بسمه تعالی

پژوهشکده محیط زیست دانشگاه تبریز

کاهش مصارف آب در دانشگاه تبریز با مدل‌سازی شبکه، استفاده از ادوات اندازه‌گیری مصارف و شناسایی هدر رفت های ظاهری و واقعی

فروردین ۱۳۹۹

بسم الله الرحمن الرحيم

پژوهشگران، نویسندگان و همکاران طرح پژوهشی:

محمد کبارفرد، فرید شعاری نژاد و زینب کراری

m.kobarfard@tabrizu.ac.ir - ۰۹۱۴۴۰۶۶۲۵۸

سپاس و قدردانی از پژوهشکده محیط زیست دانشگاه تبریز، مدیریت امور فنی دانشگاه تبریز، آقای صنعتی پور و همچنین سایر عزیزانی که در این طرح یاری رسانده‌اند.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل یکم: کلیات ۱

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- ضرورت مطالعات ۶

۱-۳- اهداف مطالعات ۶

۱-۴- تعاریف، مبانی و ضوابط فنی ۶

۱-۴-۱- تعریف آبرسانی و شبکه توزیع آب ۶

۱-۴-۲- شبکه توزیع آب شهری و اجزای آن ۷

۱-۴-۳- تجهیزات و تاسیسات تنظیم فشار ۷

۱-۴-۴- انواع شبکه توزیع آب ۸

۱-۴-۴-۱- شبکه شاخه ای ۸

۱-۴-۴-۲- شبکه حلقوی ۸

۱-۴-۴-۳- شبکه‌های مختلط ۹

۱-۴-۵- انواع سیستم تأمین فشار در شبکه توزیع آب ۹

۱-۴-۵-۱- شبکه ثقلی نوع اول ۹

۱-۴-۵-۲- شبکه ثقلی نوع دوم ۹

۱-۴-۵-۳- شبکه ثقلی مرکب ۹

۱-۴-۵-۴- پمپاژثقلی ۱۰

۱-۴-۵-۵- پمپاژمستقیم ۱۰

۱-۴-۵-۶- پمپاژمستقیم با کنترل توسط مخزن هوایی ۱۲

۱-۴-۶- ضوابط طراحی شبکه‌های توزیع آب ۱۲

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۱-۴-۶-۱- فشار آب در شبکه ۱۲

۱-۴-۶-۲- سرعت آب در شبکه ۱۳

۱-۴-۶-۳- انتخاب قطر لوله ۱۳

۱-۴-۶-۴- مصرف سرانه آب ۱۳

۱-۴-۶-۵- تعیین ضریب حداکثر روزانه و ساعتی ۱۵

۱-۴-۷- نشت در شبکه‌های آب شهری ۱۶

۱-۴-۷-۱- رابطه بین فشار و نشت ۱۹

۱-۴-۷-۲- مدیریت نشت ۲۰

۱-۴-۷-۳- علل وقوع حوادث و نشت شبکه ۲۱

۱-۴-۷-۴- مدیریت فشار ۲۲

۱-۴-۷-۴-۱- انواع روش‌های کاهش فشار آب ۲۳

فصل دوم: پیشینه تحقیق ۳۰

۲-۱- سابقه مطالعات در سایرکشورهای جهان ۳۰

۲-۲- سابقه مطالعات در ایران ۳۵

فصل سوم: مواد و روشها ۳۸

۳-۱- مقدمه ۳۹

۳-۲- معادلات هیدرولیکی حاکم بر شبکه‌های آب‌رسانی و روش تحلیل آن‌ها ۳۹

۳-۲-۱- مبانی حاکم بر لوله‌ها ۳۹

۳-۲-۱-۱- معادله پیوستگی ۳۹

۳-۲-۱-۲- معادله برنولی ۴۱

فهرست مطالب

عنوان | صفحه

۳-۲-۱-۳- معادله اندازه حرکت ۴۱

۳-۲-۲- افت هد در لوله‌ها ۴۲

۳-۲-۲-۱- افت طولی یا افت اصطکاکی در لوله‌ها ۴۲

۳-۲-۲-۲- افت موضعی در لوله‌ها ۴۳

۳-۲-۳- معادلات حاکم بر شبکه ۴۳

۳-۲-۳-۱- معادلات جریان (معادلات Q) ۴۳

۳-۲-۳-۲- معادلات گرهای (معادلات H) ۴۴

۳-۲-۳-۳- معادلات حلقه (معادلات ΔQ) ۴۴

۳-۲-۳-۴- معادلات ΔH ۴۴

۳-۲-۳-۵- معادلات $H - Q$ ۴۴

۳-۲-۴- روش‌های متداول حل معادلات هیدرولیکی شبکه‌های توزیع آب ۴۵

۳-۲-۴-۱- روش‌هاردی کراس ۴۵

۳-۲-۴-۲- روش نیوتن –رافسون ۴۵

۳-۲-۴-۳- روش نظریه خطی ۴۶

۳-۲-۴-۴- روش گرادیان ۴۶

۳-۳- مدلسازی شبکه‌های دارای لوله و مخزن به روش گرادیان ۴۶

۳-۴- بالانسینگ آب و مبانی نظری آب به‌حساب نیامده و اجزای آن ۴۷

۳-۴-۱- آب به‌حساب نیامده ۴۷

۳-۴-۲- تقسیم‌بندی آب به‌حساب نیامده (آب بدون درآمد) ۴۷

۳-۴-۲-۱- آب به‌حساب نیامده غیر فیزیکی (تلفات ظاهری) ۴۸

فهرست مطالب

عنوان صفحه

۳-۴-۲-۲- آب به‌حساب نیامده فیزیکی (هدر رفت واقعی) ۴۸

۳-۴-۳- روش تعادل (بالانس) سالانه آب ۴۹

۳-۵- روش‌های تحلیل و محاسبه آب تلف شده و نشت در شبکه‌های توزیع آب ۵۰

۳-۵-۱- روش برآورد مؤلفه‌های نشت ۵۱

۳-۶- نرم‌افزار مورداستفاده طراحی شبکه آب ۶۰

۳-۶-۱- نرم افزار EPANET ۶۱

۳-۶-۲-نرم افزار WaterCAD ۶۲

۳-۶-۳- نرم افزار واترجیمز (WaterGems) ۶۳

۳-۷- وسایل اندازه‌گیری آب ۶۵

۳-۷-۱- انواع کنتور آب ۶۵

۳-۷-۲- تقسیم بندی کنتورها بر اساس سایز یا اندازه ۶۶

۳-۷-۳- تقسیم بندی کنتورهای آب بر اساس تماس قطعات با آب ۶۶

۳-۷-۴- دسته بندی کنتورهای توربینی: ۶۸

۳-۷-۴-۱- کنتور Multi Jet خشک: ۶۸

۳-۷-۴-۲- کنتور Multi Jet نیمه خشک: ۶۸

۳-۷-۴-۳- مزایا و معایب کنتورهای خشک و نیمه خشک: ۶۸

۳-۸- انتخاب کنتور آب و استاندارد آن ۶۹

۳-۹- تقسیم بندی کنتورهای آب بر اساس دقت عملکرد و کلاس کاری ۷۰

۳-۱۰- حریم مجاز کنتورهای آب و فواصل آن ها از یکدیگر ۷۲

۳-۱۱- نصب بهره برداری و نگهداری کنتورهای مکانیکی ۷۳

فهرست مطالب

عنوان صفحه

۳-۱۲- خلاصه آیین نامه عملیاتی و شرایط عمومی تعرفه های آب و فاضلاب ۷۵

۳-۱۳- مقررات عمومی برقراری انشعاب آب و فاضلاب ۷۸

۳-۱۳-۱- تغییر مکان داخلی وسایل اندازه‌گیری..... ۷۸

۳-۱۳-۲- واگذاری انشعاب آب و فاضلاب به مجتمع ها..... ۷۹

۳-۱۳-۳- تعیین مقدار مصرف آب و حجم دفع فاضلاب مشترک..... ۷۹

۳-۱۳-۴- نگهداری و اداره تاسیسات آب و فاضلاب..... ۸۰

۳-۱۳-۵- برقراری مجدد انشعاب آب وفاضلاب..... ۸۱

۳-۱۳-۶- برچیدن دائم انشعاب آب و فاضلاب..... ۸۱

۳-۱۳-۷- بازفروش آب..... ۸۲

۳-۱۳-۸- افزیش یا کاهش ظرفیت قراردادی انشعاب..... ۸۲

۳-۱۴- سامانه های جدید تفکیک مصرف آب..... ۹۲

۳-۱۴-۱- انواع کنتور آب در سامانه تفکیک مصرف آب..... ۹۳

۳-۱۴-۲- تفاوت کنتورهای مکانیکی و مکاترونیکی..... ۹۶

۳-۱۴-۳- پالس شمار HGC..... ۹۸

۳-۱۴-۴- پردازشگر مرکزی مصرف Allocsy..... ۱۰۰

۳-۱۴-۵- سامانه تحت وب EEMS..... ۱۰۲

۳-۱۵- راهنما و روش‌های کاهش مصرف آب در اماکن آموزشی، دانشگاهی و دولتی..... ۱۰۳

۳-۱۵-۱-روش‌های بهینه سازی مصرف آب:..... ۱۰۳

۳-۱۵-۲- اقدامات قانونی و کنترلی..... ۱۰۳

۳-۱۵-۳- انواع تجهیزات و ابزار آلات کاهنده مصرف آب با فناوری نوین ۱۰۴

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۳-۱۵-۴- اصلاحات رفتاری (فرهنگ سازی):..... ۱۰۷

فصل چهارم: نتایج و بحث ۱۰۸

۴-۱- محدوده مورد مطالعه..... ۱۱۰

۴-۲- بررسی و پیمایش محدوده مورد مطالعه ۱۱۰

۴-۳- مطالعه موردی: شبکه توزیع آب شهری دانشگاه تبریز ۱۱۴

۴-۴- مدلسازی شبکه آب شرب دانشگاه تبریز ۱۱۵

۴-۵- واردکردن اطلاعات جمع‌آوری‌شده در نرم‌افزار WaterGEMS..... ۱۲۰

۴-۵-۱- طول لوله‌ها ۱۲۰

۴-۵-۲- قطر لوله‌ها..... ۱۲۲

۴-۵-۳-جنس لوله‌ها ۱۲۲

۴-۵-۴- کد ارتفاعی گره‌ها..... ۱۲۶

۴-۵-۵- مصارف گره‌ها ۱۲۷

۴-۵-۵-۱- تعیین مصرف سرانه و الگوهای مصرفی برای منطقه موردمطالعه..... ۱۲۷

۴-۵-۶- منابع ورودی آب شرب (کنتورها) ۱۴۰

۴-۵-۶-۱- مشخصات فنی کنتورها ۱۴۰

۴-۵-۶-۲- نتایج مصرف کنتورها پس از اجرای مدل ۱۴۳

۴-۵-۶-۳- تحلیل نتایج مصرف کنتورها ۱۴۴

۴-۶- مدلسازی اجزای شبکه..... ۱۴۶

۴-۶-۱- نتایج تحلیل اولیه مدل شبکه ۱۴۷

۴-۷- محاسبه میزان هدر رفت در شبکه دانشگاه تبریز به روش بالانسینگ آب IWA..... ۱۵۷

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۴-۸- بهینه سازی در نرم افزار WaterGEMS ۱۵۹

۴-۹- آزمون همگرایی الگوریتم ژنتیک ۱۶۱

۴-۹-۱- یافتن جواب بهینه پارتو ۱۶۳

۴-۹-۲- نتایج بهینه سازی مدل شبکه ۱۶۷

۴-۹-۳- تحلیل حساسیت ۱۷۳

فصل پنجم: جمع بندی و پیشنهادات ۱۷۵

۵-۱- مقدمه ۱۷۶

۵-۲- نتیجه گیری ۱۷۶

منابع و مآخذ ۱۷۸

پیوست ۱۸۲

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۱- متوسط مصرف سرانه خانگی (بدون فضای سبز) برای سال ۱۳۹۵ ..... ۱۴

جدول ۱-۲- مقدار مصرف سرانه خانگی برحسب جمعیت (بدون فضای سبز و دام و طیور) [۱۲]. ۱۵

جدول ۱-۳- ضریب حداکثر روزانه ($C1$) در مناطق مختلف آبوهوایی [۱۲] ۱۵

جدول ۱-۴- ضریب حداکثر ساعتی ($C2$) در جمعیتهای مختلف [۱۲] ۱۶

جدول ۲-۱- روش‌های مورداستفاده برای اندازهگیری نشت آب در شهرهای موردمطالعه ۳۱

جدول ۲-۲- عوامل مهم در شکستگی لوله‌ها ۳۱

جدول ۲-۳- درصد تلفات در سیستمهای آبرسانی شهری موردمطالعه ۳۲

جدول ۳-۱- فرم بالانس آب به روش IWA[۱۴] ۵۰

جدول ۳-۲- اطلاعات موردنیاز برای محاسبه مؤلفه‌های نشت ۵۱

جدول ۳-۳- مقادیر پیشنهادی برای نرخ نشت زمینه در فشار استاندارد ۵۰ متر ۵۳

جدول ۳-۴- مقادیر پیشنهادی جهت محاسبه حجم آب تلف‌شده ناشی از شکستگیها ۵۴

جدول ۳-۵- آمار نمونه برای مدت‌زمان شکستگیهای گزارششده در کشور آفریقای جنوبی ۵۵

جدول ۳-۶-کلاس بندی کنتورهای آب سرد طبق استاندارد ISO 4064 بر اساس Qmin و Qt ۷۱

جدول ۳-۷- کلاس بندی کنتورهای آب گرم طبق استاندارد ISO 4064 بر اساس Qmin و Qt ۷۲

جدول ۳-۸- مشخصه ها و ویژگی‌های کنتورها بر اساس مکانیزم ۷۵

جدول ۳-۹- قیمت مصارف مشترکین غیر خانگی ۱۳۹۸ ..... ۸۵

جدول ۳-۱۰- آب بها و کارمزد دفع فضلاب مسکونی ۱۳۹۸ ..... ۸۶

جدول ۳-۱۱- آب بها براساس طبقات مصرف ۱۳۹۸ ..... ۸۸

جدول ۳-۱۲- محاسبه تبصره ۳ آب بها و کارمزد دفع فاضلاب ۱۳۹۸ ..... ۸۹

جدول ۳-۱۳- آب بها مصارف خانگی روستایی ۱۳۹۸ ..... ۹۰

فهرست جداول

عنوان صفحه

جدول ۳-۱۴- آب بها مصارف مشترکین غیر خانگی روستایی ۱۳۹۸ ..... ۹۱

جدول ۴-۱- مشخصات کنتورهای واقع در سایت اصلی دانشگاه تبریز ۱۱۲

جدول ۴-۲- مشخصات لوله‌ها در سناریو مدیریت مصرف کنتورها ۱۲۳

جدول ۴-۳- محاسبه میزان مصرف آب برای هر یک از گروههای مصرفی در دانشگاه ۱۲۸

جدول ۴-۴- جمعیت مصرفکننده آب در هر گره ۱۳۰

جدول ۴-۵- اطلاعات مربوط به گره‌ها ۱۳۸

جدول ۴-۶- مشخصات فنی ورودیهای آب شبکه موردمطالعه (کنتورها) ۱۴۲

جدول ۴-۷- مصارف ماهانه سال ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ ..... ۱۴۲

جدول ۴-۸- نتایج حاصل از تحلیل اولیه شبکه ۱۴۸

جدول ۴-۹- مصرف کنتورهای دانشگاه تبریز به تفکیک ماه و سال ۱۵۱

جدول ۴-۱۰- نتایج به‌دست‌آمده از پیشبینی مصرف کنتورها در نرم‌افزار WaterGEMS ۱۵۴

جدول ۴-۱۱- نتایج محاسبه میزان نشت در شبکه ..... Error! Bookmark not defined.

جدول ۴-۱۲- فرم استاندارد بالاسینگ آب به روش IWA ۱۵۹

جدول ۴-۱۳- مقادیر توابع هدف فشار و هزینه در نسلهای مختلف ۱۶۲

جدول ۴-۱۴- مقادیر توابع هدف در راهحلهای به‌دست‌آمده ۱۶۵

جدول ۴-۱۵- نتایج حاصل از بهینهسازی شبکه در نرمافزار WaterGEMS ۱۷۰

جدول ۴-۱۶- نتایج حاصل از آنالیز حساسیت شبکه طراحیشده به تغییرات فشار ۱۷۴

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱- مقایسه درصد آب بحساب نیامده با مقادیر توصیهشده جهانی ۱۸

شکل ۱-۲- رابطه بین نشت و فشار برای یک اریفیس (نشریه ۵۵۶، ۱۳۹۱) ۱۹

شکل ۱-۳- رابطه نشت – فشار (نشریه ۵۵۶، ۱۳۹۱) ۲۰

شکل ۱-۴- مدیریت فشار با نصب فشارشکن با خروجی ثابت در شبکه [۱۴]. ۲۷

شکل ۱-۵- مدیریت فشار با کنترل هوشمند فشارشکن (تعدیل فشار و اعمال مدیریت مصرف) [۱۴]. ۲۸

شکل ۳-۱- حجم کنترل در معادله پیوستگی ۴۰

شکل ۳-۲- قانون بقای جرم در یک گره از شبکه ۴۰

شکل ۳-۳- شار آب در یک خط جریان ۴۱

شکل ۳-۴- حجم کنترل در معادله اندازه حرکت ۴۲

شکل ۳-۵- چارت مولفه های سیاست موفق در زمینه کاهش هدررفت ظاهری ۴۸

شکل ۳-۶- عوامل اثرگذار بر نشت[۱۳]. ۵۷

شکل ۳-۷- تقسیم‌بندی آب به‌حساب نیامده در شبکه‌هایتوزیع آبشهری[۱۳]. ۵۸

شکل ۳-۸- کنتور آب خانگی مولتی جت توربینی خشک ۶۷

شکل ۳-۹- نمودار تقسیم بندی کنتورها و میزان خطا ۷۰

شکل ۳-۱۰- نمودار تقسیم بندی کنتورهای آب بر اساس دقت عملکرد و کلاس کاری ۷۱

شکل ۳-۱۱- نصب موازی کنتورها و آرایش آنها ۷۲

شکل ۳-۱۲- اجزای تشکیل دهنده یک سیستم تفکیک کننده مصرف آب یا انرژی(برق و گاز) ۹۲

شکل ۳-۱۳- اجزای اصلی سامانه تفکیک مصرف آب ۹۳

شکل ۳-۱۴- انواع کنتور آب برای اندازه‌گیری مصرف تفکیکی آب ۹۴

شکل ۳-۱۵- کنتور آب پراب دار ۹۴

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۳-۱۶- کنتور آب الکترونیکی در سامانه تفکیک مصرف آب ۹۵

شکل ۳-۱۷- پالس شمار HGC (شمارنده پالس) در تفکیک مصرف آب ۹۸

شکل ۳-۱۸- اتصال کنتور آب بی سیم یا پراب دار در سامانه تفکیک مصرف آب ۹۹

شکل ۳-۱۹- دستگاه پردازشگر مرکزی سامانه تفکیک مصرف آب ۱۰۰

شکل ۳-۲۰- صدور قبض توسط چاپگر لیزری به صورت بی سیم ۱۰۱

شکل ۳-۲۱- دسترسی به اطلاعات مصرف از طریق نرم افزار اندورید ۱۰۲

شکل ۳-۲۲- نمایی از نرم افزار تحت وب سامانه تفکیک مصرف ۱۰۳

شکل ۴-۱- موقعیت دانشگاه تبریز در شهر تبریز ۱۱۰

شکل ۴-۲- تصاویر کنتورهای دانشگاه تبریز ۱۱۱

شکل ۴-۳- بخش موردمطالعه دانشگاه تبریز ۱۱۵

شکل ۴-۴- نشست زمین در اثر ترکیدن لوله آب، نمونهای از خرابیهای مکرر در شبکه موردمطالعه (آذر ۱۳۹۷، جنب آزمایشگاه خاک دانشگاه تبریز) ۱۱۶

شکل ۴-۵- دبی سنجی با دستگاه فلومتر در نقاط موردنیاز در شبکه ۱۱۶

شکل ۴-۶- نقشه شبکه آب شرب دانشگاه تبریز در محیط نرمافزار Autocad ۱۱۷

شکل ۴-۷- نقشه دانشگاه تبریز در محیط نرمافزار WaterGEMS ۱۱۸

شکل ۴-۸- نمای شماتیک شبکه طراحیشده شبکه آب دانشگاه تبریز (سناریو مدیریت مصرف کنتورها) ۱۱۹

شکل ۴-۹- نمای شماتیک شبکه طراحیشده شبکه آب دانشگاه تبریز (سناریو مدیریت فشار و هزینه) ۱۲۰

شکل ۴-۱۰- منوی واردکردن اطلاعات مربوط به لولهها در نرمافزار WaterGEMS ۱۲۱

شکل ۴-۱۱- منوی واردکردن اطلاعات مربوط به گرهها در نرمافزار WaterGEMS ۱۲۷

شکل ۴-۱۲- نمود ار تغییرات مصرف ماهانه سال ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ ..... ۱۴۳

شکل۴-۱۳- نمونه نتایج بهدستآمده برای مصرف روز یکم اردیبهشت ۹۶ ..... ۱۴۳

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل۴-۱۴- نمونه نتایج به‌دست‌آمده برای مصرف روز یکم اردیبهشت ۹۷ ..... ۱۴۴

شکل ۴-۱۵- مقایسه میزان نشت در شبکه قبل و بعد از اعمال راهحلهای پیشنهادی ۱۴۶

شکل ۴-۱۶- نقشه خطوط فشار در شبکه انتقال آب شرب دانشگاه تبریز در سال ۱۳۹۷ در تحلیل اولیه و حالت حداکثر تقاضا ۱۵۰

شکل ۴-۱۷- منوی Drawin Designer برای بهینه‌سازی شبکه در نرمافزار WaterGEMS ۱۶۰

شکل ۴-۱۸- مشخصات لولههای مورداستفاده برای بهینهسازی ۱۶۰

شکل ۴-۱۹- پارامترهای الگوریتم ژنتیک واردشده در نرمافزار WaterGEMS ۱۶۱

شکل ۴-۲۰- منحنی همگرایی تابع هزینه ۱۶۲

شکل ۴-۲۱- منحنی همگرایی تابع فشار ۱۶۳

شکل ۴-۲۲- نمودار راهحلهای به‌دست‌آمده در محیط نرمافزار WaterGEMS ۱۶۴

شکل ۴-۲۳- نمودار تابع درجه ۳ برازش داده‌شده روی جوابها ۱۶۶

شکل ۴-۲۴- نقشه خطوط فشار در شبکه انتقال آب شرب دانشگاه تبریز در حالت حداکثر تقاضا بعد از افزودن دو شیر فشارشکن PVR-4 و PVR-5 در نقاط مشخص‌شده ۱۶۸

شکل ۴-۲۵- تغییرات پارامتر فشار در شبکه قبل و بعد از بهینهسازی ۱۶۹

شکل ۴-۲۶- تغییرات پارامتر سرعت در شبکه قبل و بعد از بهینهسازی (۱) ۱۶۹

شکل ۴-۲۷- تغییرات پارامتر سرعت در شبکه قبل و بعد از بهینهسازی (۲) ۱۷۰

شکل ۴-۲۸- نقشه خطوط فشار بعد از افزودن دو شیر فشارشکن PVR-4 و PVR-5 و بهینهسازی ۱۷۳

فصل یکم:

کلیات

۱-۱- مقدمه

تاریخ آبرسانی از روزگاری آغاز می‌شود که بشر زندگی گروهی را برگزید، لذا برای تأمین نیاز آب خود، اولین شهرها را در کنار رودخانه‌های بزرگ ساخت. در جاهایی که دسترسی به آب رودخانه نبود، برای رفع نیازهای خود اقدام به حفر چاه آب نمود. همه آبهایی که دردسترس بشر قرار داشتند از نظر کمی وکیفی جوابگوی نیازهای او نبودند لذا بشر جهت رفع این مشکل به فکر جابجا کردن آب افتاد و آن موقع تکنیک آبرسانی و توزیع آب متولد شد [۲۲].

در گذشته آب بصورت کالا مصرفی مد نظر بشر بوده ولی در نگرش جدید، آب کالایی اقتصادی اجتماعی و به عنوان مهمترین نیاز انسان محسوب می‌شود.

امروزه با توجه به رشد جمعیت و سیر صنعتی شدن جوامع بشری، موضوع محدودیت منابع آب شیرین در اولویت توجه قرار گرفته و جلوگیری از آلوده شدن و اتلاف منابع آب شیرین جزو اهداف اصلی هزاره سوم قرار گرفته است.

هرچند آب یکی از منابع تجدید شونده به‌شمار می‌رود، اما با توجه به رشد جمعیت، افزایش زمین‌های تحت کشت، گسترش صنعت، بالا رفتن سطح بهداشت و رفاه عمومی سرانه مصرف نیز با شیب بسیار زیادی در حال افزایش می‌باشد که این دو موضوع در کنار هم کمبود آب را متذکر می‌گردد لذا در مدیریت منابع آب، مدیریت عرضه و تقاضا در موازات همدیگر کارساز خواهد بود.

به‌طور کلی تمامی اقداماتی که بر کیفیت و کمیت آب ورودی به یک سیستم مصرف موثرند، بخشی از مدیریت عرضه و هر آنچه که بر مصرف و یا اتلاف آب پس از آن موثر است، مدیریت تقاضا می‌باشد به‌عبارت دیگر مدیریت تقاضای آب به فعالیت‌هایی اطلاق می‌شود که کمک می‌کند تا تقاضای آب کاهش یافته و راندمان مصرف که در زیرمجموعه آن الگوی مصرف نیز می‌باشد، بهبود یابد [۵].

منابع آب شیرین در سطح زمین به‌طور یکنواخت توزیع نشده‌اند. در حال حاضر، ۹ کشور کانادا، چین، کلمبیا، پرو، برزیل، روسیه، ایالات متحده‌ی آمریکا، اندونزی و هند، ۶۰٪ کل منابع آب شیرین را به خوداختصاص می‌دهند. در مقابل، حدود ۸۰ کشور نیز با کمبود آب مواجه‌اند که برخی از آنها مانند کویت، بحرین، مالت، امارات متحده‌ی عربی، سنگاپور، اردن و لیبی تقریباً به هیچ منبع آب شیرین قابل توجهی دسترسی ندارند. سابقاً تصور می‌شد منابع آب نامحدودند، اما امروزه حتی کشورهای پیشرفته، محدودیت منابع آبی را درک نموده‌اند [۱۴].

کمبود آب در ایران یکی از عوامل محدود کننده اصلی توسعه فعالیت‌های اقتصادی در دهه‌های آینده به شمار می‌رود. متأسفانه در کشور ما هنوز استفاده مطلوب از آب به شکل یک فرهنگ جایگاه خاص خود را پیدا نکرده است.

اگر چه نقش کلیدی آب در فرآیند توسعه اقتصادی-اجتماعی ایران بر کسی پوشیده نیست، ولی عمده اقدامات صورت گرفته در جهت پاسخگویی به نیازهای آبی کشور از طریق مدیریت تولید و تأمین آب بوده و کمتر به وجه دیگر این موازنه که همانا مدیریت توزیع و مصرف صحیح آب می‌باشد، توجه گردیده است [۲۴].

آب مهم ترین سرمایه ملی است که جایگزینی برای آن وجود ندارد و امروزه صرفه جویی و استفاده بهینه از منابع آبی ضرورت بسیار دارد. از آنجایی که موضوع آب به‌عنوان یکی از زیر بنایی ترین ارکان توسعه در همه عرصه‌ها است، همیشه در ردیف یکی از اولین شاخص های توسعه یافتگی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد، نکته قابل توجه در این راستا توجه به منابع تولید آب موجود و مدیریت مصرف در این زمینه می‌باشد .

به طور طبیعی با افزایش جمعیت شهرها، میزان تقاضا برای مصرف آب نیز افزایش یافته است. واقعیت این است که پتانسیل منابع آبی اکثر شهرها محدود است و مدیران آبرسانی شهرها برای پاسخ گویی به این نیاز، برداشت آب از منابع تامین آب را تا حداکثر ظرفیت افزایش داده و پس از عدم تکافوی منابع آبی، یافتن منابع جدید در دستور کار قرار می‌گیرد. در اکثر شهرها به دلیل محدودیت منابع آب، تامین آب از حوزه های دیگر تامین می‌گردد. نمونه بارز این مسئله تامین بخشی از آب شرب کلان شهر تبریز از فاصله حدود ۲۰۰ کیلومتری از رودخانه زرینه رود در شهر میاندوآب می‌باشد.

با توجه به افزایش تقاضا برای آب در دهه های اخیر، متوسط سرانه آب تجدیدپذیر کشور از ، ۵۵۰۰ مترمکعب در سال ۱۳۴۰ به ۳۴۰۰ مترمکعب در سال ۱۳۵۷، ۲۵۰۰ مترمکعب در سال ۱۳۶۷، ۲۱۰۰ مترمکعب در سال ۱۳۷۶ و ۱۷۱۸ مترمکعب در سال ۱۳۹۰ کاهش یافته است و درصورت تداوم روند فعلی مصرف آب، این شاخص به حدود ۱۳۰۰ مترمکعب در سال ۱۴۰۰ کاهش خواهد یافت. کشورهایی که سرانه منابع آب سالانه تجدیدپذیر بیش از ۱۷۰۰ مترمکعب دارند، مشکل بحران آب ندارند. کشورهایی که سرانه منابع آب تجدیدپذیر بین ۱۰۰۰ تا ۱۷۰۰ مترمکعب دارند، کشورهایی با "تنش آبی" و کشورهایی که سرانه آب تجدیدپذیر کمتر از ۱۰۰۰ مترمکعب در سال دارند، کشورهایی با "کمبود آب" هستند. ایران با سرانه منابع آب تجدیدپذیر ۱۷۱۸ مترمکعب در سال ۲۰۱۱ در آستانه ورود به شرایط تنش آبی است.

محدودیت ذاتی منابع آب، زمینه را برای بروز خشکسالی های شدید در بخش‌هایی از کشور بیشتر کرده است. خشکسالی پدیده‌ای غیرطبیعی نیست، اما ابعاد و اثرات تخریبی آن به نسبت شدت و موقعیت جغرافیایی متفاوت است. وقوع پدیده‌های خشکسالی به صورت ادواری، زمینه آسیب پذیری بیشتر کشور از منابع آب را فراهم می‌نماید.

ایران تنها کشوری نیست که در سالهای اخیر با مسئله بحران آب درگیر شده است، بلکه جهان در حال تجربه بحران آب است و بیش از یک میلیارد نفر از مردم جهان به آب سالم آشامیدنی و نیمی از جهان به بهداشت مناسب دسترسی ندارند.

باید توجه داشت که بخشی از مشکل کم‌آبی در کشور ما به مقدار سرانه مصرف آب بر می‌گردد که این سرانه به شدت در حال افزایش است و دلیل این امر به افزایش سطح رفاه و به تبع آن تنوع نیازهای آبی مربوط می‌شود که البته با شیوه‌های مختلفی می‌توان با این بحران مقابله کرد.

متأسفانه میزان مصرف آب در کشور بسیار فراتر از مرز اعتدال است که حالت نرمال و پایدار مصرف حداکثر تا ۴۰ درصد آب در دسترس به حالت نرمال است و از ۴۰ تا ۶۰ درصد آب در دسترس را اگر مصرف کنیم حالت بحرانی است و در ایران اکنون متأسفانه ۸۰ درصد آب در دسترس مصرف می‌شود و در خصوص میزان مصرف منابع از مرز بحران هم عبور نموده است.

از جمله عوامل اثر گذار بر بحران آب به مواردی همچون رشد جمعیت، تغییر اقلیم، سبک زندگی، الگوهای تولید و مصرف، شرایط ذهنی و ادراکی مردم می‌توان اشاره کرد. با توجه به محدودیت دسترسی به منابع آب شیرین جهان و از سویی افزایش روز به روز تقاضا برای این منابع حیاتی، لزوم توجه بیشتر به مصرف آن جدی به‌نظر می‌رسد و کلیدی ترین و زیربنایی‌ترین مؤلفه در حفظ و نگهداری و احیای منابع طبیعی و محیط زیست ابتدا شناخت مدل رفتاری و مصرفی شهروندان و سپس اصلاح شیوه‌های بهره برداری و مصرف، هنر تغییر نگرش، رفتار، انتخاب‌ها و نظام‌های اجتماعی و اقتصادی است.

نهادینه کردن فرهنگ صحیح مصرف آب میان قشرهای مختلف امری بسیار دشوار است لذا عملیات اعمال مدیریت مصرف آب با روش‌های متفاوت از قبیل برپایی جشنواره‌های مختلف برای گروه‌های هدف، چاپ کتاب، بروشور، بولتن، ساخت فیلم‌های آموزشی، داستانی، انیمیشن، استفاده از ظرفیت رسانه‌های گروهی و غیره باید به صورت مستمر ادامه یابد تا فرهنگ صحیح مصرف آب برای تک تک مردم به یک باور تبدیل شود.

صرفه جویی در مصرف و جلوگیری از هدر رفتن آب با توجه به شرایط کشور از اهمیت خاصی برخوردار است و می‌تواند به‌عنوان روشی موثر جهت حل قسمتی از مشکلات فعلی ناشی از کمبود آب مورد توجه قرار گیرد. در این راستا عملیاتی همچون نشتیابی، اصلاح خطوط انتقال، تعویض کنتورهای خراب، شناسایی و تبدیل انشعاب‌های غیرمجاز به مجاز، نوسازی و استانداردسازی شبکه های توزیع فرسوده از اقداماتی است که کاهش هدررفت آب را به دنبال خواهد داشت. همچنین تعویض کنتورهای فرسوده و قدیمی عاملی بسیار مؤثر در کاهش مصرف آب باید دانست به طوری که بررسی های اخیر نشان داده است که بعضاً در برخی از نقاط شهر هنوز کنتورهای آب مربوط به دهه‌های گذشته مورد استفاده قرار می‌گیرد.

کنتورهای آب دستگاه‌های اندازه‌گیری مقدار فروش آب شرکت‌های آب و فاضلاب به شمار می‌آیند و دقت آنها تأثیر مستقیمی بر درآمدهای شرکت‌های 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 می‌تواند بعنوان یکی از راه‌کارهای بررسی کنتورها در سیستم‌های آبرسانی باشد.

آب بدون درآمد شامل مصارف مجاز بدون درآمد (اندازه‌گیری شده و نشده)، هدر رفت ظاهری (مصارف غیرمجاز، خطای مدیریت داده‌ها و سیستم و عدم دقت تجهیزات اندازه‌گیری) و هدر رفت واقعی (نشت از انشعابات مشترکین، نشت از شبکه توزیع، نشت از خطوط انتقال و نشت و سرریز از مخازن) است.

به طور کلی یکی از بخش‌ها اصلی فعالیت‌های مدیریت مصرف آب، مدیریت آب بدون درآمد می‌باشد. آب بدون درآمد، مابه التفاوت آب تولید شده با مصارف مجاز با درآمد است که به سه بخش هدررفت ظاهری، هدررفت واقعی و مصارف مجاز بدون درآمد تقسیم می‌شود. هدررفت ظاهری آب مصرف شده‌ای است که به دلیل انشعابات غیر مجاز، خطای انسانی، ابزار اندازه‌گیری و یا خطا مدیریت و راهبری سیستم دقیقا ندازه‌گیری نشده و هزینه

آن به وسیله شرکت آب و فاضلاب وصول نشده است. هدررفت واقعی ناشی از فرار فیزیکی آب از خطوط انتقال آب، مخازن ذخیره، شبکه توزیع و انشعابات مشترکان است. در این مورد علاوه بر اینکه شرکت‌های آب و فاضلاب پولی به ازای آب تلف شده به دست نمی‌آورد، بلکه برای جبران این کمبود بایدسرمایه گذاری مجددی برای استحصال منابع آب مورد نیاز انجام دهد. هدررفت واقعی به دو دسته نشت مرئی یا شکستگی‌های گزارش شده و نشتنامرئی شامل نشت زمینه و شکستگی‌های گزارش نشده تقسیم می‌شود. در خصوص مصارف مجاز بدون درآمد هر شرکت آب و فاضلاب برای مقاصد مختلف از آب شبکه استفاده کرده و یا مجبور است اجازه دهد بخشی از آب بدون اخذ وجه به مصرف کننده خاصی تحویل شود. مثال‌هایی از این موارد عبارتند از: شستشو شبکه، مصارف آتش نشانی و غیره.

باید به این نکته توجه نمود که ثبت عدد بالاتر از مصرف توسط کنتور مشترک، منجر به برآورد هدررفت واقعی کمتر از میزان اصلی خودش می‌شود و ثبت عدد پائین تر از مصرف توسط کنتور مشترک، منجر به برآورد هدررفت واقعی بیشتر از میزان اصلی خودش می‌شود.

با توجه به اینکه در واحد های ساخته شده‌ای که کنتور آب بصورت یکپارچه درنظر گرفته شده است، سهم مصرفی هر واحد به تفکیک قابل تشخیص نیست بدیهی است که برای کار آن واحد نیز میزان مصرفی آب اهمیتی ندارد چراکه همه ساکنین بطور مساوی و یا باتوجه به نفرات هزینه مصرف آب را پرداخت می‌کنند بنابراین هیچ روش برای سنجش درست میزان مصرف آب وجود ندارد لذا هیچ کدام از اشخاص ساکن دریک واحد انگیزه‌ای درجهت کاهش مصرف آب واحد خود نداشته و هیچ تلاشی در این خصوص نخواهد کرد بنابراین بی تفاوتی اعضا باعث افزایش هزینه و بار مالی روی دوش کسانی است که مصرف بهینه و یا درست انجام می‌دهند که در هر حال این اشخاص هم بعد از مدتی به قشر پر مصرفان اضافه می‌شوند چرا که معیاری برای تشویق و یا تنبیه اعضای کم مصرف و یا پر مصرف واحدها وجود ندارد که درهرصورت منجربه افزایش بی رویه مصرف آب و به هدر رفت آن و حیف و میل آب خواهد شد لذا تفکیک مصارف، شناسایی هدر رفت های ظاهری و واقعی و نصب کنتورهای مجزا راه‌کاری در جهت پایش مصرف و رسیدن به صرفه جویی منابع آب می‌باشد. در این بین دانشگاه تبریز نیز از این قضیه مستثنی نیست. به طور کلی عوامل متعددی در مصرف زیاد و هدر رفت آب در شبکه‌های توزیع این مجتمع دخیل می‌باشند که در تحقیق حاضر سعی شده است عمده ترین آنها توسط انجام مطالعات در دانشگاه تبریز مورد بررسی و تحقیق قرار گیرد که در این راستا بهره‌گیری از نتایج حاصل شده در این مطالعات به کمک استفاده از تجهیزات و ادوات نوین و کارآمد، امری ضروری است. با اجرای برنامه‌های کاهش مصرف و هدر رفت آب میتوان به طور قابل توجهی شرایط اقتصادی موجود را بهینه کرد در واقع با صرف هزینه های معقول برای فعالیت‌های کاهش مصارف آب در شبکه های آبرسانی دانشگاه تبریز، از تحمیل زیان‌های اقتصادی ناشی از مصارف غیر ضروری و هدر رفت منابع آب جلوگیری به عمل آید.

لازم به ذکر است از آنجایی که در ارتباط با بخشی از مطالعات حاضر، پایان نامه‌ای نیز در این خصوص تحت عنوان"بررسی هدر رفت در تحلیل شبکه توزیع آب شرب دانشگاه تبریز و ارائه راهکارهای بهبود آن با رویکرد شبیه‌سازی-بهینه‌سازی" انجام شده ست، نتایج آن نیز در این مطالعه مورد استفاده، بررسی و تدقیق قرار گرفته است.

۱-۲- ضرورت مطالعات

با توجه به اینکه قسمت اعظمی از شبکه توزیع آب دانشگاه تبریز دارای قدمت و طول عمر زیادی بوده و نیز برای چنین شبکه توزیع با این وسعت بزرگ در حدود ۱۰ وسیله اندازه‌گیری (کنتور) آب موجود است، بنابراین مقدار درصد خطا در اندازه‌گیری آب تولید و مصرف شده همواره سیر صعودی داشته و هزینه های سرباری را ایجاد خواهد نمود. قابل ذکر است که در محوطه دانشگاه تبریز نزدیک به ۵۰ ساختمان و مجتمع اعم از خوابگاه و ساختمانهای اداری و سایر موارد موجود می‌باشد که نمی‌توان با دقت مصارف آب موجود در آنها را به علت نبودن آمار و اطلاعات، وسایل و ابزار آلات سنجش جریان و دبی عبوری اندازه‌گیری و مشخص نمود. لذا انجام تحقیق و مطالعات در این زمینه می‌تواند یک دید کلی و جامع تری نسبت به بازسازی و اصلاح و توسعه خطوط توزیع و نهایتاً کاهش مصرف را ارائه دهد.

با توجه به کاهش ذخایر آب کشور و بحران های آبی موجود در برخی مناطق و نیز با توجه به هزینه ی بالای تامین آب برای دانشگاه و ابلاغ مصوبه کاهش مصرف آب به دانشگاه ها، حفظ و استفاده بهینه از منابع آب یک موضوع بسیار جدی می‌باشد.

۱-۳- اهداف مطالعات

- پایش سیستم شبکه آبرسانی دانشگاه تبریز
- افزایش بازده و کارایی ادوات اندازه‌گیری و سنجش
- پایین آوردن هزینه‌های قبوض آب
- استخراج جدول آب بدون درآمد IWA
- تهیه گزارش و جزئیات ادوات اندازه‌گیری وشبکه توزیع آب

اجرای این مطالعات و راه‌کارهای ارائه شده می‌تواند کاهش چشمگیری در میزان آب مصرفی و آب بهای پرداخت شده ایجاد نماید. این مطالعات میزان مصرف و میزان هدر رفت های ظاهری و واقعی را مشخص خواهد نمود. با شناسایی دقیق و به موقع هدر رفت ها می‌توان با آن ها مقابله کرد و نیز با سیستم نظارتی پیشنهادی میزان مصرف آب را به بهینه ترین حد رساند.

در این تحقیق ضمن مدل‌سازی شبکه آب شرب دانشگاه تبریز و تعیین پارامترهای هیدرولیکی در گره‌ها و لوله‌ها، با مراجعه به محل و اخذ اطلاعات و پیاده‌سازی داده‌ها، بررسی‌های لازم به عمل آمد و پیشنهاداتی برای اصلاح شبکه جهت مدیریت فشار و مدیریت نشت و کاهش آب‌بهای پرداختی توسط دانشگاه تبریز ارائه شد.

۱-۴- تعاریف، مبانی و ضوابط فنی

۱-۴-۱- تعریف آبرسانی و شبکه توزیع آب

امروزه با توجه به کمبود منابع آب، افزایش رو به رشد جمعیت، افزایش سرانه مصرفی آب و افزایش هزینه‌های تأمین آب، بهینه‌سازی سیستم‌های انتقال آب موضوعی بسیار مهم در جهان است. بهینه‌سازی شبکه‌های توزیع آب از مسائل مهمی است که موردتوجه محققان بسیاری بوده است زیرا یکی از عوامل مهم جهت تأمین آب در

یک منطقه، طراحی شبکه‌های آب‌رسانی است. شبکه‌های توزیع آب شهری برای ارتباط بین مصرف‌کننده و منبع آب احداث می‌شوند و طراحی و توسعه آن‌ها نیازمند تحلیل‌های گسترده و صرف هزینه‌های قابل‌توجه است. یک شبکه توزیع آب شامل لوله‌ها، مخازن، پمپ‌ها و شیرها می‌باشد که به یکدیگر متصل هستند و وظیفه‌ی تأمین آب برای مصرف‌کننده را بر عهده دارند. منظور از طراحی بهینه یک سیستم توزیع و تأمین آب، تخمین بهترین ترکیب از اندازه و آرایش مؤلفه‌هایی مانند اندازه قطر لوله‌ها، انواع پمپ‌ها، محل قرارگیری و حداکثر توان آن‌ها، حجم مخزن ذخیره و ... است. به‌گونه‌ای که حداقل هزینه برای شبکه حاصل شود.

در پروژه‌های آب‌رسانی، مسائل اقتصادی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین و تعیین‌کننده‌ترین پارامترها مطرح می‌شود و طرحی که دارای کم‌ترین هزینه طراحی، اجرا و بهره‌برداری باشد، در اولویت قرار خواهد گرفت؛ بنابراین در طراحی، اجرا و بهره‌برداری از شبکه‌های توزیع آب نیز باید به دنبال طرح‌های بهینه‌ای بود که هزینه کمتری را تحمیل می‌کنند. این تفکر بحث بهینه‌سازی شبکه‌های توزیع آب را پیش می‌آورد. در بهینه‌سازی شبکه‌های توزیع آب، تابع هدف رایج در بهینه‌سازی معمولاً حداقل کردن هزینه لوله‌ها است.

به‌طور کلی منظور از آبرسانی و توزیع آب، انتقال آب از محل تولید آب تا محل مصرف (مشترکین) می‌باشد شبکه توزیع عبارت است از مجموعه تأسیساتی که در کنار هم امکان توزیع و هدایت آب را از محل ذخیره یا تولید به‌طرف مصرف‌کنندگان (مشترکین) به مقدار لازم و با حداقل فشار موردنیاز فراهم می‌سازد و آب را به محل مشترکین توزیع می‌کند. به‌طورکلی اجزای یک شبکه توزیع، شامل خطوط یا خط لوله کلیدی خروجی از مخزن یا مخازن مختلف، لوله‌های اصلی تشکیل‌دهنده ساختار اصلی شبکه، خطوط لوله فرعی که آب را به نقاط مصرف توزیع کرده و در انتهای آن انشعابات مشترکین است که آب را از خطوط لوله فرعی در اختیار مصرف‌کننده قرار می‌دهد. معمولاً با توجه به وسعت و اهمیت شبکه و تراکم جمعیت و تعداد مشترکین، لوله‌های اصلی و فرعی از هم تفکیک می‌شوند. این شبکه‌ها شامل لوله‌ها، پمپ‌ها، شیرها، مخازن و سایر متعلقات بوده و شناسایی عملکرد و طراحی آن‌ها در فرآیندی به نام مدل‌سازی انجام می‌گیرد. این فرایند برای شناسایی و اطمینان از عملکرد سیستم در شرایط مختلف، نظیر حالت نرمال مصرف، حداکثر مصرف و شرایط بحرانی نظیر آتش‌نشانی بکار می‌رود (نشریه شماره ۳۸۰-الف، ۱۳۹۰).

۱-۴-۲- شبکه توزیع آب شهری و اجزای آن

شبکه توزیع آب شهری به مجموعه‌ای از تاسیسات و امکاناتی که موجبات رسیدن آب از یک منبع به‌دست مصرف‌کننده را فراهم می‌کند، اطلاق می‌شود. شبکه توزیع آب‌شهری از چهار بخش اصلی تشکیل شده است که شامل :پمپ‌ها، مخازن ذخیره آب، لوله‌ها و شیرآلات می‌شود.

۱-۴-۳- تجهیزات و تاسیسات تنظیم فشار

به‌منظور کاهش بروز حوادث و هدر رفت آب در خطوط‌انتقال و نیز افزایش قابلیت اطمینان خطانتقال، از تجهیزات و تاسیسات تنظیم فشار نظیر شیرهای‌فشارشکن، مخازن و حوضچه‌های فشارشکن و سایر تجهیزات کاهنده‌فشار استفاده می‌شود. طراحی و انتخاب تجهیزات و تاسیسات تنظیم فشار براساس اختلاف ارتفاع استاتیکی،

محاسبات‌هیدرولیکی خطانتقال یا تلمبه‌خانه، توجه به پروفیل مسیر خطلوله، پروفیل‌هیدرولیکی، نقاط‌بحرانی و نیز ظرفیت‌انتقال و میزان کاهش‌فشار صورت می‌گیرد [۱۲].

به‌منظور تعیین و انتخاب نقاط نصب فشارسنج درابتدا لازم است سیستم آب‌رسانی و توزیع آب دقیقاً مورد بررسی قرارگرفته و پس از شناخت دقیق خصوصیات سیستم و همچنین انجام بررسی‌های لازم درخصوص وضعیت توپوگرافی منطقه موردمطالعه، نقاط نصب فشارسنج به‌گونه‌ای انتخاب گردند که بتوان پس از نصب و قرائت فشارسنج‌های موردنظر، وضعیت فشاری سیستم توزیع را در کلیه مناطق بررسی و تعیین نموده و همچنین از نتایج حاصل از آن در ارتباط با کالیبراسیون مدل هیدرولیکی که هدف‌نهایی از انجام این فعالیت بشمار می‌آید، استفاده نمود.

بطور کلی جهت تعیین نقاط نصب فشارسنج در یک سیستم توزیع آب عموماً بررسی‌های ذیل انجام می‌گردد.

- مطالعه انواع شبکه‌هاو تعیین وضعیت شبکه‌موجود
- وضعیت توپوگرافی و مورفولوژی منطقه
- نحوه تقسیم‌بندی نواحی فشاری شبکه توزیع

چنانچه کلیه مواردفوق در تعیین نقاط نصب فشارسنج در سیستم موردتوجه و مطالعه قرارگیرد در تفسیر نتایج حاصل از قرائت فشارسنج‌ها با کمترین مشکل مواجه خواهیم‌بود. در غیر این‌صورت اولین نشانه‌های عدم‌بررسی کافی، تفسیر غلط نتایج بوده که بالطبع بر بهره‌برداری سیستم تأثیرگذار خواهدبود.

(مطالب ارائه شده در اولین کارگاه آموزشی کاهش آب بحساب نیامده در پایلوت مشگین‌شهرتوسط مهندسین مشاور صداانگار)

۱-۴-۴- انواع شبکه توزیع آب

در این تقسیم‌بندی شبکه توزیع به سه دسته شاخه‌ای، حلقوی و مختلط تفکیک می‌شود.

۱-۴-۴-۱- شبکه شاخه ای

در این سیستم همواره لوله‌هایی با اقطار کوچکتر از لوله‌های با اقطار بزرگتر منشعب می‌شود. جهت جریان غالباً از لوله‌هاصلی به لوله‌های فرعی است. در این سیستم چنانچه لوله‌هاصلی دچار شکستگی شود قطع‌آب در قسمت‌های پایین‌دستی خواهدبود که این موضوع از معایب این سیستم شمرده می‌شود. از دیگر معایب این سیستم راکد ماندن آب در زمان کاهش مصرف می‌باشد، که موجب رسوب‌گذاری در لوله و تغییر رنگ و مزه‌آب می‌شود. تغییرات فشار در این شبکه‌ها عمدتاً به صورت‌خطی با توجه به میزان افت‌های اصلی و جزئی است [۲۲].

۱-۴-۴-۲- شبکه حلقوی

در این سیستم شبکه از یک حلقه اصلی به صورت کمربندی و حلقه‌های درونی تشکیل یافته‌است و آب توسط حلقه اصلی به حلقه‌های درونی وارد گردیده و به مصرف‌کننده می‌رسد. در این نوع از شبکه‌ها بسته به نوسانات مصرف جهت جریان تغییر می‌یابد. هزینه اجرای شبکه‌های حلقوی به دلیل طولانی شدن لوله‌گذاری افزایش می‌یابد و همچنین به‌دلیل نا مشخص بودن جهت جریان آب در لوله محاسبات آن پیچیده می‌باشد، البته ناگفته

نماند که این نوع شبکه از مطلوب‌ترین نوع شبکه‌ها به‌حساب می‌آید. در رابطه با این شبکه‌ها خاطر نشان می‌سازد به‌دلیل تغذیه جریان از نقاط مختلف، توزیع فشاری در حالت توازن نسبی قرار داشته و با توجه به اینکه توزیع و مصارف از یک حالت متعادلی برخوردار است لذا تغییرات شدید فشاری قابل ملاحظه نمی‌باشد. در تعیین نقاط فشارسنج در این شبکه‌ها بایستی توجه داشت نقاطی به‌عنوان نقاط نصب فشارسنج در نظر گرفته شود، که تعداد سرشاخه‌های ورودی و خروجی با هم برابر باشد [۲۲].

۱-۴-۴-۳- شبکه‌های مختلط

این سیستم همان طوری که از نامش پیداست تلفیقی از دو سیستم شبکه توزیع شاخه‌ای و حلقوی است. با توجه به این موضوع که ایجاد شبکه‌های حلقوی علیرغم تمامی مزایای مرتبط با آن هزینه زیادی را در اجراء طلب می‌نماید، در اکثر شهرها بسته به وضعیت خیابان‌ها و معابر شهری شبکه‌های مختلط طراحی و اجرا گردیده است. در تعیین نقاط نصب فشارسنج در این قبیل شبکه‌های توزیع بایستی توجه داشت، در بخش حلقوی نقاطی به‌عنوان نقاط نصب فشارسنج در نظر گرفته شود که سرشاخه‌های برابری داشته باشد و در بخش شاخه‌ای نیز نقاط کور شبکه به‌عنوان نقاط نصب درنظر گرفته شود. همچنین بایستی توجه داشت در بخش‌های حلقوی که به شبکه شاخه‌ای منتهی می‌شود نیز نسبت به نصب فشارسنج اقدام گردد [۲۲].

۱-۴-۵- انواع سیستم تأمین فشار در شبکه توزیع آب

جهت ایجاد جریان در یک شبکه توزیع و تأمین فشار لازم همواره سعی بر این است که از نیروی ثقل استفاده شود. شبکه‌های ثقل بر سادگی طرح آنها، در زمان بهره‌برداری از اطمینان بیشتری برخوردار می‌باشند. در صورتی که به دلایل گوناگون ایجاد شبکه ثقلی امکان‌پذیر نباشد، فشار لازم در شبکه توزیع آب توسط ایستگاه‌های پمپاژ تأمین می‌گردد. در هر حال شبکه‌های توزیع ازنظر تأمین فشار به انواع مختلف به شرح ذیل تقسیم‌بندی می‌شوند. [۲۲].

۱-۴-۵-۱- شبکه ثقلی نوع اول

چنانچه منطقه مورد مطالعه از وسعت کمی برخوردار باشد و اختلاف ارتفاع به حد کافی وجود داشته باشد، فشار تمامی منطقه بوسیله یک یا چند مخزن با رقوم ارتفاعی یکسان تأمین می‌گردد [۲۲].

۱-۴-۵-۲- شبکه ثقلی نوع دوم

در صورتیکه وسعت و تغییرات ارتفاعی منطقه ناچیز نباشد، استفاده از یک یا چند مخزن با رقوم ارتفاعی یکسان امکان‌پذیر نبوده و در این حالت باید با نصب تأسیسات کاهش‌فشار از نوع مخزنی یا مکانیکی (شیرفشار-شکن) شهر را به مناطق مختلف فشاری تقسیم‌بندی نمود [۲۲].

۱-۴-۵-۳- شبکه ثقلی‌مرکب

در مناطقی که از چند طرف به ارتفاعات طبیعی محدود می‌گردند، می‌توان مخازن دیگری در ارتفاعات پایین‌تر از مخزن اصلی احداث نمود. با این روش در ساعات پیک‌مصرف همه مخازن به شبکه توزیع متصل بوده و در مدار

بهره‌برداری قرار خواهند داشت، در ساعات کم مصرف برخی از مخازن در مدار قرار خواهند گرفت و به‌منظور جلوگیری از سرریز آب مخزن پایین‌دست نیاز به تهیه و نصب تأسیسات کنترل جریان (شیرهای کنترل جریان در ورودی مخازن) است.

از محاسن این سیستم کاهش قطر لوله‌های اصلی شبکه توزیع نسبت به حالت ثقلی‌ساده است، که باعث کاهش هزینه‌های اجرایی می‌گردد [۲۲].

۱-۴-۵-۴- پمپاژ ثقلی

در صورتی که محل تأمین آب در پایین‌دست شهر باشد و شبکه توزیع در رقوم بالاتری از محل‌های تأمین قرار داشته باشد ناگزیر باید آب را به شبکه توزیع پمپاژ نمود. که در ساعات کم‌مصرف آب پمپاژ شده وارد مخازن ذخیره می‌شود و در ساعات پیک مصرف ایستگاه پمپاژ و مخزن تواماً شبکه توزیع را مشروب می‌سازند. در این سیستم نقاط نصب فشارسنج با توجه به تغییرات شیب هیدرولیکی انتخاب می‌گردد [۲۲و۳۲].

۱-۴-۵-۵- پمپاژ مستقیم

چنانچه اختلاف ارتفاعی کافی در محدوده منطقه وجود نداشته‌باشد، توزیع و تأمین آب با پمپاژ مستقیم آب به شبکه توزیع صورت می‌گیرد. استفاده از این سیستم به دلیل نوسانات فشار در ساعات مختلف مصرف با اشکالات زیادی همراه خواهد بود و معمولاً در شرایط خاص و مناطق کوچک به‌کار برده می‌شود. باتوجه به این امر در نقاط نصب فشارسنج بایستی تغییرات شرایط جریان به‌خوبی شناخته شده و بررسی مصارف به دقت صورت‌گیرد [۲۲].

در این حالت ظرفیت و ارتفاع پمپاژ، به‌گونه‌ای تعیین می‌گردد که علاوه بر تأمین آب مورد نیاز در حالت حداکثر مصرف، جبران نوسانات ساعتی فشار مورد نیاز در شبکه نیز تأمین گردد. کنترل پمپ‌ها در این حالت توسط سوئیچ‌های فشاری و متناسب به مصرف در شبکه خواهد بود [۱۲].

بدین نحو که در شرایط پیک مصرف کلیه پمپ‌ها روشن و متناسب با نیاز شبکه آب موردنیاز و فشار لازم را ایجاد می‌نماید. به‌تدریج با کاهش مصرف در شبکه بالطبع فشار افزایش یافته و دبی پمپ‌ها تقلیل می‌یابد. لکن قبل از اینکه پمپ‌ها در شرایط نامطلوب از لحاظ راندمان کاری قرار گیرند. توسط سوئیچ‌های فشاری و تابلوهای فرمان پمپ‌ها به‌ترتیب یکی پس از دیگری خاموش می‌گردد. به نحوی که سایر پمپ‌ها روشن در شرایط کاملاً مناسب و مطلوب کاری قرارگیرند. وبالعکس، با افزایش مصرف در شبکه و افزایش گذرحجمی هر پمپ فشار کاهش یافته و در مسیر کاهش فشار تا آنجایی ادامه خواهد یافت که فشار پمپ‌ها از یک مقدار حداقل کمتر نگردد در این حالت نیز توسط سوئیچ‌های فشاری پمپ‌ها به‌ترتیب و یکی پس از دیگری شروع به کار می‌نماید به‌نحوی که کلیه پمپ‌ها در یک شرایط کاری مناسب از لحاظ راندمان قرار گیرند.

واضح است عملکرد پمپ‌ها باتوجه به دامنه تغییرات دبی و ارتفاع آنها به‌نحوی می‌باشد که در شرایط نامطلوب از لحاظ راندمان قرار نخواهند گرفت و از طرفی فشار ماکسیمم ایجاد شده توسط پمپ‌ها در شبکه از حدمجاز تجاوز نمی‌نماید و پمپ‌ها در حداقل فشار نیز تأمین‌کننده حداقل فشار موردنیاز در شبکه خواهند بود. ذکر این نکته ضروریست که استفاده از سیستم سوئیچ فشاری این امکان را به‌وجود می‌آورد که پمپ‌ها همواره در شرایط مطلوب کاری قرار گیرند و از عمرمفید بیشتری برخوردار باشند و همچنین در میزان برق‌مصرفی نیز صرفه‌جویی

گردد. از آنجائی که گذر حجمی پمپ‌ها بااستفاده از سوئیچ‌های فشاری و راندمان مناسب بین دو حد بالا و پایین مصرف تنظیم می‌گردد. بنابراین بر اثر خارج‌شدن یک پمپ از مدار پمپ‌های در حال کار از لحاظ راندمان دچار اختلال نمی‌گردد. این امر در تفسیر نتایج فشارسنجی بایستی به‌دقت موردتوجه قرارگیرد. در این نوع سیستم‌ها از جمله مهم‌ترین نقاط نصب فشارسنج خروجی ایستگاه‌های‌پمپاژ است [۲۲].

۱-۴-۵-۶- پمپاژمستقیم با کنترل توسط مخزن هوایی

استفاده از سیستم پمپاژمستقیم با معایب زیادی همراه است. لذا در اغلب موارد جهت ایجاد یک سیستم مطمئن‌تر از مخازن مابین محل‌مصرف و ایستگاه‌پمپاژ استفاده می‌گردد، که مخزن تعبیه‌شده وظیفه کنترل فشار کار پمپ‌ها را عهده‌دار است. در این‌حالت پمپ‌ها برای حداکثرمصرف روزانه طراحی می‌شوند [۲۲].

۱-۴-۶- ضوابط طراحی شبکه‌های توزیع آب

در این بخش ضوابط لازم در خصوص فشار، سرعت، قطر و دبی لوله‌ها در زمان طراحی ارائه می‌شود. اعداد ارائه‌شده در مورد فشار، سرعت و قطر لوله‌ها با توجه به تأمین نیازها در حد مناسب و به‌منظور صرفه‌جویی در مصرف آب و به حداقل رساندن تلفات آب تعیین‌شده است.

۱-۴-۶-۱- فشار آب در شبکه

با توجه به اینکه اضافه شدن فشار در شبکه توزیع موجب ازدیاد مصارف ناخواسته، افزایش نشت و حوادث بیشتر می‌شود، باید دیدگاه کلی در طراحی شبکه‌های توزیع به صورتی باشد که با در نظر داشتن جنبه‌های فنی و اقتصادی، فشار در سطوح عمده تحت پوشش، با رعایت مقادیر حداقل لازم، کمترین مقدار ممکن باشد.

حداکثر فشار مجاز

با توجه به کیفیت اجرای شبکه‌های توزیع آب و لوله‌کشی‌های داخل ساختمان‌ها در ایران، حداکثر فشار مجاز شبکه برابر ۵ بار توصیه می‌شود (معادل اختلاف ارتفاع حداکثر تراز آب مخزن و پایین‌ترین تراز ارتفاعی مصرف-کنندگان)

تبصره: درصورتی‌که با توجه به وضع توپوگرافی منطقه، محدودیت فوق مشکلاتی ایجاد کرده یا با اضافه‌هزینه قابل‌ملاحظه‌ای همراه باشد، می‌توان با توجیه کافی، در مناطقی از شبکه، حداکثر فشار تا ۶ بار را مجاز دانست [۱۲].

حداقل فشار مجاز

حداقل فشار مجاز در شبکه‌های توزیع آب باید به اندازه‌ای باشد که با توجه به افت فشارهای شبکه و لوله‌کشی داخل ساختمان و همچنین تغییرات سطح آب در مخازن، در بالاترین نقطه برداشت در ساختمان‌ها (پشت‌بام) حداقل فشار از ۰/۳ بار کمتر نباشد. حداقل فشار مجاز شبکه برای ساختمان‌های یک طبقه برابر ۱/۴ بار (در محل انشعاب–پشت کنتور) است و برای هر طبقه اضافی جهت تأمین ارتفاع و افت فشارهای لوله‌های داخلی ساختمان، ۰/۴ بار به عدد فوق افزوده می‌شود.

تبصره: با توجه به شرایط ایران حداکثر طبقاتی که فشار آب آن‌ها باید مستقیماً از شبکه تأمین شود، معمولاً چهار طبقه است. در ساختمان‌های مرتفع برای تأمین فشار موردنیاز باید از تأسیسات داخلی استفاده شود. بنابراین بسته به تعداد طبقات، حداقل فشار موردنیاز در محدوده ۱/۴ تا ۲/۶ بار می‌باشد [۱۲].

۱-۴-۶-۲- سرعت آب در شبکه

به‌منظور جلوگیری از افت فشار بیش‌ازحد ناشی از اصطکاک زیاد، حفظ آب‌بندی لوله‌ها و متعلقات و کاهش تنش در محل اتصالات، حداکثر سرعت مجاز در شبکه‌های توزیع آب به‌طورمعمول ۲ متر بر ثانیه و در مواقع برداشت بده آتش‌نشانی برابر ۲/۵ متر بر ثانیه توصیه می‌شود. به‌منظور جلوگیری از رسوب‌گذاری در لوله‌ها و تغییر شرایط کیفی آب ازجمله بو و مزه، حداقل سرعت آب در شبکه‌های توزیع ۰/۳ متر بر ثانیه توصیه می‌شود. درصورتی‌که به دلیل رعایت قطر حداقل و یا استفاده از لوله‌های موجود در طراحی، سرعت کمتر از ۰/۳ متر بر ثانیه باشد، عدم رعایت حداقل سرعت در این شرایط خاص بلامانع است. درهرحال برای خطوط طراحی‌شده بر اساس بده حداکثر ساعتی، سرعت خطوط لوله با اقطار بیشتر از حداقل قطر، نباید کمتر از ۰/۳ متر بر ثانیه شود [۱۲].

۱-۴-۶-۳- انتخاب قطر لوله

به‌منظور صرفه‌جویی اقتصادی باید حداقل قطر موردنیاز برای لوله‌های شبکه انتخاب شود، به‌نحوی‌که جایگزینی قطرهای کوچک‌تر از آن موجب کاهش فشار شبکه از حداقل مجاز آن شود. حداقل قطر برای لوله‌های دارای شیر آتش‌نشانی و یا فاقد آن به شرح زیر است:

۱- حداقل قطر داخلی در لوله‌های فاقد شیر آتش‌نشانی معادل ۸۰ میلی‌متر برای شهرها و ۵۰ میلی‌متر برای کوچه‌های بن‌بست و همچنین روستاها توصیه می‌شود.

۲- حداقل قطر داخلی در لوله‌های دارای شیر آتش‌نشانی با توجه به ضوابط نیازهای آتش‌نشانی تعیین می‌شود و نباید از ۱۰۰ میلی‌متر کمتر باشد. حداقل قطر داخلی باید با محاسبات مصرف آتش‌نشانی و برقراری حداقل فشار در شبکه کنترل شود.

۳- در مواردی که فشار آب با رعایت حداقل قطر به دلیل توپوگرافی موجود، بیش از حداقل فشار مجاز شبکه است و محاسبات مصرف آتش‌نشانی نیز برقراری حداقل فشار در شبکه را نشان می‌دهد، می‌توان از لوله ۸۰ میلی‌متر برای نصب شیر آتش‌نشانی استفاده کرد [۱۲].

۱-۴-۶-۴- مصرف سرانه آب

میانگین مصرف روزانه آب هر نفر در طول یک سال را مصرف سرانه آب می‌نامند. مصارف آب شهری شامل مصارف خانگی، عمومی، تجاری، صنعتی و آب به‌حساب نیامده می‌باشد. همچنین در مناطقی که از آب شبکه توزیع برای آبیاری فضای سبز استفاده می‌شود، مصرف فضای سبز عمومی نیز جزو مصارف آب قرار می‌گیرد. مصرف سرانه آب به عوامل زیادی بستگی دارد که مهمترین آنها عبارت‌اند از: عادات و فرهنگ مردم، وضعیت اقتصادی و سطح زندگی، میزان صنعتی بودن، امکانات مراکز عمومی، شرایط آب و هوایی، وجود یا عدم وجود کنتور، نحوه دفع فاضلاب، میزان وکیفیت منابع آب قابل دسترس، قیمت آب، فشار هیدرولیکی (بهره‌برداری) در شبکه توزیع و غیره.

برطبق بر نامه سوم توسعه، الگوی مصرف آب هر خانوار ۲۲/۵ مترمکعب در ماه تعیین شده که در نتیجه هر نفر بطور متوسط در شبانه روز می‌تواند ۱۵۰ لیتر آب مصرف نماید (جدول ۱-۱) [۱۲].

جدول ۱-۱- متوسط مصرف سرانه خانگی (بدون فضای سبز) برای سال ۱۳۹۵
(بر حسب لیتر به‌ازای هر نفر در شبانه روز) [۱۲].

نوع مصرف	مقدار برای هر نفر (لیتر در روز)
آشامیدن	۲ تا ۵
پخت و پز	۵ تا ۱۰
حمام	۲۵ تا ۵۰
لباسشویی	۱۰ تا ۲۰
ظرفشویی	۵ تا ۱۵
دستشویی وتوالت	۲۰ تا ۳۰
شست‌وشوی خانه	۳ تا ۱۰
تهویه مطبوع و کولر	۲ تا ۵
متفرقه	۳ تا ۵
جمع	۷۵ تا ۱۵۰

متأسفانه باتوجه به رشد بی رویه شهرنشینی در کشور، آمار چند ساله اخیر نیز نشان از مصرف سرانه به طور متوسط ۲۵۰ لیتر تا ۳۰۰ لیتر در شبانه روز می‌دهد. [۲۴].

در حال حاضر سرانه مصرف آب شرب در ایران ۲۲۰ لیتر در شبانه روز به ازای هر نفر است که این رقم در برخی از کلانشهرهای کشور مانند تهران به بیش از ۳۰۰ لیتر در شبانه روز می رسد و در استان آذربایجان شرقی مصرف آب ۲۰۰ لیتر در شبانه روز برای هر نفر برآورد شده است، یعنی هر فرد ۵۰ لیتر آب اضافی از استاندارد کشوری مصرف می‌کند [۱۱].

در کشورهای اروپایی در سیستم لوله کشی ساختمان ها سیستم بازگشت آب گرم وجود دارد و زمانی که افراد قصد حمام کردن دارند، کل آب داخل لوله خالی نمی‌شود تا آب گرم شود، در حالی که در آن سیستم‌های بازگشت آب گرم پشت لوله آب یک لوله برگشت وجود دارد و این آب بلافاصله پس از باز شدن شیر حمام آب گرم می‌شود. این بازگشت آب گرم (مبحث ۱۶ مقررات ملی) در حد بسیار اندک و حدود ۲ درصد در ساختمان‌های کشور اجرایی می‌شود، هرچند که در مبحث ۱۶ مقررات ملی ساختمان عنوان شده که اگر فاصله بیش از ۱۰ متر از منبع گرمایشی باشد، حتماً باید برگشت آب لوله و آب گرم وجود داشته باشد.

در طرح‌های آب‌رسانی، تفکیک مصارف فضای سبز خانگی از سایر مصارف خانگی ضرورت چندانی ندارد و فقط در طرح‌های فاضلاب این امر ضرورت می‌یابد. در مواردی که اطلاعات کافی در دسترس نباشد و یا امکان تکمیل پرسش‌نامه مصارف خانگی وجود نداشته باشد میتوان محدوده ۷۵ تا ۱۵۰ لیتر بر نفر بر شبانه روز را به‌عنوان حدود بالا و پایین متوسط سرانه خانگی (بدون فضای سبز و دام و طیور) مدنظر قرار داد و براساس جدول (۱-۲) برحسب جمعیت، مقدار مصرف سرانه خانگی را برآورد کرد. متوسط مصرف سرانه عمومی نیز با توجه به مقادیر اندازه‌گیری شده در زمان مطالعه طرح و سال های قبل از آن و همچنین با توجه به بافت مناطق مختلف شهر و

روستا در انتهای دوره طرح محاسبه می‌شود. این مقدار برای ایران در انتهای دوره طرح معادل ۵ تا ۱۵ درصد مصرف سرانه خانگی پیش‌بینی می‌شود. بدیهی است مصارف سرانه عمومی در مناطق روستایی کمتر از مناطق شهری است [۱۲].

جدول ۱-۲- مقدار مصرف سرانه خانگی برحسب جمعیت (بدون فضای سبز و دام و طیور) [۱۲].

جمعیت (هزار نفر)	مقدار مصرف سرانه خانگی (لیتر بر نفر بر روز)
روستاها	۷۵-۹۰
شهرهای کم‌تر از ۲۰	۷۵-۱۱۰
۲۰-۱۰۰	۱۰۰-۱۳۰
۱۰۰-۵۰۰	۱۲۰-۱۴۰
بیش از ۵۰۰	۱۳۰-۱۵۰

۱-۴-۶-۵- تعیین ضریب حداکثر روزانه و ساعتی

با توجه به اینکه مصارف خانگی و سایر مصارف تحت تاثیر یک رشته تغییرات قرار دارد؛ باید این تغییرات در طراحی شبکه‌های توزیع لحاظ گردند. برای این منظور از ضریب حداکثر مصرف روزانه (C_1) (جدول۱-۳) که عبارت است از نسبت حداکثر مصرف روزانه به حد متوسط سالیانه و حداکثر مصرف ساعتی (C_2) (جدول ۱-۴) که آن نیز عبارت است از حداکثر مصرف ساعتی به روزانه، استفاده می‌شود.

جدول ۱-۳- ضریب حداکثر روزانه (C_1) در مناطق مختلف آب‌وهوایی [۱۲]

منطقه آب‌وهوایی	ضریب (C_1)
۱	۱/۴ تا ۱/۸
۲	۱/۳ تا ۱/۶
۳	۱/۴ تا ۱/۹
۴	۱/۵ تا ۱/۹
۵	۱/۶ تا ۲

جدول ۱-۴- ضریب حداکثر ساعتی (C_2) در جمعیت‌های مختلف [۱۲]

جمعیت تحت پوشش مخزن (هزارنفر)	ضریب (C_2)
کمتر از ۵	۳ تا ۲
بین ۵ تا ۲۰	۱/۸ تا ۲
بین ۲۰ تا ۱۰۰	۱/۶ تا ۱/۸
بین ۱۰۰ تا ۳۰۰	۱/۴ تا ۱/۶
بیش از ۳۰۰	۱/۲ تا ۱/۴

۱-۴-۷- نشت در شبکه‌های آب شهری

هدف اصلی کاهش هدررفت آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک، مقابله با کم‌آبی و حفظ محیط زیست به دلیل خشکسالی‌ها و محدودیت منابع آب است، اما هدف مهم دیگر مربوط به جنبه اقتصادی آن می‌شود. کاهش هدررفت آب تا سطح اقتصادی، نه تنها باعث کاهش هزینه‌های تأمین آب، انتقال، تصفیه، انرژی، سرمایه گذاری برای تاسیسات جدید و دیگر موارد خواهد بود بلکه باعث افزایش کیفیت خدمت‌رسانی و نیز افزایش درآمد شرکت‌ها خواهد شد که با توجه به کنترل شدید تعرفه‌ها در سال‌های اخیر این موضوع اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. همچنین اگر بتوان با کاهش آب بدون درآمد به تقاضاهای جدید مشترکین پاسخ داد، درهزینه‌های مربوط به توسعه منابع آب، به عنوان مثال ساخت سد و مخزن جدید، ساخت و تجهیز تصفیه‌خانه‌های جدید و ... صرفه‌جویی زیادی خواهد شد.

بر اساس استانداردهای مراجع بین المللی اعم از انجمن جهانی آب IWA و انجمن کارهای آبی آمریکا AWWA جهت سنجش سالانه هدررفت آب از واژه آب بدون درآمد یا همان Non-Revenue Water استفاده می‌شود.

آب به حساب نیامده یا آب بدون درآمد، میزان آب تولید شده‌ای است که بر اثر عوامل گوناگون به دست مشتری نمی‌رسد یا به حساب فروش شرکت آب و فاضلاب وارد نمی‌شود. کاهش این میزان آب، باتوجه به ارزش زیست محیطی، اجتماعی و اقتصادی آب، بسیار پراهمیت است [۱۳].

آب به حساب نیامده یا بدون درآمد به میزان آبی گفته می‌شود که درصورت حساب فروش شرکت های آب و فاضلاب منظور نمی‌شود و اغلب به دلیل قرائت غلط کنتورها، انشعابهای غیرمجاز، کنتورهای با پلمپ باز و نشت در شبکه به دلیل پوسیدگی و از کارافتادگی لوله ها صورت می‌گیرد.

آب بدون درآمد عبارتست از اختلاف بین حجم آب ورودی به سیستم (شبکه توزیع) و مصارف مجاز با درآمد طی یک سال. آب بدون درآمد دارای ۳ جزء اصلی می‌باشد: ۱- هدررفت واقعی[1] ۲- هدررفت ظاهری[2] ۳- مصارف مجاز بدون درآمد[3]

1 Real Loss
2 Apparent Loss
3 Unbilled Authorized Consumption

هدررفت واقعی به حجمی از آب اطلاق می‌گردد که به صورت واقعی (فیزیکی) از شبکه‌های توزیع هدر می‌رود و شامل نشت از شبکه‌های توزیع- نشت از خطوط انتقال- نشت و سرریز مخازن- و نشت از انشعابات مشترکین می‌گردد.

هدررفت ظاهری به حجمی از آب اطلاق می‌گردد که مصرف شده است، ولی به دلایل متعددی از جمله خطای مدیریت داده‌ها و سیستم و خطای کنتورهای مشترکین اندازه‌گیری نشده است. این هدررفت شامل خطای تجهیزات اندازه‌گیری- انشعابات غیر مجاز و خطای قرائت و انتقال داده‌ها می‌شود.

پارامتر خطای مدیریت داده‌هاو سیستم نیز که در اثر خطای ناشی از: خطای بهره‌برداری، خطای انسانی و خطای ناشی از انتقال داده‌هاایجاد می‌گردد، مورد مطالعه و ارزیابی قرارمی‌گیرد.

مصارف مجاز بدون درآمد نیز به مصارفی گفته می‌شود که استفاده از آن مجاز است، ولی درآمدی برای شرکت‌های آب و فاضلاب ندارد از قبیل: مصارف فرایندی در تاسیسات آب و فاضلاب- مصارف آتش نشانی و ... .

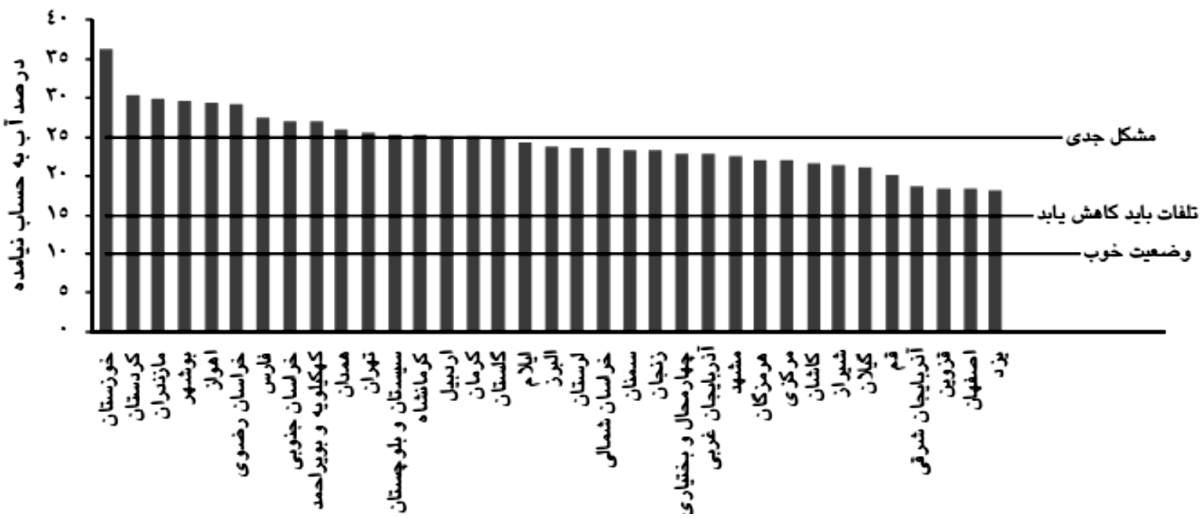
معمولا عوامل موثر در شاخص‌های آب بدون درآمد از منطقه‌ای به منطقه‌ی دیگر متفاوت بوده و به عوامل متعددی از جمله نحوه بهره‌برداری از شبکه، طول و جنس شبکه، تعداد مشترکین، توپوگرافی منطقه، کیفیت آب و نحوه رفع اتفاقات بستگی دارد. بنابراین ارزیابی هر منطقه به خودی‌خود می‌تواند متفاوت باشد [۳۴].

در کشور ایران نیز از سال ۱۳۸۳ استانداردهای بین‌المللی در زمینه اندازه‌گیری آب بدون درآمد و اجزای آن پیاده سازی شد و بر اساس جداول بالانس آب که مهم‌ترین روش در زمینه محاسبه اجزا آب بدون درآمد می‌باشد تمامی شرکت‌های آب و فاضلاب نسبت به انجام فعالیت‌های تخصصی در زمینه اندازه‌گیری و کاهش آب بدون درآمد اقدام نمودند.

در گذشته هیچ گونه اطلاعات دقیقی در این زمینه وجود نداشت و اعداد و ارقام مرتبط با هدررفت صرفاً بر اساس یک سری پیش بینی‌ها انجام می‌گردید. در حال حاضر و با اقدامات شاخصی که در طی دو دهه اخیر انجام شده است با اجرای طرح بالانس آب در کشور هر شهر دارای یک جدول بالانس آب می‌باشد که به تفکیک اجزاء آب بدون درآمد در بخش‌های مختلف در آن محاسبه و تحلیل می‌گردد.

بر اساس آخرین اطلاعات از مجموع ۶ میلیارد متر مکعب حجم آب ورودی به شبکه‌های آب شهری در حدود ۲۵,۵ درصد بدون درآمد است. سهم هدررفت واقعی از این مقدار ۱۳,۴ درصد (۵,۹ درصد نشت از شبکه توزیع- ۰,۹ درصد خطوط انتقال- سرریز مخازن ۰,۱ درصد – نشت از مخازن ۰,۳ درصد و نشت از انشعابات آب مشترکین ۶,۳ درصد) هدررفت ظاهری ۱۰,۴ درصد (مصارف غیر مجاز ۳,۹ درصد- خطای مدیریت داده‌ها و سیستم ۱,۸ درصد- عدم دقت تجهیزات اندازه‌گیری ۴,۷ درصد) و مصارف مجاز بدون درآمد ۱,۷ درصد است. (در بخش روستایی میزان آب بدون درآمد در حدود ۳۰ درصد است).

همه ساله نشت در شبکه‌های آبرسانی هزینه و نیروی زیادی را به دولتها تحمیل می‌کند. بر طبق آمار اعلام شده شرکت سهامی آب منطقه‌ای و شرکت آب و فاضلاب کشور، مقدار آب به‌حساب نیامده در شبکه‌های روستایی ۳۶/۹۶درصد و در مناطق شهری ۲۸/۳ درصد می‌باشد شکل (۱-۱) مقایسه درصد آب بحساب آمده با مقادیر توصیه شده جهانی در شرکت‌های مختلف آب و فاضلاب ایران را نشان می‌دهد [۲۰].



شکل ۱-۱- مقایسه درصد آب بحساب نیامده با مقادیر توصیه‌شده جهانی

بر اساس شکل(۱-۱)، در تمام شرکتهای آب و فاضلاب تلفات مربوط به آب به حساب نیامده در حدی است که باید کاهش یابد و از بین ۳۵ شرکت آب و فاضلاب ۱۴ شرکت دارای مشکل جدی هستند. با توجه به مطالب ذکرشده می‌توان نتیجه‌گیری کرد که تلفات مربوط به آب به‌حساب نیامده در کشور در وضعیت مناسبی نیست به طورکلی می‌توان گفت که متوسط درصد آب به‌حساب نیامده در کشور برابر۲۵ درصد (معادل ۱۴۱۰ میلیون مترمکعب در سال) که از این میان ۱۳/۴درصد (معادل ۷۵۶ میلیون مترمکعب در سال) مربوط به تلفات واقعی، ۹/۹ درصد (معادل ۵۵۸ میلیون مترمکعب در سال) مربوط به تلفات ظاهری و ۱/۷ درصد (معادل ۹۶ میلیون مترمکعب در سال) نیز مربوط به مصارف مجاز بدون درآمد است. با لحاظ حداکثر تلفات مجاز به میزان ۱۰درصد بر اساس استانداردهای جهانی، ارزش ریالی کل آب به‌حساب نیامده سالیانه حدود ۵۳/۱۳ میلیارد ریال می‌شود که بسیار جای تامل دارد (مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، ۱۳۹۳) از این رو نشت‌یابی در شبکه‌های توزیع و انتقال‌آب از اهمیت اقتصادی بالایی برخوردار بوده و کنترل و کاهش نشت باید به‌طور جدی مدنظر قرارگیرد. بنابراین همه ساله روش‌ها و ابزارهای جدیدی به‌منظور نشت‌یابی به بازار عرضه شده و تحقیقات زیادی در این زمینه انجام می‌گیرد. در یک دید کلی می‌توان راهبردهای مدیریت آب به‌حساب نیامده را به سه گروه راهبردهای کاهش هدر رفت واقعی، راهبرد کاهش هدر رفت ظاهری غیرمجاز و راهبردهای کاهش هدر رفت مجاز تقسیم کرد. راهبردهای کاهش هدر رفت واقعی عبارتند از: افزایش سرعت و کیفیت تعمیرات، نشت‌یابی فعال، مدیریت فشار و مدیریت دارایی‌ها و خطوط لوله.

میزان آب به حساب نیامده در استانهای مختلف کشور بین ۲۵ تا ۶۰ درصد گزارش شده است. در مطالعه ای که در سال ۱۳۷۴ در خصوص تلفات آب در شهرهای بوشهر، تبریز و اهواز به عمل آمده، میزان تلفات آب در این شهر ها به ترتیب ۳۴، ۳۰ و ۵۰ درصد گزارش شده است. بیشترین سهم تلفات مربوط به این شهرها، شکستگی لوله ها گزارش شده است. طبق استانداردهای جهانی برای کشورهای خشک و نیمه خشک و کم آب، حداکثر آب به حساب نیامده در یک شبکه توزیع حدود ۱۵ درصد و برای کشورهای پر آب ۲۵ درصد توصیه شده است. طبق این استاندارد چنانچه آب به حساب نیامده برای ایران از ۱۵ درصد تجاوز نماید، ضرورت سرمایه گذاری برای بازچرخانی و بازیافت الزامی است [۲۴].

۱-۴-۷-۱- رابطه بین فشار و نشت

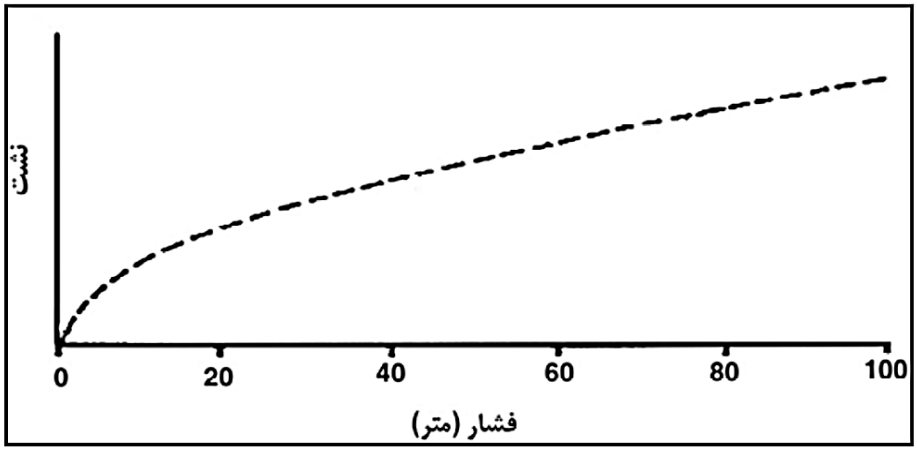
وابستگی بین مقدار نشت و میزان فشار در شبکه‌های آب‌رسانی شهری امر شناخته‌شده‌ای است. باوجود تجارب و تحقیقات میدانی کمی که در این مورد وجود دارد، در زیر مفهوم وابستگی فشار و نشت موردبررسی قرار می‌گیرد. از دیدگاه نظری، طبق رابطه (۱) جریان از درون یک سوراخ با ابعاد ثابت (اریفیس)، با جذر فشار آب درون آن متناسب است (شکل ۱-۲). [۱۳].

$$Q = KP^{0.5} \qquad (۱)$$

گرچه که یک سری آزمایش‌ها نشان داده است که در مورد تأثیر فشار بر روی نشت در شبکه‌های توزیع آب شهری، این رابطه برقرار نیست. نتایج این آزمایش‌ها در شکل (۱-۷) نشان داده شده‌اند که محور عمودی معرف جریان خالص شبانه (به‌جای نشت) و محور افقی، فشار متوسط شبانه در منطقه (AZNP۱) می‌باشد. جریان خالص شبانه شامل نشت و مصرف شبانه مشترکین (NU۲) است؛ بنابراین محور عمودی به‌صورت یک شاخص نسبت به نشت بیان شده است. فشار متوسط شبانه منطقه، فشار متوسطی است کـه درون سامانه در شب رخ می‌دهد و شامل آثار تغییرات توپوگرافی سطح زمین و هرگونه افت فشار در منطقه موردمطالعه است.

رابطه (۲) بین فشار و شاخص نشت در انگلستان توسط مطالعات مرکز تحقیقات آب انگلستان (WRC۳) نشان می‌دهد که منحنی تا فشار حدود ۵۰ متر تقریباً خطی است، گرچه در فشارهای بالاتر دارای شیب تندتری است که این در تضاد کامل با فرمول قانون جذر فشار می‌باشد. مشاهده می‌شود که حتی یک کاهش کوچک در فشارهای بالا می‌تواند سبب کاهش زیادی در میزان نشت شود.

رابطه (۲) $$(LI) = 0.5 \times AZNP + 0.007 \times AZNP^2$$



شکل ۱-۲- رابطه بین نشت و فشار برای یک اریفیس (نشریه ۵۵۶، ۱۳۹۱)

1 Average Zone Night Pressure
2 Night Use
3 Water Research Center

شکل ۱-۳- رابطه نشت – فشار (نشریه ۵۵۶، ۱۳۹۱)

تفاوت ظاهری میان دو فرمول (جذر و توان دوم فشار) برای نشت که در شکل‌های (۱-۲) و (۱-۳) نشان داده شده است کاملاً شناخته‌شده نیست. علت این تفاوت احتمالاً این است که ترک‌ها در فشارهای بالاتر بازتر می‌شوند و یا اتصالات لوله‌هایی که خوردگی شدید داشته باشند بیشتر باز می‌شوند. از طرفی، درحالی‌که رابطه جذر فشار فقط در یک نشت کاربرد دارد، درون یک شبکه توزیع آب محل‌های زیادی وجود دارد که دارای نشت بوده و هر یک فشار خاصی را دارا هستند [۱۳].

۱-۴-۷-۲- مدیریت نشت

چگونگی کاهش تلفات آب در گام اول، مستلزم آگاهی از میزان هدر رفت، مؤلفه‌های آن، علل بروز آن‌ها، روش‌های مقابله با هر جزء و اولویت مبارزه با هر مؤلفه است. گام بعد، درگرو مکان‌یابی و تعیین موقعیت نقاط پرخطر ازلحاظ نشت، تعمیر، بازسازی و نوسازی شبکه، تجهیزات و تأسیسات آن می‌باشد. در آخرین گام نیز کاهش تلفات، منوط به ارزیابی مجدد وضعیت نشت و هدر رفت آب در شبکه، پس از اقدامات صورت گرفته و آگاهی از میزان کارایی روش‌ها و شیوه‌های به کار گرفته‌شده برای این منظور و درنهایت، اعمال مدیریت صحیح و اصولی همراه با استفاده از فن‌آوری‌های جدید به‌منظور جلوگیری از وقوع مجدد آن‌ها می‌باشد[۱۳].

با شناسایی عوامل کلیدی تأثیرگذار بر نشت، می‌توان آثار احتمالی فعالیت‌های مختلف بر روی کاهش آن را پیش‌بینی کرد. در تحقیقات صورت گرفته، چهار عامل را از مهم‌ترین عواملی برمی‌شمارد که بیشترین اثر را روی نشت شبکه دارا هستند: سرعت و کیفیت تعمیرات؛ کنترل فعال نشت؛ مدیریت، بهره‌برداری، نگهداری، نوسازی و بازسازی لوله‌ها و تأسیسات شبکه و مدیریت فشار. برای کنترل مؤثر نشت، توجه به هر چهار عامل فوق به یک اندازه مؤثر است. به‌عنوان‌مثال می‌توان سرعت و کیفیت تعمیر را به‌وسیله استفاده از روش‌های مؤثر تعمیر و گروه‌های مجرب افزایش داد و از طریق کاهش مدت‌زمان تعمیر شکستگی‌ها باعث کاهش نشت شد. همچنین می‌توان با مدیریت، نگهداری صحیح، بازسازی و نوسازی لوله‌ها و تأسیسات، اقدام به کاهش نشت زمینه در طول سال کرد. با انجام دادن کنترل فعال نشت و تشخیص شکستگی‌های گزارش نشده در مدت‌زمان کمتر نیز می‌توان اقدام به کاهش نشت کرد. از میان استراتژی‌های کنترل نشت، مدیریت فشار به‌عنوان یکی از مؤثرترین و به‌صرفه‌ترین اقدامات موجود شناخته می‌شود و در این مطالعات تمرکز اصلی روی این جنبه مدیریت نشت انجام می‌گردد.

۱-۴-۷-۳- علل وقوع حوادث و نشت شبکه

عوامل مهمی را که به تنهایی یا به صورت ترکیبی می‌توانند باعث ایجاد حادثه و نشت شوند می‌توان به صورت زیر ذکر کرد:

بارهای اضافی: به‌دلیل بسترسازی نامناسب و یا پرنمودن ترانشه به صورت غیر اصولی، بارهای اضافی که ممکن است بر اثر ترافیک، رانش زمین و یا اجرای پی سازه‌ها در اطراف یا روی مسیر خطوط لوله ایجاد شود باعث بروز حادثه و شکستگی می‌شوند.

.عدم نصب صحیح اتصالات در شبکه، نامناسب و یا نامرغوب بودن قطعات به‌کار رفته، عدم اجرای تکیه‌گاه مناسب و ...

فشار زیاد: معمولا پمپاژ مستقیم آب به داخل شبکه، عدم اعمال مدیریت فشار و عدم وجود ناحیه‌بندی فشار در شبکه توزیع باعث بروز فشارهای زیاد و غیرمجاز و افزایش حوادث می‌شود.

ضربه قوچ: در برخی مواقع به دلیل پمپاژ مستقیم آب به داخل شبکه توزیع، ضربه قوچ یکی از دلایل بروز حادثه و شکست لوله‌ها و متعلقات آنها به‌حساب می‌آید. در نقاطی که لوله به صورت قابل ملاحظه‌ای در اثر خوردگی ضعیف شده باشد اثر ضربه قوچ تشدید می‌گردد.

خوردگی: می‌تواند به دلیل ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی نامناسب آب (از درون) و خاک پیرامون لوله (از خارج) ایجاد شود. این پدیده یکی از عوامل موثر اغلب حوادثی است که به‌دلیل ایجاد سوراخ در لوله‌های فلزی رخ می‌دهد.

عدم رعایت اصول فنی در اجرا: مانند عدم رعایت عمق لوله‌گذاری، عدم رعایت قواعد بسترسازی استاندارد، عدم آزمایش فشار پس از لوله‌گذاری، عدم نظارت دقیق بر اجرا، عدم کنترل کیفی اجناس قبل از اجرا، عدم صلاحیت فنی لازم پیمانکار، عدم تطابق اجرای کار طبق نقشه و ...

عوامل خارجی: به‌وسیله ساخت و سازهای ساختمانی یا اجرا، تعویض یا تعمیر خطوط فاضلاب، گاز، مخابرات، برق و غیره ممکن است ضرباتی به شبکه و خطوط لوله وارد آید که منجر به شکستگی شود.

گرفتگی متعلقات و اتصالات لوله‌ها: بر اثر ایجاد رسوبات یا ورود اشیای خارجی، در لوله‌ها و متعلقات گرفتگی رخ می‌دهد و شرایطی فراهم می‌شود تا در نقاط ضعیف، شکستگی رخ دهد

تاثیر درجه حرارت: در درجه حرارتهای بالا مقاومت مکانیکی لوله‌ها، به‌ویژه لوله‌های با ساختار مصنوعی پلاستیکی، به شدت کاهش پیدا میکند. کاهش درجه حرارت نیز در صورت عدم رعایت عمق مناسب و یا عدم وجود پوشش لازم روی لوله، باعث یخزدگی آب در داخل لوله و ایجاد تنش می‌شود.

بر اساس پیگیری های صورت گرفته از معاونت فنی و عمرانی دانشگاه تبریز، گزارش و مستنداتی در خصوص حوادث و اتفاقات آب ارائه و دریافت نشد. همچنین بر اساس گزارش شرکت ایمن سازه گستر در خصوص عملیات نشت یابی شبکه توزیع آب دانشگاه تبریز درمورخ ۹۷/۴/۱۰، نشتی از شبکه توزیع آب دانشگاه مشاهده و یافت نشده است.

۱-۴-۷-۴- مدیریت فشار

بعد از کار گذاشتن لوله‌های شبکه، در میان تمامی عواملی که بر میزان نشت تأثیرگذار هستند، تنها میزان فشار لوله‌هاست که قابل‌کنترل بوده و از این لحاظ کاهش میزان فشار راه‌حلی عملی، مؤثر و کم‌هزینه در جهت کنترل میزان نشت به‌تنهایی یا به‌صورت ترکیبی به همراه سایر روش‌ها می‌باشد.

این کاهش میزان فشار باید همراه با قید تأمین فشار موردنیاز در گره‌های مصرف صورت پذیرد تا میزان تقاضای مصرف در تمامی زمان‌ها برآورده گردد. حالت ایده‌آل زمانی اتفاق می‌افتد که میزان فشار در تمامی گره‌ها به حدی باشد که دقیقاً مقدار تقاضا در گره مصرف را برآورده نماید. به این حالت، پروفیل فشار بهینه یا سطح فشار هدف گفته می‌شود. باید توجه داشت که در یک شبکه تنها تعداد محدودی از گره‌ها به سطح فشار هدف خود دست می‌یابند درحالی‌که در بقیه گره‌ها فشار بیشتر از آن خواهد بود. با توجه به افزایش پیچیدگی شبکه‌های آب‌رسانی، دست‌یابی به فشار هدف مشکل‌تر و میانگین اضافه فشار در گره‌ها افزایش می‌یابد. راه‌های متعددی برای کاهش میزان اضافه فشار در شبکه وجود دارد که برای مثال می‌توان کاهش هد پمپاژ، ایجاد زون‌های فشاری و ... را نام برد. یکی از روش‌های کاهش فشار استفاده از شیرهای کنترل جریان و یا شیرهای فشارشکن است. پارامتر کنترلی در شیرهای فشارشکن هد در محل خروجی شیر است. با قرار دادن این شیرآلات در محل مناسب خود و تنظیم آن‌ها در حالت بهینه، بیشترین میزان کاهش فشار اضافی در شبکه صورت می‌گیرد[۴].

با توجه به وابستگی و ارتباطاتی که بین اجزای مختلف نشت با فشار وجود دارد، مدیریت فشار سبب کاهش تناوب ترکیدگی‌ها (حوادث) و خرابی‌های ناشی از آن‌ها و کاهش میزان نشت مرئی از ترکیدگی‌ها (حوادث) و نشت زمینه نامرئی می‌شود. فواید طرح مدیریت فشار باید در درازمدت سنجیده شود. این فواید باید در مقابل هزینه‌های اولیه و هزینه تأمین میزان فشار ارزیابی شوند. درصورتی‌که سرمایه‌گذاری مناسبی در امر کاهش فشار صورت گیرد، هزینه‌های تعمیر و نگهداری و تأمین قطعات موردنیاز به حداقل ممکن خواهد رسید.

مدیریت فشار به مجموعه برنامه‌ها و عملیاتی که به‌منظور تنظیم فشار در شبکه صورت می‌گیرد گفته می‌شود. باتوجه به وابستگی و ارتباطاتی که بین اجزای مختلف نشت با فشار وجود دارد، فواید و اثرات ناشی از مدیریت فشار را می‌توان به شرح زیر برشمرد.

کاهش تناوب ترکیدگی‌ها (حوادث) و خرابی‌های ناشی از آنها که تعمیر آنها هزینه‌بر است. عوامل دیگری که بر روی تناوب شکستگی‌ها اثر می‌گذارد عبارتند از: شرایط آب و هوایی، حرکت زمین، خوردگی و

کاهش میزان نشت مریی از ترکیدگی‌ها (حوادث) و نشت زمینه نامریی و در نتیجه حفظ منابع آب و کاهش هزینه‌های مربوط به سرمایه‌گذاری مجدد

کاهش نرخ افزایش نشت و حتی توقف آن. این مساله بر روی منابع مالی مورد نیاز برای نشتیابی نیز موثر است.

تغییر اطلاعاتی که بر مبنای آن مقدار نشت بهینه و سطح اقتصادی نشت محاسبه شده‌اند.

کاهش مصارف مرتبط با فشار (مانند آبپاشهای بارانی) و در نتیجه بازیابی و ذخیره منابع

ایجاد سرویس باثبات و مطمئن برای مشترکین: تغییرات مداوم و زیاد فشار، برای مشترکین این تصور را پیش می‌آورد که شبکه به صورت ضعیفی مدیریت می‌شود. همچنین فشار زیاد غیرضروری، انتظارات مشترکین را افزایش داده و مفهوم مصرف کافی و بهینه آب را خدشه‌دار می‌سازد.

میزان فشار مورد نیاز برای رسیدن آب مورد تقاضای مشترکین را در محدوده فشارهای مجاز حداقل و حداکثر، محدود ساخته و آثار زیانبار فشار کم (تامین آب کمتر از میزان تقاضا و یا حتی قطع آب) و فشار زیاد (عامل ایجاد مصرف ناخواسته و حوادث در شبکه) را خنثی میسازد. فشار کمتر، یک شرکت آب و فاضلاب را قادر میسازد تا از لوله‌ها و اتصالاتی که با نرخ فشار پایینتر متناسب و بنابراین ارزان تر است، استفاده کند.

به‌دلیل امکان کاهش توانایی سامانه برای اطفای حریق باید تمهیداتی اندیشیده شود که بتوان هم مدیریت فشار انجام داد و هم آب مورد نیاز برای اطفای حریق را در شبکه تامین کرد.

دشوار شدن شناسایی نشتهای کنونی، زیرا با کاهش بده نشت، صدای نشت نیز کم شده و ممکن است به سطح زمین نرسیده و مریی نشود. بنابراین کاهش فشار باید با برنامه نشتیابی و تعمیرات هماهنگ باشد.

مدیریت فشار به همراه ایجاد نواحی مجزا و یا نواحی فشاری، بهتر انجام خواهد شد. بنابراین مجزاسازی و ناحیه‌بندی شبکه‌ها باید در پایان پروژه انجام شده و به آینده محول نشود.

فواید طرح مدیریت فشار باید در دراز مدت سنجیده شود. این فواید باید در مقابل هزینه‌های اولیه و هزینه تامین میزان فشار ارزیابی شوند. درصورتیکه سرمایه‌گذاری مناسبی در امر کاهش فشار صورت گیرد، هزینه‌های تعمیر و نگهداری و سرویس و قطعات مورد نیاز به حداقل ممکن خواهد رسید– .

میزان هزینه‌های عملیات مدیریت فشار، بستگی به شرایط مختلفی دارد. به طور مثال مدیریت فشار در مناطق مسطح، راحتتر از مناطق دارای پستی و بلندی است. مدیریت فشار پس از مدیریت شرایط زیربنایی، نقش موثری برای کاهش نشت ایفا میکند. هر چند که انجام مدیریت نشت از نظر اقتصادی با صرفه تر از مدیریت شرایط زیربنایی می‌باشد.

۱-۴-۷-۴-۱- انواع روش‌های کاهش فشار آب

مدیریت فشار ترکیبی از روش‌های مختلف را در بر میگیرد. همه این روش‌ها باید شامل یک برنامه مشخص و دقیـق و حـساب شده برای کنترل فشار در شبکه توزیع آب باشند تا اهداف در نظر گرفته شده به‌دست آید. جهت تعدیل، تنظیم و کاهش فـشار آب در تاسیسات آبی، روش‌های مختلفی وجود دارد از جمله:

- انتخاب صحیح محل احداث مخزن

در انجام مطالعات برای تعیین محل احداث مخزن ذخیره جهت تامین فشار، لازم است باتوجه بـه نقـشه توپـوگرافی در محـدوده خدماتی و قانونی شهر به نحوی تراز ارتفاعی محل ساخت مخزن در نظر گرفته شود که اختلاف ارتفاع بین محل مخزن تا پایینترین تراز ارتفاعی مصرف، از ۵۰ متر و در موارد خاص بنا به ملاحظات فنی و اقتصادی از ۷۰ متر تجاوز نکند. به این ترتیب برای نقـاط بـا اختلاف ارتفاع بیش از ۵۰ متر نسبت به مخزن ذخیره و تامین فشار، باید احداث مخازن دیگر در ترازهای مناسب و یا نصب شیرهای فشارشکن برای تحت پوشش قرار دادن شبکه توزیع منطقه مورد مطالعه در نظر گرفته شود

– اجرای طرح ناحیه‌بندی فشار

در شبکه‌های توزیع آب موجود و یا به هنگام مطالعات طرحهای توسعه تاسیسات و شبکه توزیع آب شهرها، انجام طرح ناحیه‌بندی فشار ضروری است. جهت اجرای طرح ناحیه‌بندی فشار لازم است نقشه‌های مناسب با تراز یا کدهای ارتفاعی از وضعیت شهرسازی و شبکه توزیع آب در اختیار باشد و محدوده تحت پوشش مخازن، از روی حجم ذخیره مخزن موجود و یا توسعه آن و نیز تراز ارتفاعی با رعایت محدودیت فشار مطابق آنچه که مطرح شد، تعیین شود. پس از آن، با شناسایی کامل موقعیت لوله‌های موجود در مرزهای محدوده تحت پوشش هر مخزن و انجام فشارسنجی‌های لازم و تهیه نقشه‌های همفشار، می‌توان به قطع ارتباط بین دو ناحیه همجوار اقدام کرد. در مورد شبکه‌های توزیع آب در شهرهای بزرگ که ناحیه‌بندی فشار از ابتدای تاسیس شبکه توزیع انجام نشده است و شرکتهای آب و فاضلاب با مشکلات عدیده‌ای در خصوص بهره‌برداری و نگهداری از شبکه روبرو هستند، لازم است با برنامه‌ریزی دقیق، به تدریج نسبت به انجام ناحیه‌بندی فشار در شبکه اقدام شود.

- شیرهای کنترل جریان (FCV۱)

این نوع شیرها با تغییر میزان بازشدگی خود که بین صفر تا ۱۰۰ درصد است، عملاً سطح مقطع لوله را به‌طور موضعی تغییر می‌دهند و باعث کنترل میزان جریان در لوله می‌شوند. اگر شیر کاملاً بسته باشد و هیچ جریانی را از خود عبور ندهد، مانند یک شیر یک‌طرفه عمل می‌کند و میزان مقاومت در محل شیر به حداکثر می‌رسد. در حالتی که شیر کاملاً باز باشد و تمام جریان را از خود عبور دهد، هیچ تأثیری بر روی جریان ندارد. با تنظیم بازشدگی این نوع شیر می‌توان مقدار مشخصی از جریان را در اختیار پایین‌دست شیر قرار داد. با تعیین میزان بازشدگی بهینه شیرهای کنترل جریان (FCV) در شبکه، می‌توان میزان نشت را کمینه نمود.

- استفاده از شیرهای فشارشکن (PRV۲)

شیرهای فشارشکن به‌منظور ایجاد کاهش فشار موضعی طراحی شده‌اند تا فشار را در نقطه خروجی خود کاهش داده و تنظیم کنند. این شیرها در انواع مختلف طراحی و تولید می‌شوند. برخی از این شیرها بدون در نظر گرفتن میزان بده جریان، فشار را به یک نسبت (مثلا ۳ به ۱) کاهش می‌دهند. برخی دیگر، صرفنظر از مقدار فشار یا بده ورودی، یک مقدار ثابت فشار در خروجی خود ایجاد می‌کنند. جهت جلوگیری از ساخت مخازن ذخیره متعدد که مشکلات زیادی را در بهره‌برداری و نگهداری برای شرکتهای آب و فاضلاب به وجود می‌آورد، به عنوان یک راه حل دیگر، می‌توان به‌وسیله نصب شیرهای فشارشکن بر روی خطوط لوله‌های که از مرز دو ناحیه فشاری مختلف عبور می‌کنند و نقش کلیدی در تغذیه ناحیه فشاری پایینتر از خود دارند، شبکه توزیع آب دو ناحیه مجاور را به یکدیگر مرتبط ساخت.

شیرهای فشارشکن جهت از بین بردن فشار اضافی در شبکه نصب می‌شوند. پارامتر کنترلی در این شیرآلات، هد در محل خروجی شیر است. رفتار شیر فشارشکن به این‌گونه است که تنها درصورتی‌که فشار در محل شیر، از

1 Flow Control Valve

2 Pressure Reducing Valve

فشار در بالادست آن کم‌تر و از فشار در پایین‌دست آن بیشتر باشد، اثر تنظیمی بر روی فشار دارد و اضافه فشار در شبکه را کاهش می‌دهد. درصورتی‌که هد در محل شیر، از هد در دو سر لوله بیشتر باشد، هیچ تأثیری در آن دامنه از فشار ندارد. این شیرها زمانی که هد کمتری نسبت به هد در دو سر لوله داشته باشند، به‌صورت لوله و زمانی که هد خروجی کمتر از هد گره پایین‌دست باشد، به‌عنوان شیر یک‌طرفه عمل می‌کنند. با استفاده از الگوریتم‌های بهینه‌سازی می‌توان محل یا هد خروجی شیر فشارشکن را به‌عنوان متغیر اصلی جهت کاهش فشار اضافی در شبکه در نظر گرفت.

-حوضچه فشارشکن

حوضچه فشارشکن می‌تواند در مسیر یک خط لوله انتقال قرار گیرد تا شیب هیدرولیکی در یک نقطه خاصی شکسته شود و فشار به فشار اتمسفر تبدیل شود. مشکلات بهره‌برداری و نگهداری از اینگونه حوضچه‌ها نیز نباید نادیده گرفته شود.

–ناحیه‌بندی مجدد

با نصب لوله‌ها و شیرآلات جدید، امکان تامین آب نواحی به شیوه‌های دیگر میسر می‌شود. بدین وسیله حرکت آب از یک نقطه فشاری بالاتر به نواحی همسایه با فشار پایین‌تر امکانپذیر می‌شود. از طرف دیگر با انجام ناحیه‌بندی مجدد، ممکن است برخی مشترکین در یک ناحیه با فشار کمتر (به‌طور مثال مواقعی که ترکیبی از ساختمان‌های بلند و کوتاه در یک منطقه وجود دارند) به یک ناحیه فشاری بالاتر منتقل شوند (مثلا از منبع با تراز بالاتری تغذیه شوند) تا بتوان در بقیه ناحیه، فشار را کاهش داد

-کنترل خطوط انتقال

نصب شیرهای فشارشکن یا شیرهای کنترلکننده برقی بر روی خطوط لوله انتقال آب که مستقیما آب را به شبکه پمپاژ می‌کنند، می‌تواند باعث کنترل فشار در یک محدوده وسیع شود. این مساله ممکن است شامل کاهش مقدار کمی فشار باشد اما به دلیل وسعت منطقه، در مقایسه با هزینه‌های محلی و مقطعی، منافع آن بسیار زیاد است .

- استفاده از بوستر پمپ در نقاط خاص

مناطق مرتفع ممکن است با نصب تلمبه و پمپاژ آب تغذیه شوند، تا در مناطق با ارتفاع کم بتوان کاهش فشار را انجام داد . هزینه پمپاژ به یک نقطه کوچک می‌تواند با هزینه‌های بازیافتی ناشی از کاهش نشت و کاهش حوادث در یک منطقه وسیعتر، جبران شود.

-کنترل تلمبه

کنترل‌های شروع آهسته در تلمبه‌ها می‌تواند از بروز پدیده ضربه قوچ و موجهای فشاری جلوگیری کند. شیرهای ضربهگیر می‌توانند از افزایش فشار در اثر ضربه قوچ جلوگیری کنند. زمانی که فشار در لوله خروجی تلمبه افزایش می‌یابد شیرهای ضربه‌گیر باز می‌شوند تا فشار را در یک حدی محدود کنند. درصورتیکه از تلمبه‌های با سرعت متغیر در شبکه توزیع آب استفاده می‌شود نیز وقتی مصرف کاهش می‌یابد، سرعت تلمبه می‌تواند کم شود تا از فشار اضافی جلوگیری شود.

- کنترل سطح آب در مخازن

کنترلکنندههای سطح آب مخازن ذخیره می‌توانند برای کنترل جریان مورد استفاده قرار گیرند. آنها می‌توانند پس از تکمیل ظرفیت مخزن، با ارسال فرمان به تلمبه‌ها آنها را خاموش کنند تا از ایجاد موج فشاری و ضربه قوچ جلوگیری شود

-نواحی روز/ شب

به دلیل پیچیدگی شبکه و تقاضاها، ممکن است بتوان با مانور بر روی برخ ی شیرآلات مرزی مناطق مجزا، فشار اضافی در برخی نواحی را کاهش داد. این کار باعث می‌شود تقاضا در روز بدون ایجاد افت فشار اضافی تامین شود و در شب، حداقل فشار تامین شده و نشت کاهش یابد.

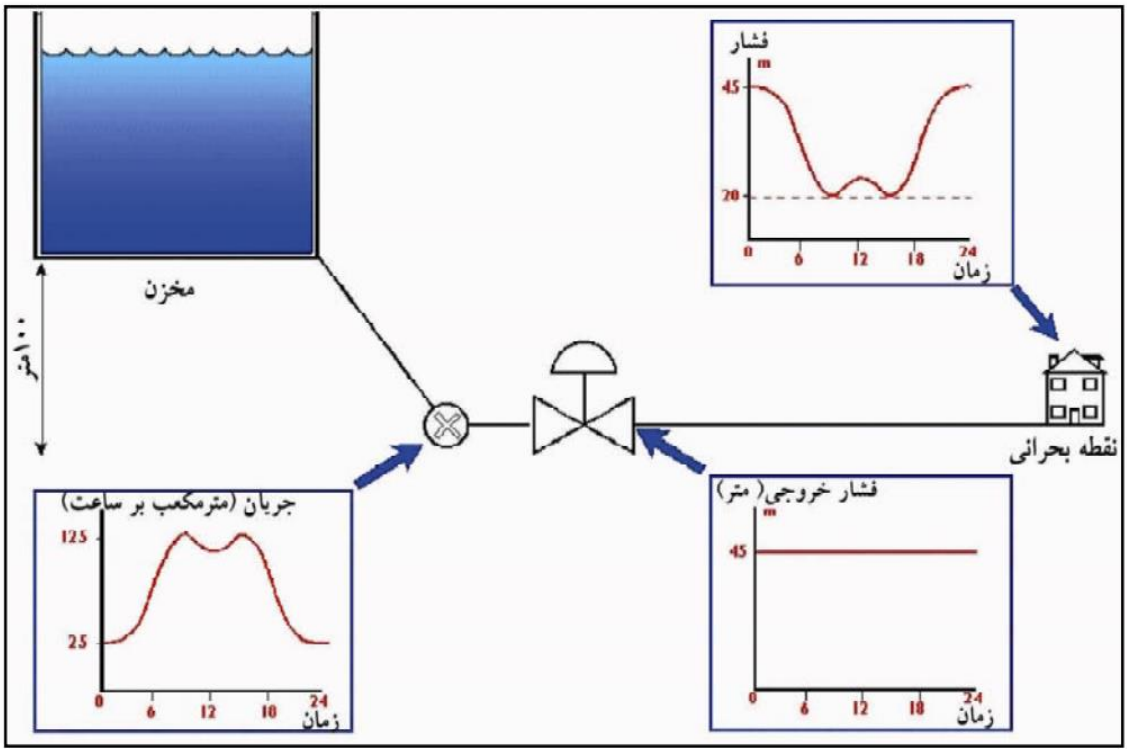
نکات کلیدی در امر مدیریت فشار عبارتند از: وسعت منطقهای که در آن مدیریت فشار انجام می‌شود؛ نسبت فشار فعلی به فشار پیشنهادی و ارزیابی مقدار فعلی نشت ناشی از حوادث و اینکه آیا باید این نشتها قبل از به‌دست آمدن منافع واقعی مدیریت فشار، کاهش یابد یا نه

-تعدیل جریان

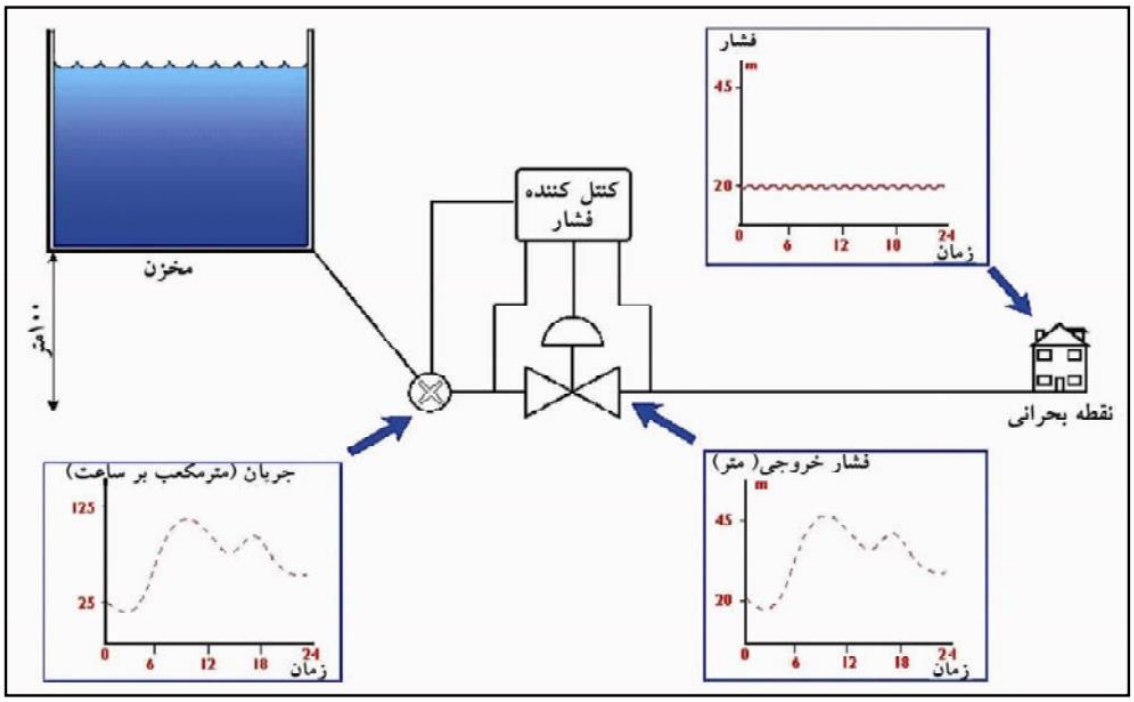
هنگامی که از شیرهای فشارشکن با خروجی ثابت استفاده می‌شود، فشار شبکه براساس تقاضای مشترکین تغییر میکند و افت فشار در ناحیه پایین دست شیرفشارشکن اتفاق میافتد. تنظیم فشار خروجی براساس فشار مورد نیاز در نقاط بحرانی به گونهای انجام می‌شود که در زمان حداکثر مصرف، وقتی افت فشار حداکثر است، حداقل فشار در نقطه بحرانی هنوز در حد قابل قبول استان دارد قرار داشته باشد. این تنظیم به این معنی است که وقتی تقاضا از مقدار حداکثر کمتر است، فشار موجود در شبکه، بالاتر از حد مورد نیاز برای تامین استانداردهای مورد نیاز مصرفکنندگان می‌باشد. به همین دلیل در زمان‌های غیر حداکثر مصرف و به‌ویژه در نیمهشب، فشار غیرلازمی به شبکه تحمیل می‌شود که باعث افزایش نشت زمینه و حادثه و شکست در لوله‌ها خواهد شد. علاوه بر این، دامنه نوسانات فشار بین سطح حداقل و سطح حداکثر در این شرایط باعث خستگی شبکه و افزایش احتمال شکست در آن می‌شود .تعدیل جریان، یک روش کاهش فشار اضافی است و به‌وسیله آن نشت نیز کاهش می‌یابد. سامانههای تعدیل جریان می‌توانند برای ثابت نگهداشتن فشار در نقطه بحرانی به‌وسیله تعدیل کردن تنظیم خروجی در شیر به‌منظور جبران افت فشار مورد استفاده قرار گیرند. با کاربرد این روش، در ورودی به منطقه، نوسان فشار ایجاد می‌شود. باید در نظر گرفته شود که امکان ندارد فشارها در همه نقاط به صورت ثابت درآیند. بنابراین به‌منظور بهینهسازی سطح نشت باید بین فشار ورودی و فشار نقاط بحرانی یک هماهنگی برقرار شود. فشارشکن تنظیم شده با جریان، فشار باثباتتری را ایجاد میکند که از فشاری که به‌وسیله فشارشکن با خروجی ثابت در بیشتر اوقات روز به کار میرود، کمتر است. در زمان حداکثر مصرف، فشار از مقدار تنظیم شده به‌وسیله شیر با خروجی ثابت بیشتر می‌شود. تنظیم کننده جریان اجازه می‌دهد فشار متوسط به مقداری بیشتر از آنچه که از فشار معادل شیر با خر وجی ثابت حاصل می‌شود، کاهش یابد. بدینوسیله کاهش بیشتری در مقدار نشت ایجاد می‌شود .شیرهای ۲ ممکن است. این ابزار با اتصال به پایلوت ۱ انجام تعدیل جریان با استفاده از ابزاری ساده به نام کنترلکننده فشارشکن فشارشکن موجود و دریافت مداوم اطلاعات مربوط به فشار ورودی و خروجی از طریق یک واحد پردازشگر براساس ۲۴ ساعت روز یا براساس مقدار جریانی که شبکه تقاضا

میکند، فشار خروجی فشارشکن را کنترل و تعدیل میکند. این واحد کنترلکننده در عین سادگی و سهولت نصب، اثر قابل توجهی در استفاده بهینه از منابع آب و امکانات شبکه دارد

لازم به توضیح است که از سامانه کنترل کننده فشار پس از انجام طرح مدیریت فشار به‌وسیله شیرهای فشارشکن در شبکه‌های توزیع آب و به‌منظور بهینهسازی فشار آب در شبکه استفاده می‌شود. این سامانه برای شهرهایی مثل تهران که با استفاده از فشارشکن و ایجاد نواحی فشاری و مدیریت فشار انجام شده و پمپاژ مستقیمی نیز از چاه بهداخل شبکه وجود ندارد می‌تواند مناسب باشد. اما در شبکه‌هایی که قبلا با استفاده از شیرهای فشارشکن مدیریت فشار انجام نشده است قابل اجرا می‌باشد. همچنین با توجه به اینکه به تعداد شیرهای فشارشکن باید دستگاه کنترل کننده فشار تهیه شود لازم است در ابتدا یک مقایسه اقتصادی بین هزینه‌های اولیه و منافع به‌دست آمده از کاهش حوادث، نشت و مصرف آب انجام و براساس نسبت منافع به هزینه ، تصمیم‌گیری لازم انجام شود. شکل‌های ۱-۴ و ۱-۵ تفاوت فشارشکن با خروجی ثابت و متغیر را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۴- مدیریت فشار با نصب فشارشکن با خروجی ثابت در شبکه [۱۴].



شکل۱-۵- مدیریت فشار با کنترل هوشمند فشارشکن (تعدیل فشار و اعمال مدیریت مصرف) [۱۴].

فصل دوم:

پیشینه تحقیق

۲- پیشینه تحقیق

مدیریت مصرف و مدیریت نشت در شبکه‌های آب‌رسانی همواره یک موضوع مهم تحقیقاتی به شمار رفته است که در ادامه سوابق مطالعاتی در جهان و ایران ارائه شده است.

۲-۱- سابقه مطالعات در سایرکشورهای جهان

بدون‌شک یکی از راه‌ها و روش‌های موفقیت‌آمیز درکاهش تلفات سیستم‌های آبرسانی، بهره‌گیری از تجارب کشورهای مختلف دنیا و آشنایی با شیوه‌ها و استراتژی‌هایی است که به‌منظور تعیین اجزای آب به‌حساب نیامده ویا آب بدون‌درآمد، شناخت و کاهش آن در کشورهای مختلف اتخاذ شده است. یکی از مشکلاتی که در بررسی و تحلیل هدر رفت آب در سیستم‌های آب‌رسانی وجود داشت، عدم امکان مقایسه سیستم‌های آب‌رسانی در سطح بین‌المللی و عدم‌وجود روش استاندارد واحد برای محاسبه مولفه‌های هدر رفت آب بود [۶].

با دستورالعمل بالانس انجمن بین‌المللی آب و رویکرد آب بدون‌درآمد، همه کشورها برای بررسی وضعیت تلفات آب در سیستم‌های توزیع آب خود به یک دستورالعل واحد دسترسی دارند و با محاسبه شاخص‌های مشترک، امکان مقایسه وضعیت سیستم‌های آب‌رسانی از نظر هدر رفت آب در کشورهای مختلف وجود دارد [۶].

تا قبل از مطرح شدن مدل بالانس آب انجمن بین المللی آب، در بسیاری از کشورها از واژه آب به‌حساب‌نیامده (UFW)، برای بیان وضعیت تلفات آب در شبکه‌های توزیع آب استفاده و نتیجه مطالعات و بررسی‌های انجام شده در زمینه تلفات آب در سایر نقاط جهان، در قالب درصد آب به‌حساب‌نیامده (UFW)، بیان می‌شد. برای بررسی تاریخچه تحقیقات و مطالعات انجام‌شده در این زمینه، به برخی از این مطالعات در ذیل اشاره شده است [۶].

تحقیقات عمده انجام‌شده در رابطه با هدر رفت در سیستم‌های توزیع آب به شرح ذیل بوده‌است:

در سال ۱۹۵۷ انجمن آب آمریکا AWWA[1] با درک اهمیت پرداختن به لزوم کاهش نشت در شبکه‌های توزیع آب، کمیته‌ای را مسئول انجام مطالعاتی در این زمینه کرد که حاصل تحقیقات این کمیته، گزارش درآمد ناشی از کنترل آب به‌حساب بود. درسال ۱۹۷۶ کمیته مذکور اعتلای کیفی آب را در گرو وجود برنامه کنترل نشت در شبکه‌های توزیع اعلام نمود که این گزارشات، اولین جرقه‌های توجه به بررسی و کنترل نشت در شبکه‌ها است [۶].

در سال ۱۹۷۷، رید Reed در کشور انگلستان، اطلاعات حاصل از ارسال پرسشنامه به ۱۵ کشور و ۸۰ شهر در آنها را مورد بررسی قرار داد که به بخش‌هایی از نتایج این تحقیق اشاره می‌شود.

در این تحقیق برای بررسی و ارزیابی نشت، سیستم آبرسانی به چهاربخش تقسیم شده است:

- لوله‌های انتقال یا اصلی : لوله‌های دارای قطر ۳۰۰ میلی‌متر و یا بیشتر از آن (۱۲اینچ)
- شبکه توزیع
- مخازن سرویس
- انشعابات منازل

1 American Water Work Association

جدول ۲-۱ روش‌های اندازه‌گیری نشت آب را در ۸۰ شهر مورد مطالعه نشان می‌دهد.

جدول ۲-۱- روش‌های مورداستفاده برای اندازه‌گیری نشت آب در شهرهای موردمطالعه

روش اندازه‌گیری	تعداد شهرها	درصد
مشاهدات ظاهری	۲۳	۲۹
استفاده از دستگاه‌های نشت‌یاب	۳۳	۴۱
اندازه‌گیری آب در مناطق شهری	۳	۴
تلف‌سنجی	۲۱	۲۶

عوامل و فاکتورهای مختلفی در شکسته‌شدن لوله‌ها و یا شل شدن اتصالات و در نتیجه تلفات آب در شبکه آبرسانی دخالت دارند. این فاکتورها در جدول ۲-۲ به ترتیب اولویت آمده که حاصل مطالعه در ۵۶ کشور جهان است.

جدول ۲-۲- عوامل مهم در شکستگی لوله‌ها

فاکتور	درصد
۱- حرکت زمین و نوع آن	۲۵/۸
۲- خورندگی لوله	۱۹/۲
۳- بارسنگین انتقالی بر روی لوله – ماشن‌آلات	۱۰/۷
۴- فشار بالا	۸/۹
۵- جاده‌سازی	۸/۹
۶- قدمت لوله‌گذاری	۶/۸
۷- سرمای زیاد زمستان	۶/۸
۸- نواقص لوله	۴/۸
۹- نواقص اتصالات	۳/۸
۱۰- شرایط زمین	۳
۱۱- عدم‌دقت در لوله‌گذاری	۱/۳

جدول ۲-۳ نیز میزان تلفات در قسمت‌های مختلف برای برخی از کشورها و نیز مقدار متوسط آن برای ۴۳ کشور آمده‌است. همان‌گونه که مشخص است، مقدار درصد تلفات از شبکه توزیع و انشعابات خانگی بسیار بیشتر از دو بخش دیگر شبکه آبرسانی است.

در دستورالعمل انجمن بین‌المللی، میزان آب به‌هدر رفته، شاخص مهمی برای کارآمدی مثبت یا منفی شبکه معرفی شده است. حجم بالا و در حال افزایش هدر رفت‌آب، نشان‌دهنده برنامه‌ریزی نادرست و ساختار نامناسب سیستم است و باید آغاز یک برنامه کنترل فعال نشت باشد.

جدول ۲-۳- درصد تلفات در سیستم‌های آب‌رسانی شهری موردمطالعه

برآورد درصد تلفات، در کل سیستم				
کشور	لوله‌های اصلی ٪	شبکه توزیع ٪	مخازن سرویس ٪	انشعابات منازل ٪
بلژیک	۵	۷۵	۰	۲۰
دانمارک	۱۰/۷	۵۰/۴	۱۱/۲	۲۷/۷
فنلاند	۵/۷	۶۹/۷	۰	۲۴/۶
فرانسه	۳۰	۷۰	۰	۰
آلمان غربی	۳	۳۸	۱	۵۸
هلند	۴	۵۵/۴	۰	۴۰/۶
ایتالیا	۳	۷۰	۲	۲۵
آفریقای جنوبی	۱۶/۳	۴۰	۴	۳۹/۷
سوئد	۱۰/۴	۴۳/۸	۰	۴۵/۸
انگلستان	۱۰/۹	۴۳/۵	۴/۴	۴۱/۲
آمریکا	۹	۷۷/۷	۵	۸/۳
اسپانیا	۵	۲۵	۱۰	۶۰
فلسطین	۱۲/۵	۴۷/۵	۵	۳۵
متوسط ۴۳ کشور	۹/۷	۵۴/۳	۳/۳	۳۲/۷

گومز و همکاران (۲۰۱۳) به بررسی تاثیر روابط مختلف فشار و نشت بوسیله مدیریت‌فشار پرداختند. آن‌ها با تغییر روابط مختلف فشار و نشت به مزایای چشمگیری که حاصل از مدیریت فشار است دست یافتند [۳۱].

ایلای و همکارانش (۲۰۱۵) در تحقیقی به کمک یک برنامه بر مبنای الگوریتم گلد اشتاین و روش بهینه‌سازی، یکی بر اساس حداقل مربعات وزنی و دیگری بر اساس عملکرد هم محتوا هشت شبکه به طول تقریبا ۲۰،۰۰۰ لوله و ۱۸۰۰۰ گره است را مورد ارزیابی قرار دادند. که الگوریتم گرادیان جهانی بر مشکلات مدل وابسته به تقاضا است. یک طرح جستجوی خطی براساس مشکل بهینه سازی به عنوان گزینه ترجیحی به دلیل هزینه کمتر محاسبات آن پیشنهاد شد. علاوه بر این، توابع مصرفی مختلف، از جمله عملکرد واگنر منظم، در نظر گرفته شده است نتایج نشان داد این روش برای طیف گسترده ای از مشکلات مناسب است [۳۰].

کومار و همکاران (۲۰۱۵) به بررسی افزایش فشار در شرایط مختلف و روش‌های پیشنهادی پرداختند. با استفاده از نتایج بدست‌آمده توسط شبیه‌سازی، حالت پایدار به‌عنوان نقطه شروع بیشتر شبیه‌سازی‌ها در شرایط گذرا استفاده می‌شود. روند افزایش‌فشار مختلف با حداکثر عامل مجازفشار (MAOP) در خطوط لوله مورد مقایسه قرار گرفت. سپس نتایجی که سبب شکل‌گیری شرایط افزایش فشار شده بدست آمده‌است [۳۳].

مدیریت نشت از طریق کنترل فشار، یک عمل معمول در بسیاری از تاسیسات آب برای کاهش میزان آب است. جاری نبرد پیش بینی نشتی شبکه توزیع آب تلاش برای ترکیب کارای برنامه ریزی با مدیریت کنترل فشار برای

به دست آوردن نسبت نشت بهتر و کاهش سرمایه و هزینه های عملیاتی است. روشنی و همکارش (۲۰۱۴) طی مطالعاتی ترکیب های متعددی از برنامه ریزی با مدیریت کنترل فشار ارزیابی نمودند نتایج نشان می‌دهد که راه حل انتخاب شده یک راه حل عملی در ارتباط با محدودیت ها است و باعث کاهش نشت به میزان ۸۰ درصد می‌شود [۳۹].

اوکیا و همکاران (۲۰۱۵) در این مقاله یک روش مکان‌یابی جغرافیایی نشت و پارگی لوله به‌صورت آنلاین برای تشخیص نشت ارائه شد. در این روش بر اساس ترکیبی از الگوریتم‌های داده‌ای و اندازه‌گیری آنلاین تغییرات فشار و جریان و مقایسه با پیش‌بینی‌های آنلاین مدل هیدرولیکی در یک سیستم توزیع آب، محل ترک مشخص می‌شود. نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که روش جدید در تعیین مکان‌های پشت سر هم در زمان نشت و ترکیدگی لوله مؤثر رضایت‌بخش است [۳۸].

بوانو و همکاران (۲۰۱۵) در این تحقیق، مطالعه موردی یک شبکه توزیع آب بزرگ و واقعی است. این سیستم شامل حدود ۳۰۰۰ لوله (حدود ۱۷۰ کیلومتر) و ۳۰۰۰ گره تقاضا (مربوط به ۵۰،۰۰۰ کاربر) است که در سراسر یک منطقه تپه‌ای گسترش یافته است. آب توسط ده چاه تأمین می‌شود و توسط پنج ایستگاه پمپاژ و چهار مخزن در ارتفاعات مختلف توزیع می‌شود. عملیات پمپ تا حدی به‌صورت خودکار توسط سطوح آب در مخازن کنترل می‌شود و بخشی از برنامه زمان‌بندی ثابت است. این پیچیدگی منجر به رفتار غیر هیدرولیکی می‌شود که به‌خوبی توسط مدل هیدرولیکی مدل‌سازی می‌شود. این مدل همچنین با حل‌کننده الگوریتم ژنتیک چندمنظوره برای شناسایی سناریوهای مختلف عملیاتی که منجر به کاهش مصرف انرژی و نشت آب می‌گردد، استفاده می‌شود [۲۸].

سیستم های تامین آب در دهه های اخیر با توجه به مشکلات بسیاری همچون اثرات بالقوه تغییرات آب و هوایی و رشد سریع جمعیت رو به رو بوده است. به دلیل رشد جمعیتی سیستم های انتقال آب نیاز به گسترش دارند. بنابراین، ارزیابی و افزایش ظرفیت سیستم ضروری است. وقتی ظرفیت شبکه شروع به کاهش می کند، خطر قطع شبکه وجود دارد. با گسترش شبکه در طول عمر شبکه به طور معمول ظرفیت شبکه کاهش می‌یابد، امیلکار و همکارانش (۲۰۱۶) در تحقیقی استفاده از یک سیستم با عرضه متناوب را برای گسترش ظرفیت شبکه از طریق یک الگوریتم قدرتمند پیشنهاد نمودند. این روش در عین حال گام مهمی در روند تغییر سیستم آب متناوب به عرضه مداوم - یک دستاورد در کشورهای در حال توسعه است [۲۷].

نشت آب، مسئله ای است که سیستم های توزیع آب که اغلب، هنگام فشار بالا رخ می‌دهد. شیرهای فشارشکن (PRV) می‌توانند به عنوان وسیله ای برای کاهش میزان تلفات آب در شبکه استفاده شوند. در واقع، برای تعداد مشخصی از شیرهای فشارشکن، حجم روزانه آب از شبکه از دست می‌رود می‌تواند به حداقل رساندن فشار از طریق انتخاب مناسب موقعیت شیرها و تنظیمات مناسب میزان نشت را کاهش داد. کوولی و همکارانش (۲۰۱۶) یک روش برای تعداد مطلوب، موقعیت و تنظیم شیرهای فشارشکن ارائه داده‌اند. در روش پیشنهادی، یک الگوریتم ژنتیکی همراه با مدل‌سازی فیزیکی نشتی از مفاصل و یک شبیه سازی ساده و در عین حال واقعی از هیدرولیک شبکه است. نتیجه، نشان داد انتخاب موقعیت مطلوب و اندازه‌گیری شیرهای فشارشکن در شبکه توزیع آب یک ابزار خوب برای کاهش نشت حتی زمانی که شبکه توزیع آب داری هندسه و توپولوژی پیچیده است، محسوب می‌شود [۲۹].

گوپتا و همکارانش (۲۰۱۶) برای تجزیه و تحلیل عوامل موثر بر میزان نشت سیستم توزیع آب، ما یک مدل ماکروسکوپیک ایجاد کردند. در این مدل، ویژگی‌های لوله (کیفیت، قطر، سن)، هزینه نگهداری، هزینه جایگزینی شیر و فشار متوسط سالانه را در نظر گرفته‌اند. بر اساس انتخاب متغیر و نتایج تجزیه و تحلیل مولفه های اصلی، سه اصل را استخراج کردند. ۱- اجزاء اصلی لوله ۲-مدیریت عملیات و ۳- فشار آب. با استفاده از رگرسیون مؤلفه اصلی، مقادیر R^2 و RMSE تعدیل شده به ترتیب ۰,۷۱۷ و ۲,۰۶۷ بوده است. این مدل یک ابزار بالقوه مفید برای کنترل میزان نشت از دیدگاه ماکروسکوپیک است [۳۲].

مدیریت بهره برداری از شبکه‌های توزیع آب به صورت هوشمندانه یکی از چالش های اصلی مدیریتی در قرن بیست و یکم است. موفقیت در این چالش نیاز به اضافه کردن سطح بالایی از هوش به سیستم‌های توزیع آب است که به ما کمک می‌کند مشکلات را شناسایی کنیم که می‌تواند به کاهش شدید هدر رفت آب در شبکه‌های توزیع آب کمک کند و به ما اطلاعات لازم برای تصمیم‌گیری بهتر، تسریع عملکرد و کارکرد موثر بدهد. دستیابی به این سیستم نیاز به تکنیک‌های عددی کارآمد و محاسبات هیدرولیکی نرم افزاری پیشرفته است و به دلیل پیچیدگی سیستم های توزیع آب نیاز به الگوریتم غیر خطی جهت تعمیر و نگهداری و کاهش هدر رفت آب دارد استفاده از تکنیک های کارآمد داده های سری زمانی (الگوی مصرف) موجب می‌گردد به ساختارهای داده مناسب متصل شود، که برای بهینه‌سازی پیشنهاد شده است. مونتالوو و همکارانش (۲۰۱۷) در این تحقیق به اجزاء مدیریت بهره برداری از شبکه‌های توزیع آب به صورت هوشمندانه با استفاده از ابزارهای نرم افزاری اشاره نمودند [۳۷].

مهتا و همکاران (۲۰۱۷) عملیات سیستم توزیع آب در شهر سورات را ازلحاظ تغییرات فشار از منبع تأمین آب در شبکه تا محل‌های مصرف در نقاط مختلف شبکه را در نرم‌افزار WaterGEMS مدل‌سازی و سپس تحلیل نمودند و با فشارهای مشاهداتی مقایسه کردند. سپس مشکل نشت و کمبود آب در منطقه موردمطالعه و تأثیر آن در جنبه‌های مختلف زندگی را بررسی کرده و به این نتیجه رسیدند که شبکه در برخی نقاط نیازمند اصلاح و تقویت است. البته نتایج به‌دست‌آمده حاکی از آن است که فشار در تمام اتصالات در همه لوله‌ها به‌اندازه است تا آب کافی برای شبکه منطقه موردمطالعه فراهم شود. مقادیر فشار شبیه‌سازی شده با مقادیر واقعی به‌طور قابل‌توجهی متفاوت نیست و نشان می‌دهد که لوله‌ها هنوز ظرفیت هیدرولیکی خود را دارند حتی اگر بخشی از شبکه نیاز به تقویت داشته باشد [۳۶].

سوفوکلوس و همکاران (۲۰۱۸) این مقاله درباره رقابت پاسخ پس از فاجعه و ترمیم است. با استفاده از الگوریتم ژنتیک، شبکه توزیع آب آسیب‌دیده در یک زلزله را شبیه‌سازی کرده و سپس سناریوهای پیشنهادی را با درجات وزنی مختلف بررسی نمودند و سپس راه‌کارهای مناسب برای تعمیر و اصلاح و تقویت این شبکه را با حداقل اخلال در عرضه ارائه دادند. چارچوب کلی پاسخ و بازسازی مبتنی بر شبیه‌سازی با استفاده از الگوریتم ژنتیک به سه مرحله تقسیم می‌شود: ۱- قبل از پردازش: که در آن تعدادی از مداخلات ممکن برای هر گروه تعریف شده است. ۲- بهینه‌سازی: که در آن یک برنامه بهینه‌سازی شده برای رفع هر خسارت است. ۳- برنامه‌ریزی مرمت: که در آن یک برنامه عملی برای هر گروه مشخص‌شده است [۴۰].

مارتینز و همکاران (۲۰۱۸) در این تحقیق الگوریتم ژنتیکی را بررسی کردند که راه‌حل مشکل کمبود آب آشامیدنی را از طریق یک شبکه هیدرولیکی جاری در یک منطقه ارائه می‌دهد. راه‌حل پیشنهادی افزودن عناصر جدید شامل مخازن ذخیره‌سازی، لوله‌ها و دریچه‌های کاهش فشار است. برای ارزیابی رضایت از صرفه‌جویی در

جرم و انرژی، از نرم‌افزار EPANET با یک مدل بهینه‌سازی برای به حداقل رساندن هزینه کل تغییر در شبکه (لوله‌ها، مخازن و شیرها) استفاده می‌شود. تجزیه و تحلیل نتایج به‌دست‌آمده از الگوریتم ژنتیک برای شبکه نشان می‌دهد که فشار کافی و متعادل با استفاده از تغییرات کوچک در شبکه‌های موجود به‌دست‌آمده است که هزینه‌های کمتری را شامل می‌شود [۳۴].

یو و همکارانش (۲۰۱۸) استفاده از شیر فشارشکن برای کنترل فشار و رسیدن به مقادیر مطلوب فشار در شبکه‌های توزیع مبتنی بر مدل‌سازی هیدرولیکی را پیشنهاد دادند. جانمایی مکان شیرهای فشارسنج هوشمند با تنظیم زمانی فشار (با الگوی مصرف مشخص) به کمک تجزیه و تحلیل هیدرولیکی روشی واقع بینانه تر و منطقی‌تر است [۴۱].

۲-۲- سابقه مطالعات در ایران

در ایران سوابق مطالعات آب به‌حساب نیامده به سال ۱۳۷۳(۱۹۹۴ میلادی) برمی‌گردد. باتوجه به اهمیت موضوع، مطالعات مربوط به نشت در قالب برنامه پنج ساله دوم طرح ملی تحقیق، توسعه و بهسازی تاسیسات توزیع آب‌شهری و با ایجاد دفتر مطالعه آب به‌حساب نیامده در شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور هدایت و راهبری شده است. در همان سال نخستین پایلوت‌های مطالعاتی در چهار شهر تهران، تبریز، بوشهر و اهواز ایجاد گردید و به تدریج به سایر شهرهای کشور گسترش یافت [۱۶].

آسفی و همکاران (۱۳۸۷) به ارزیابی روش و تکنیک جدید مدیریت پیشگیرانه فشار، در شبکه‌های آبرسانی و تعمیم آن پراختند و به نتایج میزان آب بدون‌درآمد قبل از مدیریت فشار برابر۵۲/۳٪ می‌باشدکه پس از یک دوره مدیریت‌فشار به ۳۰/۲٪ و با اعمال دو دوره مدیریت فشار به ۱۸/۳ ٪کاهش یافته است [۱].

تابش و همکاران (۱۳۸۷) برای ارزیابی آب به‌حساب‌نیامده و مقدارتلفات شبکه‌های‌توزیع از روشی مبتنی بربالانس‌سالانه آب و تحلیل حداقل جریان‌شبانه استفاده کردند. در این‌روش اجزای‌اصلی آب به‌حساب‌نیامده از قبیل نشت از شکستگی‌های گزارش‌شده و گزارش‌نشده و نشت‌زمینه بااستفاده از داده‌های واقعی یا تخمینی، و به‌کمک ضرایب‌نشت عملکرد حاصل شدند. آن‌ها به‌کمک وابستگی نشت و فشار، مقدارکل آب‌ورودی به شبکه را به دو بخش دبی‌مستقل از فشار و دبی‌وابسته به فشار تقسیم کردند و درادامه تحقیقاتشان یک روش‌نوین جهت تعیین مقادیرنشت در لوله‌ها و گره‌ها بااستفاده از یک‌مدل شبیه‌ساز هیدرولیکی ارائه کردند. آن‌ها در این‌روش به کمک مقدارنشت در زمان حداقل‌جریان، ضریب‌نشت کل سیستم توزیع را محاسبه کردند و سپس دریک روندتکراری به محاسبه ضرایب‌نشت درگره‌ها پرداختند و به‌کمک این ضرایب مقادیرنشت در گره‌ها را تعیین کردند [۴].

بهمن (۱۳۸۸) به ارزیابی مدیریت‌بهره‌وری از شبکه‌های‌آبرسانی با محاسبه شاخصه‌های مدیریتی آب بدون درآمد شهر فاروج پرداخت، مقایسه میزان تلفات در شهر فاروج با سایرکشورهای دنیا بیانگر این واقعیت است که اعداد فاصله زیادی با استانداردها دارند و نیاز است مطالعات کاملی دراین خصوص صورت پذیرد. میزان تلفات‌آب بین۱۰ تا۲۰ درصد از لحاظ اقتصادی و فنی قابل‌توجیه است لکن رسیدن به اعداد پایین‌تر توجیه اقتصادی نداشته و نیازمند سرمایه‌گذاری کلان خواهد بود [۳].

نوشادی و همکارش (۱۳۹۰) در تحقیقی به تعیین هدر رفت‌واقعی آب و شاخص‌های عملکرد نشت در شبکه آبرسانی شهر لار پرداخت و به نتایجی از قبیل هدر رفت واقعی آب بین ۱۸/۷ ٪ - ۱۲/۱٪ با میانگین ۱۵/۵٪ ، TIRL بین ۱۸۸/۵ - ۹۷/۲ با میانگین ۶ و ۳ می‌باشد که بیانگر وضعیت نامطلوب شبکه موردمطالعه می‌باشد. مقدار متوسط نشت قابل بازیافت برای هر انشعاب ۱۰۷/۵ لیتردرروز به ازاء هر انشعاب می‌باشد. نتایج محاسبات نشان می‌دهد که به‌راحتی و با صرف هزینه خیلی پایین و انجام کنترل‌های لازم درخصوص کاهش‌فشار شبکه و کنترل نشت می‌توان هدر رفت واقعی سیستم را تا حد زیادی کاهش داد بدون آنکه در تامین نیازهای مشترکین خللی واردگردد [۲۶].

سفیدی و ضرغامی (۱۳۹۱) در این مقاله به بهینه‌سازی شبکه آب خام فضای سبز به‌منظور تأمین فشار مناسب و حداقل سازی هزینه با استفاده از الگوریتم ژنتیک چندهدفه به‌منظور تصمیم‌گیری صحیح در مورد سناریوهای مختلف فضای پارتو پرداخته شد. با استفاده از روش مساحت‌های یکنواخت در تئوری بازی‌ها، بهترین راه‌حل انتخاب‌شده و با استفاده از نرم‌افزار WaterGEMS شبیه‌سازی و نتایج آن با شبکه موجود مطالعه موردی که به‌صورت دستی و با استفاده از روش‌های قدیمی طراحی‌شده است؛ مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج نشان‌دهنده بهبود فشار در شبکه و کاهش ۸ درصدی هزینه‌های اجرایی در مقایسه با شبکه طراحی‌شده موجود می‌باشد [۱۶].

کلیایی و همکارش (۱۳۹۱) در تحقیقی به‌منظور ردیابی نشت در شبکه‌های توزیع آب روشی مبتنی بر مدلسازی هیدرولیکی و حل معکوس معادلات جریان جهت پیش‌بینی محل و میزان نشت موجود در شبکه‌های توزیع آب با داشتن مقادیر اندازه‌گیری شده فشار در تعدادی از گره های مدل هیدرولیکی از شبکه موجود را در نرم افزار تحلیل هیدرولیکی تهیه نموده و با تحلیل شبکه برای حالات و مقادیر مختلف وجود نشت‌های فرضی مقادیر فشار درگره های مختلف شبکه به دست آوردند سپس با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی پس از آموزش شبکه با ارایه فشارهای اندازه‌گیری شده دربرخی از گره های شبکه درساعت انجام ازمایش به عنوان داده های ورودی به شبکه عصبی نشت‌های احتمالی موجود درشبکه توزیع آب جانمایی و مقادیر تقریبی آنها پیش‌بینی نمودند [۱۹].

ستارزاده (۱۳۹۳) در مقاله‌ای به توضیح قابلیت نرم‌افزار WATER GEMSو نقش آن در تصمیم‌گیری جهت بهبود، اصلاح و بهینه‌سازی شبکه‌های توزیع پرداخت. با اصلاح صحیح شبکه‌های توزیع میزان تلفات ناشی از هدر رفت‌واقعی کاهش می‌یابد. به‌طوری‌که مدیریت فشار در شبکه‌های‌آبرسانی باعث کاهش میزان حوادث و نشت در سیستم خواهد شد [۱۵].

بوستانی و خداشناس (۱۳۹۴) به بررسی روش نشت‌یابی در شبکه آب تحت‌فشار بر مبنای رابطه فشار-نشت پرداختند و مشخص شد رابطه اختلاف‌فشار در گره‌ها، قبل و بعد از نشت می‌تواند پارامتر موثری برای تعیین نشت در گره‌ها باشد. روش بهینه‌یابی با تابع هدف‌مشخص و کمینه‌کردن اختلافات فشار شبیه‌سازی شده با فشار مشاهداتی در عمل روشی موفق برای شناسایی نشت در گره‌ها می‌باشد [۲].

حیدری و همکاران (۱۳۹۵) از تلفیق مدل شبیه‌سازی و بهینه‌سازی در نرم‌افزار WaterGEMS در شبکه توزیع آب شهری استفاده کردند و سناریوها و پارامترهای تأثیرگذار الگوریتم ژنتیک در یک شبکه مبنا و بخشی از شبکه توزیع آب شهر را مورد تحلیل و ارزیابی قرار دادند. نتایج حاصل از آنالیز شبکه توزیع آب نشان داد که

هزینه سرمایه‌گذاری پس از تکنیک بهینه‌سازی در سناریوی اول ۷۴ درصد و در سناریوی دوم ۴ درصد نسبت به طراحی مهندسین مشاور کاهش می‌یابد.

عادلی و همکارانش (۱۳۹۵) بررسی میزان حوادث و تلفات آب در شبکه توزیع آب شرب شهر ازنا و عوامل مؤثر بر آن در سا لهای ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۳مورد مطالعه قرار دادند. این مطالعه نشان داد که تعداد حوادث، رابطه ای مستقیم با طول، سن لوله‌ها، فشار آب و تعداد انشعابات دارد .همچنین، براساس یافته ها با مدیریت مناسب در بخش های مختلف مانند :کاهش فشار در نقاط پر فشار، تعویض به موقع لوله‌های نامناسب و کهنه، تعمیر انشعابات با لول ههای مناسب، تعویض لوله‌های گالوانیزه و نصب و اجرای استاندارد لوله‌ها و اتصالات می‌توان تلفات آب را تا حد قاب لقبولی کاهش داد [۱۸].

سلامت و همکارانش (۱۳۹۵) طی مطالعاتی، تحلیل و مدلسازی شبکه‌های توزیع آب شهرک شهید قایم، جهت اصلاح و توسعه شبکه بهمنظور کاهش هدر رفت واقعی ارائه نمودند مدل هیدرولیکی به کمک نرم‌افزار Water Gemsانجام شد. در این تحقیق به نقش مدلسازی و تحلیل شبکه در تصمیمگیری جهت بهبود، اصلاح و بهینه‌سازی شبکه‌های توزیع پرداخته شده است .چراکه با اصلاح صحیح شبکه‌های توزیع علاوه بر کسب رضایت مشتری میزان تلفات ناشی از هدر رفت واقعی نیز کاهش خواهد یافت. بطوریکه مدیریت فشار در شبکه‌های آبرسانی باعث کاهش میزان حوادث و نشت در سیستم خواهد شد [۱۷].

حبیبی و همکارانش (۱۳۹۷) پایگاه داده‌ای برای شبکه توزیع آب در روستاهای شهرستان کامیاران ایجاد نمودند. برنامه ریزی مناسب شبکه توزیع آب تاثیرات مختلف اقتصادی و اجتماعی و کالبدی دارد. آنها با تهیه لایه های مختلف GIS الگوی پراکنش و توزیع مکانی پدیده ها و حوادث آب، به بیان و کنترل وضعیت موجود پرداخته اند تا مدیریت شبکه توزیع آب روستایی شهرستان به صورت کاربردی و مطلوب تحقق پیدا کند [۹].

معاشری و جلیلی (۱۳۹۸) یک روش جدید برای تعیین محدوده نشت‌ها در شبکه‌های آب‌رسانی معرفی کردند که در آن، شبکه با توجه به موقعیت استقرار لوله‌ها و ابزارهای برداشت میدانی به چند ناحیه‌ی مجازی تقسیم می‌گردد و سپس نشت به عنوان مصرف اضافی گره‌ای تلقی شده و با توجه به نتایج داده‌های میدانی به کالیبراسیون مصارف در مدل نرم‌افزاری شبکه با استفاده از الگوریتم رقابت استعماری پرداخته شده و در پایان احتمال وجود نشت در هر ناحیه برآورد می‌شود. نتایج نشان داد که این روش قادر است اولویت وجود نشت در هر ناحیه را به‌درستی برآورد نماید [۲۱].

با توجه به تحقیقات و مطالعات انجام‌گرفته، ملاحظه می‌شود که بهینه‌سازی شبکه‌های توزیع آب در چند دهه اخیر از اهمیت بالایی برخوردار بوده است. شبکه آب شرب دانشگاه تبریز با قدمتی در حدود ۵۰ سال به دلیل طراحی قدیمی، نشت‌ها و خرابی‌های پی‌درپی، عدم دقت کنتورهای ورودی به شبکه و بالا بودن سرانه مصرف آب به ازای هر فرد در دانشگاه، نیازمند اصلاح و بهینه‌سازی است. در این تحقیق ضمن مدل‌سازی شبکه آب شرب دانشگاه تبریز و تعیین پارامترهای هیدرولیکی در گره‌ها و لوله‌ها، بعد از بررسی‌های لازم پیشنهادهایی به‌منظور اصلاح فیزیکی شبکه و اصلاح میزان برداشت از کنتورها برای کاهش میزان هزینه‌های پرداختی در قبوض و مدیریت فشار و نشت ارائه خواهد شد.

فصل سوم:

مواد و روش‌ها

(روش تحقیق)

۳-۱- مقدمه

امروزه با توجه به کمبود منابع آب، افزایش رو به رشد جمعیت، افزایش سرانه مصرفی آب و افزایش هزینه‌های تأمین آب، بهینه‌سازی سیستم‌های انتقال آب موضوعی بسیار مهم در جهان است. بهینه‌سازی شبکه‌های توزیع آب از مسائل مهمی بوده که موردتوجه محققان بسیاری بوده است زیرا یکی از عوامل مهم جهت تأمین آب در یک منطقه، طراحی شبکه‌های آب‌رسانی می‌باشد. شبکه‌های توزیع آب شهری برای ارتباط بین مصرف‌کننده و منبع آب احداث می‌شوند و طراحی و توسعه آن‌ها نیازمند تحلیل‌های گسترده و صرف هزینه‌های قابل‌توجه است. یک شبکه توزیع آب شامل لوله‌ها، مخازن، پمپ‌ها و شیرها می‌باشد که به یکدیگر متصل هستند و وظیفه‌ی تأمین آب برای مصرف‌کننده را بر عهده دارند. منظور از طراحی بهینه یک سیستم توزیع و تأمین آب، تخمین بهترین ترکیب از اندازه و آرایش مؤلفه‌هایی مانند اندازه قطر لوله‌ها، انواع پمپ‌ها، محل قرارگیری و حداکثر توان آن‌ها، حجم مخزن ذخیره و ... است به‌گونه‌ای که حداقل هزینه برای شبکه حاصل شود.

در پروژه‌های آب‌رسانی، مسائل اقتصادی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین و تعیین‌کننده‌ترین پارامترها مطرح می‌شود و طرحی که دارای کم‌ترین هزینه طراحی، اجرا و بهره‌برداری باشد در اولویت قرار خواهد گرفت؛ بنابراین در طراحی، اجرا و بهره‌برداری از شبکه‌های توزیع آب نیز باید به دنبال طرح‌های بهینه‌ای بود که هزینه کمتری را تحمیل می‌کنند. این تفکر بحث بهینه‌سازی شبکه‌های توزیع آب را پیش می‌آورد. در بهینه‌سازی شبکه‌های توزیع آب، تابع هدف رایج در بهینه‌سازی معمولاً حداقل کردن هزینه لوله‌ها است.

۳-۲- معادلات هیدرولیکی حاکم بر شبکه‌های آب‌رسانی و روش تحلیل آن‌ها

۳-۲-۱- مبانی حاکم بر لوله‌ها

در شبکه‌ای با اجزای متصل‌به‌هم، هر عضو تحت تأثیر اعضای در همسایگی خود است. کل سیستم باید به شکل به‌هم‌پیوسته باشد که هر عضو سازگاری لازم را تحت شرایط مختلف با سایر اجزا داشته باشد. دو قانون زیر این پیوستگی را در شبکه‌های آب‌رسانی معنا می‌کنند:

۱) قانون بقای جرم (معادله پیوستگی)

۲) قانون بقای انرژی (معادله برنولی)

۳) قانون دوم نیوتون (معادله اندازه حرکت)

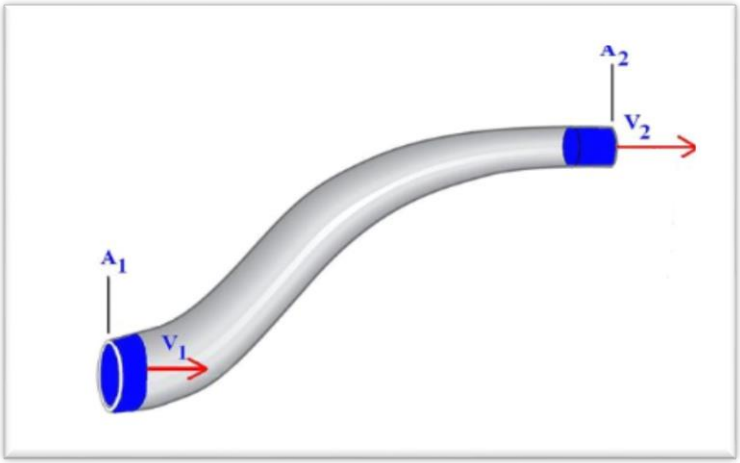
به‌طورکلی معادلات حاکم بر تحلیل هیدرولیکی شبکه‌ها در حالت ماندگار نیز از این دو قانون اساسی نتیجه می‌شوند.

۳-۲-۱-۱- معادله پیوستگی

معادله پیوستگی از اصل بقای جرم مشتق شده است. طبق اصل بقای جرم، در غیاب واکنش‌های هسته‌ای، ماده نه از بین می‌رود و نه به وجود می‌آید. طبق قانون پیوستگی در هر یک از گره‌ها، مجموع مقادیر جریان

ورودی برابر با مجموع مقادیر جریان خروجی است. شکل ریاضی معادله پیوستگی در حجم کنترل ∀ که توسط سطح A احاطه شده به‌صورت زیر است.

$$\int_A \rho \bar{v} \cdot \overline{dA} = \frac{\partial}{\partial t} \int_{\forall} \rho d\forall \qquad (۱)$$



شکل ۳-۱- حجم کنترل در معادله پیوستگی

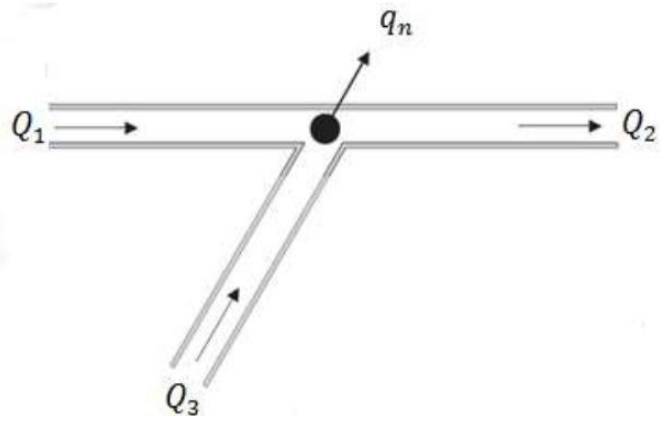
با به کار بردن معادله (۸) برای جریان ماندگار در حجم کنترل شکل (۳-۱) نتیجه می‌شود که آهنگ‌های جریان جرم سیال که از مقاطع ۱ و ۲ عبور می‌کنند با یکدیگر مساوی‌اند.

$$\dot{M} = \frac{dM}{dt} = \int_{A_1} \rho \bar{v} \cdot \overline{dA} = \int_{A_2} \rho \bar{v} \cdot \overline{dA} \qquad (۲)$$

که در آن $\dot{M}$ آهنگ جریان جرمی و A_1 و A_2 سطوح مقاطع ۱ و ۲ هستند.

در شبکه‌های توزیع، دو یا چند خط لوله در محل گره به یکدیگر متصل می‌شوند. با به کار بردن معادله پیوستگی برای جریان‌های تراکم ناپذیر ماندگار در یک گره می‌توان بیان داشت که جمع آهنگ‌های جریان جرمی که وارد یک گره می‌شوند با جمع آهنگ‌های جریان جرمی که آن گره را ترک می‌کنند مساوی هستند. بنابراین:

$$\sum_{i=1}^{np} Q_{in} + q_n = 0 \quad n = (1. \cdots . N) \qquad (۳)$$

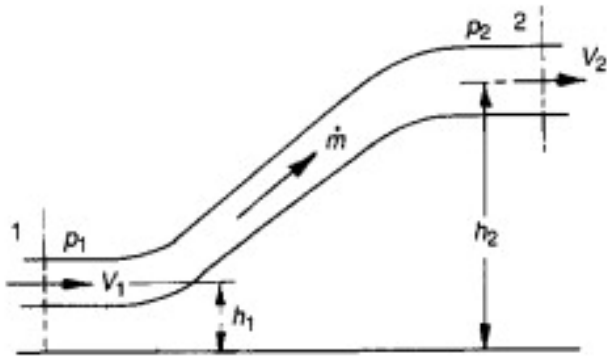


شکل ۳-۲- قانون بقای جرم در یک گره از شبکه

۳-۲-۱-۲- معادله برنولی

معادله برنولی از اصل بقای انرژی مشتق شده است. طبق معادله برنولی، برای جریان ماندگار یک سیال بدون اصطکاک و تراکم ناپذیر و در طول یک خط جریان؛ انرژی کل واحد جرم سیال، ثابت است. به‌طورکلی در شبکه‌های توزیع آب، انرژی در هر نقطه توسط سه مؤلفه هد فشار (P_1/γ) و هد ارتفاع (z) و هد سرعت (V^2/g) تعریف می‌شود که دیمانسیون هر سه مؤلفه $[L]$ هست. اکنون اگر بخواهیم بین دونقطه متوالی از شبکه معادله انرژی را برقرار کنیم به‌صورت زیر خواهد بود.

$$\frac{p_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{v_2^2}{2g} + h_{L_{1-2}} \quad (۴)$$



شکل ۳-۳- شار آب در یک خط جریان

پمپ به واحد وزن مایع به اندازه h_p انرژی اضافه می‌کند و توربین از واحد وزن مایع به اندازه h_t انرژی می‌کاهد. در این‌چنین شرایطی شکل کلی معادله برنولی به‌صورت زیر خواهد بود که در آن h_p نمایانگر هد آب ایجادشده توسط پمپ و h_t نمایانگر هد آب مصرف‌شده در توربین و h_l نمایانگر هد آب تلف شده مابین این دو نقطه است.

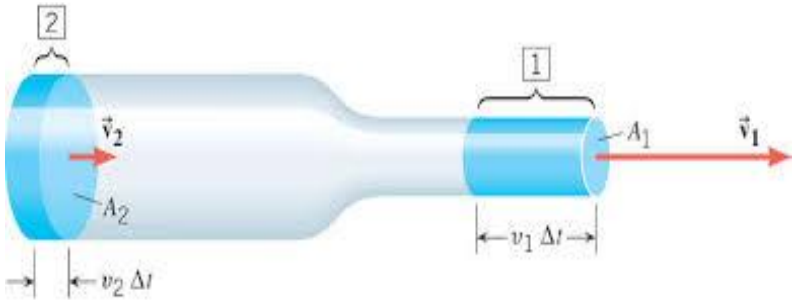
$$Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + h_p - h_t = Z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + h_{L_{1-2}} \quad (۵)$$

۳-۲-۱-۳- معادله اندازه حرکت

معادله حرکت از قانون دوم نیوتن مشتق شده است. این معادله را می‌توان چنین بیان کرد: "نیروی خالص وارد بر هر جسم در یک‌جهت خاص مساوی با آهنگ افزایش اندازه حرکت جسم در آن جهت است".

در شکل (۳-۴) حجم کنترلی که به‌وسیله یک لوله جریان و دو مقطع ۱ و ۲ محصورشده است، بررسی می‌شود. سیال از مقطع ۲ با سرعت v_2 وارد شده و از مقطع ۱ با سرعت متوسط v_1 خارج می‌شود. برای جریان ماندگار، جرم سیالی که در واحد زمان بـه مقطع ۲ وارد می‌شود برابر است باآنکه از مقطع ۱ خارج می‌شود و مساوی ρQ است.

$$\sum \vec{F}_{ext} = (\rho Q \vec{v})_{out} - (\rho Q \vec{v})_{in} \quad (۶)$$



شکل ۳-۴- حجم کنترل در معادله اندازه حرکت

۳-۲-۲- افت هد در لوله‌ها

وقتی سیالی درون لوله‌ای جریان دارد، در اثر برخورد سیال با جدار لوله یا در اثر برخورد با موانع موجود در مسیر جریان از انرژی آن کاسته می‌شود که به این پدیده افت هد گفته می‌شود.

۳-۲-۲-۱- افت طولی یا افت اصطکاکی در لوله‌ها

آن قسمتی از افت که در نتیجه تماس مایع با جدار حاصل می‌شود افت طولی یا افت اصطکاکی نامیده می‌شود که در ادامه دو رابطه هیزن-ویلیامز و رابطه دارسی-ویسباخ برای محاسبه این افت معرفی شده است.

افت هد طولی در هر لوله با استفاده از رابطه (۷) قابل‌محاسبه است.

$$h_f = RQ^n \qquad (۷)$$

که در آن h_f افت هد ناشی از اصطکاک در هر خط لوله، Q دبی جریان یافته در هر خط لوله و n و R پارامترهای ثابتی هستند که وابسته به رابطه انتخاب‌شده جهت محاسبه افت هد می‌باشند. پارامتر R که درواقع مشخصه افت انرژی هر خط لوله است، اغلب به‌وسیله یکی از دو رابطه زیر محاسبه می‌شود.

الف) رابطه‌ی دارسی-ویسباخ که درواقع، معادله اساسی و دقیق (تحلیلی) برای محاسبه افت‌های اصطکاکی در خطوط لوله می‌باشد.

$$R = \frac{8fl}{g\pi^2 D^5} \qquad (۸)$$

l طول لوله، D قطر داخلی لوله و f ضریب اصطکاک می‌باشد که تابعی از نوع رژیم جریان و زبری جدار است.

ب) رابطه هیزن-ویلیامز که در کنار استفاده از رابطه دارسی- ویسباخ به‌عنوان یک رابطه تحلیلی و دقیق تخمین افت در لوله‌ها، روابط تجربی مختلفی نیز جهت تسهیل محاسبات و کمک به مهندسان در طراحی خطوط لوله توسعه یافته‌اند. از معادلات تجربی متداول برای محاسبه افت‌های اصلی در کشورهای انگلیسی‌زبان و به‌ویژه در آمریکا، رابطه هیزن ویلیامز است.

$$R = \frac{C_f l}{C^{1.852} D^{4.87}} \quad (۹)$$

در این رابطه ضریب تبدیل ۴/۵۲ برای سیستم انگلیسی و ۱۰/۶۷ برای سیستم SI است. هرچه C بیشتر باشد، بیانگر صاف‌تر بودن لوله (یا ظرفیت انتقال بیشتر) و هرچه C پایین‌تر باشد، بیانگر زبرتر بودن لوله است. ضمناً این رابطه صرفاً برای جریان آب اعتبار دارد.

در این تحقیق برای محاسبه اصطکاک طولی لوله از رابطه هیزن ویلیامز استفاده شده است که مقدار ضریب زبری هیزن ویلیامز برای هر لوله، با توجه به جنس لوله، به‌صورت خودکار توسط نرم‌افزار وارد می‌شود.

۳-۲-۲-۲- افت موضعی در لوله‌ها

آن قسمتی از افت انرژی که ناشی از برخورد سیال با موانع و یا پیچ‌وخم موجود در مسیر جریان می‌باشد به افت موضعی معروف است که فرمول محاسبه آن در رابطه (۱۰) آورده شده است.

$$h_m = K \frac{v^2}{2g} \quad (۱۰)$$

در این رابطه h_m نشان‌دهنده میزان افت هد برحسب متر، K ضریب افت (مقادیر آن برای ورودی‌ها و اجزاء مختلف، متفاوت است) و v سرعت جریان و g شتاب ثقل می‌باشد.

۳-۲-۳- معادلات حاکم بر شبکه

روابط پیوستگی و انرژی در حقیقت روابط اساسی جهت تشکیل معادلات حاکم بر تحلیل شبکه‌های آب‌رسانی می‌باشند. به‌طورکلی در حالت جریان ماندگار (استاتیک) با اعمال روابط مذکور به روش‌های مختلف، سه دسته کلی از معادلات را می‌توان به دست آورد.

۳-۲-۳-۱- معادلات جریان (معادلات Q)

در طرح معادلات Q، دبی لوله‌ها به‌عنوان پارامتر مجهول در نظر گرفته می‌شود. بر این اساس، با نوشتن معادله پیوستگی جریان در گره‌های مصرف و معادله انرژی در هر حلقه، دستگاه معادلات موسوم به معادلات Q به وجود خواهد آمد. معادلات Q برای یک شبکه با L حلقه و N گره شامل nr گره چشمه و nn گره مصرف را در قالب روابط (۱۱) و (۱۲) می‌توان ارائه کرد.

$$\sum_{i=1}^{np} Q_{in} + q_n = 0 \quad n = (1. \cdots . nn) \quad (۱۱)$$

$$\sum_{i=1}^{np} h_{il} = \sum_{i=1}^{np} R_{il} Q_{il}^n = 0 \quad l = (1.2. \cdots . L) \quad (۱۲)$$

۳-۲-۳-۲- معادلات گره‌ای (معادلات H)

درصورتی‌که هد در گره‌ها به‌عنوان پارامتر مجهول در نظر گرفته شود، دستگاه معادلات حاصل، دستگاه معادلات H نامیده می‌شود که در رابطه (۲۰) نشان داده شده است. جهت تشکیل این سیستم معادلات معادله پیوستگی جریان در گره‌های مصرف در شبکه، نوشته‌شده و سپس از رابطه انرژی، در معادله پیوستگی، جایگذاری می‌شود.

$$\sum_{i=1}^{np}\left(\frac{H_i-H_j}{R_{ij}}\right)^{1/n}+q_n=0 \qquad n=(1.\cdots.nn) \tag{۱۳}$$

در این رابطه، H_j و H_i هد در گره‌های j و i بوده و R_{ij} مشخصه افت هد در لوله متصل به گره‌های j و i است.

۳-۲-۳-۳- معادلات حلقه (معادلات ΔQ)

جهت طرح معادلات ΔQ، ضمن در نظر گرفتن مقداری به‌عنوان فرض اولیه، برای دبی لوله‌ها و همچنین انتخاب جهتی فرضی برای جریان در لوله‌ها، معادلات افت انرژی در هر حلقه نوشته می‌شود. مقادیر فرض شده برای جریان، می‌بایست معادله پیوستگی جریان در گره‌های مصرف را ارضاء نمایند. ازآنجاکه این مقادیر، اغلب معادله افت انرژی در حلقه‌ها را ارضاء نمی‌کنند، می‌بایست تصحیحاتی برای این مقادیر در معادلات افت هد حلقه در نظر گرفته شود. در این صورت معادلات به‌صورت رابطه زیر حاصل می‌شوند.

$$\sum_{i=1}^{npl}R(Q_i+\sum\Delta Q_l)^n=0 \qquad l=(1.2.\cdots.L) \tag{۱۴}$$

در این رابطه، Q_i تخمین اولیه برای دبی لوله i و ΔQ_l تصحیح جریان در حلقه l می‌باشد.

لازم به ذکر است که با اضافه شدن مخزن، شیر و پمپ به شبکه، علیرغم اینکه تعداد مجهولات افزایش خواهند یافت، کماکان توازن بین تعداد معادلات و تعداد مجهولات برقرار است. چراکه اضافه شدن مخزن، شیر و یا پمپ در واقع همراه با معرفی یک معادله اضافی نیز می‌باشد.

۳-۲-۳-۴- معادلات ΔH

روش دیگری نیز برای مرتب کردن معادلات هیدرولیکی براثر تفاوت هد گره‌ای ΔH وجود دارد که با فرض هد اولیه برای هر گره، در هر تکرار، مقادیر ΔH برای همه گره‌ها به‌طور مستقیم از معادلات هیدرولیکی محاسبه می‌شوند. به‌طورکلی معادلات ΔH به‌صورت زیر نوشته می‌شود.

$$\sum_{ij\epsilon IJ_L}\int_{ij}\left[(H_i^0+\Delta H_i)-\left(H_j^0+\Delta H_j\right)\right]+Q_j=0 \;;\forall j=1.\cdots.N.J \tag{۱۵}$$

H_J^0 و H_i^0 حدس اولیه برای هد گره‌های i و j و ΔH_j و ΔH_i مقادیر تصحیح هد گره‌ای هستند.

۳-۲-۳-۵- معادلات $H-Q$

معادلات هد-دبی را می‌توان برای شبکه‌هایی که دارای یک یا چند مخزن هستند، با داشتن ثابت مقاومت لوله‌ها، به‌سادگی نوشت. معادلات هد-دبی مربوط به ارتباط افت هد لوله‌ها، غیرخطی هستند. این معادلات

غیرخطی، با بسط سری تیلور و صرف‌نظر کردن از ترم‌های دوم به بعد باقیمانده‌ها، خطی می‌شوند. بنابراین، معادلات غیرخطی افت لوله در t امین تکرار به‌صورت زیر نوشته می‌شود.

$$(H_{t.oi} + \Delta H_{t.i}) - (H_{t.oj} + \Delta H_{t.j}) = nR_{ox}|Q_{t.ox}|^{n-1}\Delta Q_{t.x} + Q_{t.ox}^{n}R_{ox} \qquad (۱۶)$$

$$x = 1.\cdots.NP$$

که R_{ox} ثابت معلوم مقاومت لوله، $\Delta H_{t.i}$ و $H_{t.oi}$ به ترتیب، هد فرض شده در t امین تکرار، برای گره‌های j و i هستند. Q_{ox} دبی معلوم یا فرض شده برای لوله x در t امین تکرار است. مقادیر $\Delta H_{t.j}$ و $\Delta H_{t.i}$ و $\Delta Q_{t.x}$ نیز، تصحیحات نامعلوم در تکرار t ام هستند. درصورتی‌که هد گره‌ای ثابت باشد، نیاز به اعمال تصحیح نیست.

۳-۲-۴- روش‌های متداول حل معادلات هیدرولیکی شبکه‌های توزیع آب

پس از تشکیل دستگاه معادلات تحلیل هیدرولیکی شبکه‌ها، تمام و یا برخی از این معادلات به‌صورت غیرخطی ظاهر می‌شوند. به‌عنوان‌مثال در دستگاه معادلات Q، معادلات افت انرژی در حلقه و در دستگاه معادلات H و ΔQ، کلیه معادلات، غیرخطی بوده و ازآنجاکه روش مستقیمی برای حل دستگاه معادلات غیرخطی وجود ندارد، از روش‌های مبتنی بر تکرار جهت حل معادلات استفاده می‌شود.

در این روش‌ها حل معادلات در هر تکرار تقریبی بوده و درنتیجه با اعمال تصحیحاتی در هر تکرار، محاسبات تا رسیدن به دقت مطلوب ادامه خواهد یافت. از متداول‌ترین روش‌های تکراری در حل معادلات شبکه‌ها، می‌توان به روش‌های هاردی کراس[1]، نیوتن رافسون[2]، تئوری خطی[3] و الگوریتم گرادیان[4] اشاره نمود.

۳-۲-۴-۱- روش‌هاردی کراس

روش‌هاردی کراس (۱۹۳۶) که درواقع اولین روش تکراری برای حل معادلات تحلیل شبکه‌ها محسوب می‌شود، اغلب برای حل معادلات ΔQ مورداستفاده قرار می‌گیرد. این روش که به روش متعادل کردن هدها[5] سوم است، با استفاده از فرضیات ساده کننده‌ای، به حل معادلات ΔQ می‌پردازد. در این روش در هر زمان فقط به حل یک معادله ΔQ پرداخته می‌شود .از محدودیت عمده این روش می‌توان به چگونگی هم‌گرایی نتایج اشاره کرد. در این روش با بزرگ شدن اندازه شبکه، سرعت هم‌گرایی بسیار کند شده و درنتیجه تکرار محاسبات افزایش خواهد یافت. به‌علاوه اینکه در این روش سرعت هم‌گرایی به حدس اولیه برای دبی‌ها نیز بستگی دارد.

۳-۲-۴-۲- روش نیوتن –رافسون

در روش نیوتن-رافسون که توسط مارتین و پیترز (۱۹۶۳) برای حل معادلات تحلیل شبکه‌های توزیع آب ارائه شده تا حدودی مشخصه همگرایی بهبود یافته است. در این روش جملات غیرخطی با بسط در سری تیلور خطی

1 Hardy Cross Method
2 Newton-Raphson Method
3 Linear Theory Method
4 Gradiant Method
5 Method of Balancing Head

شده و معادلات حاصل به‌صورت هم‌زمان حل خواهند شد. این روش اغلب برای حل دستگاه معادلات H مورداستفاده قرار می‌گیرد.

۳-۲-۴-۳- روش نظریه خطی

روش نظریه خطی که توسط وود (۱۹۷۲) ارائه شده است، اغلب برای حل معادلات مورداستفاده قرار می‌گیرد. در این روش، جملات غیرخطی با ادغام بخشی ازجمله غیرخطی در مشخصه افت هد لوله، خطی خواهند شد. این روش نیز به حل هم‌زمان معادلات می‌پردازد.

۳-۲-۴-۴- روش گرادیان

روش ارائه‌شده توسط تودینی و پیلاتی (۱۹۸۷) موسوم به روش گرادیان، به‌عنوان یکی از بهترین روش‌های تکرار مطرح است. در این روش معادلات پیوستگی و انرژی به‌صورت دستگاه معادلات غیرخطی، فرمول‌بندی شده و سپس معادلات مذکور از طریق بسط در سری تیلور خطی می‌شوند. درواقع در این روش، تکنیک به‌کاررفته درروش نیوتن -رافسون جهت خطی کردن معادلات، نسبت به هر دو پارامتر، اعمال شده و معادلات حاصل به‌صورت هم‌زمان و با بهره‌گیری از جبر ماتریس‌ها حل خواهند شد. اگرچه در این روش نیاز به حل تعداد بیشتری از معادلات است، اما ثابت شده است که این روش ازلحاظ محاسباتی، بسیار مستحکم است. به همین دلیل از این روش در نرم‌افزارهای رایج شبیه‌سازی نظیر WaterCad و WaterGEMS استفاده شده است. از دیگر مزیت‌های مهم این الگوریتم نسبت به روش‌های قبلی این است این روش حالت پایدار داشته و حتی در زمان‌هایی که سیستم توسط شیرهای کنترل و تنظیم فشار قطع میگردد جواب می‌دهد، در حالی که سایر روش‌ها در این موقعیت به جواب نمی‌رسند.

۳-۳- مدل‌سازی شبکه‌های دارای لوله و مخزن به روش گرادیان

با در نظر گرفتن معادله شماره (۱۶)، ترم شامل ΔQ_x به سمت چپ معادله منتقل شده و ترم ثابت معادله را در سمت راست باقی می‌ماند. با بازنویسی معادله می‌توان نوشت:

$$H_{t+1.oi} - H_{t+1.oj} - nR_{ox}\left|Q_{t.ox}\right|^{n-1}\Delta Q_{t.ox} = Q_{t.ox}^{n}R_{ox} \qquad (۱۷)$$

$$x = 1. \ldots . NP$$

که $H_{t.oi}$ و $H_{t.oj}$ به ترتیب هد تصحیح‌شده در گره i و j، بعد از تکرار tام هستند.

با کم کردن عبارت $Q_{t.ox}^{n}R_{ox}$ از دو طرف معادله، رابطه زیر بدست می‌آید.

$$H_{t+1.oi} - H_{t+1.oj} - nR_{ox}\left|Q_{t.ox}\right|^{n-1}(\Delta Q_{t.x} + Q_{t.x}) = (1-n)\, Q_{t.ox}^{n}R_{ox} \qquad (۱۸)$$

$$x = 1. \ldots . NP$$

با جایگزینی $\Delta Q_{t.x} + Q_{t.x}$ با $Q_{t+1.x}$، رابطه زیر بدست می‌اید.

$$H_{t+1.oi} - H_{t+1.oj} - nR_{ox}\left|Q_{t.ox}\right|^{n-1}(Q_{t+1.x}) = (1-n)\,Q_{t.ox}^{n}R_{ox} \qquad (۱۹)$$

$$x = 1. \ldots . NP$$

معادله بالا تعداد NP معادله خطی‌شده را فراهم می‌آورد که شامل مقادیر نامعلوم تصحیح‌کننده دبی لوله‌ها و هد گره‌ها است.

معادلات پیوستگی جریان در گره‌ها، خطی بوده و با استفاده از مقادیر دبی‌های تصحیح‌شده، به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$\sum_{x-connected-to-j} Q_{t+1.x} + q_{oj} = 0 \qquad j = 1. \ldots . NJ \qquad (۲۰)$$

پس NJ معادله خطی نیز از رابطه بالا به‌دست می‌آید.

۳-۴- بالانسینگ آب و مبانی نظری آب به‌حساب نیامده و اجزای آن

۳-۴-۱- آب به‌حساب نیامده

طبق تعریف بانک جهانی، آب به‌حساب نیامده (UFW[1]) عبارت است از تفاوت بین حجم خالص آبی که به شبکه وارد می‌شود و به مصرف می‌رسد. لازم به ذکر است که از سال ۲۰۰۰ به بعد مفهوم آب بدون درآمد (NRW[2]) توسط IWA[3] به‌عنوان جایگزین مفهوم آب به‌حساب نیامده مورداستفاده قرارگرفته است. آب به‌حساب نیامده (UFW) به‌صورت رابطه زیر تعریف می‌شود [۱۴].

$$UFW_{total} = V_{in} - V_{out} \qquad (۲۱)$$

که در آن UFW_{total} کل آب به‌حساب نیامده یک منطقه در یک مدت‌زمان مشخص، V_{in}حجم آب ورودی اندازه‌گیری شده و V_{out}حج آب خروجی (مصرفی) اندازه‌گیری شده طی همان مدت‌زمان مشخص می‌باشند.

میزان آب بدون درآمد به عواملی همچون نرخ تعرفه‌های آب، سطح درآمد و فرهنگ عمومی مردم و میزان گسترش شبکه بستگی دارد.

۳-۴-۲- تقسیم‌بندی آب به‌حساب نیامده (آب بدون درآمد)

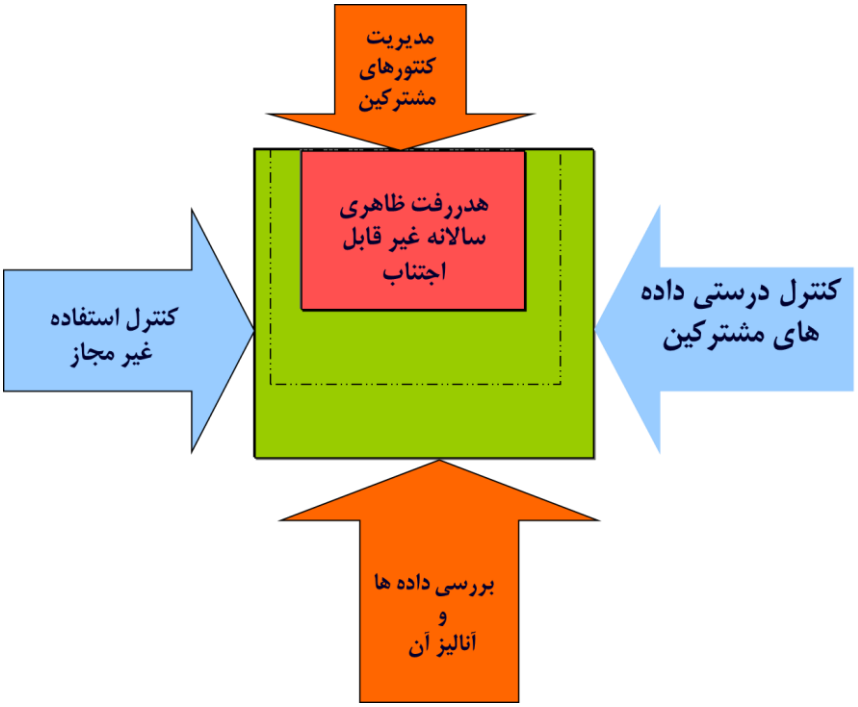
باید بین تلفات آب از شبکه و نشت آب از شبکه تمایز قائل شد. تلفات آب (آب بدون درآمد) یک مفهوم کلی است که شامل تلفات واقعی و ظاهری آب می‌شود. تلفات واقعی عبارت است از تلفات فیزیکی آب که شامل نشت از لوله‌ها، اتصالات و مخازن و همچنین سرریز آب از مخازن می‌شود. در بسیاری از موارد تلفات واقعی شبکه‌ها قابل‌توجه است و ممکن است این تلفات مدت‌ها بدون اینکه تشخیص داده‌شده و مرتفع گردند ادامه یابند.

1 Unaccounted for Water
2 Non-Revenue Water
3 International Water Association

۳-۴-۲-۱- آب به‌حساب نیامده غیر فیزیکی (تلفات ظاهری۱)

تلفات ظاهری آب عبارت است از تلفات غیر فیزیکی که شامل خطاهای ابزار اندازه‌گیری، خطاهای انسانی، خطاهای مدیریتی، خطاهای بهره‌برداری، مصارف غیرمجاز و مصارف مجاز اندازه‌گیری نشده بدون درآمد است.

مولفه های سیاست موفق در زمینه کاهش هدررفت ظاهری در شکل ۳-۵ ارائه شده است:



شکل ۳-۵- چارت مولفه های سیاست موفق در زمینه کاهش هدررفت ظاهری

۳-۴-۲-۲- آب به‌حساب نیامده فیزیکی (هدر رفت واقعی۲)

آب به‌حساب نیامده فیزیکی طیف گسترده‌ای از تلفات آب در شبکه را شامل می‌شود و عموماً در قالب نشت موردبررسی قرار می‌گیرد. نشت آب از طریق سوراخ‌ها و ترک‌های کوچک و بزرگ و یا شکستگی‌های لوله‌ها، انشعابات، شیرآلات و اتصالات شبکه روی می‌دهد. عموماً نشت آب از محل اتصالات و شیرآلات با بده کم همراه می‌باشد ولی زمان و تعداد آن‌ها در شبکه به‌گونه‌ای است که شناسایی این‌گونه نشت‌ها را اقتصادی و ضروری می‌سازد. چراکه سرعت کم آب سبب می‌شود آب به‌راحتی در درون خاک بستر لوله نفوذ کرده و مسیر مناسبی را برای خود پیدا کند. در عملیات بهره‌برداری، بارها مشاهده شده که نشت آب از شبکه، انشعابات یا اتصالات سبب جریان آب به زیر ساختمان‌های مجاور شده و موجب شسته شدن خاک زیر ساختمان‌ها، نشست ساختمان و یا تخریب بخشی از آن شده است. خساراتی که شرکت‌های آب و فاضلاب سالانه در این‌گونه موارد می‌پردازند، قابل‌توجه است. بدیهی است تا زمانی که تلفات فیزیکی رؤیت نشده است تحت عنوان تلفات زمینه (نشت نامرئی) و پس از مرئی شدن، به‌صورت حادثه تلقی شده و تحت عنوان نشت مرئی نام‌گذاری می‌شود [۱۴].

1 Non-Physical or Apparent Losses
2 Physical or Real Losses

علل ایجاد نشت عبارت است از فشار زیاد آب، بار ترافیک و پوشش (عمق) ناکافی لوله‌ها، خورده شدن (شیمیایی یا الکتروشیمیایی) لوله‌ها و اتصالات در اثر گذشت زمان، ضربه، بی‌دقتی در حمل، بسترسازی و نصب ناصحیح لوله‌ها و اتصالات، کیفیت نامناسب لوله‌ها و اتصالات، عمر زیاد لوله‌ها و اتصالات، لغزش زمین و رانش خاک و ضربه قوچ.

مجموعه عوامل مؤثر در نشت را می‌توان به‌صورت زیر دسته‌بندی کرد: کیفیت نامناسب طراحی، کیفیت نامناسب اجرا، کیفیت نامناسب لوله‌ها و تجهیزات، فرسودگی لوله‌ها و تجهیزات و تخریب لوله‌ها و تجهیزات ناشی از حوادث.

۳-۴-۳- روش تعادل (بالانس) سالانه آب

بالانسیگ آب یکی از روش‌های متداول محاسبه تلفات آب در شبکه آبرسانی است. در محاسبه تلفات آب از این روش، ابتدا باید مؤلفه‌های تعادل سالانه آب به روش IWA، مشخص شوند (جدول ۳-۱). با استفاده از این روش با محاسبه حجم آب ورودی به شبکه، مصارف مجاز با درآمد و بدون درآمد و تلفات ظاهری، مقدار کل تلفات حقیقی به دست می‌آید.

حجم آب ورودی به شبکه: حجم سالانه آب ورودی به شبکه است.

مصرف مجاز: حجم سالانه آب اندازه‌گیری شده یا نشده مصرفی توسط مشترکین مجاز، شرکت تامین کننده و تمام عوامل مصرف کننده مجاز مشروط و غیر مشروط است.

هدر رفت آب: که شامل هدر رفت های واقعی و ظاهری است.

مصارف مجاز بدون درآمد شامل مصارف آتشنشانی، شستشوی مخازن و شبکه، مصارف داخلی ارگان ها و اماکن عمومی و سایر موارد است.

جدول ۳-۱- فرم بالانس آب به روش IWA[۱۴].

شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور
دفتر نظارت بر مدیریت مصرف و کاهش UFW
فرم بالانس آب

A	ورودی‌ها m^3/year درصد نسبت به آب ورودی	B	کل ورودی m^3/year درصد نسبت به آب ورودی	C	خروجی‌ها m^3/year درصد نسبت به آب ورودی	D	خروجی‌ها m^3/year درصد نسبت به آب ورودی	E	خروجی‌ها m^3/year درصد نسبت به آب ورودی	F	خروجی‌ها m^3/year درصد نسبت به آب ورودی
چاه		حجم آب ورودی به سیستم		مصارف مجاز		مصارف مجاز با درآمد		آب تحویلی به شبکه‌های دیگر (فروش کلی)		آب با درآمد	
								مصارف اندازه‌گیری شده با درآمد			
قنات								مصارف اندازه‌گیری نشده با درآمد			
چشمه						مصارف مجاز بدون درآمد		مصارف اندازه‌گیری شده بدون درآمد		آب بدون درآمد	
								مصارف اندازه‌گیری نشده بدون درآمد			
خرید آب تصفیه شده				هدر رفت آب		هدر رفت ظاهری		مصارف غیر مجاز			
								خطای مدیریت داده‌ها و سیستم			
								عدم دقت تجهیزات اندازه‌گیری			
ورودی به تصفیه خانه						هدر رفت واقعی	روش بالانس:	نشت از شبکه توزیع			
								نشت از خطوط انتقال			
								سر ریز از مخازن			
سایر منابع							جمع مولفه‌ها:	نشت از مخازن			
								نشت از انشعابات مشترکین			

۳-۵- روش‌های تحلیل و محاسبه آب تلف‌شده و نشت در شبکه‌های توزیع آب

محاسبه هدر رفت آب و نشت در شبکه‌های توزیع آب شهری با اهداف و کاربردهای مختلفی از قبیل مدیریت و بهره‌برداری بهینه از شبکه، کنترل فعال نشت، برآورد خسارت اقتصادی مربوط و یا پیش‌بینی تقاضای کوتاه‌مدت یا درازمدت در طرح‌های توسعه شبکه انجام داده می‌شود. هر روش به داده‌ها و اطلاعات اولیه ویژه نیازمند است که می‌تواند شامل اطلاعات مربوط به مشترکین و مصرف آن‌ها، میزان آب تولیدی، اطلاعات مربوط به اجزای شبکه، ازجمله طول لوله‌های شبکه توزیع و انشعابات مشترکین، وضعیت مخازن، اندازه‌گیری‌های فشار و جریان و اطلاعات مربوط به حوادث و شکستگی‌ها باشد. مسلماً دقت داده‌های ورودی تأثیر چشمگیری بر دقت محاسبات دارد. در مواردی، بنا به عللی ازجمله کمبود اطلاعات کافی یا بی‌دقتی آن‌ها، استفاده از مقادیر برآورد شده برای این عوامل اجتناب‌ناپذیر است که از تحقیقات و موارد عملی مشابه به دست می‌آیند. این داده‌ها تنها به‌عنوان یک برآورد اولیه در زمان کمبود اطلاعات موردنیاز، استفاده می‌شود و استفاده از داده‌های واقعی در درجه اول اولویت قرار دارد.

تاکنون روش‌های مختلفی جهت محاسبه نشت و تلفات آب معرفی شده است که به‌طورکلی مبتنی بر سه روش تعادل سالانه آب، روش برآورد مؤلفه‌های نشت[1] و روش تحلیل جریان شبانه[2] هستند.

۳-۵-۱- روش برآورد مؤلفه‌های نشت

این روش بر پایه نظریه برآورد تلفات ناشی از ترکیدگی (نشت‌های مرئی) و نشت‌های زمینه (BABE[3]) قرار دارد و هدف آن برآورد مؤلفه‌های نشت از شبکه بر اساس مقادیر متوسط جمع‌بندی شده از مطالعات قبلی می‌باشد.

تلفات شبکه توزیع می‌تواند به دو بخش نشت‌های ناشی از ترکیدگی و نشت زمینه تقسیم شود. هیچ‌گونه روش دقیقی برای برآورد اجزای تلفات شبکه توزیع وجود ندارد. در روش‌های جاری تنها تفاوت حسابی میان میزان تولید و مصرف بیانگر کل تلفات شبکه توزیع است. اگرچه حتی در جایی که تمامی تولید و مصرف اندازه‌گیری می‌شود به دلیل این‌که اندازه‌گیری‌ها و محاسبات در معرض خطا هستند، تحلیل‌ها تا ۵۰ درصد، عدم اطمینان در محاسبه تلفات سالانه نشان می‌دهد. در جدول (۳-۲) مؤلفه‌های نشت و اطلاعات موردنیاز اولیه مربوط به هر مؤلفه نشان داده شده است. در صورت نبود اطلاعات اولیه دقیق، می‌توان از مقادیر مندرج در استانداردها که به‌عنوان یک برآورد اولیه هستند، استفاده کرد [۱۴].

جدول ۳-۲- اطلاعات موردنیاز برای محاسبه مؤلفه‌های نشت

اجزای شبکه	نشت زمینه	شکستگی‌های گزارش‌شده	شکستگی‌های گزارش نشده
خطوط اصلی	طول فشار نرخ تلفات در هر کیلومتر*	تعداد در سال فشار نرخ متوسط جریان خروجی* متوسط مدت‌زمان	تعداد در سال فشار نرخ متوسط جریان خروجی* متوسط مدت‌زمان
انشعابات از خط اصلی تا مشترک	تعداد فشار نرخ تلفات در هر انشعاب*	تعداد در سال فشار نرخ متوسط جریان خروجی* متوسط مدت‌زمان	تعداد در سال فشار نرخ متوسط جریان خروجی* متوسط مدت‌زمان
شبکه داخلی ساختمان مشترک	طول فشار نرخ تلفات در هر کیلومتر*	تعداد در سال فشار نرخ متوسط جریان خروجی* متوسط مدت‌زمان	تعداد در سال فشار نرخ متوسط جریان خروجی* متوسط مدت‌زمان

*در فشار استاندارد خاص

نشت زمینه

1 Component Analysis of Real Losses
2 Minimum Night Flow Analisys
3 Concept of Bursts and Background Losses Estimate

تقریباً تمامی هدر رفت از اتصالات روی لوله‌های اصلی و فرعی و نشت از منافذ ریز، در طبقه‌بندی نشت‌های زمینه قرار دارد. تلفات زمینه، نشت تجمعی از تمام سوراخ‌های نسبتاً کوچک و تراوش‌هایی است که بده آن‌ها کمتر از بده آستانه بین شکستگی و نشت زمینه می‌باشد. پیدا کردن و تعمیر این نشت‌ها ازنظر اقتصادی مقرون‌به‌صرفه نبوده و با نوسازی و بازسازی لوله‌ها و سایر تأسیسات وابسته و مدیریت فشار، کاهش می‌یابد. به صورت کلی نشت زمینه خود به سه مؤلفه تقسیم می‌شود.

الف) نشت زمینه از خطوط اصلی و فرعی: بنا به اهمیتی که خطوط اصلی شبکه توزیع در توزیع آب دارند و با توجه به بده و فشار زیاد آن‌ها، نشت‌های زمینه در آن‌ها معمولاً سریع‌تر از سایر قسمت‌های شبکه قابل‌شناسایی بوده و برطرف می‌شود.

ب) نشت زمینه از انشعابات[1]: لوله انشعاب، لوله‌ای است که از خط اصلی شبکه تا کنتور مشترک یا تا مرز اشتراک (در مواردی که کنتور وجود ندارد) ادامه دارد .در بیشتر شبکه‌های توزیع آب، نشت از انشعابات، بیشترین مقدار نشت از شبکه است. به‌صورت معمول، هر اشتراک تنها یک لوله انشعاب دارد. بنابراین تعداد انشعابات معمولاً با استفاده از تعداد اشتراک‌ها برآورد می‌شود.

ج) نشت زمینه از شبکه داخلی مشترک: این نشت از لوله خروجی کنتور تا داخل ساختمان یا از لوله‌کشی داخلی ساختمان رخ می‌دهد. همواره این نشت کمتر از میزان نشت زمینه از انشعابات است. در حالت کلی، با توجه به اینکه قسمت اعظم آب هدررفته داخل اشتراک توسط کنتور مشترکین، قابل‌اندازه‌گیری می‌باشد و بخشی از آن به دلیل عدم دقت کنتورها قابل‌اندازه‌گیری نیست، نشت‌های پس از کنتور و داخل ملک مشترک جزء تلفات ظاهری محسوب می‌شود.

محاسبه میزان نشت‌های زمینه در یک شبکه توزیع آب به علت نامرئی بودن آن‌ها کار دشواری است. درروش (BABE) با استفاده از مقادیر برآورد شده به‌دست‌آمده از تحقیقات صورت گرفته قبلی، مقدار نشت مشخص می‌شود. جدول (۳-۳) مقادیر پیشنهادشده در این زمینه را نشان می‌دهد. نشت زمینه خطوط اصلی از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$\text{نشت زمینه خطوط اصلی و فرعی} = Q_{leak} \times \left({P_{av}}/{50}\right)^{N} \times L \qquad (۲۲)$$

که Q_{leak} نرخ نشت از خطوط اصلی برحسب لیتر بر کیلومتر بر ساعت است. L طول خط لوله اصلی برحسب کیلومتر، N توان فشار برای شکستگی‌های زمینه و P_{av} فشار متوسط شبکه برحسب متر می‌باشند. عدد ۵۰ فشار استانداردی است.

نشت زمینه برای انشعابات از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{نشت زمینه برای انشعابات} = Q_{leak} \times \left({P_{av}}/{50}\right)^{N} \times n \qquad (۲۳)$$

که Q_{leak} نرخ نشت از انشعابات برحسب لیتر بر انشعاب بر ساعت است و n تعداد انشعابات است. نشت زمینه برای لوله‌های درون اشتراک نیز مانند روش یادشده برای انشعابات محاسبه می‌شود.

1 Connection Leakage

جدول ۳-۳- مقادیر پیشنهادی برای نرخ نشت زمینه در فشار استاندارد ۵۰ متر

مؤلفه‌های تلفات زمینه	واحد	شرایط زیربنایی* بد	شرایط زیربنایی متوسط	شرایط زیربنایی خوب
تلفات زمینه در لوله‌های اصلی توزیع	لیتر بر کیلومتر بر ساعت	۶۰	۴۰	۲۰
تلفات زمینه در لوله‌های انشعاب مشترکین	لیتر بر انشعاب بر ساعت	۴/۵	۳	۱/۵
تلفات زمینه در لوله‌های درون مشترک	لیتر بر مشترک بر ساعت	۱/۵	۱	۰/۵

* شرایط زیر بنایی به وضعیت شبکه ازجمله عمر و جنس لوله‌ها، کیفیت اجرای شبکه و مخازن ذخیره، شرایط مدیریتی و بهره‌برداری از سامانه آب‌رسانی و شرایط تأثیرگذار محلی ازجمله جنس خاک و زمین، سطح آب زیرزمینی، میزان خورندگی خاک و آب، بستگی دارد.

شکستگی‌ها[1]

شکستگی‌ها باعث بروز نشت‌هایی هستند که پیدا کردن موقعیت و تعمیر آن‌ها اهمیت دارد. شکستگی‌ها به دو قسمت شکستگی گزارش‌شده و گزارش نشده تقسیم می‌شوند .طبق تعریف، شکستگی وقتی رخ می‌دهد که نرخ تلفات آب از یک محل منحصربه‌فرد، از مقدار ۵۰۰ لیتر بر ساعت در فشار ۵۰ متر (یا ۱۰ لیتر بر ساعت به ازای هر متر فشار) بیشتر باشد.

الف) شکستگی‌های گزارش‌شده: شکستگی‌ها و نشت‌هایی که بدون نیاز به انجام کنترل فعال نشت، به‌صورت مرئی و قابل‌شناسایی درمی‌آیند، شکستگی‌های گزارش‌شده نامیده می‌شوند. شکستگی‌های گزارش‌شده، بده بیشتری نسبت به نشت‌های زمینه دارند و معمولاً خیلی زود پس از وقوع، گزارش‌شده و به دلیل این‌که بر مصرف مشترکین اثر گذاشته یا اینکه باعث خسارت به منازل، تأسیسات، خیابان‌ها و... می‌شوند، به‌سرعت تعمیر می‌گردند. این شکستگی‌ها اگرچه بده زیادی دارند ولی به علت کم بودن فراوانی وقوع و مدت‌زمان کوتاه نشت، معمولاً قسمت کوچکی از کل نشت را در یک شبکه با مدیریت مناسب تشکیل می‌دهند.

ب) شکستگی‌های گزارش نشده: شکستگی‌های گزارش نشده، معمولاً بده کمتری نسبت به شکستگی‌های گزارش‌شده دارند، اما بده آن‌ها از نشت‌های زمینه بیشتر است و تنها به‌وسیله انجام عملیات کنترل فعال نشت قابل‌شناسایی هستند. آن‌ها می‌توانند تنها برای چند روز وجود داشته باشند، یا آنکه سال‌ها به‌صورت پنهان به فعالیت خود ادامه دهند. این موارد بستگی به سیاست کنترل فعال نشت دارد. این‌گونه نشت‌ها ممکن است پس از مدتی به‌طور خودبه‌خود مرئی شده و قابل‌تشخیص شوند؛ اما مدت‌زمان چنین رویدادی مشخص نیست و معمولاً ازنظر اقتصادی مقرون‌به‌صرفه نیست که اجازه داده شود تا این نشت‌ها به‌صورت گزارش‌شده درآمده، سپس اقدام به تعمیر آن‌ها کرد.

1 Bursts

عوامل مؤثر بر حجم تلفات ناشی از شکستگی‌ها

در محاسبه نشت ناشی از شکستگی‌ها سه عامل بده نشت، فراوانی وقوع شکستگی و مدت‌زمان آن دارای اهمیت است.

الف) نرخ جریان خروجی از محل شکستگی‌ها: بده جریان خروجی از محل شکستگی تابعی از فشار و سطح مقطع شکستگی است. در صورت عدم وجود اطلاعات کافی در این زمینه که از تحلیل داده‌های حوادث به دست می‌آید؛ می‌توان از مقادیر برآورد شده به‌دست‌آمده از تحقیقات بین‌المللی طبق جدول (۳-۴) استفاده کرد. باید توجه داشت که این مقادیر تقریبی بوده و استفاده از مقادیر واقعی در این زمینه برتری دارد.

جدول ۳-۴- مقادیر پیشنهادی جهت محاسبه حجم آب تلف‌شده ناشی از شکستگی‌ها

جزئیات	شکستگی‌های گزارش‌شده		شکستگی‌های گزارش نشده	
	فراوانی وقوع	بده نشت (مترمکعب بر ساعت)	فراوانی وقوع	بده نشت (مترمکعب بر ساعت)
خطوط اصلی انتقال	(۰/۳۰) بر کیلومتر بر سال	۳۰/۰	(۰/۰۰۶) بر کیلومتر بر سال	۱۲/۰
خطوط اصلی توزیع	(۰/۱۵) بر کیلومتر بر سال	۱۲/۰	(۰/۰۰۸) بر کیلومتر بر سال	۶/۰
انشعابات	(۲/۵) بر ۱۰۰۰ انشعاب بر سال	۱/۶	(۰/۸۲۵) بر ۱۰۰۰ انشعاب بر سال	۱/۶
لوله‌های درون اشتراک	(۲/۵) بر ۱۰۰۰ انشعاب بر سال	۱/۶	(۰/۸۲۵) بر ۱۰۰۰ انشعاب بر سال	۱/۶

ب) فراوانی وقوع شکستگی‌ها: فراوانی وقوع شکستگی‌ها، تعداد حوادث اتفاق افتاده در طول یک دوره مشخص در شبکه می‌باشد.

ج) مدت‌زمان شکستگی‌ها: میزان نشت در شکستگی‌های گزارش‌شده و گزارش نشده به مدت‌زمان وقوع آن‌ها بستگی دارد. مدت‌زمان شکستگی‌های گزارش‌شده از سه دوره زمان آگاهی، زمان تعیین موقعیت و زمان تعمیر تشکیل شده است. جـدول (۳-۵) یک برآورد اولیه از مدت‌زمان شکستگی‌های گزارش‌شده را بر اساس تحلیل اطلاعات مربوط به موارد فوق در کشور آفریقای جنوبی ارائه می‌دهد.

جدول ۳-۵- آمار نمونه برای مدت‌زمان شکستگی‌های گزارش‌شده در کشور آفریقای جنوبی

جزئیات	مدت‌زمان شکستگی‌های گزارش‌شده (روز)		
	آگاهی و تعیین موقعیت	تعمیر	کل
خطوط اصلی انتقال	۰/۵	۰/۵	۱
خطوط اصلی توزیع	۱	۰/۵	۱/۵
انشعابات و لوله‌های درون اشتراک	۵	۶	۱۱

د) محاسبه حجم آب تلف‌شده ناشی از شکستگی‌ها: در حالت وجود داده‌های واقعی مربوط به شکستگی‌ها، نشت آن‌ها از حاصل‌ضرب مدت‌زمان وقوع در میزان جریان خروجی آن‌ها، در طی سال به دست می‌آید. نشت ناشی از شکستگی‌های خطوط اصلی شبکه، از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$\text{نشت ناشی از شکستگی خطوط اصلی} = F \times Q_{leak} \times \left({P_{av}}/{50}\right)^{N} \times L \times t \qquad (۶)$$

که F فراوانی وقوع شکستگی در خط اصلی شبکه برحسب کیلومتر بر سال، t مدت‌زمان کل وقوع شکستگی خط اصلی شبکه از جدول (۱-۱۲)، Q_{leak} بده نشت ناشی از شکستگی خط اصلی شبکه در فشار ۵۰ متر از جدول (۱-۱۱)، L طول خط اصلی شبکه برحسب کیلومتر و N توان فشار در شبکه می‌باشند.

نشت ناشی از شکستگی‌های انشعابات از رابطه زیر برآورد می‌شود.

$$\text{نشت ناشی از شکستگی انشعابات} = F \times Q_{leak} \times \left({P_{av}}/{50}\right)^{N} \times n \times t \qquad (۲۴)$$

که F فراوانی وقوع شکستگی انشعابات برحسب ۱۰۰۰ انشعاب بر سال، t مدت‌زمان کل وقوع شکستگی انشعابات Q_{leak} بده نشت ناشی از شکستگی انشعابات در فشار ۵۰ متر، n تعداد انشعابات بخش‌بر ۱۰۰۰ و N توان فشار در شبکه می‌باشند. نشت ناشی از شکستگی‌های لوله‌های درون اشتراک نیز مانند نشت ناشی از شکستگی‌های انشعابات محاسبه می‌شود.

روش اندازه‌گیری و تحلیل حداقل جریان شبانه (MNF[1])

این روش بر پایه اندازه‌گیری حداقل جریان ورودی به یک منطقه مجزا (DMA[2]) در زمان وقوع حداقل مصرف مشترکین و بیشترین مقدار فشار و نشت برقرار شده است. روش تحلیل حداقل جریان شبانه به‌ویژه زمانی که به‌صورت پیوسته در طول سال انجام گیرد، دارای دقت بالاتری از روش تعادل آب است.

1 Minimum Night Flow
2 District Metered Area

عوامل مؤثر بر کاهش تقاضای آب شهری

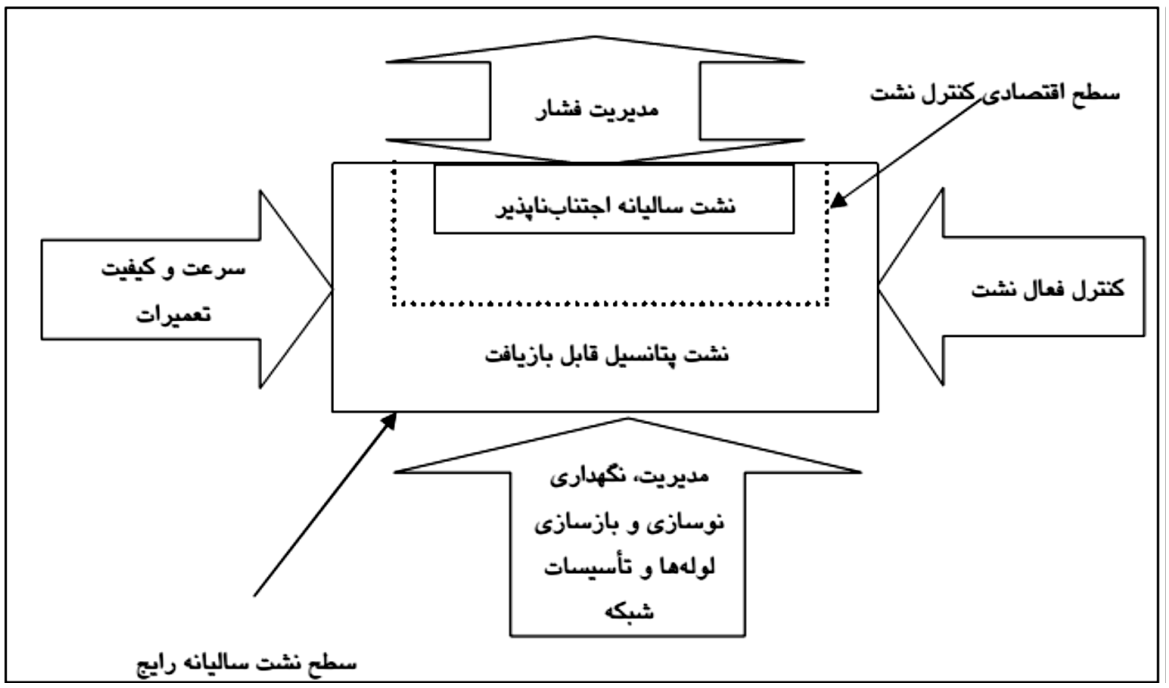
به طور کلی در مدیریت تقاضا، کاهش آب به حساب نیامده، کاهش فشار در شبکه، نوع سیستم توزیع آب در شهر، اصلاح سیستم لوله کشی آب منازل، استفاده از قطعات و وسایل کاهنده مصرف آب، نرخ گذاری آب و آموزش صرفه جویی در مصارف آب شهری روش‌های مناسب برای کاهش تقاضا و مصرف آب می‌باشند که باید از طریق ابزار قانونی، فنی، مالی و نیز برنامه آگاه کردن و آموزش همگانی به طور فعال و مستمر پیگیری گردد.

رفتارها یا نیات رفتاری مردم نسبت به صرفه جویی در مصرف آب به نگرش و میزان آگاهی آنان نسبت به مسائل مربوط به آب بستگی دارد. از اینرو، برای اینکه فعالیت‌های مدیریت تقاضای آب به طور موفقیت آمیز اجرا شوند، لازم است که آگاهی ها و نگرشهای مردم نسبت به صرفه جویی در مصرف آب اصلاح شود تا همکاری آنها در اجرای این برنامه ها بیشتر شود.

کمبود اطلاع از میزان مصرف و الگوی بهینه مصرف آب، کمبود اطلاعات کافی در مورد عوامل افزایش تقاضا، پایین بودن قیمت آب، تصور مردم از آب به عنوان یک کالای اجتماعی و ارزان قیمهت، راحت تر بودن اجرای برنامه های عرضه آب، کمبود درک مفاهیم، قلمرو و پتانسیل های مدیریت تقاضا، پایین بودن قابلیت پذیرش جامعه برای اجرای فعالیت های مدیریت تقاضا، کمبود همکاری و هماهنگی بین نهادها و سازمانهای آبی، مقاومت سازمانهای آبی برای تغییر در سیستم سنتی خود، و اشتغال زایی بیشتر اقدامات عرضه آب از جمله موانع اجرای فعالیت های مدیریت تقاضا می‌باشند. بسیاری از این موانع به آسانی به واسطه برنامه های آموزش و آگاهی عمومی و ابزار قانونی برداشته می‌شوند. یکی از پارامترهای موثر بر الگوی مصرف و مدیریت تقاضای آب، نرخ آب می‌باشد. تعیین قیمت مناسب برای آب هم موجب صرفه جویی آن توسط مصرف کنندگان و کهاربرد بهینهه آن در مصارف تجاری و صنعتی شده و هم درآمدی از فروش آن برای شرکتهای آب و فاضلاب حاصل می‌شود تا بخش عمده ای از هزینه های خدمات آبرسانی و تصفیه آن را تأمین نماید. از طرفی رعایت بهداشت و سلامتی شهروندان به شدت به عرضه آب بستگی دارد و گرانی آب بهداشت عمومی را با مشکل مواجه می سازد. در ایران وضعیت موجود سیستم نرخ گذاری آب در درجه اول تحت تأثیر ملاحظات سیاسی- اجتماعی می‌باشد و به تبع آن عملکردهای مالی و اقتصادی از درجه اهمیت کمتری برخوردار است.

آب بدون درآمـد و روش‌های کاهش آن را میتـوان به دو بخش فیزیکی و غیرفیزیکی تقسیم کـــرد .فعالیت‌های فیزیکی بیشتر بر جنبه های مهندسی و سخت افزاری پروژه های انتقال آب و آبرسانی متمرکز می‌باشد؛ در حـــالی که فعالیت های غیرفیزیکی بیشتر بـــه جنبه های نظارتی و فرهنگی تکیه دارند.

به‌منظور مدیریت مناسب نشت، شناخت پارامترهای مؤثر بر آن ضروری است. سطوح مختلف نشت در یک سامانه را می‌توان به سه بخش اصلی تلفات‌واقعی سالیانه اجتناب‌ناپذیر، سطح اقتصادی تلفات واقعی و تلفات واقعی سالیانه موجود تقسیم‌بندی کرد. با شناسایی عوامل کلیدی تأثیرگذار بر نشت می‌توان آثار احتمالی فعالیت‌های مختلف بر روی کاهش آن را پیش‌بینی کرد. همانطور که در شکل (۳-۶) مشاهده‌می‌شود، بر اساس تحقیقات صورت گرفته، چهار عامل زیر از جمله مهمترین عواملی هستند که بیشترین اثر را روی نشت در شبکه دارا هستند : سرعت و کیفیت تعمیرات؛ کنترل فعال نشت؛ مدیریت، بهره‌برداری و نگهداری، نوسازی و بازسازی لوله‌ها و تأسیسات شبکه و مدیریت فشار.



شکل ۳-۶- عوامل اثرگذار بر نشت[۱۳].

برای کنترل مؤثر نشت، توجه به هر چهار عامل فوق مهم است. برای مثال می‌توان سرعت و کیفیت تعمیر را به وسیله استفاده از روش‌های مؤثر تعمیر و گروه‌های مجرب افزایش داد و از طریق کاهش مدت زمان تعمیر شکستگی‌ها باعث کاهش نشت شد. همچنین می‌توان با مدیریت، نگهداری صحیح، بازسازی و نوسازی لوله‌ها و تأسیسات، اقدام به کاهش نشت‌زمینه در طول سال کرد. با انجام‌دادن کنترل نشت‌فعال و تشخیص شکستگی‌های گزارش نشده در مدت زمان کمتر نیز می‌توان اقدام به کاهش نشت کرد. در نهایت با مدیریت فشار می‌توان‌به‌صورت مؤثری باعث کاهش نشت‌سالیانه شد. لازم به‌ذکر است که مدیریت‌فشار علاوه‌بر کاهش‌نشت، نشت‌سالیانه اجتناب‌ناپذیر را که وابسته به فشار است نیز کاهش می‌دهد (مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، ۱۳۷۳) در یک نگاه کلی روش‌های نشتیابی را می‌توان به دودسته تقسیم‌بندی نمود:

روش‌های نقطه‌ای: در این روش‌ها شبکه شهری را قسمت به قسمت پیمایش نموده و با ابزارهای مختلف، نشت در شبکه را جستجو میکنند.

روش‌های سراسری: در این روش‌ها، با نصب ابزارهای اندازه‌گیری مختلف بر روی شبکه و پایش و مدلسازی شبکه، کل شبکه را همزمان مورد تحلیل قرار داده و موقعیتهای احتمالی نشت را تعیین میکنند.

اتلاف آب از سیستم توزیع نشت آب در هر کجای یک سیستم آبرسانی می‌تواند رخ دهد. در این میان شبکه توزیع معمولاً بیشترین سهم را در تلفات آب دارد و سبب خسارت‌های عمده به درآمدهای شرکت آب و فاضلاب می‌شود؛ بطوریکه در شهرهایی که اقدامات پیشگیری ضعیف بوده‌است، اتلاف ۴۰ تا ۵۰ درصدی از آب تولیدی در شبکه توزیع مشاهده شده است؛ حتی در بهترین شرایط تلفاتی در حد ۱۰ تا ۱۵ درصد الزاماً بایستی تحمل شود و برای نگهداری میزان تلفات در حداقتصادی انجام اقدامات پیشگیرانه الزامی است [۱۴].

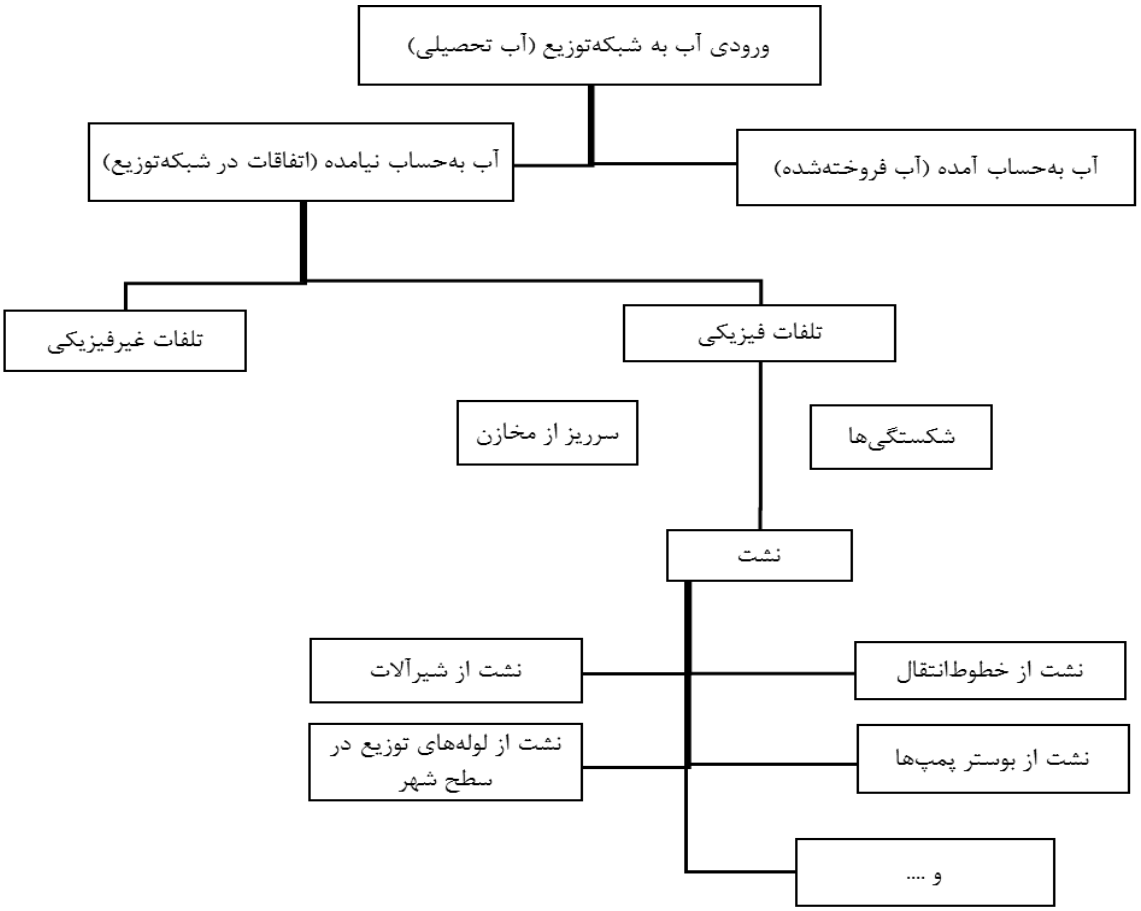
به‌طورکلی براساس مفاهیم مربوط به فعالیت‌های کاهش آب بدون‌درآمد در شبکه‌های آبرسانی، هدر رفت آب را می‌توان به‌صورت اختلاف میان آب تولیدشده و آب‌مصرف‌شده تعریف نمود.

انجمن بین المللی آب (IWA) هدر رفت آب را به‌صورت ذیل تعریف کرده‌است:

هدر رفت آب = هدر رفت ظاهری + هدر رفت واقعی [۱۳].

هدر رفت واقعی: به ان قسمت از آب تولیدی گفته می‌شود که به‌صورت نشت ناشی از شکستگی لوله‌ها و خرابی اتصالات، شیرآلات و پمپها، سرریز و نشت مخازن از شبکه توزیع خارج گردیده و امکان مصرف آن بوسیله مصرف‌کننده سلب شده است و از نظر تولیدکنندگان نیز هزینه آن جبران نمی‌شود.

در هدر رفت ظاهری: آب در حقیقت توسط مصرف‌کننده مورد استفاده قرار میگیرد ولی بدلیل عدم اندازه‌گیری آن و یا خطای ناشی از اندازه‌گیری و ثبت قرائت، مقدار واقعی مصرف مشخص نمی‌باشد



شکل ۳-۷- تقسیم‌بندی آب به‌حساب نیامده در شبکه‌های‌توزیع آب‌شهری[۱۳].

نشت به‌وجودآمده در سیستم و بالاخص لوله‌ها تحت تاثیر یک سری عوامل و شرایط‌محیطی و شیمیایی به وقوع می‌پیوندد که از مهم‌ترین این عوامل می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

الف) حرکت خاک دور لوله: حرکت خاک ممکن است بر اثر لغزش زمین در زمین‌های شیب‌دار ویا بر اثر تکان های ناشی از زمین‌لرزه به‌وجود آید. در اثر حرکت خاک اطراف لوله، نیروی بسیار زیادی بر لوله وارد می‌آید که می‌تواند باعث به‌وجود آمدن ترک و یا به‌وجود آمدن فاصله در اتصالات و یا شکستگی لوله شود.

ب) خوردگی تاسیسات (به ویژه لوله‌ها): خوردگی در محیط خاک و آب برای کلیه ساختارهای فلزی، پدیده‌ای اجتناب ناپذیر است (در مورد لوله‌ها و اتصالات مدفون).این خوردگی در مورد پمپ‌ها و لوله‌ها و شیرآلات و غیره می‌تواند در اثر کاویتاسیون و یا خوردگی شیمیایی به وقوع بپیوندد. لوله‌های آبرسانی (فلزی) از درون توسط آب و از بیرون توسط خاک خورده می‌شوند. در هر دو مورد علت خوردگی در ارتباط با املاح نامناسب موجود در آب و خاک می‌باشد. خوردگی در لوله‌ها با تشکیل پیل‌های گالوانیکی و یا پیل‌های غلظتی صورت می‌گیرد. بگونه‌ای که قسمتی از لوله نقش آند و قسمتی دیگر از لوله یا اتصالات نقش کاتد را بازی می‌کند. بدین ترتیب جریان فلز از سمت آند به کاتد برقرار می‌شود و فلزی که نقش آند را دارد خورده می‌شود.

ج) فشار زیاد سیستم: فشار آب موجود در لوله‌ها همواره باعث ایجاد تنش‌های طولی و محیطی در لوله می‌شود، لوله در حالت عادی این تنش‌ها را به‌راحتی تحمل می‌کند و اگر این فشار از حد تحمل بالاتر رود به لوله آسیب می‌رسد و موجب ترک و یا شکستگی در آن و یا آسیب به شیرآلات و دیگر اجزای شبکه می‌شود.

د) ضربه: قسمت عمده‌ای از شبکه توزیع آب (که همان لوله‌ها باشند) از زیر خیابان‌های شهر عبور می‌کنند و در صورت حفاری مجدد خیابان توسط ارگان‌های مختلف دیگر مانند: ادارات گاز، برق، مخابرات و ... ممکن است بر اثر بی‌احتیاطی به لوله‌ها آسیب برسد.

ه) قدمت اجزای شبکه: اجزای شبکه از هر جنسی که باشند با گذشت زمان فرسوده خواهندشد و آسیب‌پذیری آن‌ها در برابر فشارهای داخلی و خارجی افزایش می‌یابد، بطوریکه با کمترین افزایش فشار در سیستم و یا افزایش بارهای خارجی ممکن است دچار شکستگی شوند.

و) استفاده از مصالح نامناسب برای پوشش و زیرسازی لوله‌ها: هنگام نصب لوله‌ها، اطراف لوله باید به گونه‌ای پر شود که نشیمنگاهی مناسب برای لوله ایجاد گردد و تنش‌های اضافی به لوله وارد نگردد. در صورت استفاده از مصالح نامناسب (مانند مصالح درشت‌دانه و یا مصالحی که نشست آن‌ها زیاد باشد) فشارهای غیریکنواختی به لوله وارد می‌آید که می‌توانند باعث آسیب‌دیدگی لوله گردند.

یکی از راهکارهای مناسب برای جلوگیری از تلفات‌آب در شبکه‌های‌توزیع آب، پایش مستمر رفتارشبکه در مرحله بهره‌برداری است که با مدلسازی شبکه و انجام اندازه‌گیری‌های دوره‌ای ممکن می‌باشد. در شبکه‌های‌توزیع آب‌شهری پارامترهای قابل‌اندازه‌گیری شامل فشار در گره‌ها و دبی جریان در لوله‌ها می‌باشد و پارامترهای قابل-تنظیم شامل ضرایب هیزن‌ویلیامز، ضرایب الگوی مصرف و مقادیر تقاضا در گره‌ها می‌باشد. ضریب هیزن‌ویلیامز لوله‌ها تابع عوامل مختلفی از جمله قطر، جنس و سن‌لوله‌ها می‌باشد که هرکدام از آنها به تنهایی یا درترکیب با همدیگر در تعیین دقیق‌تر ضریب موثر می‌باشد.

با ساخت مدل‌شبکه و محاسبه مقادیر سرعت جریان و افت‌هد در لوله‌ها اطلاعات بسیار خوبی در مورد عملکرد اجزای شبکه بدست می‌آید. [۱۳].

در سامانه‌های توزیع آب حوادث ایجادشده در لوله‌ها از اهمیت بالایی برخورداراست. در شکست لوله‌ها عوامل متعددی همچون سن، قطر، جنس، شرایطاجرا و نصب، شرایط بهره‌برداری و غیره دخیل بوده و بررسی‌ها نشان‌دهنده عدم جامعیت روابط ارائه‌شده در پیش‌بینی نرخ شکست لوله‌ها است [۱۳].

مسئله نشت در سیستم‌های توزیع آب‌شهری هم از لحاظ اقتصادی، اجتماعی و هم از نظر تاثیرات زیست محیطی مهم می‌باشد. بنابراین مقابله با آن امری لازم و اجتناب‌ناپذیر است. هر کشوری دارای شرایط زیست محیطی، اقتصادی، فرهنگی، اجتماعی و غیره خاص خود می‌باشد. کشور ما نیز دارای شرایط خاص خود است که در زیر به چند مورد از آن‌ها اشاره می‌شود:

- محدودیت منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی و نیز نزولات جوی در کشورمان.
- فرسوده بودن سیستم توزیع آب شهری در کشورمان.
- عدم اطمینان از اجرای صحیح پروژه‌ها در برخی موارد.
- شرایط جغرافیایی و آب‌وهوایی خاص.

باتوجه به اینکه گذشت زمان منجر به فرسودگی و کاهش ظرفیت حمل لوله‌های آبرسان می‌شود، لذا برای جلوگیری از شکست‌های متوالی، نوسازی آنها ضروری است. همچنین باتوجه به رابطه عکس بین تلفات آب و قطرلوله، افزایش قطرلوله‌ها می‌تواند باعث کاهش نرخ‌شکست و افزایش مقاومت آنها شود که این امر به نوعی وابسته به حرکت خاک دور لوله‌ها و استفاده از مصالح نامناسب برای پوشش و زیرسازی لوله‌ها نیز است .از آنجاکه لوله‌ها معمولاً دارای ساختار فلزی هستند لذا قرارگیری آنها در معرض املاح موجود در آب و خاک باعث خوردگی و سوراخ شدن آنها می‌گردد .فشار زیاد آب و ضربه از جمله عوامل دیگری هستند که عموماً در نتیجه طراحی نادرست شبکه، از کار افتادن شیرهای فشارشکن و حفاری مجدد خیابان توسط ارگان‌های مختلف دیگر ایجاد می‌شوند. شرایط اقلیمی محل که شاخص‌های آن پارامترهایی نظیر حداقل و حداکثر دمای‌هوا، نوع خاک، بارندگی، یخبندان و غیره است نیز نقش قابل توجهی در شکست لوله‌ها دارند.

وجود فشار اضافی در شبکه‌های آبرسانی باعث افزایش میزان مصرف، نشت و تعداد حوادث می‌شود. از روش‌های مختلف کاهش فشار اضافی در شبکه، مدیریت فشار با استفاده از شیرهای تنظیم فشار بسیار سودمند، کم‌هزینه و تأثیر بسزایی در کنترل میزان فشار اضافی و نشت‌آب در شبکه دارد.

۳-۶- نرم‌افزار مورداستفاده طراحی شبکه آب

هر پژوهشی از برخی ابزارها و لوازم شامل نرم افزار ها و سخت افزارها برای انجام تحقیقات سود میبرد. در این تحقیق برخی نرم افزارهای تجاری رایج مورد استفاده قرار گرفت که این بخش به ارائه مشخصات آنها و همچنین معادلات پایه به کار رفته در هر نرم‌افزار می‌پردازد. نرم‌افزار مورد استفاده در این تحقیق WaterGEMS ویرایش ۸ می‌باشد. لذا در این بخش پس از معرفی و آشنایی مختصر با توانایی‌ها و کاربردهای این نرم‌افزارها به بحث درباره‌ی نحوه‌ی ارتباط و چگونگی ارسال و دریافت اطلاعات بین این نرم‌افزارها پرداخته شده است.

۳-۶-۱- نرم افزار EPANET

برای مدل‌سازی و تحلیل‌هیدرولیکی شبکه‌های‌توزیع آب و خطوط‌انتقال نرم‌افزارهای مختلفی تهیه شده و در عمل مورداستفاده قرارمی‌گیرند. از مهم‌ترین این نرم‌افزارها می‌توان به EPANET، MIKENET ، KYPIPE، WaterCAD، WaterGEMS و ... اشاره کرد. نرم افزارها مشخصات و ویژگی‌های مشترک یا منحصر به‌فردی وجوددارد که مهم‌ترین آنها عبارت است از:

- امکان دریافت اطلاعات ورودی از نرم‌افزارهای دیگر
- تعیین مقدارکلی و خالص جریان‌گذرنده از هر المان
- تعیین و تخصیص تقاضاهای گره‌ها
- ردیابی جریان از هر مخزن به هر گره
- مدل‌سازی جریان آتش‌نشانی و شیرهای آتش‌نشانی
- توانایی داخل کردن مشخصات هندسی یک شبکه لوله از طریق یک فایل متنی ساده
- تغییر برنامه پمپاژ و خالی و پرکردن مخازن
- محاسبه افت اصطکاکی با انواع فرمول‌های هیزن -ویلیامز، دارسی‌وایسباخ و شزی - مانینگ

این برنامه‌ی کامپیوتری محصول سازمان حفاظت محیط‌زیست آمریکا است که رفتار هیدرولیکی و کیفی آب شبکه‌های لوله‌ی تحت‌فشار را در دوره‌های زمانی تنظیم شده، شبیه‌سازی می‌کند .این شبکه دارای کد باز بوده و به راحتی با نرم افزارهای برنامه‌نویسی ارتباط برقرار می‌کند. در بسیاری از تحقیقات که بر روی شبکه‌های توزیع انجام شده است، تحلیل شبکه توسط این نرم‌افزار انجام شده است (اوتسفیلد و توبالتزو، ۲۰۰۸، زچین و همکاران ۲۰۰۳). یک شبکه‌ی توزیع آب در ایپانت شامل لوله، گره(محل تقاطع لوله‌ها)، پمپ، شیر و تانک ذخیره یا مخزن می‌باشد.

ایپانت جریان آب در هر لوله، فشار در هر گره، ارتفاع‌آب در هر تانک، و غلظت یک ماده‌ی داخل شبکه‌ی توزیع در طی یک شبیه‌سازی با چندین دوره‌ی زمانی را ردیابی می‌کند .علاوه بر غلظت مواد، عمرآب و ردیابی منبع نیز می‌تواند شبیه‌سازی شود (تجریشی، ۱۳۸۰)

ایپانت به‌عنوان یک ابزار تحقیق برای بهبود مفهوم جابجایی و سرنوشت مواد تشکیل دهنده‌ی آب آشامیدنی داخل شبکه‌های توزیع، طراحی شده است .مدل‌کیفی ایپانت می‌تواند پدیده‌هایی نظیر واکنش‌های درون‌جریان-حجمی، واکنش‌های در دیواره‌ی لوله و انتقال جرم بین جریان حجمی و دیواره‌ی لوله را مدل نماید.

خصوصیت برجسته‌ی دیگر ایپانت، ارتباط مناسب آن برای مدل‌سازی کیفیت‌آب و هیدرولیک‌شبکه می‌باشد. برنامه می‌تواند به‌طور همزمان یک راه‌حل برای هردو وضعیت محاسبه نماید. همچنین می‌تواند تنها هیدرولیک-شبکه را محاسبه نماید و نتایج را در یک فایل ذخیره نماید، یا از یک فایل هیدرولیکی که قبلاً ذخیره شده، برای اجرای یک شبیه‌سازی کیفی‌آب استفاده نماید.

ایپانت می‌تواند برای انواع مختلف کاربردها در آنالیز سیستم توزیع، استفاده شود. طراحی برنامه‌ی نمونه‌گیری، تنظیم مدل‌هیدرولیکی، آنالیز کلر باقی‌مانده و ارزیابی مقدار ارائه‌شده به مصرف‌کننده، مثال‌هایی از این کاربردها

می‌باشند. علاوه بر این ایپانت می‌تواند در ارزیابی استراتژی‌های مدیریتی گوناگون برای بهبود کیفیت آب داخل یک سیستم توزیع به‌کار گرفته‌شود. این استراتژی‌ها عبارتند از:

- تغییر در بهره‌برداری از منبع‌ها در سیستم‌های توزیع دارای چندین منبع
- تغییر در برنامه‌ی ساعات پمپاژ و پر یا خالی شدن تانک
- استفاده از تصفیه‌کننده‌ی تقویتی، نظیر کلریناسیون مجدد در تانک‌های ذخیره
- تمیز کردن لوله‌هایی که توسط باکتری‌ها هدف قرار گرفته و تعویض آنها

اجزای شبکه درEPANET

ایپانت یک شبکه‌ی توزیع آب را مجموعه‌ای از اتصالات درنظر می‌گیرد که در نقاط انتهایشان که گره‌ها نامیده می‌شوند به یکدیگر وصل می‌شوند. اتصالات شامل لوله‌ها، شیرها و پمپ‌ها می‌باشند. علاوه بر نقطه‌ی اتصال مابین لوله‌های متصل به‌هم، گره‌ها می‌توانند در این حالات نقاط مصرف آب (گره‌های مصرف‌کننده)، نقاط‌ورود آب (گره‌های منبع) و محل تانک‌ها یا مخازن(گره‌های ذخیره)ایجاد شوند. تانک سطح مقطع مشخص و ابعاد محدود دارد .در مخزن تراز سطح آب ثابت است. ایپانت می‌تواند از معادله هیزن‌ویلیامز، معادله دارسی‌وایسباخ و معادله شزی-مانینگ به انتخاب کاربر استفاده کند.

ایپانت می‌تواند علاوه بر شیرهای معمولی نصب‌شده در لوله نظیر شیرهای یک‌طرفه، شیرهایی را که فشار یا جریان را در نقاط خاصی از شبکه کنترل می‌کنند، مدل کند. چنین شیرهایی به‌عنوان اتصالات با طول قابل صرف‌نظر درنظر گرفته می‌شوند که در ابتدا و انتهایشان، گره‌های اتصالی مشخصی دارند. انواع شیرهایی که می‌توانند مدل شوند، عبارتند از: ۱-شیرهای کاهش فشار (PRV) ۲- شیرهای نگهدارنده‌ی فشار (PSV) ۳- شیرهای فشارشکن (PVB) ۴- شیرهای کنترل جریان (FCV) ۵- شیرهای کنترل گلوگاهی (TCV) ۶- شیرهای با اهداف عمومی (GPV).

یکی از ویژگی‌های بارز این نرم‌افزار، وجود کد باز آن است که این امکان را فراهم می‌کند تا ارتباط پویایی بین آن و نرم افزارهای برنامه نویسی برقرارشده و بتوان به‌صورت دلخواه و خودکار، اطلاعات را به مدل وارد نموده و نتایج را در برنامه نوشته‌شده دستی موردتحلیل و ارزیابی قرارداد.

معایب نرم‌افزار:

نرم‌افزار ایپانت قابلیت طراحی(تعیین قطر لوله‌ها) را ندارد و تنها می‌توان با دانش مهندسی و سعی و خطا قطر لوله‌های شبکه توزیع را طوری تعیین‌کرد که محدودیت‌های فشاروسرعت را برآورد نماید.

در شبکه‌های شاخه‌ایBranched Network / Tree این‌کار به‌راحتی امکان‌پذیر بوده، اما در شبکه‌هایی که تعداد حلقه‌ها (LOOP) زیاد باشد، عملاً تعیین قطر لوله‌ها به‌روش سعی وخطا امکان‌پذیر نخواهد بود.

۳-۶-۲-نرم افزار WaterCAD

واترکد ازجمله پرطرفدارترین محصولات شرکت قدرتمند Bentley می‌باشد که برای تحلیل شبکه‌های توزیع آب استفاده می‌شود. این نرم افزار کاربردهای فراوانی در شهرداری‌ها و طراحی‌های شبکه آب و فاضلاب دارد.

۳-۶-۳- نرم افزار واترجیمز (WaterGems)

بعد از برنامه های Loop، EPANET، WaterCAD پیشرفته ترین و قدرتمند ترین نرم افزار طراحی شبکه‌های آبرسانی در قالب برنامه Water Gems ارائه شده است. این برنامه در واقع همان نسخه ارتقا یافته نرم‌افزار WaterCAD می‌باشد که توسط شرکت‌های Haestade و Bently طراحی شده است. به‌طورکلی در نرم‌افزارهای قدیمی، طراح بایستی برای ورودی اطلاعات اولیه خود یک سری محاسبات دستی و مقدماتی را روی نقشه‌های مربوط به منطقه موردنظر اعمال نماید و درنهایت با برداشت اطلاعات جغرافیایی لازم از روی نقشه‌های آنالوگ، آن را به یک برنامه پردازشگر مربوط به شبکه آب‌رسانی ارجاع دهد. این مراحل مقدماتی نه‌تنها بسیار وقت‌گیر و خسته‌کننده بوده، بلکه باعث بروز خطاهای محاسباتی و انسانی بی‌شماری می‌گردد که صحت نتایج گرفته‌شده از برنامه‌های ذکرشده را با تردید مواجه می‌سازد. لذا برای برداشته شدن و حذف محاسبات مربوط به برداشت جغرافیایی نرم‌افزار WaterGEMS طراحی و ارائه گردید.

این نرم‌افزار علاوه بر طراحی و شبیه‌سازی شبکه‌های آب‌رسانی، قابلیت بهینه کردن قطر و زبری لوله‌های شبکه و همچنین به حداقل رساندن هزینه‌ها را نیز دارا است. نرم‌افزار مذکور تحلیل شبکه را با استفاده از الگوریتم گرادیان انجام می‌دهد که نسبت به روش‌های قدیمی مانند نیوتن-رافسون نتایج بهتری را ارائه می‌دهد. اساس و پایه این نرم‌افزار در بهینه یابی نیز نظریه داروین و توابع تجربی مربوط به الگوریتم ژنتیک می‌باشد.

این نرم‌افزار با قابلیت پشتیبانی با نرم‌افزار اطلاعات جغرافیایی (ArcGIS) توانایی انجام و انتقال نتایج حاصل از محاسبات جغرافیایی را دارا می‌باشد. تمام کارایی برنامه WaterCad در برنامه WaterGEMS موجود بوده و قابلیت‌های دیگری همچون پشتیبانی نرم‌افزار HAMMER را داراست که یکی از برنامه‌های قدرتمند در امر تحلیل و محاسبه ضربه قوچ است.

WaterGEMS علاوه بر مدل‌سازی‌های هیدرولیکی، قابلیت مدل‌سازی کیفی و انجام تحلیل‌های مربوط به آن را دارا می‌باشد. ازجمله قابلیت‌های کیفی آن می‌توان به محاسبه سن آب (Water age) ردیابی غلظت کلر در طول یک مسیر اشاره کرد. همچنین می‌توان شبکه را به‌صورت پایا (حالت ثابت) و یا حالت پویا (دوره زمانی گسترش‌یافته) شبیه‌سازی نمود. شـرکت Haestad با عقد یک قرارداد سه‌جانبه بـا شرکت‌های Microsoft و ESRI و Autodesk، سه نرم‌افزار Microsoft Excel و ArcGIS وAutoCAD را به خدمت گرفته و با import کردن ابزارآلات و منوهای WaterGEM روی رابط گرافیکی این محصولات، باعث گسترده شدن کارایی WaterGEMS شده است.

قابلیت مدل‌سازی نرم‌افزارWaterGems

قابلیت‌های مدلسازی واترجیمز، ساختن مدل سیستم توزیع آب و بهینه‌یابی آن به‌صورت کاربردی را ممکن می‌سازد. این قابلیت‌ها عبارتند از:

- پیکره‌بندی شبکه توزیع آبرسانی
- سایر پارامترهای هیدرولیکی شبیه‌سازی حالت آتش‌نشانی
- محاسبه سرعت

- محاسبه افت هدفشار جریان بااستفاده از رابطه هیزن‌ویلیامز، دارسی ویسباخ و مانینگ
- شبیه‌سازی کیفیت آب
- محاسبه منحنی‌های هد سیستم
- مدل‌سازی حرکت مواد آلاینده پخش‌شونده و تحلیل غلظت زمانی و مکانی آنها(مانند کلرینا)
- محاسبات هزینه انرژی
- مکان‌یابی نشت با استفاده از واسنجی شبکه و تنظیم مقادیر ضریب نشت روزنه در گره‌ها
- تعیین سن آب در هر نقطه از شبکه
- مباحث پیشرفته‌تری مانند طراحی و بهینه‌سازی شبکه توزیع آب با استفاده از الگوریتم ژنتیک
- محاسبه هزینه‌های انرژی و سرمایه‌گذاری
- قابلیت‌های تحلیل هیدرولیکی در حالت دائمی و دوره‌ای گسترش‌یافته
- محاسبه فشار
- یافتن محل نشت آب در شبکه‌های‌توزیع آب‌شهری و ...

مراحل مدل‌سازی شبکه

۱. تعریف پروژه
۲. تعریف سیستم (متریک SI)
۳. تعریف اجزاء شبکه (لوله،گره‌ها و ...)
۴. تعریف ویژگی‌های هر قسمت (تراز، زبری لوله و قطر لوله و...)
۵. چک کردن حداقل و حداکثر فشار جهت تعیین جای منبع تغذیه (قبل از ورود اطلاعات دبی)
۶. تعریف الگوی مصرف
۷. ورود اطلاعات دبی مصرفی هر گره
۸. چک کردن حداقل و حداکثر سرعت (در صورت غیر مجاز بودن سرعت قطر لوله‌ها تغییر می‌کند.)
۹. آنالیز حساسیت
۱۰. سناریوسازی
۱۱. چاپ نتایج

جهت تهیه مدل عددی نیاز به اطلاعات پایه از جمله میزان جمعیت، سرانه مصرف، نوع آب‌و هوای منطقه داریم. این اطلاعات را می‌توان از مراکز هواشناسی، مرکز آمار ایران، معاونت برنامه‌ریزی، معاونت بهره‌برداری، معاونت درآمدو مشترکین آبفای هر منطقه دریافت نمود.

به‌منظور بررسی توپوگرافی دانشگاه و همچنین روند رشد و جهات توسعه، نیاز به فایل کامپیوتری نقشه پایه شهرسازیمحوطه دانشگاه می‌باشد.

در این مرحله می‌بایست اقدام به جمع‌آوری اطلاعات مربوط به نقشه شبکه توزیع، مخازن، ایستگاه‌های‌پمپاژ و شیرآلات نمود که این نقشه ها از معاونت فنی دانشگاه تبریز تهیه شده است. همچنین عمر لوله با توجه به اطلاعات و مستندات موجود در شرکت آب و فاضلاب تعیین شده است.

تجزیه و تحلیل هیدرولیکی اطلاعات (مقدار آب ذخیره، سرعت، فشار و نشت) توسط مدل هیدرولیکی WaterGems انجام می‌گردد.

۳-۷- وسایل اندازه‌گیری آب

در شبکه های تحت فشار و انشعابات آن برای اندازه‌گیری حجم آب در جریان، از ابزار و لوازم مختلفی که مکانیسم، روش اندازه‌گیری تکنولوژی ساخت و دقت کار آنها با هم متفاوت است، تحت نام کلی بده‌سنج استفاده می‌شود که کنتور یکی از آنهاست.

این روش‌ها شامل اندازه‌گیری مستقیم براساس حجم آب، سرعت جریان و وزن آب است که مقدار حجم آب در دو مورد اخیر با تقریب قابل قبولی برآورد می‌شود. درساخت این بده‌سنج‌ها برای اندازه‌گیری و دقت مورد انتظار از اصول فیزیکی شامل مکانیکی، حرارتی، امواج صوتی و مغناطیسی با توجه به تاثیر هریک بر حجم، سرعت و یا وزن آب درجریان استفاده می‌شود. ارزان‌ترین و متداول ترین نوع این وسایل برای اندازه‌گیری حجم آب مصرفی در شبکه‌های توزیع آب شرب تحت فشار، کنتورهای مکانیکی است و معمولا برای انشعابات خانگی، اداری و عمومی بیشتر از این نوع استفاده می‌کنند.

۳-۷-۱- انواع کنتور آب

کنتور آب برای اندازه‌گیری میزان سیال در حال جریان از یک مسیر بسته (مانند خط لوله) با سطح مقطع مشخص، می‌توان از وسایل و تجهیزات گوناگون استفاده کرد. در برخی از کنتور آب حجم سیال در جریان به طور مستقیم خوانده می‌شود.و در برخی دیگر پس از اندازه‌گیری دبی سرعت و یا وزن سیال حجم آن با تقریب خوبی تخمین زده می‌شود. طبق تعریف استاندار کنتور آب وسیله ای است که برای اندازه‌گیری مداوم، حفظ و نشان دادن حجم آب عبوری از یک مسیر به کار می‌رود.با توجه به این تعریف می‌توان قسمت های تشکیل دهنده کنتور را به سه بخش اصلی تقسیم کرد:

- بخش اندازه گیرنده
- بخش شمارنده
- بخش نمایش دهنده

بخش اندازه گیرنده کنتور قسمتی است که وظیفه تبدیل حجم، دبی،سرعت یا وزن آب عبوری به علائم یا سیگنال های قابل شمارش را بر عهده دارد. این سیگنال ها از طریق مکانیکی یا الکترونیکی به قسمت شمارنده منتقل و پس از شمارش و پردازش، نتایج حاصل از قسمت نمایش دهنده قرائت می‌گردد. جریان آب عبوری از کنتور توسط مکانیزم اندازه‌گیری به علائم یا سیگنال های قابل شمارش تبدیل می‌گردد. این علائم به روش‌های مکانیکی یا مغناطیسی در اختیار مکانیزم تبدیل قرار گرفته و پس از پردازش توسط مکانیزم شمارنده قابل رویت خواهند بود.

هر یک از بخش‌های فوق می‌تواند در یک محفظه مجزا و یا اینکه هر سه آنها در محفظه‌ای مشترک جاسازی شوند. کنتورهای آب را می‌توان با توجه به ساختار مکانیزم و روش اندازه‌گیری، ظرفیت آب عبوری، دقت اندازه‌گیری، شرایط کاری، رده درستی، نوع مکانیزم، دمای کاری و ... دسته بندی نمود.

۳-۷-۲- تقسیم بندی کنتورها بر اساس سایز یا اندازه

به طور کلی می‌توان کنتورها را بر اساس سایز یا اندازه آن ها به دو گروه زیر تقسیم بندی نمود.

- کنتورهای سایز پایین (خانگی)
- کنتورهای سایز بالا (حجیم)

معمولا کنتورهای با سایز کمتر از ۵۰ میلی متر (۲اینچ) را سایز پایین یا خانگی و کنتورهای با سایز ۵۰ میلی متر و بیشتر را حجمی می نامند.

۳-۷-۳- تقسیم بندی کنتورهای آب بر اساس تماس قطعات با آب

کنتورها بر اساس چگونگی تماس قطعات با آب می‌توان به سه گروه زیر تقسیم بندی نمود:

- کنتورهای تر
- کنتورهای نیمه تر یا نیمه خشک
- کنتورهای نوع خشک

عمده کنتورهای مصرفی در بخش خانگی در حال حاضر، از خانواده کنتورهای مکانیکی و از انواع Multi Jet خشک و Multi Jet نیمه خشک می‌باشد.

یک از متداولترین انواع کنتور برای اندازه‌گیری مستقیم حجم آب مصرفی و محصول عمده شرکتهای بزرگ کنتورساز دنیا کنتورهای مکانیکی می‌باشد.

در این کنتورها از یک جز تشخیص دهنده جریان نظیر پروانه یا پیستون متحرک استفاده می‌گردد که میزان حرکت و جابجایی آن متناسب و متاثر از حرکت سیال بوده و با انتقال حرکت از این قطعه و از طریق محور مرکزی به شمارنده میزان حجم آب عبوری اندازه‌گیری وثبت می‌شود.

انتقال حرکت پروانه و یا پیستون به شمارنده هم بصورت چرخ دنده‌ای (نوع گیربکسی) و هم بصورت تلفیقی از درگیری دو آهن‌ربای دائمی و تعدادی چرخ دنده (نوع مغناطیسی) امکان‌پذیر است.

در کنتورهای نوع گیربکسی چنانچه کلیه قطعات داخلی با آب در تماس باشند نوع تر و اگر به جز بخش شمارنده بقیه قطعات با آب در تماس بوده نیمه خشک و اگر فقط پروانه با آب در تماس باشد (مانند کنتورهای مغناطیسی) نوع خشک نامگذاری می‌شوند.

شکل ۳-۸- کنتور آب خانگی مولتی جت توربینی خشک

مزیت کنتورهای مغناطیسی نسبت به کنتورهای گیربکسی کاهش میزان تماس قطعات داخلی با آب و عدم رسوب املاح موجود در آن و در نتیجه جلوگیری از خرابی کنتور در اثر گیرکردن قطعات داخلی می‌باشد. اما مواردی نظیر تاثیر میادین مغناطیسی خارجی روی عملکرد کنتور بروز پدیده قطع اتصال در آهن رباهای دائمی و یا جذب براده‌های فلزی احتمالی موجود در آب از معایب این نوع کنتورهاست. بسیاری از شرکتهای معتبر کنتورسازی با طراحی اصولی و تعبیه حلقه مغناطیس و استفاده از آهن‌رباهای دایمی مناسب و دقیق اشکالات مذکور را در محصولات تولیدی خود مرتفع نموده‌اند .

در کنتورهای سرعتی، جزء تشخیص‌دهنده جریان، توربین یا پروانه است که در مسیر آب قرار گرفته و توسط نیروی ناشی از حرکت آب بطور آزادانه دوران می‌کند و به واسطه حرکت پروانه، حجم آب عبوری از کنتور اندازه‌گیری می‌شود. طراحی پروانه و محفظه مربوطه به گونه‌ای است که بین چرخش پروانه و سرعت جریان سیال تناسب مستقیم برقرار می‌گردد. دراین کنتورها چنانچه محور توربین در امتداد مسیر جریان سیال قرار گیرد کنتور را توربین افقی و اگر محور مذکور بر مسیر محور جریان عمود باشد کنتور را توربین عمودی می‌نامند. کنتورهای توربین افقی معمولا در سایزهای بالا (حجیم) و نوع توربین عمودی در سایزهای پایین (کنتورهای خانگی) بکار گرفته می‌شود.

در صورتی که آب از چند روزنه به پروانه برخورد کند، کنتور چند افشانه و اگر از یک جهت به پروانه برخورد نماید تک افشانه نامیده می‌شود .کنتورهای تک افشانه نسبت به کنتورهای چند افشانه در سرعت‌های کمتر آب

شروع بکار می‌کنند در صورتیکه کنتورهای چند افشانه مقاومت بیشتری نسبت به ضربات دینامیکی از خود نشان می‌دهند.

کنتورهای مکانیکی نوع حجمی که کنتورهای جابجایی مثبت نیز نامیده می‌شوند، قادرند تا حجم سیال را بطور مستقیم اندازه‌گیری نمایند. در این کنتورها جزء تشخیص‌دهنده جریان، یک قطعه پیستونی یا دیسک مانند است که بطور متوالی و متناسب با حجم سیال دوران نموده و در نتیجه حجم آب عبوری درهر دوران توسط پیستون یا دیسک اندازه‌گیری می‌شود.

مهمترین مزیت این کنتورها، دقت کاری آنها می‌باشد که به دلیل میزان تماس جزء تشخیص دهنده با جداره داخلی محفظه استقرار آن حاصل می‌گردد. بطوری که علاوه بر سهولت جابجایی جزء تشخیص دهنده در داخل محفظه، کمترین مقدار سیال قادر است از شکاف بین آن عبور نماید. این کنتورها نسبت به کنتورهای نوع سرعتی از دقت بیشتری برخوردارند، اما نسبت به املاح موجود در آب حساس‌تر بوده و احتمال گیر نمودن مکانیزم داخلی آنها بر اثر املاح موجود درآب بیشتر است. به همین جهت استفاده از کنتورهای حجمی بیشتر برای آبهای تمیز و با سختی کم پیشنهاد می‌شود.

۳-۷-۴- دسته بندی کنتورهای توربینی:

با توجه به نحوه انتقال جریان از مکانیزم اندازه‌گیری (پروانه) به قسمت شمارنده و وضعیت تماس اجزا مکانیزم با سیال آب عبوری از درون کنتور، کنتورهای مکانیکی توربینی به صورت ذیل دسته بندی می‌شوند:

- کنتور تر (Wet): کلیه اجزای کنتور درون آب قرار دارند.
- کنتور نیمه خشک (Semi Dry): کلیه اجزای کنتور به استثنای بخش شمارنده، درون آب قرار دارند.
- کنتور خشک (Dry): فقط پروانه درون آب قرار دارد.

۳-۷-۴-۱- کنتور Multi Jet خشک:

انتقال حرکت پروانه به مجموعه مبدل و شمارنده در کنتورهای خشک از طریق دو عدد آهنربا و توسط جریان مغناطیسی صورت می‌گیرد. اجزای تشکیل دهنده این مکانیزم در شکل ارائه گردیده است.

۳-۷-۴-۲- کنتور Multi Jet نیمه خشک:

در کنتورهای نیمه خشک انتقال حرکت پروانه به مجموعه مبدل و شمارنده توسط مجموعه ای از چرخ دنده‌ها و بصورت کاملاً مکانیکی صورت می‌گیرد. اجزای تشکیل دهنده این مکانیزم در شکل ارائه گردیده است.

۳-۷-۴-۳- مزایا و معایب کنتورهای خشک و نیمه خشک:

کنتورهای خشک با توجه به عدم تماس فیزیکی آب با اجزای عملکردی شمارنده و مبدل حساسیت کمتری نسبت به ویژگی‌های آب (نظیر سختی و املاح) دارند و به همین دلیل از عمر و کارایی بیشتری نسبت به کنتورهای نیمه خشک برخوردارند اما از آنجاییکه انتقال حرکت توربین به مکانیزم تبدیل در این کنتورها توسط میدان مغناطیسی صورت می‌گیرد، لذا در برابر جریان های مغناطیسی اندکی آسیب پذیر می‌باشند و در مواردی نیز ممکن است انتقال حرکت توربین بصورت کامل به مکانیزم مبدل صورت نگیرد و اصطلاحاً دچار Dis Coupling

گردد که البته این عیوب در مکانیزم های جدید با توجه به استفاده از حلقه ضد مغناطیس و نیز افزایش کیفیت اجزاء مصرفی بسیار کاهش یافته است.

همچنین با توجه به عدم ورود آب به محفظه سیستم شمارنده کنتور و نمایشگر، آسیب پذیری مکانیزم کنتور خشک در برابر یخ زدگی نسبت به کنتور نیمه خشک کمتر می‌باشد.

علاوه بر این در مکانیزم های کنتور خشک نسبت به نوع نیمه خشک، به دلیل عدم ورود آب در قسمت های بالایی مکانیزم، بخارگرفتگی در قسمت نمایشگر در صورت مونتاژ مناسب اتفاق نخواهد افتاد.

۳-۸- انتخاب کنتور آب و استاندارد آن

انواع مختلفی کنتور وجود دارد که انتخاب آن ها بر اساس روش‌های اندازه‌گیری جریان، نوع مصرف کننده و دقت لازم می‌باشد.

- دبی حداکثر Qmax

بیشترین دبی است که کنتور می‌تواند در یک فاصله زمانی کوتاه بدون خرابی و بدون افزایش در خطای مجاز ۲±٪ و افت فشار شبکه کار کند.

- دبی شروع Qst

کنتورهای سرعتی به میزان اصطکاک قطعات متحرک کنتور در کنتورهای حجمی به شکاف فرار آب از بین جز تشخیص دهنده و محفظه کاری بستگی دارد.

- دبی حداقل Qmin

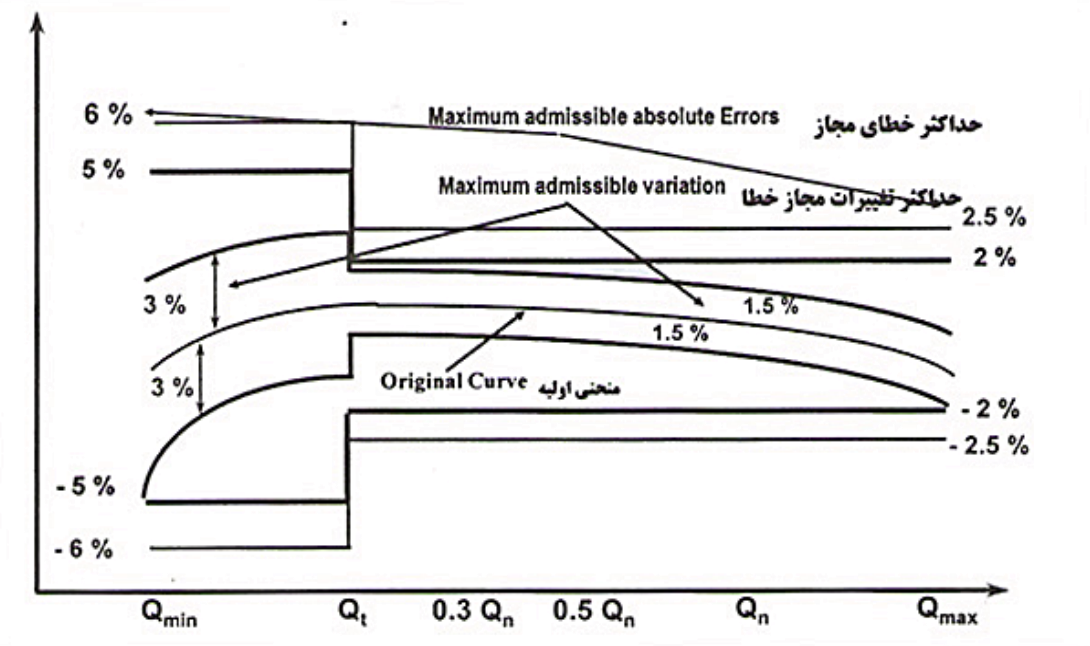
حداقل جریانی است که در آن منحنی عملکرد کنتور وارد محدوده مجاز ۵±٪ می‌شود.

- دبی انتقال Qt

مقدار دبی است که در آن خطای عملکرد کنتور از محدوده مجاز ۵±٪ به محدود مجاز ۲±٪ وارد می‌شود.

- دبی اسمی Qn

مقدار دبی است که کنتور در شرایط عمومی یا به عبارت دیگر در شرایط کاری پیوسته و متناوب بدون تجاوز از خطای مجاز ۲±٪ کار می کند و معمولا برابر نصف دبی حداکثر است.



شکل۳-۹- نمودار تقسیم بندی کنتورها و میزان خطا

۳-۹- تقسیم بندی کنتورهای آب بر اساس دقت عملکرد و کلاس کاری

- کنتور کلاس A (دقت کم)

این کنتورها دارای دقت کم در اندازه‌گیری جریان هیدرولیکی می‌باشند و دامنه کارکردشان ۶۰ تا ۱۵۰ لیتر بر ساعت می‌باشد. این بدان معنی است که کنتور مذکور در صورت گذر دهی حداقل ۶۰ لیتر و حداکثر ۱۵۰ لیتر آب در یک ساعت، با یک خطای مورد قبول نتیجه قرائت صحیح را نشان می دهند.

- کنتور کلاس B (دقت متوسط)

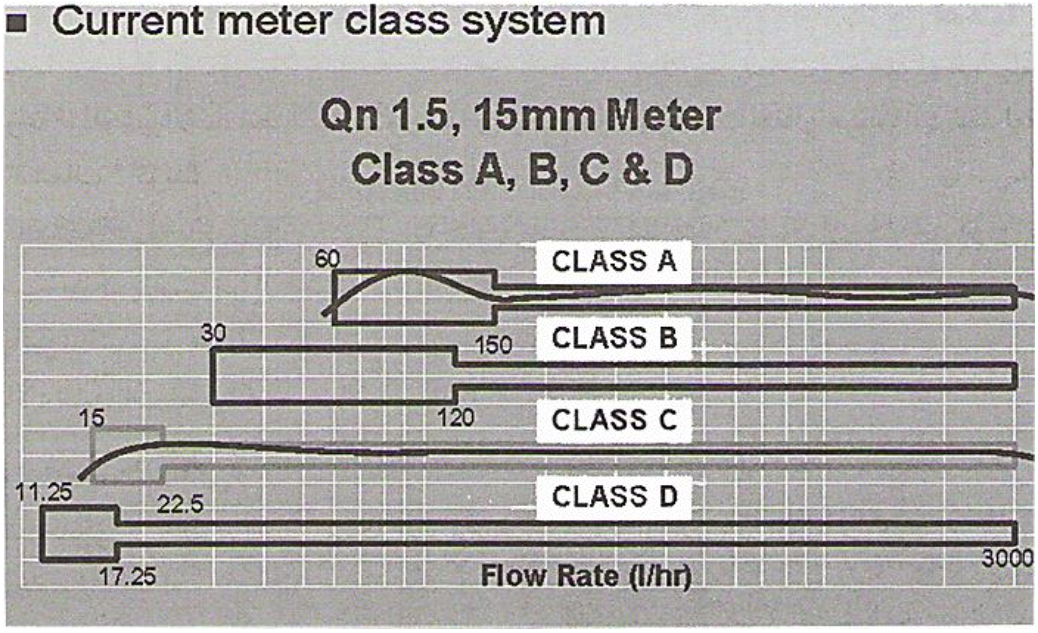
این کنتورها دارای دقت متوسط در اندازه‌گیری جریان هیدرولیکی می‌باشند و دامنه کارکردشان ۳۰ تا ۱۲۰ لیتر بر ساعت می‌باشد.

- کنتور کلاس C (دقت خوب)

این کنتورها دارای دقت خوبی در اندازه‌گیری جریان هیدرولیکی می‌باشند و دامنه کارکردشان ۱۵ تا ۲۲,۵ لیتر بر ساعت می‌باشد. عمده کنتورهای خانگی از این نوع می‌باشد.

- کنتور کلاس D (دقت بسیارخوب)

این نوع کنتورها دارای دقت بسیار خوبی در اندازه‌گیری جریان هیدرولیکی بوده و دامنه کارکردشان ۱۱,۲۵ تا ۱۷,۲۵ لیتر بر ساعت می‌باشد.



شکل ۳-۱۰- نمودار تقسیم بندی کنتورهای آب بر اساس دقت عملکرد و کلاس کاری

جدول ۳-۶-کلاس بندی کنتورهای آب سرد طبق استاندارد ISO 4064 بر اساس Qmin و Qt

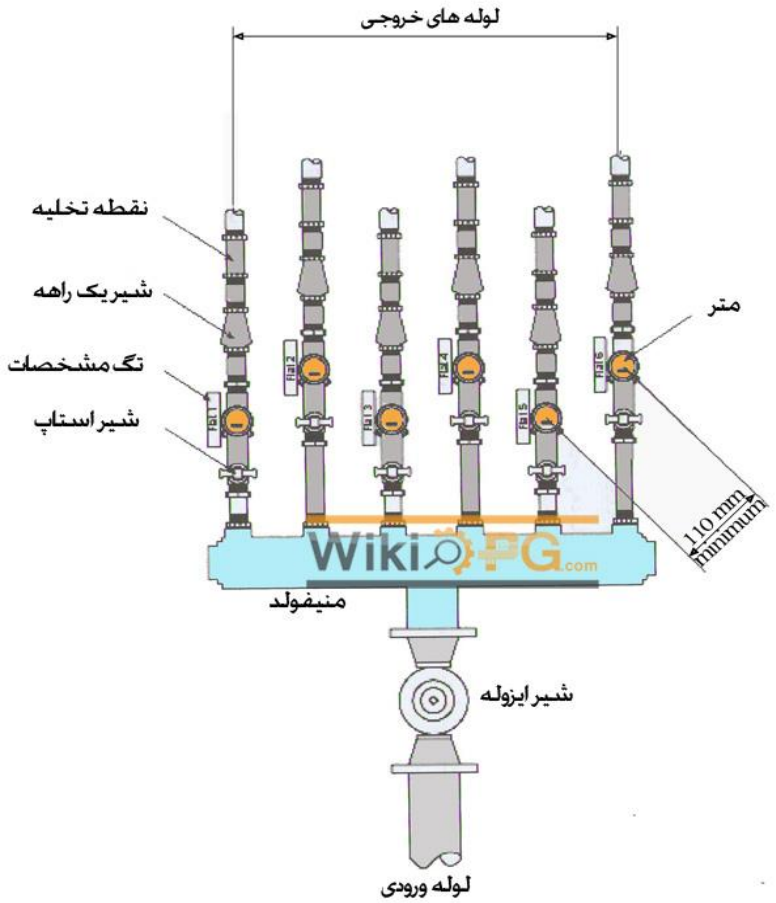
کلاس کنتور	دبی	Qn<15m3/h	Qn>15m3/h
کلاس A	Qmin	0.04 Qn	0.08 Qn
	Qt	0.1 Qn	0.3 Qn
کلاس B	Qmin	0.02 Qn	0.03 Qn
	Qt	0.08 Qn	0.2 Qn
کلاس C	Qmin	0.01 Qn	0.006 Qn
	Qt	0.015 Qn	0.015 Qn
کلاس D	Qmin	0. 0075 Qn	
	Qt	0.0115 Qn	

جدول ۳-۷- کلاس بندی کنتورهای آب گرم طبق استاندارد ISO 4064 بر اساس Qmin و Qt

کلاس کنتور	دبی	Qn<15m3/h	Qn>15m3/h
کلاس A	Qmin	0.04 Qn	0.08 Qn
	Qt	0.1 Qn	0.2 Qn
کلاس B	Qmin	0.02 Qn	0.04 Qn
	Qt	0.08 Qn	0.15 Qn
کلاس C	Qmin	0.01 Qn	0.02 Qn
	Qt	0.06 Qn	0.01 Qn
کلاس D	Qmin	0. 01 Qn	
	Qt	0.015 Qn	

۳-۱۰- حریم مجاز کنتورهای آب و فواصل آن ها از یکدیگر

در صورتی که چند تا کنتور به طور موازی با هم نصب شده باشند جهت جلوگیری از اثرات نامناسب به لحاظ امواج مغناطیسی بر یکدیگر کنتورها را مطابق شکل زیر می بندند.



شکل ۳-۱۱- نصب موازی کنتورها و آرایش آنها

۳-۱۱- نصب بهره برداری و نگهداری کنتورهای مکانیکی

کنتور آب یکی از وسایل ابزار دقیق است که توجه به نصب و نگهداری صحیح آن موجب بهره گیری طولانی مدت و کارکرد بهینه آن خواهد شد.در این رابطه توجه به نکات زیر ضروری است:

کنتورهای مکانیکی، برخلاف ظاهری به دلیل داشتن چرخ دنده هایی که همواره میزان درگیری بین آنهاباید در حد تعریف شده ای باشند، نسبت به ضربات حساس هستند و به همین دلیل شرکت های معتبر تولیدکننده کنتور بر روی بسته بندی این محصولات علائم شکستنی را حک می کنند.

محل نصب کنتور باید به گونه ای باشد که از وارد آمدن هرگونه ضربه احتمالی مصون باشد.اکثر خرابی کنتورهای برگشتی از شبکه ناشی از نصب نادرست آنها است. آثار مصالح ساختمانی به جا مانده بر روی برخی از کنتورها بیانگر بهره برداری نادرست و عدم توجه به حساسیت این وسیله است.

دلیل عمده خرابی کنتورهای نو ناشی از ورود ذرات خارجی(نظیر گل ولای، ذرات به جامانده از محل برش لوله و غیره) به داخل کنتور است.لذا تمیز کردن لوله قبل از نصب کنتور به وسیله آب آزاد می‌تواند از بروز این نوع خرابی ها جلوگیری کند.

موقعیت کنتور در خط لوله بایستی به گونه ای باشد که از ورود هوا به داخل آن اجتناب شود. در صورتی که جلوگیری از ورود هوا به داخل کنتور امکانپذیر نباشد، نصب شیر اتوماتیک تخلیه هوا قبل از کنتور می‌تواند راهگشا باشد، بعد از نصب کنتورهای نو، هواگیری و پر کردن خط لوله و کنتور می باید با جریان آرام آب(باز کردن آهسته) صورت پذیرد. باز نمودن ناگهانی شیر آب موجب ضربه دیدن مکانیزم داخلی کنتور می‌شود.

با توجه به مشخصات آب و شبکه مورد نظر(اعم از حداقل دبی عبوری، حداکثر فشار کاری، سختی آب، ذرات معلق و ماکزیمم درجه حرارت آب) بخش عمده ای از مشکلات کنتور مربوط به نحوه نصب، نگهداری و بهره برداری از کنتور است.در این ارتباط توجه به موارد ذیل ضروری است.

قبل از نصب کنتور باید از سالم بودن پمپ، وجود فیلتر و عدم ذرات خارجی در محل اتصال اطمینان حاصل نمود.توصیه می‌شود قبل از نصب، مقداری آب با فشار زیاد از لوله عبور داده شود.

محل نصب باید به شکلی انتخاب گردد که اولا کنتور را از یخ زدگی مصون دارد، ثانیا در حد امکان از خالی شدن کنتور از آب جلوگیری نماید.، ثالثا تا حد ممکن مانع از فشار ضربه قوچ شود.

کنتورهای سرعتی باید به صورت افقی نصب گردد، به طوری که صفحه شمارنده رو به بالا باشد.هرگونه انحراف کنتور از حالت افقی باعث کاهش دقت کاری این وسیله می‌شود.(نصب کنتورهای حجمی از این قاعده مستثنی است)

به منظور جلوگیری از برگشت آب خروجی بخصوص ورود آب گرم به داخل کنتور، نصب شیر یکطرفه بعد از کنتور ضروری است.

از پرتاب نمودن و ضربه زدن به کنتور اجتناب شده و در هنگام نصب به هم جهت بودن فلش حک شده روی کنتور و جهت جریان آب توجه گردد.

پس از نصب کنتور و به منظور تخلیه کامل هوای داخل آن باید آب را به تدریج از کنتور عبور داد.

در صورت رعایت نکات توصیه شده متوسط عمر مفید کنتور حدود پنج سال است. به همین دلیل لازم است پس از گذشت زمان مربوطه کنتور مورد تعویض قرار گیرد.

برای اندازه‌گیری میزان سیال در حال جریان از یک مسیر بسته (مانند خط لوله) یا مسیر باز (مانند کانال) با سطح مقطع مشخص می‌توان از وسایل و تجهیزات گوناگونی استفاده نمود. در برخی از این وسایل حجم سیال در حال جریان بطور مستقیم خوانده می‌شود و در برخی دیگر پس از اندازه‌گیری دبی، سرعت و یا وزن سیال حجم آن با تقریب خوبی تخمین زده می‌شود.

امروزه با توجه به کمبود آب شیرین، ضرورت ارزش گذاری و مدیریت مصرف آب از اهمیت بسیار بالایی برخوردار گردیده است و سیاستگذاری های کلان دولت ها بر پایه حفظ این سرمایه گران بها استوار گردیده است. در همین راستا و در جهت بستر سازی و ایجاد امکان پایش میزان مصرف، استفاده از تجهیزات با کیفیت و قابل اعتماد جهت اندازه‌گیری مصرف آب در اولویت بسیاری از تصمیم گیران حوزه آب قرار گرفته است.

از جمله مهم ترین این زیرساخت ها و تجهیزاتی که می‌تواند در رسیدن به اهداف بلند مدت تامین و توزیع آب شرب بسیار تاثیر گذار باشد استفاده از کنتورهایی با کیفیت و دارای دقت سنجش قابل قبول می‌باشد، چراکه علاوه بر ایجاد امکان سنجش دقیق مصرف و جلوگیری از هدر رفت بی مورد این سرمایه با ارزش، از طریق ایجاد تناسب میان میزان مصرف و بهای پرداختی مصرف کننده، زمینه ساز صرفه جویی بیشتر در مصارف غیر ضروری خواهد بود.

همچنین در مدت زمانی بسیار کوتاه، هزینه سرمایه گذاری صورت گرفته جهت نصب کنتور با دریافت آب بهای واقعی از مصرف کنندگان قابل بازگشت خواهد بود.

سبکی یا سنگینی آب و املاح موجود در آن، تاثیر منفی بر عملکرد کنتورهای مولتی جت خشک و نیمه خشک ندارد.

در جدول زیر برخی از مشخصه ها و ویژگی‌های تعدادی از کنتورهای رایج نشان داده شده است.

جدول ۳-۸- مشخصه ها و ویژگی‌های کنتورها بر اساس مکانیزم

نوع کنتور	نوع مکانیزم	سایز	حساسیت به کیفیت آب	افت فشار	راستای نصب	تعمیر و نگهداری
کنتور پیستونی	حجمی - جابجایی	۱۵-۴۰	زیاد	زیاد	همه جهات	متوسط
سینگل جت	سرعتی	۱۵-۴۰	متوسط	کم	افقی	کم
مولتی جت	سرعتی	۱۵-۴۰	متوسط	متوسط	افقی	کم
توربینی (ولتمن)	سرعتی	۴۰-۵۰۰	کم	متوسط	همه جهات	کم
مرکب	سرعتی-حجمی	۲۰-۵۰ ۴۰-۱۵۰	متوسط	زیاد	افقی	متوسط
الکترومغناطیسی	میدان مغناطیسی - سرعتی	-	خیلی کم	خیلی کم	همه جهات	متوسط
التراسونیک	امواج صوت - سرعتی		کم	خیلی کم	همه جهات	متوسط

۳-۱۲- خلاصه آیین نامه عملیاتی و شرایط عمومی تعرفه های آب و فاضلاب

طبق آیین نامه عملیاتی و شرایط عمومی اصطلاعات زیر مطرح می‌گردد.

۱- متقاضی:

متقاضی عبارت است از : شخص حقیقی یا حقوقی که برقراری انشعاب یا انشعابات آب و فاضلاب و یا تغییر در قطر انشعاب و ظرفیت قراردادی را درخواست نموده ، لیکن هنوز درخواست وی انجام نشده است.

۲- مشترک:

مشترک عبارت است از : شخص حقیقی یا حقوقی که انشعاب آب یا انشعاب های (آب و یا فاضلاب) مورد تقاضای وی ، طبق مقررات برقرار شده باشد.

۳- شرکت:

شرکت عبارت است از: شرکت آب و فاضلاب شهری و روستایی که به موجب قوانین مربوطه تشکیل شده و یا می‌شود و برای تمام یا بخشی از امور تامین و توزیع آب شرب و همچنین جمع‌آوری ، انتقال و تصفیه فاضلاب در داخل محدوده خدماتی شرکت ، به فعالیت می پردازد و خدمات مورد نیاز آب و فاضلاب را تامین می‌نماید. شرکت هایی که وظایف یاد شده را در مناطق آزاد تجاری و صنعتی به عهده دارند برای فعالیت های این مناطق دارای آئین نامه و تعرفه های خاص خود هستند.

۴- تامین و استحصال آب:

تامین و استحصال آب عبارت است از : کلیه عملیات مربوط به بهره برداری از تاسیسات و تجهیزات مرتبط با استحصال آب از چاه‌ها، چشمه‌ها، قنوات و برداشت آب از منابع سطحی (تلمبه‌خانه‌ها و تاسیسات آبگیری از

رودخانه‌ها و سدها) و همچنین بهر برداری از تصفیه‌خانه‌ها، تاسیسات ضدعفونی و مخازن سرویس و خطوط انتقال تا ابتدای مخازن ذخیره و یا شبکه آبرسانی به منظور تامین آب، که این تاسیسات کلاً متعلق به شرکت و یا شرکت آب منطقه‌ای می‌باشد.

۵- شبکه عمومی توزیع آب:

شبکه عمومی توزیع آب عبارت است از : کلیه تاسیسات و تجهیزات و توزیع آب از قبیل مخازن ذخیره ، خطوط اصلی و فرعی توزیع آب و همچنین تلمبه خانه‌های داخل شبکه که کلاً متعلق به شرکت می‌باشند.

۶- خط آبرسانی اختصاصی:

تاسیسات و خطوط ایجاد شده در فاصله شبکه توزیع عمومی موجود تا ابتدای لوله انشعاب (محل نصب شیر انشعاب) اعم از لوله و سایر ملحقات ، خط آبرسانی اختصاصی نامیده می‌شود.

۷- انشعاب آب:

آن بخش از لوله فرعی آب که مقطع آن متناسب با کنتور و ظرفیت انشعاب آب مشترک در نظر گرفته می‌شود و در نهایت خط آبرسانی اختصاصی و یا شبکه عمومی توزیع آب را (از محل نصب شیر انشعاب) به نقطه تحویل (محل نصب کنتور) متصل می‌نماید، اعم از لوله و متعلقات مربوطه تا شیر فلکه بعد از کنتور، انشعاب نامیده می‌شود و متعلق به شرکت است.

۸- تاسیسات و تجهیزات آب مشترک:

کلیه تاسیسات و تجهیزات آب و همچنین سیم لوله کشی که بعد از نقطه تحویل (محل نصب کنتور) توسط مشترک یا مشترکین ایجاد می‌شود، تاسیسات و تجهیزات مشترک نامیده می‌شود و متعلق به مشترک یا مشترکین می‌باشد.

۹- وسایل اندازه‌گیری :

وسایل اندازه‌گیری و کنترل عبارت است از : کنتور یا کنتورها و سایر ملحقات و کلیه وسایل و دستگاههای مربوطه که به منظور محدود کردن و یا سنجش دبی و حجم آب، طبق قرارداد در نقطه تحویل نصب می‌گردند.این وسائل کلاً متعلق به شرکت و در اختیار آن می‌باشد و محل نصب آنها در تمامی موارد توسط شرکت تعیین می‌گردد.

۱۰- شبکه عمومی جمع‌آوری و انتقال فاضلاب :

شبکه عمومی جمع‌آوری و انتقال فاضلاب عبارت است از : کلیه تاسیسات و تجهیزات مربوط به جمع‌آوری و انتقال فاضلاب نظیر ایجاد شبکه های فرعی عمومی و جمع‌آوری کننده های اصلی تا محل تصفیه خانه و تلمبه خانه‌های داخل شبکه فاضلاب که کلاً متعلق به شرکت می‌باشد.

۱۱- تصفیه و دفع فاضلاب :

تصفیه و دفع فاضلاب عبارت است از: کلیه عملیات مربوط به بهره برداری از تاسیسات و تجهیزات مرتبط با تصفیه و دفع پساب نظیر تصفیه خانه، تلمبه خانه‌هاو انواع تاسیسات و تجهیزات فرآیندهای تصفیه، تاسیسات کلرزنی، کانال و یا خطوط انتقال پساب تا نقطه معین می‌باشند..

۱۲- خط اختصاصی اتصال فاضلاب:

تاسیسات و خطوط ایجاد شده در فاصله شبکه جمع‌آوری عمومی موجود فاضلاب تا محل اتصال لوله انشعاب فاضلاب اعم از لوله و سایر ملحقات، خط اختصاصی اتصال فاضلاب نامیده می‌شود.

۱۳- انشعاب (اتصال) فاضلاب:

آن بخش از لوله فرعی فاضلاب که مقطع آن متناسب با سیفون یا ظرفیت قراردادی بوده و فاضلاب مشترک را از محل سیفون (نقطه تحویل) به خط اختصاصی و یا شبکه عمومی جمع‌آوری فاضلاب منتقل می‌نماید (اعم از لوله و متعلقات مربوطه و سیفون)، انشعاب (اتصال) فاضلاب نامیده می‌شود و متعلق به شرکت است.

۱۴- تاسیسات و تجهیزات فاضلاب مشترک:

کلیه تاسیسات و امکانات مربوط به جمع‌آوری و انتقال فاضلاب نظیر شبکه های فرعی ، تلمبه خانه و غیره و تاسیسات پیش تصفیه احتمالی قبل از نقطه تحویل (سیفون) که توسط مشترک یا مشترکین ایجاد می‌شوند، تاسیسات و تجهیزات فاضلاب مشترک نامیده می‌شود و متعلق به مشترک یا مشترکین می‌باشد.

۱۵- نقطه تحویل آب ویا فاضلاب:

نقطه تحویل عبارت است از نقطه ای که تاسیسات شرکت به تاسیسات مشترک اتصال داده می‌شود و درآن محل وسایل اندازه‌گیری و کنترل نصب می‌شود. عموماً نقطه تحویل آب محل نصب کنتور آب و نقطه تحویل فاضلاب محل نصب سیفون دفع فاضلاب می‌باشد.

۱۶- قرارداد برقراری انشعاب:

قرارداد برقراری انشعاب آب و فاضلاب عبارت است از : قرارداد منعقده بین شرکت و متقاضی که طبق مفاد آن انشعاب آب یا فاضلاب دایر می‌گردد.

۱۷- خدمات آب:

خدمات آب عبارت است از: در دسترس قراردادن و فراهم بودن امکان برداشت و استفاده آب ازشبکه آبرسانی توسط انشعاب آب و وسایل اندازه‌گیری (کنتور) ، با ظرفیت مشخص و با فشار متعارف و کیفیت مناسب (در نقطه تحویل) اعم از اینکه مشترک از این ظرفیت استفاده نماید یا ننماید..

۱-۱۷- فشار متعارف شبکه آب با توجه به تعریف حداقل و حداکثر فشار مجاز شبکه توزیع آب در نشریه شماره ۳-۱۱۷ سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور با عنوان «مبانی و ضوابط طراحی طرحهای آبرسانی» و با نظر کمیته فنی شرکت (متشکل از مدیر شبکه و انشعاب و کارشناسان دفتر فنی) برای هر منطقه تعیین می‌گردد.

۳-۱۳- مقررات عمومی برقراری انشعاب آب و فاضلاب

- شرایط درخواست برقراری و هرگونه تغییر در مشخصات انشعاب آب و فاضلاب

هر شخص حقیقی یا حقوقی می‌تواند برای هر واحد مسکونی، تجاری، عمومی، تولیدی و غیره در محدوده خدماتی شرکت درخواست برقراری یا هرگونه تغییر در مشخصات انشعاب آب و فاضلاب را بنماید. قبول درخواست برقراری یا تغییرات در مشخصات) انشعاب منوط به حصول شرایط زیر است :

الف) شرکت ظرفیت و امکانات لازم جهت برقراری و یا تغییر انشعاب مورد نیاز متقاضی را در محل تقاضا داشته باشد.

ب) ملک مورد نظر متقاضی کاملاً محصور و عملاً منفک از املاک مجاور بوده و برو کف معتبر در محل ملک توسط شهرداری مشخص شده باشد.

ج) موانعی برای انجام کار شرکت از جمله حفاری محل مورد نظر وجود نداشته باشد.

د) متقاضی هیچگونه بدهی بابت بهای آب و فاضلاب در محل مورد نظر و یا هر محل دیگری به شرکت یا سایر شرکتهای آب و فاضلاب وابسته به وزارت نیرو نداشته باشد.

- داشتن انشعاب آب و فاضلاب لازم و ملزوم یکدیگرند و کلیه مالکان املاک واقع در محدوده طرح جمع‌آوری ودفع فاضلاب مکلفند ظرف مدتی که دستگاه‌ها و شرکت‌های آب و فاضلاب اخطار یا اعلان می‌نمایند تقاضای نصب انشعاب فاضلاب ملک خود را به مرجع مربوطه تسلیم و هزینه آن را پرداخت نمایند در غیر این صورت شرکت های آب وفاضلاب مجاز به قطع آب اینگونه املاک خواهندبود. برقراری مجدد آب موکول به درخواست نصب انشعاب فاضلاب و پرداخت هزینه آن می‌باشد.

- در موارد خاص با تصویب هیئت مدیره واگذاری انشعاب فاضلاب بدون داشتن انشعاب آب با انعقاد قرارداد جداگانه صورت می‌گیرد.

- واگذاری انشعاب آب به واحدای مسکونی و غیرمسکونی که بنوعی موجب آلودگی منابع تامین‌کننده آب شرب (اعم از سطحی و زیرزمینی) می‌شود منوط به دفع و یا انقال فاضلاب از محل مورد نظر (طبق نظر شرکت) می‌باشد. همچنین واگذاری انشعاب آب به گرمابه‌ها ، مراکز تولیدی و صنعتی و اماکن عمومی در محلی که شبکه جمع‌آوری فاضلاب وجود ندارد مشروط به این که متقاضی، تاسیسات دفع فاضلاب مربوط را به طریق بهداشتی و مورد قبول شرکت ایجاد نموده باشد.

- انشعاب فاضلاب غیرخانگی بشرطی واگذاری می‌گردد که کیفیت فاضلاب به هنگام تخلیه در محل اتصال به شبکه جمع‌آوری به تشخیص شرکت بر اساس مقررات و استانداردهای ابلاغی وزارت نیرو در حد مجاز باشد.

۳-۱۳-۱- تغییر مکان داخلی وسایل اندازه‌گیری

مشترک ضمن اینکه مسئول مرئی نگه‌داشتن و قابل دسترس بودن دریچه شیر قطع و وصل آب قبل از کنتور و همچنین محل دریچه‌های کنتور آب و سیفون فاضلاب می‌باشد، به هیچ عنوان حق جابجایی انشعاب و وسایل آن را ندارد و چنانچه پس از نصب انشعاب و وسایل اندازه‌گیری ، مشترک تغییری در وضعیت ملک یا ساختمان

خود بدهد که محل دستگاه‌های فوق‌الذکر نامناسب گردد یا مانعی در مقابل آنها ایجاد شود شرکت می‌تواند ضمن رعایت مفاد این آیین نامه، دستگاه های مزبور را با هزینه مشترک (بر اساس بند ۶۴-۴ این آیین نامه) به‌محل مناسبی منتقل (تغییر مکان داخلی) نماید.

۳-۱۳-۲- واگذاری انشعاب آب و فاضلاب به مجتمع ها

به آپارتمان ها و مجموعه‌های مسکونی تجاری اداری که تاسیسات لوله کشی داخلی مجزا دارند در صورت وجود امکانات فنی شرکت انشعاب‌های متعدد واگذار خواهد کرد لیکن در صورتیکه تاسیسات لوله کشی داخلی این واحدها مجزا نباشد یک انشعاب واگذار می‌شود.

۳-۱۳-۳- تعیین مقدار مصرف آب و حجم دفع فاضلاب مشترک

ارقامی که وسایل اندازه‌گیری نشان می‌دهد دلیل کافی برای مصرف آب و حجم فاضلاب تخلیه شده در شبکه، توسط مشترک یا استفاده کننده بوده و مشترک یا استفاده کننده ملزم به قبول آن می‌باشد مگر آنکه به تشخیص شرکت اشکالی در کار وسایل اندازه‌گیری و یا اشتباه در قرائت کنتور و یا اشتباه در محاسبات بهاء آب و کارمزد دفع فاضلاب وجود داشته باشد که در اینصورت بر اساس موارد زیر عمل می‌گردد.

الف) شرکت طبق برنامه، کنتورهای خود را آزمایش کرده و صحت کار آن را از حیث نشان دادن ارقام مصرف بر اساس استانداردهای پذیرفته شده، کنترل خواهد کرد و بر حسب ضرورت با تقاضای مشترک یا استفاده کننده آزمایش لازم را به عمل می‌آورد در این صورت چنانچه وسایل اندازه‌گیری سالم تشخیص داده شود مشترک یا استفاده کننده باید هزینه آزمایش را بر اساس این آئین نامه (بند۶۴-۴) پرداخت نماید.

ب) اگر ضمن یکی از آزمایش‌های شرکت معلوم شود ارقانی را که کنتور نشان داده دارای بیش از ۵ درصد خطا می‌باشد. (حدود ۵٪ قابل اغماض است)، تمام صورتحسابهای مربوط به مصارف آب حداکثر یکسال گذشته به علت تاثیر اینگونه اشتباهات در ثبت ارقام کنتور اصلاح خواهدشد.

تغییر در نوع مصرف

- مشترک صرفاً مجاز است بر اساس مشخصات مندرج در قرارداد و یا پروانه بهره برداری، از انشعاب استفاده نماید چنانچه به تشخیص شرکت هر یک از مشترکین از انشعاب خود برای مصارفی به غیر از آنچه که در قرارداد یا فرم واگذاری قید گردیده‌است، استفاده نمایند شرکت می‌تواند با ابلاغ کتبی نسبت به تغییر تعرفه از تاریخ مصرف غیرمجاز به تشخیص خود اقدام و بهای آب مصرفی و هزینه دفع فاضلاب را تا ارائه پرونه مجاز و تغییر کاربری انشعاب، با تعرفه کاربری جدید محاسبه و دریافت نماید.

در صورتیکه کاربری ملک دارای انشعاب آب و فاضلاب عملاً از نوعی به نوع دیگر تغییر کند، در صورت وجود امکانات فنی، هزینه‌های حق انشعاب قبلی و فعلی هردوکاربری طبق تعرفه های جاری (قیمت روز) محاسبه و در صورت افزایش یا کاهش، مابه‌التفاوت از مشترک دریافت و یا سی درصد مابه‌التفاوت مسترد می‌گردد.

۳-۱۳-۴- نگهداری و اداره تاسیسات آب و فاضلاب

شرکت ملزم است تاسیسات آب و فاضلاب را به نحو صحیح و مطابق استانداردهای معمول نگهداری و اداره نموده و در صورتیکه تاسیسات نیاز به مرمت داشته باشد اقدام فوری برای ترمیم خرابی به عمل آورد.

-تمامی موارد استانداردهای ذکر شده در کلیه مفاد این آئین نامه توسط وزارت نیرو تنظیم و ابلاغ می‌شود.

اصلاح و تعویض وسایل و لوازم انشعاب

آن قسمت از وسایل و لوازم انشعاب آب و فاضلاب که به علت فرسوده شدن یا حوادث اتفاقی نیاز به تعویض یا اصلاح داشته باشد، بدون نیاز به درخواست مشترک و بدون دریافت هزینه، توسط شرکت انجام خواهد گردید، مگر آنکه به تشخیص شرکت، مشترک یا استفاده کننده در ایجاد موارد مذکور دخالت داشته باشد، که در این صورت می‌باید هزینه مربوطه را (براساس قیمت تمام شده) پرداخت نماید.

- حوادث و بلایای طبیعی که منجر به تخریب و خسارت عمومی به شبکه و یا تاسیاست شرکت گردد از حدود این آئین نامه خارج می‌باشد.

قطع موقت انشعاب (آب و فاضلاب)

شرکت در موارد مشروحه زیر انشعاب آب و یا فاضلاب مشترک یا استفاده کننده را موقتاً قطع خواهد نمود :

الف) در صورتیکه تنها مشترک یا مصرف کننده پس از تسویه حساب، درخواست قطع انشعاب را موقتاً بنماید (درصورتیکه از یک انشعاب چند مصرف کننده مستقل استفاده کنند می‌باید کلیه استفاده کنندگان درخواست نمایند).

ب) اگر مشترک یا استفاده کننده در اجرای مفاد مقررات مندرج در این آئین نامه و یا در انجام تعهدات خود در مورد انشعاب آب و فاضلاب قصور نماید.

ج) در صورتیکه مشترک یا استفاده کننده نسبت به پرداخت کلیه دیون خود به شرکت در مهلت مقرر اقدام ننماید.

د) در صورتیکه مشترک یا استفاده کننده عمداً اقدام به دستکاری تاسیسات آب و فاضلاب متعلق به شرکت نموده و یا اقدام به شکستن یا دستکاری منجر به خرابی کنتور نماید.

هـ) در مواردیکه مشترکین یا استفاده‌کنندگان حریم شبکه و تاسیسات آب و فاضلاب را رعایت نکنند.

و) در مواردیکه مشترک یا استفاده کننده ، ضوابط مربوط به استانداردهای فاضلاب را برابر مشخصات مقرر مراعات ننماید.

در مواردیکه رفع نقص سیستم پیش تصفیه بنابه تشخیص شرکت احتیاج به زمان داشته باشد، در صورت امکان فرصت لازم به مشترک داده خواهد شد، بدیهی است در این مدت هزینه تصفیه بار آلودگی اضافی (به تشخیص شرکت) دریافت خواهد شد.

ز) در صورتیکه از انشعاب واگذار شده آب و فاضلاب اقدام به لوله کشی به ملک دیگر و استفاده غیرمجاز شود و یا نسبت به نصب پمپ بطور مستقیم بر روی انشعاب اقدام گردد.

ح) در صورتیکه مشترک یا استفاده کننده به تشخیص شرکت موجب نامرئی شدن دریچه محفظه شیرقطع و وصل انشعاب (آب وفاضلاب) بشود و یا ایجاد مانع در آن بنماید. در این رابطه شرکت اخطاری برای مرئی نمودن و رفع مانع به مشترک یا استفاده کننده ابلاغ می‌نماید و چنانچه ظرف مهلت تعیین شده مشترک یا استفاده کننده اقامی ننمود، شرکت رأساً اقدام و هزینه های مربوطه را به اضافه مبلغی به عنوان جریمه دریافت می‌نماید. در صورت عدم پرداخت هزینه توسط مشترک، انشعاب قطع می‌گردد.

ط) در صورتیکه امکان قرائت کنتور در سه دوره متوالی به دلیل بسته بودن در میسر نگردد.

ی) هرگاه حکم یا قرار لازم الاجراء از سوی مقامات قضائی در زمینه قطع انشعاب (آب وفاضلاب) صادر گردد.

-در هنگام قطع موقت انشعاب آب و فاضلاب کماکان صورتحساب برحسب مورد بر مبنای حداقل بهای آب مصرفی و کارمزد خدمات دفع فاضلاب مربوطه و آبونمام ماهانه صادر خواهد شد.

-در صورت کمبود آب و نیاز به اعمال جیره بندی، شرکت با اعلام قبلی در مورد قطع جریان ب اقدام می‌نماید.

۳-۱۳-۵- برقراری مجدد انشعاب آب وفاضلاب

-برای برقراری مجدد انشعاب آب وفاضلاب در محلی که سابقاً انشعاب آب و فاضلاب وجود داشته است و به علل مندرج در بند فوق موقتاً قطع گردیده، مشترک یا استفاده کننده می بایست بر اساس تعرفه های مصوب، کلیه بدهیهای معوقه و هزینه وصل یا نصب مجدد و خسارت وارده (برحسب مورد) و حداقل بهای آب و کارمزد و دفع فاضلاب و آبونمان ماهانه در طول قطع را به شرکت پرداخت نماید.

-در مواردیکه مطابق مفاد این آئین نامه انشعاب آب و فاضلاب قطع می‌شود،مشترک یا استفاده کننده مجاز به دخالت در تاسیسات و وصل خودسرانه انشعاب نمی‌باشد و رد صورت تخلف، انشعاب قطع و برقراری مجددآن موکول به سپردن تعهد کتبی برتکرار نشدن خلاف و تسویه حساب کامل و پرداخت معادل دو برابر هزینه نصب آن انشعاب خواهد بود.

۳-۱۳-۶- برچیدن دائم انشعاب آب و فاضلاب

در هر یک از حالات زیر شرکت، انشعاب آب وفاضلاب مشترک را به طور دائم جمع‌آوری ،پرونده را باطل و با مشترک تسویه حساب خواهد نمود.

الف) هرگاه مشترکی که تنها استفاده کننده از انشعاب میباشد درخواست برچیدن دائم انشعاب را بماید(در صورتیکه از یک انشعاب چند مصرف کننده مستقل استفاده کنند می باید کلیه استفاده کنندگان درخواست نمایند)

ب) هرگاه بدهی مشترک یا استفاده کننده پس از گذشت حداقل یکسال از تاریخ قطع موقت جمعاً به پنجاه درصد هزینه های برقراری انشعاب آب و فاضلاب مندرج در جدول هزینه‌های عمومی برقراری انشعاب برسد و علیرغم اخطار شرکت بدهی مربوطه پرداخت نگردد.

ج) هرگاه سه سال از تاریخ قطع موقت بگذرد و مشترک یا استفاده کننده علیرغم اخطار شرکت وضع خودش را مشخص ننماید.

د) در صورت تکرار خلاف موضوع بند های فوق برای بار دوم در ارتباط با وصل خودسرانه انشعاب قطع شد توسط مشترک یا استفاده کننده .

- در کلیه حالات فوق در صورت مراجعه مشترک (یا استفده کننده ای که قائم مقام قانونی وی محسوب می‌گردد) جهت تسویه حساب ، بخشی از هزینه برقراری انشعاب آب و فاضلاب مندرج در جداول «هزینه‌های عمومی برقراری انشعاب» مورد عمل روز شرکت (بدون هزینه نصب و هزینه شبکه اختصاصی) پس از کسر بدهی و خسارت ناشی از عدم ایفاء تعهد مسترد خواهد شد، مبلغ مذکور در مورد انشعابات آب و فاضلاب واگذار شده برای کلیه واحدها معادل پنجاه درصد نوع انشعابی که برای آن حق انشعاب آب و فاضلاب پرداخت شده خواهد بود.

۳-۱۳-۷- بازفروش آب

مشترکین حق بازفروش آب به ملک دیگری و همچنین تخلیه فاضلاب ملک دیگری از طریق سیفون فاضلاب انشعاب خود به شبکه جمع‌آوری فاضلاب را ندارند.

-چگونگی فروش انشعاب و تعیین ظرفیت قراردادی و نرخ فروش آب به متقاضیانی که با اعمال تغییرات لازم (شکلی یا کیفی) روی آب تحویلی مجدداً آن را بازفروش می نمایند از طریق دستورالعملی که توسط وزیر نیرو ابلاغ می‌گردد تعیین می‌شود.

-فروش عمده آب به توزیع کنندگانی که شبکه اختصاصی دارند بر اساس ضوابط ابلاغی وزارت نیرو مجاز خواهد بود.

۳-۱۳-۸- افزیش یا کاهش ظرفیت قرار دادی انشعاب

افزایش ظرفیت قراردادی انشعاب

کلیه مشترکین یا استفاده کنندگان از آب و خدمات فاضلاب می‌توانند درخواست افزایش ظرفیت انشعاب قراردادی را به نام صاحب انشعاب بنمایند، انجام درخواست منوط به وجود امکانات فنی لازم برای شرکت است.

هزینه‌های افزایش ظرفیت انشعاب

شرکت با دریافت مابه التفاوت هزینه عمومی برقراری انشعاب بر اساس جدول " هزینه‌های عمومی برقراری انشعاب " به قیمت روز نسبت به افزیش ظرفیت انشعاب مورد نیاز متقاضی اقدام می نماید . در مواردی که افزیش ظرفیت انشعاب، مستلزم تغییر خطوط و تأسیسات اختصاصی و لوله انشعاب و یا قطر انشعاب و وسایل اندازه‌گیری می‌باشد، متقاضی باید هزینه‌های مربوطه را پرداخت نماید.

هزینه‌های مصارف مازاد بر ظرفیت قراردادی

در صورتی که هر یک از مشترکین یا استفاده کنندگان به تشخیص شرکت از انشعاب آب و فاضلاب بیش از ظرفیت قراردادی استفاده نمایند، به استناد قوانین و تعرفه های مصوب مشمول پرداخت هزینه‌های مصرف مازاد می‌گردند. مشترک می‌تواند در صورت نیازبه آب بیشتر در چارچوب ضوابط شرکت درخواست ا فزایش ظرفیت قراردادی نموده، در صورت موافقت شرکت و پرداخت هزینه‌هاي مازاد به قیمت روز اقدام لازم به عمل خواهد آمد.

کاهش ظرفیت قراردادی

کلیه مشترکین بدون تغییر کاربری انشعاب می‌توانند در خواست کاهش ظرفیت انشعاب آب و فاضلاب قراردادی خود را بنمایند. در صورت کاهش ظرفیت انشعاب‌ها سی درصد از مابه التفاوت هزینه‌های انشعاب موجود و درخواستی به نرخ روز پس از کسر بدهی به مشترک پرداخت خواهد شد.

تفکیک و ادغام انشعاب

کلیه مشترکین می‌توانند در خواست تفکیک یا ادغام انشعاب یا انشعاب‌های موجود در یک محل و یک پلاک ثبتی را برای همان محل و پلاک ثبتی درخواست بنمایند و شرکت در صورت داشتن امکانات لازم نسبت به انجام آنان اقدام خواهد نمود.

شرایط تفکیک و ادغام

شرکت مابه التفاوت هزینه‌های کلی انشعاب‌های موجود مشترک را با انشعاب یا انشعاب درخواستی بر اساس جدول"هزینه‌های عمومی برقراری انشعاب آب و فاضلاب " محاسبه و در صورتی که ارزش انشعاب‌ها در وضعیت جدید بیشتر باشد، مابه التفاوت مذکور را دریافت خواهد نمود و اگر ارزش انشعاب‌ها در وضعیت جدید کمتر از وضعیت قبلی باشد (٪۳۰) سی درصد مابه التفاوت به مشترک پرداخت خواهد شد.

در صورت تجمیع چند ملک دارای چند انشعاب و تبدیل آن به یک ملک، چنانچه نوع استفاده تغییر نکرده باشد، یک یا چند انشعاب با قطر متناسب جایگزین خواهد شد.

تبصره: در هر دو صورت مشترک موظف به پرداخت هزینه‌های نصب، جابجایی و تغییر قطر انشعابات درخواستی می‌باشد.

در صورتی که مشترک با تفکیک کردن ملک خود، قطعات تفکیک شده را با دیوار از یکدیگر مجزا نماید، انشعاب موجود پس از اصلاح قطر (در صورت نیاز) با ضوابط جاری به قطعه ای تعلق می‌گیرد که در آن قطعه نصب شده است. انشعاب سایر واحدهای تفکیکی پس از تشکیل پرونده و دریافت هزینه‌های مربوطه حسب مورد برقرار خواهد شد.

در صورتیکه تعداد واحدها افزایش یابد، هزینه‌های برقراری انشعاب بر اساس تعداد واحدهای اضافه شده و بر اساس جدول" هزینه‌های عمومی برقراری انشعاب آب و فاضلاب " دریافت می‌گردد.

مستند صدور مصوبه : تصویب نامه هیئت وزیران به شماره ۱۷۶۳۲۷/ت۵۵۸۳۰- مورخ ۹۷/۱۲/۲۷

بدینوسیله تعرفه های آب بهاء ، کارمزد دفع فاصلاب و سایر شرایط عمومی آنها برای کلیه مشترکین تحت پوشش شرکت های آب وفاضلاب شهری و روستائی برای اجرا از تاریخ ۱۳۹۸/۰۲/۰۱ به شرح پیوست(ممهور به مهر دفتر تنظیم مقررات بازار آب و برق وخصوصی سازی) تعیین می‌گردد.

-قیمت آب روستائی

تعرفه آب بها برای کاربری خانگی روستایی معادل پنجاه (۵۰) درصد و برای کاربری غیر خانگی روستایی معادل صد(۱۰۰)درصد تعرفه آب (پس از اعمال ضریب تعدیل شهری)نزدیکترین شهر تعیین می‌گردد.

جداول ۳-۹ الی ۳-۱۶ آب بهای شهری و روستایی با کارکرد خانگی و غیر خانگی را نشان می‌دهد.

جدول ۳-۹- قیمت مصارف مشترکین غیر خانگی ۱۳۹۸

نوع کاربری	مصارف تحت پوشش	قیمت یک متر مکعب (ریال)
صنعتی	کلیه واحدهای صنعتی و تولیدی دارای پروانه از مراجع ذی صلاح	۷,۲۱۰.۷۱
عمومی و دولتی	مراکز دولتی غیرآموزشی ، صدا و سیما ، مراکز نظامی و انتظامی ، نانوائی ها ، فضای سبز شهرها و مصارف اشتراکی شهرکها و مجتمع های مسکونی	۹,۷۳۴.۴۰
آموزشی و اماکن مذهبی	مهد کودک ها ، کودکستان ها ، مدارس ، دانشگاهها ، باشگاه های ورزشی ، کتابخانه ها موزه ها ، مراکز آموزش فنی و حرفه ای و حوزه های علمیه ، مراکز نگهداری از معلولین و ایتام و افراد بی سرپرست ، بقاع متبرکه ، گلزار شهدا و بیمارستانهای آموزشی و مراکز درمانی بیماری های خاص	۳,۶۰۵.۹۴
آزاد و بنائی	مصارف ساخت و ساز (بنایی)	۴۰,۹۵۰
تجاری	واحدهای تجاری ، سایر مراکز خدمات غیر دولتی	۱۲,۴۸۳.۹۰
سایر	فروش آب به آبفای روستایی و شیرهای آتش نشانی	۱,۸۰۲.۹۷
گرمابه ها	گرمابه - بدون درنظر گرفتن ظرفیت قراردادی	۷,۲۱۰.۷۱
سکونت گاه غیردائم	اقامتگاه های غیر دائم	۹,۲۶۴.۰۰

مصارف مازاد بر ظرفیت قراردادی به قیمت آب آزاد محاسبه می گردد

در ماه های گرم سال (خرداد ، تیر ، مرداد و شهریور) ٪۲۰ به نرخ آب بهای پایه بعنوان ضریب فصلی اضافه می گردد .

درصورتیکه مشترک به انشعاب فاضلاب وصل نباشد معادل ۱۰٪ آب بها از مشترک تحت عنوان تبصره ۱۲اخذ می گردد . این تبصره مشمول ساختمانهای دولتی نمی گردد .

عوارض و مالیات = ۰/۰۹ * (آبونمان آب + آبونمان فاضلاب + آب بهای قبض + کارمزد دفع فاضلاب)

جدول ۳-۱۰- آب بها و کارمزد دفع فضلاب مسکونی ۱۳۹۸

آب بها								
فرمول محاسباتی				طبقات مصرف				
	X			۵	≥	X	<	۰
۴,۰۳۵	X	–	۲,۴۳۱	۱۰	≥	X	<	۵
۱۲,۰۹۵	X	–	۳,۲۳۷	۱۵	≥	X	<	۱۰
۲۷,۱۲۵	X	–	۴,۲۳۹	۲۰	≥	X	<	۱۵
۶۵,۹۸۵	X	–	۶,۱۸۲	۲۵	≥	X	<	۲۰
۱۵۴,۶۱۰	X	–	۹,۷۲۷	۳۰	≥	X	<	۲۵
۲۶۰,۵۴۰	X	–	۱۳,۲۵۸	۳۵	≥	X	<	۳۰
۴۱۵,۳۸۰	X	–	۱۷,۶۸۲	۴۰	≥	X	<	۳۵
۱,۲۴۰,۵۰۰	X	–	۳۸,۳۱۰	۵۰	≥	X	<	۴۰
۳,۱۵۶,۱۰۰	X	–	۷۶,۶۲۲			X	<	۵۰

X : متوسط مصرف ماهانه هر واحد خانگی (مسکونی)

کارمزد دفع فاضلاب						
فرمول محاسباتی	طبقات مصرف					
٪۷۰ آب بها خانگی	۵	≥	X	<	۰	
	۱۰	≥	X	<	۵	
	۱۵	≥	X	<	۱۰	
	۲۰	≥	X	<	۱۵	
	۲۵	≥	X	<	۲۰	
	۳۰	≥	X	<	۲۵	
	۳۵	≥	X	<	۳۰	
	۵۰	≥	X	<	۴۰	
			X	<	۵۰	

تبصره ۱: آبونمان مشترکین خانگی و غیرخانگی آب اعم از اینکه مشترک مصرف داشته یا نداشته باشد، به ازای هر واحد ماهانه مبلغ ده هزار ریال تعیین میگردد. آبونمان فاضلاب، معادل آبونمان آب میباشد.

تبصره ۲: افزایش های موضوع تبصره ۲ (۱۰٪ آب بهای مصرفی) و تبصره ۳ ماده واحده قانون ایجاد تسهیلات برای توسعه طرحهای فاضلاب و بازسازی شبکه های آب شهری حسب مورد اضافه میگردد.

تبصره ۳: در ماههای گرم سال (خرداد،تیر،مرداد و شهریور) برای مصارف خانگی طبقه مصرف بالاتر از ۲۵ مترمکعب در ماه ، ۲۰٪ به نرخ آب مصرفی همان طبقه اضافه میگردد.

جدول ۲-۶- آب بها و کارمزد دفع فضلاب مصارف غیر خانگی ۱۳۹۸

نوع کاربری	مصارف تحت پوشش	بهای یک متر مکعب	
		آب بهاء	کارمزد دفع فاضلاب
صنعتی	کلیه واحدهای صنعتی و تولیدی دارای پروانه از مراجع ذیصلاح، گرمابه ها و مراکز گردشگری	۶,۵۹۴	۱۰۰٪آب بهای غیرخانگی
عمومی و دولتی	مراکز دولتی غیرآموزشی، اماکن دیپلماتیک، صداوسیما، مراکز نظامی و انتظامی، فضای سبز شهرها و مصارف اشتراکی شهرکها و مجتمع های مسکونی، نانوایی ها	۸,۹۰۲	
آموزشی و اماکن مذهبی	مهدکودک ها، کودکستان ها، مدارس، دانشگاه ها، باشگاه های ورزشی، کتابخانه ها، موزه ها، مراکزآموزشی فنی و حرفه ای و حوزه های علمیه، مراکز نگهداری از معلولین ، ایتام و افراد بی سرپرست، بقاع متبرکه و گلزار شهدا، بیمارستانهای آموزشی و مراکز درمانی بیماریهای خاص و زندان ها	۳,۲۹۸	
آزاد و بنایی	مصارف آزاد	۳۷,۴۵۰	
	مصارف ساخت و ساز (بنایی)	۷۶,۶۲۲	
تجاری	واحدهای تجاری، سایرمراکز خدماتی غیردولتی	۱۱,۴۱۷	
سایر	فروش آب به آبفای روستایی وشیرهای آتش نشانی	۱,۶۴۹	

تبصره ۱: آبونمان مشترکین خانگی و غیرخانگی آب اعم از اینکه مشترک مصرف داشته یا نداشته باشد، به ازای هر واحد ماهانه مبلغ ده هزار ریال تعیین میگردد. آبونمان فاضلاب، معادل آبونمان آب میباشد.

تبصره ۲: افزایش های موضوع تبصره ۲ (۱۰٪ آب بهای مصرفی) و تبصره ۳ ماده واحده قانون ایجاد تسهیلات برای توسعه طرحهای فاضلاب و بازسازی شبکه های آب شهری حسب مورد اضافه میگردد.

تبصره ۳: در ماههای گرم سال (خرداد،تیر،مرداد و شهریور) برای مصارف غیرخانگی ۲۰٪ به نرخ آب مصرفی اضافه میگردد.

جدول ۳-۱۱- آب بها براساس طبقات مصرف ۱۳۹۸

آب بها	
فرمول محاسباتی	طبقات مصرف
x ۱٫۶۲۴	۰ < x ≤ ۵
x ۲٫۴۳۱ – ۴٫۰۳۵	۵ < x ≤ ۱۰
x ۳٫۲۳۷ – ۱۲٫۰۹۵	۱۰ < x ≤ ۱۴
x ۳٫۷۲۱ – ۱۳٫۹۰۰	۱۴ < x ≤ ۱۵
x ۴٫۸۷۳ – ۳۱٫۱۸۰	۱۵ < x ≤ ۲۰
x ۷٫۱۰۷ – ۷۵٫۸۶۰	۲۰ < x ≤ ۲۵
x ۱۱٫۱۸۲ – ۱۷۷٫۷۳۵	۲۵ < x ≤ ۳۰
x ۱۵٫۲۴۱ – ۲۹۹٫۵۰۵	۳۰ < x ≤ ۳۵
x ۲۰٫۳۲۶ – ۴۷۷٫۴۸۰	۳۵ < x ≤ ۴۰
x ۴۴٫۰۳۹ – ۱٫۴۲۶٫۰۰۰	۴۰ < x ≤ ۵۰
x ۸۸٫۰۷۹ – ۳٫۶۲۸٫۰۰۰	۵۰ < x

جدول ۳-۱۲- محاسبه تبصره ۳ آب بها و کارمزد دفع فاضلاب ۱۳۹۸

آب بها								
فرمول محاسباتی				طبقات مصرف				
					≤		<	
	۹۳۶	x		۱۵	≤	x	<	۰
۱۱,۸۸۰	۱,۷۲۸	x	–	۳۰	≤	x	<	۱۵
۱۳۲,۸۴۰	۵,۷۶۰	x	–			x	<	۳۰
	۸,۶۴۰	x		غیرخانگی (به جز آب آزاد و بنائی)				

کارمزد دفع فاضلاب								
فرمول محاسباتی				طبقات مصرف				
					≤		<	
	۵۶۲	x		۱۵	≤	x	<	۰
۷,۱۲۵	۱,۰۳۷	x	–	۳۰	≤	x	<	۱۵
۷۹,۶۹۵	۳,۴۵۶	x	–			x	<	۳۰
	۵,۱۸۴	x		غیرخانگی (به جز آب آزاد و بنائی)				

از کلیه مشترکین در بخش خانگی و غیرخانگی (به جز آب آزاد و بنائی) ، ماهانه مبالغی به شرح ذیل به ازای هر واحد بعنوان تبصره ۳ آبونمان آب و فاضلاب دریافت میگردد

آبونمان								
فاضلاب	آب	طبقات مصرف						
					≤		<	
۱۰,۰۰۰	۱۱,۰۰۰			۱۵	≤	x	<	۰
۲۰,۰۰۰	۲۱,۰۰۰			۳۵	≤	x	<	۱۵
۱۰۰,۰۰۰	۱۰۰,۰۰۰					x	<	۳۵

جدول ۳-۱۳- آب بها مصارف خانگی روستایی ۱۳۹۸

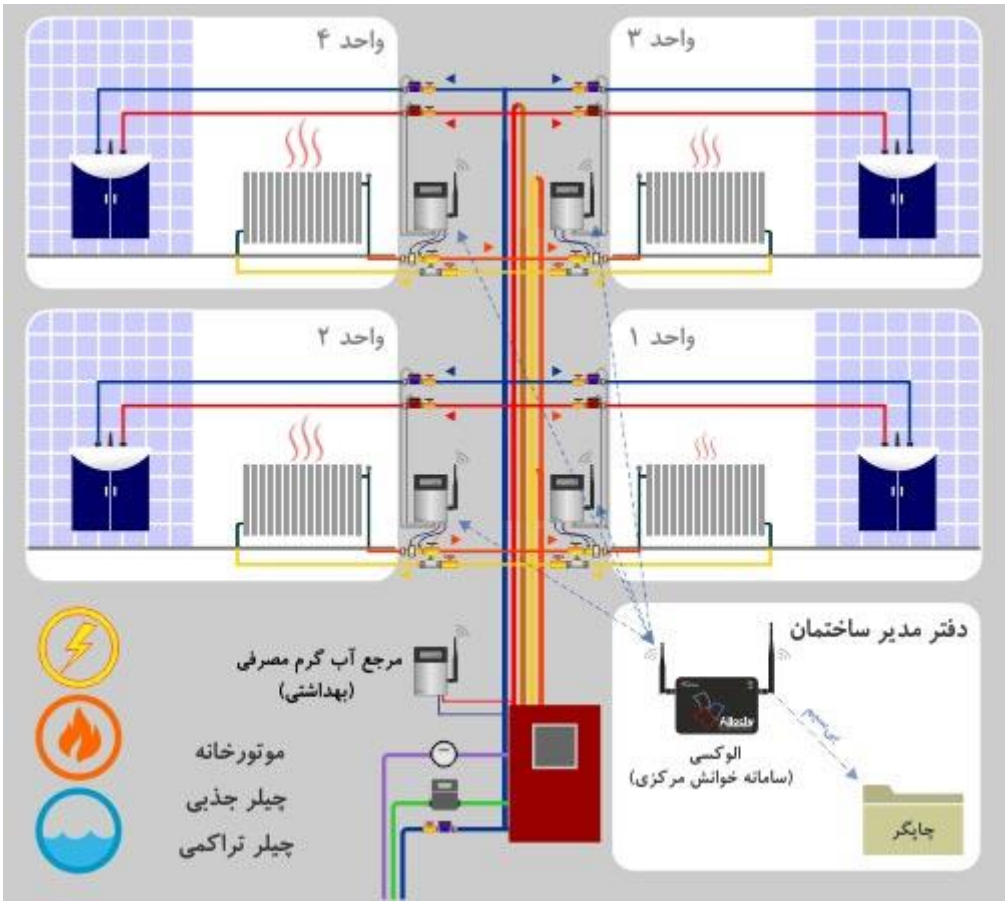
قیمت نسبت به مازاد مصرف (متر مکعب /ریال)	میزان آب مصرفی ماهانه (مترمکعب)
۸۱۲	۰
۱۲۱۶	۵
۱۶۱۹	۱۰
۲۴۳۷	۱۵
۳۵۵۴	۲۰
۵۵۹۱	۲۵
۷۶۲۱	۳۰
۱۰۱۶۳	۳۵
۲۲۰۲۰	٤۰
۴۴۰۴۰	≥۵۰

جدول ۳-۱۴- آب بها مصارف مشترکین غیر خانگی روستایی ۱۳۹۸

نوع کاربری	مصارف تحت پوشش	قیمت یک متر مکعب(ریال)
صنعتی	کلیه واحدهای صنعتی و تولیدی دارای پروانه از مراجع ذیصلاح	۶۵۹۴
عمومی و دولتی	مراکز دولتی غیر آموزشی ، صدا و سیما، مراکز نظامی و انتظامی ، فضای سبز شهرها و مصارف اشتراکی شهرکها و مجتمع های مسکونی ، گرمابه ها ، نانوائی ها	۸۹۰۲
آموزشی و اماکن مذهبی	مهد کودک ها ،کودکستان ها، مدارس ، دانشگاهها، باشگاههای ورزشی ، کتابخانه ها ، موزه ها ، مراکز آموزش فنی و حرفه ای و حوزه های علمیه ، مراکز نگهداری از معلولین و ایتام و افراد بی سرپرست، بقاع متبرکه ، گلزار شهدا و بیمارستانهای آموزشی و مراکز درمانی بیماری های خاص	۳۲۹۸
آزاد و بنائی	مصارف آزاد	۳۷۴۵۰
	مصارف ساخت و ساز (بنایی)	۷۶۶۲۲
تجاری	واحدهای تجاری، سایر مراکز خدمات غیر دولتی	۱۱۴۱۷
سایر	شیرهای برداشت عمومی و آتش نشانی	۱۶۴۹

۳-۱۴- سامانه های جدید تفکیک مصرف آب

سامانه تفکیک مصرف آب به منظور تعیین سهم مصرف آب بخش های مختلف یک مجموعه دارای آب مشترک و صدور قبض تفکیکی برای هر بخش در نظر گرفته شده است. شکل ۳-۱۲ اجزای تشکیل دهنده یک سیستم تفکیک کننده مصرف آب یا انرژی(برق و گاز) را نشان می‌دهد.

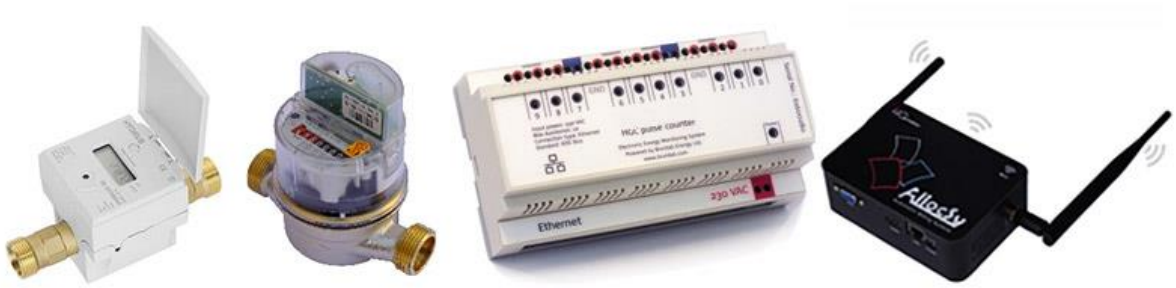


شکل ۳-۱۲- اجزای تشکیل دهنده یک سیستم تفکیک کننده مصرف آب یا انرژی(برق و گاز)

کلیه سامانه های هوشمند تفکیک کننده مصرف آب و انرژی (برق و گاز) از سه بخش اصلی تشکیل شده است. تجهیزات و کنتورهای اندازه‌گیری کننده مصرف که در خصوص سامانه تفکیک مصرف آب شامل کنتورهای اندازه‌گیری مصرف آب که قابلیت خوانش از راه دور بوده و در مورد سامانه های تفکیک مصرف انرژی (برق و گاز) به عنوان تجهیزات انرژی سنج یا انرژی میتر شناخته می‌شوند.

دستگاه پردازنده مرکزی مصرف آب و انرژی که شامل تجهیزات سخت افزاری و نرم افزاری بوده و وظیفه جمع‌آوری و پردازش اطلاعات مصرف که از کنتورها و انرژی میتر ها ارسال می‌گردد را به عهده داشته و در نهایت قبوض مصرف هر بخش را صادر می‌نماید.

بستر و زیر ساخت ارتباطی بین کنتورهای آب و انرژی میتر ها با دستگاه پردازنده مرکزی نیز یکی از بخش های اصلی سامانه تفکیک مصرف آب و انرژی می‌باشد. شکل ۳-۱۳ اجزای سامانه تفکیک مصرف آب را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۱۳- اجزای اصلی سامانه تفکیک مصرف آب

تجهیزات در نظر گرفته شده در سامانه تفکیک مصرف آب به منظور تعیین مصرف آب بخش های مختلف یک مجموعه دارای آب مشترک و صدور قبض تفکیکی برای هر بخش شامل:

یک کنتور آب با امکان خوانش از راه دور (با پراب یا بدون سیم) به ازای هر واحد که وظیفه اندازه‌گیری مصرف هر بخش را به عهده دارند.

تعدادی شمارنده پالس ریلی (پالس شمار مدل HGC) که بسته به تعداد واحدهای متصل به سامانه تفکیک مصرف آب تعیین می‌شوند و مصارف خوانده شده توسط کنتورهای آب را به صورت بی سیم به پردازنده مرکزی الوکسی ارسال می نمایند.

در نهایت پردازنده مرکزی الوکسی که وظیفه ثبت و صدور قبض تفیکی برای هر واحد بر اساس میزان دقیق مصرف آب آن واحد را به عهده دارد. علاوه بر صدور قبض دوره ای برای هر بخش توسط پردازنده مرکزی الوکسی ، این امکان برای هر مصرف کننده آب وجود دارد که در هر زمان از طریق پیامک یا وب سایت به اطلاعات مصرف خود دسترسی پیدا کند.

۳-۱۴-۱- انواع کنتور آب در سامانه تفکیک مصرف آب

برای اندازه‌گیری مصرف تفکیکی در این سامانه تفکیک مصرف آب از کنتور آب بی سیم و یا کنتور آب با پراب استفاده می‌شود.

شکل ۳-۱۴ و ۳-۱۵ انواع کنتور آب برای اندازه‌گیری مصرف تفکیکی آب را نشان می‌دهد.

شکل ۳-۱۴- انواع کنتور آب برای اندازه‌گیری مصرف تفکیکی آب

شکل ۳-۱۵- کنتور آب پراب دار

کنتور آب پراب دار

کنتورهای آب مختلف با تکنولوژی های سینگل جت یا مولتی جت یا پیستونی تولید داخل، یا خارج از کشور با استفاده از پراب های مخصوص می‌توانند به عنوان تجهیزات اندازه‌گیری مصرف آب می‌توانند در این سیستم مورد استفاده قرار گیرند.

کنتور آب بی سیم

در بسیاری از موارد در ایجاد سامانه تفکیک مصرف آب ، امکان سیم کشی برای دسترسی به شیر های انشعاب آب واحد ها به آسانی میسر نبوده و یا سیم کشی برای پیاده سازی شبکه خوانش از دور به سختی انجام می می پذیرد. راهکاری که برای این مشکلات در این سامانه تفکیک مصرف آب در نظر گرفته شده است استفاده از کنتور آب بی سیم برای ایجاد خوانش از راه دور می‌باشد (شکل ۳-۱۶).

این کنتورهای آب بی سیم از نظر فن آوری اندازه‌گیری آب مصرفی و فن آوری ارسال مصارف آب خوانده شده بدون سیم، به دو دسته طبقه بندی می‌شوند. از نظر روش اندازه‌گیری ، این سامانه تفکیک مصرف آب ، انواع کنتورهای آب التراسونیک، کنتور آب القایی ، کنتور آب سینگل جت(تک پره ای) و مالتی جت (چند پره ای) و همچنین کنتور آب پیستونی را در بر می‌گیرد که همگی آنها قابلیت تجهیز به ماژول فرستنده رادیویی را دارا هستند. از دیدگاه سیستم ارسال اطلاعات بدون سیم نیز سیستم های wmbus و Zigbee در سامانه تفکیک مصرف آب قابل استفاده است که از متداوال ترین سیستم های بدون سیم خوانش از دور هستند.

شکل ۳-۱۶- کنتور آب الکترونیکی در سامانه تفکیک مصرف آب

کنتور آب الکترونیکی با قابلیت خوانش از راه دور

کنتور آب الکترونیکی با قابلیت خوانش از راه دور با بهره گیری از فن آوری خوانش الکترونیکی بدون گیربکس مکانیکی عملا بدون استهلاک هستند. این قابلیت تاثیر مواد معدنی محلول در آب و ذرات مغناطیسی معلق در آب را در کارکرد کنتور از بین می برد و کنتور دقت خود را تا زمان بسیار طولانی (۱۵سال) حفظ می‌کنند. کاربری دستگاه بسیار آسان است و انواع اطلاعات خوانده شده به ترتیب روی صفحه به نمایش در می‌آیند. دستگاه می‌تواند اطلاعات را به صورت روزانه تا ۴۰۰ روز در حافظه داخلی ذخیره نماید.

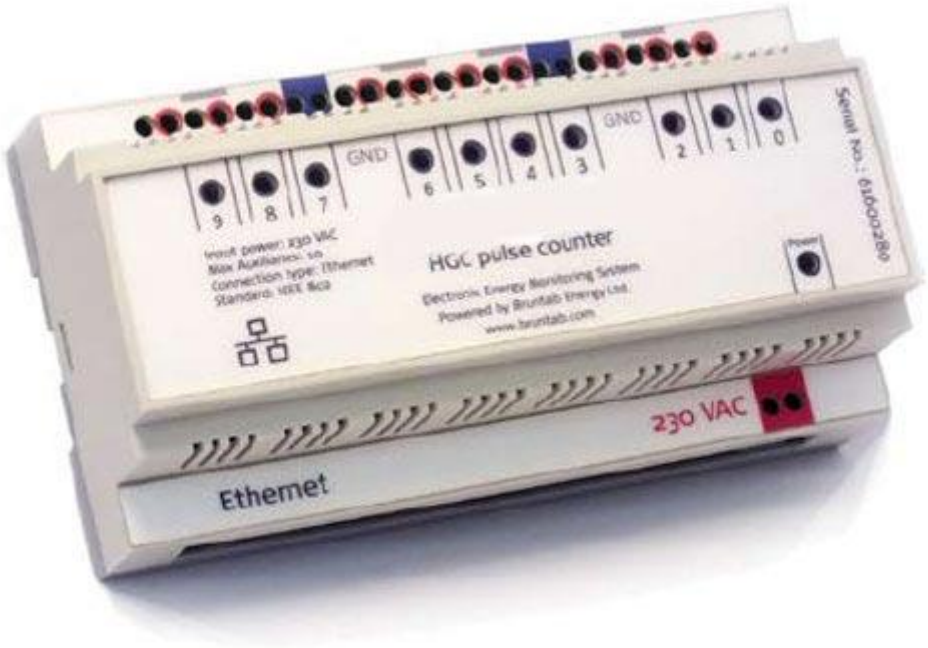
دو روش گوناگون خوانش عملا خطای انسانی در خوانش کنتور را کاملا از بین می‌برد و بجای دسترسی به مجموع آب مصرف شده امکان دسترسی به اطلاعات ذخیره شده در حافظه در پایان هر روز تا بیش از یک سال از تاریخ قرائت به صورت روزانه وجود دارد و به این ترتیب می‌توان الگوی مصرف را نیز مورد ارزیابی و یا تغییر تعرفه قرار داد.این داده ها را می‌توان به صورت خوانش از دور در شبکه خوانش بی سیم (بدون نیاز به قدم زدن یا رانندگی در اطراف محل) یا با استفاده از گوشیهای مجهز به NFC به صورت حضوری اما بدون دخالت چشم انسان، خوانش کرد.

۳-۱۴-۲- تفاوت کنتورهای مکانیکی و مکاترونیکی

کنتورهای آب مکاترونیکی از توربین مولتی جت برای سنجش مقدار جریان سیال بهره می‌گیرند. تفاوت این کنتورها با کنتورهای مکانیکی در روش برداشت اطلاعات از توربین است. در کنتور مکانیکی سیال با عبور از داخل محفظه پروانه ای را به گردش در می‌آورد، گردش پروانه با یک آهن ربا به مجموعه دنده ها منتقل شده و با ضریب ثابت تبدیل به واحد حجم می‌شوند. از آنجا که رفتار سیال در سرعت های متفاوت در توربین، رفتاری خطی نیست، کنتورهای مکانیکی دارای خطای قابل پیش بینی است که به منحنی خطا مشهور است. همچنین به واسطه نیروی لازم برای به گردش در آوردن چرخ دنده ها و تضعیف آهن ربا به جهت جذب ذرات آهنی معلق در آب دستگاه به تدریج شروع به شمردن کمتر از مقدار واقعی (Under registration) می کند. اما در کنتورهای مکاترونیکی خوانش حرکت پروانه توسط مدول الکترونیکی انجام می پذیرد و سرعت سیال در محاسبات مورد توجه قرار می‌گیرد لذا این دستگاه ها منحنی خطا ندارند و از دقت بهتری برخوردارند. همچنین به علت حساسیت بسیار بالا و رفتار دیجیتال از دقت خوانش، با جذب ذرات معلق کاسته نخواهد شد و دستگاه به علت حذف قطعات مکانیکی مستهلک شونده عمر بیشتری بدون از دست دادن دقت خواهد داشت. همچنین صدای کمتری در مقایسه با کنتورهای مکانیکی تولید می‌شود. قابلیت اندازه‌گیری جریانهای بسیار کم سرعت از دیگر مزایای این نوع کنتورها است.

- مشخصات کلی کنتور آب الکترونیکی با قابلیت خوانش از راه دور
- دقت بالا و عملکرد قابل اطمینان (کلاس D در همه ظرفیت ها)
- نمایش کلیه داده بر روی LCD
- قابلیت خوانش از راه دور از روش‌های: W-MBUS، NFC،LCD
- قابلیت اندازه‌گیری ارسال و نمایش دمای آب
- اندازه‌گیری و نمایش سرعت لحظه ای حرکت آب

- ذخیره سازی اطلاعات تا ۴۰۰ روز به صورت روزانه در حافظه دستگاه
- قابلیت خوانش بدون تماس تمامی اطلاعات گذشته با استفاده از گوشی مجهز به NFC بدون تماس
- قابلیت اندازه‌گیری حجم و سرعت سیالات
- دقت نمایش میلیمتر
- دوام طولانی (۱۵ سال) بدون ایجاد خطا در اندازه‌گیری
- عدم وجود گیربکس مکانیکی
- هشدار وجود نشتی روی نمایشگر و به صورت بیسیم
- هشدار احتمال یخ زدگی کنتور روی نمایشگر و به صورت بیسیم
- منحنی افت فشار کنتور آب سامانه تفکیک آب
- منحنی افت فشار کنتور الکترونیکی آب
- مشخصات فنی کنتور آب الکترونیکی Mechatrone
- مصرف انرژی / منبع تغذیه: باتری لیتیومی با عمر ۸ سال
- بازه اندازه‌گیری: ۱:۲۰۰
- بیشینه مقدار قابل نمایش: ۹۹۹٬۹۹۹٬۹۹۹
- تعداد رقم اعشار بعد از ممیز: ۳ رقم
- دقت: ±٪ ۱،۶ در فاصله Qmax و Qt
- اطلاعات و ثبت خطاها: آخرین خطا به همراه نوع و تاریخ ثبت آن و مدت زمانی که خطا پایدار بوده است (ساعت شمار)
- کلاس حفاظتی: IP68
- دمای محیط: ۵ – تا ۵۵درجه سانتیگراد
- کلاس فشار: PN16 (PN25 optional)
- دمای سیال: Tmax = 90 °C
- پروتکل ارتباط بدون تماس: NFC
- پالس شمار در سامانه تفکیک مصرف
- شمارنده پالس (شکل ۳-۱۷)



شکل ۳-۱۷- پالس شمار HGC (شمارنده پالس) در تفکیک مصرف آب

۳-۱۴-۳- پالس شمار HGC

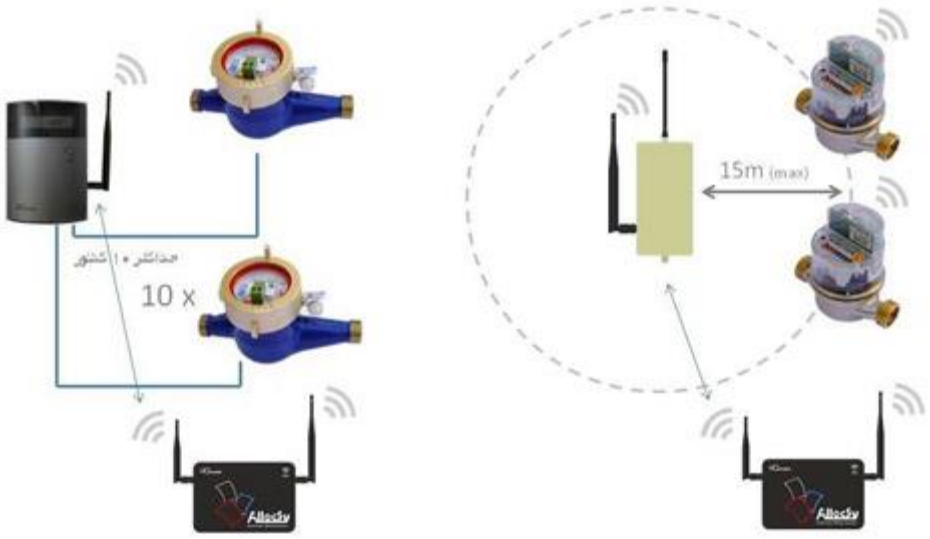
پالس شمار ها نوعی سخت‌افزار ارتباطی است که ورودی پالس را از کنتور آب دریافت می‌کند و اطلاعات مصرف را از روش‌های ارتباطی مختلف به پردازشگر مرکزی ارسال می کند.

پالس شمار HGC در دو نوع معمولی که عموماً برای کنتورهای آب و گاز استفاده و پالس شمار HGC ریلی (داخل تابلو برق) که برای ارتباط با کنتورهای برق کوچک عرضه می‌شوند. همچنین این شمارنده های پالس در دو مدل HGC 4 و HGC 10 قابل ارائه است.

پالس شمار HGC ۱۰ قابلیت شـــمارش و ذخیره تعداد پالس ذخیره شده از ۱۰ ورودی مختلف با نواخت بیشینه ۱۰۰۰ پـالس در ثانیـه (KHz 1) را داشته و پالس شمار HGC ۴ قابلیت شـــمارش و ذخیره تعداد پالس ذخیره شده از ۴ ورودی مختلف را دارد. مقادیر شمارش شده در شمارنده پالس طبق تنظیمات اولیه به واحد مورد نظر تبدیل شده و با ثبت تـاریخ و زمـان بـه سـرور ارسال می‌شوند.

شمارنده پالس HGC دارای باتری داخلی قابل شارژ می‌باشد که بطور خودکار در هنگام اتصال به برق شهر شارژ می‌شود و در صورت قطع برق بطور خودکـار در مدار قرار گرفته و دستگاه را قادر می سازد تا ۴۸ ساعت بدون برق شهری به کار ادامه دهد. مقادیر شمارش شده در حافظه داخلی دستگاه به صورت تجمیعی ثبت شـده و با قطع برق یا اتمام باتری پاک نخواهند شد.

در سامانه های قرائت از دور هر یک از منابع پالس با شماره سریال منحصر به فرد نمایندگی شده و در نتیجه به صـورت تفکیکـی قابـل خوانش هستند. به عبارت دیگر ۱۰ کنتور متصل شده به شمارشگر HGC ۱۰ به تفکیک دارای شماره شناسایی بوده و عملا بـه صـورت کنتورهای مجزا قابلیت خوانش از دور خواهند یافت. از پروتکلهایی که دستگاه می‌تواند با انواع مختلف کارت خروجی، خوانش ها را بر بستر آنها ارسال کند می‌توان به M-bus، W-mbus، Zigbee، RS232، RS485، LON، TCP/IP اشاره نمود.



شکل ۳-۱۸- اتصال کنتور آب بی سیم یا پراب دار در سامانه تفکیک مصرف آب

قابلیت های پالس شمار HGC

- دارای ده ورودی کنتور
- دریافت پالس ورودی به دو صورت Active و Passive
- ذخیره اطلاعات خوانده شده بر روی EEPROM
- امکان تعریف تعرفه قیمت برای کنتور و محاسبه بهاء
- ذخیره تعرفه ۳ گانه مجزا برای کنتورهای برق (کم باری و پرباری)
- ارسال خوانشها روی سرور از طریق درگاه Ethernet
- قابلیت اتصال به انواع کنتورهای دارای خروجی پالس
- قابلیت تبدیل واحد پالس به هر واحد سنجش
- دارای باتری پشتیبان

مشخصات فنی پالس شمار HGC

- منبع تغذیه ۲۳۰ ولت AC
- مصرف انرژی روی برق W 16.0
- ثبت آخرین خطا به همراه نوع و تاریخ ثبت آن و مدت زمانی که خطا پایدار بوده است (ساعت شمار)

- وردی های پالس Active یا Passive
- دمای محیط بین -۱۰ تا ۶۵ ^{o}C با ولتاژ حداکثر ۴۸ ولت ورودی
- کلاس حفاظتی IP44
- فرکانس پالس ورودی تا یک کیلوهرتز با فیلتر قابل تنظیم
- پردازشگر مرکزی سامانه تفکیک مصرف آب (شکل۳-۱۹)

شکل ۳-۱۹- دستگاه پردازشگر مرکزی سامانه تفکیک مصرف آب

۳-۱۴-۴- پردازشگر مرکزی مصرف Allocsy

پردازشگر مرکزی مصرف Allocsy یک سامانه خاص با عملکردی منحصر به فرد است که شامل سخت افزار و نرم افزار دریافت و ذخیره کننده اطلاعات مصرف برق بخش های مختلف ساختمان می‌باشد و وظیفه دیگر این سامانه صدور قبوض آب مصرفی تفکیک شده برای هر بخش است.

پردازشگر مرکزی مصرف Allocsy در کنار سایر اجزای تشکیل دهنده سامانه های تفکیک کننده مصرف آب در ساختمان نصب می‌گردد و همواره با کنتورها از طریق دستگاه های شمارنده پالس بدون نیاز به سیم کشی ارتباط برقرار می کند و اطلاعات مصرفی هر شمارنده را دریافت و تحلیل می‌نماید.

به طور کلی می‌توان قابلیت های زیر را برای پردازشگر مرکزی در یک سامانه تفکیک مصرف آب برشمرد:

- دارای خروجی تصـــویری HDMI به صورت نـمودار از مصرف روزانه، هفتگی و ماهانه ساختمان
- دارای خروجی تصـــویری VGA به صورت نـمودار از مصرف روزانه، هفتگی و ماهانه ساختمان
- قابلیت ارتباط با نرم افزار آندروید برای گزارش گیری کاربران، ارتباط با چاپگر بی سیم، ارتباط با اینترنت در صورت نیاز
- قابلیت ارتباط با اینترنت به صورت بی سیم

- ارتباط با کنتورها به صورت بی سیم
- ارسال و دریافت پیامک
- قابلیت گزارش گیری از طریق پیامک
- صدور قبض توسط چاپگر لیزری به صورت بی سیم ارائه گزارش های دوره ای بر روی مانیتور در سامانه تفکیک مصرف (شکل ۳-۲۰)
- قابلیت دسترسی به اطلاعات مصرف از طریق نرم افزار اندورید (شکل ۳-۲۱) کاربران از طریق نرم افـزار آنـــدروید که به رایـــگان در اخـتیار آنها قرار می‌گیرد، قادر خواهند بود در هر لحـــظه عدد مصرفی اندازه‌گیری شده توسط کنتورها را خوانش نموده و در بازه های زمانی دلخواه گزارش گیری کنند همچنین به بایگانی قبض‌ها دسترسی پیدا نمایند.

شکل ۳-۲۰- صدور قبض توسط چاپگر لیزری به صورت بی سیم

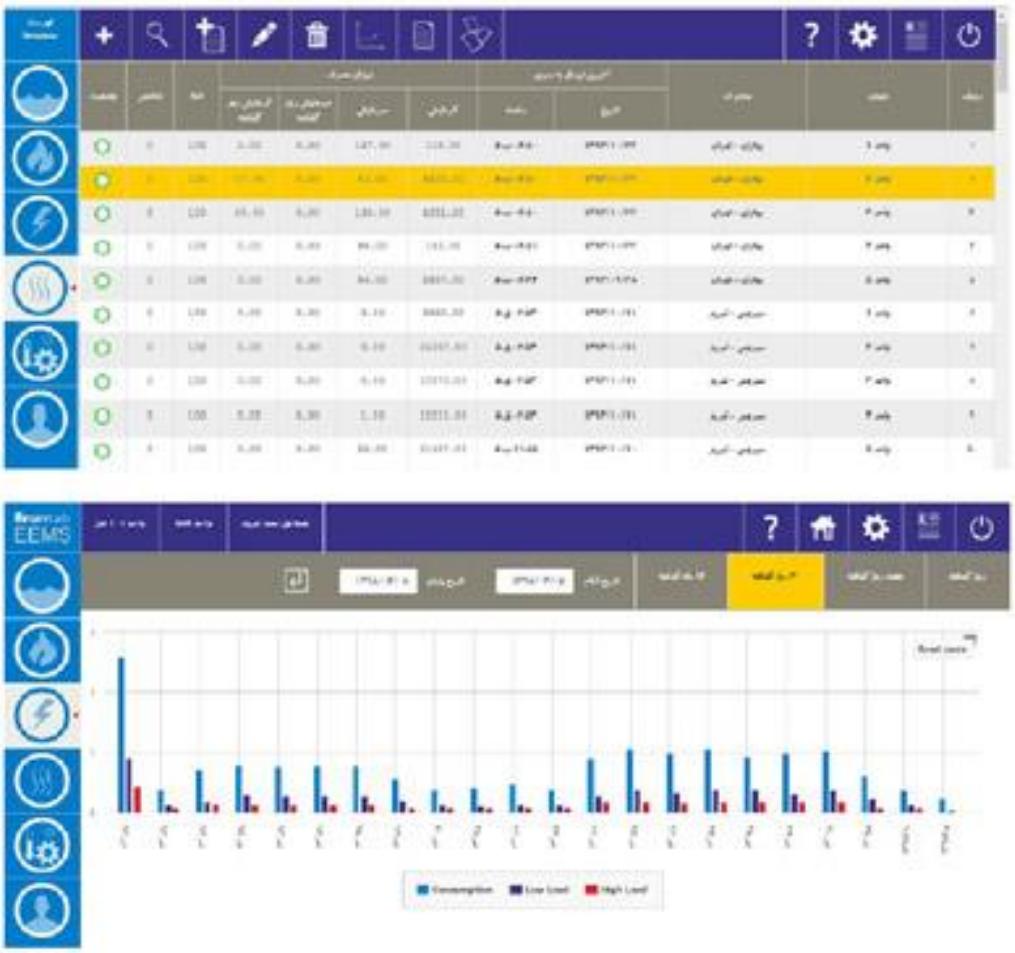
شکل ۳-۲۱- دسترسی به اطلاعات مصرف از طریق نرم افزار اندورید

۳-۱۴-۵- سامانه تحت وب EEMS

سامانه تحت وب EEMS که از طریق اینترنت در دسترس کاربران است، یک سامانه اینترنتی است که دیتا های مصرف واحد ها و بخش های مختلف ساختمان که پیش از این توسط سامانه تفکیک کننده مصرف آب از کنتور آب جمع‌آوری شده را به تفکیک نمایش می‌دهد. هر کاربر و مشترک می‌تواند با در اختیار داشتن گذرواژه خود با ورد به پایگاه اینترنتی، به تاریخچه‌ی مصرف آب در آپارتمان خود دسترسی داشته باشد و در هر بازه دلخواه از مصرف خود گزارش گیری کند.

در کنار این سامانه تفکیک مصرف آب و امکاناتی که پردازشگر مرکزی الوکسی در اختیار مدیریت سیستم و کاربران قرار می‌دهد یک پایگاه اینترنتی نیز برای ارائه اطلاعات و گزارش های لحظه ای از مصرف کاربران پیش بینی شده است.

شکل ۳-۲۲ نمایی از نرم افزار تحت وب سامانه تفکیک مصرف را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۲۲- نمایی از نرم افزار تحت وب سامانه تفکیک مصرف

۳-۱۵- راهنما و روش‌های کاهش مصرف آب در اماکن آموزشی، دانشگاهی و دولتی

۳-۱۵-۱-روش‌های بهینه سازی مصرف آب:

۱- اقدامات قانونی و کنترلی، ۲- اصلاحات ابزاری (استفاده از انواع تجهیزات و ابزار آلات کاهنده مصرف آب با فناوری نوین)، ۳-اصلاح تاسیسات و تجهیزات بهداشتی، ۴- اصلاحات رفتاری (فرهنگ سازی)

۳-۱۵-۲- اقدامات قانونی و کنترلی

-طرح نصب برچسب راندمان مصرف آب بر روی ادوات آب که از قبیل انواع شیر آلات آب، سردوش های حمام، ماشین لباس ، کولر های آبی و فلاش تانک ها

-تعرفه و نقش آن در بهینه سازی مصرف آب: قیمت گذاری آب و تعیین تعرفه ی مناسب و دریافت هزینه ی تمام شده ی آب تولیدی ازدیگر اقدامات موثری است که باعث حفاظت از منابع آبی تلقی میشود . به طور متوسط تنها ۳۰تا ۲۵ درصد از مجموع هزینه ها از مردم دریافت میشود که این وضعیت سبب مصرف بی رویه آب و تنزل جایگاه و ارزش واقعی این نعمت الهی شده است .که این قیمت گذاری باعث تنظیم الگوی مصرف و افزایش وبازده

اقتصادی خواهد شد . از اثرات مثبت افزایش قیمت آب میتوان به ترغیب و تشویق شهروندان به استفاده از تجهیزات و شیر آلات کاهنده ی مصرف آب نام برد به گونه ای که پرداخت هزینه ی این تجهیزات کم مصرف توسط خانواده ها دارای توجیه‌اقتصادی شده و استفاده از آن ها در سطح جامعه تبلیغ و ترویج میگردد. از ضروری ترین گام ها در حفظ منابع بهینه سازی مصرف تدوین مقررات و قوانین مرتبطه است که این امر علاوه بر تاثیر گذار تر نمودن مجموعه ی اقدامات فرهنگی در تسریع اصلاحات ابزاری و تجهیزاتی که در کاهش مصرف موثرند نقش به سزایی ایفا خواهد نمود.

- وجود مقرراتی همچون مبحث ۱۶ مقررات ملّی ساختمان و اصلاحات لازم در فواصل زمانی مختلف و مشخص در راستای اعمال سیاست های مدیریت مصرف و بهبود رویه های اجرای تاسیسات بهداشتی ساختمان و وجود پیکره عظیم مهندسی کشور در قالب سازمان نظام مهندسی ساختمان همه و همه ظرفیت های بالقوه ای هستند که با ایجاد ساز و کار مناسب و تدوین فرآیند کارآمد طراحی-اجرا و نظارت در بهینه سازی مصرف در سطح جامعه کمک می کنند .رعایت مفاد و مجموعه مقررات مبحث ۱۶ از قبیل عایق بندی لوله ها و مخازن آب گرم، رعایت فواصل لوله گذاری و ترویج استفاده از سیستم ۳ لوله ای (جریان آب گرم برگشتی) تاثیرات عمده ای در کاهش مصرف داشته است.

۳-۱۵-۳- انواع تجهیزات و ابزار آلات کاهنده مصرف آب با فناوری نوین

با استفاده از تجهیزات کاهنده می‌توانیم نقش به سزایی در صرفه جویی مصرف آب داشته باشیم.

الف) سردوش های کم مصرف: کاهش شدت جریان مصرفی بدون این که تاثیری در کارآیی سیستم داشته باشد یکی از راهکارهای کاهش مصرف آب می‌باشد که بدین منظور می‌توان از دوش های کم مصرف و یا نصب محدودکننده های جریان آب بر روی خط ورودی سود جست.

حدود ٪۳۰ از کلمصارف خانگی را حمام تشکیل می‌دهد. سردوش های معمولی آبی بیشتر از نیاز واقعی مصرف کننده را ارائه میدهند. مدت زمان طولانی استحمام و تعداد دفعات استحمام و بالا بودن شدت جریان خروجی آب از سردوشهای معمولی باعث مصرف آب بیشتری در این بخش می‌شود و جوان ترها مدت زمان زیادی زیر دوش می مانند. در سردوش کم مصرف با استفاده از یک اریفیس داخلی می‌توان جریان مصرفی را ۶ تا ۹ لیتر در دقیقه کاهش داد.

ب) فلاش تانک های دو مرحله ای کم مصرف (دوال) :که استفاده از آن ها به عنوان یک استاندارد ملی می‌تواند در بهینه سازی مصرف آب مطرح گردد. قابل ذکر است که در حال حاضر استفاده از فلاش تانک های کم مصرف که نسبت به نوع پرمصرف آن بیش از ۷۵ درصد صرفه جویی در مصرف آب دارد، در دسترس می‌باشد.

فلاش تانک های دو مرحله ای کم مصرف (۳ تا ۶لیتری) نسبت به نوع پر مصرف بیش از ٪۷۵ صرفه جویی در مصرف آب ایجاد خواهد کرد در دسترس می‌باشد. این فلاش تانک ها حجم آب کمتری را با فشار در هر بار تخلیه آزاد می کند. فلاش تانک های پرحجم و یا معیوب در توالت می‌توانند روزانه ۴۰ تا ۱۰۰ لیتر آب را هدر دهند. فلاش تانک های معمولی ۱۳ الی ۲۰ لیتر در هر فلاش ۵بار در روز استفاده می‌شود که حدود ۶۵ الی ۱۰۰لیتر آب تصفیه شده استفاده می‌گردد. که همه این آب به فاضلاب تبدیل میشود بنابر این با کاهش مصرف آب در این

زمینه ضمن صرفه جویی در سرمایه گذاری های مختلف میتوان موجبات کاهش تولید فاضلاب را نیز فراهم ساخت.

کاهش حجم فلاش تانک های حجیم

برای این منظور دو آجر را از پوشش پلاستیکی یا نایلونی می پوشانیم و آنرا در داخل فلاش تانک جهت کاستن از حجم فلاش تانک قرار می دهیم بطوریکه اختلالی در مکانیزم فلاش تانک ایجاد ننماید حجم اشغال شده توسط این قطعه آجر باعث صرفه جویی در مصرف آب در فلاش تانک معمولی تا حدود ۲۰ لیتر در روز می‌شود.

روش کنترل نشت در فلاش تانک ها

ماده ی رنگی را داخل مخزن فلاش تانک میریزیم ماده رنگی ظرف مدت ۳۰دقیقه از محل نشت پدیدار می‌شود. قطعات مختلف توالت از نظر ساییدگی- خوردگی و یا شکستگی باید کنترل شوند. فلاش تانکهایی که نشتی دارند آب را به داخل کاسه ی توالت هدر داده و در نتیجه سطح آب را در فلاش تانک پایین آورده و سبب می‌شوند شناور باعث باز شدن شیر ورودی شده و دائم اب تازه وارد فلاش تانک گردیده و آب هدر میرود.

ج) محدود کننده جریان آب (رگلاتور): که در شیر روشویی، حمام، آشپزخانه و سردوش ها قابل استفاده می‌باشد. عملکرد این وسیله به گونه ای است که بدون توجه به مقدار فشار آب، همواره دبی ثابتی را از خود عبور می‌دهد و با استفاده از آن می‌توان ۲۰ تا ۳۰ درصد از مصرف آب کاست.

د) درفشان (پرلاتور): ساده ترین، اثربخش ترین و همچنین کم هزینه ترین وسیله کاهش مصرف آب، تعویض سرشیرها و مجهز نمودن شیرآلات به درفشان های کاهنده مصرف می‌باشد که این قطعه باعث کاهش ۳۰ تا ۴۰ درصدی در مصرف آب می‌شود.

مجهز نمودن شیر آلات به درفشانهای کاهنده ی مصرف آب است که این قطعه شامل صفحات مشبک و دارای روزنه هایی برای مکش هوا می‌باشد. آب هنگام خروج از از شیر با هوا مخلوط شده و حباب های هوا آب را کف آلود میکند.که این حالت طراوت خاصی به آب میدهد و در اصل مصرف آب راکم می کند. با استفاده از درفشان ۳۰ تا ٪۴۰ در مصرف آب کاهش ایجاد خواهد شد.

فواید استفاده از درفشان:

۱. یکنواخت و ملایم کردن جریان آب
۲. کنترل پاشیدن آب به اطراف و با مخلوط کردن هوا با آب
۳. صرفه جویی در مصرف آب
۴. کاهش مصرف انرژی برای تولید آب گرم

اهرمی دو مرحله ای و تک مرحله-الکترونیکی و فوتو الکترونیک – فشاری زمان دار (شیر قطع اتوماتیک)

با نصب این تجهیزات در محل های مصرف آب نظیر دست شویی ، توالت ، حمام و ظرف شویی ها حدود ۷۰ تا ٪۸۰ آب میتواند کاهش مصرف داشته باشد.

ه) شیر الات اهرمی دو مرحله ای و تک مرحله ای

در روشویی و آشپزخانه و دوش سختی در تنظیم دمای آب در شیر های دو محوره باعث هدر روی قابل توجهی آب می‌شود. با استفاده از شیر های اهرمی به تعداد دفعات قطع و وصل آب نیاز به تنظیم سردیو گرمی آب نمی‌باشد. در این شیر ها امکان تنظیم دبی و دما به صورت همزمان وجود دارد. از ویژگی این شیرها قطع سریع آب است و تا ٪۳۰ از میزان مصرف آب میکاهد. در این نوع شیر با حرکت دادن اهرم به بالا یا پایین میزان شدت جریان آب قابل تنظیم است.

و) استفاده از شیر الات فوتو الکتریک

شیر هایی هستند که به حسگر های چشمی مجهز بوده و بدون تماس دست قادر به قطع و وصل جریانآب می‌باشند. و از قابلیت بهداشتی بالایی برخوردارند و تا ٪۷۰ باعث صرفه جویی در مصرف آب و انرژی در مقایسه با شیر های معمولی می‌گردند و از طرفی به دلیل مجهز بودن این شیر ها به زمان سنج هایی مانع از جریان یافتن مداوم آب به مدت نامحدود می‌شود.

ز) شیر های فشاری زماندار

به گونه ای هستند که پس از فشار آوردن بر روی دسته ی شیر جریان آب برای مدت زمان مشخصی برقرار شده و از مغزی آن بالا می آید و بصورت خودکار قطع می‌شود. و برای برقراری مجدد دسته ی شیرمجددا باید فشار داده شود. این شیرها در مکان های عمومی نظیر: ادارات ، پادگان ها ، مساجد، مدارس،رستورانها و.... بسیار موثر بوده و قابلیت صرفه جویی به میزان ٪۶۰ را دارد.

ح) شیر های پدالی

استفاده از شیر توسط پدالی که در سطح زمین و کنار شیر تعبیه شده انجام می‌گیرد. ساده بودن تکنولوژی و هزینه نگهداری پایین از جمله ویژگی‌های این شیر ها می‌باشد. و موارد استفاده آن در مدارس ، بیمارستان ها، پادگان ها ، مساجد و رستورانها. بوده و کاملاً بهداشتی است.

شیر های ترموستاتیک : جهت جلوگیری از عمده مصرف و اتلاف آب در حمام ها و روشویی بخصوص زمستان مربوط به تنظیم دمای مطلوب آب موقع شستن دستها و استحمام است جهت کاهش مصرف آب در این مواقع از این شیرها استفاده می‌شود که توان تنظیم دمای آب با یک اهرم و تنظیم فشار با اهرم دیگر صورت می‌گیرد.

۳-اصلاح تاسیسات و تجهیزات بهداشتی

استفاده از از کنتور مجزا و تفکیک سازی: از مهمترین دغدغه های شرکت آب و فاضلاب اندازه گیری میزان مصرف آب مشترکین که بر اساس میزان مصرف واقعی خود آب بهای مصرفی را پرداخت نماید می باشد . به همین منظور بحث کنتورهای مستقل آپارتمانی و تفکیک سازی با هدف اصلی ایجاد انگیزه برای کاهش مصرف در بین مصرف کنندگان این گونه مجتمع ها و کاهش هزینه های پرداختی و جلوگیری از حساب تصاعدی آب بها مطرح می باشد .در صورتی که هر مصرف کننده یا هر واحد مصرف کننده از مقدار واقعی مصرف خود آگاه باشد احتمال اینکه با استفاده از مشوق هایی مصرف خود را کاهش دهد بیشتر است و استفاده از کنتورهای مجزا ۱۰ الی ۳۵ درصد مصرف آب را کاهش می‌دهد.

تصفیه فاضلاب و بازچرخانی و استفاده ی مجدد از آب فاضلاب تصفیه شده: پساب های ناشی از آب مصرفی در شستن لباس، وان، دوش و روشویی ۵۰ تا ۸۰ درصد از فاضلاب را تشکیل می دهد که به آن فاضلاب یا آب خاکستری اطلاق می گردد .که می توان با هزینه‌ی کم آن را در محل تصفیه و مورد استفاده ی مجدد قرار داد. موارد استفاده از آب و فاضلاب تصفیه شده برای فلاش تانک‌ها، آبیاری فضای سبز و ... کاربردی است.

اصلاح و طراحی مجدد سیستم لوله کشی ساختمان و محوطه آن : لوله کشی ساختمان از حیث طراحی و اجرا و نیز انتخاب مصالح از اهمیت به سزایی برخوردار است. استفاده از لوله های مقاوم در برابر خوردگی و رسوب پذیری و دارای مقاومت مکانیکی و شکل پذیری بالا و مقاوم در برابرضربه وحرارت می تواند ضمن حفظ بنای ساختمان از نشتی های احتمالی از شبکه داخلی ساختمانها و محوطه آنها را به صورت جدی کاهش دهد. همچنین انتخاب نوع سیستم طراحی شبکه ی داخلی از حیث تامین فشار کافی و کاهش فشار مازاد بالاخص در ساختمانهای دارای ارتفاع زیاد از طریق ایجاد مخازن طبقاتی در کاهش نشتی و مصرف و افزایش عمر شیر آلات و تاسیسات بهداشتی ساختمان موثر می باشد. تجهیزاتی ساخته شده که با نصب آن به شیر آشپزخانه یا دوش می توان دبی مصرفی را اندازه گیری و نمایش داد و بدین ترتیب مشترکین با دانستن میزان مصرف آب می توانند تاثیر اقدامات خود را در کاهش مصرف مشاهده و در صورت امکان تلاش خواهد کرد .هربار نسبت به دفعات قبل آب کمتری مصرف کند.

۳-۱۵-۴- اصلاحات رفتاری (فرهنگ سازی):

- استفاده از ماشین های لباسشویی و ظرفشویی کم مصرف در منازل و خوابگاه‌ها با توجه به برچسب مصرف آب و انرژی آن.

-کاهش زمان استحمام: ۳۰ درصد از مصرف سرانه افراد مربوط به استحمام است که صرفه جویی آن بسیار اهمیت دارد . لذا موقع شامپو و شستن مو های سر و بدن با مواد شوینده از باز گذاشتن شیر آب خودداری شود. اصلاح رفتاری و ترک عادات غلط مثل باز گذاش(قطع سریع جریان آب دوش) در کاهش مصرف آب موثر است.

شرکت مهندسی

ایمن سازه گستر آذر

(شماره ثبت:۹۹)

تاریخ:۹۷/۴/۱۰

شماره:۱۵۵/ن/۹۷

پیوست: ندارد

بسمه تعالی

ریاست محترم دانشگاه تبریز

موضوع:گزارش عملیات نشت یابی

با سلام

احتراما به استحضار می رساند پس از بررسی شبکه توزیع آب شرب دانشگاه تبریز،شواهدی مبنی بر وجود نشت مشاهده نگردید.با تشکر

با احترام

مدیر عامل

فصل چهارم:

نتایج و بحث

۴-۱- محدوده مورد مطالعه

دانشگاه تبریز به خواست عمومی مردم در سال ۱۳۲۶ با دو دانشکده ادبیات و پزشکی کار خود را آغاز نمود و در سال ۱۳۴۶، دانشگاه تبریز در مکان کنونی بنا گردید. در حال حاضر کل مساحت تخصیص داده شده برای ساختمان‌ها و فضاهای آموزشی دانشگاه در حدود ۳۲۳،۸۹۵ متر مربع می‌باشد.

کمپ دانشگاه تبریز با دارا بودن ۶۰۰ هکتار مساحت، فضای سبز بسیار دلنشین و بیش از ۵۰ هزار اصله درخت در محیطی آرام و با امکاناتی همچون بازارچه دانشجویی، نانوایی، خشکشویی، دفتر پستی، عکاس خانه، مسجد، کانون های فرهنگی و هنری، سینما، نمایشگاه های دایمی، موزه های ارزشمند، استادیوم و سالن های ورزشی مجهز، آژانس مسافرتی، مرکز بهداشت، مرکز مشاوره، داروخانه، مهد کودک، باغ گیاهشناسی و... همچون شهری کوچک همه امکانات و تسهیلات لازم را درخود فراهم نموده است.

در این پروژه سایت اصلی دانشگاه تبریز در مختصات ۴۲۱۳۳۲۹ و ۶۱۶۷۲۹ مورد مطالعه می‌باشد. شکل ۴-۱ موقعیت دانشگاه تبریز در شهر تبریز رانشان می‌دهد.

شکل ۴-۱- موقعیت دانشگاه تبریز در شهر تبریز

۴-۲- بررسی و پیمایش محدوده مورد مطالعه

جهت انجام مطالعات فوق با توجه به اهداف تحقیق، محدوده مورد مطالعه مورد پیمایش و بازدیدهای مختلف میدانی قرار گرفت که به شرح ذیل است:

دانشگاه تبریز در کل ۲۰ عدد کنتور آب ورودی دارد که از این تعداد ۸ عدد در سایت شهرک امام، ۱ عدد در خوابگاه ولیعصر، ۱ عدد در مجتمع واقع در خیابان امام خمینی (خ منصور) و ۱۰ عدد در داخل محوطه دانشگاه تبریز نصب شده است.

با توجه به اینکه تعداد ۱۰ کنتور محوطه دانشگاه تبریز مد نظر مطالعات است، در مورخ ۹۷/۴/۱۷ از موقعیت و مکان ۱۰ عدد کنتور محوطه دانشگاه تبریز بازدید به عمل آمد. تصاویر بازدید، اطلاعات مربوط به کنتورها و موقعیت کنتورها در جدول ۴-۱ و شکل های ۴-۲ نشان داده شده است.

شکل ۴-۲- تصاویر کنتورهای دانشگاه تبریز

جدول ۴-۱- مشخصات کنتورهای واقع در سایت اصلی دانشگاه تبریز

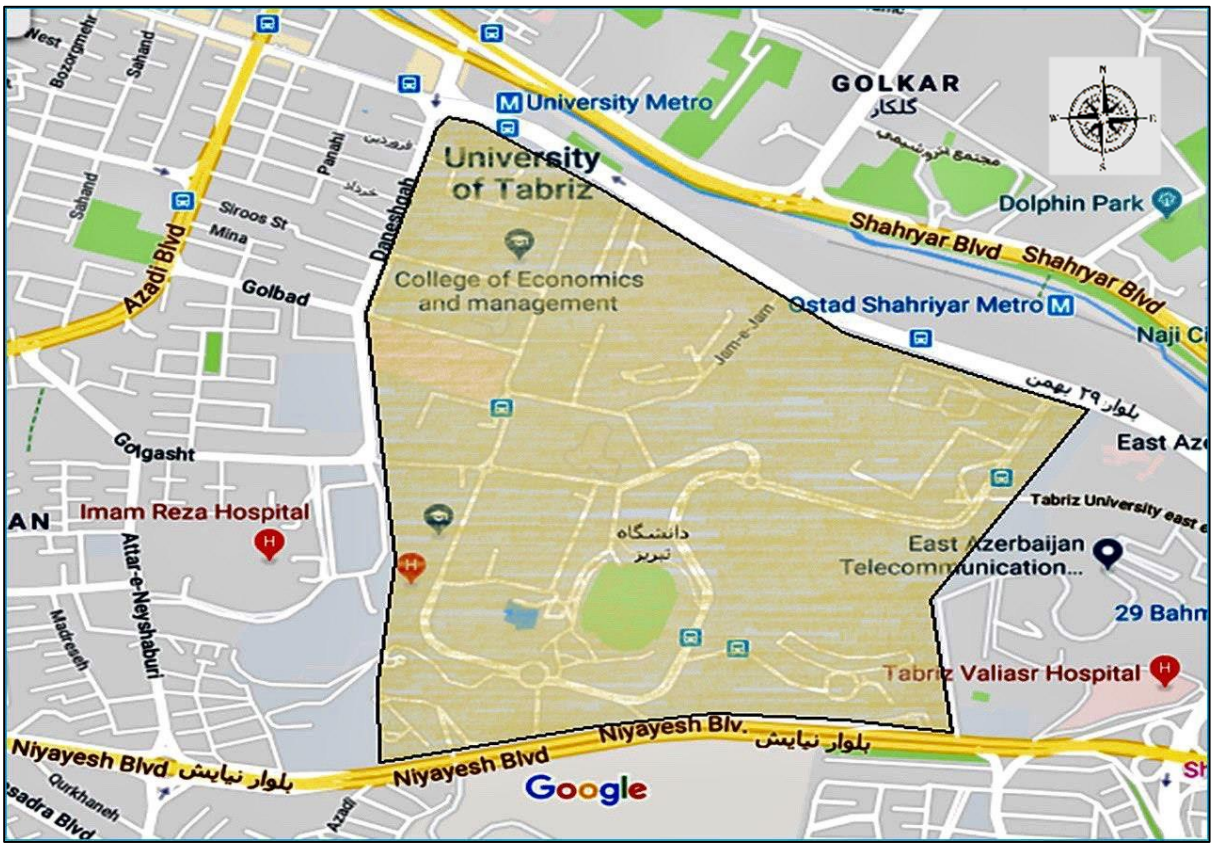
محل	نام اشتراک	شماره اشتراک	شماره بدنه	تاریخ نصب	کاربری	قطر (اینچ)	ظرفیت	متوسط مصرف	مختصاتX	مختصاتY	توضیحات	شماره GPS
دانشگاه روبروی آشپزخانه	دانشکده فنی	۱۰۱۰۰۵	۴۱۶۷۸	۹۴/۱۰/۱۲	دولتی	۳	۴۱۸۲	۳۹۶۰	۶۱۶۷۷۵	۴۲۱۳۳۷۹	از آب این سه کنتور استفاده های غیر متعارف انجام می‌گرفت، کنتور داخلی تصب شد.	۳۵۶
دانشگاه روبروی آشپزخانه	کوی دانشگاه	۱۰۱۰۴۶	۶۴۱۲۷۹	۹۴/۱۰/۱۲	دولتی	۱-½	۴۲۳۲	۳۵۴۰	۶۱۶۷۷۵	۴۲۱۳۳۷۹	یکی از این سه کنتور تعویض خواهد شد.	۳۵۶
دانشگاه روبروی آشپزخانه	کوی دانشجویان	۱۰۱۰۴۷	۴۵۰۹۹۳	۹۴/۱۰/۱۲	دولتی	۱-½	۸۰۲	۷۲۰	۶۱۶۷۷۵	۴۲۱۳۳۷۹	-	۳۵۶
جلوی درب اصلی دانشگاه	سایت قدیمی دانشگاه	۱۰۱۰۱۱	۰۱۸۳۵۲	۴۵/۰۷/۲۱	دولتی	۲	۸۰۶	۹۳۰	۶۱۶۷۳۴	۴۲۱۳۶۷۳	دارای فشارسنج می‌باشد.	۳۵۵
جلوی درب اصلی دانشگاه	کوی دختران دانشگاه	۱۰۱۰۱۲	۰۰۰۲۷۴	۹۳/۰۹/۲۰	دولتی	۴	۱۴۱۷۴	۱۴۰۴۰	۶۱۶۷۳۴	۴۲۱۳۶۷۳	بیمارستان و دانشگاه علوم پزشکی از این کنتور استفاده می‌کند.	۳۵۵
بغل نگهبانی روبروی حوزه علمیه	دانشگاه تبریز	۱۰۱۱۱۱	۲۹۴۹۰	۵۰/۰۵/۰۳	دولتی	۳/۴	۸	-	۶۱۷۶۲۹	۴۲۱۳۱۷۸	استفاده ی غیر مجاز شهرداری از آب این کنتور.	۳۵۳

محل	نام اشتراک	شماره اشتراک	شماره بدنه	تاریخ نصب	کاربری	قطر (اینچ)	ظرفیت	متوسط مصرف	مختصاتX	مختصاتY	توضیحات	شماره GPS
روبروی حوزه علمیه ساخت و تولید	ساختمان تولید دانشگاه	۱۰۱۱۰۵	۵۰۰۱۲	۷۷/۱۰/۰۶	دولتی	۲	۱۷۳۷	۱۶۸۰	۶۱۷۴۷۸	۴۲۱۳۲۳۰	فعلا استفاده نمی‌شود.	۳۵۴
زعفرانیه	کتابخانه مرکزی دانشگاه	۹۲۳۳۵	۹۳۰۶۹	۸۵/۰۲/۰۱	عمومی	۱-½	-	۱۲۰	۶۱۷۰۲۴	۴۲۱۱۹۶۶	-	۳۶۳
کوی استادان مجتمع هشتاد و دو واحدی	مجتمع مشکونی کوی استادان دانشگاه	۱۰۱۰۵۵	-	۶۷/۰۳/۱۸	خانگی	۳	-	۲۲۵۰	۶۱۶۹۴۴	۴۲۱۳۱۵۳	تعویض خواهد شد.	۳۶۱
جلوی درب زعفرانیه	خوابگاه شهدا	۱۰۱۰۰۶	۱۵۰۰۰ ۱۱۴	۷۸/۰۶/۳۰	دولتی	۳	۴۹۱۸	۱۰۰۵۰	۶۱۷۴۷۴	۴۲۱۲۳۶۲	تعویض خواهد شد. برای پر کردن مخزن استفاده می‌شود.	۳۶۲

۴-۳- مطالعه موردی: شبکه توزیع آب شهری دانشگاه تبریز

دانشگاه تبریز یکی از دانشگاه‌های دولتی وابسته به وزارت علوم، تحقیقات و فناوری می‌باشد که در شهر تبریز واقع است. بخشی از محوطه شمالی پردیس اصلی دانشگاه، منطقه سرسبزی است که به‌عنوان باغ گیاه‌شناسی مورداستفاده است. در جنوب فضای موردنیاز برای توسعه آتی دانشگاه پیش‌بینی شده است و ساختمان کتابخانه مرکزی در این محوطه به بهره‌برداری رسیده است. قسمت‌های جنوبی و شمالی پردیس اصلی دانشگاه با احداث کمربندی میانی تبریز به دو قسمت تقسیم شد که توسط یک پل روگذر به همدیگر ارتباط دارند. در حال حاضر کل مساحت تخصیص داده‌شده برای ساختمان‌ها و فضاهای آموزشی دانشگاه در حدود ۳۲۴ هزار مترمربع می‌باشد. همچنین پردیس خلعت پوشان دانشگاه تبریز در حدفاصل شهرک یاغچیان تا سه‌راهی شهرک خاوران در امتداد جاده باسمنج قرار داشته و محل دانشکده‌های دامپزشکی و کشاورزی و نیز دام‌پروری می‌باشد. این دانشگاه شامل ۲۲ دانشکده بوده و در کل دارای ۲۹ قطب علمی و مجتمع آموزشی است. دانشگاه تبریز در سال ۱۳۲۶ به‌عنوان دومین دانشگاه قدیمی ایران پس از دانشگاه تهران بنیان نهاده شد و هم‌اکنون با حدود ۲۴,۰۰۰ نفر دانشجو و حدود ۹۰۰ نفر هیئت‌علمی و ۲۰۰ آزمایشگاه تخصصی و عمومی، بزرگ‌ترین مرکز علمی در شمال غرب ایران است.

در این مطالعات، شبکه آب شرب بخشی از دانشگاه تبریز که در شکل (۴-۳) مشخص شده است، مدل‌سازی و تحلیل می‌شود. بخش موردمطالعه دانشگاه تبریز با جمعیت حدودی ۱۵۵۰۰ نفر دانشجو، ۵۹۰ نفر هیئت‌علمی، ۸۱۰ نفر کارمند و ۳۸۰۰ نفر دانشجوی ساکن در خوابگاه، دارای ۵۲ ساختمان بوده (۴۸ ساختمان متعلق به دانشگاه تبریز، ۳ ساختمان متعلق به دانشگاه علوم پزشکی تبریز و ۱ ساختمان متعلق به بخشی از بیمارستان شهید مدنی تبریز) که آب شرب این ساختمان‌ها از طریق ۹ کنتور ورودی به شبکه آب دانشگاه تبریز تأمین می‌شود و هزینه مصرفی آب این ساختمان‌ها توسط دانشگاه تبریز پرداخت می‌گردد.

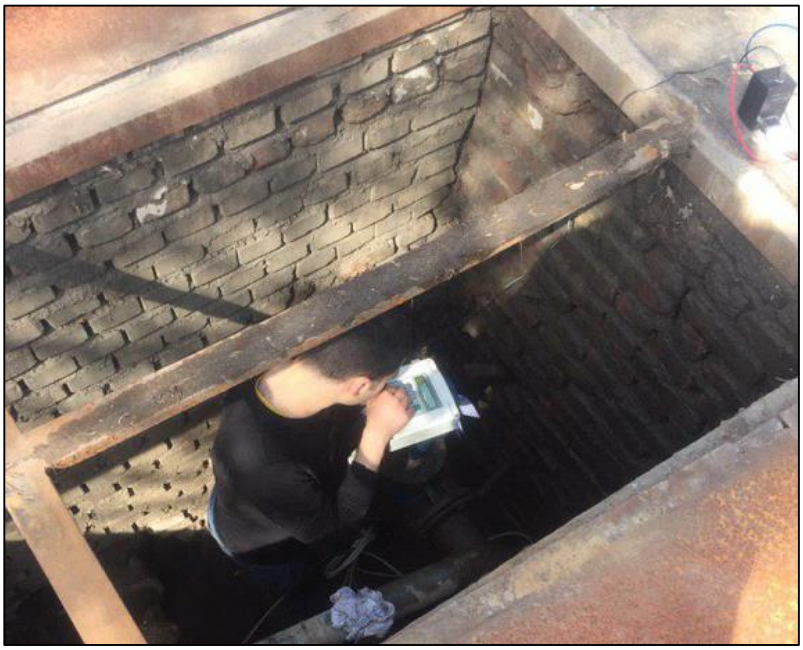


شکل ۴-۳- بخش موردمطالعه دانشگاه تبریز

۴-۴- مدل‌سازی شبکه آب شرب دانشگاه تبریز

اولین قدم در مدل‌سازی شبکه توزیع آب رسم شبکه در محیط نرم‌افزار است. در همین راستا طی جلساتی که با اداره امور فناوری دانشگاه تبریز صورت گرفت، مشخص شد که نقشه شبکه توزیع آب دانشگاه تبریز تاکنون رسم نشده است و تنها نقشه موجود، نقشه شبکه آب سایت قدیمی دانشگاه مربوط به سال ۱۳۶۲ می‌باشد. بدین منظور، برای تهیه نقشه‌های به‌روز شبکه آب شرب دانشگاه، پیمایش و بررسی‌های میدانی با هماهنگی و همکاری کارکنان محترم اداره امور فناوری صورت پذیرفت. همچنین در طی جلساتی که با سازمان آب و فاضلاب منطقه ۴ تبریز برگزار شد، ورودی‌های شبکه دانشگاه، شیرهای فشارشکن در شبکه‌های ورودی دانشگاه و منابع اصلی تأمین آب شرب مشخص شد.

شکل ۴-۴- نشست زمین در اثر ترکیدن لوله آب، نمونه‌ای از خرابی‌های مکرر در شبکه موردمطالعه (آذر ۱۳۹۷، جنب آزمایشگاه خاک دانشگاه تبریز)

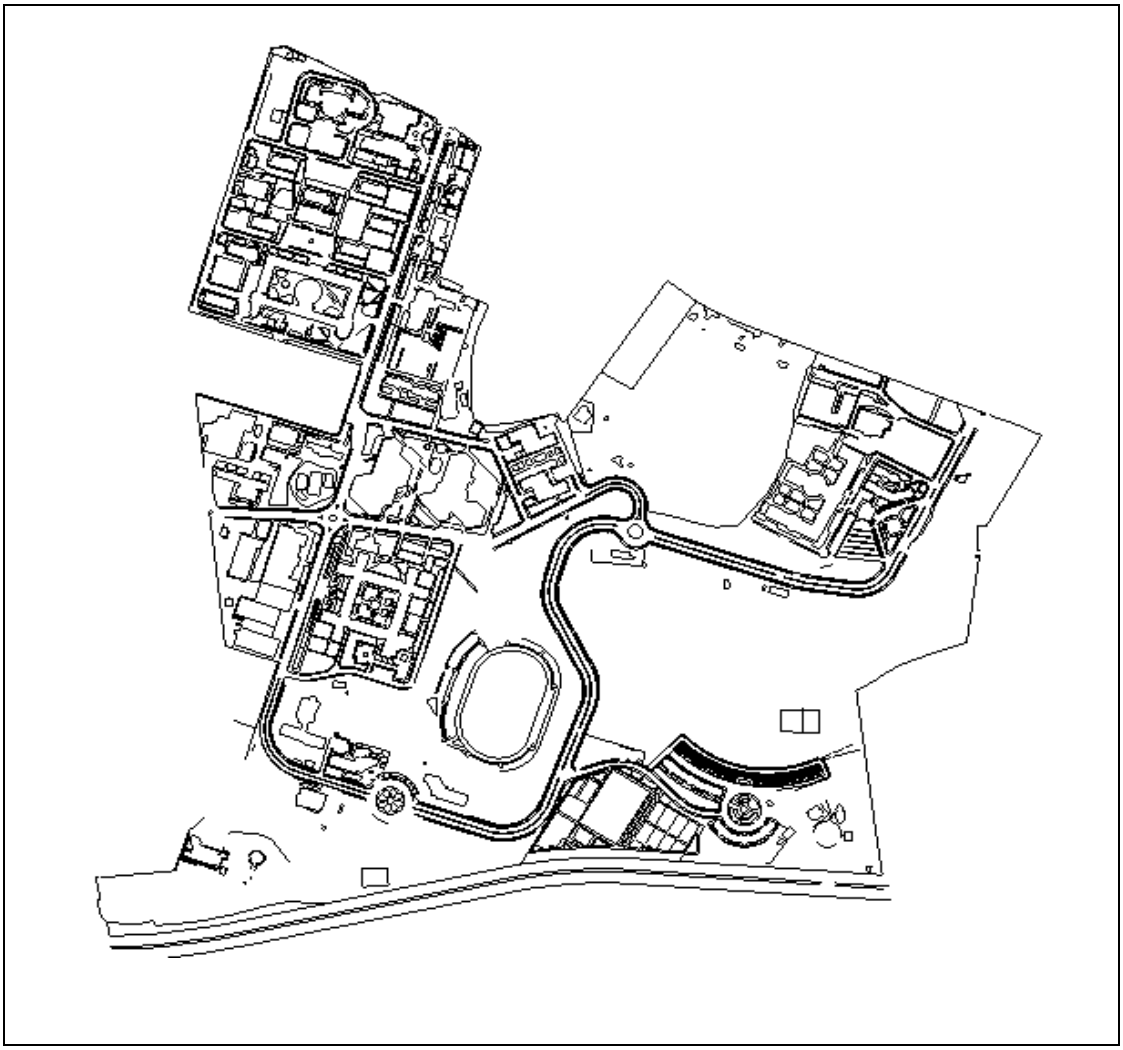


شکل ۴-۵- دبی سنجی با دستگاه فلومتر در نقاط موردنیاز در شبکه

در ادامه با هماهنگی اداره امور فنی، شبکه آب شرب دانشگاه به‌صورت دستی بر روی نقشه دانشگاه تبریز با لحاظ جزئیات شبکه از قبیل جنس و قطر لوله‌ها، مشخصات کنتورها، محل قرارگیری شیرهای قطع و وصل جریان و شیرهای فشارشکن رسم شد. سرانجام این شبکه بر روی نقشه کلی دانشگاه تبریز که توسط امور فنی در نرم‌افزار Autocad تعریف شده بود، اضافه گشت.

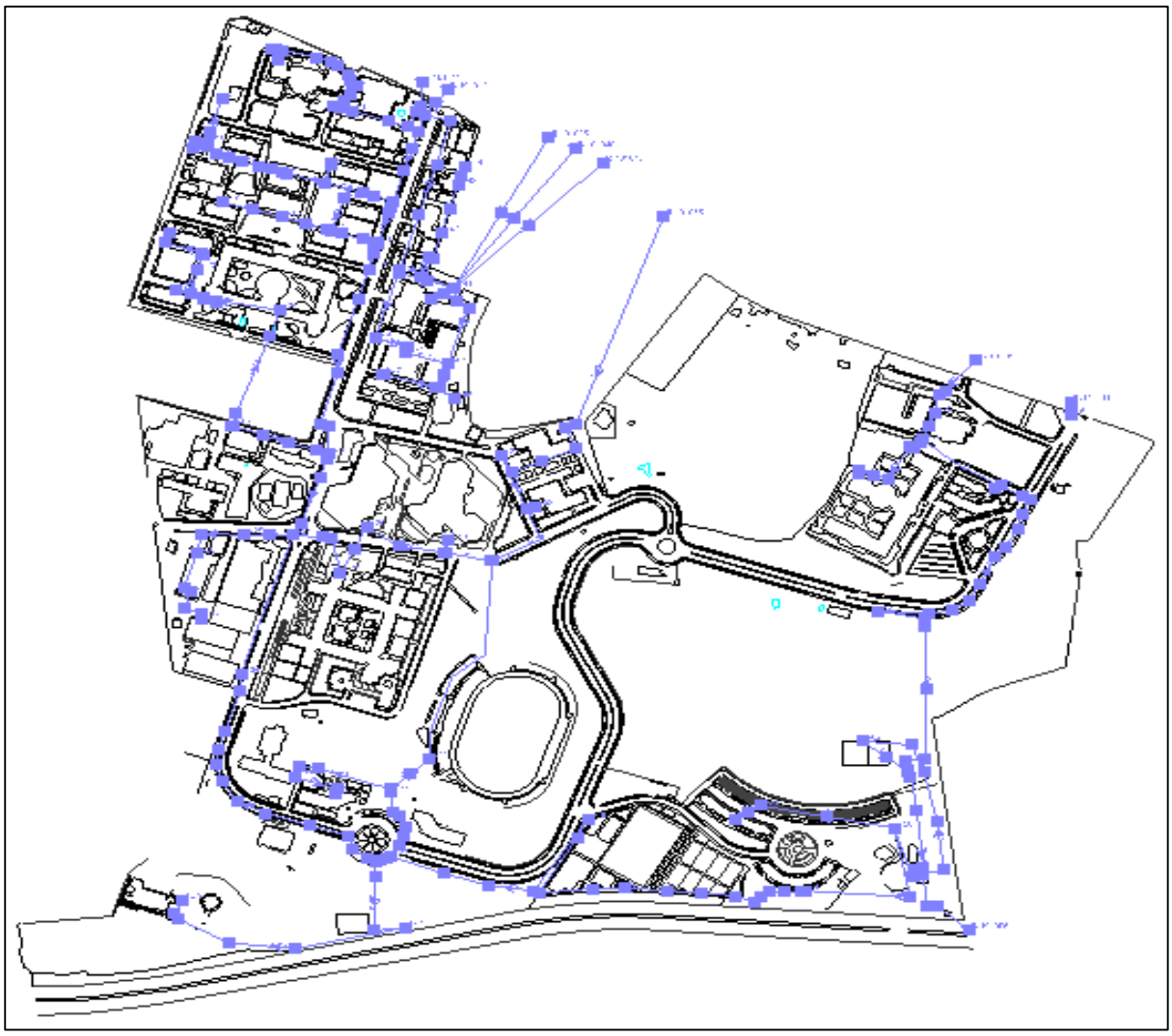
شکل ۴-۶- نقشه شبکه آب شرب دانشگاه تبریز در محیط نرم‌افزار Autocad

در مرحله بعدی، فرمت این نقشه در نرم‌افزار Autocad از dwg. به dxf. تغیر داده شد. سپس در نرم‌افزار WaterGEM از قسمت Background layers، فرمت dxf. نقشه دانشگاه تبریز اجرا شد. در این حالت نقشه رسم شده در اتوکد به‌صورت تصویر زمینه در نرم‌افزار WaterGEMS وارد می‌شود و طراحی شبکه را در این نرم‌افزار ملموس‌تر کرده و به طراح در تعیین محل قرار گرفتن عناصر (لوله‌ها، گره‌ها و ...) کمک می‌کند.



شکل ۴-۷- نقشه دانشگاه تبریز در محیط نرم‌افزار WaterGEMS

هندسه شبکه بارها مورد تجدیدنظر قرار گرفته و به‌روزرسانی شد (به‌روزرسانی شده در تیر ماه ۱۳۹۸). درنهایت یک شبکه با ۷۳ لوله، ۶۵ گره، ۹ منبع ورودی آب و ۱ مخزن ذخیره (برای مدل‌سازی رویکرد مدیریت مصرف کنتورها) مطابق شکل (۴-۸) تشکیل یافت و یک شبکه دیگر با ۸۹ لوله، ۸۶ گره، ۱ منبع ورودی آب و ۱ مخزن ذخیره (برای مدل‌سازی رویکرد مدیریت فشار و هزینه) مطابق شکل (۴-۹) رسم شد.



شکل ۴-۸- نمای شماتیک شبکه طراحی‌شده شبکه آب دانشگاه تبریز (سناریو مدیریت مصرف کنتورها)

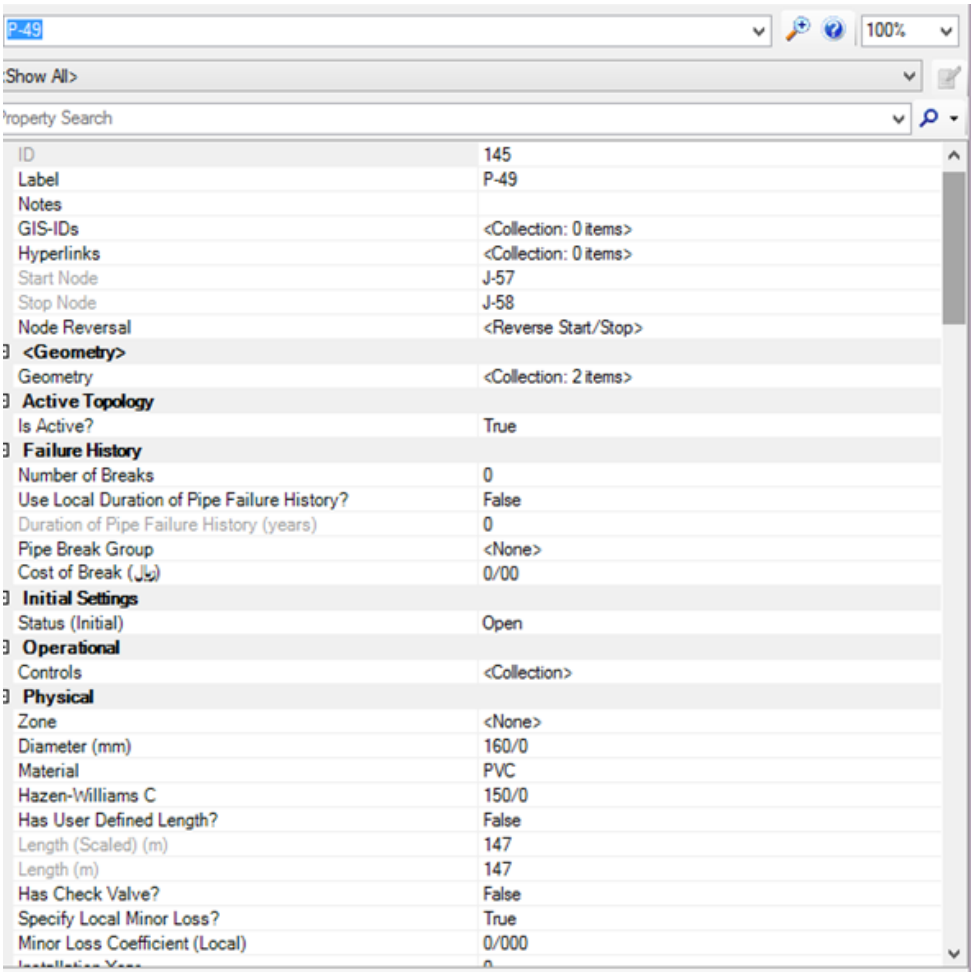
شکل ۴-۹- نمای شماتیک شبکه طراحی‌شده شبکه آب دانشگاه تبریز (سناریو مدیریت فشار و هزینه)

۴-۵- واردکردن اطلاعات جمع‌آوری‌شده در نرم‌افزار WaterGEMS

۴-۵-۱- طول لوله‌ها

در نرم‌افزار WaterGEMS، هنگام رسم شبکه، لوله‌ها با مقیاسی که خود نرم‌افزار آن را با نقشه dxf فایل اتوکد تطبیق می‌دهد، رسم می‌شوند. درنتیجه طول لوله‌ها به‌صورت خودکار توسط نرم‌افزار، با توجه به مقیاس فایل dxf، محاسبه می‌گردند.

برای واردکردن طول لوله‌ها به‌صورت دستی در صورت نیاز، در بخش "Physical" در قسمت "Has user defined length?" گزینه "True" را انتخاب کرده و در قسمت "Length (User defined)" طول لوله را وارد می‌کنیم. در این مطالعه، طول لوله‌ها بر اساس مقیاس انتخابی، به‌صورت خودکار محاسبه شده‌اند.



شکل ۴-۱۰- منوی واردکردن اطلاعات مربوط به لوله‌ها در نرم‌افزار WaterGEMS

۴-۵-۲- قطر لوله‌ها

برای واردکردن قطر لوله‌ها بر روی لوله موردنظر دو بار کلیک کرده تا منوی مربوط به اطلاعات لوله باز شود. در بخش "Physical" در قسمت "Diameter"، قطر لوله برحسب میلی‌متر وارد می‌شود.

۴-۵-۳-جنس لوله‌ها

برای واردکردن جنس لوله‌ها، بر روی لوله موردنظر دو بار کلیک کرده تا منوی مربوط به اطلاعات لوله باز شود. در بخش "Physical" با انتخاب گزینه مربوط به جنس لوله‌ها، با عنوان "Material"، می‌توان جنس لوله را تعیین کرد.

مقدار ضریب هیزن-ویلیامز، توسط خود نرم‌افزار و به‌صورت خودکار بر اساس جنس انتخابی لوله، برداشت می‌شود. اطلاعات مربوط به لوله‌ها در جدول (۴-۲) آورده شده است.

جدول ۴-۲- مشخصات لوله‌ها در سناریو مدیریت مصرف کنتورها

Label	Length (Scaled)(m)	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C
P-1	144	110.0	Ductile Iron	150.0
P-2	72	110.0	PVC	150.0
P-3	159	110.0	PVC	150.0
P-4	41	110.0	Ductile Iron	130.0
P-5	145	110.0	Ductile Iron	130.0
P-6	133	110.0	Ductile Iron	130.0
P-7	88	110.0	Ductile Iron	130.0
P-8	63	110.0	Ductile Iron	130.0
P-9	40	110.0	Ductile Iron	130.0
P-10	66	110.0	Ductile Iron	130.0
P-11	72	90.0	Galvanized iron	120.0
P-12	71	110.0	Ductile Iron	130.0
P-13	121	110.0	Ductile Iron	130.0
P-14	61	110.0	Ductile Iron	130.0
P-15	66	110.0	Ductile Iron	130.0
P-16	87	110.0	Ductile Iron	130.0
P-17	44	110.0	Ductile Iron	130.0
P-18	314	110.0	Ductile Iron	130.0
P-19	142	110.0	Ductile Iron	130.0
P-20	197	110.0	Ductile Iron	130.0

P-21	157	90.0	PVC	150.0
P-22	60	90.0	PVC	150.0
P-23	99	90.0	PVC	150.0
P-24	140	160.0	PVC	150.0

ادامه جدول ۱-۱۴ مشخصات لوله‌ها در سناریو مدیریت مصرف کنتورها

Label	Length (Scaled)(m)	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C
P-25	67	160.0	PVC	150.0
P-26	92	110.0	PVC	150.0
P-27	136	110.0	PVC	150.0
P-28	111	160.0	PVC	150.0
P-29	82	160.0	PVC	150.0
P-30	138	160.0	PVC	150.0
P-31	85	160.0	PVC	150.0
P-32	140	90.0	PVC	150.0
P-33	106	110.0	PVC	150.0
P-34	233	250.0	PVC	150.0
P-35	462	250.0	PVC	150.0
P-36	120	160.0	PVC	150.0
P-37	151	40.0	PVC	150.0
P-38	69	40.0	PVC	150.0
P-39	72	160.0	PVC	150.0
P-40	345	160.0	PVC	150.0

P-41	130	40.0	PVC	150.0
P-42	82	40.0	PVC	150.0
P-43	31	40.0	PVC	150.0
P-44	24	90.0	PVC	150.0
P-45	202	90.0	PVC	150.0
P-46	108	90.0	PVC	150.0
P-47	523	250.0	PVC	150.0
P-48	299	250.0	PVC	150.0

ادامه جدول ۱-۱۴ مشخصات لوله‌ها در سناریو مدیریت مصرف کنتورها

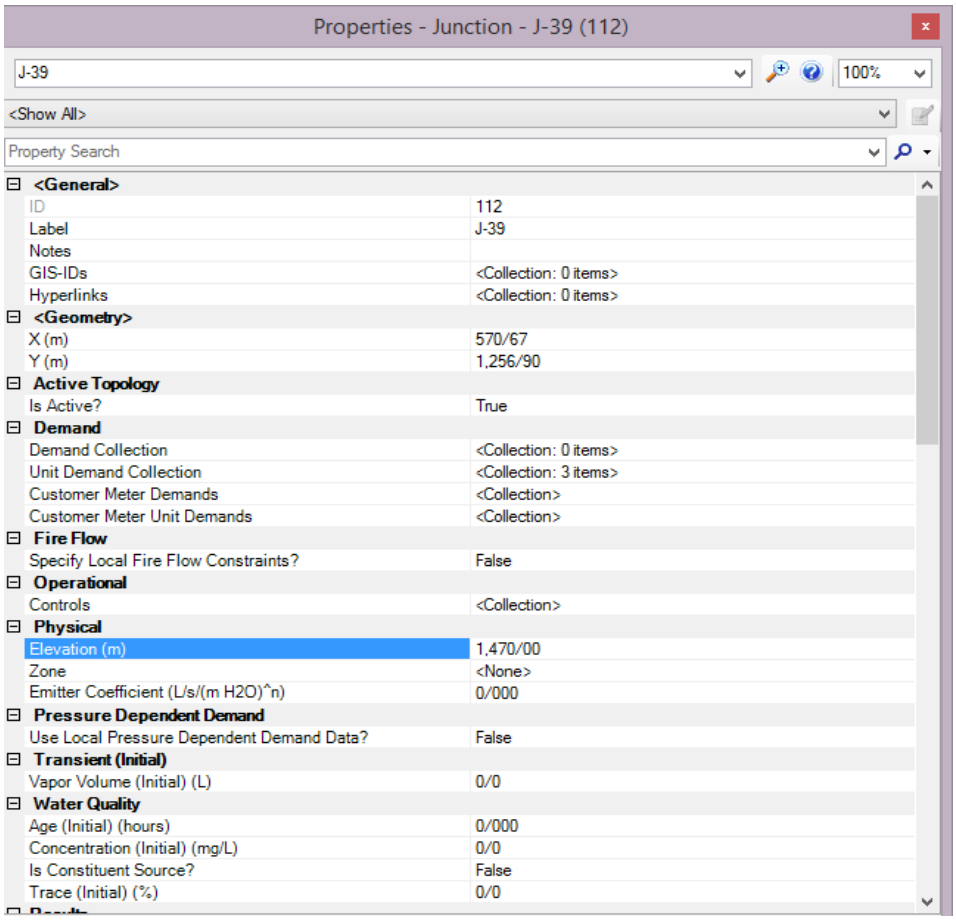
Hazen-Williams C	Hazen-Williams C	Hazen-Williams C	Hazen-Williams C	Hazen-Williams C
P-49	147	160.0	PVC	150.0
P-50	305	250.0	PVC	150.0
P-51	336	110.0	PVC	150.0
P-52	370	110.0	PVC	150.0
P-53	47	63.0	PVC	150.0
P-54	136	63.0	PVC	150.0
P-55	130	110.0	PVC	150.0
P-56	292	110.0	Ductile Iron	130.0
P-57	110	90.0	Ductile Iron	130.0
P-58	61	110.0	PVC	150.0
P-59	178	40.0	PVC	150.0
P-60	365	40.0	PVC	150.0

P-61	80	150.0	Ductile Iron	130.0
P-62	47	110.0	Ductile Iron	150.0
P-63	51	40.0	Ductile Iron	150.0
P-64	47	40.0	Ductile Iron	150.0
P-65	194	110.0	Ductile Iron	150.0
P-66	104	63.0	Ductile Iron	150.0
P-67	427	160.0	Ductile Iron	150.0
P-68	80	250.0	PVC	130.0
P-69	345	250.0	PVC	130.0
P-70	53	160.0	PVC	130.0
P-71	20	40.0	PVC	150.0

۴-۵-۴- کد ارتفاعی گره‌ها

برای واردکردن کد ارتفاعی گره‌ها، بر روی گره موردنظر دو بار کلیک کرده تا منوی مربوط به اطلاعات گره باز شود. در بخش "Physical" در قسمت "Elevation"، ارتفاع گره از سطح آب‌های آزاد برحسب متر وارد می‌شود.

ازآنجایی‌که نقشه توپوگرافی دانشگاه تبریز دارای نواقص بسیار بود، برای پیدا کردن کد ارتفاعی گره‌ها، با استفاده از دستگاه موقعیت‌یاب جغرافیایی، کد ارتفاعی تمامی گره‌ها سنجش و اندازه‌گیری شده و در نرم‌افزار وارد شد. در مدل طراحی‌شده برای بهینه‌سازی مصرف کنتورها، کد ارتفاعی کنتورها برابر کد ارتفاعی مخزن اصلی (واقع در جاده ایل گلی) و در مدل طراحی‌شده برای بهینه‌سازی فشار، کد ارتفاعی کنتورها همان مقدار واقعی ارتفاع در آن نقطه می‌باشد. کد ارتفاعی مخزن موجود در داخل دانشگاه با ۲ واحد اضافه (ارتفاع آب در مخزن) وارد می‌شود.



شکل ۴-۱۱- منوی واردکردن اطلاعات مربوط به گره‌ها در نرم‌افزار WaterGEMS

۴-۵-۵- مصارف گره‌ها

۴-۵-۵-۱- تعیین مصرف سرانه و الگوهای مصرفی برای منطقه موردمطالعه

مصرف سرانه به‌عنوان واحد مصرف و نیاز آبی محسوب می‌شود. مصرف روزانه مردم بسته به سطح زندگی آن‌ها تغییر می‌کند. مصرف سرانه در فصل‌ها، ماه‌ها و روزهای گوناگون سال متغیر بوده و در طول روزهای تابستان بیشتر از زمستان می‌باشد. در شهرهای بزرگ که توجه مردم به بهداشت و پاکیزگی بیشتر است، مصارف سرانه نیز بیشتر می‌باشد. منطقه مورد مطالعه به‌عنوان یک محیط آموزشی، اداری و خانگی (خوابگاه‌های دانشجویی، کوی استادان و ...)، نیازمند تعیین جداگانه مصرف سرانه برای هر یک از کاربری‌ها است.

در این مطالعه مصرف آب دانشگاه تبریز طبق منطبق بر الگوی مصرفی شهر تبریز در نظر گرفته می‌شود درنتیجه با توجه به مواردی که در فصل قبل بدان پرداخته شد و همچنین جمعیت شهر تبریز، سرانه مصرف آب خانگی ۱۴۰ لیتر بر نفر بر روز و میزان مصرف سرانه عمومی، ۱۰ درصد مصرف سرانه خانگی که برابر ۱۴

لیتر بر نفر بر روز خواهد بود، در نظر گرفته می‌شود. ازآنجایی‌که آب موردنیاز فضای سبز دانشگاه تبریز از طریق آب غیر آشامیدنی تأمین می‌شود، سرانه فضای سبز لحاظ نمی‌گردد؛ بنابراین مجموع اجزای سرانه مصرف برابر ۱۵۴ لیتر بر شبانه‌روز بر نفر خواهد بود. از طرفی با توجه به منطقه آب‌وهوایی شهر تبریز، ضریب (C_1) برابر ۱,۷ و ضریب (C_2) برابر ۲ در نظر گرفته می‌شود. درنتیجه حداکثر مقدار سرانه مصرفی آب در دانشگاه تبریز برابر ۲۶۰ لیتر بر شبانه‌روز بر نفر در نظر گرفته شده و بر این اساس طراحی و تحلیل صورت می‌پذیرد.

برای تعریف کردن گروه‌های مصرفی در نرم‌افزار WaterGEMS، گزینه Components را از نوار ابزار انتخاب کرده و در قسمت Unit demands، ۸ گروه مصرفی را تعریف می‌کنیم و مقدار آب مصرفی برای هر گروه را طبق جدول (۴-۳) تعیین می‌نماییم. در همان گزینه Components، قسمت Patterns را انتخاب کرده و برای هر یک از گروه‌های مصرفی، الگوی زمانی مصرف مخصوص به خود ایجاد می‌کنیم. نمودار این الگوهای زمانی در پیوست آورده شده است.

۸ گروه مصرفی معرفی‌شده به همراه الگوهای مصرفی‌شان عبارت‌اند از:

- مسجد (Masque) با الگوی زمانی (Masque)
- غذاخوری‌ها (Restaurants) با الگوی زمانی (Restaurants)
- هیئت‌های علمی (Professors) با الگوی زمانی (Collage)
- دانشجویان (Students) با الگوی زمانی (Collage)
- کارکنان و کارمندان (Employees) با الگوی زمانی (Departments)
- خوابگاه‌ها (Dormitories) با الگوی زمانی (Student Dormitories)
- استخر و مجموعه ورزشی (Gymnasium) با الگوی زمانی (Gymnasium) و (Pool Water Change)
- کوی استادان (Ostadan alley) با الگوی زمانی (Ostadan alley)

جدول ۴-۳- محاسبه میزان مصرف آب برای هر یک از گروه‌های مصرفی در دانشگاه

گروه مصرفی	مصارف موجود	مصرف طبق سرانه ۱۵۰ لیتر	ضریب مدت کاربری	مصرف کل طبق سرانه ۲۶۰ لیتر با لحاظ ضریب مدت کاربری
مسجد	آشامیدن	۵	۲/۲۴	۵,۰۴ لیتر
	دستشویی	۳۰		
غذاخوری‌ها	پخت‌وپز	۱۰	۸/۲۴ (یک وعده)	۱۴,۴۳ لیتر
	ظرف‌شویی	۱۵		

هیئت‌های علمی	آشامیدن	۵	۸ / ۲۴	۲۰,۲۱ لیتر
	دستشویی	۳۰		
دانشجویان	آشامیدن	۵	۸ / ۲۴	۲۰,۲۱ لیتر
	دستشویی	۳۰		
کارکنان و کارمندان	آشامیدن	۵	۸ / ۲۴	۲۰,۲۱ لیتر
	دستشویی	۳۰		
استخر و مجموعه ورزشی	حمام	۵۰	۱ (یک‌بار حمام)	۸۶,۶۶ لیتر
خوابگاه‌ها	تمامی مصارف	۱۵۰	۲۰ / ۲۴	۲۱۷ لیتر
مجتمع مسکونی کوی استادان	تمامی مصارف	۱۵۰	۱	۲۶۰ لیتر

جمعیت گره‌ها

جمعیتی که در هر گره وارد می‌شود، طبق آماری که از اداره امور فناوری دانشگاه تبریز گرفته شده است، تحت محاسباتی قرار می‌گیرد تا مقدار نزدیک به واقعیت جمعیت به دست بیاید. این ضرایب و محاسبات و مقدار جمعیت در هر گره، در جدول (۴-۴) آمده است.

جدول ۴-۴- جمعیت مصرف‌کننده آب در هر گره

گره	نوع مصرف	اعضای هیئت‌علمی	اعضای غیرعلمی	دانشجو	توضیحات
J-1	دانشکده کشاورزی	۷۷	۵۰	۱۵۷۵	۱۶۷۵=۰/۷۵*۲۲۳۷ ۱۵۷۵ = (۵۰*۲)-۱۶۷۵ ۱۰۰ نفر دیگر در دو آزمایشگاه کشاورزی محاسبه می‌شود.
J-2	مسجد دانشگاه	۵۰	۵۰	۲۰۰	آمار میدانی
J-3	دانشکده حقوق و علوم اجتماعی	۳۱	۱۱	۶۳۹	۶۳۹=۰/۷۵*۸۵۱
	دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی	۲۹	۹	۵۵۱	۵۵۱=۰/۷۵*۷۳۴
J-4	انشعاب	۰	۰	۰	-
J-5	انشعاب	۰	۰	۰	-
J-6	دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی	۳۱	۱۶	۴۲۴	۶۳۵ =۰/۷۵*۸۴۶ ۴۲۴ =۰/۶۶*۶۳۵ (۲۱۱ نفر بعدی در گره J-16 آورده شده است)
J-7	دانشکده ادبیات و زبان‌های خارجی	۴۴	۱۴	۶۹۴	۶۹۴=۰/۷۵*۹۲۵
J-8	دانشکده الهیات و معارف	۱۹	۶	۷۰	۷۰=۰/۷۵*۹۳
J-9	آزمایشگاه بتن و خاک و آب عمران	۰	۰	۵۰	۵۰ نفر به‌عنوان تعداد دانشجو از جمع دانشجویان عمران کسر می‌شود و در اینجا لحاظ می‌گردد.
J-10	ساختمان ۹۹ موتورخانه	۰	۱۰ ۵	۰	بررسی میدانی تعداد ۱۰ نفر از تعداد کل حراست کسر می‌شود.

ادامه جدول ۴-۴- جمعیت مصرف‌کننده آب در هر گره

گره	نوع مصرف	اعضای هیئت‌علمی	اعضای غیرعلمی	دانشجو	توضیحات
J-11	دانشکده جدید عمران	۵۰	۲۰	۸۴۲	۹۴۲=۰/۷۵*۱۲۵۶ ۸۴۲ =(۵۰*۲)-۹۴۲ ۱۰۰ نفر در دو آزمایشگاه عمران محاسبه می‌شود.
J-12	انشعاب	۰	۰	۰	-
J-13	دانشکده علوم تربیتی شماره ۲	۰	۰	۲۱۱	۲۱۱=۴۲۴-۶۳۵ باقیمانده دانشکده علوم تربیتی
J-14	دانشکده اقتصاد و مدیریت	۲۳	۱۱	۵۳۹	۵۳۹ =۰/۷۵*۷۱۸
J-15	ساختمان شهدا مدیریت امور آموزشی	۰	۲۰	۰	-
	معاونت آموزشی و تحصیلات تکمیلی	۰	۴	۰	-
	معاونت دانشجویی	۰	۳	۰	-
	مدیریت تحصیلات تکمیلی	۰	۶	۰	-
J-16	دانشکده جدید معماری (ساختمان ۶)	۷	۵	۱۵۰	۱۵۰ =۰/۷۵*۲۰۰ طبق آمار سایت دانشگاه تبریز
J-17	انشعاب	۰	۰	۰	-
J-18	انشعاب	۰	۰	۰	-
J-19	انشعاب ۳ ساختمان علوم پزشکی و بیمارستان مدنی	-	-	-	به دلیل عدم وجود کنتور و آمار و اطلاعات دقیق، مقدار آن نامشخص در نظر گرفته شد. بعد از کالیبره کردن نرم‌افزار و مقایسه نتایج با داده‌های واقعی این مقدار به‌صورت حدودی تعیین می‌شود.

ادامه جدول ۴-۴- جمعیت مصرف‌کننده آب در هر گره

گره	نوع مصرف	اعضای هیئت‌علمی	اعضای غیرعلمی	دانشجو	توضیحات
J-20	دانشکده علوم طبیعی	۳۵	۲۱	۵۸۲	۵۸۲=۰/۷۵*۷۷۶
	دانشکده پیراپزشکی	۱۷	۲۰	۵۰۳	۵۰۳=۰/۷۵*۶۷۰
	دانشکده توان‌بخشی	۲۱	۱۰	۱۸۸	۱۸۸ =۰/۷۵*۲۵۰
	دانشکده علوم نوین پزشکی	۱۰	۱۰	۱۶۵	۱۶۵ =۰/۷۵*۲۲۰
	تالار وحدت	۰	۵	۰	-
	اداره چاپ و انتشارات	۱۱	۰	۰	-
J-21	دانشکده مکانیک	۳۶	۳۰	۹۵۵	۱۰۵۵ =۰/۷۵*۱۴۰۷ ۹۵۵ = (۵۰*۲)-۱۰۵۵ ۱۰۰ نفر در دو آزمایشگاه مکانیک محاسبه می‌شود.
J-22	ساختمان ۷ عمران	۰	۵	۵۰	۵۰ نفر به‌عنوان تعداد دانشجو از جمع دانشجویان عمران کسر می‌شود و در اینجا لحاظ می‌گردد.
J-23	بانک تجارت	۰	۲۰	۰	-
J-24	انشعاب	۰	۰	۰	-
J-25	آزمایشگاه مکانیک	۰	۰	۵۰	۵۰ نفر به‌عنوان تعداد دانشجو از جمع دانشجویان مکانیک کسر می‌شود و در اینجا لحاظ می‌گردد.
J-26	موتورخانه	۰	۱۵	۰	-
J-28	دانشکده شیمی	۴۳	۲۷	۴۴۸	۴۴۸ = ۰/۷۵*۵۹۷
	دانشکده مهندسی شیمی و نفت	۱۰	۵	۱۸۹	۱۸۹ =۰/۷۵*۲۵۲

گره	نوع مصرف	اعضای هیئت‌علمی	اعضای غیرعلمی	دانشجو	توضیحات
J-29	ساختمان مرکزی امور شاهد و ایثارگر	۰	۴	۰	-
	آموزش‌های مجازی و آزاد	۰	۳	۰	-
	مدیریت امور دانشجویی	۰	۴۱	۰	-
	مدیریت تربیت‌بدنی	۰	۱۲	۰	-
	مرکز بهداشت و درمان	۰	۸	۰	-
	مرکز فناوری اطلاعات و خدمات رایانه‌ای	۰	۸	۰	-
	مرکز مشاوره	۰	۶	۰	-
	موسسه تاریخ و فرهنگ ایران	۰	۳	۰	-
	نهاد نمایندگی مقام معظم رهبری در دانشگاه تبریز	۰	۳	۰	-
	سلف دانشگاه علوم پزشکی و تاک	۰	۰	۰	به‌صورت میانگین ۲۰۰۰ پرس غذا طبخ می‌شود.
J-27	انبار و مرکز نوآوری دانشگاه	۰	۱۵	۰	-
J-30	ژیمناسیوم و استخر	۰	۰	۰	حدود ۲۲ دوش در استخر وجود دارد و به‌صورت میانگین روزانه ۶ نوبت تایم استخر هست. ۲۲*۶=۱۳۲ حجم استخر ۱۲۰۰ مترمکعب بوده و سالی دو بار عوض می‌شود. ۱۲۰۰۰۰۰*۲=۲۴۰۰۰۰۰ ۲۴۰۰۰۰۰ لیتر در سال= ۶۵۷۵ لیتر در روز
J-31	انشعاب	۰	۰	۰	-

گره	نوع مصرف	اعضای هیئت‌علمی	اعضای غیرعلمی	دانشجو	توضیحات
J-32	کوی استادان بلوک ۳ و ۴	۰	۰	۰	۸۲ واحد * ۴ نفر = ۳۲۸ ۳۱۲ = ۰/۹۵*۳۲۸ ۱۵۶ نفر ساکن در بلوک ۳
J-33	کوی استادان بلوک ۱ و ۲	۰	۰	۰	۱۵۶ نفر ساکن در بلوک ۴
J-34	ساختمان مرکز نوآوری	۰	۱۵	۰	-
J-35	انشعاب	۰	۰	۰	-
J-36	انشعاب	۰	۰	۰	-
J-37	دانشکده فیزیک	۱۷	۱۵	۴۲۷	۴۲۷ =۰/۷۵*۵۶۹
J-38	دانشکده ریاضی	۴۱	۷	۵۶۴	۵۶۴ =۰/۷۵*۷۵۱
J-39	دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی	۹	۹	۲۴۱	۲۴۱ =۰/۷۵*۳۲۱
J-40	ستاره‌شناسی و پژوهشکده فیزیک	۷	۶	۷۷	۷۷ =۰/۷۵*۱۰۲
J-41	ساختمان حراست	۰	۴۰	۰	تعداد ۴۰ نفر از کارمندان حراست کم شده و در اینجا لحاظ گشت.
J-42	رستوران اساتید	۰	۰	۰	به‌صورت میانگین ۲۰۰ پرس غذا طبخ می‌شود.
J-43	آزمایشگاه ماشین‌آلات کشاورزی	۰	۰	۵۰	۵۰ نفر به‌عنوان تعداد دانشجو از جمع دانشجویان کشاورزی کسر می‌شود و در اینجا لحاظ می‌گردد.
J-44	آزمایشگاه هیدرولیک کشاورزی	۰	۰	۵۰	۵۰ نفر به‌عنوان تعداد دانشجو از جمع دانشجویان کشاورزی کسر می‌شود و در اینجا لحاظ می‌گردد.
J-45	سلف مرکزی دانشگاه و گل‌ها	۰	۰	۰	به‌صورت میانگین ۳۵۰۰ پرس غذا طبخ می‌شود.
J-46	نانوایی	۰	۳	۰	-

گره	نوع مصرف	اعضای هیئت‌علمی	اعضای غیرعلمی	دانشجو	توضیحات
J-47	خوابگاه فجر بلوک ۳	۰	۰	۰	۶۶۵ نفر ساکن =۰/۹۵*۶۹۹
J-48	ورزشگاه بانوان	۰	۰	۴۰	به‌صورت میانگین روزانه ۴۰ نفر استفاده‌کننده دارد.
J-49	خوابگاه شهدا بلوک ۳	۰	۰	۰	۲۶۳ نفر ساکن =۰/۹۵*۲۷۶
J-50	خوابگاه شهدا بلوک ۴	۰	۰	۰	۷۳۳ =۰/۹۵*۷۷۱
J-51	خوابگاه شهدا بلوک ۱	۰	۰	۰	۶۵۵ =۰/۹۵*۶۸۹
J-52	خوابگاه شهدا بلوک ۲	۰	۰	۰	۶۵۸ نفر ساکن =۰/۹۵*۶۹۲
J-53	انشعاب	۰	۰	۰	-
J-54	دانشکده علوم پایه	۱۷	۳	۲۰	۲۰ =۰/۷۵*۲۶
J-56	آزمایشگاه برق	۰	۰	۵۰	۵۰ نفر به‌عنوان تعداد دانشجو از جمع دانشجویان برق و کامپیوتر کسر می‌شود و در اینجا لحاظ می‌گردد.
J-57	آزمایشگاه مکانیک ساخت و تولید	۰	۰	۵۰	۵۰ نفر به‌عنوان تعداد دانشجو از جمع دانشجویان مکانیک کسر می‌شود و در اینجا لحاظ می‌گردد.
J-58	دانشکده برق و کامپیوتر	۶۱	۲۰	۱۱۵۳	۱۲۰۳ = ۰/۷۵*۱۴۰۶ ۱۱۵۳ = ۵۰ – ۱۲۰۳ ۵۰ نفر دیگر در آزمایشگاه برق محاسبه می‌شود.
	دانشکده فناوری‌های نوین	۱۷	۳	۱۱۷	۱۱۷ =۰/۷۵*۱۵۶
	رستوران سلف برق و اساتید	۰	۰	۰	به‌صورت میانگین ۸۰۰ پرس غذا طبخ می‌شود.
J-59	انشعاب	۰	۰	۰	-

گره	نوع مصرف	اعضای هیئت‌علمی	اعضای غیرعلمی	دانشجو	توضیحات
J-55	ساختمان ریاست امور دانشجویان خارجی	۰	۱	۰	-
	دفتر نمایندگی دانشگاه در تهران	۰	۲	۰	-
	بسیج اساتید دانشگاه	۰	۱	۰	-
	پردیس خودگردان ارس و تبریز	۰	۸	۰	-
	معاونت پژوهش و فناوری	۰	۵	۰	-
	معاونت پشتیبانی و توسعه منابع	۰	۲	۰	-
	معاونت فرهنگی و اجتماعی	۰	۱	۰	-
	دبیرخانه مرکزی	۰	۶	۰	-
	دبیرخانه جذب اعضای هیات علمی	۰	۴	۰	-
	دفتر ریاست	۰	۳	۰	-
	گروه ارزیابی، نظارت و تضمین کیفیت	۰	۹	۰	-
	مدیریت امور حقوق و پاسخگویی	۰	۱۰	۰	-
	مدیریت امور فناوری	۰	۶	۰	-
	مدیریت امور فنی و نظارت بر طرح‌های عمرانی	۰	۲۰	۰	-
	مدیریت امور مالی	۰	۳۹	۰	-
	مدیریت حراست	۰	۷۸	۰	۱۲۸-۵۰= ۷۸ ۵۰ نفر در ساختمان‌های دیگر محاسبه شد.
	مدیریت روابط عمومی	۰	۸	۰	-

گره	نوع مصرف	اعضای هیئت‌علمی	اعضای غیرعلمی	دانشجو	توضیحات
J-55	مدیریت امور پژوهشی	۰	۷	۰	-
	مدیریت فرهنگی و اجتماعی	۰	۹	۰	-
	مدیریت منابع انسانی و پشتیبانی	۰	۲۶	۰	-
	مدیریت بودجه، تشکیلات، تحول اداری و بهره‌وری	۰	۱۱	۰	-
	مدیریت همکاری‌های علمی و بین‌المللی	۰	۴	۰	-
J-60	انشعاب	۰	۰	۰	-
J-61	اداره حمل‌ونقل	۰	۱۰	۰	-
J-62	منبع آب	۰	۰	۰	-
J-63	خوابگاه فجر بلوک ۱	۰	۰	۰	۳۴۰*۰/۹۵= ۳۲۳ نفر ساکن
	خوابگاه فجر بلوک ۲	۰	۰	۰	۳۲۸*۰/۹۵= ۳۱۲ نفر ساکن
J-64	نگهبانی	۰	۳	۰	-

***(ضریب ۰,۷۵ برای دانشجویان دانشکده‌ها برای واقعی سازی مقدار جمعیت در نظر گرفته شده است.)**

***(ضریب ۰,۹۵ برای دانشجویان ساکن خوابگاه‌ها برای واقعی سازی مقدار جمعیت در نظر گرفته شده است)**

جدول ۴-۵- اطلاعات مربوط به گره‌ها

Label	Elevation (m)	Demand (L/day)	Hydraulic Grade (m)
J-1	1,444.00	32,553	1,449.45
J-2	1,445.00	1,651	1,449.45
J-3	1,442.00	25,806	1,449.45
J-4	1,450.00	0	1,449.90
J-5	1,449.00	0	1,449.82
J-6	1,447.00	9,571	1,449.81
J-7	1,443.00	15,281	1,449.81
J-8	1,441.00	1,930	1,449.81
J-9	1,442.00	2,032	1,449.81
J-10	1,440.00	305	1,449.81
J-11	1,440.00	16,500	1,449.80
J-12	1,449.50	0	1,449.79
J-13	1,444.00	4,288	1,449.79
J-14	1,446.00	11,643	1,449.79
J-15	1,443.00	671	1,449.79
J-16	1,442.50	3,292	1,449.79
J-17	1,449.50	0	1,449.78
J-18	1,450.00	0	1,449.70
J-19	1,449.00	2,032	1,449.69
J-20	1,447.00	32,471	1,449.68
J-21	1,444.00	18,715	1,449.68
J-22	1,442.00	2,032	1,449.68

J-23	1,441.00	305	1,449.68
J-24	1,454.00	0	1,449.70
J-26	1,450.00	203	1,449.70
J-25	1,450.00	2,032	1,449.70
Label	Elevation (m)	Demand (L/day)	Hydraulic Grade (m)
J-27	1,456.00	203	1,449.70
J-28	1,452.00	14,671	1,449.70
J-29	1,455.00	14,778	1,449.70
J-30	1,459.00	18,575	1,449.70
J-31	1,460.00	0	1,449.70
J-32	1,466.00	40,560	1,460.07
J-33	1,463.00	40,560	1,460.08
J-34	1,460.00	203	1,449.70
J-35	1,470.00	0	1,500.44
J-36	1,471.00	0	1,500.44
J-37	1,463.00	9,327	1,500.23
J-38	1,467.00	12,436	1,500.20
J-39	1,470.00	5,263	1,500.44
J-40	1,505.00	1,829	1,500.43
J-41	1,454.00	813	1,454.82
J-42	1,454.00	1,905	1,454.80
J-43	1,451.50	2,032	1,454.79
J-44	1,451.00	2,032	1,454.79
J-45	1,452.00	30,310	1,454.81

J-46	1,462.00	41	1,454.64
J-47	1,454.00	147,630	1,454.54
J-48	1,477.00	813	1,500.44
J-49	1,488.00	58,386	1,500.44
J-52	1,490.00	146,076	1,500.41
J-50	1,498.00	162,726	1,500.44
J-51	1,490.00	145,410	1,500.41
J-54	1,484.00	813	1,500.46
J-55	1,479.00	5,283	1,500.46
Label	Elevation (m)	Demand (L/day)	Hydraulic Grade (m)
J-56	1,466.00	2,032	1,466.80
J-57	1,466.00	2,032	1,466.78
J-58	1,468.00	33,771	1,466.74
J-59	1,452.00	0	1,449.78
J-60	1,454.35	0	1,449.66
J-61	1,482.00	102	1,500.44
J-62	1,517.42+2=1519.42	0	1,500.47
J-63	1,455.00	140,970	1,449.64
J-64	1,467.00	60.63	1,540.00

۴-۵-۶- منابع ورودی آب شرب (کنتورها)

۴-۵-۶-۱- مشخصات فنی کنتورها

منطقه موردمطالعه دارای ۹ کنتور برای تأمین آب موردنیاز شبکه است. مشخصات فنی این کنتورها در جدول شماره ۴-۶ آمده است.

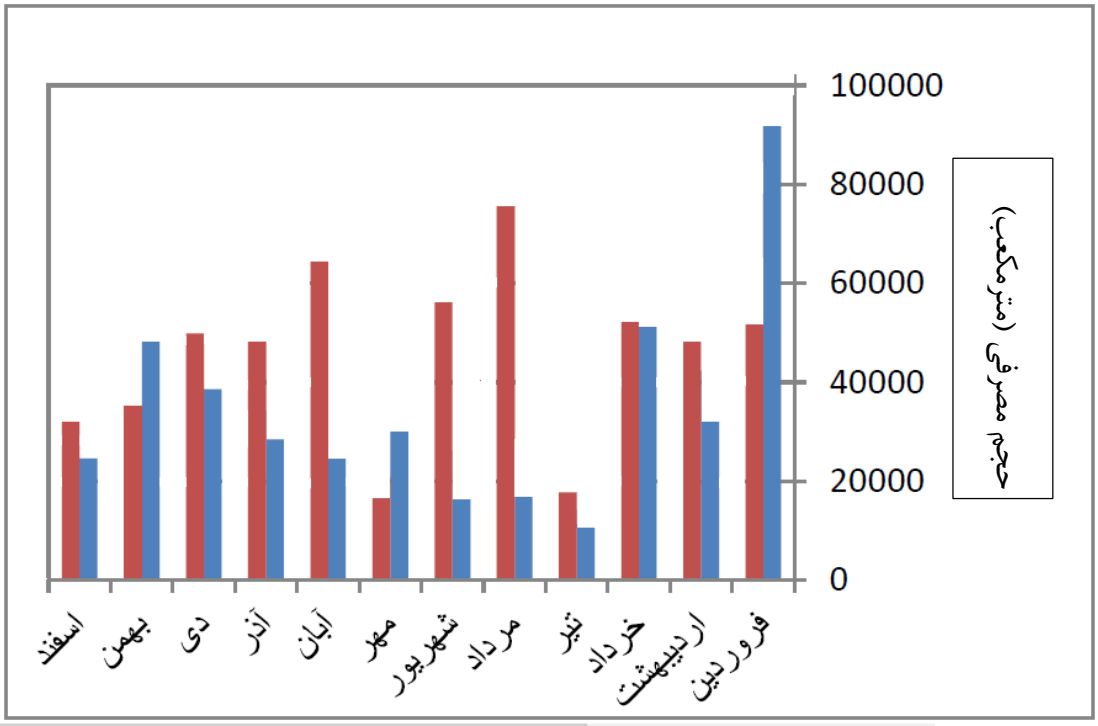
در جدول ۴-۷ مصارف ماهانه سال ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ ارائه و در شکل ۴-۱۲ تغییرات مصرف ماهانه ارائه شده است.

جدول ۴-۶- مشخصات فنی ورودی‌های آب شبکه موردمطالعه (کنتورها) و مقایسه مصرف آب در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ (برحسب مترمکعب)(اداره تعمیرات و نگهداری تأسیسات مدیریت امور فنی دانشگاه، بهار ۱۳۹۷)

ردیف	نام و شماره اشتراک	اینچ	کاربری	جمع سال ۹۵	جمع سال ۹۶	ظرفیت (مترمکعب در ماه)
۱	۱۰۱۰۰۵ دانشکده فنی	۳	دولتی	۳۷۶۰۰	۳۹۲۰۷	۴۱۸۲
۲	۱۰۱۰۴۶ کوی دانشگاه	۱ ۱/۲	دولتی	۴۲۰۲	۷۷۴۵	۴۲۳۲
۳	۱۰۱۰۴۷ کوی دانشجویان	۱ ۱/۲	دولتی	۲۴۱۹	۵۵۹۳	۸۰۲
۴	۱۰۱۰۱۱ دانشگاه تبریز اداره خدمات	۲	دولتی	۱۱۰۸۱	۵۱۲۵	۸۰۶
۵	۱۰۱۰۱۲ کوی دختران دانشگاه	۴	دولتی	۸۴۱۱۷	۷۰۰۱۷	۱۴۱۷۴
۶	۱۰۱۱۱۱ دانشگاه تبریز	۳/۴	دولتی	۲۸۱	۱۸۸	۸
۷	۱۰۱۱۰۵ ساختمان تولید دانشگاه تبریز	۲	دولتی	۱۶۳۷۳	۳۰۲۲۶	۱۷۳۷
۸	۱۰۱۰۵۵ مجتمع مسکونی استادان	۳	خانگی	۱۹۵۹۰	۲۵۸۲۰	-
۹	۱۰۱۰۰۶ خوابگاه شهدا	۳	کاربری	۲۳۶۹۹۶	۳۹۵۷۷۰	۴۹۱۸
جمع				۴۱۲۶۵۹	۵۷۹۶۹۱	-

جدول ۴-۷- مصارف ماهانه سال ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶

دوره	مصرف ۹۵	مصرف ۹۶	درصد تغییرات
فروردین	۹۲۴۳۱	۵۶۶۳۲	-0.39
اردیبهشت	۳۱۱۵۸	۴۸۲۴۷	0.55
خرداد	۵۲۸۱۰	۵۶۳۵۵	0.07
تیر	۱۱۹۶۴	۱۸۷۴۰	0.57
مرداد	۱۶۵۵۴	۷۵۴۲۲	3.56
شهریور	۱۵۱۱۳	۵۵۱۶۸	2.65
مهر	۳۱۰۶۰	۱۳۰۰۲	-0.58
آبان	۲۲۹۴۴	۶۴۹۸۸	1.83
آذر	۲۳۰۰۱	۴۶۱۷۰	1.79
دی	۳۸۹۲۴	۵۳۴۰۳	0.37
بهمن	۵۱۵۴۶	۳۷۷۹۸	-0.27
اسفند	۲۵۱۵۴	۳۵۷۶۶	0.42
جمع	۴۱۲۶۵۹	۵۷۹۶۹۱	



شکل ۴-۱۲- نمود ار تغییرات مصرف ماهانه سال ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶

۴-۵-۶-۲- نتایج مصرف کنتورها پس از اجرای مدل

طبق محاسباتی که در مدل طراحی‌شده انجام پذیرفت، با برازش نتایج مقدار مصرف کنتورها (شکل ۴-۱۳ و ۴-۱۴) با مقدار واقعی به این نکته می‌توان پی برد که با در نظر گرفتن مقدار سرانه ۲۶۰ لیتر، نتایج قابل‌قبول و نزدیک به هم است.

	ID	Label	Elevation (m)	Zone	Flow (Out net) (L/day)	Hydraulic Grade (m)
254: R-101011	254	R-101011	1,540/00	<None>	61,576	1,540/00
257: R-101012	257	R-101012	1,540/00	<None>	206,384	1,540/00
260: R-101005	260	R-101005	1,540/00	<None>	113,193	1,540/00
263: R-101046	263	R-101046	1,540/00	<None>	15,588	1,540/00
266: R-101047	266	R-101047	1,540/00	<None>	13,039	1,540/00
269: R-101055	269	R-101055	1,540/00	<None>	81,120	1,540/00
272: R-101105	272	R-101105	1,540/00	<None>	40,929	1,540/00
275: R-101006	275	R-101006	1,540/00	<None>	700,416	1,540/00
288: R-101111	288	R-101111	1,540/00	<None>	61	1,540/00

شکل۴-۱۳- نمونه نتایج به‌دست‌آمده برای مصرف روز یکم اردیبهشت ۹۶

	ID	Label	Elevation (m)	Zone	Flow (Out net) (L/day)	Hydraulic Grade (m)
254: R-101011	254	R-101011	1,540/00	<None>	61,576	1,540/00
257: R-101012	257	R-101012	1,540/00	<None>	359,372	1,540/00
260: R-101005	260	R-101005	1,540/00	<None>	162,768	1,540/00
263: R-101046	263	R-101046	1,540/00	<None>	22,415	1,540/00
266: R-101047	266	R-101047	1,540/00	<None>	18,749	1,540/00
269: R-101055	269	R-101055	1,540/00	<None>	81,120	1,540/00
272: R-101105	272	R-101105	1,540/00	<None>	40,929	1,540/00
275: R-101006	275	R-101006	1,540/00	<None>	636,415	1,540/00
288: R-101111	288	R-101111	1,540/00	<None>	61	1,540/00

شکل۴-۱۴- نمونه نتایج به‌دست‌آمده برای مصرف روز یکم اردیبهشت ۹۷

۴-۵-۶-۳- تحلیل نتایج مصرف کنتورها

با مقایسه نتایج دست آمده از نرم‌افزار با مقدار واقعی مصرف کنتورها در قبوض آب طبق جداول ۱ و ۲ موجود در پیوست، می‌توان به این نتیجه رسید که در تمامی کنتورها مقدار مصرف سالیانه بسیار نزدیک به یکدیگر است. تنها موردی که میزان مصرف آن در نتایج کم‌تر از میزان واقعی مصرف است، در کنتور به شماره اشتراک ۱۰۱۰۱۲ که در جلوی درب اصلی دانشگاه قرار دارد مشاهده شد.

این کنتور قدیمی‌ترین کنتور نصب‌شده در منطقه موردمطالعه بوده که قسمتی از شبکه آن خارج از دانشگاه تبریز است. بخشی از این شبکه در دانشگاه علوم پزشکی تبریز و بخشی نیز و در بیمارستان شهید مدنی تبریز قرار دارد. ازآنجایی‌که تاکنون محاسبه‌ای برای میزان مصرف ۳ ساختمان علوم پزشکی و بیمارستان شهید مدنی انجام نشده درنتیجه مقدار مصرف این ساختمان‌ها مشخص نیست. با محاسبه میزان نشت در شبکه آب مربوط به این کنتور نتیجه گرفته می‌شود که روزانه در حدود ۹ مترمکعب آب یا به عبارتی سالانه ۳۳۰۰ مترمکعب آب به‌صورت نشت به هدر می‌رود که توسط این کنتور محاسبه می‌شود. این مقدار تقریباً برابر ۳۰٪ کل نشت در شبکه موردمطالعه است. با توجه به میزان اختلاف میان مقدار واقعی مصرف به همراه نشت، با نتایج به‌دست‌آمده از نرم‌افزار، می‌توان این استناد را کرد که مصرف این قسمت از شبکه که خارج از دانشگاه تبریز قرار دارد، سالیانه ۱۱۷۰۰ تا ۱۶۷۰۰ مترمکعب می‌باشد.

در اندازه‌گیری‌های میدانی که از انشعاب ساختمان‌های علوم پزشکی و بیمارستان شهید مدنی به‌وسیله دستگاه فلومتر اولتراسونیک انجام گرفت، نتایج به‌دست‌آمده با مقدار پیش‌بینی‌شده همخوانی نزدیکی داشت. به صورتی که فلومتر در طول ۲ بار اندازه‌گیری و هر بار به مدت‌زمان ۱ ساعت، به‌صورت میانگین عدد ۰/۴ تا ۰/۵ لیتر بر ثانیه را نشان می‌داد.

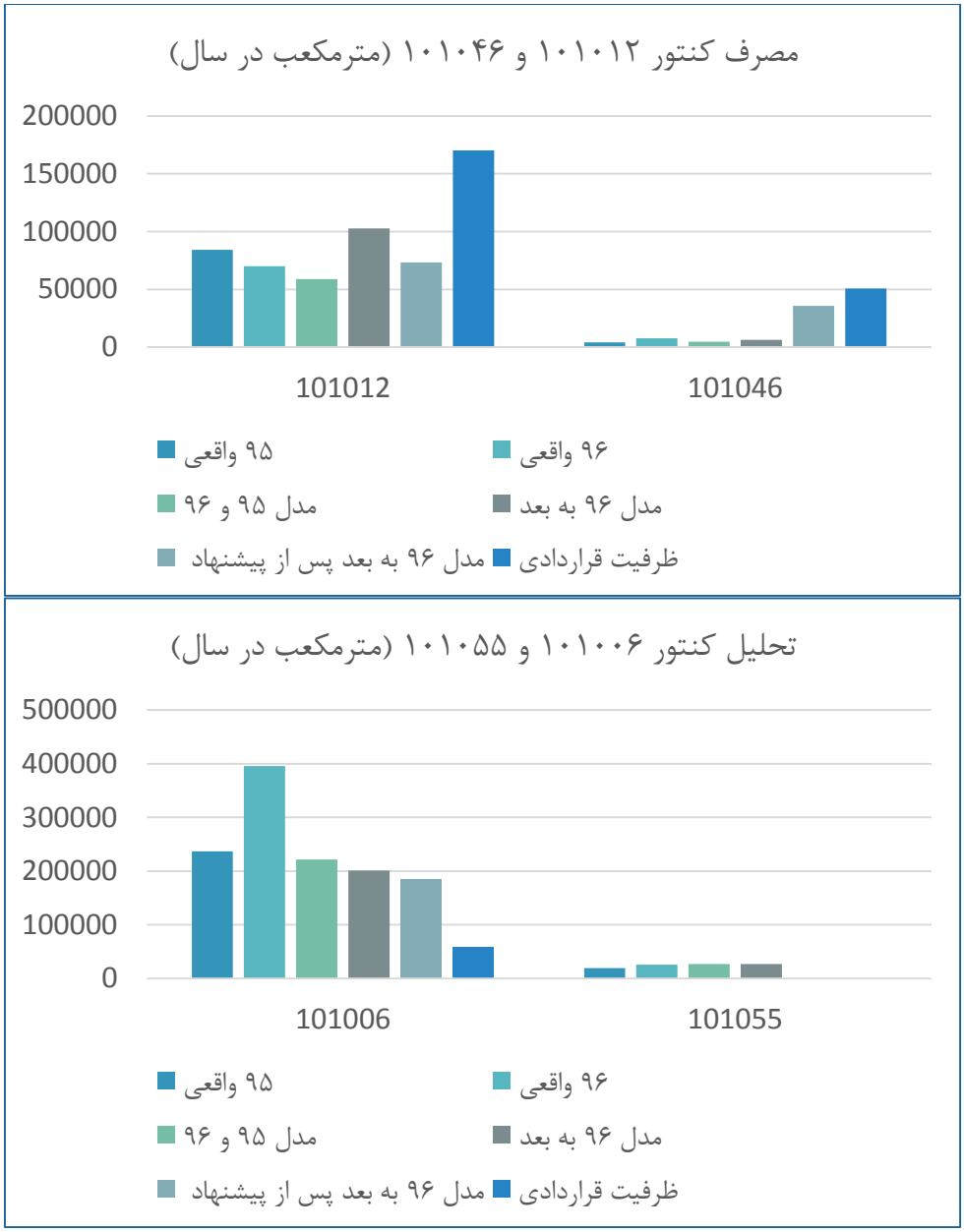
به دلیل این‌که دو کنتور ۱۰۱۰۰۶ و ۱۰۱۰۱۲ همواره از میزان ظرفیت خود بیشتر برداشت دارند و این باعث جریمه‌های اضافی در قبوض آب می‌گردد می‌توان ۳ رویکرد را با توجه به امکان عملیاتی شدن، به‌عنوان راه‌حل پیشنهاد کرد.

۱- کنتور ۱۰۱۰۴۶ کمتر از میزان ظرفیت خود برداشت می‌کند؛ بنابراین می‌توان یا احداث یک منبع مناسب و تجهیزات پمپاژ آب، از طریق این کنتور آب موردنیاز گره (J-63) یعنی یکی از ساختمان‌های خوابگاه فجر (بلوک ۱ و یا بلوک ۲) را که از کنتور ۱۰۱۰۱۲ استفاده می‌کند را تأمین نمود. بدین ترتیب حدود ۸۰ مترمکعب آب در روز و یا ۲۴۰۰ مترمکعب آب در ماه از کنتور ۱۰۱۰۱۲ کمتر برداشت شده و این حجم آب از کنتور ۱۰۱۰۴۶ برداشت می‌شود. باوجود این تغییر همچنان انتظار می‌رود که این کنتور از حداکثر ظرفیت خود کمتر برداشت نماید.

۲- کنتور ۱۰۱۰۵۵ کمتر از ظرفیت خود برداشت می‌کند. با توجه به وجود لوله‌های زیرساختی، می‌توان آب مربوط به یک یا چند تعداد از گره‌های زیر را تأمین نمود.

- گره (J-39) مربوط به ساختمان دانشکده تربیت‌بدنی با مصرف ماهانه ۱۵۰ مترمکعب (از کنتور ۱۰۱۰۰۶)
- گره (J-37) مربوط به ساختمان دانشکده فیزیک با مصرف ماهانه ۲۷۰ مترمکعب (از کنتور ۱۰۱۰۰۶)
- گره (J-38) مربوط به ساختمان دانشکده ریاضی با مصرف ماهانه ۳۶۰ مترمکعب (از کنتور ۱۰۱۰۰۶)
- گره (J-30) مربوط به ساختمان ژیمنازیوم و استخر با مصرف ماهانه ۵۵۰ مترمکعب آب (از کنتور ۱۰۱۰۱۲)

در صورت اجرای هر یک از این موارد، میزان فشار در گره‌ها در محدوده استاندارد قرار خواهد داشت.



شکل ۴-۱۵- مقایسه میزان نشت در شبکه قبل و بعد از اعمال راه‌حل‌های پیشنهادی

۴-۶- مدل‌سازی اجزای شبکه

کاهش میزان فشار باید به‌گونه‌ای باشد که قابلیت اطمینان سیستم در حد قابل‌قبول باقی بماند، به این معنا که کاهش میزان فشار همراه با قید تأمین فشار موردنیاز در گره‌های مصرف صورت پذیرد تا تقاضای مصرف در تمامی زمان‌ها برآورده گردد .حالت ایده‌آل زمانی اتفاق می‌افتد که میزان فشار در تمامی گره‌ها به حدی باشد که دقیقاً مقدار تقاضا در گره مصرف را برآورده نماید.

در مدلی که برای مدیریت مصرف در کنتورها در نرم‌افزار رسم شده بود، به دلیل اینکه تنها مصرف کنتورها مهم بود و میزان افت فشار در نظر گرفته نمی‌شود، کنتورها به‌عنوان منابع ورودی آب (Reservoir) در نظر

گرفته شده بود و کد ارتفاعی آن‌ها برابر کد ارتفاعی منبع اصلی تأمین آب واقع در جاده ائل‌گلی بافاصله ۲/۳ کیلومتری از درب دانشکده برق دانشگاه تبریز قرار داده شده بود.

در مدلی که برای مدیریت فشار در شبکه دانشگاه تبریز رسم می‌شود، کنتورها به‌عنوان گره با کد ارتفاعی مخصوص به خود قرار داده می‌شوند و منبع ورودی آب، مخزن اصلی واقع در جاده ائل‌گلی خواهد بود. همچنین ۱ عدد شیر فشارشکن موجود در داخل دانشگاه (PRV-1) و ۲ عدد شیر فشارشکن (PRV-2 و PRV-3) در خارج از شبکه دانشگاه (قبل از کنتورها) در مدل جایگذاری شد.

پس از مدل‌سازی صورت گرفته و تحلیل نتایج اولیه مربوط به فشار در گره‌های شبکه، مشخص شد که تقاضای متوسط سیستم برابر ۱۶ لیتر در ثانیه و با در نظر گرفتن حداکثر مصرف ساعتی (C_2) برابر ۲، حداکثر تقاضای کل سیستم به ترتیب برابر ۳۲ لیتر در ثانیه است.

۴-۶-۱- نتایج تحلیل اولیه مدل شبکه

با تحلیل اولیه مدل طراحی‌شده مشخص می‌شود که فشار تمامی گره‌های مصرفی در حد نرمال و بین ۱/۹ الی ۵/۵ بار است. به‌جز گره J-40 که فشار در آن برابر ۱/۲ بار و نزدیک به ۱/۴ بوده و در حد قابل‌قبول می‌باشد و با توجه به توپوگرافی منطقه و تقاضای کم در این گره، مشکلی ایجاد نمی‌کند. همچنین در ۱۵ گره مصرفی فشار بین ۵ الی ۵/۵ بار است. همان‌طور که در فصل قبل گفته شد، میزان فشار نرمال در شبکه‌های توزیع آب ایران بین ۱/۴ الی ۵ بار (معادل اختلاف ارتفاع حداکثر تراز آب مخزن و پایین‌ترین تراز ارتفاعی مصرف‌کنندگان) می‌باشد که البته درصورتی‌که با توجه به وضع توپوگرافی منطقه، محدودیت فوق، مشکلاتی ایجاد کرده یا با اضافه‌هزینه قابل‌ملاحظه‌ای همراه باشد، می‌توان با توجیه کافی، در مناطقی از شبکه فشار حداکثر تا ۶ بار نیز مجاز دانست.

سرعت در لوله‌ها به‌غیراز لوله‌های فرعی در حد نرمال می‌باشد. میزان حداقل و حداکثر سرعت در لوله‌ها بین ۰/۰۱ تا ۷۶/۰۳ سانتیمتر بر ثانیه است. اگر به‌صورت دقیق به این آمار نگاه کنیم، در ۳۶ شاخه سرعت کمتر از ۰/۱ متر بر ثانیه، در ۱۶ شاخه سرعت بین ۰/۱ الی ۰/۳ متر بر ثانیه و در ۱۸ شاخه دیگر، سرعت بین ۰/۳ الی ۰/۷۶ متر بر ثانیه است که نشان‌گر طراحی نادرست شبکه است. به‌منظور تنظیم سرعت در لوله‌ها باید عملیات بازسازی شبکه صورت می‌گرفت که از اهداف این تحقیق نبود. به همین دلیل سعی می‌شود که در حد توان، با کاهش قطر لوله‌های موجود در شبکه به نتایج بهتری در راستای افزایش سرعت در لوله‌های شبکه آب‌رسانی رسید که کاهش هزینه بازسازی شبکه را نیز به همراه داشته باشد. بدین منظور از طریق قسمت Drawin Designer، لوله‌ها و گره‌های موردنظر برای بهینه‌سازی انتخاب شد.

جدول ۴-۸- نتایج حاصل از تحلیل اولیه شبکه

شماره گره	کد ارتفاعی گره	فشار در گره	شماره لوله	قطر لوله	جنس لوله	سرعت در لوله (سانتیمتر در ثانیه)
J-1	1,444.00	5.182	P-1-1	110	Ductile Iron	15
J-2	1,445.00	5.0838	P-1-2	110	Ductile Iron	15
J-3	1,444.00	5.1809	P-2	110	PVC	62.6
J-4	1,450.00	4.5716	P-3	110	PVC	25.6
J-5	1,449.00	4.6341	P-4	110	Ductile Iron	35.69
J-6	1,447.00	4.8274	P-5-1	110	Ductile Iron	04.45
J-7	1,443.00	5.2178	P-5-2	110	Ductile Iron	04.45
J-8	1,441.00	5.4132	P-6	110	Ductile Iron	3.11
J-9	1,442.00	5.3152	P-7	110	Ductile Iron	98.8
J-10	1,440.00	5.5107	P-8	110	Ductile Iron	28.5
J-11	1,440.00	5.5094	P-9	110	Ductile Iron	81.4
J-12	1,449.50	4.575	P-10	110	Ductile Iron	56.4
J-13	1,444.00	5.1128	P-11	80	Galvanized iron	49.8
J-14	1,446.00	4.917	P-12	110	Ductile Iron	74.33
J-15	1,443.00	5.2106	P-13	110	Ductile Iron	82.4
J-16	1,442.50	5.2595	P-14	110	Ductile Iron	78.3
J-17	1,449.50	4.5703	P-15	110	Ductile Iron	96.0
J-18	1,450.00	4.4876	P-16	110	Ductile Iron	8.0
J-19	1,449.00	4.5686	P-17	110	Ductile Iron	93.28
J-20	1,447.00	4.7408	P-18	110	Ductile Iron	93.28
J-21	1,444.00	5.0257	P-19	80	Ductile Iron	07.25
J-22	1,442.00	5.2214	P-20	80	Ductile Iron	07.25
J-23	1,441.00	5.3193	P-21	63	PVC	45.16
J-24	1,454.00	4.0956	P-22	63	PVC	13.1
J-25	1,450.00	4.487	P-23	63	PVC	3.0
J-26	1,450.00	4.487	P-24	160	PVC	4.7
J-27	1,456.00	3.8998	P-25	160	PVC	19.0
J-28	1,452.00	4.2909	P-26	110	PVC	15.0
J-29	1,455.00	3.997	P-27	110	PVC	07.0
J-30	1,459.00	3.6055	P-28	160	PVC	18.7
J-32	1,466.00	3.991	P-29	160	PVC	5.5
J-33	1,463.00	4.2859	P-30	160	PVC	07.2
J-34	1,460.00	3.5083	P-33	110	PVC	88.9
J-35	1,470.00	3.1499	P-34	250	PVC	01.0

شماره گره	کد ارتفاعی گره	فشار در گره	شماره لوله	قطر لوله	جنس لوله	سرعت در لوله (سانتیمتر در ثانیه)
J-36	1,471.00	3.0519	P-36	160	PVC	09.3
J-37	1,463.00	3.7614	P-37	40	PVC	87.39
J-38	1,467.00	3.3581	P-38	40	PVC	78.22
J-39	1,470.00	3.1497	P-39	160	PVC	6.0
J-40	1,490.00	1.1897	P-41	40	PVC	88.8
J-41	1,454.00	4.162	P-42	40	PVC	72.3
J-42	1,454.00	4.1581	P-43	40	PVC	86.1
J-43	1,451.50	4.4023	P-44	40	PVC	47.64
J-44	1,451.00	4.4512	P-45	90	Ductile Iron	93.62
J-45	1,452.00	4.3162	P-46	90	PVC	91.62
J-46	1,462.00	3.2906	P-47	250	PVC	4.1
J-47	1,454.00	4.0263	P-48	250	PVC	63.4
J-48	1,479.00	5.3292	P-49	160	PVC	3.39
J-49	1,488.00	4.4485	P-50	250	PVC	71.29
J-50	1,498.00	3.4701	P-51	110	PVC	48.1
J-51	1,490.00	4.2353	P-52	110	PVC	28.1
J-52	1,490.00	4.2342	P-53	63	PVC	64.29
J-53	1,517.00	1.6194	P-54	63	PVC	89.28
J-54	1,484.00	4.849	P-56	110	Ductile Iron	31.24
J-55	1,483.00	4.9468	P-57	80	Ductile Iron	03.76
J-56	1,468.00	4.8438	P-58	110	PVC	22.40
J-57	1,468.00	4.8361	P-59	40	PVC	72.3
J-58	1,471.00	4.521	P-60	40	PVC	35.3
J-59	1,452.00	4.3532	P-61	100	Ductile Iron	25.19
J-60	1,454.35	4.0211	P-62	90	PVC	97.75
J-61	1,483.00	1.8766	P-63	42/5	PVC	3.57
J-62	1,519.00	1.4264	P-64	40	PVC	45.64
J-63	1,454.00	4.0462	P-65	100	PVC	91.23
J-64	1,469.00	4.7703	P-66	63	PVC	39.30
J-65	1,459.40	3.5743	P-67	200	PVC	87.46
J-78	1,451.00	4.5008	P-68	250	PVC	30
J-79	1,452.00	4.4042	P-70	160	PVC	7.19
J-80	1,454.00	4.3327	P-71	25	PVC	29.0
J-81	1,454.00	4.4092	P-72	90	Ductile Iron	93.62
J-82	1,454.00	4.5037	P-123	250	PVC	1.36

شکل ۴-۱۶- نقشه خطوط فشار در شبکه انتقال آب شرب دانشگاه تبریز در سال ۱۳۹۷ در تحلیل اولیه و حالت حداکثر تقاضا

جدول۴-۹- مصرف کنتورهای دانشگاه تبریز به تفکیک ماه و سال

(اداره تعمیرات و نگهداری تأسیسات مدیریت امور فنی دانشگاه)

ردیف	نام و شماره اشتراک	ظرفیت قراردادی	دوره	مصرف ۹۵	مازاد مصرف ۹۵	مصرف ۹۶	مازاد مصرف ۹۶	مصرف ۹۷	مصرف ۹۸
۱	۱۰۱۰۰۵ دانشکده فنی	۴۱۸۲	فروردین	۳۵۶۰	-	۶۸۸۱	۲۶۹۹	۴۹۲۴	-
			اردیبهشت	۳۵۲۹	-	۴۷۹۸	۶۱۶	-	۵۲۳
			خرداد	۴۱۱۰	-	۵۸۴۱	۱۶۵۹	-	۷۷۱۲
			تیر	۳۱۲۹	-	۲۸۰۸	-	-	۵۲
			مرداد	۱۵۵۱	-	۲۳۰۳	-	-	-
			شهریور	۱۳۲۹	-	۳۴۵۵	-	-	-
			مهر	۲۹۵۲	-	۳۲۳۳	-	-	
			آبان	۲۹۰۰	-	۳۳۵۹	-	-	
			آذر	۳۰۱۱	-	۳۰۴۵	-	-	
			دی	۶۵۶۹	۲۳۸۷	۳۴۸۵	-	-	
			بهمن	۳۹۸۵	-	-	-	-	
			اسفند	۲۰۰۵	-	-	-	-	
۲	۱۰۱۰۴۶ کوی دانشگاه	۴۲۳۲	فروردین	۳۵۷	-	۷۰۸	-	-	۴۲
			اردیبهشت	۴۱۳	-	۵۵۰	-	-	-
			خرداد	۶۴۸	-	۶۷۲	-	-	۹۶
			تیر	۱۵۶	-	۳۱۷	-	-	۳۸۹
			مرداد	۱۱۶	-	۱۳۰	-	-	۱۷۵
			شهریور	۱۱۸	-	۵۲۱	-	-	۱۶۷
			مهر	۳۰۲	-	۵۲۰	-	-	
			آبان	۲۹۹	-	۲۱۱۹	-	-	
			آذر	۳۰۹	-	۲۱۴۱	-	-	
			دی	۷۰۹	-	۶۷	-	۱۵۱۳	
			بهمن	۴۹۷	-	-	-	۴۷۷	
			اسفند	۲۷۸	-	-	-	۲۱۳	
۳	۱۰۱۰۴۷ کوی دانشجویان	۸۰۲	فروردین	۲۴۱	-	۵۸۴	-	-	۴۴۵
			اردیبهشت	۳۲۲	-	۳۷۱	-	-	۳۲۹
			خرداد	۱۰۲	-	۳۷۰	-	-	۵۷۱
			تیر	۷۱	-	۱۳۳	-	-	۵۰۱
			مرداد	۱۱	-	۷۳	-	-	۱۰۲
			شهریور	۷	-	۱۷۵	-	-	۹۵
			مهر	۲۰۰	-	۱۶۰	-	-	
			آبان	۱۸۹	-	۱۸۷۱	۱۰۶۸	-	
			آذر	۱۹۱	-	۱۸۶۶	۱۰۶۳	-	
			دی	۵۶۵	-	-	-	۲۳۱۰	
			بهمن	۳۳۸	-	-	-	۷۲۶	
			اسفند	۱۸۲	-	-	-	۱۲۷	

ادامه جدول ۴-۹

ردیف	نام و شماره اشتراک	ظرفیت قراردادی	دوره	مصرف ۹۵	مازاد مصرف ۹۵	مصرف ۹۶	مازاد مصرف ۹۶	مصرف ۹۷	مصرف ۹۸
۴	۱۰۱۰۱۱ دانشگاه تبریز اداره خدمات	۸۰۶	فروردین	۲۰۹۳	۱۲۸۷	-	-	۴۵۴	۲۰۱۵
			اردیبهشت	۲۰۶۰	۱۲۵۴	۱۶۵۲	۸۴۶	۳۴۸	۱۴۳۹
			خرداد	۱۳۷	-	-	-	۸۸۰	۹۳۶
			تیر	۱۲۱	-	-	-	۴۶۶	۵۵۷
			مرداد	۱۰۰۱	۱۹۵	-	-	۵۲۷	۴۵۷
			شهریور	۸۹۹	۹۳	-	-	۵۰۹	۵۵۴
			مهر	۴۱۱	-	-	-	۸۶۲	
			آبان	۳۹۰	-	۱۰۷۸	۲۷۲	۴۷۰	
			آذر	۴۷۵	-	۱۰۰۱	۱۹۵	۶۶۸	
			دی	۳۴۹۴	۲۶۸۸	۳۴۳	-	-	
			بهمن	-	-	۵۷۸	-	-	
			اسفند	-	-	۴۷۳	-	۱۷۵۰	
۵	۱۰۱۰۱۲ کوی دختران دانشگاه	۱۴۱۷۴	فروردین	۴۹۸۷	-	۲۴۷۰	-	۱۷۶۹	۳۱۱۴۱
			اردیبهشت	۴۹۵۳	-	۴۶۴۱	-	۱۰۱۸	۷۸۴۶
			خرداد	۶۴۶۶	-	۲۱۱۴	-	۹۱۰	۱۲۰۴۰
			تیر	۶۰۲۹	-	۳۱۳۵	-	-	۱۶۳۸۴
			مرداد	۳۷۳۶	-	۲۴۶۰	-	-	۹۶۱۴
			شهریور	۳۷۷۴	-	۷۱۱۳	-	۴۸۹۹۹	۵۷۹۱
			مهر	۸۰۹۴	-	۶۹۵۷	-	۳۷۰۶	
			آبان	۷۲۹۱	-	۱۱۶۰۵	-	۱۲۵۹۹	
			آذر	۷۷۰۷	-	۱۱۶۱۶	-	۱۸۶۹۵	
			دی	۱۲۰۱۹	-	۱۴۶۵۷	۴۸۳	-	
			بهمن	۱۲۵۸۴	-	۱۰۹۱	-	۱۴۶۴۰	
			اسفند	۶۴۷۷	-	۲۱۵۸	-	-	
۶	۱۰۱۱۱۱ دانشگاه تبریز	۸	فروردین	۱	-	۸۷	۷۹	۱۸	۲
			اردیبهشت	۱	-	۶۷	۵۹	۱۴	۳
			خرداد	۵۰	۴۲	-	-	-	۲
			تیر	۸	-	-	-	-	۳
			مرداد	۳	-	-	-	-	۳
			شهریور	۲	-	-	-	-	۲
			مهر	۳	-	-	-	۹	
			آبان	۳	-	-	-	۸	
			آذر	۵	-	-	-	۷	
			دی	۸۵	۷۷	۱۲	۴	۲	
			بهمن	۸۱	۷۳	۱۱	۳	۴	
			اسفند	۳۹	۳۱	۱۱	۳	۱	

ادامه جدول۴-۹

ردیف	نام و شماره اشتراک	ظرفیت قراردادی	دوره	مصرف ۹۵	مازاد مصرف ۹۵	مصرف ۹۶	مازاد مصرف ۹۶	مصرف ۹۷	مصرف ۹۸
۷	۱۰۱۱۰۵ ساختمان تولید دانشگاه تبریز	۱۷۳۷	فروردین	-	-	۲۳۰۴	۵۶۷	۴۲۰۱	۱۱۳۱
			اردیبهشت	-	-	۱۴۲۶	-	۳۷۰۰	۶۹۰
			خرداد	۳۰۵۸	۱۳۲۱	۷۶۸	-	۱۸۱۲	۱۲۱۴
			تیر	۱۷۰۰	-	۹۷	-	-	۹۶۶
			مرداد	۱۷۰۰	-	۸۱۹	-	۱۸۴	۴۲۷
			شهریور	۱۵۳۶	-	۴۴۲	-	-	-
			مهر	۱۷۰۰	-	۴۵۲۸	۲۷۹۱	-	
			آبان	۱۵۳۶	-	۳۴۷۸	۱۷۴۱	-	
			آذر	۱۸۱۰	۷۳	۳۵۴۱	۱۸۰۴	-	
			دی	۱۵۹۱	-	۵۹۴۶	۴۲۰۹	۲۱۶۴	
			بهمن	۱۷۰۰	-	۳۴۲۳	۱۶۸۶	۱۵۲۷	
			اسفند	۱۰۴۲	-	۳۴۵۴	۲۷۱۷	۱۱۲۱	
۸	۱۰۱۰۵۵ مجتمع مسکونی استادان دانشگاه	-	فروردین	۴۳۷		۱۲۹۳		۱۸۵۱	۲۲۹۵
			اردیبهشت	۹۵۰		۱۵۴۴		۱۹۱۸	۱۹۵۶
			خرداد	۱۶۶۹		۲۵۸۵		۲۱۵۲	۲۳۱۰
			تیر	۲۷۰۱		۲۱۱۸		۱۳۶۹	۲۸۵۴
			مرداد	۲۷۲۱		۲۱۱۸		۲۰۰۵	۳۰۴۶
			شهریور	۲۶۹۳		۲۰۶۰		۱۳۰۱	۲۴۲۹
			مهر	۲۵۹		۱۹۶۲		۲۰۶۳	
			آبان	۴۴۰		۲۲۴۶		۱۴۶۹	
			آذر	۲۹۸		۲۳۴۶		۵۸۳	
			دی	۳۴۸۰		۲۶۶۰		۱۵۷۱	
			بهمن	۳۳۶۰		۲۱۱۷		۲۳۰۱	
			اسفند	۴۸۲		۲۷۲۴		۲۰۵۳	
۹	۱۰۱۰۰۶ خوابگاه شهدا	۴۹۱۸	فروردین	۳۲۰۰۰	۷۸۱۳۴	۳۱۰۰۰	۳۸۳۶۷	۲۸۳۸۷	۹۶۷۵
			اردیبهشت	۲۰۷۶۰	۱۵۸۴۲	۳۴۷۳۹	۲۹۸۲۱	۳۱۲۸۶	۱۴۰۷۱
			خرداد	۳۲۷۶۸	۲۷۸۵۰	۳۴۷۳۹	۲۹۸۲۱	۲۹۶۴۰	۸۰۱۶
			تیر	-	-	۸۱۶۷	۳۲۴۹	۲۱۰۳۳	-
			مرداد	۹۱۲۲	۴۲۰۴	۷۱۱۹۷	۶۶۲۷۹	۱۶۰۰۰	۲۰۹۸۷
			شهریور	۸۲۳۹	۳۳۲۱	۴۰۱۲۷	۳۵۲۰۹	۱۰۴۷۳	۷۹۱۳
			مهر	۱۶۳۵۹	۱۱۴۴۱	۷۰۰	-	۲۷۴۶۶	
			آبان	۸۸۵۶	۳۹۳۸	۴۲۶۶۲	۳۷۷۴۴	۱۳۶۶۰	
			آذر	۸۵۶۱	۳۶۴۳	۴۲۶۶۰	۳۷۷۴۶	۱۶۸۵۹	
			دی	۸۵۶۱	۳۶۴۳	۱۶۵۲۰	۱۱۶۰۲	۹۶۱۲	
			بهمن	۲۷۱۶۲	۲۲۲۴۴	۳۲۵۸۷	۲۷۶۶۹	۱۰۳۷۱	
			اسفند	۱۳۵۵۶	۸۶۳۸	۲۸۳۸۷	۲۳۴۶۹	۹۷۶۰	

جدول ۴-۱۰- نتایج به‌دست‌آمده از پیش‌بینی مصرف کنتورها در نرم‌افزار WaterGEMS

ردیف	نام و شماره اشتراک	دوره	مقدار برداشت از کنتور به ازای سرانه ۲۶۰ لیتر در مدل طراحی‌شده برای سال ۹۵ و ۹۶ (مترمکعب)	مقدار برداشت از کنتور به ازای سرانه ۲۶۰ لیتر در مدل طراحی‌شده برای سال ۹۷ (مترمکعب)
۱	۱۰۱۰۰۵ دانشکده فنی	فروردین	۲۸۳۰	۲۹۲۹
		اردیبهشت	۳۵۱۰	۴۷۱۸
		خرداد	۳۳۹۵	۴۳۹۳
		تیر	۱۹۲۵	۲۶۰۳
		مرداد	۱۳۵۹	۲۱۱۵
		شهریور	۲۴۹۱	۲۷۶۶
		مهر	۳۳۹۶	۴۸۸۱
		آبان	۳۳۹۶	۴۸۸۱
		آذر	۳۳۹۶	۴۸۸۱
		دی	۳۰۵۷	۴۰۶۷
		بهمن	۲۸۳۰	۴۰۶۷
		اسفند	۲۸۳۰	۴۰۶۷
		جمع کل	۳۴۴۱۶	۴۶۳۶۸
۲	۱۰۱۰۴۶ کوی دانشگاه	فروردین	۳۹۰	۴۰۳
		اردیبهشت	۴۸۳	۶۵۰
		خرداد	۴۶۸	۶۰۵
		تیر	۲۶۵	۳۵۸
		مرداد	۱۸۷	۲۹۱
		شهریور	۳۴۳	۳۸۱
		مهر	۴۶۸	۶۷۲
		آبان	۴۶۸	۶۷۲
		آذر	۴۶۸	۶۷۲
		دی	۴۲۱	۵۶۰
		بهمن	۳۹۰	۵۶۰
		اسفند	۳۹۰	۵۶۰
		جمع کل	۴۷۴۱	۶۳۸۴
۳	۱۰۱۰۴۷ کوی دانشجویان	فروردین	۳۲۶	۳۳۷
		اردیبهشت	۴۰۴	۵۴۴
		خرداد	۳۹۱	۵۰۷
		تیر	۲۲۱	۳۰۰
		مرداد	۱۵۶	۲۴۴
		شهریور	۲۸۷	۳۱۹
		مهر	۳۹۱	۵۶۲
		آبان	۳۹۱	۵۶۲
		آذر	۳۹۱	۵۶۲
		دی	۳۵۲	۴۶۹
		بهمن	۳۲۶	۴۶۹
		اسفند	۳۲۶	۴۶۹
		جمع کل	۳۹۶۲	۵۳۴۴

ردیف	نام و شماره اشتراک	دوره	مقدار برداشت از کنتور به ازای سرانه ۲۶۰ لیتر در مدل طراحی‌شده برای سال ۹۵ و ۹۶ (مترمکعب)	مقدار برداشت از کنتور به ازای سرانه ۲۶۰ لیتر در مدل طراحی‌شده برای سال ۹۷ (مترمکعب)
۴	۱۰۱۰۱۱ دانشگاه تبریز اداره خدمات	فروردین	۹۸۵	۹۸۵
		اردیبهشت	۱۵۳۹	۱۵۳۹
		خرداد	۱۲۹۳	۱۲۹۳
		تیر	۷۳۹	۷۳۹
		مرداد	۴۹۳	۴۹۳
		شهریور	۷۳۹	۷۳۹
		مهر	۱۴۷۸	۱۴۷۸
		آبان	۱۴۷۸	۱۴۷۸
		آذر	۱۴۷۸	۱۴۷۸
		دی	۱۲۳۱	۱۲۳۱
		بهمن	۱۲۳۱	۱۲۳۱
		اسفند	۱۲۳۱	۱۲۳۱
		جمع کل	۱۳۹۱۵	۱۳۹۱۵
۵	۱۰۱۰۱۲ کوی دختران دانشگاه	فروردین	۳۷۱۵	۶۴۸۰
		اردیبهشت	۵۹۸۵	۱۰۴۴۰
		خرداد	۵۵۷۲	۹۷۲۰
		تیر	۳۳۰۲	۵۷۶۰
		مرداد	۲۶۸۳	۴۶۸۰
		شهریور	۳۵۰۹	۶۱۲۰
		مهر	۶۱۹۲	۱۰۸۰۰
		آبان	۶۱۹۲	۱۰۸۰۰
		آذر	۶۱۹۲	۱۰۸۰۰
		دی	۵۱۶۰	۹۰۰۰
		بهمن	۵۱۶۰	۹۰۰۰
		اسفند	۵۱۶۰	۹۰۰۰
		جمع کل	۵۸۸۲۲	۱۰۲۶۰۰
۶	۱۰۱۱۱۱ دانشگاه تبریز	فروردین	۱,۶	۱,۶
		اردیبهشت	۱,۹	۱,۹
		خرداد	۱,۹	۱,۹
		تیر	۱,۹	۱,۹
		مرداد	۱,۹	۱,۹
		شهریور	۱,۹	۱,۹
		مهر	۱,۹	۱,۹
		آبان	۱,۹	۱,۹
		آذر	۱,۹	۱,۹
		دی	۱,۹	۱,۹
		بهمن	۱,۹	۱,۹
		اسفند	۱,۷	۱,۷
		جمع کل	۲۲,۳	۲۲,۳

ردیف	نام و شماره اشتراک	دوره	مقدار برداشت از کنتور به ازای سرانه ۲۶۰ لیتر در مدل طراحی‌شده برای سال ۹۵ و ۹۶ (مترمکعب)	مقدار برداشت از کنتور به ازای سرانه ۲۶۰ لیتر در مدل طراحی‌شده برای سال ۹۷ (مترمکعب)
۷	۱۰۱۱۰۵ ساختمان تولید دانشگاه تبریز	فروردین	۱۰۲۳	۱۰۲۳
		اردیبهشت	۱۲۶۹	۱۲۶۹
		خرداد	۱۲۲۸	۱۲۲۸
		تیر	۷۳۷	۷۳۷
		مرداد	۵۳۲	۵۳۲
		شهریور	۹۴۲	۹۴۲
		مهر	۱۲۲۸	۱۲۲۸
		آبان	۱۲۲۸	۱۲۲۸
		آذر	۱۲۲۸	۱۲۲۸
		دی	۱۱۴۷	۱۱۴۷
		بهمن	۱۲۲۸	۱۲۲۸
		اسفند	۱۱۴۷	۱۱۴۷
		جمع کل	۱۲۹۳۷	۱۲۹۳۷
۸	۱۰۱۰۵۵ مجتمع مسکونی استادان دانشگاه	فروردین	۱۶۲۰	۱۶۲۰
		اردیبهشت	۲۵۱۱	۲۵۱۱
		خرداد	۲۵۱۱	۲۵۱۱
		تیر	۲۰۲۵	۲۰۲۵
		مرداد	۲۰۲۵	۲۰۲۵
		شهریور	۲۰۲۵	۲۰۲۵
		مهر	۲۴۳۰	۲۴۳۰
		آبان	۲۴۳۰	۲۴۳۰
		آذر	۲۴۳۰	۲۴۳۰
		دی	۲۴۳۰	۲۴۳۰
		بهمن	۲۴۳۰	۲۴۳۰
		اسفند	۲۱۸۷	۲۱۸۷
		جمع کل	۲۷۰۵۴	۲۷۰۵۴
۹	۱۰۱۰۰۵ خوابگاه شهدا	فروردین	۱۷۵۱۱	۱۵۹۱۰
		اردیبهشت	۲۱۷۱۴	۱۹۷۲۸
		خرداد	۲۱۰۱۳	۱۹۰۹۲
		تیر	۱۲۶۰۸	۱۱۴۵۵
		مرداد	۹۱۰۶	۸۲۷۳
		شهریور	۱۶۱۱۰	۱۴۶۳۷
		مهر	۲۱۰۱۳	۱۹۰۹۲
		آبان	۲۱۰۱۳	۱۹۰۹۲
		آذر	۲۱۰۱۳	۱۹۰۹۲
		دی	۱۹۶۱۲	۱۷۸۱۹
		بهمن	۲۱۰۱۳	۱۹۰۹۲
		اسفند	۱۹۶۱۲	۱۷۸۱۹
		جمع کل	۲۲۱۳۳۸	۲۰۱۱۰۱

۴-۷- محاسبه میزان هدر رفت در شبکه دانشگاه تبریز به روش بالانسینگ آب IWA

در این مطالعات از روش برآورد IWA برای فرآیند بالانسینگ آب استفاده شده است که محاسبه انواع هدررفت آب و مصارف به تفکیک محاسبه و فرم بالانس آب جز به جز محاسبه و ارائه می‌گردد.

همانطور که در بخشهای قبل نیز توضیح داده شد برای هر یک از عوامل و پامترها در انجام فرآیند بالانسینگ می‌توان از روش‌های مختلفی استفاده نمود در این مطالعات راهنمای دفتر مدیریت مصرف و نظارت بر کاهش آب بدون درآمد شرکت مهندسی آب و فاظلاب کشور مورد استفاده قرار گرفت. جدول ۴-۱۱ فرم استاندارد بالاسینگ آب به روش IWA در محدوده دانشگاه تبریز را نشان می‌دهد.

با توجه به بررسی میزان جمعیت برآوردی ۱۳۵۳۲ نفر (جدول۴-۴) در محدوده مورد مطالعه با توجه به سرانه مصرف و پس از بررسی قبوض کلیه کنتورهای موجود (جدول ۴-۶) در محدوده مورد مطالعه میزان تولید و مصرف و سایز پارامترها به شرح زیر محاسبه گردید.

مترمکعب بر سال ۶۷۴۲۸۵ = تولید

مترمکعب بر سال ۵۵۱۳۷۲۰ = مصرف

مترمکعب بر سال ۱۶۰۵۶۵ = مصرف – تولید = آب بدون درآمد NRW

خطای بهره برداری

این خطا مربوط به کنتورهای ثبت نشده است با توجه به بررسی های میدانی هیچ کنتور ثبت نشده ای در محدوده مورد مطالعه وجود ندارد پس این خطا در جدول بلانسینگ آب محدوده مورد مطالعه صفر در نظر گرفته شد.

خطای مدیریتی

این خطا مربوط به کنتورهای است که به دلیل خرابی یا کهنگی تعویض شده یا کنتور جدید به شبکه اضافه شده و پرونده آنها در امور مشترکین ثبت نشده است. با توجه به بررسی های میدانی و بررسی کلیه قبوض موردی یافت نشد. پس این خطا در جدول بلانسینگ آب محدوده مورد مطالعه صفر در نظر گرفته شد.

خطای انسانی

بروز خطای انسانی تحت تاثیر عوامل محیطی و انسانی متعدد می‌باشد مانند قرائت کنتورها یا ورود اطلاعات نادرست به بانک اطلاعاتی و ... پس برآورد آن بسیار مشکل است و طبق راهنمای دفتر مدیریت مصرف و نظارت بر کاهش آب بدون درآمد شرکت مهندسی آب و فاظلاب کشور مقدار معمول آن ۲-۳ درصد از کل مصرف برآورد می‌گردد.

مترمکعب بر سال ۱۷۳۹۱=۰/۰۳* ۵۷۹۶۹۱ = خطای انسانی

خطای ناشی از دقت کنتور

این خطا با توجه به نوع و تعداد کنتورها و با توجه به ضرایب تصحیح براورد می‌گردد که در حدود ۰/۰۰۱ از میزان مصرف می‌باشد.

مترمکعب بر سال ۵۸۰= ۰/۰۰۱* ۵۷۹۶۹۱ = خطای ناشی از دقت کنتور

مصارف مجاز بدون درآمد

این مصارف محدود به آب مورد نیاز برای فضای سبز است که طبق نشریه۳-۱۱۷ برنامه و بودجه ۵ لیتر در روز به ازای هر متر مربع از فضای سبز است. فضای سبز محدوده مورد مطالعه ۱۵۴۸۰۰ مترمربع می‌باشد.

۷۷۴۰۰۰ = ۱۵۴۸۰۰ * ۵= مصارف مجاز بدون درآمد

مصارف مجاز بدون درامد ۷۷۴ مترمکعب بر روز با در نظز گرفتن ابیاری ۲ روز در هفته معادل ۸۶۶۸۸ مترمکعب در سال در نظر گرفته شد.

نشت

براساس دستورالعمل راهنمای فرم بالانس آب ۴ مولفه، نشت از خطوط انتقال اصلی، نشت از شبکه توزیع، نشت از انشعابات و نشت از مخازن وجود دارد.

با توجه به اینکه خطوط اصلی قبل از کنتور و در خارج از دانشگاه قراردارد این مولفه صفر در نظر گرفته شد همچنین گزارشی از نشت از مخازن موجود نبود پس این مولفه نیز صفر لحاظ گردید.

همانطور که در فصل ۳ به‌طور کامل توضیح داده شد نشت با فشار موجود در شبکه متناسب است با توجه به فرمولهای ارائه شده در فصل ۳ و با توجه به نتایج مدل سازی میزان نشت از شبکه و انشعابات محاسبه گردید.

مترمکعب بر سال ۷۳۸۷۷=۸۶۶۸۸- ۱۶۰۵۶۵= مصارف مجاز بدون درآمد - NRW = حجم کل هدررفت

جدول ۴-۱۱- فرم استاندارد بالاسینگ آب به روش IWA

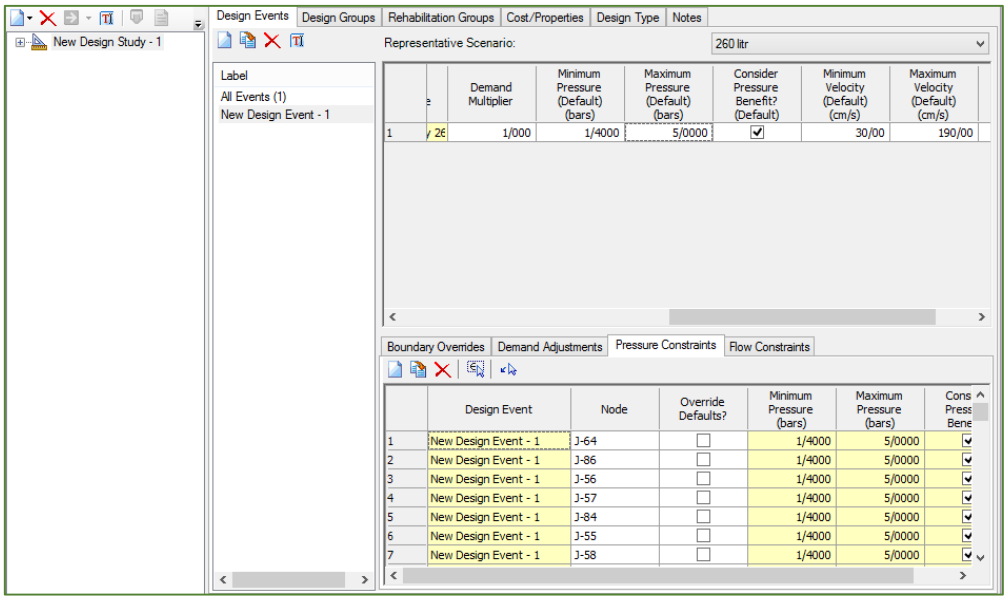
<table>
<tr><td colspan="14">فرم بالانس آب برای منطقه تحت مطالعه -</td></tr>
<tr><td>منبع تامین آب</td><td>درصد</td><td rowspan="2">آب ورودی به سیستم m3/year
۶۷۴۲۸۵</td><td rowspan="2">مصارف مجاز m3/year</td><td>درصد</td><td rowspan="2">مصارف مجاز دارای درآمد</td><td>درصد</td><td colspan="5" rowspan="2">آب با درآمد
NRW</td><td>درصد</td></tr>
<tr><td>چاه
m3/year</td><td>٪۰</td><td>٪۸۹/۰۴</td><td>٪۷۶/۱۹</td><td>٪۷۶/۱۹</td><td>٪۷۶/۱۹</td></tr>
<tr><td>۰</td><td></td><td></td><td></td><td>۵۱۳۷۲۰</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">قنات
m3/year</td><td rowspan="2">٪۰</td><td rowspan="6">m3/year آب ورودی به سیستم
۶۷۴۲۸۵</td><td rowspan="2">۶۰۰۴۰۸</td><td rowspan="6">٪۸۹/۰۴</td><td rowspan="2">مصارف مجاز بدون درآمد</td><td rowspan="2">٪۱۲/۸۶</td><td colspan="3">مصارف اندازه‌گیری شده بدون درآمد</td><td rowspan="6"></td><td rowspan="6">٪۲۳/۸۱</td></tr>
<tr><td>۸۶۶۸۸</td><td>٪۱۲/۳۰</td></tr>
<tr><td>۰</td><td>۸۶۶۸۸</td><td colspan="3">مصارف اندازه‌گیری نشده بدون درآمد</td></tr>
<tr><td rowspan="2">آبهای سطحی
m3/year</td><td rowspan="2">٪۰</td><td rowspan="4">m3/year آب هدر رفت
۶۷۴۲۸۵</td><td rowspan="4">٪۱۰/۹۶</td><td colspan="3">-</td><td colspan="3">-</td></tr>
<tr><td>۰</td><td rowspan="2">هدر رفت ظاهری</td><td rowspan="2">٪۶/۵۵</td><td colspan="3">مصارف غیر مجاز</td></tr>
<tr><td>۴۴۱۷۲</td><td>۳۰۸</td><td>٪۰/۰۸</td><td>۵۶۵۱</td><td>٪۰/۹</td></tr>
<tr><td rowspan="2">خرید آب تصفیه شده
m3/year</td><td rowspan="2">٪۱۰۰</td><td rowspan="2">٪۱۰/۹۶</td><td colspan="3">خطای مدیریت داده ها و سیستم</td></tr>
<tr><td>۶۷۴۲۸۵</td><td rowspan="2">هدر رفت واقعی</td><td rowspan="2">٪۴/۴</td><td>۳۸۲۱۳</td><td>٪۲/۴۷</td></tr>
<tr><td rowspan="2">سایر منابع
m3/year</td><td rowspan="2">٪۰</td><td colspan="3">عدم دقت تجهیزات اندازه‌گیری</td></tr>
<tr><td>۰</td><td>۲۹۷۰۵</td><td>۰</td><td>۰/۰۸</td><td>۳۰۸</td></tr>
<tr><td>۰</td><td>۷۳۸۷۷</td><td colspan="3">نشت از خطوط اصلی</td></tr>
<tr><td>۰</td><td>۰</td><td>۰</td></tr>
<tr><td colspan="3">نشت از شبکه موجود در محدوده</td></tr>
<tr><td>٪۳/۳</td><td>۲۲۲۸۸</td></tr>
<tr><td colspan="3">نشت از انشعابات</td></tr>
<tr><td>٪۱/۱</td><td>۷۴۱۷</td></tr>
<tr><td colspan="3">نشت از مخازن شبکه</td></tr>
<tr><td>۰</td><td>۰</td></tr>
</table>

۴-۸- بهینه سازی در نرم‌افزار WaterGEMS

در این قسمت مراحل کلی قسمت Drawin Designer در نرم‌افزار WaterGEMS که به‌منظور بهینه‌سازی استفاده شده است، توضیح داده می‌شود که بر مبنای روش الگوریتم ژنتیک است.

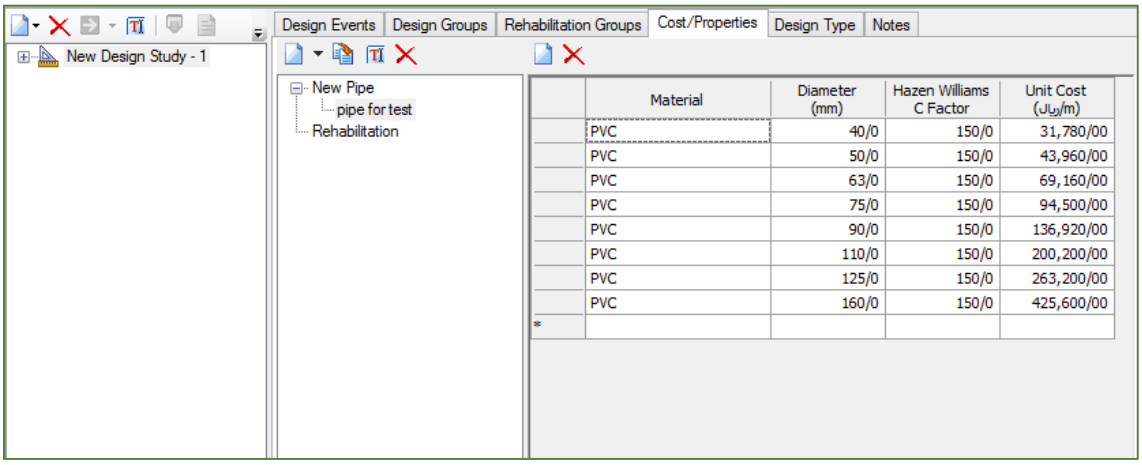
با ورود به نرم‌افزار WaterGEMS از طریق منوی Analysis قسمت Drawin Designer را انتخاب می‌کنیم. با توجه به اینکه اولویت اصلی بهینه‌سازی ازنظر هیدرولیکی بهبود وضعیت فشار است، از Design Event گزینه Required Pressure را انتخاب کرده و تنظیمات مربوطه به فشار هیدرولیکی انجام می‌گیرد که در شکل (۴-۱۷) نشان داده شده است. بدین منظور در قسمت Pressure Constraints گره‌هایی که فشار در

آن‌ها مورد بهینه‌سازی قرار می‌گیرند و در قسمت Pressure Constraints لوله‌هایی که مقدار سرعت در آن‌ها مورد بهینه‌سازی قرار می‌گیرند، انتخاب می‌شوند. در قسمت تغییرات قیود فشار و سرعت، مقادیر حداقل و حداکثر فشار وارد می‌شود. همان‌طور که قبلاً اشاره شد، فشار نباید از حداکثر مقدار مجاز آن که برابر ۵۰/۹۸ متر آب است، بیشتر و یا از حداقل مقدار آن که برابر ۱۴/۲۷ متر آب است، کمتر باشد. سرعت آب در لوله‌ها نیز بین ۰/۳ تا ۲ متر بر ثانیه پیشنهاد می‌شود. از این طریق می‌توان قیود موجود در بهینه‌سازی را اعمال کرد.



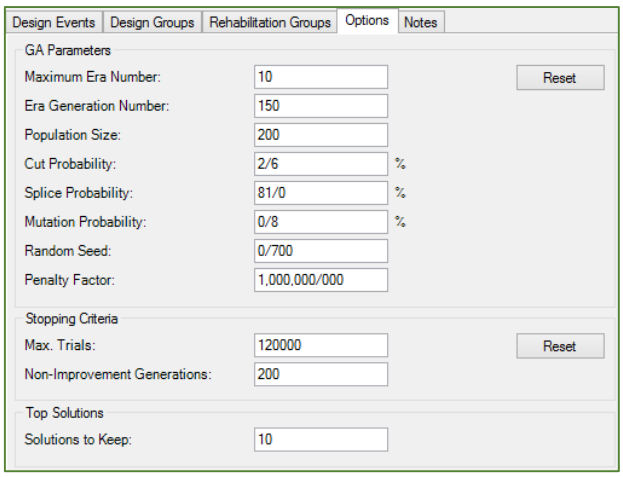
شکل ۴-۱۷- منوی Drawin Designer برای بهینه‌سازی شبکه در نرم‌افزار WaterGEMS

جهت واردکردن سایز لوله‌هایی که در قسمت طراحی از آن‌ها استفاده می‌شود و به‌منظور رعایت محدودیت قطر، در قسمت Cost/Prpperties جنس لوله، اندازه لوله، ضریب زبری و قیمت واحد طول لوله برای اقطار مختلف مشخص می‌شود. در شکل (۴-۱۸) لوله‌های مورداستفاده برای طراحی مشخص شده است.



شکل ۴-۱۸- مشخصات لوله‌های مورداستفاده برای بهینه‌سازی

در این پروژه از تابع هدف دو معیاره (Multi Objective-Tradeoff) برای بهبود هزینه و فشار استفاده می‌شود. برای معرفی پارامترهای الگوریتم ژنتیک نیز در قسمت Options پارامترهای عملگر در الگوریتم ژنتیک مطابق شکل (۴-۱۹) وارد نرم‌افزار گردید.



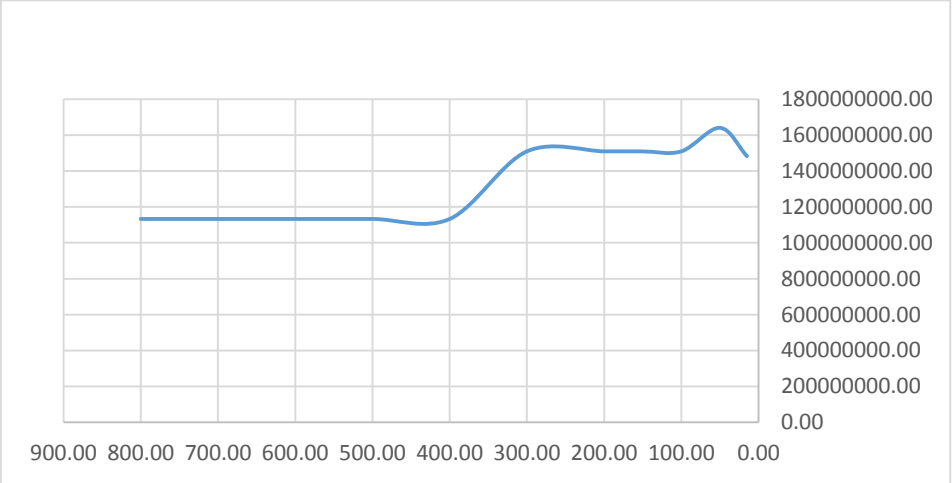
شکل ۴-۱۹- پارامترهای الگوریتم ژنتیک واردشده در نرم‌افزار WaterGEMS

۴-۹- آزمون هم‌گرایی الگوریتم ژنتیک

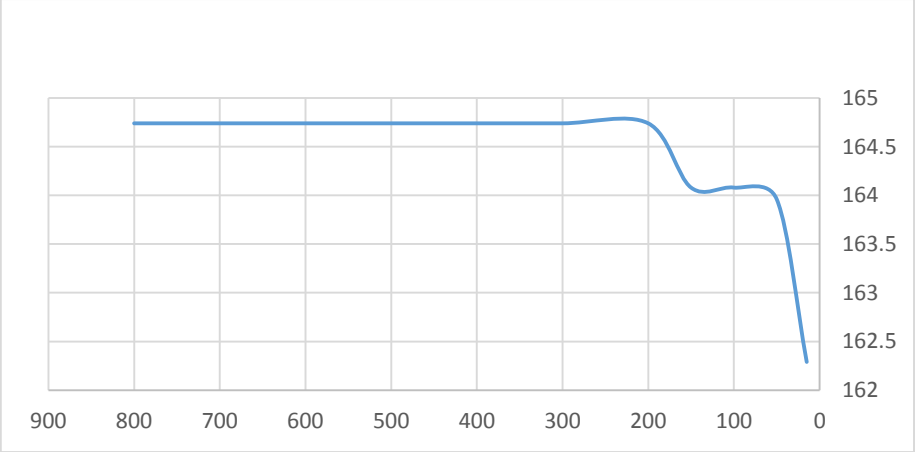
یکی از مباحث مهم در استفاده از الگوریتم ژنتیک، انجام آزمون هم‌گرایی برای جواب‌های به‌دست‌آمده است. به علت وجود پارامترهای زیادی که نقش کلیدی در رسیدن به جواب بهینه دارند و همچنین استفاده از عملگرهای مختلف برای بهبود عملکرد الگوریتم، صحت جواب‌های به‌دست‌آمده از الگوریتم ژنتیک باید کنترل شود. هدف از انجام این آزمون اعتبارسنجی و مشاهده میزان اصالت جواب‌های به‌دست‌آمده برای یک مسئله بهینه‌سازی چند معیاره خاص می‌باشد. روش کار به این صورت است که بعد از طراحی اولیه شبکه و به دست آوردن مجموعه جواب‌های بهینه تولیدشده از الگوریتم ژنتیک، مقدار پارامتر مربوط به تعداد نسل در هر مرحله افزایش داده می‌شود و میانگین مقادیر به‌دست‌آمده برای هر دو تابع هدف برای تمامی راه‌حل‌ها در هر مرحله استخراج می‌شود. بعد از به دست آوردن این مقادیر، منحنی‌های هم‌گرایی برای هر دو تابع هدف به ازای مقادیر جمعیتی مختلف رسم می‌شود که اگر این منحنی‌ها با افزایش جمعیت به هم‌گرایی برسند نشان‌دهنده درستی جواب‌های به‌دست‌آمده از الگوریتم ژنتیک است ولی اگر هم‌گرایی در جواب‌های به‌دست-آمده مشاهده نشود، نشان‌دهنده غلط بودن محاسبات بوده و پارامترهای مربوط به الگوریتم و یا خود شبکه نیاز به اصلاح خواهد داشت. این آزمون بر روی مجموعه جواب‌های به‌دست‌آمده از اجرای الگوریتم در شبکه پیش رو انجام شد. نتایج نشان‌دهنده هم‌گرایی هر دو تابع هدف فشار و هزینه به ازای افزایش پارامتر مربوط به تعداد نسل است. نتایج از هم‌گرایی قابل‌قبولی برای جواب‌های به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که در شکل (۴-۲۰) و (۴-۲۱) نشان داده شده است.

جدول ۴-۱۳- مقادیر توابع هدف فشار و هزینه در نسل‌های مختلف

شماره تکرار	تعداد نسل	مقدار تابع هدف فشار	مقدار تابع هدف هزینه
۱	۱۵	۱۶۲,۲۹	۱۴۸۳۱۶۳۰۰۶
۲	۵۰	۱۶۳,۹۶	۱۶۴۱۰۷۷۸۵۶
۳	۱۰۰	۱۶۴,۰۸	۱۵۰۹۷۹۵۳۱۵
۴	۱۵۰	۱۶۴,۰۸	۱۵۰۹۷۹۵۳۱۵
۵	۲۰۰	۱۶۴,۷۴	۱۵۰۹۷۹۵۳۱۵
۶	۳۰۰	۱۶۴,۷۴	۱۵۰۹۷۹۵۳۱۵
۷	۴۰۰	۱۶۴,۷۴	۱۱۳۳۰۲۵۵۹۵
۸	۵۰۰	۱۶۴,۷۴	۱۱۳۳۰۲۵۵۹۵
۹	۶۰۰	۱۶۴,۷۴	۱۱۳۳۰۲۵۵۹۵
۱۰	۸۰۰	۱۶۴,۷۴	۱۱۳۳۰۲۵۵۹۵



شکل ۴-۲۰- منحنی هم‌گرایی تابع هزینه

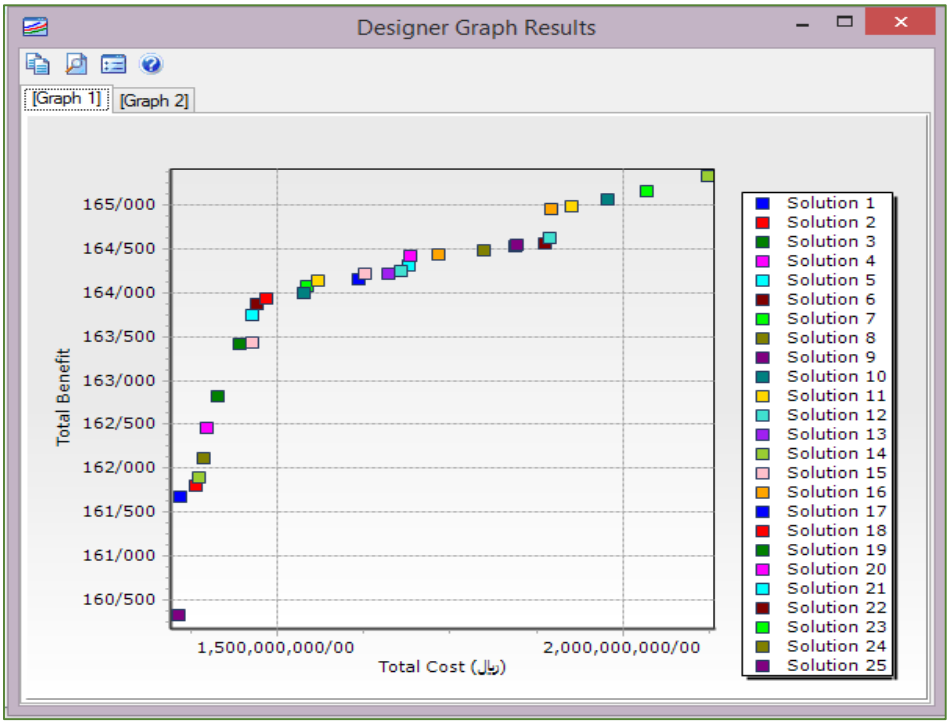


شکل ۴-۲۱- منحنی هم‌گرایی تابع فشار

حال با توجه به اینکه نتیجه آزمون هم‌گرایی بر روی الگوریتم ژنتیک مثبت است، بنابراین می‌توان از نتایج آن استفاده کرد ولی نخست باید از میان جواب‌های به‌دست‌آمده، جواب بهینه را یافت.

۴-۹-۱- یافتن جواب بهینه پارتو

منحنی پارتوای که نرم‌افزار بعد از اجرای الگوریتم و پیدا کردن مجموعه جواب‌ها در اختیار قرار می‌دهد؛ به شکل مقعر نزولی است و علت آن این است که هزینه اجرایی را به‌عنوان تابع هدف در محور افقی و رشد فشار را به‌عنوان تابع هدف دوم در محور قائم در نظر گرفته است. این در حالی است که استفاده از تئوری بازی‌ها به‌منظور پیدا کردن جواب بهینه، نیازمند منحنی پارتوی به شکل محدب است. بدین منظور با توجه به اینکه تابع هزینه در این تحقیق با هدف حداقل سازی هزینه تعریف شده بود؛ با تبدیل آن به تابع سود (حداکثر سازی سود) می‌توان منحنی پارتو را به‌صورت محدب ترسیم کرد. بدین منظور مقدار هزینه ۲۵۰۰۰۰۰۰۰۰ میلیون ریال به‌عنوان سود کل در نظر گرفته می‌شود تا تابع سود خالص از تفاضل تابع هزینه اجرایی با سود کل به دست بیاید.



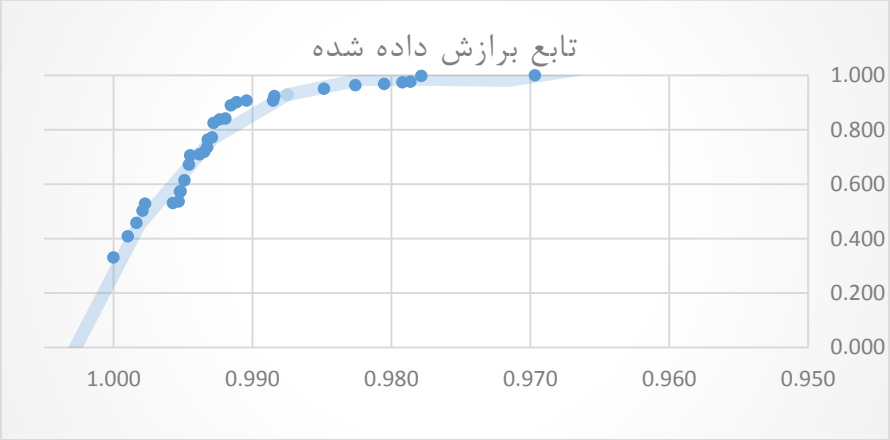
شکل ۴-۲۲- نمودار راه‌حل‌های به‌دست‌آمده در محیط نرم‌افزار WaterGEMS

در این تحقیق مقادیر توابع هدف در راه‌حل‌های به‌دست‌آمده در جدول (۴-۱۴) آمده است.

جدول ۴-۱۴- مقادیر توابع هدف در راه‌حل‌های به‌دست‌آمده

ردیف	رشد فشار	هزینه اجرایی (ریال)	سود خالص (ریال)	مقادیر نرمال شده تابع فشار	مقادیر نرمال شده تابع سود خالص
۱	162.164	1617595008	882404992	0.993	0.772
۲	161.799	1382885632	1117114368	0.979	0.977
۳	162.828	1412960896	1087039104	0.985	0.951
۴	162.456	1398515200	1101484800	0.983	0.964
۵	164.312	1689246208	810753792	0.994	0.709
۶	163.870	1469082880	1030917120	0.991	0.902
۷	164.072	1542409856	957590144	0.992	0.838
۸	162.113	1393049344	1106950656	0.981	0.968
۹	160.320	1356897280	1143102720	0.970	1.000
۱۰	164.002	1538819456	961180544	0.992	0.841
۱۱	164.146	1557666304	942333696	0.993	0.824
۱۲	164.254	1678743936	821256064	0.993	0.718
۱۳	164.536	1843634432	656365568	0.995	0.574
۱۴	161.896	1386404352	1113595648	0.979	0.974
۱۵	163.435	1462931328	1037068672	0.989	0.907
۱۶	164.437	1731805056	768194944	0.995	0.672
۱۷	161.670	1359287552	1140712448	0.978	0.998
۱۸	163.938	1483024896	1016975104	0.992	0.890
۱۹	163.421	1444039424	1055960576	0.988	0.924
۲۰	164.423	1692614016	807385984	0.994	0.706
۲۱	163.750	1463269632	1036730368	0.990	0.907
۲۲	164.559	1886238464	613761536	0.995	0.537
۲۳	165.165	2033861248	466138752	0.999	0.408
۲۴	164.490	1798288256	701711744	0.995	0.614
۲۵	164.545	1846772224	653227776	0.995	0.571
۲۶	165.063	1976522752	523477248	0.998	0.458
۲۷	164.989	1924979712	575020288	0.998	0.503
۲۸	164.629	1893944960	606055040	0.996	0.530
۲۹	164.219	1659246720	840753280	0.993	0.736
۳۰	165.336	2121928064	378071936	1.000	0.331
۳۱	164.212	1627341312	872658688	0.993	0.763
۳۲	164.960	1896013824	603986176	0.998	0.528

به‌منظور انتخاب نقطه بهینه ابتدا باید منحنی برازش داده شده بر روی داده‌ها و تابعی که این منحنی را تعریف می‌کند، مشخص گردد. در این تحقیق به دلیل بزرگ بودن مقادیر عددی توابع هدف و همچنین به دلیل اینکه مقادیر این دو تابع ازلحاظ عددی تفاوت زیادی باهم دارند، انتگرال‌گیری از منحنی برازش داده‌شده بر روی داده‌های اصلی در این محدوده کار مشکلی بوده و هرچه درجه این تابع بزرگ‌تر باشد این مشکل بیشتر نمایان می‌شود. از طرفی دیگر منحنی برازش داده‌شده بر روی داده‌های اصلی تحدب کافی و یکنواختی را ندارد. با توجه به این مشکلات و برای حل آن‌ها از داده‌های نرمال‌سازی شده استفاده گردید و تابع برازش داده‌شده بر روی این داده‌ها یک تابع درجه ۳ است (شکل ۴-۲۳) که علاوه بر ساده بودن به لحاظ انتگرال‌گیری، تحدب بسیار خوبی نیز دارد.



$$y = -55855x^3 + 163612x^2 - 159751x + 51994$$

شکل ۴-۲۳- نمودار تابع درجه ۳ برازش داده‌شده روی جواب‌ها

همان‌طور که قبلاً اشاره گردید، برای کاهش هزینه در یک شبکه باید از لوله‌هایی بـا اقطار کوچک‌تر استفاده شود. این کار باعث افزایش سرعت آب در لوله‌ها شده و فشار در گره پایین‌دست را کاهش می‌دهد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که مسئله مطرح‌شده در این تحقیق یک مسئله ناسازگاری است و برای رسیدن به نقطه بهینه می‌توان از روش‌های تحلیل ناسازگاری استفاده کرد که می‌توان به روش کالای-اسمورودینسکی اشاره کرد که در فصل قبل بدان پرداخته شد.

در این تحقیق برای تعیین نقطه بهینه از روش کالای اسموردینسکی استفاده شد که در آن پارامترهای $d_1 = 0.97$، $d_2 = 0$ و $f_1^* = f_2^* = 1$ می‌باشند و w_1 و w_2 که وزن توابع هدف هستند، مساوی و برابر ۱ در نظر گرفته می‌شوند. درنهایت جوابی که برای f_1 طبق رابطه (۳-۳۹) به دست می‌آید، ۰/۹۹ بوده که با توجه به جدول شماره (۴-۹) راه‌حل شماره ۲۱ که مقدار نرمال شده تابع فشار آن دقیقاً برابر ۰/۹۹ است، پیشنهاد می‌شود.

۴-۹-۲- نتایج بهینه‌سازی مدل شبکه

پس از واردکردن پارامترهای موردنیاز الگوریتم ژنتیک و همچنین اختصاص گروه‌های طراحی به لوله‌های مورداستفاده در شبکه، مدل را اجرا کرده و با تغییر دادن متداوم پارامترهای مختلف الگوریتم ژنتیک، الگوریتم ژنتیک ۳۲ راه‌حل پیشنهادی برای طراحی این شبکه تولید کرد و سرانجام طبق روش کالای- اسمورودینسکی راه‌حل شماره ۲۱ به‌عنوان راه‌حل بهینه تعیین شد. البته یکی از اصلاحاتی که در طرح بهینه باید اعمال شود مربوط به ناپیوستگی قطر لوله‌ها در برخی موارد است که باید برطرف گردد. لازم به توضیح است که منظور از ناپیوستگی در قطر لوله‌ها این است که در یک طول مشخص از مسیر، اندازه قطرها باهم هماهنگ باشد و از یک سایز مشخص شروع و با کاهش منظم قطر، در یک سایز کوچک‌تر خاتمه یابد. حال بعدازاینکه اصلاحات لازم در مورد نتایج راه‌حل شماره ۲۱ اعمال گردید حل هیدرولیکی شبکه انجام شده و نتایج آن در جدول (۴-۱۰) نشان داده شده است.

ابتدا با نصب یک شیر فشارشکن ۴ اینچی با فشار خروجی ۳/۵ بار یا ۳۵/۶۹ متر آب (PRV-4) بر روی لوله P-5، تعداد گره‌های مصرفی با فشار بالای ۵۰/۹۸ متر آب، از ۱۵ گره به ۴ گره کاهش یافت و حداکثر فشار از ۵۶/۰۸ متر آب به ۵۴/۰۴ متر آب رسید. با افزودن یک شیر فشارشکن ۴ اینچی دیگر با فشار خروجی ۳/۵ بار یا ۳۵/۶۹ متر آب (PRV-5) بر روی لوله P-1، تعداد گره‌های مصرفی با فشار بالای ۵۰/۹۸ متر آب، به ۱ گره کاهش یافته و حداکثر فشار ۵۴/۰۴ متر آب باقی ماند.

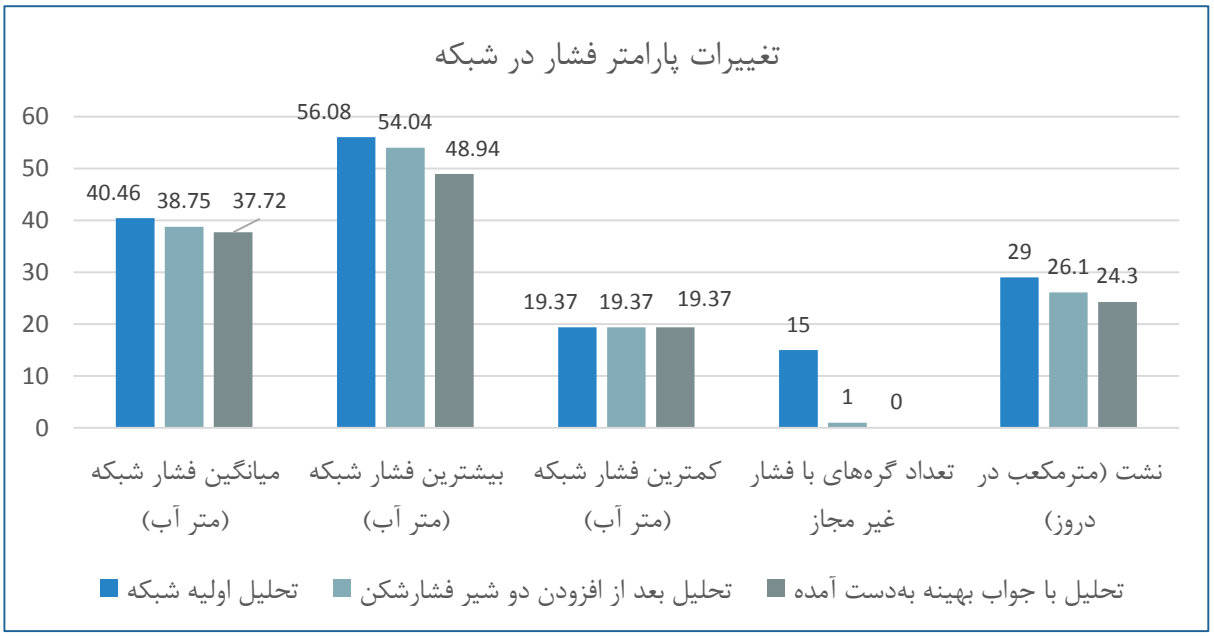
با نصب این دو شیر فشارشکن که موقعیت تقریبی آن‌ها در شکل (۴-۲۴) نشان داده شده است، میزان نشت در شبکه از ۲۹ مترمکعب در روز به ۲۶/۱ مترمکعب در روز کاهش می‌یابد که نشانگر کاهش ۱۰ درصدی نشت در شبکه است. باید توجه داشت که این میزان کاهش تنها در ۲ کنتوری که شیرهای فشارشکن در شبکه مربوط به آن‌ها نصب شده است (کنتور ۱۰۱۰۱۲ و کنتور ۱۰۱۰۱۱)، اتفاق می‌افتد.

شکل ۴-۲۴- نقشه خطوط فشار در شبکه انتقال آب شرب دانشگاه تبریز در حالت حداکثر تقاضا بعد از افزودن دو شیر فشارشکن PVR-۴ و PVR-۵ در نقاط مشخص‌شده

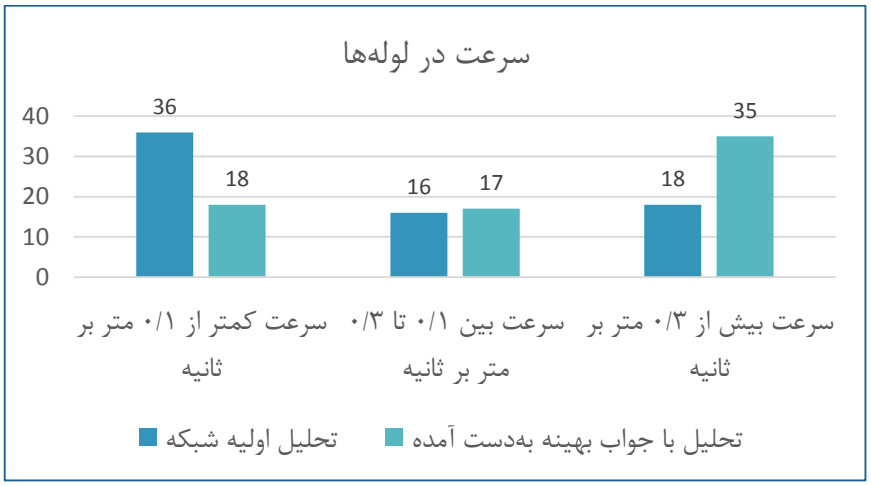
در گام بعدی، با انتخاب راه‌حل شماره ۲۱ به‌عنوان راه‌حل بهینه از میان ۳۲ راه‌حل به‌دست‌آمده از الگوریتم ژنتیک و سپس اصلاحات مربوط به ناپیوستگی لوله‌ها، نتایج بدین‌صورت خواهد بود.

میانگین قطر لوله‌های سیستم توزیع ۳۹ درصد کاهش یافت و حداقل میزان سرعت در لوله‌های شبکه از ۰/۰۱ سانتیمتر بر ثانیه به ۰/۱۱ سانتیمتر بر ثانیه و حداکثر میزان سرعت در لوله‌ها از ۷۶/۰۳ سانتیمتر بر ثانیه به ۱۵۳/۵۰ سانتیمتر بر ثانیه رسید. این نتایج نشان‌دهنده سرعت نرمال آب در تمام لوله‌ها به‌غیراز تعدادی لوله‌های فرعی است. اگر به‌صورت دقیق‌تر به آمار نگاه کنیم، لوله‌هایی که سرعت در آن‌ها کمتر از ۰/۱ متر بر ثانیه بود از ۳۶ شاخه به ۱۸ شاخه، تعداد لوله‌هایی که سرعت در آن‌ها بین ۰/۱ الی ۰/۳ متر بر ثانیه بود از ۱۶ شاخه به ۱۷ شاخه و تعداد لوله‌هایی که سرعت در آن‌ها بیشتر از ۰/۳ متر بر ثانیه بود از ۱۸ شاخه به ۳۵ شاخه رسید. به‌طورکلی پس از بهینه‌سازی، میانگین سرعت در لوله‌ها به میزان ۷۷ درصد بهبود یافت. مقدار میانگین فشار از ۳۸/۷۵ به ۳۷/۷۲ متر آب رسید که نشان‌گر کاهش ۲/۵ درصدی مقدار میانگین فشار شبکه بود. همچنین حداکثر مقدار فشار از ۵۴/۰۴ متر آب به ۴۸/۹۴ متر آب رسید و حداقل مقدار فشار

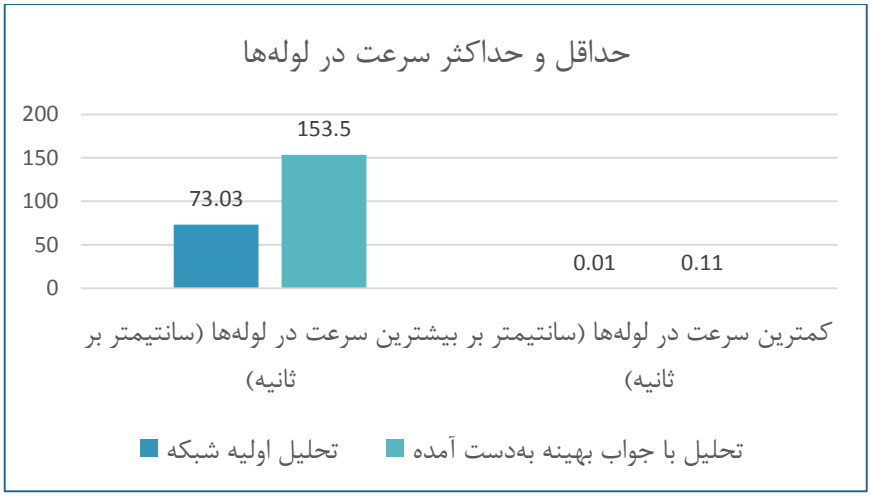
از ۱۲/۲۳ متر آب تغییری نکرد. همچنین میزان نشت در شبکه به ۲۴/۳ مترمکعب در روز کاهش یافت. در شکل‌های (۴-۲۵) تا (۴-۲۷) و جدول (۴-۱۰) نتایج حاصل از بهینه‌سازی مشاهده می‌شود. جنس تمامی لوله‌ها PVC در نظر گرفته شده است.



شکل ۴-۲۵- تغییرات پارامتر فشار در شبکه قبل و بعد از بهینه‌سازی



شکل ۴-۲۶- تغییرات پارامتر سرعت در شبکه قبل و بعد از بهینه‌سازی (۱)



شکل ۴-۲۷- تغییرات پارامتر سرعت در شبکه قبل و بعد از بهینه‌سازی (۲)

جدول ۴-۱۵- نتایج حاصل از بهینه‌سازی شبکه در نرم‌افزار WaterGEMS

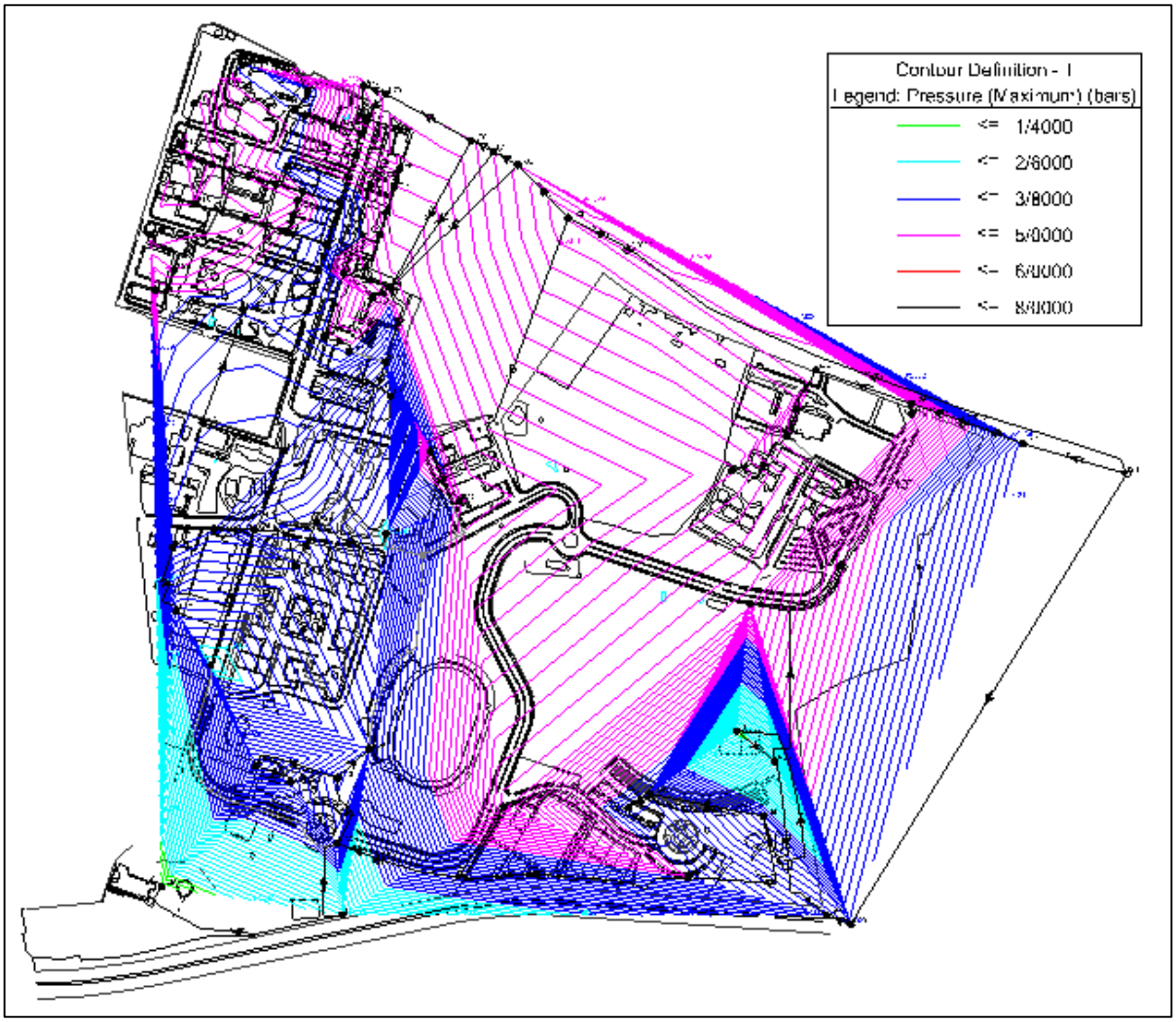
شماره گره	کد ارتفاعی گره‌ها (متر)	فشار در گره‌ها بعد از بهینه‌سازی (متر آب)	شماره لوله	قطر لوله قبل از اصلاح پیوستگی (میلی‌متر)	قطر لوله بعد از اصلاح پیوستگی (میلی‌متر)	سرعت در لوله‌ها بعد از بهینه-سازی (سانتیمتر در ثانیه)
J-1	1.444	37.956	P-1-1	63	63	45.73
J-2	1.445	36.898	P-1-2	63	63	45.73
J-3	1.444	37.778	P-2	63	63	20.18
J-4	1.450	45.891	P-3	63	63	19.06
J-5	1.449	36.213	P-4	125	125	75.3
J-6	1.447	37.297	P-5-1	90	125	34.88
J-7	1.443	40.895	P-5-2	125	125	34.88
J-8	1.441	42.580	P-6	50	50	54.68
J-9	1.442	41.414	P-7	63	50	43.46
J-10	1.440	43.160	P-8	40	40	39.91
J-11	1.440	42.897	P-9	40	40	36.37
J-12	1.449	35.633	P-10	90	40	34.51
J-13	1.444	40.951	P-11	63	40	33.95
J-14	1.446	38.900	P-12	110	110	33.74
J-15	1.443	41.880	P-13	50	50	23.33
J-16	1.442	42.366	P-14	50	50	18.3
J-17	1.449	35.597	P-15	40	40	7.26
J-18	1.450	34.834	P-16	75	40	6.03

ادامه جدول ۴-۱۵- نتایج حاصل از بهینه‌سازی شبکه در نرم‌افزار WaterGEMS

28.93	110	50	P-17	35.408	1.449	J-19
28.93	110	110	P-18	36.814	1.447	J-20
40.43	63	63	P-19	38.996	1.444	J-21
40.43	63	125	P-20	40.990	1.442	J-22
40.8	40	40	P-21	41.988	1.441	J-23
2.79	40	50	P-22	30.804	1.454	J-24
0.74	40	40	P-23	34.793	1.450	J-25
15.66	110	63	P-24	34.793	1.450	J-26
2.98	40	40	P-25	28.804	1.456	J-27
1.12	40	110	P-26	32.772	1.452	J-28
0.56	40	90	P-27	29.765	1.455	J-29
15.2	110	110	P-28	25.750	1.459	J-30
11.64	110	160	P-29	39.450	1.466	J-32
9.44	75	75	P-30	42.628	1.463	J-33
30.12	63	40	P-33	24.815	1.460	J-34
0.56	40	40	P-34	32.107	1.470	J-35
31.69	50	50	P-36	30.810	1.471	J-36
25.52	50	50	P-37	38.542	1.463	J-37
14.58	50	110	P-38	34.509	1.467	J-38
6.17	50	63	P-39	31.800	1.470	J-39
8.88	40	40	P-41	12.142	1.490	J-40
3.72	40	40	P-42	39.874	1.454	J-41
1.86	40	160	P-43	39.835	1.454	J-42
12.74	90	90	P-44	42.324	1.451	J-43
90.63	75	75	P-45	42.822	1.451	J-44
90.59	75	110	P-46	41.862	1.452	J-45
7.24	110	40	P-47	29.699	1.462	J-46
23.89	110	110	P-48	36.510	1.454	J-47
83.15	110	110	P-49	47.682	1.479	J-48
153.47	110	110	P-50	38.733	1.488	J-49
11.17	40	40	P-51	28.906	1.498	J-50
73.53	40	40	P-53	35.699	1.490	J-52
71.67	40	160	P-54	14.882	1.517	J-53
77.96	90	90	P-56	47.657	1.484	J-54
86.51	75	75	P-57	48.522	1.483	J-55

ادامه جدول ۴-۱۵- نتایج حاصل از بهینه‌سازی شبکه در نرم‌افزار WaterGEMS

86.51	75	90	P-58	49.392	1.468	J-56
1.06	75	75	P-59	48.673	1.468	J-57
2.14	50	50	P-60	43.683	1.471	J-58
25.76	75	75	P-61	41.955	1.452	J-59
86.52	50	50	P-62	38.515	1.454	J-60
80.89	40	40	P-63	19.133	1.483	J-61
86.82	40	40	P-64	13.688	1.519	J-62
42.50	75	75	P-65	38.291	1.454	J-63
30.39	63	63	P-66	48.643	1.469	J-64
73.24	160	160	P-67	33.011	1.459	J-65
119.99	125	125	P-68	45.102	1.451	J-78
41.67	110	110	P-70	44.116	1.452	J-79
0.11	40	40	P-71	44.271	1.454	J-80
90.63	75	75	P-72	44.997	1.454	J-81
10.52	90	50	P-123	45.925	1.454	J-82
10.52	90	90	P-124	48.046	1.459	J-83
				48.523	1.469	J-84
				33.943	1.500	J-85
				48.643	1.469	J-86



شکل ۴-۲۸- نقشه خطوط فشار در شبکه انتقال آب شرب دانشگاه تبریز در حالت حداکثر تقاضا بعد از افزودن دو شیر فشارشکن PVR-4 و PVR-5 و بهینه‌سازی با منوی Drawin Designer

۴-۹-۳- تحلیل حساسیت

طراحی شبکه‌های توزیع آب شهری از مسائلی است که با عدم قطعیت درگیر است، چراکه نقشه کاربری طرح‌ها مدام در حال تغییر بوده و چه‌بسا مکان‌هایی که در طرح اصلی به‌عنوان فضای سبز و یا غیرمسکونی در نظر گرفته شده‌اند، اما در آینده با تغییر کاربری مواجه شده و تعداد جمعیت آن‌ها افزایش بیابد. بنابراین تعیین جمعیت قطعی برای یک طرح کار مشکلی بوده و این مسئله معمولاً با عدم قطعیت همراه است که باید در طراحی مدنظر گرفته شود.

عدم قطعیت در مورد میزان تقاضای آب در اکثر موارد به‌صورت افزایش تقاضا و کمتر به‌صورت کاهش تقاضای آب مطرح می‌گردد. برای حل این مسئله شبکه طراحی‌شده باید به‌صورت صلب عمل کند و در صورت تغییر در میزان تقاضای آب بتواند پاسخگوی نیاز مصرف‌کنندگان باشد. در این تحقیق به‌منظور انجام آنالیز حساسیت بر روی راه‌حل بهینه انتخاب‌شده نهایی، میزان تقاضای هر تمامی گره‌ها از ۵٪ تا ۳۰٪ افزایش داده

شد و سپس بدون ایجاد هیچ‌گونه تغییری در مشخصات فیزیکی و هندسی، شبکه دوباره توسط نرم‌افزار WaterGEMS تحلیل هیدرولیکی شد. نتایج حاصل در جدول (۴-۱۱) آمده است.

جدول ۴-۱۶- نتایج حاصل از آنالیز حساسیت شبکه طراحی‌شده به تغییرات فشار

ردیف	میزان تغییرات تقاضا	تغییرات فشار متوسط شبکه	تغییرات تعداد گره‌های دارای حداقل فشار غیرمجاز
۱	۵٪ افزایش	۲/۰۲٪ کاهش	۰
۲	۱۰٪ افزایش	۳/۲۰٪ کاهش	۰
۳	۱۵٪ افزایش	۴/۴۰٪ کاهش	۱
۴	۲۰٪ افزایش	۵/۶۵٪ کاهش	۱
۵	۲۵٪ افزایش	۶/۹۵٪ کاهش	۱
۶	۳۰٪ افزایش	۸/۲۸٪ کاهش	۴

تا ۱۰٪ افزایش در میزان تقاضای گره‌ها، شبکه بدون نیاز به تغییر در قطر لوله‌ها عملکرد خوبی نشان می‌دهد. هرچند اندکی افت فشار در شاخه‌های فرعی شبکه مشاهده می‌شود که مشکل خاصی در شبکه به وجود نمی‌آورد؛ ۲۵٪ افزایش در میزات تقاضای گره‌ها در طرح بهینه، افت فشار در شبکه شروع شده و فشار در ۱ گره مصرفی از حداقل میزان مجاز کم‌تر می‌شود. با افزایش ۳۰٪ و بیشتر در میزان تقاضا، افت فشار در گره‌ها بیشتر می‌شود. برای نمونه در افزایش ۳۰ درصدی تعداد گره‌های مصرفی با فشار غیرمجاز به ۴ گره رسید.

فصل پنجم:

جمع‌بندی و پیشنهادات

۵-۱- مقدمه

وجود فشار اضافی در شبکه‌های آب‌رسانی باعث افزایش میزان مصرف، نشت و تعداد خرابی‌ها می‌شود. کاهش فشار اضافی در شبکه و مدیریت فشار با استفاده از شیرهای تنظیم فشار، سودمند، کم‌هزینه و تأثیر بسزایی در کنترل میزان فشار اضافی و نشت آب در شبکه دارد. استفاده از یک مدل کامپیوتری و استفاده از نرم‌افزار WaterGEMS جهت تشخیص سریع نواحی پرفشار یک روش بسیار کارا است.

استفاده از این نرم‌افزار که قابلیت ارتباط با نرم‌افزارهای کاربردی دیگر را دارد، می‌تواند شبکه‌ای با مشخصات هیدرولیکی بهتر در اختیار قرار دهد و از سوی دیگر میزان خطاهای انسانی در واردکردن دستی پارامترها را کاهش دهد. انتخاب روش مناسب تئوری بازی‌ها و همچنین وزن دهی مناسب به توابع هدفی که از اهمیت بیشتری برخوردار می‌باشند، در تعیین جواب بهینه نهایی نقش بسیار مهمی دارد.

۵-۲- نتیجه‌گیری

- حداقل هد فشار شبکه انتقال آب دانشگاه تبریز در شرایط موجود ۱۲/۲۳ متر و حداکثر هد فشار ۵۶/۰۸ متر بوده و متوسط فشار شبکه ۴۰/۴۶ متر است.
- نصب دو شیر فشارشکن ۴ اینچی در شبکه با موقعیت مشخص‌شده در شکل (۴-۲۴) بعد از کنتور ۱۰۱۰۱۲ و کنتور ۱۰۱۰۱۱، نسبت به شرایط کنونی باعث کاهش ۴ درصدی حداکثر فشار در شبکه، کاهش ۵ درصدی متوسط فشار در شبکه، کاهش ۹۶ درصدی گره‌های با فشار غیرمجاز و همچنین کاهش ۱۰ درصدی نشت در شبکه می‌شود.
- با توجه به فرسوده بودن شبکه توزیع دانشگاه تبریز، طبق محاسبات، نوسازی شبکه ملزوم بوده و در صورت نوسازی با استفاده از لوله¬های با قطر کم¬تر، هزینه-های بازسازی به میزان قابل‌توجهی کاهش خواهد یافت.
- کاهش قطر لوله‌ها به میزان میانگین ۳۹ درصد، بهبود ۹۴ درصدی تعداد لوله‌های دارای سرعت کمتر از حد مجاز در ساعات اوج مصرف شبکه را سبب می‌شود.
- استفاده از لوله‌های دارای قطر کمتر بعد از افزودن شیرهای فشارشکن پیشنهادشده، نسبت به حالت کنونی سبب کاهش ۱۳ درصدی حداکثر فشار در شبکه، کاهش ۷ درصدی متوسط فشار در شبکه، کاهش ۱۰۰ درصدی تعداد گره‌های با فشار غیرمجاز و کاهش ۱۶ میزان نشت در شبکه می‌شود.
- با انجام آنالیز حساسیت بر روی نتایج مشخص شد که در صورت افزایش تقاضای مصرفی حداکثر تا ۲۵٪، شبکه طراحی‌شده جواب‌گوی نیازها خواهد بود.
- میزان مصرف آب انشعاباتی که مربوط به دانشگاه تبریز نبوده ولی هزینه پرداختی آن بر عهده دانشگاه تبریز است (ساختمان‌های دانشگاه علوم پزشکی)، سالیانه در حدود ۱۱ تا ۱۶ هزار مترمکعب می‌باشد.
- بررسی نشت و مقادیر آن با استفاده از روش میدانی و تجهیزات نوین انجام شود.
- استفاده از شیرهای فشارشکن با کنترل الکترونیکی جهت کاهش میزان فشار اضافه، بخصوص در ساعات اولیه شبانه¬روز برای کاهش میزان نشت و خرابی¬ها

- نصب کنتور¬ در ورودی ساختمان¬های پرمصرف در شبکه موردمطالعه با اولویت انشعاب ساختمان¬های علوم ¬پزشکی و بیمارستان شهید مدنی و تفکیک انشعابات
- برای ساختمان های پر مصرف و افزایش تعداد کنتورهای موجود و تعویض برخی از کنتورهای قدیمی دانشگاه تبریز (بر اساس جدول شناسنامه ای کنتورها) و جایگزین نمودن کنتورهای جدید
- افزایش میزان ظرفیت قراردادی کنتورهای پرمصرف از طریق شرکت آب و فاضلاب
- با توجه به اینکه کاربری کنتورهای دانشگاه اکثرا دولتی است و آب بها کاربری دولتی سه برابر آموزشی می باشد (بر اساس مستندات ارائه شده)، تغییر کاربری کنتورهای موجود از دولتی به آموزشی پیشنهاد می شود.
- عملیات دیجیتالی و آنلاین کردن قرائت کنتورها به‌منظور داشتن اطلاعات دقیق¬تر، صرفه¬جویی در زمان و کاهش هزینه¬های مرتبط با استفاده از سامانه های نوین و هوشمند موجود در بازار
- تجهیز، تعویض، نوسازی و استفاده از ادوات کاهنده مصرف آب در ساختمان‌ها، بازچرخانی آب و اصلاح رفتار مصرف و فرهنگ سازی بین دانشجویان، اساتید، کارکنان و ...

منابع و مآخذ

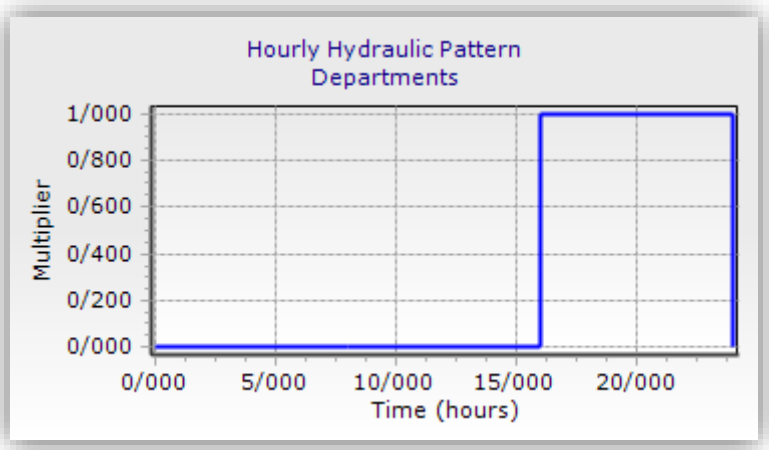
۱. آسفی، ح. ذالنوری، ا. نوذری پور، ع. ۱۳۸۹. مدیریت فشار شبکه های توزیع آب شهری و استفاده صحیح از منابع آب. اولین همایش منطقه‌ای مهندسی عمران. ۸ص.
۲. بوستانی، آ. خداشناس، س. ۱۳۹۴، بررسی روش نشت یابی در شبکه آب تحت فشار بر مبنای رابطه فشار- نشت ارایه کد بهینه یابی مکا نیابی نشت، دو فصلنامه آب و توسعه پایدار شماره ۲.
۳. بهمن، ع. ۱۳۸۸. ارزیابی مدیریت بهره وری از شبکه های آبرسانی با محاسبه شاخصه های مدیریتی آب بدون درآمد مطالعات موردی شهر فاروج، همایش مدیران آب و فاضلاب شهری و روستایی سراسر کشور، ۶ ص.
۴. تابش، م. سلطانی، ج. ۱۳۸۷، مقایسه فرمولهای مختلف ارائه شده جهت مصارف کنترل شده در روش تحلیل هیدرولیکی مبتنی بر فشار برای شبکه های آبرسانی شهری، سومین کنفرانس مدیریت منابع آب، تبریز، انجمن علوم و مهندسی منابع آب ایران، دانشگاه تبریز.
۵. تجریشی، م. ابریشم چی، ا. ۱۳۸۳. مدیریت تقاضای منابع آب در کشور. اولین همایش روش‌های پیشگیری از اتلاف منابع ملی، تهران، فرهنگستان علوم جمهوری اسلامی ایران.
۶. تشیعی، ح. سیدزاده، ع. غزلی، ا. ۱۳۹۵. " راهنمای جامع بهره‌برداری از تاسیسات آب و فاضلاب جلد پنجم هدر رفت آب در شبکه‌های توزیع". انتشارات مکث نظر.
۷. چمنی، م. تائبی، ا." شبکه‌های توزیع آب شهری"، موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه صنعتی اصفهان، چاپ پنجم، ۱۳۹۰.
۸. حبیبی، م . ۱۳۷۸، مدیریت مصرف آب، اولین همایش منطقه‌ای بیلان آب، اهواز.
۹. حبیبی، ک. علیزاده، ه. ایراندوست، ک. ۱۳۹۷. آماده سازی و تحلیل پایگاه اطلاعات جغرافیایی شبکه آب و فاضلاب روستایی به‌منظور برنامه ریزی پایداری اقتصاد روستایی در شهرستان کامیاران. فصل نامه اقتصاد فضا و توسعه روستایی .شماره۱. ۲۰ ص.
۱۰. حیدری، س.، مامی زاده، ج. و سروریان، ج. (۱۳۹۵)، "رویکرد شبیه سازی¬-¬بهینه سازی در طراحی شبکه¬های توزیع آب شهری با استفاده از WaterGEMS مطالعه موردی: ناحیه یک شهر ایلام"، کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران، تهران، انجمن آب و فاضلاب ایران (وابسته به کمیسیون انجمن های علمی ایران)، دانشگاه تهران، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور.
۱۱. خبرگزاری تسنیم، آبان ۱۳۹۷ https://www.tasnimnews.com/fa/news/1397/08/18
۱۲. سازمان برنامه و بودجه کشور (۱۳۷۱). مبانی ضوابط طراحی طرحهای آبرسانی شهری، نشریه ۱۱۷.
۱۳. سازمان برنامه و بودجه کشور (۱۳۹۱). راهنمای شناخت و بررسی عوامل موثر در آب به‌حساب نیامده و راهکارهای کاهش آن، نشریه ۵۵۶.
۱۴. سازمان برنامه و بودجه کشور (۱۳۸۶). دستورالعمل شناخت و نحوه مطالعه عوامل در آب به‌حساب نیامده و راهکارهای کاهش آن، نشریه شماره ۳۰۸ –الف.
۱۵. ستارزاده، ا. ذاکری نیری، م. خضری، س. ۱۳۹۳، کاربرد نرم افزار مدل‌سازی WATER GEMS در طرح های اصلاح و توسعه شبکه های توزیع آب به‌منظور کاهش هدر رفت واقعی و ارائه مدل

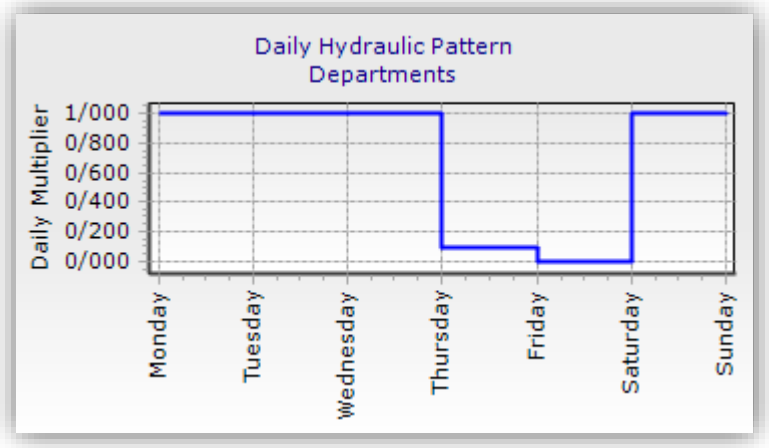
هیدرولیکی پایلوت شهر نسیم شهر، دومین همایش ملی بحران آب (تغییر اقلیم، آب و محیط زیست، شهرکرد.
۱۶. سفیدی، م. و ضرغامی، م. (۱۳۹۱)، "بهینه‌سازی شبکه آب خام برای توسعه پایدار فضای سبز به کمک الگوریتم ژنتیک چندهدفه در محیط "GIS، مطالعات کارشناسی گروه مهندسی آب، دانشگاه تبریز.
۱۷. سلامت، ا. اعلمی، م. ستارزاده، ا. ۱۳۹۵. تحلیل و مدل‌سازی شبکه های توزیع آب در راستای طرح های اصلاح و توسعه شبکه به‌منظور کاهش هدر رفت واقعی و ارائه مدل هیدرولیکی. کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران. تهران.
۱۸. عادلی، م. کمره ئی، ب.۱۳۹۵. بررسی میزان حوادث و تلفات آب در شبکه توزیع آب شرب شهر ازنا و عوامل موثر بر آن در سال‌های ۱۳۸۷تا۱۳۹۳. مجله تحقیقات سلامت در جامعه، دوره ۲ شماره ۳. ۶۶-۷۴.
۱۹. کلیایی، پ. سامانی، س. ۱۳۹۱. پیش بینی محل نشت در شبکه های توزیع آب با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی. نهمین کنگره بین المللی مهندسی عمران
۲۰. مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی،۱۳۹۳
۲۱. معاشری، ر. و جلیلی قاضی‌زاده، م. (۱۳۹۸)، یافتن محدوده‌ی نشت‌های شبکه آب‌رسانی به روش واسنجی با الگوریتم رقابت استعماری (ICA) ، یازدهمین کنگره ملی مهندسی عمران، شیراز، دانشگاه شیراز.
۲۲. منزوی، م.ت؛ "آبرسانی شهری" ، موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران، چاپ ششم، ۱۳۶۹.
۲۳. منوچهری، غلامرضا، ۱۳۸۰، مدیریت آب و فاضلاب شهری، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور.
۲۴. نشریه و هفته نامه شهراب، دی ماه ۱۳۸۰، سخنرانی معاون آب و فاضلاب وزارت نیرو، شماره ۲۵۱.
۲۵. نصیریان، ع. (۱۳۹۲). کاربرد روش‌های مبتنی بر نشتیابی در شبکه‌های توزیع آب شهری، پایان نامه دکترا، گروه عمران، دانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد.
۲۶. .نوشادی، م و راستی، م. ۱۳۹۰.، "تعیین هدر رفت واقعی آب و شاخص های عملکرد نشت در شبکه آبرسانی شهر لار"، کنفرانس بین المللی آب و فاضلاب، ۱۰ ص

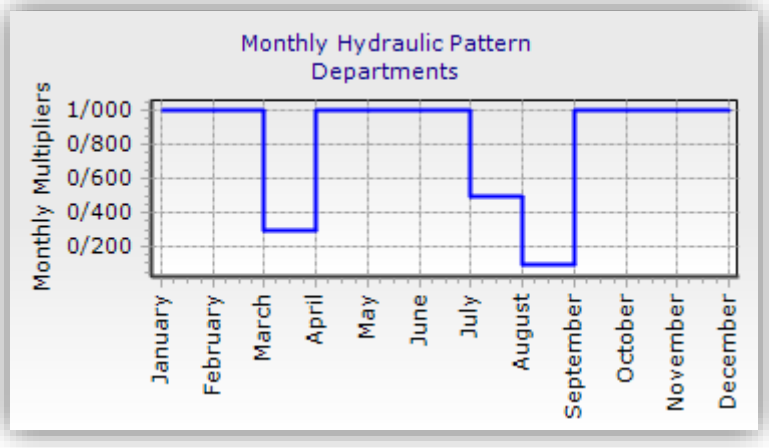
27. Amilkar E. Ilaya-Ayza *, Enrique Campbell, Rafael Pérez-García and Joaquín Izquierdo.(2016). “Network Capacity Assessment and Increase in Systems with IntermittentWater Supply” Water 2016, 8, 126; doi:10.3390/w8040126.
28. Boano, F., Scibetta, M., Ridolfi, L., Giustolisi, O. (2015). “Water distribution system modeling and optimization: A case study”. Procedia Engineering, 119, 719–724.
29. Covelli, C.; Cozzolino, L.; Cimorelli, L.; Della Morte, R.; Pianese, D. Optimal location and setting of PRVs inWDS for leakage minimization. Water Resour. Manag. 2016, 30, 1803–1817.
30. Elhay, S.; Piller, O.; Deuerlein, J.; Simpson, A.R. A robust, rapidly convergent method that solves the water distribution equations for pressure-dependent models. J. Water Resour. Plan. Manag. 2015.

31. Gomes, R. Sousaand, J. Marques, A. S. 2013, “The influence of pressure/leakage relationships from existing leaks in thebenefits yielded by pressure management”, Water Utility Journal.
32. Gupta, R.; Nair, A.G.R.; Ormsbee, L. Leakage as pressure-driven demand in design of water distribution networks. J. Water Resour. Plan. Manag. 2016, 142, 04016005.
33. Kumar, S.M.; Narasimhan, S.; Bhallamudi, S.M. State estimation in water distribution networks using graphtheoretic. reduction strategy. J. Water Resour. Plan. Manag. 2015, 134, 395–403.
34. Martinez-Bahena, B., Cruz-Chávez, M., Ávila-Melgar, E., Cruz-Rosales, M. and Rivera-Lopez, R. (2018). “Using a genetic algorithm with a mathematical programming solver to optimize a real water distribution system”. Journal of Water, 10 (10), 1318.
35. Mays.,L.W (ed.),Reliability Analysis of water Distribution Systems , American Society of civil Enjineers , New York ,1985.
36. Mehta D., Yadav V., Waikhom S., I., Prajapat K. (2017) “Design of optimal water distribution systems using watergems: A case study of Surat city”. Proceedings of the 37th IAHR World Congress. August, 2017, Kuala Lumpur, Malaysia.
37. Montalvo I., Izquierdo, J, Herrera M., Ayala-Cabrera, D. (2017). SMARTER WATER NETWORK OPERATION MANAGEMENT. Congreso de Métodos Numéricos en Ingeniería 3-5 julio 2017, Valencia, España.
38. Okeya, I., Hutton, C., Kapelan, Z. (2015). “Locating pipe bursts in a district metered area via online hydraulic modelling”. Procedia Engineering, 119, 101–110.
39. Roshani, E.; Filion, Y. WDS leakage management through pressure control and pipes rehabilitation using an optimization approach. Procedia Eng. 2014, 89, 21–28.
40. Sophocleous S., Nikoloudi E., Mahmoud H., Woodward K, Romano M. (2018). “Simulation-Based framework for the restoration of earthquake-damaged water distribution networks using a genetic algorithm”. 1st International WDSA / CCWI 2018 Joint Conference, Kingston, Ontario, Canada. July, 2018.
41. Yoo ,D., Dong Ch, Jung Ho Lee 3 (2018) Optimal Placement of Pressure Gauges for Water Distribution Networks Using Entropy Theory Based on Pressure Dependent Hydraulic Simulation. Entropy 2018, 20, 576; doi:10.3390/e20080576.

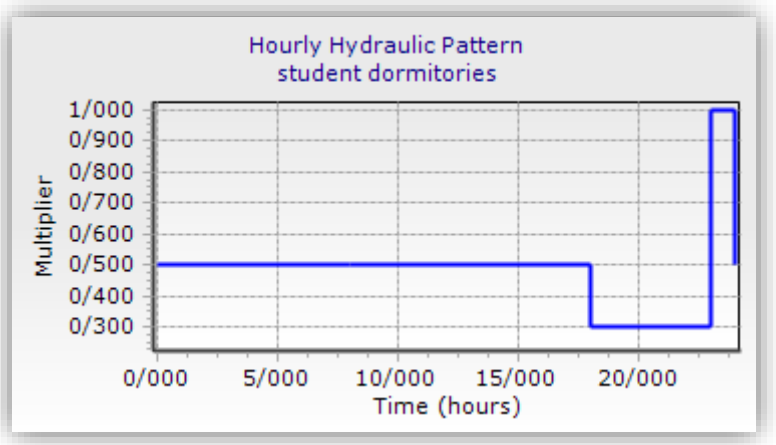
پیوست

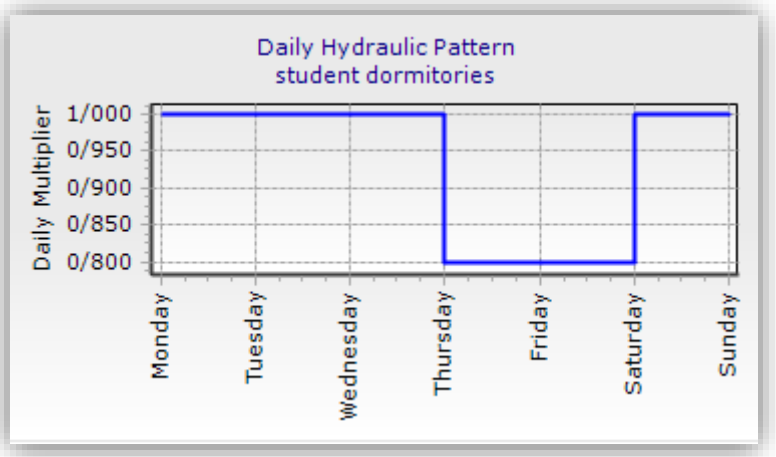


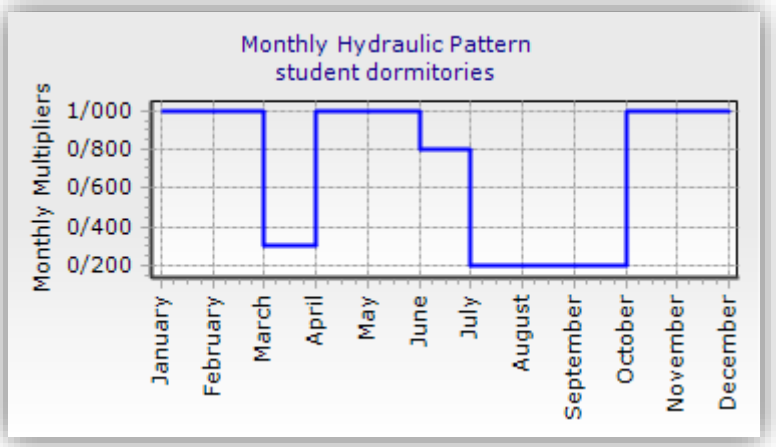




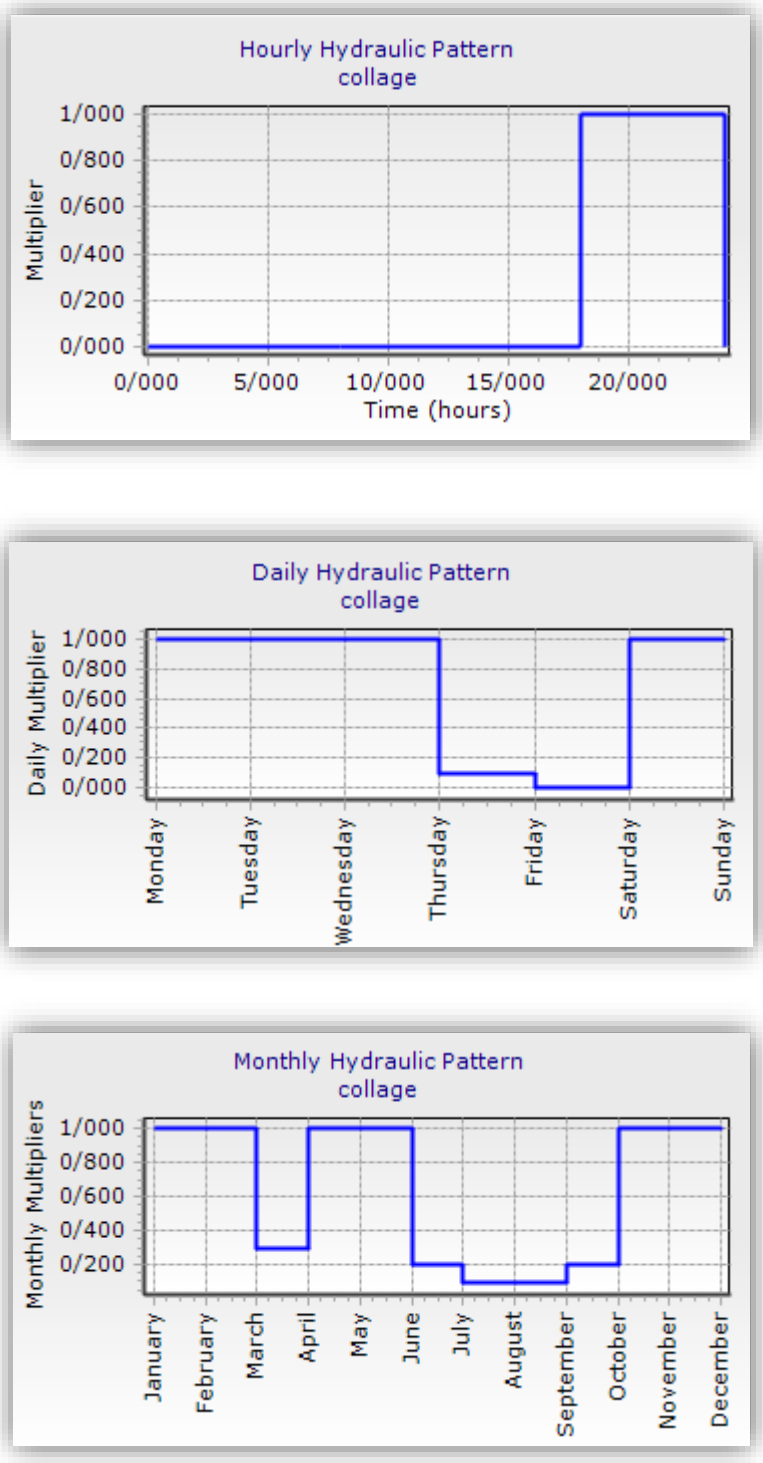
نمودار الگوی زمانی روزانه، هفتگی و سالانه مصرف آب تعریف‌شده برای قسمت (Departments)



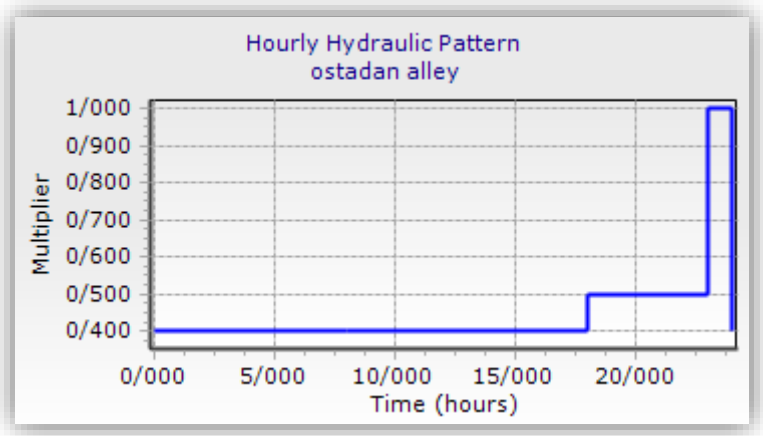


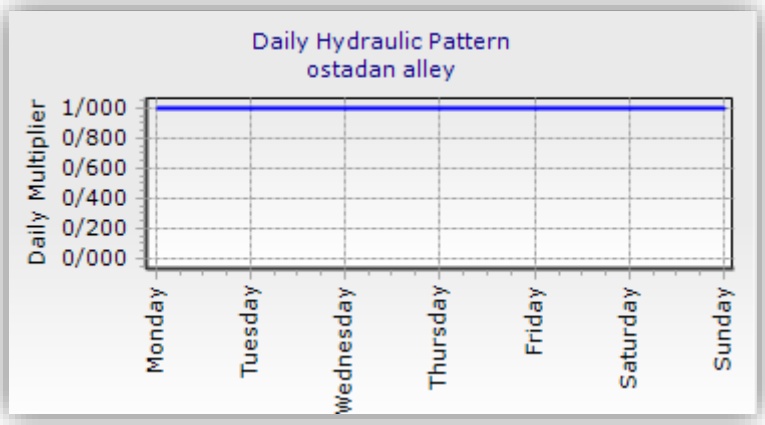


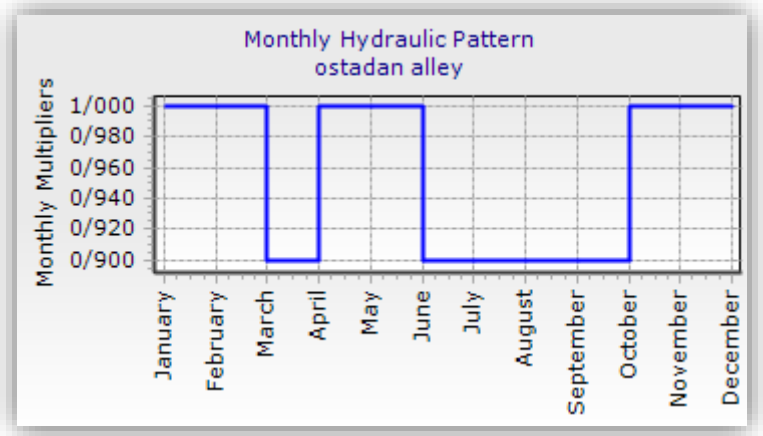
نمودار الگوی زمانی روزانه، هفتگی و سالانه مصرف آب تعریف‌شده برای قسمت (Student Dormitories)



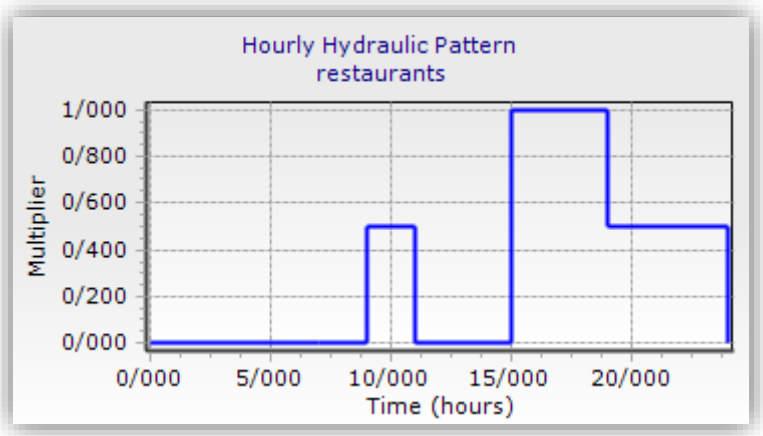
نمودار الگوی زمانی روزانه، هفتگی و سالانه مصرف آب تعریف‌شده برای قسمت (Collage)

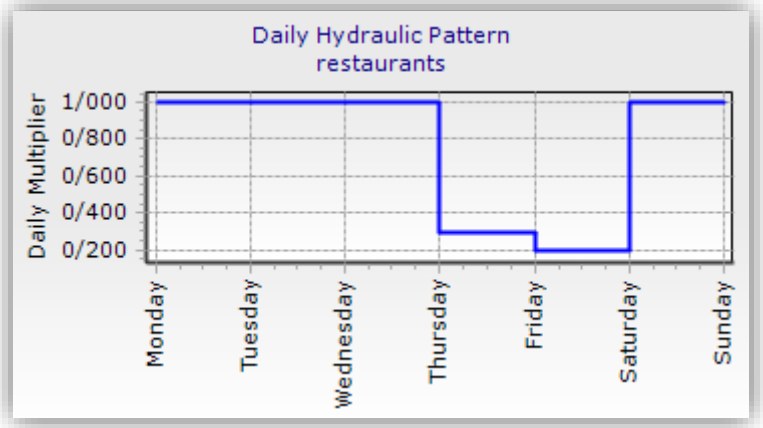


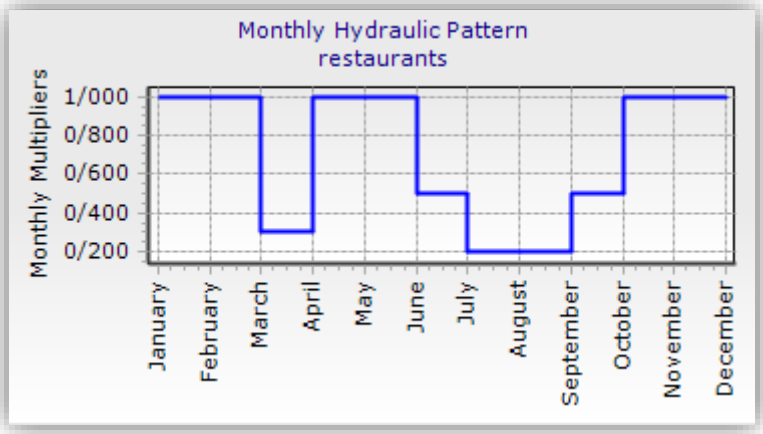




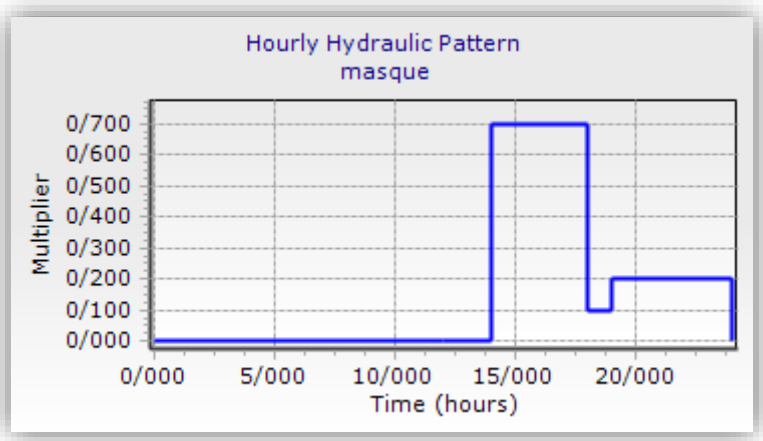
نمودار الگوی زمانی روزانه، هفتگی و سالانه مصرف آب تعریف‌شده برای قسمت (Ostadan Alley)

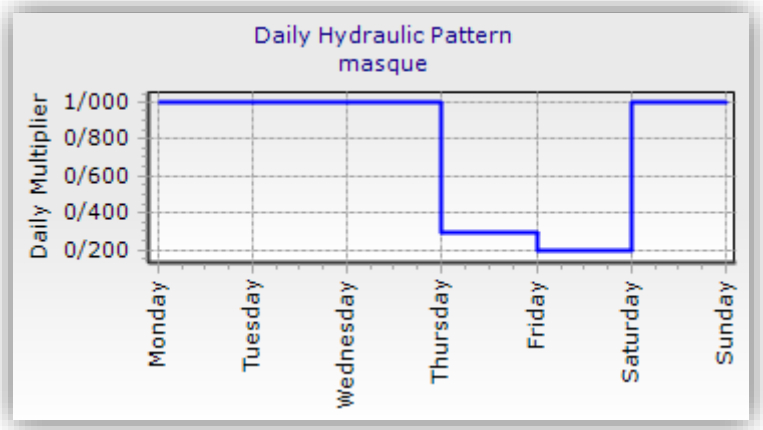


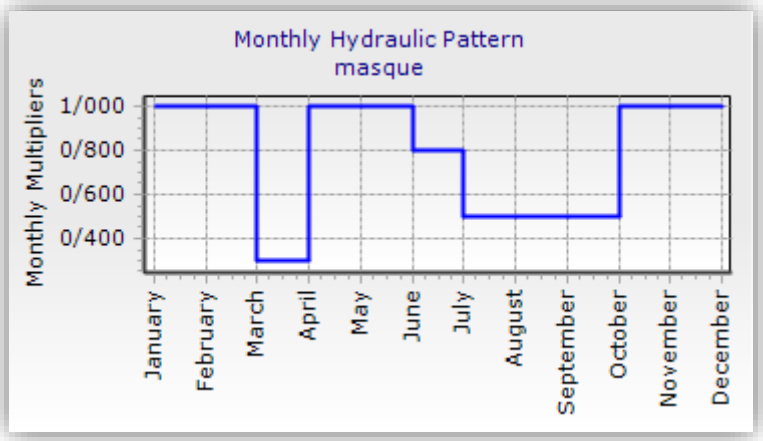




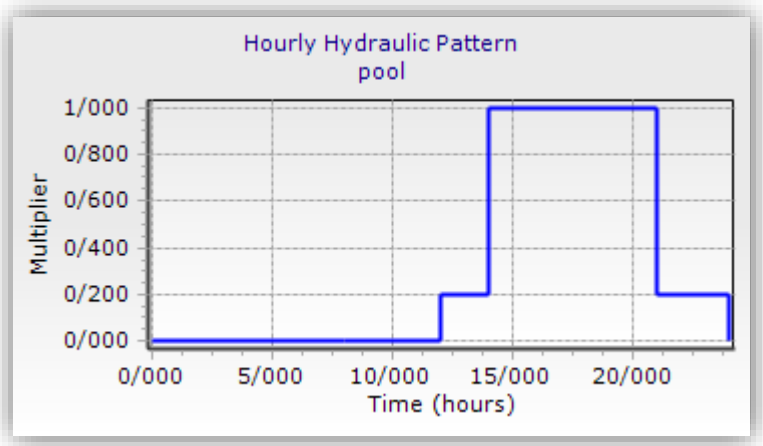
نمودار الگوی زمانی روزانه، هفتگی و سالانه مصرف آب تعریف‌شده برای قسمت (Restaurants)

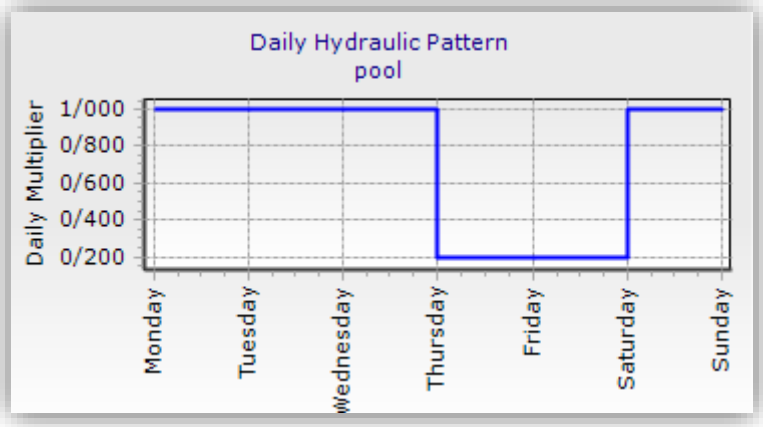


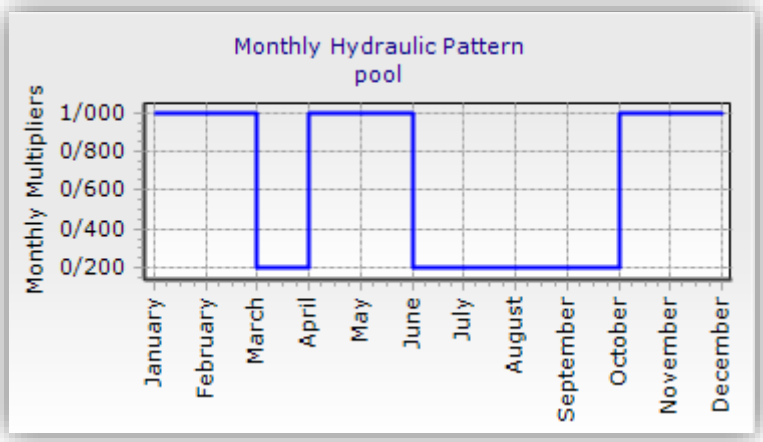




نمودار الگوی زمانی روزانه، هفتگی و سالانه مصرف آب تعریف‌شده برای قسمت (Masque)







نمودار الگوی زمانی روزانه، هفتگی و سالانه مصرف آب تعریف‌شده برای قسمت (Gymnasium)