



مهندسی آب و فاضلاب

www.abfaeng.ir

جلوتر از دیگران حرکت کنید

اطلاعات آموزشی

اطلاعات فنی و مهندسی

اخبار روز آب و فاضلاب

اخبار استخدامی کارفرمایان



[T.me/mohandesifazelab](https://t.me/mohandesifazelab)



[Instagram.com/abfaeng](https://www.instagram.com/abfaeng)

مدل سازی هیدرولیکی شبکه های توزیع آب در محیط های GIS و Water Gems

مدلها نمونه کوچک و قابل لمس از واقعیتها هستند. هر مدل می تواند تا حدودی شرایط طبیعی را به نمایش بگذارد و از این بابت کمک مناسبی برای تصمیم گیری های آتی باشد. مدلها عموماً به دو طیف کلی فیزیکی و ریاضی تقسیم می شوند که هر یک مزایا و معایب خاص خود را دارند.

مدلهای فیزیکی از آن جهت که قابل لمس و رویت می باشند و کوچک شده ابعادی واقعیت هستند، جذابیت خاصی نیز دارند ولی از آنجا که بسیاری از واقعیات را نمیتوان به شکل مدل فیزیکی کوچک کرد کاربرد گسترده ای در علوم ندارند لذا متخصصان برای مدل سازی غالباً به سمت مدلهای ریاضی می روند که اگر چه جذابیت دیداری مدلهای فیزیکی را ندارند ولی در عمل کارایی بیشتری داشته و توان مدل کردن حجم زیادی از واقعیت را دارند.

مدلسازی هیدرولیکی شبکه های توزیع و انتقال آب شرب نیز قدمت زیادی داشته و مدام در حال بروز شدن می باشد. یک مدل جامع پس از کالیبراسیون می تواند از منبع تامین تا مصرف کننده را با دقت قابل قبولی نمایش دهد. از مهمترین شروط لازم برای جواب بهینه یک مدل ورود اطلاعات صحیح به مدل است که به تبع آن می توان انتظار خروجی مناسبی را نیز داشت.

ترکیب دو نرم افزار توانمند Arc GIS 10.2 و Water Gems V8 SS4 این مدل سازی را به زیبا ترین شکلی ارائه می نماید. از طرفی قابلیت های بالای بانک اطلاعاتی و سیمبولوژی زیبای GIS و از طرف دیگر توانایی غیر قابل انکار نرم افزار Gems در ارائه پارامترهای هیدرولیکی این امکان را به متخصصین می دهد که قبل از انجام هر کار عملی در شبکه، نمونه آنرا در مدل اجرا و در صورت احصاء نتیجه مطلوب کار عملی را در شبکه اجرا نماید و به این صورت از اتلاف هزینه های هنگفتی که نتیجه کارهای سعی و خطا می باشد جلوگیری نماییم.

کارهای انجام شده در استان خراسان جنوبی در چند بخش به صورت تحقیقاتی انجام و در برخی از قسمتها به استفاده و بهره برداری عمومی رسید. قسمتی از این فعالیتها به شرح ذیل است:

الف) بارگذاری گره های شبکه توزیع بر اساس اطلاعات واقعی مشترکین

۱- مقدمه

شبکه های توزیع آب شهری مجموعه ای بهم پیوسته از منابع تأمین آب، خطوط انتقال، مخازن، ایستگاه های پمپاژ، لوله ها و شیر آلات می باشد که جزء لاینفک زندگی در جوامع بشری است. این شبکه ها که وظیفه تأمین کمی و کیفی آب ساکنان یک جامعه را به عهده دارند از حساسیت بالایی نیز برخوردارند (تابش و همکاران ۱۳۸۶).

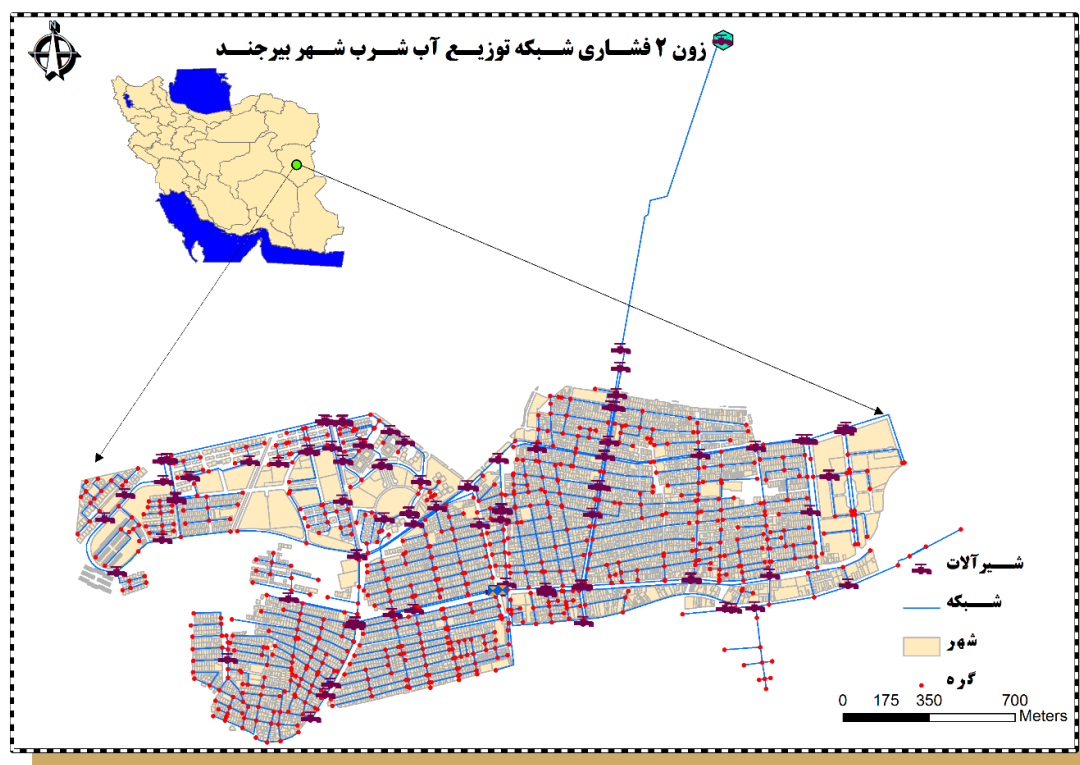
در طراحی یک شبکه توزیع آب شرب برآورد میزان مصرف مشترکین در افق طرح از مهمترین اصول مهندسی به شمار می رود (نشریه ۱۱۷-۳). از آنجا که انتخاب قطر شبکه توزیع مستقیماً با پیش بینی میزان مصرف آب در هر گره رابطه دارد لذا برآورد بیش از واقع میزان مصرف منجر به افزایش قطر شبکه توزیع و بالتبع آن افزایش نمایی هزینه اجرا و از طرفی ماندابی شدن آب در شبکه به دلیل عدم رسیدن سرعت آب به حد مطلوب و کیفیت بد توزیع آب خواهد شد.

از منظر دیگر و با توجه به اینکه افت فشار رابطه مستقیمی با میزان مصرف شبکه دارد و تامین فشار بهینه شبکه علاوه بر اختلاف ارتفاع مخزن تا گره مصرفی به میزان مصرف نیز وابسته است تعیین میزان دقیق مصرف در هر گره شبکه از مهمترین اصول طراحی یک شبکه توزیع آب می باشد. در این مورد اختلاف زیاد فشار دینامیک و استاتیک شبکه در طی یک شبانه روز، از یک طرف نارضایتی مشترکین و از دیگر سو خستگی شبکه را به همراه خواهد داشت.

۲- مواد و روش‌ها

۱-۲ - موقعیت منطقه طرح

شهر بیرجند طبق طبقه بندی اقلیمی آمبرژه در منطقه خشک واقع شده است. این شهر دارای وسعت ۲۸ کیلومتر مربع بوده که در حال حاضر با ۷۰۰۰۰ مشترک بزرگ‌ترین شهر و مرکز استان خراسان جنوبی می باشد. بیرجند دومین شهر کشور است که شبکه توزیع آب شهری در آن اجرا شده است لذا قدمت شبکه در بعضی از نقاط شهر به سال‌های ۱۳۲۰ برمی گردد. این شهر دارای ۶۰۰ کیلومتر شبکه توزیع در اقطار ۳۲ تا ۷۰۰ میلی متر می باشد. تأمین آب از ۴ دشت و توسط ۳۲ حلقه چاه با دبی ۹۰۰ لیتر بر ثانیه انجام می شود. توپوگرافی خاص شهر و وجود پستی و بلندی‌های زیاد به دلیل نزدیکی به رشته کوه باقران باعث شده است که شبکه به ۷ ناحیه فشاری تقسیم گردد (محتشم و بسملی ۱۳۹۱). در این تحقیق ناحیه ۲ فشاری شبکه توزیع آب شرب شهر بیرجند (شکل شماره ۱) مورد مطالعه قرار گرفت.



شکل شماره ۱: زون ۲ فشاری شهر بیرجند - استان خراسان جنوبی

۲-۲ - روش تحقیق

هدف از این تحقیق ارزیابی روشهای مختلف بارگذاری گره های شبکه توزیع آب می باشد. برای نیل به این هدف سه روش عمده که سایر روشهای مرسوم خود زیر مجموعه ای از این سه روش می باشد مورد ارزیابی قرار گرفت. الف) محاسبه مصرف بر اساس مساحت و تراکم ناخالص:

در این روش ابتدا سطوحی را به هر گره شبکه اختصاص می دهیم تا بر اساس مساحت چند ضلعی و تراکم ناخالص منطقه و نیز سرانه مصرف در شبانه روز میزان مصرف در آن سطح محاسبه شود. با اختصاص مصرف محاسبه شده به گره متناظر با هر چندضلعی میزان مصرف به شبکه توزیع تخصیص می یابد. تشکیل چند ضلعی ها بر اساس ترسیم عمود منصف مثلثهایی هستند که هر راس آن یک گره از شبکه باشد و به این صورت هر راس مثلث یا به عبارتی هر گره شبکه داخل یکی از این چندضلعی ها واقع می شود. ترسیم این چند ضلعی ها که اصطلاحاً به آن تیسن گفته می شود، در نرم افزار Arc GIS به سهولت و با دقت بالا قابل ترسیم است. تعداد ۸۳۰ تیسن مربوط به گره های شبکه زون ۲ فشاری شهر بیرجند امکان برآورد میزان مصرف را میسر می کند. در نهایت با ضرب مساحت تیسن در تراکم منطقه و سرانه مصرف و تبدیل واحد به لیتر بر ثانیه بارگذاری هر گره انجام می شود. شکل شماره ۲ نحوه اختصاص بار به هر گره را در این روش نشان می دهد.

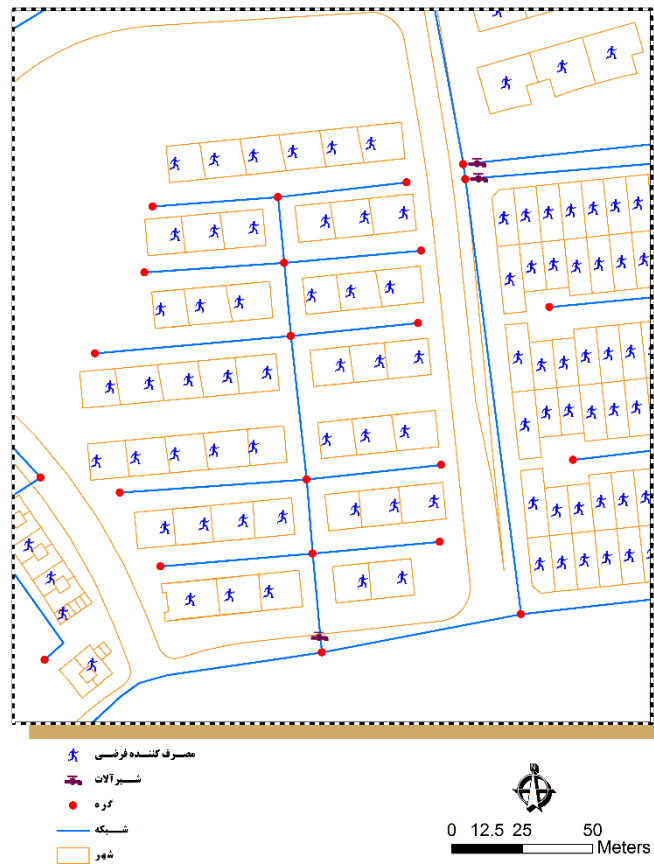


شکل شماره ۲: اختصاص بار به هر گره شبکه توزیع بر اساس روش تیسن بندی

ب) محاسبه مصرف بر اساس مساحت و تراکم خالص:

در این روش بجای آنکه کل سطح یک زون فشاری به سطوح کوچکتر (تیسن) تبدیل شود و از تراکم ناخالص برای برآورد میزان جمعیت استفاده گردد، فضاهای نامرتب مانند معابر حذف می گردد و فقط مساحت املاک محاسبه شده و بر اساس تراکم خالص و مصرف سرانه بارگذاری گره ها انجام می شود. این روش در صورتی که میزان تراکم خالص با دقت بالایی وجود داشته باشد می تواند نتایج دقیق تری نسبت به روش اول داشته باشد. در این مرحله تعداد ۷۹۷۴ پلیگون که عموماً دارای کاربری مسکونی یا تجاری و فضای سبز بودند مشخص شده و به نسبت سطح اشغال شده در هر پلیگون میزان مصرف مجازی پیش بینی شده به یک نقطه در مرکز پلیگون اختصاص داده شد تا در مجموع به دو گره ابتدا و انتهای هر شاخه لوله اختصاص داده شود شکل شماره ۳ اختصاص بار به گره های شبکه را بر اساس تراکم خالص و سرانه مصرف نشان می دهد.

تخصیص مصرف به هر گره شبکه بر اساس تراکم خالص و سرانه مصرف

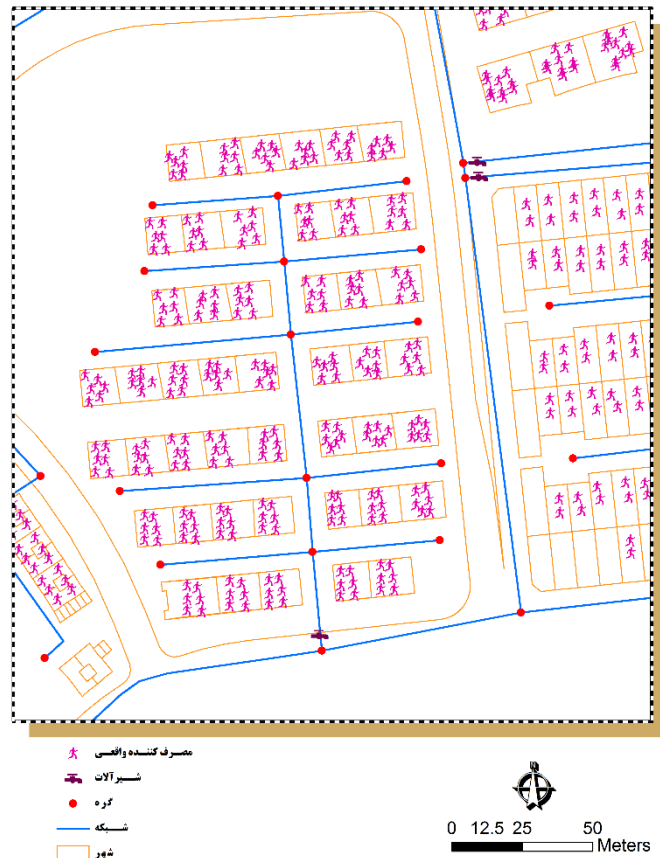


شکل شماره ۳: اختصاص بار به هر گره شبکه توزیع بر اساس روش تراکم خالص

پ) محاسبه مصرف بر اساس مصرف واقعی مشترکین:

در این روش استفاده از کلیه پارامترهای طراحی که معمولاً پیش بینی بوده و طبیعتاً دارای خطا می باشد شامل سرانه مصرف، تراکم خالص یا ناخالص حذف شده و بر اساس واقعیات موجود بارگذاری گره ها انجام می شود. پیمایش مشترکین منطقه و جانمایی محل دقیق هر مشترک روی نقشه پایه ۱/۱۰۰۰ شهر و سپس اختصاص مصرف واقعی مشترک در یک دوره زمانی به صورت یک فیلد اطلاعاتی در نرم افزار Arc GIS، به لوله ای که مشترک از آن مصرف می کند میزان دقیق مصرف در شبکه را نمایش می دهد. در این حالت برای زمین هایی که در نقشه طرح تفصیلی وجود داشته ولی فاقد مشترک هستند مصرفی معادل متوسط مصارف لحاظ خواهد شد تا بار هر گره به مقدار واقعی نزدیکتر شود. در این روش به دلیل وجود اماکنی که در آن ها مرتفع سازی به صورت برجهای مسکونی یا تجاری انجام شده است می توانند با دقت بالا و بر اساس مصرف واقعی برج بار گذاری گره های مدل هیدرولیکی را انجام دهند. شکل شماره ۴ با نمایش مصرف کننده های واقعی در مکان واقعیشان این نوع بارگذاری را نمایش می دهد.

تخصیص مصرف به هر گره شبکه بر اساس مصرف واقعی مشترکین

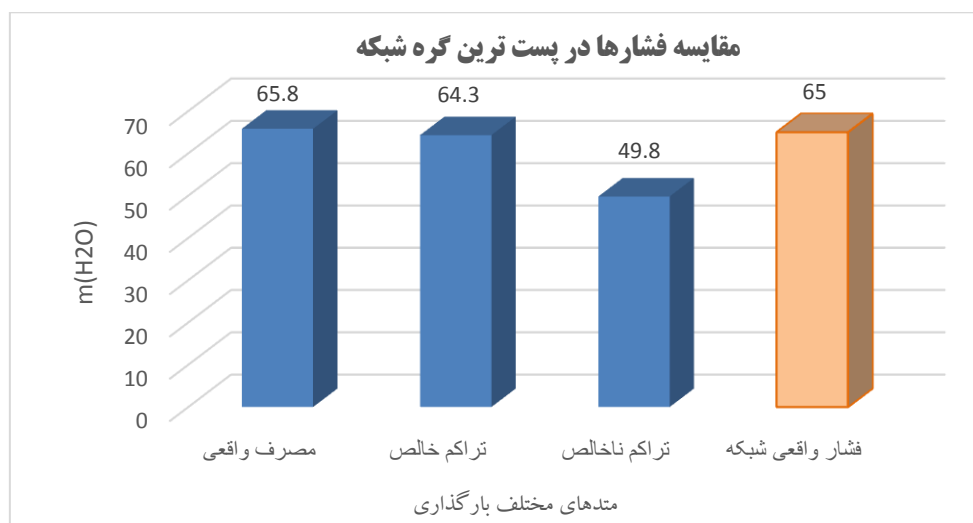


شکل شماره ۴: اختصاص بار به هر گره شبکه توزیع بر اساس روش مصرف واقعی مشترکین

۳- نتایج

۳-۱- مقایسه فشارها

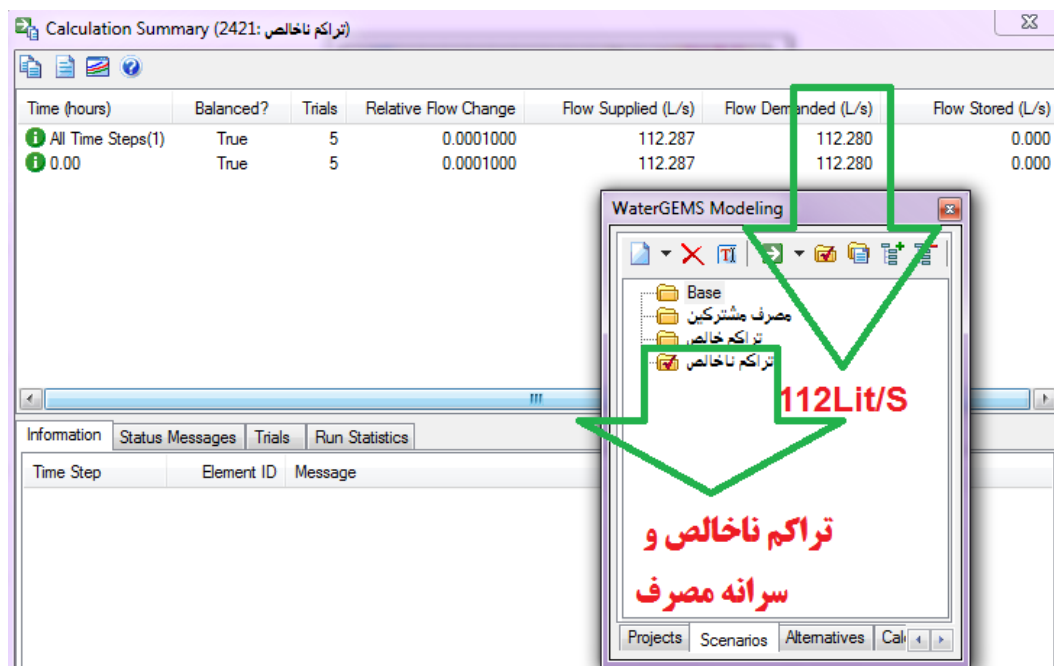
فشار برخی از نقاط شبکه به عنوان نمونه در سه سناریو با فشار واقعی شبکه مقایسه شد که در شکل ۵ یکی از این گره ها به عنوان نمونه نشان داده شده است .



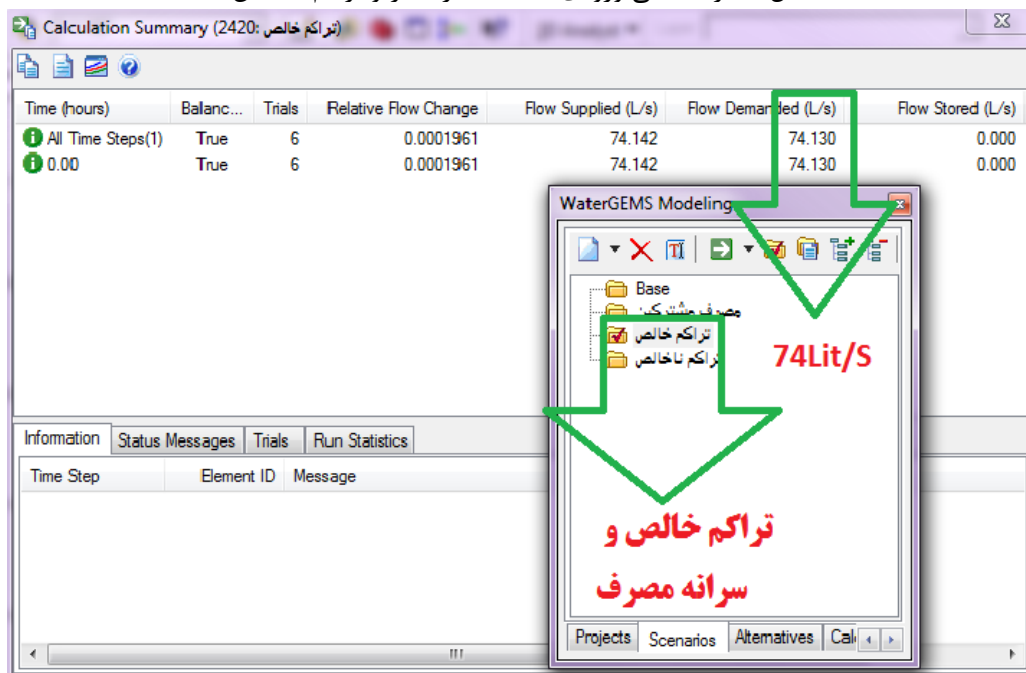
شکل شماره ۵: مقایسه فشار شبکه در سه سناریو با فشار واقعی شبکه در پایین ترین گره

۳-۱- مقایسه جریانها

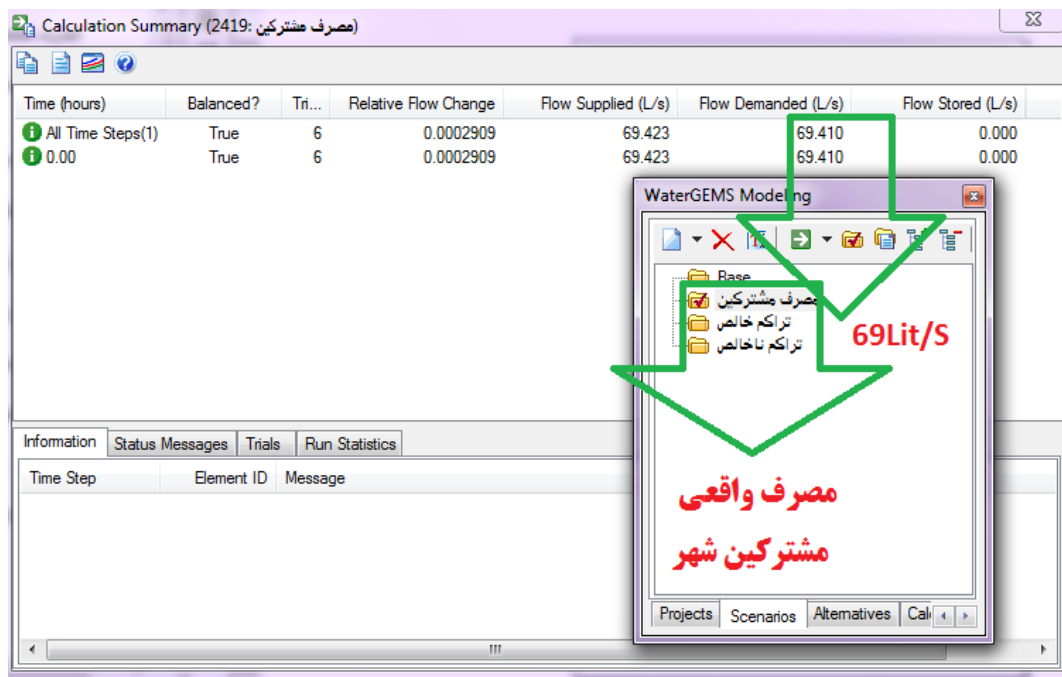
میزان دبی ورودی به زون فشاری در سه سناریو بررسی شد و تفاوت عمده ای در این سه حالت به چشم می آید. در روش اول (تراکم ناخالص) دبی برابر ۱۱۲ لیتر بر ثانیه، در روش دوم (تراکم خالص) دبی ورودی معادل ۷۴ لیتر بر ثانیه و در روش سوم (مصرف واقعی مشترکین) این عدد برابر ۶۹ لیتر بر ثانیه برآورد شده است که به دبی کنتور خروجی مخزن (۶۵ لیتر بر ثانیه) نزدیکتر است. شکلهای ۶ تا ۹ میزان جریان ورودی به شبکه و مقایسه آنها با جریان واقعی فلومتر خروجی مخزن را در هر سناریو نشان می دهد.



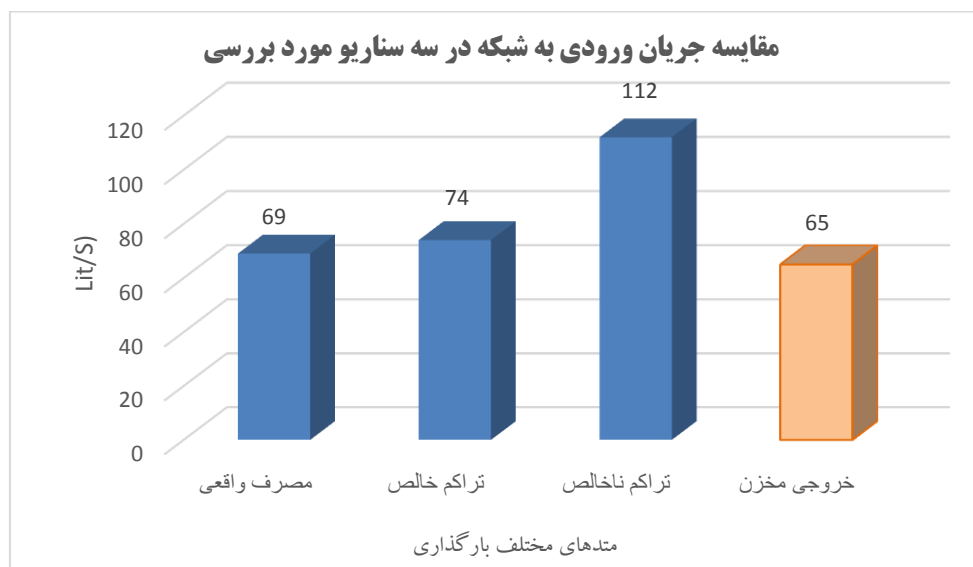
شکل شماره ۶: دبی ورودی به شبکه در سناریو تراکم ناخالص



شکل شماره ۷: دبی ورودی به شبکه در سناریو تراکم خالص



شکل شماره ۸: دبی ورودی به شبکه در سناریو مصرف واقعی مشترک



شکل شماره ۹: مقایسه جریان ورودی به شبکه در خروجی مخزن

۴- نتیجه گیری و پیشنهادات

اجرای مدل در سه سناریو ذکر شده و بررسی میزان فشار و دبی در هر حالت و مقایسه آن با فشار واقعی شبکه نشان می دهد به ترتیب روش های سوم و دوم مدلهای دقیق تری نسبت به روش اول می باشند. از آنجا که سهولت دسترسی به اطلاعات اولیه روش اول (تراکم ناخالص)، بیشتر از دو روش دیگر است تمایل به استفاده از این روش بیشتر شده ولی همانگونه که بررسی شد این روش شبکه را با سایز بزرگتر از واقع طراحی نموده و هزینه اضافی بر کارفرما تحمیل می کند. روش دوم (تراکم خالص)، در صورتی که عدد واقعی تراکم خالص در مطالعات

طرح تفصیلی برآورد شده باشد می تواند از گزینه های مطلوب برای استفاده در طراحی شبکه های آب باشد و روش اول (مصرف واقعی مشترکین) که جمع آوری داده های اولیه آن زمان بر بوده و وقت زیادی را می طلبد دقیق ترین روش در بین سه روش مورد ارزیابی می باشد .

ب) بررسی همبستگی نرخ شکست لوله ها با فشار شبکه

۱- مقدمه

شبکه های آبرسانی امروزه از گران ترین و پر هزینه ترین بخش های یک سیستم ذخیره آب می باشد و حوادث، از جمله عوامل مخاطره انگیزی است که همواره سلامت ساختاری و کارایی در سیستم های توزیع آب خصوصاً در فضای شهری را تهدید می کند (تابش و همکاران ۱۳۸۶).

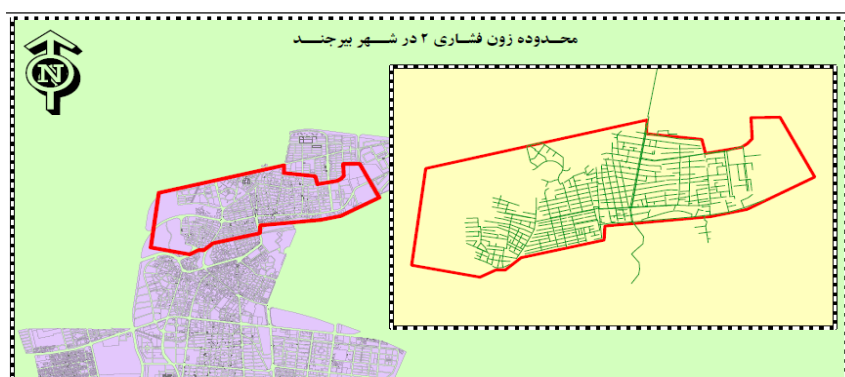
شبکه های توزیع آب شهری مجموعه ای بهم پیوسته از منابع تأمین آب، خطوط انتقال، مخازن، ایستگاه های پمپاژ، لوله ها و شیر آلات می باشد که جزء لاینفک زندگی در جوامع بشری است. این شبکه ها که وظیفه تأمین کمی و کیفی آب ساکنان یک جامعه را برعهده دارند از حساسیت بالایی نیز برخوردارند. وجود شبکه های توزیع آب شهری بصورت دفنی که امکان بازرسی چشمی را از متولیان سلب نموده باعث می شود تا برنامه ریزی اصولی و دقیقی برای حفظ و نگهداری آن طراحی شود از طرفی هزینه های بالا برای تعویض شبکه و عدم تخصیص بودجه کافی به این مسأله کارشناسان را به بهره برداری اصولی از شبکه که کم ترین میزان هدر رفت را داشته باشد سوق داده است.

یکی از راه های مدیریت شبکه آبرسانی تفکیک شبکه به زون های فشاری مختلف می باشد تا تأمین آب با فشار مناسب برای مشترکین میسر باشد. از آنجا که کاهش بیش از حد فشار هیدرولیکی شبکه عدم رضایتمندی مردم را در پی خواهد داشت تأمین حداقل فشار از وظایف شرکت های آب و فاضلاب می باشد. بر عکس طراحی نامناسب شبکه که فشار استاتیک بالایی را در پی داشته باشد مشکلات افزایش شکست لوله و بالتبع آن افزایش هدر رفت و نارضایتی مجدد مردم را به دنبال خواهد داشت.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- موقعیت منطقه طرح

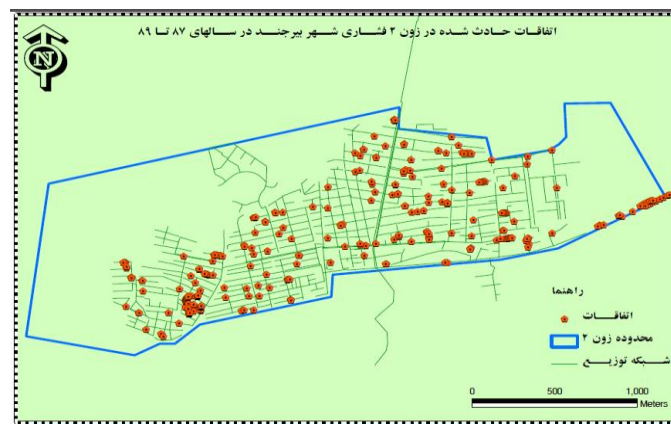
شهر بیرجند طبق طبقه بندی اقلیمی آمبرژه در منطقه خشک واقع شده است. این شهر دارای وسعت ۲۸ کیلومتر مربع بوده که در حال حاضر با ۵۰۰۰۰ مشترک بزرگ ترین شهر و مرکز استان خراسان جنوبی می باشد. بیرجند دومین شهر کشور است که شبکه توزیع آب شهری در آن اجرا شده است لذا قدمت شبکه در بعضی از نقاط شهر به سال های ۱۳۲۰ برمی گردد. این شهر دارای ۴۷۰ کیلومتر شبکه توزیع در اقطار ۳۲ تا ۶۰۰ میلی متر می باشد. تأمین آب از ۴ دشت و توسط ۳۰ حلقه چاه با دبی ۸۰۰ لیتر بر ثانیه انجام می شود. توپوگرافی خاص شهر و وجود پستی و بلندی های زیاد به دلیل نزدیکی به رشته کوه باقران باعث شده است که شبکه به ۶ زون فشاری تقسیم گردد. در این تحقیق زون ۲ فشاری شهر بیرجند (شکل شماره ۱) مورد مطالعه قرار گرفت.



شکل ۱ - موقعیت زون ۲ فشاری در شهر بیرجند

۲-۲ - روش تحقیق

کلیه شکست های شبکه توزیع در شهر بیرجند از سال ۱۳۸۶ در نرم افزار PM ثبت شده است این اطلاعات شامل نوع و علت حادثه، جنس و قطر شبکه، تعداد نفر ساعت لازم برای رفع حادثه، تاریخ وقوع حادثه و ... می باشد. در این مطالعه اتفاقات شبکه توزیع از قطر ۳۲ میلی متر به بالا در محدوده زون ۲ فشاری شهر بیرجند و در فاصله زمانی سال های ۱۳۸۷ تا ۱۳۸۹ به مدت ۳ سال مورد بررسی قرار گرفت. اطلاعات مربوط به هر حادثه از بانک اطلاعاتی PM اخذ و در نرم افزار Excell مورد پایش قرار گرفت (بانک اطلاعات PM). سپس با جانمایی هر حادثه روی لایه شبکه توزیع در نرم افزار GIS توزیع مکانی حوادث و اتفاقات در زون فشاری مشخص گردید که توسط این اطلاعات نقشه تراکم حوادث و اتفاقات (شکل شماره ۲) برای مدت ۳ سال مذکور در نرم افزار Arc GIS 9.3 تهیه و تنظیم شد.

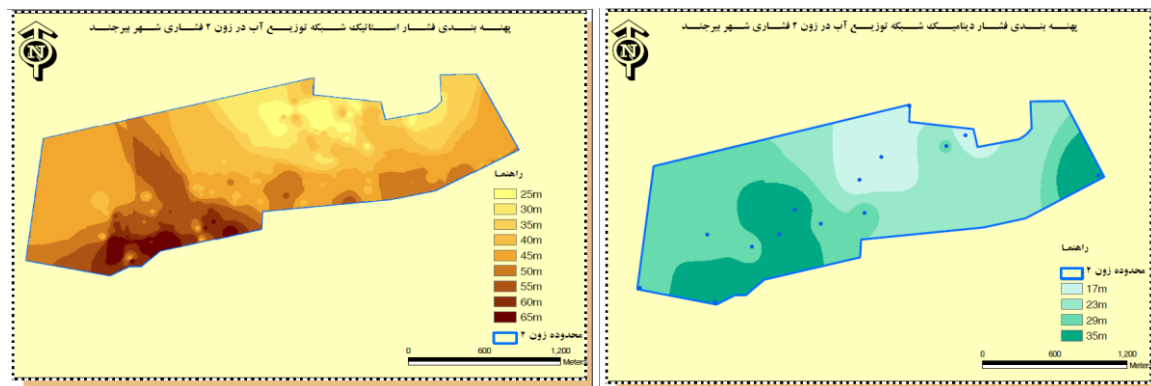


شکل ۲ - نقشه تراکم حوادث و اتفاقات

هم زمان و طی فشار سنجی شبکه در پیک مصرف توسط فشار سنج های ثابت نصب شده در سطح شهر و فشارسنج های دستی، تعداد ۱۴ نقطه فشارسنجی شد. نقاط مذکور پوشش کاملی به لحاظ ارتفاعی در شبکه داشته به گونه ای که از کم ترین فشار تا بالاترین فشار را شامل شد. پهنه بندی فشار دینامیکی شبکه با استفاده از زیر برنامه های Geostatistical Analyst و Spatial Analyst در نرم افزار Arc GIS 9.3 ترسیم شد. میزان فشار استاتیک شبکه نیز در مینیوم مصرف شبانه بر اساس اختلاف ارتفاع مخزن تحت پوشش این زون و رقوم ارتفاعی محل وقوع هر اتفاق که توسط یک DEM تهیه شده بود، محاسبه گردید و فشار در هر پیکسل از محدوده زون فشاری تعیین شد. شکل های شماره ۳ و ۴ نشان دهنده فشارهای دینامیک و استاتیک شبکه در ماکزیمم و مینیوم مصرف شهر می باشد.

از آنجا که مقایسه شکست در لوله ها بر اساس پارامتری بنام نرخ شکست که معادل تعداد اتفاقات در واحد طول می باشد اندازه گیری می گردد، نرخ شکست در لوله های زون ۲ فشاری محاسبه گردید. طول دقیق هر نوع لوله با استفاده از

ژئومتریک نرم افزار GIS محاسبه و تعداد هر اتفاق بر آن تقسیم گردید. تعیین نرخ شکست هم بر اساس جنس و هم بر اساس قطر شبکه انجام شد.



شکل ۴ - پهنه بندی فشار استاتیک

شکل ۳ - پهنه بندی فشار دینامیک

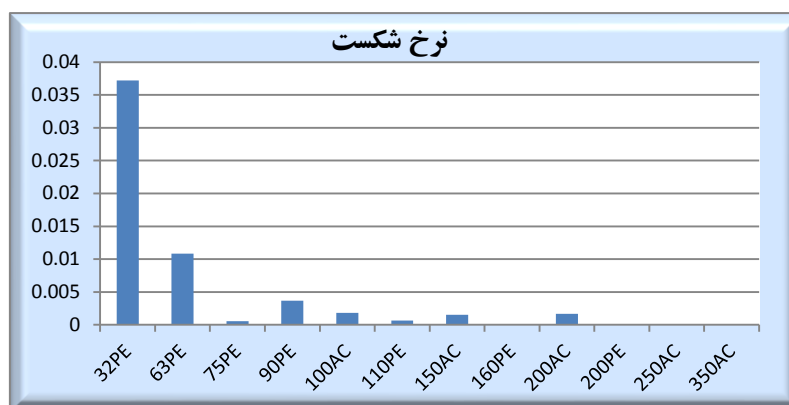
۳- نتایج

با توجه به اطلاعات حاصله از اغلب مطالعات پژوهشی می توان نتیجه گیری نمود که نصب ناصحیح لوله های پلی اتیلن در شبکه های آبرسانی می تواند بوجود آورنده حوادث بسیار در شبکه باشد (صالحی، ۱۳۹۰).

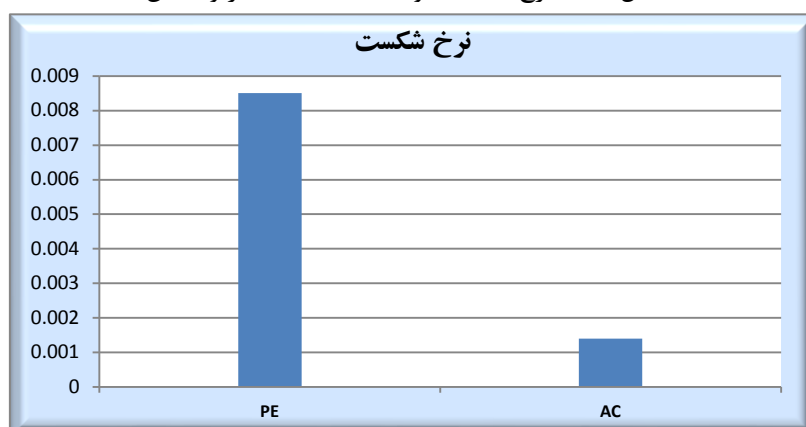
تعیین نرخ شکست در زون ۲ فشاری شهر بیرجند نشان می دهد که تعداد اتفاقات در واحد طول لوله در لوله های پلی اتیلن به مراتب بیشتر از لوله های آریست است این در حالی است که عمدتاً قدمت لوله های آریست در این زون بیش از لوله های پلی اتیلن می باشد. چنانچه نرخ شکست را به تفکیک قطر در شبکه محاسبه کنیم این میزان به طرز چشم گیری در لوله ۱۶۰ پلی اتیلن بیش از سایر لوله ها دیده می شود که با بررسی میدانی و با توجه به نقشه های تراکم حوادث و اتفاقات چون این تعداد اتفاق مربوط به یک خط لوله و به دلیل عدم مرغوبیت همان خط لوله می باشد با حذف لوله مذکور و اتفاقات مربوط به آن نرخ شکست در لوله ۳۲ پلی اتیلن بالاترین مقدار را در بین سایر لوله ها داراست. شکل شماره ۵ نرخ شکست لوله ها به تفکیک جنس و قطر و شکل شماره ۶ نرخ شکست را به تفکیک جنس بدون در نظر گرفتن قطر لوله نشان می دهد. جدول شماره ۱ نیز بیانگر نرخ شکست در لوله ها در اقطار و جنس های مختلف می باشد.

جدول ۱- محاسبه نرخ شکست بر اساس طول و تعداد اتفاقات در هر نوع لوله

قطر (mm)	32PE	63PE	75PE	90PE	100AC	110PE	150AC	160PE	200AC	200PE	250AC	350AC
تعداد اتفاق	168	114	4	42	18	3	8	0	3	0	0	0
طول لوله (m)	4513	10518	7015	11354	9769	4739	5265	40	1783	733	624	3271
نرخ شکست	0.037226	0.010839	0.00057	0.003699	0.001843	0.000633	0.001519	0	0.001683	0	0	0

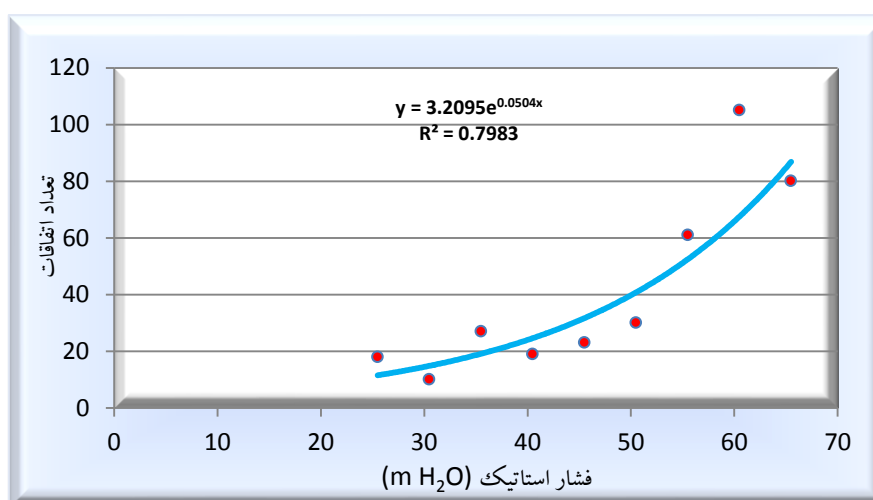


شکل ۵ - نرخ شکست لوله‌ها به تفکیک قطر و جنس



شکل ۶ - نرخ شکست لوله‌ها به تفکیک جنس

چنانچه تعداد اتفاقات را با فشار شبکه مورد بررسی قرار دهیم مشخص می‌شود در فشارهای پایین تعداد اتفاقات کم و در فشارهای بالا تعداد اتفاقات نیز افزایش چشمگیری می‌نماید. ضریب همبستگی برابر ۰,۸ نشان از همبستگی خوب تعداد اتفاقات با افزایش فشار استاتیک در شبکه می‌باشد، بطوریکه با افزایش فشار در شبکه تعداد اتفاقات نیز به صورت نمایی افزایش می‌یابد.



شکل ۷ - رابطه تعداد اتفاقات با افزایش فشار در شبکه

۴- نتیجه گیری و پیشنهادات

با نگاه کلی به نقشه‌های تراکم حوادث و اتفاقات و بر اساس نرخ شکست در لوله‌ها مشخص می‌شود که لوله‌های پلی اتیلن در شبکه بالاترین میزان اتفاقات را دارند. همچنین تعداد اتفاقات افزایش چشمگیری با افزایش فشار شبکه دارد بر همین اساس زون بندی شبکه و حفظ فشار شبکه در محدوده ۲۵ تا ۵۵ متر آب کمک شایانی به کاهش اتفاقات و همچنین رضایتمندی مشترکین می‌کند. استفاده از شیرهای کنترل فشار در شبکه پس از اجرای زون بندی می‌تواند به کنترل فشار شبکه کمک کند.

نرخ بالای شکست لوله‌های پلی اتیلن علاوه بر کیفیت پایین‌تر این لوله‌ها نسبت به لوله‌های آریست کلاس C می‌تواند به دلایل دیگری از جمله انبارش نامناسب و زیر نور مستقیم آفتاب و اجرای نامناسب بخصوص از محل جوش اتصالات به دلیل ضریب انبساط طولی بالا در این لوله باشد (ضریب انبساط طولی آریست نزدیک به صفر و در پلی اتیلن این ضریب برابر 0.17 $k^{-1} mm/m$ می‌باشد)

پیشنهادهای

- در صورتی که بخواهیم از لوله‌های پلی اتیلن استفاده کنیم، ضمن استفاده از لوله‌های پلی اتیلن PE100 و انجام کلیه تست‌های مربوطه مطابق با استاندارد SIRI 1331 در آزمایشگاه‌های معتبر روی نمونه‌های انتخابی از محصولات شرکت‌های تولید کننده، انبارش صحیح لوله در محلی که از تابش مستقیم آفتاب حفظ شود و نظارت بر حسن اجرای کار توسط مهندسین ناظر مد نظر شرکت‌های آب و فاضلاب واقع شود.
- از لوله‌های پلی اتیلن در لوپهای اصلی شبکه استفاده نکرده و فقط در شبکه شاخه‌ای فرعی استفاده نماییم.
- زونهای فشاری شبکه کاملاً منفک از یکدیگر شده و محدوده فشاری ۲۵ تا ۵۵ در هر زون رعایت شود.

پ) بهینه سازی طراحی شبکه های توزیع آب توسط الگوریتم ژنتیک

مقدمه

افزایش سریع جمعیت کشور، به ویژه در نقاط شهری، پیشرفت صنایع و توجه روزافزون به بهداشت فردی، روزه روز نیاز آبی را افزایش داده و به واسطه عدم توجه کافی به بهداشت محیط، محیط زیست با آلودگی روز افزون منابع آب و بهره برداری بی رویه از منابع موجود، تامین آب سالم را با مشکلات عدیده ای مواجه ساخته است. با توجه به افزایش روزافزون نیاز آبی و محدود بودن منابع تامین آب، بهره برداری و استفاده بهینه از منابع آب، تصفیه، ذخیره و توزیع مناسب آن در دستور کار مسئولین و دست اندرکاران صنعت آب قرار گرفته و بخش مهمی از اعتبارات مالی کشور را به خود اختصاص داده است و در این راستا شبکه های توزیع آب بعنوان یکی از اصلی ترین شاخه های صنعت آب و فاضلاب می باشد. (ذالنون و همکاران ۱۳۸۷)

امروزه هزینه های خرید و اجرای شبکه های توزیع آب آنقدر زیاد است که طراحان برای رسیدن به طرح بهینه به دنبال تکنیک های مختلف هستند.

در سه دهه اخیر برای بهینه سازی طراحی شبکه های توزیع آب از روشهای مختلف مثل برنامه ریزی خطی، برنامه ریزی غیر خطی، برنامه ریزی پویا، تکنیک های عددی، روشهای چند هدفه، Tabu search و الگوریتم ژنتیک استفاده شده است. در

این گزارش روش نسبتاً جدید الگوریتم ژنتیک برای بهینه سازی مطرح شده است. مزیت اصلی این روش طبیعت ساده آن است. اساس این الگوریتم قانون تکامل داروین (بقا بهترین) است که می گوید: موجودات ضعیف تر از بین می روند و موجودات قوی تر باقی می مانند.

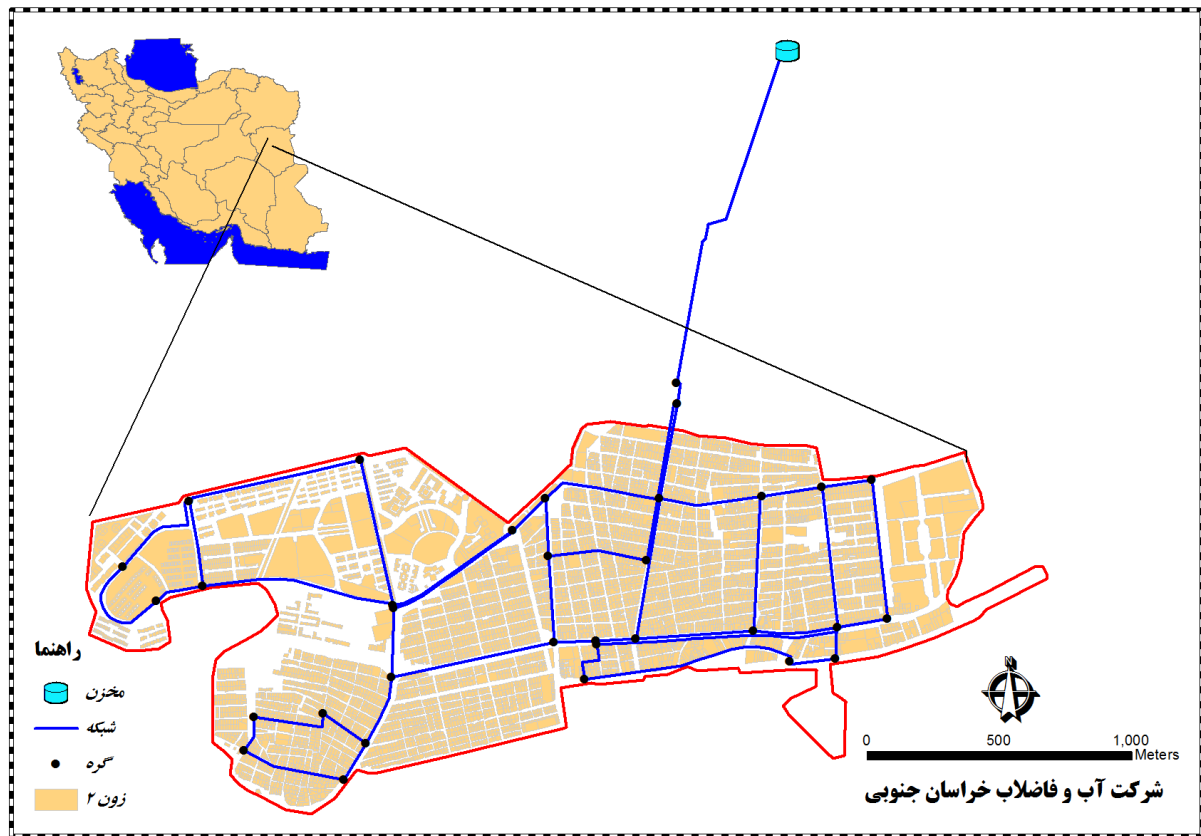
الگوریتم ژنتیک به عنوان یک الگوریتم محاسباتی بهینه سازی با در نظر گرفتن مجموعه ای از نقاط فضای جواب در هر تکرار محاسباتی به نحو مؤثری نواحی مختلف فضای جواب را جستجو می کند. امتیاز دیگر این الگوریتم آن است که هیچ محدودیتی برای تابع بهینه شونده، مثل مشتق پذیری یا پیوستگی لازم ندارد و در روند جستجو خود تنها به تعیین مقدار تابع هدف در نقاط مختلف نیاز دارد و هیچ اطلاعات کمکی دیگری، مثل مشتق تابع را استفاده نمی کند. لذا می توان در مسائل مختلف اعم از خطی، پیوسته یا گسسته استفاده می شود و به سهولت با مسائل مختلف قابل تطبیق است.

مواد و روشها

موقعیت منطقه طرح

شهر بیرجند براساس طبقه بندی اقلیمی آمبرژه در منطقه خشک واقع شده است. این شهر که مرکز استان خراسان جنوبی بوده از شمال و جنوب محدود به رشته کوه های باقران و شکراب بوده که دشت بیرجند از این دو رشته کوه تغذیه می گردد.

شبکه توزیع شهر بیرجند دارای ۷ زون فشاری بوده که هر کدام به صورت مستقل و یا با واسطه شیرهای فشار شکن از مخازن ذخیره به صورت ثقلی آبگیری می شوند. این شهر دارای حدود ۷۰۰۰۰ اشتراک آب بوده که سرانه مصرف ۲۲۰ لیتر در شبانه روز را دارند. طول شبکه توزیع حدود ۶۰۰ کیلومتر و همچنین طول خطوط انتقال ۱۴۷ کیلومتر و ۳۲ حلقه چاه با دبی ۹۰۰ لیتر بر ثانیه می باشد (بانک اطلاعات GIS بیرجند). از اواخر سال ۱۳۹۳ تصفیه خانه آب شرب شهر بیرجند نیز وارد مدار بهره برداری شده است. این تحقیق روی زون ۲ فشاری شهر بیرجند (شکل ۱) انجام شده است.

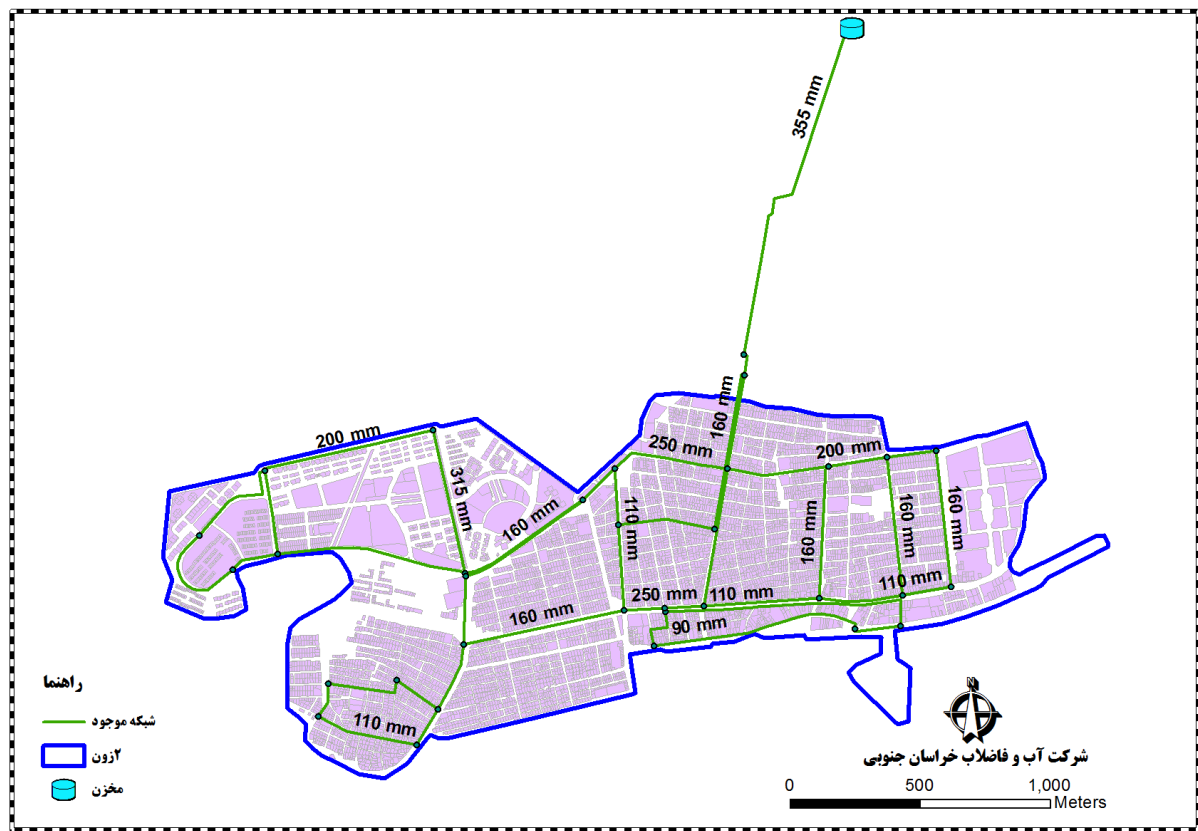


شکل ۱- زون ۲ فشاری شهر بیرجند

روش تحقیق

از آنجا که اصلی ترین هزینه های سرمایه گذاری و اجرای شبکه ها و خطوط انتقال آب شرب در تمام دنیا ، خرید لوله و اتصالات می باشد لذا انتخاب سایز بهینه لوله، شیرها و اتصالات مهم ترین دغدغه طراحان می باشد تا ضمن تامین کلیه پارامترهای هیدرولیکی جریان ، حداقل هزینه خرید را بر کارفرما تحمیل نماید. در همین راستا تصمیم گرفته شد زون ۲ فشاری شبکه شهر بیرجند که در حال حاضر دارای اقطار ۶۳ تا ۳۵۵ میلی متر می باشد مورد بازنگری مجدد قرار گیرد. ابزارهایی که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفت نرم افزارهای Arc GIS 10.1 و Water Gems V8 ss4 می باشد.

در این تحقیق پس از جمع آوری کلیه اطلاعات اولیه شبکه توزیع زون ۲ اقدام به مدل سازی هیدرولیکی شبکه شد. از آنجا که اطلاعات کامل مشترکین به صورت مکانی روی زون جانمایی شده است با اتصال بانک مصارف مشترکین میزان واقعی مصرف هر مشترک در محل واقعی نمایش داده شده است. از اطلاعات مذکور جهت اختصاص میزان مصرف به هر گره شبکه استفاده شد و به این ترتیب با اختصاص میزان واقعی مصارف به مدل هیدرولیکی همانطور که انتظار می رفت پارامترهایی مانند فشار شبکه و دبی خروجی فلومتر مخزن نشان از صحت مدل ساخته شده بود. شکل شماره ۲ مدل ساخته شده وضع موجود را نمایش می دهد.



شکل ۲- مدل وضع موجود زون ۲ فشاری

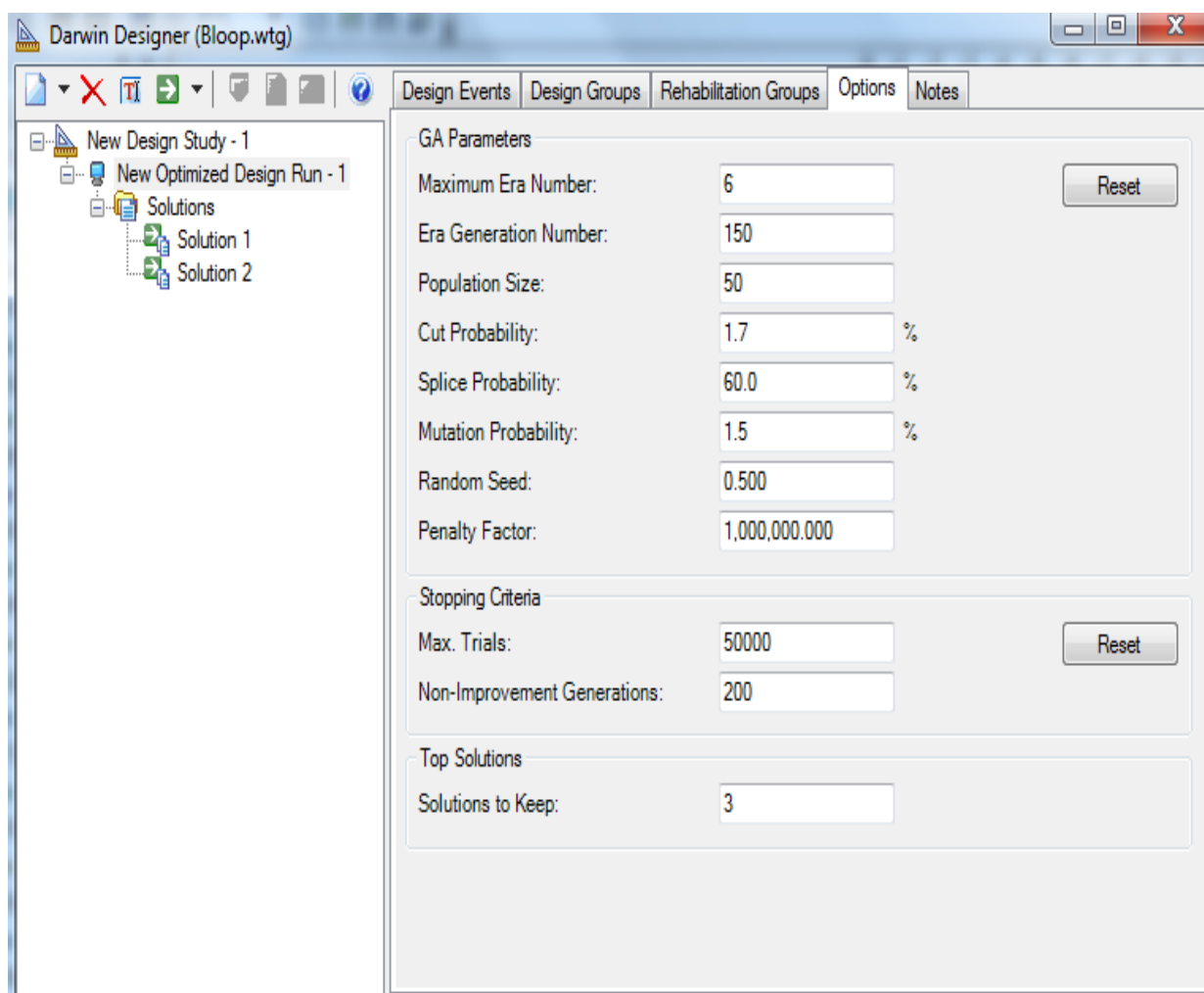
پس از ساخت مدل وضع موجود ، استفاده از ابزار الگوریتم ژنتیک در نرم افزار Water Gems به ما امکان آن را می دهد که طراحی مجددی روی دشبکه زون ۲ داشته باشیم. در این روش استفاده از جعبه ابزار Darwin Designer که طراحی شبکه را در نقطه بهینه بر اساس الگوریتم ژنتیک انجام می دهد جهت محاسبه اقطار جدید در دستور کار قرار گرفت . نمایی از جعبه ابزار Darwin Designer در شکل ۳ مشاهده می شود.

The screenshot shows the Darwin Designer (Bloop.wtg) window. On the left is a project tree under 'New Design Study - 1' containing 'New Optimized Design Run -' and 'Solutions' (Solution 1, Solution 2, Solution 3). The main area has tabs for 'Design Events', 'Design Groups', 'Rehabilitation Groups', 'Cost/Properties', 'Design Type', and 'Notes'. The 'Cost/Properties' tab is active, displaying a table of pipe specifications.

	Material	Diameter (mm)	Hazen Williams C Factor	Unit Cost (ریال/م)
	PE	355.0	130.0	1,326,000.00
	PE	315.0	130.0	1,044,000.00
	PE	250.0	130.0	660,000.00
	PE	200.0	130.0	423,000.00
	PE	160.0	130.0	271,200.00
	PE	110.0	130.0	157,200.00
	PE	90.0	130.0	106,200.00
	PE	75.0	130.0	74,400.00
	PE	63.0	130.0	52,380.00
	PE	32.0	130.0	13,920.00
*				

شکل ۳-نمایی از جعبه ابزار Darwin Designer

انجام کار اجرایی در این مرحله به گونه ای است که مجدداً حلقه های اصلی جهت مهندسی معکوس بدون داشتن قطر به نرم افزار داده می شود و با تغییر در پارامترهای الگوریتم ژنتیک از قبیل جمعیت، ضریب تقاطع، ضریب جهش و ... در هر مرحله یک بار شبکه اجرا شده و خروجی نرم افزار مورد بررسی قرار می گیرد. شکل ۴ نمونه ای از پارامترهای شبکه الگوریتم ژنتیک را نمایش می دهد.



شکل ۴- نمونه ای از پارامترهای تنظیم شده الگوریتم ژنتیک

بهترین خروجی نرم افزار در شکل ۵ ارائه شده است.

Darwin Designer (Bloop.wtg)

Solution Browser

- Pipe Group Type
- Design Groups
- Rehabilitation Groups

Solutions

	Pipe	Material	Hazen-Williams C	Diameter (mm)	Cost (ریال)
1	ploop-79	PE	130.0	355.0	520,985,280...
2	ploop-52	PE	130.0	355.0	435,775,104...
3	ploop-75	PE	130.0	315.0	1,437,612,4...
4	ploop-127	PE	130.0	315.0	92,955,600.00
5	ploop-189	PE	130.0	315.0	656,481,664...
6	ploop-12	PE	130.0	315.0	142,839,776...
7	ploop-91	PE	130.0	250.0	151,084,496...
8	ploop-177	PE	130.0	250.0	406,133,184...
9	ploop-82	PE	130.0	250.0	248,006,400...
10	ploop-94	PE	130.0	250.0	179,417,536...
11	ploop-139	PE	130.0	200.0	154,234,224...

شکل ۵- بهترین نمونه اجرا شده خروجی نرم افزار

بر اساس بهینه سازی فوق اقطار جدید زون ۲ شبکه شهر بیرجند مشخص و ارائه می شود که در یک نگاه اجمالی کاهش چشمگیر اقطار شبکه را در پی دارد.

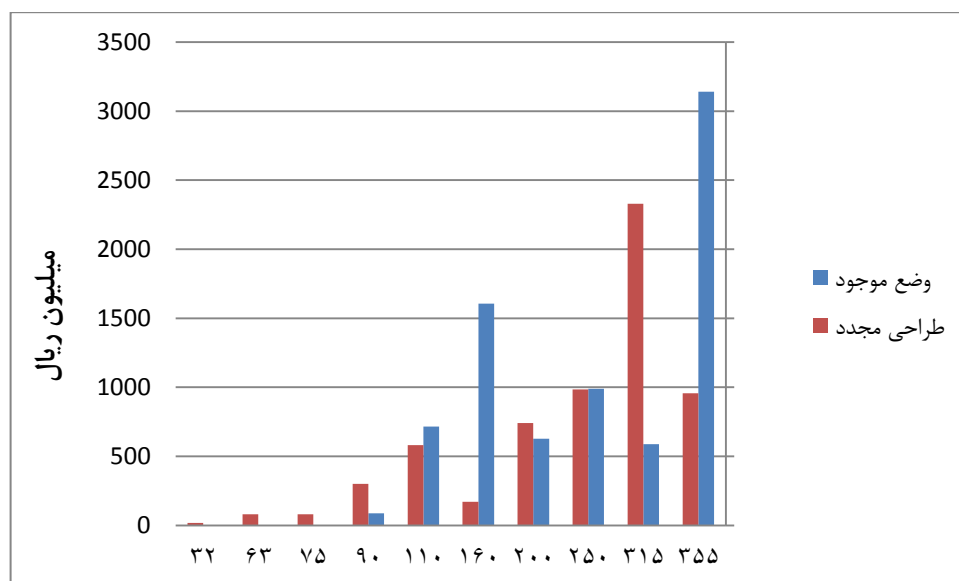
نتایج

با روش بهینه سازی الگوریتم ژنتیک و رعایت کامل کلیه پارامترهای هیدرولیکی شبکه شامل محدوده مورد قبول فشار و سرعت جریان ، شبکه ای طراحی شد که قابلیت وضع موجود را داشته و به لحاظ هزینه ، کاهش معنا داری نسبت به وضع موجود دارد. جدول شماره ۱ مقایسه اقطار و هزینه خرید لوله ها در دو حالت فعلی و طراحی با الگوریتم ژنتیک را نمایش می دهد.

جدول شماره ۱ - مقایسه اقطار و هزینه خرید لوله ها در حالت فعلی و طراحی با الگوریتم ژنتیک را نشان می دهد.

قطر (mm)	طول (m)		قیمت واحد (ریال)	هزینه خرید (ریال)	
	وضع موجود	طراحی مجدد		وضع موجود	طراحی مجدد
۳۵۵	۲۳۶۸	۷۲۲	۱۳۲۶۰۰۰	۳۱۳۹۹۶۸۰۰۰	۹۵۶۷۶۰۳۸۴
۳۱۵	۵۶۳	۲۲۳۲	۱۰۴۴۰۰۰	۵۸۷۷۷۲۰۰۰	۲۳۲۹۸۸۹۴۵۶
۲۵۰	۱۴۹۹	۱۴۹۲	۶۶۰۰۰۰	۹۸۹۳۴۰۰۰۰	۹۸۴۶۴۱۶۱۶
۲۰۰	۱۴۸۱	۱۷۵۰	۴۲۳۰۰۰	۶۲۶۴۶۳۰۰۰	۷۴۰۱۸۷۰۷۶
۱۶۰	۵۹۲۴	۶۳۲	۲۷۱۲۰۰	۱۶۰۶۵۸۸۸۰۰	۱۷۱۳۹۴۹۵۶
۱۱۰	۴۵۵۴	۳۷۰۳	۱۵۷۲۰۰	۷۱۵۸۸۸۸۰۰	۵۸۲۱۴۱۶۶۵
۹۰	۸۱۶	۲۸۳۵	۱۰۶۲۰۰	۸۶۶۵۹۲۰۰	۳۰۱۰۲۵۲۷۷
۷۵	.	۱۰۷۲	۷۴۴۰۰	.	۷۹۷۵۴۰۷۶
۶۳	.	۱۵۵۰	۵۲۳۸۰	.	۸۱۱۸۵۵۲۷
۳۲	.	۱۲۱۸	۱۳۹۲۰	.	۱۶۹۵۶۸۲۰
جمع کل				۷۷۵۲۶۷۹۸۰۰	۶۲۴۳۹۳۶۸۵۳

در شکل شماره ۶ مقایسه هزینه ها در قالب نمودار نشان داده شده است که مبین کاهش ۲۰ درصدی هزینه خرید لوله ها می باشد.



شکل ۶- مقایسه هزینه خرید لوله های شبکه در وضع موجود و طراحی مجدد

نتیجه گیری و پیشنهادات

- در طراحی شبکه های توزیع آب ، انتخاب اقطار بالاتر از نیاز افق طرح علاوه بر بالا بردن قیمت پروژه که هزینه هنگفتی را بر کارفرما تحمیل می نماید، امکان کاهش کیفیت آب به دلیل زمان ماند بالا نیز وجود دارد.
- در هر طراحی به روش مرسوم می توان کل شبکه طراحی شده را مجدداً توسط الگوریتم ژنتیک بهینه کرد تا در حد امکان کاهش قطرها و کاهش هزینه سرمایه گذاری را در پی داشته باشد.
- خروجی شبکه الگوریتم ژنتیک می بایست یک بار دیگر توسط کارشناسان طراح مورد بازنگری قرار گیرد تا در صورت وجود علل جانبی دیگر با نظر کارشناسی نسبت به تغییر قطر (کاهش یا افزایش) اقدام شود.
- مشاوران طراح عموماً شبکه را با دید کارشناسی طراحی نموده و کلیه قطرها را به نرم افزار می دهند و در نهایت برخی پارامترهای مثل سرعت مینیمم و ماکزیمم یا میزان افت انرژی را بررسی نموده و نسبت به تغییر برخی از قطرها اقدام می کنند که بهتر است کارفرما شبکه بهینه شده توسط الگوریتم ژنتیک را نیز از طراحان در خواست نماید.