

مدیریت بروز آلودگی در شبکه‌های توزیع آب شهری

پویا عباسی^۱، فرهاد خامچین مقدم^{۲*}

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه عمران، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد،

abbasi.pouya@gmail.com

۲- استادیار، گروه عمران، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، f.khamchin@gmail.com

چکیده

در سال‌های اخیر توجه روزافزون به‌ایمن نگاه داشتن شبکه‌های آب شهری از خطرات احتمالی، طیف وسیعی از مطالعاتی را به‌دنبال داشته است. مهم‌ترین هدف این مطالعات، کمینه کردن اثرات مخرب این خطرات بر سلامت عموم بوده است. اکثر تحقیقاتی که در این زمینه انجام گرفته است، به‌بررسی مکان‌یابی بهینه ایستگاه‌های پایش در شبکه‌های آب شهری پرداخته‌اند. اگرچه مطالعاتی به‌منظور تعیین منبع آلودگی محل تزریق آلودگی به‌شبکه انجام شده است، اما تحقیقات صورت گرفته به‌منظور مدیریت بحران ایجاد شده پس از تشخیص آلودگی توسط ایستگاه‌های پایش در شبکه‌های توزیع آب شهری بسیار محدود است. یکی از مهم‌ترین خطرات تهدیدکننده شبکه‌های آب شهری، حملات عمدی به‌منظور آلوده کردن آب شبکه با آلاینده‌های شیمیایی است. به‌دلیل اهمیت بروز آلودگی در شبکه آب شهری بر سلامت مردم و زمان بسیار مهم از هنگام تشخیص و تأیید آلودگی تا شروع فعالیت‌های واکنشی در کاهش اثرات مخرب آلودگی بر سلامت مردم ضروری است. راه‌کارها و اقدامات مناسبی در این خصوص اندیشیده شود. از جمله اقدامات می‌توان به‌اعلام خطر عمومی، ایزوله کردن ناحیه آلوده شده توسط شیرهای موجود در شبکه به‌منظور جلوگیری از گسترش آلودگی و تخلیه آب از طریق شیرهای آتش‌نشانی است. در این تحقیق، مدیریت بروز آلودگی با کاهش جرم آلودگی مصرف شده در شبکه در کنار کمینه کردن تعداد عملیات واکنشی بررسی شده است. این مسئله با استفاده از الگوریتم ژنتیک مطالعه شده است.

واژه‌های کلیدی: آلودگی، شبکه توزیع آب، مدیریت پیامد، الگوریتم ژنتیک،

۱- مقدمه

شبکه‌های توزیع آب یکی از مهم‌ترین زیرساخت‌های شهری می‌باشند. یک شبکه آب شهری متوسط و نه چندان بزرگ می‌تواند شامل صدها کیلومتر لوله و تعداد بسیار زیادی گره باشد و این پراکندگی و گستردگی باعث شده است تا شبکه‌های آب شهری از آسیب‌پذیری بالایی برخوردار باشند. به‌طور کلی هر تهدید و خطری برای شبکه‌های آب شهری، به‌طور مستقیم مردمی را مورد هدف قرار می‌دهد که از آن استفاده می‌کنند. یکی از مهم‌ترین و خطرناک‌ترین این تهدیدها، حملات عمدی به‌منظور آلوده کردن آب شبکه با آلاینده‌های شیمیایی و یا بیولوژیکی می‌باشد که از نظر نوع آلاینده، مکان شروع آلودگی در شبکه، زمان شروع و پایان رخداد آلاینده و پیامدهای ناشی از آن دارای عدم قطعیت بوده و می‌تواند منجر به بیماری و کشته شدن افراد بسیاری شود. به‌همین منظور مطالعات بسیاری برای جانمایی بهینه سنسورهای تشخیص آلودگی در شبکه و همچنین شناسایی محل تزریق آلودگی به سیستم، انجام شده و هم‌اکنون نیز در دست بررسی است. حال مسئله مهم پس از حمله به شبکه و تشخیص موفق آن توسط ایستگاه‌های پایش، مدیریت بحران ایجاد شده و اتخاذ بهترین تصمیم برای جلوگیری از گسترش آلودگی و حذف آن از شبکه می‌باشد که می‌تواند جایگزین بسیار مناسبی برای از کار انداختن کل شبکه که بسیار محافظه‌کارانه است، باشد (احسانی، ۱۳۸۸). حملات عمدی که به شبکه‌های آب شهری می‌تواند صورت بگیرد را می‌توان به سه دسته کلی حملات سایبری، حملات فیزیکی

و حملات بیولوژیکی و شیمیایی تقسیم نمود. حملات سایبری بخش کنترل و نظارت شبکه را مورد هدف قرار می‌دهد و معمولاً با اهداف ایجاد خسارت‌های مالی طراحی می‌شوند. در حملات فیزیکی همان‌طور که از نامش بر می‌آید، زیرساخت‌های شبکه مانند تصفیه خانه، مخازن ذخیره آب، لوله‌های انتقال آب و... به‌طور مستقیم مورد حمله فیزیکی قرار می‌گیرند (Jeong and Abraham, 2006).

حملات شیمیایی و بیولوژیکی به علت آن‌که سلامت مردم را به خطر می‌اندازد خطرناک‌تر از بقیه بوده و به دلیل عدم قطعیت‌های موجود در این نوع از حملات، یافتن راه‌حلی برای کمینه کردن اثرات مخرب آن، مشکل‌تر می‌باشد (Xu et al., 2010).

پس از تشخیص موفق آلودگی در شبکه توسط ایستگاه‌های پایش و تأیید آن، با توجه به اطلاعات دریافتی از ایستگاه‌های پایش در مورد غلظت آلودگی در گره‌ها در زمان‌های مختلف، منبع آلودگی مشخص و مدیریت پیامد برای حذف آلودگی از شبکه صورت خواهد گرفت. بسته پروتکل واکنشی^۱ اداره حفاظت از محیط‌زیست ایالات متحده^۲ توصیه‌هایی را برای کمینه کردن خطرات ناشی از این تهدیدات ارائه داده است. توصیه‌های این پروتکل شامل موارد زیر است:

- اعلام خطر و اطلاع‌رسانی به عموم مردم
- ایزوله کردن ناحیه آلوده شده در شبکه
- تخلیه کردن آلودگی از شبکه
- ترکیبی از سه مورد قبل (US EPA-2003).

آلفونسو و همکاران، به بررسی یافتن مؤثرترین تصمیمات برای کمینه کردن اثر آلودگی بر مردم پرداختند. آن‌ها این مسئله را به‌صورت تک هدفه توسط الگوریتم ژنتیک و دو هدفه با NSGA-II^۳، با تجمیع روش‌های بهینه‌سازی فراکاوشی و نرم‌افزار EPANET بررسی نمودند.

آن‌ها یک آستانه برای آلودگی تعریف نمودند، به‌طوری که اگر غلظت آلودگی در گره‌های از آن مقدار بیش‌تر باشد آن گره آلوده محسوب می‌شود. همچنین ارزش همه گره‌ها را نیز یکسان در نظر گرفته شده است. اهداف مورد بررسی در این مقاله عبارتند از:

۱- کمینه کردن گره‌های آلوده شده در بازه زمانی شبیه‌سازی که در نتیجه مهم را به‌صورت غیر مستقیم در پی دارد، اول کاهش وسعت آلودگی در شبکه و دوم کاهش مدت زمانی که گره‌ها در بالای آستانه آلودگی هستند.

۲- کمینه کردن هزینه‌های ناشی از عملیاتی که برای مدیریت پیامد اتخاذ می‌شود که در اینجا کمینه کردن "تعداد" عملیاتی است که به این منظور صورت می‌گیرد (Alfonso et al., 2010).

احسان نجفی و عباس افشار به بررسی مدیریت پیامدهای حملات شیمیایی به شبکه‌های توزیع آب شهری با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی جامعه مورچه‌ها پرداختند. آن‌ها دو هدف اصلی کمینه کردن تعداد گره‌های آلوده و یک هدف جدید با عنوان کمینه کردن زمان بازگشت شبکه به حالت عادی در کنار کمینه کردن تعداد عملیات واکنشی بررسی کردند (نجفی و افشار، ۱۳۹۴).

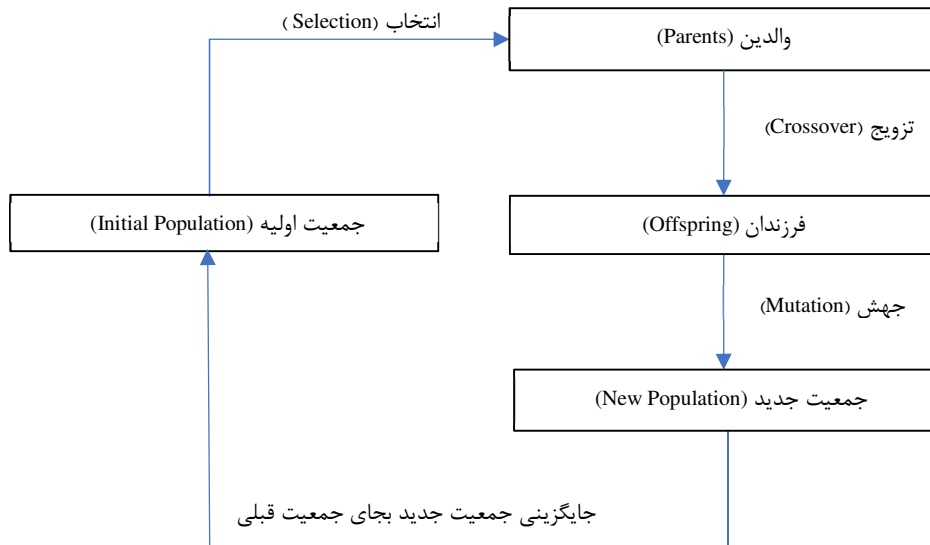
ناصر باشی و همکاران به مدل‌سازی واکنش بهینه‌سازی چند منظوره برای شبکه‌های توزیع آب آلوده تحت فشار و تقاضا پرداختند. آن‌ها در این مطالعه سه تابع هدف را در نظر گرفتند. تابع اول به‌منظور بستن یا باز کردن شیرها و هیدرانت‌ها برای جداسازی منطقه آلوده و یا خارج شدن آب آلوده از شبکه تعریف شد. تابع دوم برای اندازه‌گیری میزان آسیب به سلامت عمومی انتخاب شده است. تابع هدف سوم به دنبال حداقل کردن تعداد گره آلوده می‌باشد. آن‌ها به‌دنبال راه‌حل بهینه کاهش آلودگی در شبکه با استفاده از الگوریتم ژنتیک (NSGA-II) بودند (Bashi et al., 2017).

۲- روش تحقیق

در این تحقیق، حمله به شبکه با تزریق آلودگی در گره مورد نظر پس از شبیه سازی هیدرولیکی و کیفیتی شبکه توزیع آب در نرم افزار EPANET مدل سازی شد. غلظت بیشتر از ۰.۰۱ میلی گرم بر لیتر برای معرفی آلودگی گره ها در شبکه معرفی شد. با در نظر گرفتن مدت زمان تأخیر (t) که بیانگر مدت زمان لازم برای تشخیص محل تزریق آلودگی، اعزام نیروهای واکنشی برای بستن شیرها و باز کردن شیرهای آتش نشانی و همچنین اعلام خطر عمومی است، مدیریت پیامد آلودگی در شبکه آغاز خواهد شد. با توجه به تعداد شیرها و شیرهای آتش نشانی که در زمان (t) برای مدیریت پیامد آلودگی در شبکه باید باز یا بسته شوند، یک رشته جواب توسط الگوریتم ژنتیک (NSGA-II) تولید می شود. در ادامه، شبکه با در نظر گرفتن سناریو حمله و تغییرات ایجاد شده در مرحله قبل تحلیل خواهد شد و جواب های تولید شده با توجه به توابع هدف، ارزیابی می شوند. با تولید جواب های جدید و ارزیابی آنها بر اساس توابع هدف، الگوریتم ژنتیک به سمت تولید جواب بهینه پیش خواهد رفت.

۳- معرفی الگوریتم ژنتیک

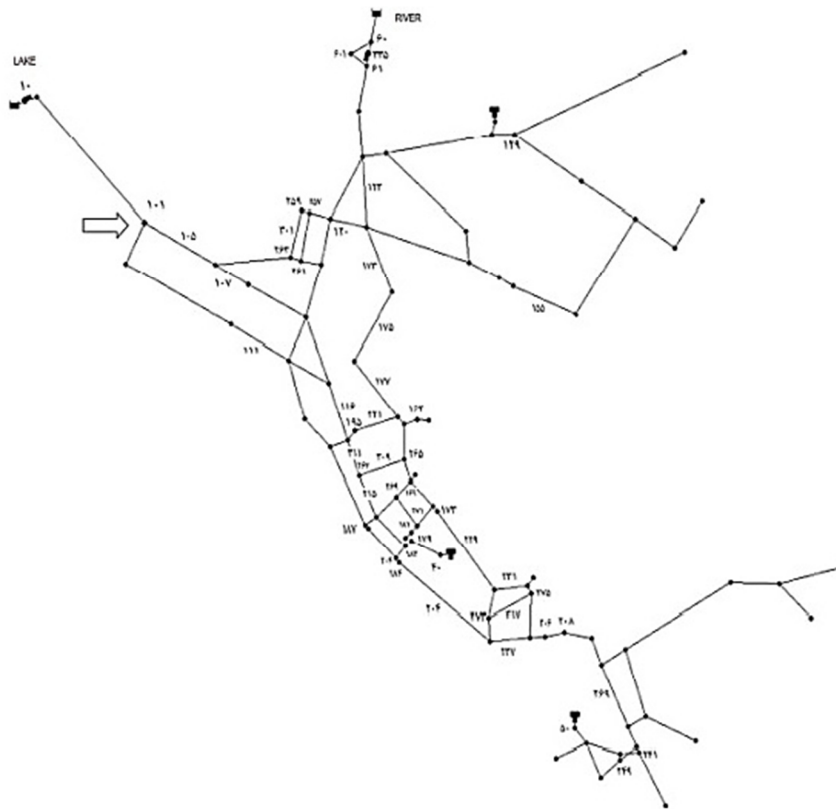
الگوریتم ژنتیک، الهامی از علم ژنتیک و نظریه تکامل داروین است و بر اساس بقای برترین ها یا انتخاب طبیعی استوار است. الگوریتم ژنتیک، روش مناسبی برای کاربرد در حل مسائلی است که توأم با جستجو و بهینه سازی می باشند. این الگوریتم توسط دب، در سال ۲۰۰۰ ارائه شده است. الگوریتم ژنتیک از شبیه سازی مستقیم رفتار طبیعت استفاده می کند. این الگوریتم با یک جمعیت از "اعضای منحصر به فرد" کار می کند که در آن برای هر عضو یک "برازندگی" تعریف می شود. بدیهی است اعضای که برازندگی بیشتری داشته باشند، فرصت های بیشتری برای "زاد و ولد" از طریق "آمیزش" با سایر افراد جمعیت می یابند. این موجب ایجاد اعضای جدیدی می شود که برخی از مشخصات والدین خود را به ارث می برند. همچنین هر چه برازندگی یک عضو جمعیت کم تر باشد، شانس او برای انتخاب شدن برای تولید مثل کم تر است. با انتخاب بهترین اعضا از جمعیت فعلی و انجام آمیزش بین آنها یک مجموعه جدید از اعضا ایجاد می شود که این جمعیت جدید مشخصات جمعیت قبلی را به نسبت بالاتری داراست. با ادامه این روند، پس از چندین تولید مثل و ایجاد جمعیت های متوالی، صفات اعضا به تدریج در جمعیت ها منتشر شده و اعضا به نحو مطلوبی اصلاح می شوند و به این ترتیب اگر الگوریتم مزبور به خوبی طراحی شده باشد، جمعیت به سمت یک راه حل بهینه برای مسئله هم گرا می شود. تاکنون الگوریتم های ژنتیک با موفقیت در حل حوزه وسیعی از مسائل به کار گرفته شده اند. البته این الگوریتم ها یافتن حل بهینه کلی برای هر مسئله ای را تضمین نمی کنند، اما همواره در یافتن راه حل هایی که به میزان قابل قبولی مطلوب هستند، با سرعت قابل قبولی عمل می کنند. نمای کلی الگوریتم ژنتیک در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- فلوچارت الگوریتم ژنتیک رتبه بندی نامغلوب (NSGA-II)

۴- مشخصات شبکه

شبکه به کارگرفته شده در این تحقیق، مثال شماره ۳ نرم افزار EPANET است که یک شبکه مدل سازی شده و آماده بوده و با نصب نرم افزار قابل دسترسی است و در شکل ۲ نمایش داده شده است. شبکه مورد بررسی دارای ۹۲ گره که ۵۹ گره از مجموع این ۹۲ گره، گره های مصرف کننده می باشند. ۲ منبع تامین آب با هد ثابت، ۱۱۷ لوله و ۳ تانک ذخیره در این شبکه وجود دارد. برای بررسی مدیریت پیامدها در ۳۱ نقطه از گره های این شبکه، شیرآتش نشانی و در ۲۰ لوله از مجموع لوله های شبکه، شیر تعبیه شد که امکان بستن لوله ها فراهم شود. محل قرارگیری شیرهای آتش نشانی و محل قرارگیری شیرها در جدول ۱ آورده شده است. در ابتدا تمامی شیرها باز و شیرهای آتش نشانی بسته می باشد. دبی تخلیه از شیرهای آتش نشانی، ثابت و مطابق با شماره ۲۹۱ انجمن حفاظت از حریق امریکا^۴ و براساس رنگ قرمز شیر آتش نشانی ثابت و برابر با ۱۹۰۰ لیتر بر دقیقه در نظر گرفته شد و شبکه در معرض یک الگوی جریان تقاضای ۲۴ ساعته قرار گرفت.



شکل ۲- شبکه مثال ۳ نرم افزار EPANET

جدول ۱- محل قرارگیری شیرها و شیرهای آتش نشانی

محل قرارگیری شیرها (شماره لینکها ^۱)	محل قرارگیری شیرهای آتش نشانی (شماره گره‌ها ^۲)
۱۱۱، ۱۷۵، ۱۰۵، ۱۱۶، ۱۷۷، ۲۱۵، ۲۰۴، ۲۳۷، ۲۶۹، ۱۷۳، ۱۲	۴۰، ۵۰، ۶۰، ۶۰۱، ۶۱، ۱۲۰، ۱۲۹، ۱۶۴، ۱۶۹، ۱۷۳، ۱۷۹، ۱۸
۳، ۱۰۷، ۲۲۹، ۳۱۱، ۱۵۵، ۳۰۹، ۲۲۱، ۲۳۱، ۳۱۷، ۳۰۱	۱، ۱۸۳، ۱۸۴، ۱۸۷، ۱۹۵، ۲۰۴، ۲۰۶، ۲۰۸، ۲۴۱، ۲۴۹، ۲۵۷، ۲۵۹، ۲۶۱، ۲۶۳، ۲۶۵، ۲۶۷، ۲۶۹، ۲۷۱، ۲۷۳، ۲۷۵

۵- مشخصات سناریو حمله به شبکه

در این شبکه فرض بر این است که آلودگی در ساعت هشت از گره ۱۰۱ تزریق و تا شش ساعت نیز ادامه می‌یابد. براساس روش پیشنهاد شده توسط استفلد و سالومونز، پنج سنسور در گره‌های ۱۵، ۳۵، ۱۴۵، ۲۲۵، ۲۵۵ برای تشخیص آلودگی مبتنی بر حداکثر کردن درست‌نمایی تشخیص مکان‌یابی شده است (Ostfeld and Salomons, 2004). این روش تعیین محل بهینه ایستگاه‌های پایش از دو گام اصلی ایجاد ماتریس آلودگی تولید شده تصادفی و تعیین ستون با حداکثر پوشش این ماتریس با استفاده از الگوریتم ژنتیک تشکیل شده است.

۶- حل مسئله مدیریت پیامدها به روش الگوریتم ژنتیک NSGA-II

در این تحقیق با تجمیع نرم افزار EPANET و الگوریتم ژنتیک، هدف یافتن بهترین ترکیب از شیرهای آتش نشانی و شیرها به منظور ایزولاسیون ناحیه آلوده شده و جلوگیری از گسترش آلودگی و تخلیه است. حل این مسئله به کمک الگوریتم ژنتیک، مطابق مراحل زیر می باشد.

۶-۱ توابع هدف

در این تحقیق هدف اول، کمینه کردن جرم آلودگی مصرف شده در شبکه می باشد. این هدف از رابطه ۱ بدست خواهد آمد.

$$F_1 = \sum_{i=1}^N \sum_{t=t_d}^{EPS} C_i(t) \times V_i(t) \quad (1)$$

که در آن F_1 جرم آلوده مصرف شده، i نشانگر گره، N تعداد کل گره های مصرف کننده Y ، t نشانگر زمان و t_d مدت زمان سپری شده پس از زمان تشخیص آلودگی در شبکه می باشد. EPS نیز کل مدت زمان شبیه سازی است. $C_i(t)$ غلظت آلوده در گره i در زمان t و $V_i(t)$ حجم آب آلوده مصرف شده در گره i در زمان t می باشد.

تابع هدف دوم تعداد فعالیت های واکنشی در شبکه می باشد. تعداد عملیات واکنشی شامل تعداد گروه های اعزامی به مناطق مورد نظر می باشند که مسئول عملیاتی کردن نتایج مدل سازی هستند. این نتایج شامل باز یا بستن شیرها و شیرهای آتش نشانی هستند که از حل مسئله توسط بهینه ساز حاصل شده اند؛ زیرا هرچه تعداد این ادوات که باید به طور همزمان در شبکه باز یا بسته شوند، بیش تر باشد، اولاً نیروی انسانی بیش تری مورد نیاز است که باید به محل های مربوطه اعزام شوند و ممکن است تعداد این ادوات از تعداد گروه های اعزامی بیش تر شوند، ثانیاً با افزایش شیرهای آتش نشانی که باید باز شوند، میزان آب هدر رفته از شبکه بیش تر می شود. در این تحقیق تعداد فعالیت های واکنشی که از رابطه ۲ بدست می آید، به ۱۵ محدود شده است.

$$F_2 = \sum_{k=1}^{20} VA_K + \sum_{j=1}^{31} HY_J \quad (2)$$

در رابطه ۲، F_2 مجموع ادوات به کار گرفته شده در جواب تولید شده توسط بهینه ساز است. VA_K ، HY_J به ترتیب نشانگر حالت شیر K ام، شیر آتش نشانی J ام بوده و مقدار آن ها صفر یا یک است. اگر در جواب تولید شده شیر K ام بسته، شیر آتش نشانی J ام باز باشد، VA_K و HY_J برابر یک و در غیر این صورت صفر، در نظر گرفته خواهند شد.

۷- انتخاب پارامترهای الگوریتم

۷-۱ انتخاب نسل و ژن بهینه

با توجه به تعداد ۲۰ شیر و ۳۱ شیرهای آتش نشانی و بررسی آن ها در مدت زمان یک ساعت، ۵۱ متغیر تصمیم برای حل مسئله قابل بررسی می باشد.

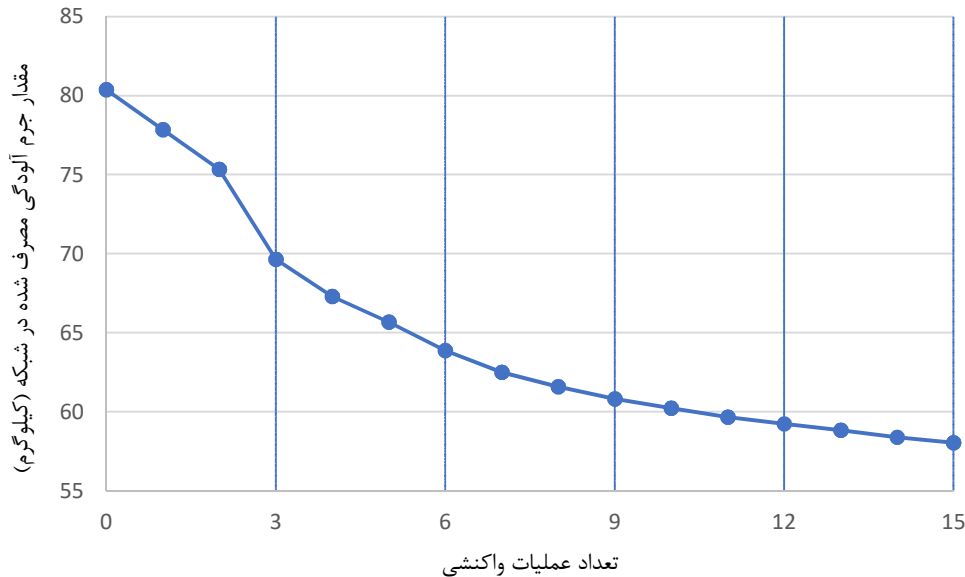
تعداد نسل ها برای حل برنامه برابر ۳۰ و تعداد ژن ها برابر ۱۵۰ انتخاب شد. انتخاب این اعداد براساس بررسی حالت های مختلفی از نسل و ژن ها بوده است که با بررسی کم ترین مقدار آلودگی ایجاد شده در شبکه، تعداد نسل و ژن مورد نظر انتخاب شد. مقدار جرم آلودگی در شبکه برای نسل و ژن های مورد بررسی در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲- نسل و ژن های مورد بررسی در الگوریتم ژنتیک

ردیف	تعداد نسل و ژن ها	مقدار جرم آلودگی (کیلوگرم)
۱	نسل = ۳۰ ژن = ۵۰	۶۳,۲۱۸
۲	نسل = ۳۰ ژن = ۱۰۰	۶۳,۳۳۵
۳	نسل = ۳۰ ژن = ۱۵۰	۵۸,۰۴۴
۴	نسل = ۵۰ ژن = ۵۰	۶۲,۲۶۳
۵	نسل = ۵۰ ژن = ۱۰۰	۵۹,۲۲۱
۶	نسل = ۵۰ ژن = ۱۵۰	۶۰,۰۹۵

۸- نتیجه حاصل از کمینه کردن آلودگی در شبکه

پارتوی بهینه حاصل از انتخاب نسل برتر حل مسئله با توجه به تعداد عملیات واکنشی در نمودار ۱ نشان داده شده است. در نمودار ۱ مشخص می شود که با توجه به تعداد عملیات واکنشی چه مقدار از آلودگی ایجاد شده در شبکه کاهش پیدا می کند. مقدار جرم آلودگی در ابتدا و بدون هیچ گونه مدیریت پیامد برابر ۸۰,۳۷۶ کیلوگرم بوده و پس از مدیریت پیامد آلودگی به مقدار ۵۸,۰۴۴ کیلوگرم کاهش پیدا کرده است که با توجه به تعداد فعالیت واکنشی، آلودگی مصرف شده در شبکه بطور چشم گیری کاهش پیدا کرده است.



نمودار ۱- پارتوی بهینه حاصل از الگوریتم ژنتیک به منظور کمینه کردن آلودگی در شبکه

۹- نتیجه گیری

در این تحقیق مدیریت پیامد با استفاده از الگوریتم ژنتیک با هدف کمینه کردن جرم آلودگی مصرف شده در شبکه مورد بررسی قرار گرفت. با بررسی نتایج حاصل از بهینه‌سازی این نتیجه حاصل شد که مدیریت پیامد آلودگی در شبکه با انتخاب نسل ۳۰ و وزن ۱۵۰ برای پارامترهای الگوریتم ژنتیک، آلودگی مصرف شده در شبکه را به حداقل ممکن خود می‌رساند. شیرها ناحیه آلوده شده در شبکه را ایزوله کرده و با استفاده از شیرهای آتش نشانی آلودگی از شبکه خارج می‌شود. تأثیر مثبت مدیریت پیامد با استفاده از شیرها و شیرهای آتش نشانی مقدار آلودگی مصرف شده در شبکه را کاهش داد، این امر باعث شد تا قسمت‌های کم‌تری از شبکه آلوده شود و در نتیجه کاهش اثرات مخرب آلودگی بر سلامت عموم و کاهش بار روانی را در پی داشت.

۱۰- پی‌نوشت‌ها

1. Response Protocol Toolbox
2. U.S. Environmental Protection Agency
3. Nondominated Sorted Genetic Algorithm
4. National Fluid Power Association
5. Node
6. Pipe
7. Consumer Nodes

۱۱- مراجع

احسانی، ن. (۱۳۸۸)، "مکان یابی بهینه ایستگاه های پایش در شبکه های توزیع آب شهری؛ رویکرد چند هدفه"، پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران-آب، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت، تهران، ایران.
نجفی، ا.، عباس، ا.، (۱۳۹۴)، "مدیریت پیامدهای حملات شیمیایی به شبکه توزیع آب شهری با استفاده از الگوریتم بهینه سازی جامعه مورچه ها"، مجله آب و فاضلاب، شماره ۲.

- Alfonso, L., Jonoski, A., and Solomatine, D., (2010), " Multiobjective optimization of operational responses or contaminant flushing in water distribution networks", *Journal Of Water Resources Planing And Management*, 136(1), 48-58.
- Bashi, N., Afshar, M.H., Afshar, A., (2017), " Multi-objective optimization response modeling to contaminated water distribution networks: Pressure driven versus demand driven analysis", *Korean Society of Civil Engineers (KSCE), Journal of Civil Engineering*, 2085-2096.
- Jeong, H.S., Abraham, D.M., (2006), " Operational response model for physically attacked water networks using NSGA-II hyung", *Journal of Computing In Civil Engineering*.
- Ostfeld, A. and Salomons, E., (2004), "Optimal layout of early warning detection stations for water distribution system security", *Journal of Water Resources Planing and Management*, 130(5), 377-385.
- US EPA 2003 *Response Protocol Toolbox: Planning for and Responding to Drinking Water Contamination Threats and Incidents – Overview and Application*. US Environmental Protection Agency, Washington, DC.
- Xu, J., Johnson, M.P., Fischbeck, P.S., Small, M.J., and VanBriesen, J.M., (2010), " Robust placement of sensors in dynamic water distribution systems", *European Journal of Operational Research*.

Management of Pollution Injection in Water Distribution Networks

Pouya Abbasi¹, Farhad Khamchin moghaddam^{*2}

1- M.Sc. student Water and hydraulic structures, Department of Civil Engineering, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran.

abbasi.pouya@gmail.com

2- Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran.

F.khamchin@gmail.com

Abstract

In recent years, increasing attention to keeping urban water networks safe from possible risks has led to a wide range of studies, the main purpose of which is to minimize the harmful effects of these risks on public health. Most of the research done in this field has investigated the optimal location of monitoring stations in urban water networks. Other studies have been conducted on the network to determine the source of contamination of the injection site of the network, but the research done to manage the crisis created after the successful detection of pollution by monitoring stations in urban water distribution networks is very limited. Deliberate chemical contaminant injection is one of the most important dangers which threatens urban water distribution networks. Due to the importance of pollution in the urban water network, it is necessary to think appropriately about public health as well as the very important time from infection detection and confirmation to the initiation of reactive activities to reduce the harmful effects of contamination on people's health.

Such measures can be attributed to public danger, isolation of the area infected by the existing valves in the network to prevent the spread of pollution and discharge water through the fire valves.

In this research, the management of pollution incidence has been investigated by reducing the amount of pollutants consumed in the network along with minimizing the number of reaction operations. This problem has been studied using the genetic algorithm.

Key words: Contamination, Consequences Management, Genetic Algorithm.