Arch

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و پنجم، شماره چهارم، ۱۳۹۷
http://jwsc.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jwsc.2018.14361.2910

بهینه‌سازی قطر لوله‌های شبکه آبیاری تحت فشار با استفاده از جستجوی ژنتیکی اعداد صحیح (مطالعه موردی: شبکه اسماعیل‌آباد لرستان)

رسول قبادیان[1]*، آتنا حاضری[2] و سید احسان فاطمی[3]

[1]دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه رازی کرمانشاه، [2]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد سازه‌های آبی گروه مهندسی آب، دانشگاه رازی کرمانشاه،
[3]استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه رازی کرمانشاه

تاریخ دریافت: ۹۵/۱۱/۲۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/٤/۱۰

چکیده

سابقه و هدف: امروزه جوامع بشری هزینه‌های بسیاری را برای به حداکثر رساندن سود و به حداقل رساندن هزینه صرف می‌کنند. مسأله انتخاب قطرهای مناسب و تعیین هد پمپاژ بهینه در شبکه‌های آبیاری تحت فشار به‌گونه‌ای که بتواند با صرف حداقل هزینه‌ها، همه محدودیت‌های موردنظر شبکه را تأمین نماید، سال‌هاست که مورد توجه مهندسین است و از مباحث مهم تحقیقاتی می‌باشد. تاکنون پژوهش‌های بسیاری در زمینه بهینه‌سازی شبکه‌های آبیاری تحت فشار به‌منظور کاهش هزینه این زیرساخت‌ها اختصاص یافته است. در این پژوهش‌ها غالباً بهینه‌سازی شبکه آبیاری تحت فشار با استفاده از کدهای آماده و یا جعبه ابزارهای متداول الگوریتم‌های تکاملی که با مدل‌های هیدرولیکی تلفیق شده‌اند انجام شده است. در این پژوهش یک کد بهینه‌سازی به زبان ویژوال بیسیک بر مبنای جستجوی ژنتیکی اعداد صحیح توسعه داده شده است که درآن طراحی بهینه شبکه اصلی و نیمه‌اصلی آبیاری تحت فشار با آرایش درختی و با در نظر گرفتن محدودیت‌های سرعت و فشار انجام می‌شود.

مواد و روش‌ها: در کد توسعه داده شده در این پژوهش که مبتنی بر روش بهینه‌سازی جستجوی ژنتیکی می‌باشد به هر یک از قطرهای موجود در بازار یک عدد صحیح اختصاص داده می‌شود. سپس جهت تعیین مقادیر بهینه، با انجام عملیات تقاطع، جهش و جایگزینی با رویکرد نخبه‌گرایی بر روی مجموعه کروموزوم‌ها عدد صحیح موردنظر برای هر لوله انتخاب می‌شود. اطلاعات خروجی از مدل شامل قطرهای بهینه و مینیمم هزینه اجرای شبکه‌ی آبیاری می‌باشد. صحت‌سنجی و واسنجی مدل با مقایسه نتایج آن با نتایج چندین مسأله غیرخطی مقید که دارای راه‌حل‌های تحلیلی هستند و جواب آن‌ها با دقت مناسب در اختیار می‌باشد انجام شد. در انتها از مدل پیشنهادی برای طراحی بهینه شبکه اسماعیل‌آباد واقع در استان لرستان استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج این پژوهش نشان داد در مقایسه با طراحی دستی و شرایط موجود روش طراحی بهینه بر مبنای جستجوی ژنتیکی اعداد صحیح توانست هزینه اجرای خطوط لوله شبکه آبیاری تحت فشار اسماعیل‌آباد را از

* مسئول مکاتبه: rsghobadian@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

۸۲۵۹۳۵/۲۸ دلار به ۳۷/۷۳۰۹۵۸ دلار کاهش دهد. علاوه بر این در روش طراحی دستی هد فشار در ابتدای سیستم ۱٤۰ متر و در حالت بهینه‌سازی ۰۸/۱۳۹ متر محاسبه گردید به‌عبارتی هزینه ایستگاه پمپاژ در هر دو روش تقریباً برابر است. همچنین با مقایسه شبکه در شرایط موجود و شبکه بهینه شده با استفاده از جستجوی ژنتیکی اعداد صحیح مشاهده می‌شود که اختلاف قابل‌توجهی بین قطرهای به‌دست آمده وجود دارد. به‌گونه‌ای که از ۱٦ لوله موجود در شبکه تعداد ۱۰ لوله کاهش قطر و ۳ لوله افزایش قطر داشتند.

نتیجه‌گیری: مدل تهیه شده قابلیت حل مسائل مختلف بهینه‌سازی خطی و غیرخطی مقید را دارد و نتایج به‌دست آمده از مدل با نتایج حل تحلیلی کاملاً برابر است. نتایج محاسبات نشان داد در صورت استفاده از مدل بهینه‌سازی تهیه شده در این پژوهش، هزینه اجرای خطوط لوله شبکه می توانست ۵/۱۱ درصد کاهش یابد.

واژه‌های کلیدی: اعداد صحیح، آبیاری بارانی، بهینه‌سازی، جستجوی ژنتیکی، شبکه اسماعیل‌آباد

مقدمه

کمیابی منابع آب و میل به رسیدن به راندمان توزیع بالاتر باعث شده است که در شبکه‌های آبیاری مدرن، سیستم‌های شاخه‌ای تحت فشار جایگزین مجاری روباز شوند. در این راستا طراحان شبکه‌های آبیاری و زهکشی به دنبال این موضوع می‌باشند که طراحی خود را به اقتصادی‌ترین طرح ممکن نزدیک نمایند تا علاوه بر تامین نیازهای مصرف‌کنندگان به بهترین شکل هزینه نیز تا حد ممکن کاهش یابد، که این کار در شبکه‌های بزرگ و پیچیده مشکل می‌باشد. در این راه باید با صرف کم‌ترین هزینه، بهترین بهره‌وری از امکانات انجام گیرد. اهمیت این موضوع هنگامی روشن می‌شود، که مهندسین با طرح‌های بزرگ رو به رو می‌شوند. علاوه بر این محدودیت‌هایی مانند محدودیت فشار در گره‌های شبکه و محدودیت سرعت در لوله‌ها نیز وجود دارد، که باید در طراحی شبکه مراعات شوند. امروزه استفاده از روش‌های نوین هوشمند به‌منظور پیش‌بینی و بهینه‌سازی مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. از میان الگوریتم‌های هوشمند، الگوریتم ژنتیک که ایده آن از سیستم تکامل طبیعی موجودات زنده (ژن و کروموزوم) برگرفته شده، به‌عنوان روش نوین بهینه‌سازی مدل‌های غیرخطی بسیار مناسب بوده و کاربردهای فراوانی دارد (۵ و ۸). تا به امروز این روش به‌طور وسیع در مسائل مهندسی، به‌ویژه در مسائل بهینه‌سازی شبکه لوله‌ها، سازه‌های ساختمانی، کالیبراسیون، مدل‌های بارش- رواناب و پمپاژ آب‌های زیرزمینی مورد استفاده قرار گرفته است (۳ و ۷). دندی و حسنلی (۲۰۰۵) مدل الگوریتم ژنتیک را برای بهینه‌سازی آرایش و طراحی هیدرولیکی شبکه تحت فشار شاخه‌ای توسعه دادند. ایشان کارایی روش توسعه داده شده را با کاربرد آن برای یک مطالعه موردی با ۱۱ گره تقاضا و یک گره منبع شرح دادند (۲). فرمانی و همکاران (۲۰۰۷) یک مدل الگوریتم ژنتیک اصلاح‌شده را برای بهینه‌سازی شبکه‌های آبیاری شاخه‌ای توسعه دادند. مدیریت و طراحی بهینه سیستم‌های آبیاری تحت فشار با کاربرد مدل فوق و بر اساس برنامه‌بندی تحویل گردشی و تقاضا یک صرفه‌جویی بیش از ۵۰ درصد در هزینه کل را نشان داد (٤). غلامی و همکاران (۲۰۰۷) به‌منظور بهینه‌سازی برنامه تحویل آب در شبکه آبیاری درودزن شیراز از روش الگوریتم ژنتیک استفاده کردند. نتایج نشان‌دهنده کاهش در ظرفیت کانال

www.SID.ir

Archive of SID

توزیع آب به انشعابات و کاهش در مدت زمان تکمیل برنامه آبیاری بود (٦). جهانشاهی و همکاران (۲۰۰۷) به‌منظور بهینه‌سازی برنامه تحویل آب شبکه آبیاری جیرفت واقع در استان کرمان، از روش الگوریتم ژنتیک استفاده کردند. برنامه زمان‌بندی و تحویل آب به مزارع به‌گونه‌ای بهینه گردید که از حداقل منابع آبی موجود، بهترین راندمان از نظر برنامه تحویل آب و متعاقباً افزایش تولید محصول مقدور گردید (۹). موسویان و شریفی (۲۰۰۹) به کاربرد سه الگوریتم فراابتکاری و ارائه یک الگوریتم هایبرید در بهینه‌سازی شبکه آبرسانی شهر تربت‌جام پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که الگوریتم هایبرید بهتر از سایر روش‌های تکاملی به جواب بهینه همگرا می‌شود، همچنین الگوریتم ژنتیک نسبت به روش‌های کلونی مورچه‌ها و جستجوی هارمونی از توانایی بیش‌تری جهت رسیدن به جواب بهینه برخوردار است (۱۱). کیافر و همکاران (۲۰۱۱) از روش الگوریتم ژنتیک برای بهینه‌سازی تخصیص آب در شبکه آبیاری و زهکشی صوفی‌چای در پایین‌دست سد علویان استفاده کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که اختلاف مقدار آب تخصیص‌یافته واقعی و مقدار بهینه در مناطق مختلف به‌طور متوسط برابر ۲/۱ میلیون مترمکعب است (۱۰). رجب‌پور و (۲۰۱۳) با تلفیق مدل الگوریتم ژنتیک در محیط MATLAB با بخش هیدرولیکی مدل EPANET برنامه بهینه بهره‌برداری از سامانه انتقال آب از سد کوثر به شهر دوگنبدان در یک روز معمولی را تعیین کردند. نتایج آن‌ها نشان داد مقایسه برنامه بهینه بهره‌برداری تهیه شده با حالت بهره‌برداری عادی، کاهشی برابر ۲٦/۸ درصد در هزینه انرژی مصرفی کل را نشان می‌دهد (۱۲).

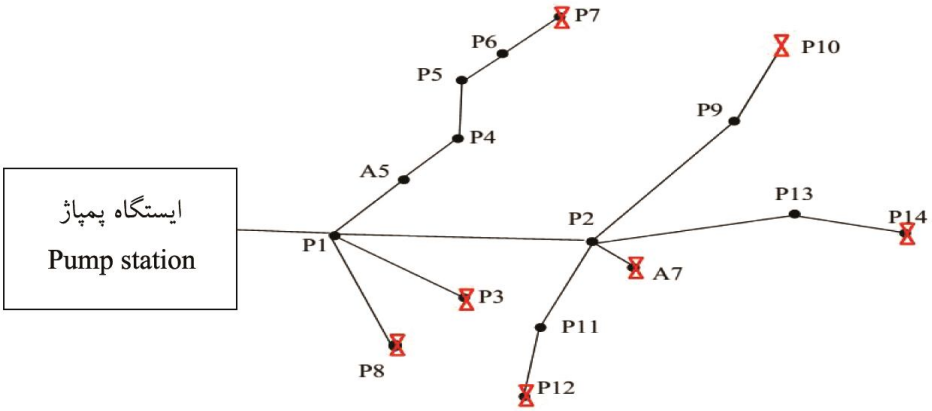
بررسی منابع موجود نشان می‌دهد غالباً بهینه‌سازی شبکه آبیاری تحت فشار با استفاده از کدهای آماده و یا جعبه ابزارهای متداول الگوریتم های تکاملی که با مدل‌های هیدرولیکی تلفیق شده‌اند انجام شده است. هدف از پژوهش حاضر تهیه یک کد کامپیوتری در محیط برنامه‌نویسی ویژوال بیسیک است که با استفاده از روش بهینه‌سازی جستجوی ژنتیکی، با در نظر گرفتن محدودیت‌های سرعت و فشار شبکه آبیاری تحت فشار با آرایش درختی با کم‌ترین هزینه ممکن طراحی نماید. بر خلاف برخی مدل‌ها که قطرهای بهینه با توجه به اعداد حقیقی انتخاب و سپس به نزدیک‌ترین قطر تجاری موجود در بازار گرد می‌شوند در این مدل بر اساس اعداد صحیح به‌طور مستقیم قطر تجاری توسط مدل انتخاب می‌شود.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه: محدوده مورد مطالعه شبکه آبیاری اسماعیل‌آباد می‌باشد که در فاصله ۷ کیلومتری شمال‌غربی شهرستان نورآباد لرستان واقع گردیده است. منبع تعیین‌کننده آب طرح رودخانه بادآور می‌باشد. سطح حوضه آبریز این رودخانه ٤٦۲ کیلومترمربع می‌باشد. مساحت اراضی تحت پوشش این طرح در حدود ۱۰۰۰ هکتار می‌باشد. در شکل ۱، شماتیک شبکه اسماعیل‌آباد نشان داده شده است. همچنین در جدول ۱ اطلاعات هندسی و هیدرولیکی خطوط لوله شبکه آبیاری اسماعیل آباد آمده است. لازم به ذکر است لوله‌های با قطر بزرگ‌تر از ۵۰۰ میلی‌متر از جنس GRP و سایر لوله‌ها از جنس PE80 می‌باشند.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- آرایش شماتیک خطوط اصلی و نیمه‌اصلی شبکه اسماعیل‌آباد (۱۳).

Figure 1. Plan view of the main and sub-main pipelines of Ismail Abad irrigation network (13).

جدول ۱- اطلاعات خطوط اصلی و نیمه‌اصلی شبکه اسماعیل‌آباد در شرایط موجود.

Table 1. Characteristics of main and sub-main pipelines of Ismail Abad irrigation network in existing condition.

رقوم انتها End elevation (m)	رقوم ابتدا Start elevation (m)	دبی Discharge (L/s)	طول لوله Pipe Length (m)	لوله Pipe
1842.08	1791	856.56	1116	PP_1
1838.71	1842.08	52.9	955	P_1P_8
1856.52	1842.08	128.94	1100	P_1P_3
1847.05	1842.08	244.92	200	P_1A_5
1846.32	1847.05	190.34	201	A_5P_4
1841.18	1846.32	128.94	390	P_4P_5
1811.32	1841.18	58.33	806	P_5P_6
1810.94	1811.32	21.49	575	P_6P_7
1847.57	1842.08	429.8	1430	P_1P_2
1821.48	1847.57	98.24	670	P_2P_9
1814.43	1821/48	33.77	840	P_9P_{10}
1826.47	1847.57	119.73	720	P_2P_{13}
1847.95	1826.47	49.12	660	$P_{13}P_{14}$
1847.57	1847.57	46.05	110	P_2A_7
1853.21	1847.57	165.8	550	P_2P_{11}
1861.89	1853.21	132	700	$P_{11}P_{12}$

www.SID.ir

Archive of SID

روش بهینه‌سازی جستجوی ژنتیکی: الگوریتم ژنتیک به‌کار رفته در این مطالعه براساس یک سیستم دودویی شامل (۱ و ۰) می‌باشد. به‌نحوی‌که پارامترهای مدل به مبنای ۰ و ۱ انتقال یافته و به‌عبارت دیگر رمزدار می‌شوند. چنان‌چه محدوده تغییرات هر پارامتر $a_i \le x_i \le b_i$ باشد و میزان دقت اعداد برابر Δn_i باشد از رابطه زیر می‌توان تعداد ژن‌ها n_i را محاسبه نمود:

$$2^{ni-1} \le (b_i - a_i) \times 10^{\Delta ni} \le 2^{ni} \qquad (۱)$$

همان‌گونه که در جدول ۲ نیز نشان داده شده است، تعداد قطر لوله‌هایی که می‌تواند در شبکه اسماعیل‌آباد استفاده شود معادل ۱۸ می‌باشد. از آن‌جایی‌که عدد $2^4<18<2^5$ می‌باشد، بنابراین محدوده تغییرات عدد اختصاص داده شده به هر قطر باید عددی بین ۳۲ و ۱ باشد. برای مثال در این پژوهش انتخاب عدد ۱ یعنی لوله با قطر داخلی ۹۳/۸ میلی‌متر، انتخاب عدد ۱۷ یعنی لوله با قطر داخلی ۸۰۰ میلی‌متر و انتخاب عددی بین ۱۸ تا ۳۲ یعنی لوله با قطر ۹۰۰ میلی‌متر است. با در نظر گرفتن میزان دقت اعداد Δn_i برابر با صفر تعداد ژن‌ها (n_i) به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$2^4 \le (32-1) \times 10^0 \le 2^5 \Rightarrow n_i = 5 \qquad (۲)$$

پس از تعیین طول رشته یا ژن‌های مربوط به هر پارامتر، لازم است طول کروموزم جامعه تعیین شود. تعداد لوله‌ها (m) در این شبکه که همان متغیر تصمیم است ۱۶ می‌باشد، بنابراین طول کروموزم جامعه به‌صورت زیر تعیین می‌شود:

$$L = \sum_{i=1}^{m} n_i = 80 \qquad (۳)$$

در اجرای الگوریتم ژنتیک دودویی جمعیت اولیه کروموزم‌ها به‌طور تصادفی تولید می‌شود. چنان‌چه بخواهیم تعداد N کروموزم که هر کروموزم L بیت طول داشته باشد را به وجود آوریم باید $N \times L$ عدد تصادفی از مجموعه (۱و۰) تولید شود که برای انتخاب هر کدام از این اعداد از تابع Rnd[ ] استفاده می‌شود. در ادامه هریک از رشته‌ها از صورت دوگان (صفر و یک) به عدد ده‌دهی تبدیل می‌شود و سپس مقدار تابع هدف مربوط به آن به‌دست می‌آید. در این مرحله هر کروموزم به‌وسیله تابع هدف ارزیابی می‌شود، ورودی تابع هدف یک‌رشته کروموزم متشکل از متغیرهای تصمیم و خروجی آن عددی است که نمایشگر میزان عملکرد کروموزم موردنظر است (۱۴). در این پژوهش مجموع حاصل‌ضرب طول لوله‌های موجود در شبکه در هزینه واحد طول آن‌ها، برابر تابع هزینه مربوط به لوله‌ها می‌باشد. اطلاعات مربوط به لوله‌های تجاری موجود در بازار همراه با هزینه تمام شده واحد طول آن‌ها که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته‌اند، در جدول ۲ آورده شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و هزینه لوله‌های قابل استفاده در طرح (۱۳).

Table 2. Physical characteristics and cost of used pipes in present study (13).

ردیف Row	قطر خارجی External diameter (mm)	قطر داخلی Internal diameter (mm)	نوع لوله Type of pipe	هزینه واحد طول لوله‌ها Price per unit length of pipes ($/m)
1	110	93.8	PE80	5.895
2	125	106.6	PE80	7.895
3	140	119.4	PE80	9.495
4	160	136.4	PE80	12.375
5	180	153.4	PE80	15.705
6	200	170.6	PE80	19.305
7	225	191.8	PE80	24.525
8	250	213.2	PE80	30.15
9	280	238.8	PE80	37.8
10	315	268.6	PE80	47.7
11	355	302.8	PE80	60.525
12	400	341.2	PE80	76.725
13	450	383.8	PE80	97.2
14	500	426.4	PE80	108.82
15	600	600	GRP	111.323
16	700	700	GRP	137.997
17	800	800	GRP	170.633
18	900	900	GRP	204.289

ارزیابی میزان سازگاری هر کروموزم با استفاده از تابع برازش انجام می‌شود. خروجی‌های تابع هدف حالتی خام دارند که با تابعی دیگر (تابع برازش) ارزیابی و میزان سازگاری نسبی آن‌ها محاسبه می‌شود. میزان سازگاری هر کروموزم $f'(x_i)$ طبق رابطه زیر با تقسیم میزان کارایی آن در تابع هدف $f(x_i)$ به مجموع مقادیر تابع هدف به‌دست می‌آید:

$$f'(x_i)=\frac{f(x_i)}{\sum_{i=1}^{N} f(x_i)} \qquad (٤)$$

که در آن، N تعداد کروموزم‌ها در جمعیت می‌باشد.

به‌منظور جستجو و بررسی در فضای تعریفی پارامترها جهت تعیین مقادیر بهینه، عملیات تقاطع، جهش و جایگزینی با رویکرد نخبه‌گرایی بر روی مجموعه کروموزوم‌ها انجام شد و نهایتاً نسل جدید تولید گردید. در مدل حاضر پس از انتخاب هر جفت کرموزم یک عدد تصادفی تولید شده چنان‌چه عدد تصادفی تولید شده و از مقدار احتمال در نظر گرفته شده بالاتر باشد، تقاطع انجام می‌شود. انتخاب محل برش به‌صورت تصادفی بوده و می‌تواند شامل یک و یا چند موقعیت (در یک ژن و یا چند ژن) باشد. همچنین در این پژوهش از جهش تک‌نقطه‌ای کروموزم‌ها استفاده گردید. بدین‌صورت که یکی از

www.SID.ir

Archive of SID

بیت‌های کروموزم به‌طور تصادفی انتخاب و با احتمال کمی مقدار آن از صفر به یک یا بالعکس تغییر یافت. هنگامی‌که نوزادان جدیدی با استفاده از عملگرهای انتخاب، تقاطع و جهش به وجود آمدند، میزان سازگاری آن‌ها تعیین شد، سپس بر اساس میزان سازگاری وارد جمعیت جدید شدند. تصمیم‌گیری برای این‌که چه تعداد کروموزم باید برای تولید نسل بعد نگاه داشته شوند تا حدی اختیاری است و از جمله پارامترهایی محسوب می‌شود که مدل‌کننده می‌تواند مقدار مناسب آن را با توجه به شرایط مسأله و سعی و خطا تعیین کند. باقی گذاشتن تعداد زیاد کروموزم‌ها در هر نسل به‌منظور تولید فرزندان، شانس انتقال ویژگی نامناسب بعضی کروموزم‌ها را به نسل بعد افزایش می‌دهد. در این پژوهش با مرتب کردن اعضای نسل جدید و قدیم بر اساس میزان سازگاری آن‌ها اعضای نسل بعد انتخاب شدند.

معرفی تابع هدف: هدف کمینه کردن هزینه اجرای شبکه آبیاری تحت فشار مورد نظر این پژوهش می‌باشد. این هزینه‌ها شامل: ۱- هزینه خرید، حمل و کارگذاری لوله‌ها و ۲- هزینه ایستگاه پمپاژ می‌باشد. بنابراین تابع هدف به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$f(D_N)=\sum_{i=1}^{Np} CRF\times L_i\times CP_i + \sum_{j=1}^{NPU}\left[CRF\times C_{PUj}+C_{en}\times H_{pj}\right] \qquad (۵)$$

ترم اول سمت راست رابطه فوق هزینه لوله‌ها و ترم دوم سمت راست هزینه ایستگاه پمپاژ است. در این رابطه L_i طول لوله i ام، CP_i هزینه واحد طول لوله که تابعی از قطر لوله D می‌باشد، Np تعداد لوله‌ها، NPU تعداد پمپ‌ها، C_{PUj} هزینه پمپ j ام که تابعی از توان کل موردنیاز پمپ می‌باشد، C_{en} هزینه انرژی سالیانه به‌ازای واحد هد پمپاژ، H_{pj} هد کل پمپ j ام و CRF ضریب بازگشت سرمایه است که تابعی از عمر مفید پروژه و نرخ بهره سالیانه می‌باشد. همان‌گونه که در ادامه پژوهش آمده است هد پمپاژ محاسبه سده شده به روش طراحی دستی و روش بهینه‌سازی پژوهش حاضر تقریباً یکسان به‌دست آمده است به‌عبارتی هزینه اجرا و بهره‌برداری تأسیسات ایجاد فشار در هر دو روش یکسان است. از این‌رو ترم دوم سمت راست رابطه ۵ از تابع هدف حذف می‌شود و به‌ازای CRF برابر در هر دو روش تابع هدف به‌صورت زیر خلاصه می‌شود.

$$Min:\ f_{\circ}(D_N)=\sum_{i=1}^{Np} L_i\times CP_i \qquad (٦)$$

لازم به ذکر است در روش بهینه‌سازی آرایش سیستم همانند روش موجود فرض گردید به‌عبارتی طول خطوط لوله در هر دو روش ثابت و تنها قطرها بهینه شده‌اند.

تعریف قیود مسأله بهینه‌سازی با توجه به محدودیت‌های موجود

۱) محدودیت سرعت در لوله‌ها: کم‌ترین سرعت مجاز در خطوط لوله از لحاظ رسوب‌گذاری و تجمع هوا مهم می‌باشد. سرعتی که مانع رسوب‌گذاری و تجمع هوا در خطوط لوله می‌شود ۰/۷ تا ۱ متر بر ثانیه می‌باشد. بیش‌ترین سرعت مجاز در خطوط لوله اصلی و نیمه‌اصلی نیز از لحاظ کنترل ضربه قوچ و جلوگیری از ترکیدگی لوله‌ها اهمیت دارد. از این لحاظ بیش‌ترین سرعت بستگی به جنس لوله‌ها داشته و ۵/۱ تا ۲/۵ متر بر ثانیه می‌باشد. با توجه به نکات بالا، حداکثر سرعت برابر ۲ متر بر ثانیه و حداقل سرعت معادل ۷/۰ متر بر ثانیه در نظر گرفته شد.

www.SID.ir

Archive of SID

۲) محدودیت فشار در گره‌ها: با توجه به به‌کارگیری آبپاش نوع *AMBO* ساخت ایتالیا با فشار کارکرد ٤ اتمسفر و همچنین روابط موجود برای محاسبه فشار در محل اتصال بال آبیاری به لوله اصلی معیار حداقل فشار مورد نیاز در هر گره ۵۰ متر در نظر گرفته شد و بر اساس آن هد فشار ورودی برای سیستم بهینه گردید. همچنین حداکثر فشار معادل ۱۰۰ متر در نظر گرفته شد.

تابع جریمه: استفاده از توابع جریمه یکی از معمول‌ترین روش‌ها برای مدلسازی مسائل مقید می‌باشد. با توجه به این‌که تابع هدف دارای قیود طراحی است، می‌توان به‌وسیله تابع جریمه مجموعه قیود مساوی و نامساوی را به یک رابطه تبدیل کرد و به بهینه کردن رابطه مورد نظر پرداخت. قیود مسأله به‌صورت توابع $g(x)$ کوچک‌تر و یا مساوی صفر و توابع $h(x)$ مساوی صفر در نظر گرفته و بردار V را به‌صورت زیر تعریف می‌شود.

$$V = Max\begin{bmatrix} 0, g_1(x), g_2(x), g_1(x),..., \\ |h_1(x)|, |h_2(x)|, |h_3(x)|,... \end{bmatrix} \quad (۷)$$

و در نهایت تابع تابع هدف نامقید به‌صورت زیر معرفی می‌گردد.

$$\phi = f_o + RV \quad (۸)$$

که در آن، ϕ تابع هدف نامقید، f_o تابع هدف مقید، R ضریب جریمه، V ماکزیمم نقض قید توسط متغیرها.

نتایج و بحث

صحت‌سنجی و ارزیابی مدل بهینه‌سازی: به‌منظور بررسی دقت مدل الگوریتم ژنتیک تهیه شده از نقطه‌نظر برنامه‌نویسی مسائل بهینه‌سازی خطی و غیرخطی مقید متعدد که دارای راه‌حل‌های تحلیلی هستند، با مدل مذکور حل شدند و نتایج به‌دست آمده از آن با نتایج حل تحلیلی مقایسه شد در تمام موارد نتایج مدل کاملاً رضایت‌بخش بود که برای نمونه در ادامه یک مورد ارایه شده است:

تابع هدف و محدودیت‌ها به شکل زیر تعریف شده‌اند (۱):

$$F(x) = -5\sin(x_1)\sin(x_2)\sin(x_3)\sin(x_4)\sin(x_5) - \sin(5x_1)\sin(5x_2)\sin(5x_3)\sin(5x_4)\sin(5x_5) \quad (۹)$$

$$1 \le i \le 5 \quad (۱۰)$$

$$0 \le x_i \le \pi \quad (۱۱)$$

جواب بهینه مسأله با استفاده از روش تحلیلی عبارت است از:

$$(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5) = \left(\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}\right)$$
$$f\left(\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}\right) = -6$$

نتایج به‌دست آمده از مدل حاضر با توجه به پارامترهای ارائه شده در جدول ۳ به‌صورت زیر می‌باشد.

$$(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5) = (1.57, 1.57, 1.57, 1.57, 1.57)$$
$$f(x) = -5.999999$$

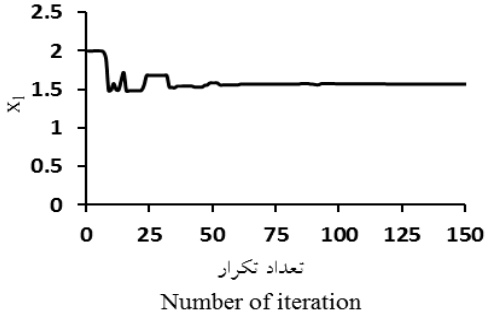
www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- پارامترهای مورد استفاده در مدل الگوریتم ژنتیک.

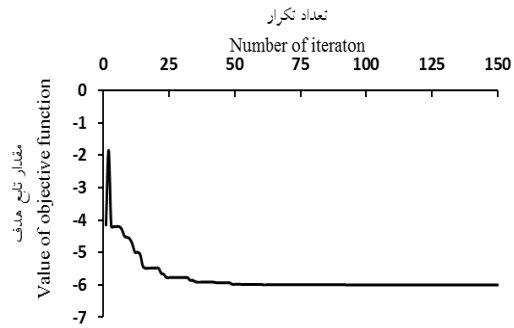
Table 3. Applied parameters in genetic algorithm model.

پارامتر Parameter	مقدار Value
تعداد متغیرها Number of decision variable	5
تعداد کروموزم Number of chromosomes	100
تعداد تکرار Number of iteration	150
احتمال جهش Mutation probability	0.05
ضریب جریمه Penalty coefficient	1500



شکل ۲- تغییرات x_1 به‌ازای تعداد تکرار.

Figure 2. Variation of x_1 against number of iteration.



شکل ۳- تغییرات تابع هدف در مقابل تکرار.

Figure 3. Variation of value of objective function Vs. number of iteration.

برای نمونه تغییرات متغیرهای x_1 در مقابل تعداد تکرار در شکل‌های ۲ نشان شده است. همچنین در شکل ۳ تغییرات مقدار تابع هدف در مقابل تعداد تکرار نمایش داده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود بعد از حدود ۱۰۰ تکرار دیگر تغییری در مقدار متغیرها و جواب مسأله مشاهد نشده است. به‌عبارتی جواب بهینه به‌دست آمده است.

ارزیابی مدل پیشنهادی در طراحی بهینه یک شبکه شاخه‌ای: به‌منظور ارزیابی مدل تهیه‌شده یک شبکه شاخه‌ای متشکل از دو لوله و یک مخزن در نظر گرفته شد (شکل ٤). در این مرحله نحوه به‌دست آمدن قطرهای بهینه برای لوله‌های ۱ و ۲ موردنظر می‌باشد.

مشخصات لوله‌ها و اطلاعات مربوط به قطر لوله‌های موجود در بازار در جدول‌های ٤ و ۵ آمده است.

www.SID.ir

Archive of SID

شکل ٤- شبکه شاخه‌ای دو لوله‌ای.

Figure 4. Two pipe branch network.

جدول ٤- مشخصات لوله‌ها.

Table 4. Pipe lines characteristics.

لوله Pipe name	طول لوله (m) Pipe length (m)	دبی (lit/s) Discharge (lit/s)	ضریب هیزن Hazen coefficient
لوله ۱ Pipe1	700	510	130
لوله ۲ Pipe2	700	230	130

جدول ٥- اطلاعات مربوط به قطر لوله‌های موجود در بازار.

Table 5. Information of available pipe lines diameter.

قطر لوله (اینچ) Pipe Diameter (in)	هزینه لوله به‌ازای یک متر لوله (دلار) Cost per unit length ($)
20	58
24	64

در این طراحی ارتفاع مخزن ثابت و برابر ٤٠ متر می‌باشد و مقادیر سرعت بین ۳/۰ تا ۳ متر بر ثانیه و فشار بین ۲۰ تا ٦٠ متر محدود شده است. بنابراین با توجه به محدودیت‌های فشار قیود $g(1)$ تا $g(4)$ و با توجه به محدودیت‌های سرعت قیود $g(5)$ تا $g(8)$ استخراج می‌شوند:

$$1)\quad 40-\mathrm{hf}_1\le 60$$
$$g(1)=-20-\left(0.52399\times \mathrm{x}_1^{-4.87}\right) \qquad (۱۲)$$

$$2)\quad 40-\mathrm{hf}_1\ge 20$$
$$g(2)=-20+\left(0.52399\times \mathrm{x}_1^{-4.87}\right) \qquad (۱۳)$$

$$3)\quad 40-\mathrm{hf}_1-\mathrm{hf}_2\le 60$$
$$g(3)=-20-\left(0.52399\times \mathrm{x}_1^{-4.87}\right)-\left(0.06031\times \mathrm{x}_2^{-4.87}\right) \qquad (۱٤)$$

$$4)\quad 40-\mathrm{hf}_1-\mathrm{hf}_2\ge 20$$
$$g(4)=-20+\left(0.52399\times \mathrm{x}_1^{-4.87}\right)+\left(0.06031\times \mathrm{x}_2^{-4.87}\right) \qquad (۱٥)$$

$$5)\quad 0.3\le \mathrm{V}_i=\frac{4\times \mathrm{Q}_i}{\pi\times \mathrm{D}_i^2}\le 3\ ,\ i=1,2 \qquad (۱٦)$$

$$g(5)=\frac{0.942}{x_1^2}-3\ ,\quad g(6)=-\frac{0.942}{x_1^2}+3$$
$$g(7)=\frac{0.2929}{x_2^2}-3\ ,\quad g(8)=-\frac{0.2929}{x_2^2}+3$$

www.SID.ir

Archive of SID

پاسخ بهینه به‌دست آمده از مدل الگوریتم ژنتیک، با توجه به پارامترهای ارائه شده در جدول ٦ با حل دستی مسأله و نتایج به‌دست آمده از بهینه‌سازی با استفاده از برنامه‌ریزی خطی مختلط اعداد حقیقی و صحیح (۱۳) برابر بوده که در جدول ۷ آمده است.

تغییرات قطر لوله‌های ۱ و ۲ و همچنین هزینه کل سیستم در شکل‌های ۵ تا ۷ نشان داده شده است.

جدول ٦- پارامترهای الگوریتم ژنتیک.

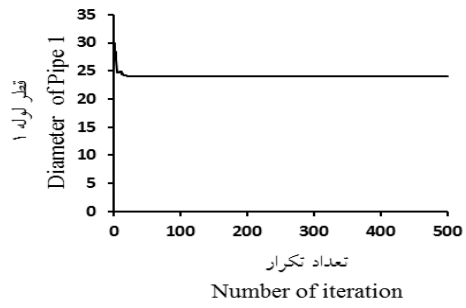
Table 6. Parameters of the genetic algorithm.

پارامتر Parameter	مقدار Value
تعداد متغیرها Number of decision variable	2
تعداد کروموزم Number of chromosomes	50
تعداد تکرار Number of iteration	500
احتمال جهش mutation probability	0.05
ضریب جریمه Penalty coefficient	1

جدول ۷- قطرهای بهینه‌شده شبکه شاخه‌ای با استفاده از الگوریتم ژنتیک.

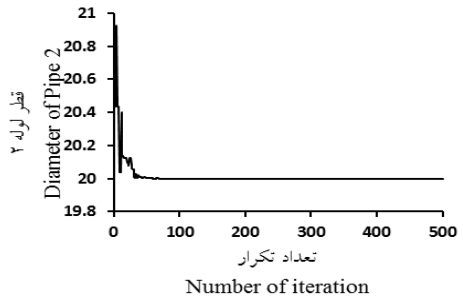
Table 7. Optimized diameters by using genetic algorithm.

	قطر (اینچ) D_{opt} (in)	هد آب (متر) H (m)	هزینه کل (دلار) Total Cost ($)
لوله ۱ $Pipe_1$	24	-	85400
لوله ۲ $Pipe_2$	20	-	
مخزن Reservoir	-	40	



شکل ۵- تغییرات قطر لوله ۱ در مقابل تعداد تکرار.

Figure 5. Diameter of Pipe1 Vs. number of iteration.

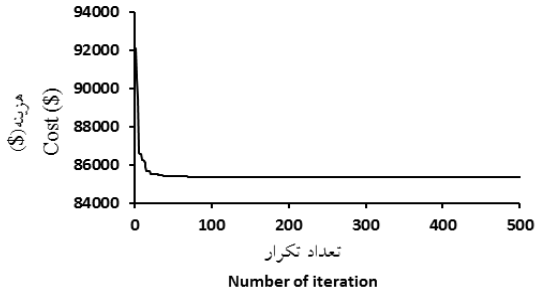


شکل ٦- تغییرات قطر لوله ۲ در مقابل تعداد تکرار.

Figure 6. Diameter of Pipe2 Vs. number of iteration.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۷- تغییرات هزینه اجرای سیستم لوله‌ها در مقابل تعداد تکرار.

Figure 7. Variation of total cost Vs. number of iteration.

کاربرد مدل در طراحی بهینه سیستم آبیاری تحت فشار شبکه اسماعیل‌آباد: در این پژوهش سعی گردید که مدل نوشته‌شده از لحاظ کاربردی و در مقیاس بزرگ نیز مورد بررسی قرار گیرد. پس از اطمینان به نتایج مدل، طراحی شبکه اسماعیل‌آباد با مدل بهینه‌سازی انجام شد. این مدل قطر تجاری موجود در بازار را با در نظر گرفتن محدودیت‌های سرعت و فشار کاری، بهینه‌یابی می‌نماید. در مدل بهینه‌سازی شبکه اسماعیل‌آباد تعداد ۳۲ قید سرعت و تعداد ۳۲ قید فشار اعمال شده است. همچنین مقادیر پارامترهای استفاده شده در مدل الگوریتم ژنتیک برای طراحی شبکه مذکور در جدول ۸ آمده است. لازم به ذکر است این مقادیر نهایی هستند و پس از اجرای متعدد مدل به‌دست آمده‌اند. علاوه بر این برای نمونه تغییرات قطر برخی خطوط لوله در شکل‌های ۸ تا ۱۰ و تغییرات هزینه سیستم در مقابل تعداد تکرار در شکل ۱۱ ارایه شده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود به‌دلیل استفاده از اعداد صحیح تغییرات قطر خطوط لوله به‌صورت پله‌ای در تکرارهای مختلف تغییر می‌کند. همچنین بعد از حدود ۱۰۰۰ تکرار هزینه کل سیستم ثابت شده است.

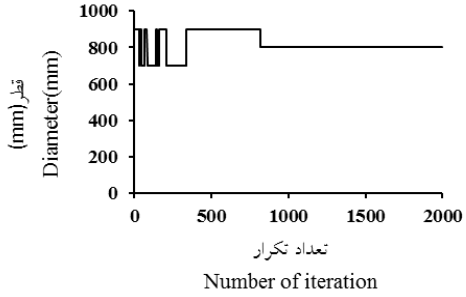
جدول ۸- مقادیر نهایی پارامترهای الگوریتم ژنتیک.

Table 8. Final values of applied parameters in genetic algorithm model.

پارامتر Parameter	مقدار Value
تعداد متغیرها Number of decision variable	16
تعداد کروموزم Number of chromosomes	160
تعداد تکرار Number of iteration	2000
احتمال جهش Mutation probability	0.05
احتمال تقاطع Cross- over probability	1
ضریب جریمه قیود سرعت Penalty coefficient of velocity constrains	6.5×10^9
ضریب جریمه قیود فشار Penalty coefficient of pressure constrains	6.5×10^9

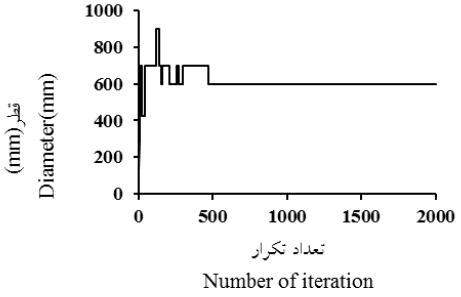
www.SID.ir

Archive of SID



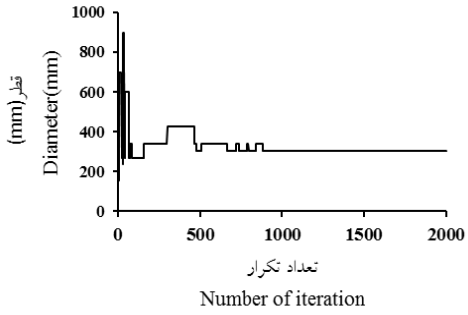
شکل ۸- تغییرات قطر لوله PP1 در مقابل تعداد تکرار.

Figure 8. Variation of diameter of pipe PP1 versus number of iteration.



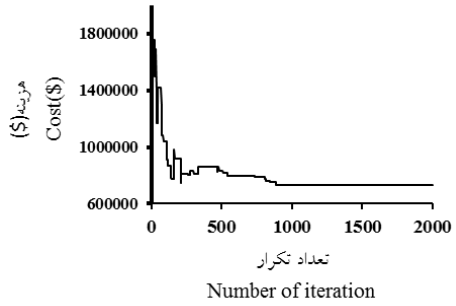
شکل ۹- تغییرات قطر لوله P1P2 در مقابل تعداد تکرار.

Figure 9. Variation of diameter of pipe P1P2 versus number of iteration.



شکل ۱۰- تغییرات قطر لوله $P_{11}P_{12}$ در مقابل تعداد تکرار.

Figure 10. Variation of diameter of pipe $P_{11}P_{12}$ versus number of iteration.



شکل ۱۱- تغییرات هزینه سیستم در مقابل تعداد تکرار.

Figure 11. Variation of system cost versus Number of iteration.

مقادیر قطرهای بهینه‌یابی‌شده برای سیستم آبیاری اسماعیل‌آباد به همراه مقادیر قطرهای استفاده شده در شرایط کنونی به‌منظور مقایسه در جدول ۹ ارائه شده است. لازم به ذکر است در روش طراحی دستی هد فشار در ابتدای سیستم ۱٤۰ متر و در حالت بهینه‌سازی مقدار هد فشار در ابتدای سیستم (گره P در شکل ۱) برابر ۰۸/۱۳۹ به‌دست آمد که تقریباً یکسان هستند. بنابراین هزینه احداث ایستگاه پمپاژ در طراحی دستی و طراحی‌شده با مدل بهینه‌یابی تقریباً یکسان است بنابراین در مقایسه دو روش از هزینه احداث ایستگاه پمپاژ صرف‌نظر شده است. همچنین با مقایسه اعداد مندرج در ستون‌های ۳ و ٤ جدول ۹ مشاهده می‌شود که در طراحی شبکه به‌صورت تجربی و طراحی بهینه با استفاده از مدل الگوریتم ژنتیک اختلاف قابل‌توجهی بین قطرهای به‌دست آمده وجود دارد. از ۱٦ قطر موجود در شبکه بعد از بهینه‌سازی ۱۰ قطر کاهش اندازه و ۳ قطر افزایش اندازه داشته است و تنها قطر سه لوله P2P9، P1P3 و P2P11 بدون تغییر باقی مانده است. علاوه بر این مقادیر سرعت به‌دست آمده در شبکه بهینه شده (ستون ۵) نشان می‌دهد همه مقادیر سرعت محاسبه شده بین مقادیر حداکثر ۲ و حداقل ۰/۷ متر بر ثانیه قرار دارد. تنها مقدار سرعت در لوله P5P6 حدود ۰/۰۲ متر بر ثانیه بیش‌تر از حداکثر مجاز است که خطایی معادل یک درصد می‌باشد.

به‌منظور مقایسه کمی، هزینه اجرای خطوط لوله در صورت استفاده از مدل بهینه‌سازی‌شده با هزینه اجرای شبکه در شرایط موجود در جدول ۱۰ ارایه

www.SID.ir

Archive of SID

شده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود هزینه اجرای خطوط لوله در صورت استفاده از مدل بهینه‌سازی معادل ۳۷/۷۳۰۹۵۸ دلار است که در مقایسه با هزینه در شرایط موجود یعنی ۸۲۵۹۳۵/۲۸ حدود ۱۱/۵ درصد کم‌تر است.

جدول ۹- اطلاعات خطوط اصلی و نیمه‌اصلی شبکه اسماعیل‌آباد در شرایط موجود و بهینه‌یابی‌شده.

Table 9. Information of pipe lines of Ismail Abad network in the existing and optimized conditions.

نام لوله‌ها	دبی (لیتر بر ثانیه)	قطر داخلی لوله اجراشده (میلی‌متر)	قطر داخلی لوله بهینه‌شده (میلی‌متر)	سرعت (متر بر ثانیه)	فشار ابتدایی (متر)	فشار انتهایی (متر)	تراز هیدرولیکی در ابتدا (متر)	تراز هیدرولیکی در انتها (متر)
Pipe name	Discharge (litr/s)	Applied internal diameter (mm)	Optimized Internal diameter (mm)	Velocity (m/s)	Inlet pressure (m)	End pressure (m)	Inlet hydraulic level (m)	Outlet hydraulic level (m)
PP_1	856.56	900.0	800.0	1.705	139.08	85.53	1930.8	1927.61
P_1P_8	52.9	213.2	191.8	1.832	85.53	72.14	1927.61	1910.81
P_1P_3	128.94	302.8	302.8	1.791	85.53	60.18	1927.61	1916.70
P_1A_5	244.92	500	426.4	1.716	85.53	79.33	1927.61	1926.38
A_5P_4	190.34	500	383.8	1.646	79.33	78.78	1926.38	1925.10
P_4P_5	128.94	341.2	302.8	1.791	78.78	80.05	1925.1	1921.23
P_5P_6	58.33	213.2	191.8	2.020	80.05	92.79	1921.23	1904.11
P_6P_7	21.49	136.4	119.4	1.920	92.72	74.07	1904.11	1885.01
P_1P_2	429.8	700.0	600.0	1.521	85.53	76.43	1927.61	1924.00
P_2P_9	98.24	268.6	268.6	1.735	76.43	95.31	1924.00	1916.79
P_9P_{10}	33.77	170.6	153.4	1.828	95.31	83.19	1916.79	1897.62
P_2P_{13}	119.73	341.2	302.8	1.663	76.43	91.30	1924.00	1917.77
$P_{13}P_{14}$	49.12	213.2	238.8	1.097	66.31	75.91	1917.77	1914.28
P_2A_7	46.05	136.4	238.8	1.029	76.43	75.914	1924.00	1923.48
P_2P_{11}	165.8	341.2	341.2	1.814	76.43	65.93	1924.00	1919.14
$P_{11}P_{12}$	132.0	268.6	302.8	1.834	65.93	50.00	1919.14	1911.89

جدول ۱۰- مقایسه هزینه اجرای خطوط لوله‌ها بین روش‌های الگوریتم ژنتیک و روش تجربی.

Table 10. Comparison of total costs of pipe line system between genetic algorithm and experimental methods.

روش طراحی Design method	هزینه (دلار) Cost ($)
روش تجربی (وضعیت موجود) Experimental method (Existing condition)	825935.28
الگوریتم ژنتیک Genetic algorithm	730958.37

www.SID.ir

Archive of SID

مقایسه نتایج به‌دست آمده از روش جستجوی ژنتیکی اعداد صحیح در شبکه اسماعیل‌آباد در پژوهش حاضر با روش برنامه‌ریزی خطی مختلط اعداد حقیقی و صحیح ارائه شده توسط شاهی‌نژاد (۲۰۱۱) نشان داد که هر دو روش نتایج نسبتاً یکسانی را ارائه می‌کنند. تنها اختلاف ۰/۵ درصدی در کاهش هزینه‌ها وجود دارد. به‌گونه‌ای که روش ارایه شده توسط شاهی‌نژاد (۲۰۱۱) کاهش ۱۲ درصدی و مدل حاضر کاهش ۱۱/۵ درصدی در هزینه لوله‌ها را نشان می‌دهد. از طرفی مدل شاهی‌نژاد قطر لوله‌های P_4P_5، $P_{13}P_{14}$ و P_2A_7 یک سایز کوچک‌تر و قطر لوله P_5P_6 را یک سایز بزرگ‌تر از پژوهش حاضر برآورد می‌کند. همچنین مدل حاضر هد فشار بهینه در ابتدای سیستم را ۱۳۹/۰۸ متر و مدل شاهی‌نژاد آن را ۱۳۹/٦٦ متر برآورد می‌کند.

نتیجه‌گیری کلی

۱- مدل الگوریتم ژنتیک با استفاده از حل مسائل بهینه‌سازی خطی و غیرخطی مقید که دارای راه‌حل‌های تحلیلی هستند، مورد ارزیابی قرار گرفته و نشان داده شد که نتایج به‌دست آمده از مدل با نتایج حل تحلیلی کاملاً برابر است.

۲- مدل تهیه‌شده از قابلیت بالایی در زمینه بهینه‌یابی شبکه آبیاری تحت فشار برخوردار است، به‌طوری‌که قادر است قطرهای بهینه را محاسبه نماید. در این روش، بهینه‌یابی شبکه به‌گونه‌ای صورت می‌پذیرد که تمام محدودیت‌های حاکم بر شبکه‌های آبیاری، یعنی محدودیت‌های سرعت مجاز در لوله‌ها و فشار مجاز در گره‌ها رعایت شود.

۳- مدل نوشته‌شده از لحاظ کاربردی و در مقیاس بزرگ نیز مورد بررسی قرار گرفت. به همین منظور از شبکه آبیاری اسماعیل‌آباد واقع در استان لرستان به‌عنوان یک نمونه واقعی استفاده شد. با مقایسه طراحی شبکه به‌صورت تجربی و طراحی بهینه مشاهده شد که اختلاف قابل‌توجهی بین قطرهای به‌دست آمده وجود دارد و روش ارائه شده توانسته است هزینه خرید لوله‌ها را با در نظر گرفتن دو محدودیت سرعت و فشار ۱۱/۵ درصد کاهش دهد.

منابع

1.Alborzi, M. 2009. Genetic algorithm. Sanati Sharif University Press, 175p. (In Persian)

2.Dandy, G., and Hassanli, A. 1996. Optimum design and operation of multiple subunit drip irrigation systems, J. Irrig. Drain. Engin. 122: 5. 262-275.

3.Dehghani, A., Ghodsian, M., Montazer, G.A., and NasiriSaleh, F. 2006. Cross-section optimization of concrete gravity dams by using genetic algorithms and artificial neural network, Iran. J. Modares Univ. 2: 23-33. (In Persian)

4.Farmani, R., and Abadia, R. 2007. Optimum design and management of pressurized branched irrigation network, Iran. J. Irrig. Drain. Engin. 133: 6. 528-537. (In Persian)

5.Gen, M., and Cheng, R. 1997. Genetic algorithms and engineering design, John Weily and Sons INC.

6.Gholami, M., Rhnama, M., and Ebrahimi, H. 2007. Optimizing of water distribution irrigation and drainage network using genetic algorithm (case study irrigation and drainage network in Fars Doroodzan), First Regional Water Conference, Behbahan Islamic Azad University. (In Persian)

7.Harrouni, K., Ouazar, D., and Walters, A. 1996. Ground water optimization and parameter estimation by genetic algorithm and dual reciprocity boundary element method, J. Engin. Anal. Bound. Elem. 18: 4. 287-296.

www.SID.ir

Archive of SID

8.Haupt, R., and Haupt, S. 1998. Practical genetic algorithm, John Weily and Sons INC. Publication. Press, 251p.
9.Jhanshahi, P., Rhnama, M., Amini, A., and Ebrahimi, H. 2007. Optimize the operation of the irrigation network using genetic algorithms (Case study: Jiroft dam downstream irrigation network), Ninth Seminar of Irrigation and Reduce Evaporation, Bahonar University. (In Persian)
10.Kyafr, H., Sanikhani, H., Sdrdini, A., and Nazmi, A. 2011. Optimization of water allocation by using genetic algorithm, Fourth Conference Iran Water Resources management, Amirkabir University. (In Persian)
11.Mosavian, A., Sharifi, M., and Rajabi, H. 2009. Application of metaheuristic in the water distribution network optimization, Eighth International Congress of Civil Engineering, Shiraz University. (In Persian)
12.Ragabpor, R. 2013. Optimization of energy cost for water in the system using a genetic algorithm, Iran. J. Selected Topics in Energy, Yasouj University. (In Persian)
13.Shahinejad, B. 2011. Optimal design of irrigation networks using mixed integer linear programming. Ph.D. Thesis, Chamran University. (In Persian)
14.Zohraei, B. 2008. Genetic algorithm and engineering optimization. Gutenberg Publishing House of Tehran. Press, 300p. (In Persian)

www.SID.ir

Archive of SID

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 25(4), 2018
http://jwsc.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jwsc.2018.14361.2910

Optimization of pressurized irrigation network pipe diameters using genetic algorithm based on integer numeric (Case study: Ismail Abad network in Lorestan)

***R. Ghobadian[1], A. Hazeri[2] and S.E. Fatemi[3]**
[1]Associate Prof., Dept. of Water Engineering, Razi University of Kermanshah,
[2]M.Sc. Graduate, Dept. of Water Engineering, Razi University of Kermanshah,
[3]Assistant Prof., Dept. of Water Engineering, Razi University of Kermanshah
Received: 02.09.2017; Accepted: 07.01.2018

Abstract

Background and Objectives: Nowadays, human societies spend a lot of money to maximize profits and minimize their costs. The issue of selecting the best arrangement for the pipe diameters and the optimal pumping head of pressurized irrigating network so that minimize total cost while meeting all restriction of network, has received considerable attention by the engineers during past years and is an important issue of hydraulic research. To date, many researches have been done in the field of optimization of pressurized irrigation system to reduce the cost of this infrastructure. In this research optimization of pressurized irrigation system is often done by using available commercial codes or toolbox's of conventional evolutionary algorithms integrated with hydraulic models. In this research, a Visual Basic language optimization code has been developed based on genetic search for integer numbers, in which the optimal design of pressurized irrigation systems with branching layout is done by taking into account the velocity and pressure constrains.

Materials and Methods: In developed code that is based on genetic algorithm optimization method an integer numeric is assigned to each available diameter. Then, to determine the optimal diameter of network pipes, by applying the cross-over, mutation and reinsertion with elitism approach on set of chromosomes an integer numeric for each pipe is selected. The output of the model contains the optimal diameter and minimum cost of the irrigation network. Calibration and verification of the model was accomplished by comparing the model result with analytical solutions of several nonlinear problems included different constrains. Finally, we have used of the proposed model for optimal design of Ismail Abad irrigation network in Lorestan province.

Results: The results showed that in comparison with existing conditions, optimized design by the present model could reduce cost of implementation of pipelines of Ismail Abad irrigation network from 825935.28$ to 730958.37$. In addition, in manual design, the pressure head at the beginning of the system was 140 meters and in optimization mode was 13.08 meters, which is approximately the same, in other words, the cost of the pumping station in both methods is almost equal. Also, by comparing the network in existing conditions and the optimized network using a genetic search of integers, there is a significant difference between the obtained diameters. In such a way that of the 16 pipes in the network, there were 10 pipes with decreasing in diameter and 3 pipes with increasing in diameter.

* Corresponding Author; Email: rsghobadian@gmail.com

www.SID.ir

Archi of SID

Conclusion: The present model has the ability to solve various optimizations linear and nonlinear problems included different constraints and the results of the model are completely equal to analytical solution results. The results were shown that the use of developed optimization model could reduce 11.5% cost of implementation of Ismail Abad pipelines.

Keywords: Genetic algorithm, Integer numeric, Ismail Abad Lorestan, Optimization, Sprinkler irrigation

www.SID.ir