طراحی بهینه شبکه‌های آبیاری با استفاده از الگوریتم فراکاوشی DMPSO

حسن گلیج[۱]، حسن ترابی پوده[۲]

مقاله برگرفته از پروژه درسی دوره دکترا

چکیده

شبکه‌های آبرسانی زیر ساخت‌هایی هستند که با توجه به هزینه‌های زیاد ساخت و نگهداری، مورد توجه محققین قرار گرفته‌اند. از این رو کمینه‌سازی هزینه شبکه‌های آبرسانی هدف بسیاری از پژوهشگران می‌باشد؛ بطوریکه شرایط حداقل فشار و حداکثر سرعت برآورده شود. در این پژوهش الگوریتم DMPSO بر پایه اصلاح و جهش در الگوریتم PSO پیشنهاد شد. حل بهینه برای شبکه آبرسانی اسماعیل‌آباد که شامل ۱۶ لوله و ۱۷ گره است، توسط الگوریتم پیشنهادی DMPSO بررسی شده است. نتایج عددی نشان داده است، که الگوریتم پیشنهادی در مقایسه با دیگر الگوریتم‌ها به روش تحلیلی نزدیکتر می‌باشد. نتایج تحلیل هیدرولیکی با اتصال پویا بین دو نرم‌افزار MATLAB و EPANET ارزیابی شده‌اند. حل بهینه به‌دست آمده برای شبکه آبیاری اسماعیل آباد توسط الگوریتم فراکاوشی DMPSO با روش تجربی مقایسه شده است و مشخص شده است که الگوریتم فراکاوشی به اندازه‌ی ۱۰/۶۸ درصد نسبت به روش تجربی هزینه کل را کاهش داده است. علاوه بر این روش پیشنهادی خیلی ساده و نسبتا دقیق‌تر می-باشد.

واژه‌های کلیدی: شبکه‌های آبرسانی، بهینه‌سازی، الگوریتم فراکاوشی، شبکه لوله‌ها.

۱- دانشجو دکتری سازه های آبی، دانشکده کشاورزی, دانشگاه لرستان، محل سکونت: مازندران، تنکابن، خیابان انقلاب، کوچه شهید فرجی، پلاک ۱۰۳، تلفن تماس: ۰۹۱۱۶۷۸۲۵۵۸، پست الکترونیکی: hassan_goleij37@yahoo.com

۲ - استادیار گروه سازه های آبی، دانشکده کشاورزی, دانشگاه لرستان، خرم آباد، لرستان, تلفن تماس: ۰۹۱۳۲۲۰۵۱۶۹، پست الکترونیکی: torabi1976@gmail.com. (نویسنده مسئول)

مقدمه

شبکه‌های توزیع آب به چهار دسته شبکه سریال، شبکه شاخه‌ای، شبکه حلقوی و شبکه مرکب تقسیم می‌شوند که شامل لوله‌ها، مخازن، شیرها و پمپ‌ها می باشند. در شبکه سریال و شاخه‌ای فقط یک مسیر انتقال آب از یک گره چشمه تا یک گره خاص وجود دارد. در صورت نیاز تعمیر یا تعویض لوله‌ای، جریان به آن قطع شود، تمام گره‌های مصرف در پایین‌دست آن لوله به طور کامل ارتباطشان با گره چشمه قطع خواهد شد. شبکه‌های سریال و شاخه‌ای برای آبرسانی صنعتی، آبیاری بارانی و توزیع آب در اجتماعات کوچک و روستاها کاربرد دارد. به‌منظور طراحی شبکه شاخه‌ای تحت فشار توزیع آب ترکیب قطر لوله‌ها و فشار مناسب بسیاری، امکان پذیر می باشد. به علت آن که فشار و سرعت درون شبکه آبرسانی دارای محدودیت است و به منظور پایین آوردن هزینه تعیین قطر مناسب دارای اهمیت می‌باشد.

برای طراحی بهینه شبکه‌های توزیع آب روش‌های مختلفی توسط محققین پیشنهاد شده است. Mays and Tung (1992) برای طراحی بهینه شبکه‌های توزیع آب روش برنامه‌ریزی خطی را پیشنهاد دادند. Dandy and Hassanli (1996) روش غیر خطی را برای کمینه کردن هزینه پیشنهاد دادند. Hassanli and Dandy (2005) الگوریتم ژنتیک را در طراحی هیدرولیکی و ترتیب بهینه برای شبکه‌های توزیع آب پیشنهاد دادند. یکی از اهداف کار آنها اتصال بهینه گره‌های تقاضا و گره چشمه(منبع)، قطر بهینه لوله‌ها و ظرفیت پمپ مناسب بوده است. Afshar and Mari (2006) الگوریتم مورچه‌ها را برای طراحی بهینه شبکه انتخاب کردند. از دو فرمول متفاوت برای آرایش یک شبکه شاخه‌ای استفاده کردند. محمدی اقدم و همکاران (۱۳۹۵) از الگوریتم بهینه‌سازی گروه ذرات دینامیکی جهشی برای طراحی شبکه‌های توزیع آب استفاده کردند. مقدم و همکاران (۱۳۹۵) با کاربرد همزمان الگوریتم های GA، SMPSO و HGAPSO به بهره برداری بهینه از مخازن سدها پرداختند. نور و فصلی (۱۳۹۶) با مقایسه الگوریتم ازدحام ذرات و الگوریتم ژنتیک به واسنجی پارامتر ضریب ذخیره آب نمود واحد لحظه ای کلارک پرداختند.

Samani and Motaghi (2006) از برنامه ریزی خطی عدد صحیح برای بدست آوردن قطر لوله و ارتفاع مخزن مطلوب در شبکه‌ها استفاده کردند. Farmani et al.(2007) یک الگوریتم جدید ژنتیکی مبتنی بر دانش برای به دست آوردن قطر لوله مطلوب و توزیع شیر درنوبت برای تولید کمترین هزینه طراحی شبکه‌های شاخه‌ای توسعه دادند. Cisty and Bajtek (2009) یک ترکیبی بین الگوریتم ژنتیک و برنامه‌ریزی خطی برای تخمین کمترین هزینه طراحی سیستم توزیع آب مطرح کردند. Cebollada et al.(2009) یک روش بهینه‌یابی کاوشی برای طراحی شبکه‌های آبیاری شاخه‌ای تحت فشار ارائه دادند. این روش که به طراحی بازگشتی معرفی شد و با استفاده از روش حل مساله شناخته شده بود با دانستن هد پیزومتریک انتقال یافته به عنوان روشی برای ردیابی پیش‌رو ارائه شد. Dercas and Valiantzas (2011) دو روش طراحی بهینه گسسته برای سیستم‌های انتقال آب ساده ارائه دادند. در روش اول، یک معادله ساده که به‌صورت گسسته مقادیر بحرانی دبی‌های مربوط به قطر لوله‌ها را محاسبه می‌کند. روش دوم محاسبه قطر اقتصادی مطلوب برای هر خط لوله از شبکه می‌باشد.

برای بدست آوردن بهترین قطر لوله در روش‌های قطعی به زمان و حافظه زیادی نیاز می‌باشد، به همین دلیل در این مقاله از الگوریتم فراکاوشی بهبود و جهش یافته ازدحام ذرات و یک مدل برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح مختلط که توسط ShahiNejad et al.(2012) انجام شد برای بدست آوردن قطر بهینه استفاده گردید. الگوریتم پیشنهادی با حداقل زمان و حافظه، جواب بسیار خوبی می‌دهد. در این مقاله، برای محاسبه اتلاف هد شبکه براساس پیوستگی گره‌ها و معادله هیزن ویلیامز تجزیه و تحلیل هیدرولیکی انجام شده است.

الگوریتم PSO

الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات، یک الگوریتم فراکاوشی است که از حرکت گروهی پرندگان و دیگر حیواناتی که به صورت گروهی زندگی می‌کنند الگو گرفته شده است. با رعایت قوانین حاکم بر مجموعه، گروه پرندگان و ماهیان قادرند به حرکت خود به سمت لانه و غذا بدون اینکه خللی در حرکت دیگر اعضا رخ دهد بهترین مسیر را به سمت مقصد مورد نظر انتخاب نمایند. این الگوریتم اولین بار توسط راسل ابرهارت و جیمز کندی در سال ۱۹۹۵ معرفی شد. این الگوریتم نیز همانند الگوریتم‌های جمعیتی، با جمعیت تصادفی شروع به کار می‌کند. بردار حرکت هر ذره در هر تکرار تحت تأثیر بهترین موقعیتی که ذره تاکنون به آن رسیده است و بهترین موقعیتی که بهترین موقعیتی که عضو مجموعه تاکنون به آن رسیده است، می‌باشد. در نهایت سرعت محاسبه شده برایندی از سرعت حرکت ذره و فاصله هر ذره نسبت به بهترین نقطه‌ای که خود تجربه کرده و بهترین نقطه‌ای که گروه تجربه کرده است، می‌باشد. شی و ابرهارت برای کاهش سرعت در طول زمان، وزن اینرسی (ω) را به معادله اضافه کرد.

$$x_j^i = x_j^{i-1} + v_j^i \quad (۱)$$

$$v_j^i=\omega*v_j^{i-1}+c_1*rand*[P_{best_i}-x_j^{i-1}]+c_2*rand*[G_{best}-x_j^{i-1}] \quad (۲)$$

$$\omega = \omega_{max} - (\omega_{max} - \omega_{min}) * i/finaliter \quad (۳)$$

که x موقعیت ذره، v سرعت ذره، j شماره ذره، i شماره تکرار، finaliter حداکثر تکرار می‌باشد.

الگوریتم DMPSO

این الگوریتم پیشنهادی (Developed and Mutated Particle Swarm Optimization) برای توسعه و بهبود الگوریتم PSO بسیار مؤثر واقع شده است. در این الگوریتم ضریب اینرسی ضربدر برآیند بردارها می‌شود و در هر تکرار به صورت رندوم یک سری از متغیرها جهش داده می‌شود.

$$v_j^i=\omega*(c_1*rand*v_j^{i-1}+c_2*rand*[P_{best_i}-x_j^{i-1}]+c_3*rand*[G_{best}-x_j^{i-1}]) \quad (٤)$$

تابع هدف

هزینه کل سالانه سیستم شبکه آبیاری تحت فشار از رابطه زیر بدست می‌آید:

(٥)

$$f(D_i)=\sum_{i=1}^{NP}(L_i.CP_i.CRF)+\sum_{I=1}^{NPU}(Cpu_I.CRF)+C_{en}.H_{PI}$$

که L طول لوله، CP قیمت طول واحد، Cpu قیمت پمپ، C_{en} قیمت انرژی سالانه برای هر واحد، H_{PI} بار کل دینامیکی پمپ است.تعداد لوله برابر NP و تعداد پمپ در شبکه برابر NPU می‌باشد.

$$C_{en} = \frac{C_{fu}.Q_s.O_t.EAE}{102\,\eta_e} \quad (٦)$$

که C_{fu} قیمت سوخت، O_t . تعداد ساعات بهره‌برداری سیستم در سال، EAE ضریب عامل افزایش انرژی سالانه، η_e راندمان کل پمپ است.

$$EAE = \frac{(1+e)^y-(1+r)^y}{(1+e)-(1+r)}\left[\frac{r}{(1+r)^y-1}\right] \quad (٧)$$

که e نرخ افزایش انرژی سالانه، r نرخ بهره سالانه، y طول عمر طراحی می‌باشد.

$$CRF = \frac{r(1+r)^y}{(1+r)^y-1} \quad (٨)$$

$$Cpu_I = P_I.K \quad (٩)$$

که P توان پمپ، K هزینه ایستگاه پمپ

(۱۰)

$$f(D_i)=\sum_{i=1}^{NP}\sum_{j=1}^{ND}\left(L_i.CP_{i,j}.CRF.X_{i,j}\right)+\sum_{I=1}^{NPU}(Cpu_I.CRF)+C_{en}.H_{PI}$$

که ND تعداد قطر لوله تجاری در دسترس است.

محدودیت‌های این روش شامل سرعت جریان، فشار نقاط(گره‌ها) که باید در محدوده بالا و پایین قرار گیرد.

$$V_i \le V_{max} \quad (۱۱)$$

$$V_i \ge V_{min} \quad (۱۲)$$

که V_{max} و V_{min} به ترتیب حداکثر و حداقل سرعت مجاز در لوله‌ها می باشند.

$$\sum_{j=1}^{ND} \frac{Q_i}{\frac{\pi}{2}D_j^2} X_{i,j} \leq V_{max} \quad (۱۳)$$

$$\sum_{j=1}^{ND} \frac{Q_i}{\frac{\pi}{2}D_j^2} X_{i,j} \geq V_{min} \quad (۱۴)$$

به منظور تعریف محدودیت‌های فشار باید یک گره مرجع انتخاب شود. گره مرجع R به عنوان گره ورودی انتخاب شده است. با اعمال معادله انرژی بین گره مرجع و گره مورد نظر.

$$\frac{P_n}{\gamma} = H_p - \Delta Z_{(R-n)} - h_{f(R-n)} \quad (۱۵)$$

که $\frac{P_n}{\gamma}$ هد فشار در گره n ، ΔZ اختلاف ارتفاع بین گره مرجع و گره مورد نظر، H_p هد گره مرجع، $h_{f(R-n)}$ ضریب افت هد لوله بین گره مرجع و گره n+1 ، می‌باشد. به‌طور مشابه، معادله انرژی بین تمام گره‌های پی‌درپی $n+m$ و $n+m+1$ با شروع از گره n را می‌توان معرفی کرد.

$$\frac{P_{n+m}}{\gamma} + Z_{n+m} - h_{f(n+m-n+m+1)} - \frac{P_{n+m+1}}{\gamma} - Z_{n+m+1} = 0 \quad (۱۶)$$

$$P_n \leq P_{max} \quad (۱۷)$$

$$P_n \geq P_{min} \quad (۱۸)$$

که P_{max} و P_{min} به ترتیب حداکثر و حداقل فشار مورد نیاز در گره‌ها می‌باشد.

ضریب اصطکاک هیزن و ویلیامز برای همه لوله‌ها برابر۱۳۰ در نظر گرفته شد. حداقل هد فشار مورد نیاز در ورودی هر خط

$$\frac{P_n}{\gamma} = H_p - \Delta Z_{(R-n)} - \sum_{j=1}^{ND} h_{f_{i,j}(R-n)} X_{i,j} \quad (۱۹)$$

$$\frac{P_{n+m}}{\gamma} + Z_{n+m} - \sum_{j=1}^{ND} h_{f_{i,j}(n-m-n+m+1)} . X_{i,j} - \frac{P_{n+m}}{\gamma} - Z_{n+m+1} = 0 \quad (۲۰)$$

$$\sum_{i=1}^{NP} \sum_{j=1}^{ND} \left(h_{f_{i,j}} . X_{i,j} \right) \pm \sum_{i=1}^{NP} (L_i . S_i) \leq \Delta H \quad (۲۱)$$

ارزیابی لگوریتم DMPSO

برای نشان دادن قابلیت‌های الگوریتم از آن برای حل مسائل طرح‌هایی که توسط دیگر محققان حل شد مورد استفاده قرار گرفت و نتایج آن با بعقیه مقایسه گردید.

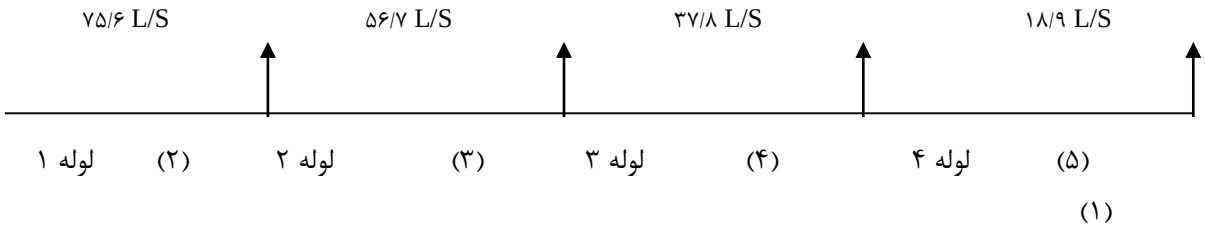
مورد اول: یک مسئله طرح از آبیاری بارانی که در آغاز کار به وسیله Valiantzas (2003) حل شد و متعاقب آن در سال ۲۰۰۸ توسط راویندار به روش های مختلف بررسی و حل گردید برای ارزیابی این الگوریتم مورد استفاده قرار گرفت. نقشه سیستم آب‌پاش خطوط لوله شامل چهار لوله جانبی که بر روی سطح زمین قرار گرفته‌اند. داده‌های سیستم شبکه به صورت زیر می‌باشد:

طول کل خط لوله ۶۱۰ متر، فاصله لترال ها ۱۵۲/۵ متر، مقدار جریان جانبی از لترال ۱۸/۹ لیتر بر ثانیه و دبی پمپ ۷۵/۶ لیتر بر ثانیه می‌باشد. قطر لوله‌های موجود و هزینه‌های آن‌ها در واحد متر در جدول (۱) نشان داده شده است.

جدول ۱- قطر لوله‌های موجود و هزینه‌های آن‌ها در واحد متر در زیر شاخه اصلی آبیاری بارانی

قطر داخلی(میلی متر)	۱۲۴/۶	۱۴۹/۵	۱۹۹/۵	۲۴۹/۴	۳۰۰/۱۴
هزینه اولیه ($)	۴/۹۲	۶/۵۶	۸/۲۰	۹/۸۴	۱۱/۴۸

لترال آبیاری بارانی ۳۵/۲ متر لحاظ شد و تغییرات هد فشار قابل قبول در زیر شاخه اصلی ۵/۲۸ متر فرض شده است .



شکل ۱- نقشه زیر شاخ اصلی سیستم بارانی

فاکتورهای اقتصادی در جدول (۲) نشان داده شده است:

جدول۲- فاکتورهای اقتصادی

$(hr)O_t$	r	Y(yr)	C_{fu} ($/kwh)	e	μe
۱۰۰۰	۰/۲	۱۵	۰/۰۹۴	۰/۰۹	۰/۷۵

C_{en}=۱۳۷/۹۲($/m) ،EAE=۱/٤۸۵ ،CRF=۰/۲۱٤

نتایج به دست آمده توسط الگوریتم DMPSO در جدول(۳) ارائه شده است.

جدول ۳- طرح بهینه خط زیرشاخه اصلی بارانی به دست آمده توسط الگوریتم DMPSO

شماره لوله	L(m)	Q(l/s)	D_{opt}	V(m/s)	هد فشار ورودی(متر)	هد فشار خروجی(متر)
۱	۱۵۲/۵	۷۵/۶	۳۰۰/۱۴	۱/۰۷	۳۶/۸۳	۳۶/۲۵
۲	۱۵۲/۵	۵۶/۷	۳۰۰/۱۴	۰/۸	۳۶/۲۵	۳۵/۹۱
۳	۱۵۲/۵	۳۷/۸	۲۴۹/۴	۰/۷۷	۳۵/۹۱	۳۵/۵۲
۴	۱۵۲/۵	۱۸/۹	۱۹۹/۵	۰/۶	۳۵/۵۲	۳۵/۲۰

در جدول (۴) مقایسه بین نتایج الگوریتم DMPSO با دیگر روش‌های بهینه‌سازی موجود ارائه شده است:

جدول ۴- مقایسه بین نتایج الگوریتم DMPSO با دیگر روش‌های بهینه‌سازی موجود

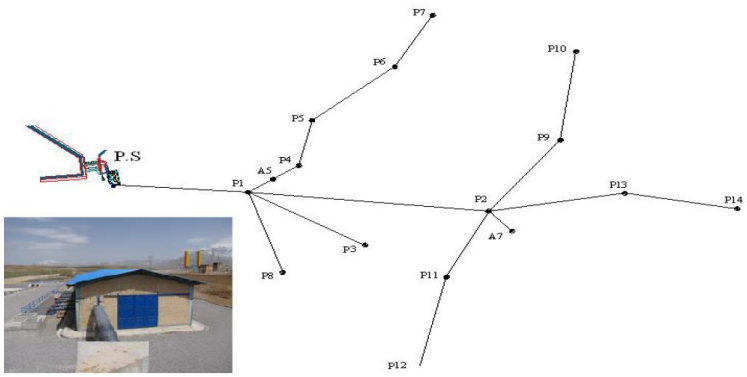
روش‌های بهینه‌سازی	هد فشار ورودی (متر)	کل هزینه سالانه ($)
الگوریتم DMPSO	۳۶/۸۳	۶۴۰۸/۲۹
مدل بهینه‌سازی LP (Ravindra et al. 2008)	۳۶/۸۵	۶۴۱۱/۰۵
روش تحلیلی (Valiantzas 2003b)	۳۶/۸۸	۶۴۱۴/۹۹

با توجه به جدول (۴) مشخص است که نتایج بدست آمده به وسیله همه روش‌ها تقریبا برابر است اما نتایج الگوریتم DMPSO از نظر طرح اقتصادی کمی بهتر می‌باشد ولی این بهتری چشمگیر نیست.

مواد و روش‌ها

شبکه آبیاری مورد مطالعه

شبکه آبیاری اسماعیل‌آباد، ۷ کیلومتری شمال غرب شهر نورآباد در استان لرستان واقع شده است. مساحت پروژه انجام شده ۱۰۰۰ هکتار می باشد. شکل (۲) نقشه شماتیک شبکه آبیاری اسماعیل‌آباد را نشان می‌دهد .



شکل ۲- نقشه شماتیک شبکه آبیاری اسماعیل‌آباد

دبی پمپاژ برابر با ۷۵/۶ لیتر بر ثانیه می‌باشد. مشخصات لوله‌ها در جدول (۵) داده شده است.

محدودیت فشار و سرعت

حداقل فشار مجاز برای هر گره ۵۰ متر درنظر گرفته شده است. به منظور جلوگیری از ایجاد رسوب در سرعت جریان کم و جلوگیری از ضربه قوچ در سرعت بالا، حداقل و حداکثر سرعت جریان مجاز در لوله‌ها به‌ترتیب ۰/۷ و ۲ متر بر ثانیه می باشد. در این مطالعه مقدار K برابر($/kw) ۳۰۰ بر مبنا قیمت موجود می‌باشد .

جدول ۵- مشخصات و قیمت لوله‌ها

شماره	قطر خارجی (mm)	قطر داخلی (mm)	جنس لوله	قیمت ($/m)
۱	۱۱۰	۹۳/۸	PE80	۵/۸۹۵
۲	۱۲۵	۱۰۶/۶	PE80	۷/۸۹۵
۳	۱۴۰	۱۱۹/۴	PE80	۹/۴۹۵
۴	۱۶۰	۱۳۶/۴	PE80	۱۲/۳۷۵
۵	۱۸۰	۱۵۳/۴	PE80	۱۵/۷۰۵
۶	۲۰۰	۱۷۰/۶	PE80	۱۹/۳۰۵
۷	۲۲۵	۱۹۱/۸	PE80	۲۴/۵۲۵
۸	۲۵۰	۲۱۳/۲	PE80	۳۰/۱۵۰
۹	۲۸۰	۲۳۸/۸	PE80	۳۷/۸۰۰
۱۰	۳۱۵	۲۶۸/۶	PE80	۴۷/۷۰۰
۱۱	۳۵۵	۳۰۲/۸	PE80	۶۰/۵۲۵
۱۲	۴۰۰	۳۴۱/۲	PE80	۷۶/۷۲۵
۱۳	۴۵۰	۳۸۳/۸	PE80	۹۷/۲۰۰
۱۴	۵۰۰	۴۲۶/۴	PE80	۱۰۸/۸۲۰
۱۵	۶۰۰	۶۰۰	GRP	۱۱۱/۳۲۳
۱۶	۷۰۰	۷۰۰	GRP	۱۳۷/۹۹۷
۱۷	۸۰۰	۸۰۰	GRP	۱۷۰/۶۳۳
۱۸	۹۰۰	۹۰۰	GRP	۲۰۴/۲۸۹

جدول (۶) داده‌های مربوط به خطوط اصلی و فرعی شبکه آبیاری اسماعیل‌آباد را نشان می‌دهد.

جدول ۶- داده‌های مربوط به خطوط اصلی و فرعی شبکه آبیاری اسماعیل‌آباد

لوله	شماره لوله	طول لوله (متر)	دبی (لیتر بر ثانیه)	ارتفاع ابتدایی لوله (متر)	ارتفاع انتهایی لوله (متر)	
PP	۱	۱۱۱۶	۸۵۶/۵۶	۱۷۹۱	۱۸۴۲/۰۸	1
P1	۲	۲۰۰	۲۴۴/۹۲	۱۸۴۲/۰۸	۱۸۴۷/۰۵	A5
P1	۳	۱۴۳۰	۴۲۹/۸	۱۸۴۲/۰۸	۱۸۴۷/۵۷	P2
P1	۴	۱۱۰۰	۱۲۸/۹۴	۱۸۴۲/۰۸	۱۸۵۶/۵۲	P3
P1	۵	۹۵۵	۵۲/۹	۱۸۴۲/۰۸	۱۸۳۸/۱۷	P8
A5	۶	۲۰۱	۱۹۰/۳۴	۱۸۴۷/۰۵	۱۸۴۶/۳۲	P4
P2	۷	۶۷۰	۹۸/۲۴	۱۸۴۷/۵۷	۱۸۲۱/۴۸	P9
P2	۸	۷۲۰	۱۱۹/۷۳	۱۸۴۷/۵۷	۱۸۲۶/۴۷	P13
P2	۹	۱۱۰	۴۶/۰۵	۱۸۴۷/۵۷	۱۸۴۷/۵۷	A7
P2	۱۰	۵۵۰	۱۶۵/۸	۱۸۴۷/۵۷	۱۸۵۳/۲۱	P11
P4	۱۱	۳۹۰	۱۲۸/۹۴	۱۸۴۶/۳۲	۱۸۴۱/۱۸	P5
P9	۱۲	۸۴۰	۳۳/۷۷	۱۸۲۱/۴۸	۱۸۱۴/۴۳	P10
P1	۱۳	۶۶۰	۴۹/۱۲	۱۸۲۶/۴۷	۱۸۴۷/۹۵	3P14
P1	۱۴	۷۰۰	۱۳۲	۱۸۵۳/۲۱	۱۸۶۱/۸۹	1P12
P5	۱۵	۸۰۶	۵۸/۳۳	۱۸۴۱/۱۸	۱۸۱۱/۳۲	P6
P6	۱۶	۵۷۵	۲۱/۴۹	۱۸۱۱/۳۲	۱۸۱۰/۹۴	P7

نتایج و بحث

تحلیل هیدرولیکی DMPSO

در این مقاله جهت تحلیل هیدرولیکی، از فایل تحلیل شبکه نرم‌افزار EPANET استفاده شده است که به‌طور همزمان در حین فرایند بهینه‌سازی و در هر تکرار این عملیات را انجام می‌دهد. این فایل به طور پویا با نرم‌افزار برنامه نویسی MATLAB در ارتباط است . پس از سعی و خطا در مدل الگوریتم ازدحام جمعیت برای رسیدن به کمترین مقدار هزینه شبکه آبیاری و بهینه‌کردن آن با تامین شرایط محدودیت‌های سرعت و فشار در شبکه، مقدار تکرار برابر ۶۰، تعداد جمعیت اولیه برابر ۵۰۰، پارامتر (c_1) برابر ۲/۵، پارامتر (c_2) برابر ۲، پارامتر (c_3) برابر ۰/۵ و مقادیر ماکزیمم و مینیمم ضریب لختی (w) به ترتیب برابر ۱ و ۰/۴ در نظر گرفته شدند. همچنین نرخ میزان جهش در الگوریتم DMPSO برابر ۰/۰۲ درنظر گرفته شد که بهترین مقدار برای رسیدن به شرایط بهینه می‌باشد. جدول (۷) نتایج به دست آمده توسط الگوریتم DMPSO برای شرایط بهینه طرح شبکه آبیاری را نشان می‌دهد که شامل قطر بهینه لوله‌ها، سرعت‌های بهینه‌ی در لوله، فشارها در ابتدا و انتهایی لوله‌ها و تراز هیدرولیکی در ابتدا و انتهایی لوله‌ها می‌باشد .

جدول ۷- طرح بهینه شبکه آبیاری بدست آمده توسط الگوریتم DMPSO

pipe	Q (l/s)	D_{opt}(mm)	V_{opt}(m/s)	PF(m)	PT(m)	HLF	HLT
PP1	۸۵۶/۵۶	۸۰۰	۱/۷۰	۱۳۹/۶۶	۸۵/۷۶	۱۹۳۰/۸۱	۱۹۲۷/۹۹
P1A5	۲۴۴/۹۲	۵۰۰	۱/۲۵	۸۵/۷۶	۷۹/۵۸	۱۹۲۷/۹۲	۱۹۲۶/۷۱
P1P2	۴۲۹/۸	۶۰۰	۱/۵۲	۸۵/۷۶	۷۶/۱۹	۱۹۲۷/۹۶	۱۹۲۳/۸۸
P1P3	۱۲۸/۹۴	۳۵۵	۱/۳۰	۸۵/۷۶	۶۰/۶۳	۱۹۲۷/۹۳	۱۹۱۷/۲۴
P1P8	۵۲/۹	۲۲۵	۱/۳۳	۸۵/۷۶	۷۲/۷۸	۱۹۲۷/۹۳	۱۹۱۱/۵۸
A5P4	۱۹۰/۳۴	۴۵۰	۱/۲۰	۷۹/۵۸	۷۹/۰۴	۱۹۲۶/۷۰	۱۹۲۵/۴۳
P2P9	۹۸/۲۴	۳۱۵	۱/۲۶	۷۶/۱۹	۹۵/۲۴	۱۹۲۳/۸۴	۱۹۱۶/۸۰
P2P13	۱۱۹/۷۳	۳۵۵	۱/۲۱	۷۶/۱۹	۹۱/۱۹	۱۹۲۳/۸۳	۱۹۱۷/۷۳
P2A7	۴۶/۰۵	۲۲۵	۱/۱۶	۷۶/۱۹	۷۴/۴۹	۱۹۲۳/۸۳	۱۹۲۲/۱۳
P2P11	۱۶۵/۸	۴۵۰	۱/۰۴	۷۶/۱۹	۶۵/۷۸	۱۹۲۲/۸۲	۱۹۱۹/۰۵
P4P5	۱۲۸/۹۴	۳۵۵	۱/۳۰	۷۹/۰۴	۸۰/۳۹	۱۹۲۵/۴۵	۱۹۲۱/۶۶
P9P10	۳۳/۷۷	۱۸۰	۱/۳۳	۹۵/۲۴	۸۳/۷۷	۱۹۱۶/۸۱	۱۸۹۸/۲۹
P13P14	۴۹/۱۲	۲۲۵	۱/۲۴	۹۱/۱۹	۵۹/۸۶	۱۹۱۷/۷۴	۱۹۰۷/۸۹
P11P12	۱۳۲	۳۵۵	۱/۳۳	۶۵/۷۸	۵۰	۱۹۱۹/۰۸	۱۹۱۱/۹۸
P5P6	۵۸/۳۳	۲۵۰	۱/۱۹	۸۰/۳۹	۱۰۰/۳۵	۱۹۲۱/۶۴	۱۹۱۱/۷۴
P6P7	۲۱/۴۹	۱۴۰	۱/۴۰	۱۰۰/۳۵	۸۲	۱۹۱۱/۷۷	۱۸۹۳/۰۴

HL_F و HL_T در جدول (۷) به ترتیب تراز هیدرولیکی در ابتدا و انتهایی لوله‌ها می‌باشند. همچنین هزینه مربوط به هر لوله با توجه به قطر بدست آمده به طور جداگانه در جدول (۸) آمده است که با جمع کردن هزینه‌ی کل لوله‌ها هزینه مربوط به شبکه حاصل می‌گردد .

جدول ۸ - هزینه مربوط به هر لوله با توجه به قطر بدست آمده

لوله	قطر بهینه (میلی متر)	هزینه هر لوله با توجه به قطر (دلار بر متر)	هزینه لوله (دلار)
PP1	۸۰۰	۱۷۰/۶۳۳	۱۹۰۴۲۶/۴۳
P1A	۵۰۰	۱۰۸/۸۲	۲۱۷۶۴/۰۰
P1P2	۶۰۰	۱۱۱/۳۲۳	۱۵۹۱۹۱/۸۹
P1P3	۳۵۵	۶۰/۵۲۵	۶۶۵۷۷/۵۰
P1P8	۲۲۵	۲۴/۵۲۵	۲۳۴۲۱/۳۸
A5P	۴۵۰	۹۷/۲	۱۹۵۳۷/۲۰
P2P9	۳۱۵	۴۷/۷	۳۱۹۵۹/۰۰
P2P1	۳۵۵	۶۰/۵۲۵	۴۳۵۷۸/۰۰
P2A	۲۲۵	۲۴/۵۲۵	۲۶۹۷/۷۵
P2P1	۴۵۰	۹۷/۲	۵۳۴۶۰/۰۰
P4P5	۳۵۵	۶۰/۵۲۵	۲۳۶۰۴/۷۵
P9P1	۱۸۰	۱۵/۷۰۵	۱۳۱۹۲/۲۰
P13P	۲۲۵	۲۴/۵۲۵	۱۶۱۸۶/۵۰
P11P	۳۵۵	۶۰/۵۲۵	۴۲۳۶۷/۵۰
P5P6	۲۵۰	۳۰/۱۵	۲۴۳۰۰/۹۰
P6P7	۱۴۰	۹/۴۹۵	۵۴۵۹/۶۳
هزینه کل شبکه =			**۷۳۷۷۲۴/۶۲**

هد فشار ورودی و هزینه کل شبکه توسط الگوریتم DMPSO و روش تجربی در جدول (۹) نشان داده شده است:

جدول ۹- هد فشار ورودی و هزینه کل شبکه توسط الگوریتم DMPSO و روش تجربی

هزینه کل (دلار)	هد فشار ورودی (متر)	روش طراحی
62/737724	66/139	الگوریتم DMPSO
۸۲۵۹۳۵/۲۸	۱۴۰	روش تجربی

با توجه به جدول (۹) مشخص است که الگوریتم DMPSO نسبت به روش تجربی هزینه شبکه آبیاری را کاهش داده است که این کاهش برابر ۱۰/۶۸ درصد می‌باشد بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که از الگوریتم DMPSO به عنوان یک روش بهینه‌سازی قابل اعتماد در طراحی‌ها بهره جست.

نتیجه‌گیری

روش‌های بهینه‌سازی با استفاده از برنامه‌ریزی غیرخطی برای طراحی سیستم‌های تحت فشار خیلی

معمول می‌باشد اما در این مطالعه از الگوریتم فراکاوشی DMPSO برای طراحی بهینه شبکه آبیاری تحت فشار استفاده گردید. در این الگوریتم همه محدودیت‌ها طراحی از قبیل اندازه لوله‌ها از نظر تجاری، سرعت در لوله‌ها و فشار در گره‌ها در نظر گرفته شد. قابلیت و انعطاف‌پذیری الگوریتم فراکاوشی DMPSO در پیداکردن حل بهینه شبکه با استفاده از یک مورد مطالعه ارزیابی شد که نتایج به دست آمده توسط این الگوریتم با دیگر محققین نشان داد که الگوریتم فراکاوشی DMPSO دارای عملکرد و کاربرپذیری خوبی می‌باشد.حل بهینه به‌دست آمده برای شبکه آبیاری اسماعیل آباد توسط الگوریتم فراکاوشی DMPSO با روش تجربی مقایسه شد و مشخص شد که الگوریتم فراکاوشی به مقدار ۱۰/۶۸ درصد نسبت به روش تجربی هزینه کل را کاهش داد. علاوه بر این روش پیشنهادی خیلی ساده، نسبتا دقیق می‌باشد.

منابع

محمدی اقدم، ک.، ا. میرزایی، ن. پورمحمود و م. پورمحمود آقابابا. ۱۳۹۵. الگوریتم بهینه‌سازی گروه ذرات دینامیکی جهشی برای طراحی شبکه‌های توزیع آب. مجله آب و فاضلاب، دوره ۲۶، شماره ۶، صفحه ۹۳-۸۸.

مقدم، ع.، م. منتصری و ح. رضایی. ۱۳۹۵. کاربرد الگوریتم های GA، SMPSO و HGAPSO در بهره برداری بهینه از مخازن سدها. نشریه آب و خاک، دوره ۳۰، شماره ۴، صفحه ۱۱۱۳-۱۱۰۲.

نور، ح. و س. فضلی. ۱۳۹۶. مقایسه الگوریتم ازدحام ذرات و الگوریتم ژنتیک در واسنجی پارامتر ضریب ذخیره آب نمود واحد لحظه ای کلارک. مجله آبیاری و زهکشی ایران، دوره ۱۱، شماره ۲، صفحه ۲۳۹-۲۲۹.

Mays, L. W., and Tung, Y. K. (1992). Hydrosystems engineering and management, McGraw-Hill, Singapore, 368-372.

Dandy, G. C., and Hassanli, A. M.(1996). Optimum design and operation of multiple subunit drip irrigation systems. J. Irrig. Drain. ENG., Vol.122, No. 5, PP: 262-275.

Hassanli, A. M., and Dandy, G. C. (2005). Optimal layout and hydraulic design of branched networks using genetic algorithms. Appl. Eng. Agric., 21(1), P55-62.

Afshar, M.H. and Mari, M.A. (2006). Application of an ant algorithm for layout optimization of tree networks, Engineering Optimization, Vol.38, Iss.3, P353-369.

Samani, H.M.V., and Motaghi, A. (2006). Optimization of Water Distribution Network Using Integer Linear Programming. Journal of Hydraulic Engineering, Vol. 132,No.5, PP:501-509.

Farmani, R., Abadia, R., and Savic, D. (2007). Optimal Design of Pressurized Irrigation Subunit, Journal of Irrigation and Drainage Engineering, Vol. 134, No. P137_146.

Cisty, M., and Bajtek, Z. (2009). Hybrid Method for Optimal Design of Water Distribution System, International Symposium on Water Management and Hydraulic Engineering Ohrid/Macedonia, 1-5 September 2009, Paper: A84.

Cebollada, C. G., Macarulla, B., and Sallan, D. (2011). Recursive Design of Pressurized Branched Irrigation Networks, Journal of Irrigation Drainage Eng. Vol. 137.

Dercas, N., and Valiantzas, J. (2011). Two Explicit Optimum Design Methods for a Simple Irrigation Delivery System: Comparative Application. Irrigation and Drainage.

ShahiNejad, B., Samani, H.M.V., and Mosavi Jahromi. H. (2012). Optimal design of irrigation networks using mixed integer linear programming.

Valiantzas, J. D.(2003). Inlet pressure, energy cost and economic design of tapered irrigation submains. J. Irrig. Drain. Eng., Vol.129,No.2,PP:100-107

Optimized Designing of Irrigation Networks Using Meta-heuristic DMPSO Algorithm

Hassan Goleij[1], Hassan Torabi podeh[2]

Abstract

Irrigation networks are the infrastructures in which researchers have shown an increased interest due to the huge costs of the construction and maintenance. In this sense, minimizing the costs of irrigation networks is the objective of many researchers in such a way that the conditions of minimum pressure and maximum speed are satisfied. In this study, DMPSO algorithm based on modification and mutation in PSO algorithm is proposed. Applying the proposed DMPSO algorithm, the optimum solution for the irrigation network of "Esmaeelabad" including 16 pipes and 17 nodes is explored deeply. The numeric results of hydraulic analysis were evaluated by creating a dynamic connection between MATLAB and EPANET. Using DMPSO meta-heuristic algorithm, the obtained optimum solution for the irrigation network of Esmaeelabad was compared with experimental method. It was shown that meta-heuristic algorithm reduced the total cost for 10.68% related to the experimental method and, furthermore, this proposed method is simple but more relatively accurate.

Keywords: Irrigation Networks, Optimization, Meta-heuristic Algorithm, Pipes Network.

1- Ph.D. Student In Water Structure of Lorestan University, Khorramabad, Iran, Email: hassan_goleij37@yahoo.com.

2- Assistant Professor Water Structure of Lorestan University, Khorramabad, Iran, Email: torabi1976@gmail.com. (corresponding author)