مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیستم، شماره دوم، ۱۳۹۲
http://jwsc.gau.ac.ir

کاربرد الگوریتم جامعه مورچگان در بهینه‌سازی توزیع آب (مطالعه موردی: کانال MC شبکه آبیاری البرز)

ساحله کاکویی[۱] و *علیرضا عمادی[۲]

[۱]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه سازه‌های آبی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری،
[۲]استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

تاریخ دریافت: ۹۰/۱۲/٦ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۱/٤/۱۹

چکیده

با توجه به محدودیت منابع آب و رقابتی که بخش‌های مختلف در مصرف آب با بخش کشاورزی دارند، مدیریت شبکه‌های آبیاری ضروری به‌نظر می‌رسد. از اساسی‌ترین موضوع‌ها برای افزایش بهره‌وری مصرف آب در کانال‌های آبیاری، توزیع بهینه آب می‌باشد. در این پژوهش از روش بهینه‌سازی جامعه مورچگان به‌منظور بهینه‌سازی توزیع آب استفاده شده است. بر این اساس برنامه توزیع آب در سه گزینه متفاوت در کانال اصلی (MC) شبکه آبیاری البرز تهیه شد. در گزینه اول تابع هدف کاهش دبی موردنیاز شبکه می‌باشد. گزینه دوم شامل حداقل‌سازی دبی مورد نیاز شبکه، اختلاف حجم آب مورد نیاز و حجم آب تحویلی و تعداد تنظیمات دریچه سراب است. گزینه سوم مانند گزینه دوم می‌باشد با این تفاوت که به‌جای تعداد تنظیمات دریچه سراب، زمان مازاد قرار می‌گیرد. در هر سه گزینه، مدل حداکثر دبی مورد نیاز شبکه را کم‌تر از ظرفیت کنونی کانال MC به‌دست آورد. دبی مورد نیاز شبکه در گزینه‌های اول، دوم و سوم به‌ترتیب ۱۷/٤٤، ۱۸/۰۱ و ۱۷/۵۵ مترمکعب بر ثانیه به‌دست آمد. اختلاف نتایج محاسباتی و ظرفیت موجود در گزینه‌های اول، دوم و سوم به‌ترتیب ۵/۷۹، ۵/۲۱ و ۵/۷ مترمکعب بر ثانیه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: شبکه آبیاری البرز، کانال MC، بهینه‌سازی، توزیع آب، الگوریتم جامعه مورچگان

* مسئول مکاتبه: emadia355@yahoo.com

مقدمه

بهینه‌سازی ابزاری است که برای کاهش هزینه‌ها یا منابع به‌منظور افزایش بازده به‌کار گرفته می‌شود. به‌کار نگرفتن یک روش بهینه‌سازی قابل‌قبول و مشخص برای طراحی کانال‌های آبیاری موجب پایین بودن بازده سیستم‌های آبیاری گردیده است. در طراحی کانال‌های آبیاری تلاش می‌شود که هزینه مالی و اتلاف آب کاهش یافته و زمین‌های تحت خدمات از آب مورد نیاز برخوردار گردند (خانجانی و همکاران، ۱۹۹۸). بنابراین برای ایجاد تعادل میان عرضه و تقاضای آب با هزینه مناسب در شبکه‌های آبیاری، باید برنامه‌ریزی بهینه تحویل آب به آب‌گیرها صورت گیرد. وانگ و همکاران (۱۹۹۵) با توسعه مدل برنامه‌ریزی صفر و ۱ آن را بر روی کانال فنگ‌جیاشان در چین به‌کار بردند. برنامه بهره‌برداری از کانال در این پژوهش به‌نحوی تعیین شد که ظرفیت کانال در آن حداقل باشد. منعم و نامداریان (۲۰۰۵) مدلی برای توزیع بهینه آب با استفاده از روش بهینه‌سازی شبیه‌سازی بازپخت[1] ارایه کردند و آن را بر روی کانال AMX در شبکه آبیاری ورامین مورد آزمون قرار دادند. منعم و همکاران (۲۰۰۷) از روش بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک[2] برای توزیع بهینه آب در کانال BP14 از شبکه آبیاری فومنات استفاده کردند. متور و همکاران (۲۰۰۹) با استفاده از الگوریتم ژنتیک، برنامه بهینه توزیع آب را در کانال فنگ‌جیاشان چین ارایه دادند و نتایج کار خود را با مدل وانگ مقایسه نمودند. طول زمان بهره‌برداری در هر دو روش ۳۳٦ ساعت و حداکثر ظرفیت کانال ۱/۸ مترمکعب بر ثانیه به‌دست آمد. منعم و نوری (۲۰۱۰) از روش بهینه‌سازی PSO برای توزیع بهینه آب در کانال AMX از شبکه ورامین استفاده کردند و آن را با SA مقایسه نمودند. نتایج نشان داد که ظرفیت کانال با استفاده از روش PSO، ۳۲۰ لیتر بر ثانیه کم‌تر از روش SA به‌دست آمد.

ACO[3] به‌عنوان یک روش فراکاوشی توسط دوریگو و همکاران (۱۹۹۱) پیشنهاد شد. عباسپور و همکاران (۲۰۰۱) از الگوریتم‌های ACO برای تخمین پارامترهای هیدرولیکی خاک‌های غیراشباع استفاده نمودند. مایر و همکاران (۲۰۰۳) از این الگوریتم برای طراحی بهینه شبکه توزیع آب استفاده کردند. شوجولی و همکاران (۲۰۰٦) برای تخمین پارامترهای مدل جریان آب زیرزمینی، از سیستم جامعه مورچگان در ترکیب شبیه‌سازی بازپخت استفاده نمودند. جلالی و همکاران (۲۰۰٦) از این الگوریتم در طراحی و بهره‌برداری بهینه از هیدروسیستم‌ها استفاده نمودند. قدوسی (۲۰۰۷) برای

1- Simulated Annealing (SA)
2- Genetic Algorithm (GA)
3- Ant Colony Optimization

بهره‌برداری بهینه از کانال‌های آبیاری با توجه به انواع جریان‌های غیرماندگار از دیدگاه بهره‌برداری از این الگوریتم استفاده نمود. افشار و همکاران (۲۰۰۶) به‌منظور مکان‌یابی بهینه ایستگاه‌های پایش در شبکه توزیع آب شهری از الگوریتم جامعه مورچه‌ها استفاده نمودند. شریفی و همکاران (۲۰۰۸) از الگوریتم چندهدفه چندجامعه‌ای مورچه‌ها برای بهره‌برداری بهینه از مخازن چندمنظوره استفاده کردند. این الگوریتم در بهره‌برداری از مخزن سد دز با اهداف تولید نیروی برق‌آبی و تامین نیاز پایین‌دست مورد استفاده قرار گرفت. برهانی‌داریان و مرادی (۲۰۰۹) به‌منظور تعیین مسیر بهره‌برداری بهینه درازمدت (٤۲ ساله) از سیستم مخزن سد دز از الگوریتم بهینه‌سازی جامعه مورچگان در فضای پیوسته استفاده کردند. افشار و همکاران (۲۰۱۰) برای بهینه‌سازی بهره‌برداری از مخزن سد دز از فرایند تظریف تطبیقی احتمالاتی در الگوریتم مورچه‌ها استفاده کردند. در این روش مسأله بهینه‌سازی پیوسته با مجموعه‌ای از بهینه‌سازی‌های گسسته جایگزین می‌شود که در آن گسسته‌سازی حوزه متغیرهای تصمیم ابتدا به شکل یکنواخت و سپس در تکرارهای بعدی با استفاده از یک توزیع گوسی صورت می‌گیرد. افشار (۲۰۱۰) به‌منظور بهینه‌سازی طراحی شبکه‌های فاضلاب از الگوریتم جامعه مورچه‌های پیوسته استفاده نمود. هدف از این پژوهش نشان دادن کارایی این روش برای کانال‌هایی می‌باشد که در مرحله طراحی است. براساس بررسی منابع انجام شده بحث توزیع بهینه آب با استفاده از الگوریتم جامعه مورچگان تاکنون انجام نشده است. از طرفی دیگر در مورد کانال MC با هیچ‌یک از روش‌های بهینه‌سازی چنین پژوهشی صورت نگرفته است. با توجه به قابلیت الگوریتم ACS در حل مسایل ذکر شده در علوم آب انتظار می‌رود این روش توانایی حل مسأله توزیع بهینه آب در کانال‌ها را داشته باشد. بنابراین در این پژوهش از این روش به‌منظور بهینه‌سازی توزیع آب با هدف کاهش دبی مورد نیاز شبکه در گزینه‌های متفاوت استفاده شده است.

مواد و روش‌ها

اجزای مدل بهینه‌سازی جامعه مورچگان (ACS)[1]: مقدار جریان تحویلی و مدت زمان تحویل آب متغیرهای تصمیم در این پژوهش می‌باشند. همچنین قیدهای مسأله توزیع و تحویل آب در کانال‌ها، مجموع دبی انشعاباتی که هم‌زمان آب دریافت می‌کنند و مجموع زمان بهره‌برداری در هر بلوک آبیاری (حداکثر تعداد آب‌گیرهایی که هم‌زمان آبیاری می‌کنند) می‌باشند که به‌ترتیب نباید از حداکثر ظرفیت کانال و دور آبیاری تجاوز کنند. در این پژوهش از سه تابع هدف متفاوت تک‌هدفی و چندهدفی

1- Ant Colony System

به‌صورت رابطه‌های ۱، ۲ و ۳ استفاده شده است. به‌منظور جلوگیری از تأثیر غالب یک متغیر بر متغیر دیگر، متغیرهای مورد استفاده در توابع هدف به‌صورت بدون بعد در نظر گرفته شده است. به این منظور قسمت‌های مختلف تابع هدف نرمال شده است.

$$OF = Q \qquad (۱)$$

$$OF = Q + dv + N \qquad (۲)$$

$$OF = Q + dv + dt \qquad (۳)$$

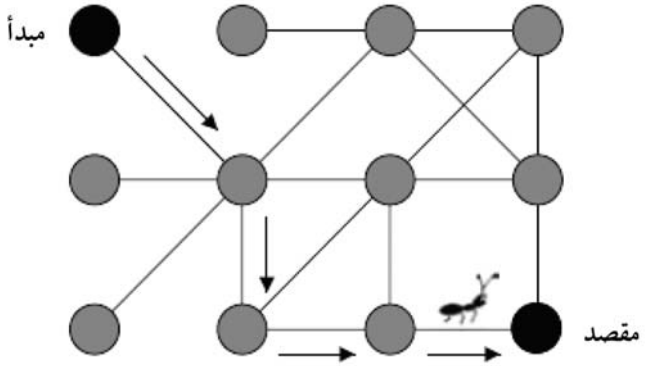
که در آن‌ها، Q: حداکثر دبی مورد نیاز شبکه، dv: اختلاف حجم آب مورد نیاز و حجم آب تحویلی، N: تعداد تنظیمات دریچه سراب کانال و dt: زمان مازاد یعنی کسر دور آبیاری از مجموع زمان تکمیل آبیاری همه انشعابات می‌باشد.

الگوریتم بهینه‌سازی ACS: روش مورچگان از اوایل دهه ۱۹۹۰ به‌عنوان یکی از روش‌های تکاملی برای حل مسایل ترکیبی معرفی گردید. از برتری‌های الگوریتم مورچه فرار از نقاط بهینه موضعی و کم‌تر بودن زمان اجرای الگوریتم می‌باشد. اولین الگوریتم مورچه تحت عنوان الگوریتم سیستم مورچه‌ها (AS)[1] توسط دوریگو و همکاران (۱۹۹۱) برای حل مسأله فروشنده دوره‌گرد پیشنهاد شد. این الگوریتم براساس رفتار طبیعی مورچه‌ها در یافتن کوتاه‌ترین مسیر ممکن بین لانه و منبع غذا شکل گرفته است که با شبیه‌سازی مورچه‌های واقعی که در طبیعت به‌دنبال غذا می‌گردند، یک محدوده وسیع را جستجو می‌نمایند. الگوریتم جامعه مورچگان توسط دوریگو و گامباردلا (۱۹۹۷) معرفی شد. در الگوریتم جامعه مورچگان ابتدا باید براساس مسأله یک گراف مناسب تعریف شود. شکل ۱ نمونه‌ای از این گراف‌ها را نشان می‌دهد. در ACS، وقتی مورچه K در موقعیت i به‌سمت j حرکت می‌کند این انتخاب بر مبنای قانون تناسب شبه‌تصادفی به‌صورت رابطه ٤ انجام می‌شود:

$$j = \begin{cases} \arg\max_{h \in s} \tau_{ih}^{\alpha} . \eta_{ih}^{\beta} & if q \le q. \\ j & if q > q. \end{cases} \qquad (٤)$$

1- Ant System

که در آن، q: متغیر تصادفی است که به‌طور یکنواخت بین [۰,۱] توزیع شده، q_0: پارامتری در محدوده [۰,۱] است، τ_{ij}: فرامان[1] مصنوعی مسیر (i,j)، η_{ij}: هدایت‌کننده کاوشی، α و β: پارامترهای وزنی تنظیم فرامان و اطلاعات کاوشی می‌باشند و j: یک متغیر تصادفی می‌باشد که بر طبق توزیع احتمالاتی رابطه ۵ به‌دست می‌آید.



شکل ۱- ساخت راه‌حل توسط مورچه‌ها (کاوه و شرفی، ۲۰۰۷).

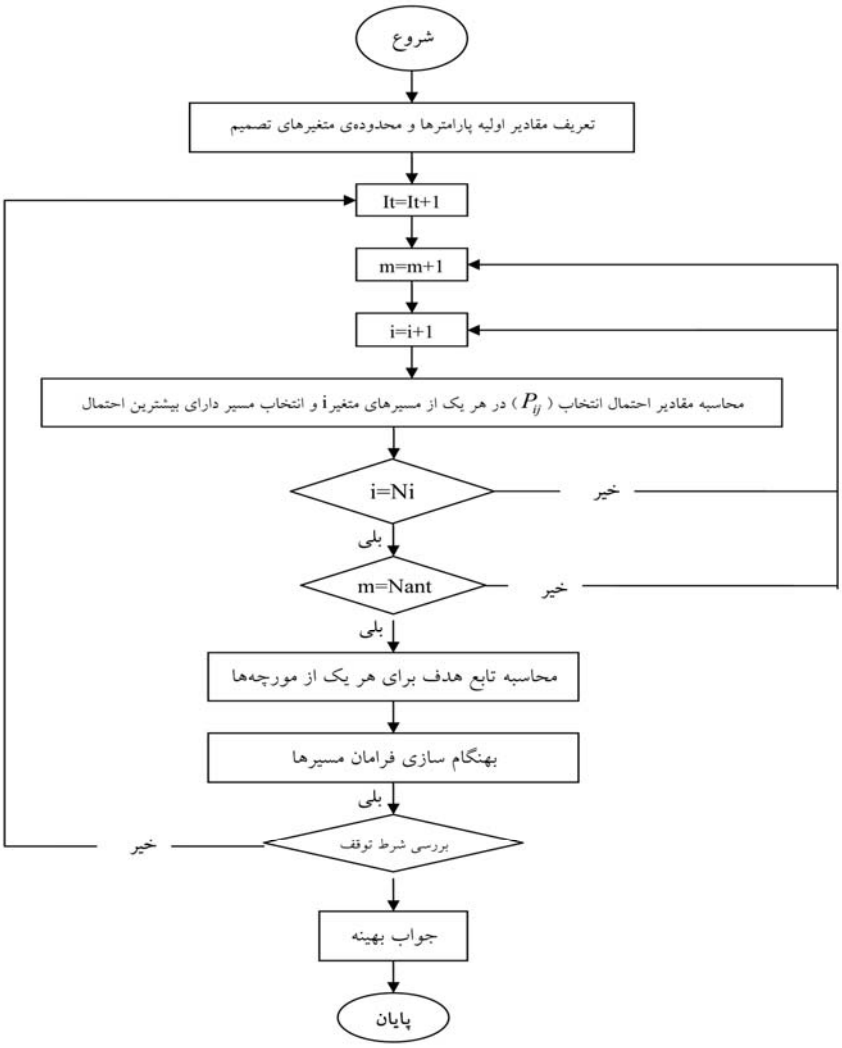
$$P_{ij} = \frac{\tau_{ij}^{\alpha}.\eta_{ij}^{\beta}}{\sum_{h\in s}\tau_{ih}^{\alpha}.\eta_{ih}^{\beta}} \qquad (۵)$$

که در آن، P_{ij}: احتمال انتخاب گره j توسط مورچه واقع در گره i می‌باشد. به‌منظور تمرکز بیش‌تر فرایند جستجوی مورچه‌ها بر یک نقطه مناسب از فضای جستجو فرامان مسیرهای انتخاب شده توسط مورچه‌ها به‌هنگام می‌شود. شکل به‌هنگام‌سازی فرامان در الگوریتم ACS به‌صورت رابطه ٦ است (جلالی، ۲۰۰۵).

$$\tau_{ij} \leftarrow (1-\rho)\tau_{ij} + \rho\Delta\tau_{ij} \qquad \forall\, i,j \in [1,n] \qquad (٦)$$

که در آن، $\rho \in [۰,۱]$: پارامتری است که میزان از دست دادن فرامان را در هر دوره تبخیر نشان می‌دهد. $\Delta\tau_{ij} = \frac{1}{L^{+}}$ که در آن L^{+}: مقدار تابع هدف بهترین مورچه تا آن تکرار می‌باشد (قدوسی، ۲۰۰۷). نمودار گردشی این الگوریتم در شکل ۲ نشان داده شده است که در آن It: شماره تکرار، m: شماره مورچه، i: شماره متغیر تصمیم، N_i: حداکثر تعداد متغیرها و N_{ant}: حداکثر تعداد مورچه‌ها می‌باشد.

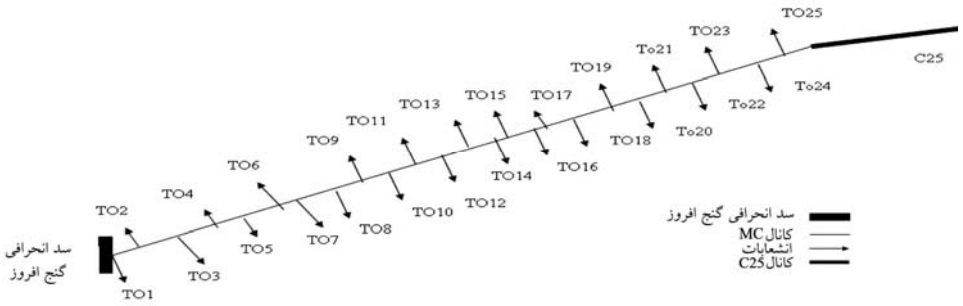
1- Pheromone



شکل ۲- نمودار گردشی الگوریتم جامعه مورچگان.

کانال MC شبکه آبیاری البرز: شبکه آبیاری و زه‌کشی البرز واقع در استان مازندران اراضی زراعی را با وسعت ۵۲۷۵۲ هکتار در حوضه رودخانه‌های بابل، تالار و سیاه‌رود تحت پوشش قرار می‌دهد. کانال اصلی آبیاری (MC) شبکه آبیاری و زه‌کشی البرز از محل سد انحرافی گنج‌افروز با ظرفیت ابتدایی ۲۳/۲۳ مترمکعب بر ثانیه و طول ۱۸/۵ کیلومتر در جهت شمال‌شرق شروع شده و در

٤ کیلومتری شمال شهرستان قائم‌شهر خاتمه می‌یابد. این کانال وظیفه تامین آب ۲۵ آب‌گیر موجود در طول آن و کانال C25 به ظرفیت ۱۵/۵ مترمکعب بر ثانیه در انتها را بر عهده دارد. در شکل ۳ شمای کلی کانال و انشعابات مورد مطالعه ارایه شده است. مشخصات انشعابات، دریچه‌ها و ظرفیت آن‌ها در جدول ۱ ارایه شده است (مهاب‌قدس، ۲۰۰۹).



شکل ۳- شمای کلی کانال MC و انشعابات مربوطه.

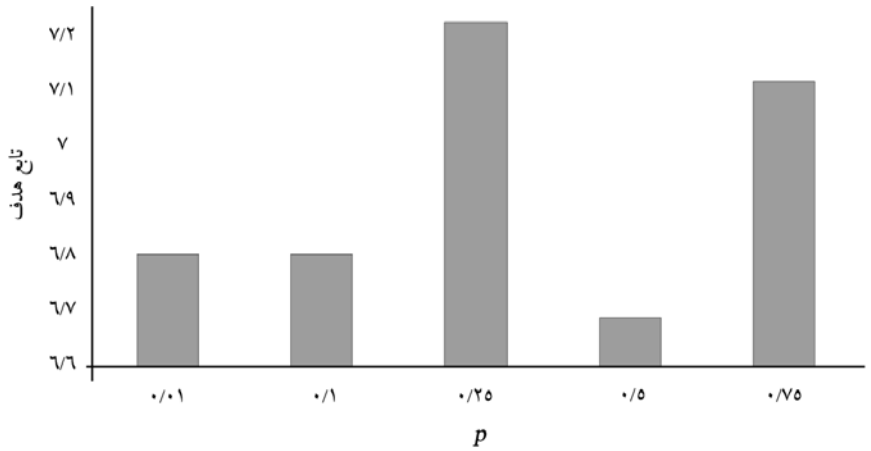
جدول ۱- مشخصات انشعابات کانال MC.

شماره آب‌گیر	نوع آب‌گیر	حداکثر ظرفیت آب‌گیر (لیتر بر ثانیه)	شماره آب‌گیر	نوع آب‌گیر	حداکثر ظرفیت آب‌گیر (لیتر بر ثانیه)
۱	L2*	٦۰۰	١٤	شیرفلکه	۲۱۰
۲	کشویی	۱۵۰۰	۱۵	شیرفلکه	۹۰
۳	C*	۲۰۰۰	١٦	L1*	۱۰۰۰
٤	CHO**	۳۰	۱۷	XX2*	۱۵۰
۵	CHO**	۳۰	۱۸	XX2*	۱۵۰
٦	شیرفلکه	۳۰	۱۹	XX2*	۱۵۰
۷	شیرفلکه	۱۲۰	۲۰	کشویی	۲۸۰
۸	شیرفلکه	۹۰	۲۱	L2*	۸۰۰
۹	شیرفلکه	۹۰	۲۲	L2*	۸۰۰
۱۰	C2*	۲۸۰۰	۲۳	XX2*	۱۲۰
۱۱	شیرفلکه	۹۰	٢٤	XX2*	۹۰
۱۲	شیرفلکه	۳۰	۲۵	XX2*	٢٤٠
۱۳	شیرفلکه	۹۰	–	–	–

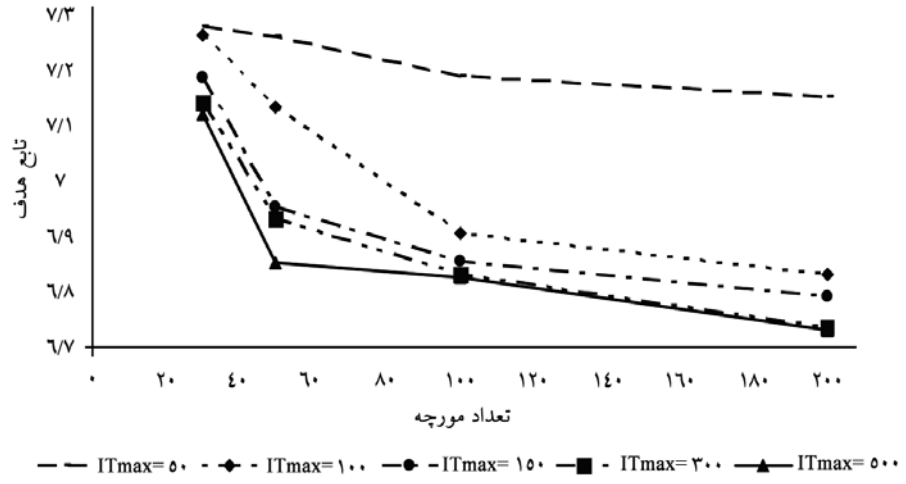
* مدول نیرپیک و ** روزنه با بار آبی ثابت.

نتایج و بحث

به‌منظور تحلیل حساسیت پارامترهای الگوریتم جامعه مورچگان در مسأله توزیع و تحویل آب برای شبکه آبیاری البرز، ابتدا مقدار ρ متغیر و بقیه پارامترها به‌صورت ثابت در نظر گرفته شد. در ابتدا مقدار ρ در محدوده ۰/۷۵-۰/۰۱ متغیر فرض شد و نتایج با یکدیگر مقایسه گردید. شکل ٤ تغییرات تابع هدف در مقادیر مختلف ρ را نشان می‌دهد. با توجه به شکل، بهترین مقدار برای ρ در این مسأله ۰/۵ می‌باشد. پس از تحلیل حساسیت بر روی میزان تبخیر، پارامتر q_0 که نشان‌دهنده میزان احتمال بهره‌برداری از نتایج قبلی است، تنظیم گردید. به این منظور ۵ مقدار مختلف در محدوده (۰، ۱) آزمایش شد. ۵ مقدار مورد آزمایش برای تحلیل q_0، ۰/۵، ۰/۸، ۰/۹، ۰/۹۵ و ۱ بودند. با توجه به نتایج مشاهده می‌گردد که q_0=۰/۹ بهترین نتیجه را حاصل نموده است. از این پس در این مسأله مقدار q_0=۰/۹ (یعنی تنها احتمال ۱۰ درصد انتخاب به‌صورت تصادفی در این مسأله مناسب می‌باشد) در نظر گرفته می‌شود. به‌منظور بررسی نحوه تغییرات جواب براساس تعداد مورچه‌ها و تعداد تکرارها اجراهایی با ۲۰۰-۳۰ مورچه و ۵۰۰-۵۰ تکرار صورت گرفت که نحوه تغییرات میانگین ۱۰ اجرا در حالت‌های مختلف در شکل ۵ نمایش داده شده است. با توجه به شکل، با افزایش تعداد مورچه‌ها از ۱۰۰ و افزایش تعداد تکرارها از ۳۰۰ تکرار، جواب‌ها تغییر چندانی را نشان نمی‌دهند. مقادیر مناسب پارامترهای الگوریتم جامعه مورچگان برای کانال MC از شبکه آبیاری البرز در جدول ۲ ارایه شده است.



شکل ٤- مقادیر متوسط تابع هدف با ضرایب مختلف ρ در ۱۰ اجرا.

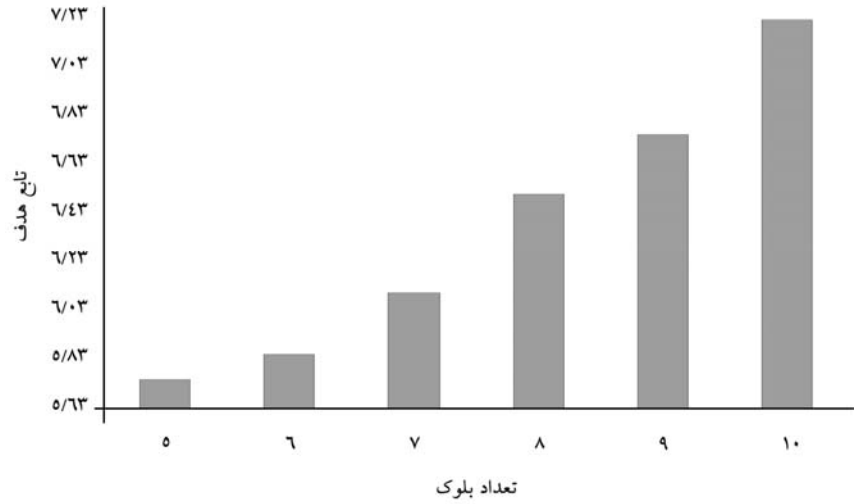


شکل ۵- مقادیر متوسط تابع هدف در تکرارهای مختلف بر حسب تعداد مورچه در ۱۰ اجرا.

جدول ۲- پارامترهای مناسب الگوریتم جامعه مورچگان.

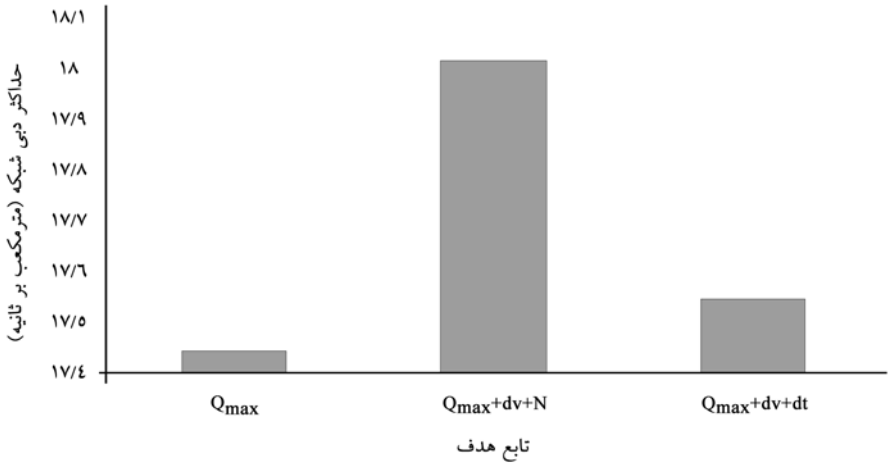
β	ρ	q_0	تعداد مورچه	حداکثر تعداد تکرارها
۰	۰/۵	۰/۹	۱۰۰	۳۰۰

به‌منظور تعیین تعداد بلوک‌های مناسب برای حل مسأله توزیع آب در شبکه آبیاری البرز، مدل تهیه شده با تعداد بلوک‌های متفاوت برای تابع هدف تعریف شده در رابطه ۱ اجرا شد. همان‌گونه که در شکل ٦ مشاهده می‌گردد حداقل مقدار به‌دست آمده برای تابع هدف تعریف شده در رابطه ۱ مربوط به ۵ بلوک آبیاری می‌باشد. با توجه به افزایش تعداد آب‌گیرهایی که در هر بلوک به‌طور متوالی آب‌گیری می‌کنند، مدل زمان زیادی را به‌منظور حل این مسأله صرف می‌نماید. همچنین میزان بهتر شدن جواب در حالت ۵ بلوک آبیاری نسبت به ٦ بلوک آبیاری ۱/۷۷ درصد می‌باشد. بنابراین تعداد ٦ بلوک آبیاری برای حل مسأله توزیع آب در کانال MC از شبکه آبیاری البرز به‌عنوان تعداد بلوک‌های مناسب در نظر گرفته شد.

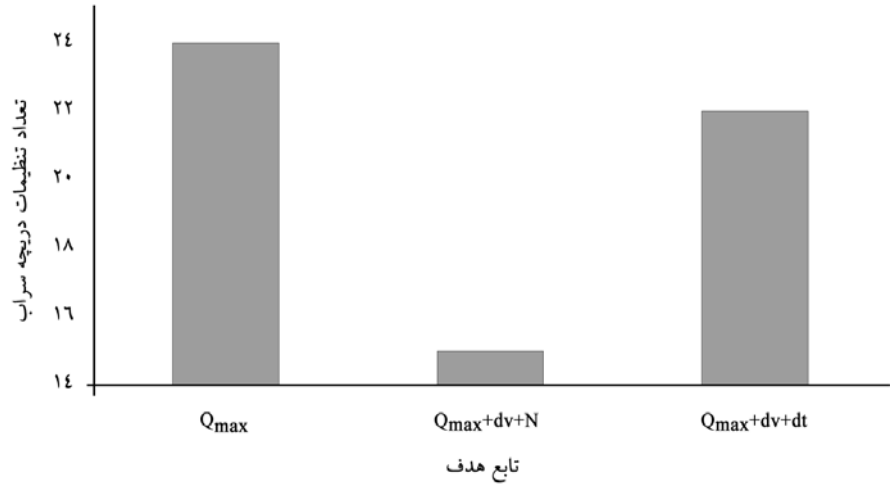


شکل ٦- مقادیر متوسط تابع هدف با تعداد بلوک‌های متفاوت در ۱۰ اجرا.

پس از اجرای مدل، ۲۵ انشعاب کانال MC برای توابع هدف تعریف شده در رابطه‌های ۱ تا ۳ در ٦ بلوک آبیاری به‌طور تصادفی توزیع شدند. در این پژوهش فرض بر آن است که در کانال C25 همواره به‌میزان ۱۵/۵ مترمکعب در ثانیه آب در جریان می‌باشد. بنابراین حداکثر دبی مورد نیاز شبکه، مجموع حداکثر دبی به‌دست آمده توسط مدل و ظرفیت کانال C25 می‌باشد. شکل ۷ حداکثر دبی به‌دست آمده توسط مدل را به‌ازای توابع هدف مختلف نشان می‌دهد. با توجه به شکل حداقل مقدار مربوط به رابطه ۱ می‌باشد. در این رابطه هدف، فقط کاهش حداکثر دبی مورد نیاز می‌باشد. با توجه به نتایج، مدل به‌خوبی توانسته است هدف موردنظر را در این رابطه نسبت به رابطه‌های تعریف شده دیگر کاهش دهد. حداکثر دبی شبکه در رابطه ۲، ۵۷۳/۳ لیتر بر ثانیه بیش‌تر از رابطه ۱ و ٤٦٨ لیتر بر ثانیه بیش‌تر از رابطه ۳ می‌باشد. هر سه رابطه حداکثر دبی شبکه را از ظرفیت کنونی کانال MC کم‌تر به‌دست آوردند. تعداد تنظیمات دریچه سراب در توابع هدف مختلف در شکل ۸ ارایه شده است. تعداد تنظیمات دریچه سراب در رابطه ۲ به تعداد ۹ تنظیم کم‌تر از رابطه ۱ و به تعداد ۷ تنظیم کم‌تر از رابطه ۳ به‌دست آمد که به‌دلیل نوع تابع هدف تعریف شده می‌باشد. حداکثر زمان برای تکمیل برنامه آبیاری در رابطه ۳ نسبت به رابطه ۲، ۱۷ ساعت کم‌تر به‌دست آمد و این به‌دلیل جایگزین شدن پارامتر زمان مازاد به‌جای تعداد تنظیمات دریچه سراب می‌باشد.



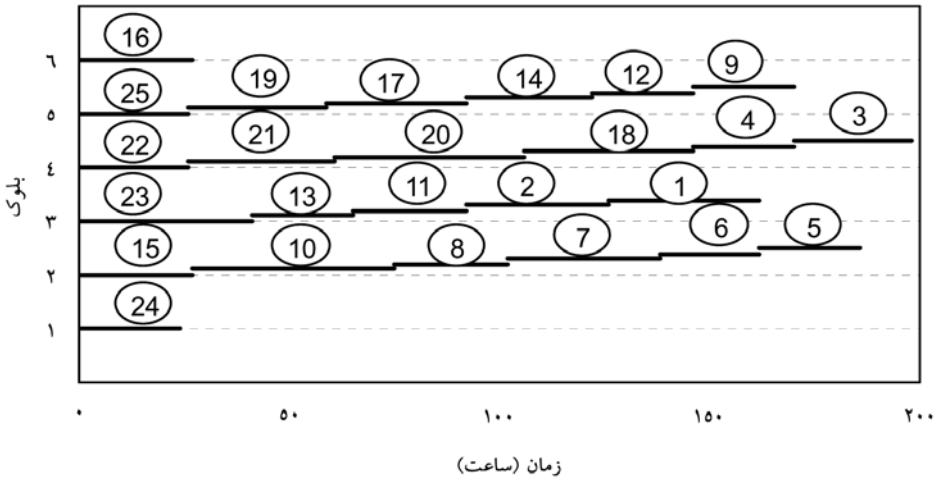
شکل ۷- مقادیر حداکثر دبی مورد نیاز شبکه در توابع هدف مختلف.



شکل ۸- مقادیر تعداد تنظیمات دریچه سراب کانال در توابع هدف مختلف.

در شکل ۹ توزیع انشعابات در بلوک‌های آبیاری و همچنین تکمیل برنامه آبیاری در هر بلوک با هدف رابطه ۲ نشان داده شده است. اولین تنظیم دریچه سراب کانال برای توزیع بهینه آب با هدف رابطه ۲ پس از ۲۵ ساعت از شروع دور آبیاری می‌باشد. تنظیمات بعدی دریچه سراب مطابق جدول ۳ می‌باشد. با توجه به قسمت‌های مختلف تابع هدف مانند حداقل اختلاف حجم

بین آب تحویلی و مورد نیاز و همچنین کاهش تعداد تنظیمات می‌توان به این نتیجه رسید که هرچه تعداد تنظیمات سراب کم‌تر باشد، مقدار کار بهره‌بردار کم‌تر و بهره‌برداری ساده‌تر می‌باشد. همچنین هرچه اختلاف حجم آب تحویلی و حجم آب موردنیاز کم‌تر باشد راندمان شبکه افزایش می‌یابد. از طرف دیگر کاهش دبی موردنیاز شبکه که تعیین‌کننده ظرفیت کانال می‌باشد، هزینه ساخت کانال را در مرحله ساخت کم‌تر می‌کند که این مسأله بیش‌تر در زمان طراحی مدنظر قرار می‌گیرد و با توجه به این‌که زمان‌بندی برای تحویل آب وجود دارد، این برنامه مطمئناً از نظر بهره‌برداران رضایت‌بخش خواهد بود.



شکل ۹- نمودار زمان‌بندی تحویل بهینه آب به انشعابات.

جدول ۳- زمان‌بندی مراحل تنظیمات دریچه سراب کانال MC در رابطه ۲.

مرحله	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱٤	۱٥
زمان از شروع دور آبیاری (ساعت)	۲٥	۲۷	۲۸	٤۲	٦۲	۷٦	۹۳	۱۰۷	۱۲۳	۱۲۷	۱۳۹	۱٦۳	۱۷۱	۱۸۷	۱۹۸

نتیجه‌گیری

در این پژوهش مدل ACS به‌منظور توزیع بهینه آب در کانال MC شبکه آبیاری البرز تهیه شد. مدل توسعه‌یافته برای سه گزینه متفاوت اجرا شد. در گزینه اول هدف فقط کاهش دبی مورد نیاز شبکه در نظر گرفته شد. در گزینه‌های بعدی علاوه‌بر کاهش دبی، کاهش اختلاف حجم آب تحویلی و مورد نیاز، کاهش زمان مازاد و کاهش تعداد تنظیمات دریچه سراب مدنظر قرار گرفت. حداکثر دبی مورد نیاز شبکه در گزینه اول به‌میزان ۵۷۳/۳ لیتر بر ثانیه کم‌تر از گزینه ۲ و به‌میزان ۱۰۵/۳ لیتر بر ثانیه کم‌تر از گزینه ۳ به‌دست آمد که هر ۳ گزینه حداکثر دبی شبکه را از ظرفیت کنونی کانال MC کم‌تر به‌دست آوردند.

منابع

1.Abbaspour, K.C., Schulin, R., and Van Genuchten, M.T. 2001. Estimating unsaturated soil hydraulic parameters using ant colony optimization. J. Adv. Wat. Resour. 24: 8. 827-841.

2.Afshar, A., Maknoon, R., and Afshar, A. 2006. Optimum layout for water quality monitoring stations through ant colony algorithm. J. Wat. and Wastewater. 59: 2-11.

3.Afshar, M.H., Rezai, S.E., and Moayeni, R. 2010. Reservoir operation optimization using stochastic adaptive refinement of ant algorithms. J. iran-water resources research, 6: 1. 1-13.

4.Afshar, M.H. 2010. A parameter free continuous ant colony optimization algorithm for the optimal design of storm sewer networks: constrained and unconstrained approach. J. Adv. Engine. Software. 41: 188-195.

5.Borhani Darian, A., and Moradi, A.M. 2009. Application of ACS method in continuous spaces of water resources systems, P 1-7. In: Talebbeydokhti, N. 8th International Congress on Civil Engineering. Shiraz University, Shiraz.

6.Dorigo, M., Maniezzo, V., and Colorni, A. 1991. Ant System: An autocatalytic optimizing process. Technical Report 91-016, Italy, Pp: 1-21.

7.Dorigo, M., and Gambardella, L.M. 1997. Ant colony system: A cooperative learning approach to the traveling salesman problem. J. IEEE Trans. on Evol. Com. 1: 1. 53-66.

8.Ghodousi, H. 2007. Mathematical model development comprehensive and optimal operation of unsteady flow in irrigation canals. Agricultural Department. Tarbiat Modaress University Press, 195p.

9.Jalali, M.R. 2005. Optimum design and operation of hydrosystems by ant colony optimization algorithms; A new metaheuristic approach. Civil Engineering Department. Iran university of Science & technology. Press, 158p.

10.Jalali, M.R., Afshar, A., and Marino, M.A. 2006. Reservoir operation by ant colony optimization algorithms. Iran. J. Sci. and Technol. 30: 107-117.
11.Kaveh, A., and Sharafi, P. 2007. Ant colony optimization: principles and concepts. Building and housing Research center. Press, 181p.
12.Khanjani, M.J., Barani, Gh., and Jafarinasb Baghestani, M.A. 1998. Optimization of jiroft irrigation channel network, P 1-12. In: Asadollahi, A. 9th Conference of the national Committee on Irrigation and drainage. Tehran, Iran.
13.Mahab Ghodss. 2009. Instruction for operation and maintenance of MC canal. Mahab Ghodss. Press, 121p.
14.Maier, H.R., Simpson, A.R., Zecchin, A.C., Foong, W.K., Phang, K.Y., Seah, H.Y., and Tan, C.L. 2003. Ant colony optimization for design of water distribution system. J. Wat. Resour. Plan. and Manage. 129: 3. 200-209.
15.Mathur, Y.P., Sharma, G., and Pawde, A.W. 2009. Optimal operation scheduling of irrigation canals using genetic algorithm. Inter. J. Recent Trends Engine. 1: 6. 11-15.
16.Monem, M.J., and Namdarian, R. 2005. Application of simulated annealing (SA) techniques of optimal water distribution in irrigation canals. J. Irrig. and Drain. 54: 1. 365-373.
17.Monem, M.J., Najafi, M.R., and Khoshnavaz, S. 2007. Optimal water scheduling in irrigation networks using genetic algorithm. J. iran-water resources research, 3: 1. 1-11.
18.Monem, M.J., and Nouri, M.A. 2010. Application of PSO method for optimal water delivery in irrigation networks. Iran. J. Irrig. and Drain. 4: 1. 73-82.
19.Sharifi, Sh., Afshar, A., and Jalali, M.A. 2008. Multi purpose reservoirs operation optimization using multi objective ants colony, P 1-7. In: Hasanzade, Y. 3th Conference of Iran Water Resources Management. Tabriz University. Tabriz.
20.Shouja, L., Yingxi, L., and He, Y. 2006. Parameter estimation approach in groundwater hydrology using hybrid ant colony system, P 182-191. In: Istrail, S., Pevzner, P., and Waterman, M. International Conference on Intelligent Computing. Kunming, China.
21.Wang, Z.R., and Mohan, J., and Feyan J. 1995. Improved 0- 1 programming model for optimal flow scheduling in irrigation canals. J. Irrig. Drain. System. 9: 105-116.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 20(2), 2013
http://jwsc.gau.ac.ir

Application of ACS Algorithm in optimal water distribution (Case Study: MC canal of Alborz irrigation Network)

S. Kakooei[1] and *A.R. Emadi[2]

[1]M.Sc. Graduate, Dept. of Water Structure, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [2]Assistant Prof., Dept. of Water Engineering, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Received: 02/25/2012; Accepted: 07/09/2012

Abstract

According to water resources limitation and the competition between several sectors in consumption and agricultural sections, management of irrigation networks seems necessary. Optimal water distribution is one of the basic subjects to increase water consumption efficiency in irrigation canals. In this research, ACS algorithm has been used for optimization of water distribution. Accordingly, water distribution schedule was prepared in three different options in MC Canal of Alborz irrigation network. In the first option, objective function is considered in the form of the decrease of required discharge network. In the second one, it is minimization of the required discharge network, volume difference of required and delivery water and the number of upstream gate regulations. The number of upstream gate regulation in the second option was replaced by over time decrement in the third option. In all three options, the maximum discharge network achieved was lower than existing MC canal capacity. Canal capacity in the first, second and third options are 17.44, 18.01 and 17.55 m^3/s, respectively. Differences between computation results and existing canal capacities in first, second and third options are 5.79, 5.21 and 5.7 m^3/s, respectively.

Keywords: Alborz irrigation network, MC canal, Optimization, Water distribution, ACS algorithm

* Corresponding Author; Email: emadia355@yahoo.com