نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۱، جلد۹، فروردین -اردیبهشت ۱۳۹۴، ص. ۷۴-۶۶

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 1, Vol. 9, Mar.-Apr. 2015, p. 66-74

تعیین الگوی کشت بهینه با روش بیشینه- کمینه (MMAS) سیستم مورچه‌گان (مطالعه موردی: شبکه آبیاری و زهکشی سد گلستان)

شکیبا میرزایی[۱*]- مهدی ذاکری‌نیا [۲]- حسین شریفان[۳]- مهدی شهابی‌فر [٤]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۷/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱/۲۶

چکیده

در سال‌های اخیر تعیین الگوی کشت با هدف استفاده بهینه از منابع موجود در راستای افزایش درآمد کشاورز مورد توجه محققین و مسئولان کشور قرار گرفته است. با توجه به بحران آبی موجود، عوامل تولید به‌ویژه آب که به عنوان محدودکننده‌ترین عامل تولید به شمار می‌رود باید به صورت اصولی و برنامه‌ریزی دقیق مورد استفاده کارآمد قرار گیرد. در تحقیق حاضر با استفاده از مدل MMAS (سیستم مورچه بیشینه-کمینه) الگوی بهینه شبکه آبیاری و زهکشی سد گلستان با هدف ایجاد سود حداکثری برای کشاورزان تعیین شده است. نتایج استفاده از این مدل نشان می‌دهد الگوی فعلی منطقه بهینه نبوده و با اجرای الگوی پیشنهادی سود حاصل به ازای هر هکتار زمین کشت شده در کشت پاییزه و تابستانه افزایش می‌یابد. هم‌چنین نتایج این مدل نشان می‌دهد در کشت پاییزه با توجه به نیازآبی تعیین شده برای محصولات مورد کشت میزان بارندگی موجود مقدار عمده نیاز گیاه را تعیین می‌کند و با استفاده از الگوی پیشنهادی تا ۷۵ درصد در مصرف آب صرفه‌جویی خواهد شد که شامل ۲۴/۵ میلیون مترمکعب آب می‌شود. در صورت ذخیره‌سازی این حجم آب قابل توجه می‌توان زمین‌های بیش‌تری را در کشت تابستانه به زیر کشت محصولات آبی برد.

واژه‌های کلیدی: الگوی کشت، الگوریتم بهینه‌سازی جامعه مورچگان، بهینه‌سازی، سیستم مورچه بیشینه- کمینه (MMAS)

مقدمه

هدف اصلی هر کشاورز دست‌یابی به میزان سود بیش‌تر به ازای تولید محصولات کشاورزی می‌باشد. یکی از ارکان اساسی مدیریت آب و افزایش بهره‌وری آن استفاده بهینه از منابع موجود می‌باشد. عدم بهره‌برداری بهینه از منابع آبی از موضوعات مهمی است که امروزه طراحان با آن مواجه هستند (کارآموز و همکاران، ۱۳۸۵). روش‌های مختلفی برای حداکثرکردن سود محصولات کشاورزی وجود دارد، اما از بین گزینه‌های موجود تنها یک گزینه وجود دارد که ضمن حفظ منابع به صورت پایدار امکان کسب درآمد بیش‌تر برای کشاورز را نیز فراهم می‌کند. کشاورزان در طول یک سال زراعی، محصولات مختلفی را کشت می‌نمایند، ولی قطعیتی وجود ندارد که این الگوی کشت حداکثر سودآوری را خواهد داشت. با استفاده از روش‌های برنامه‌ریزی ریاضی و مدیریت مزرعه با توجه به مقدار نهاده‌های موجود مانند مقدار زمین، آب، کود مصرفی، بذر و ... می‌توان به هر کشاورز الگوی کشت بهینه پیشنهادی برای حداکثر نمودن سود، ارائه نمود.

بهینه سازی یکی از راهکارهای بهتر کردن و کیفیت بخشیدن به پروژه‌های آبیاری می‌باشد. بهینه‌سازی روشی است که به‌وسیله‌ی آن بهترین جواب ممکن برای یک مسئله با توجه به هدف تعیین شده و قیدهای موجود، که همه با توابع و روابط ریاضی مشخص شده‌اند، تعیین می‌شود. در واقع هدف از بهینه‌سازی یافتن بهترین جواب قابل قبول، با توجه به محدودیت‌ها و نیازهای مسأله است. روش‌های مختلفی جهت بهینه‌سازی وجود دارد، برخی از این روش‌ها بر مدل‌سازی ریاضی و تکنیک‌های برنامه‌نویسی خطی[5]، غیرخطی[6] و پویا[7] متکی است. روش‌های کلاسیک متعددی از قبیل روش ساده، روش‌های ریاضی مانند ضریب لاگرانژ و... روش‌های قطعی هستند، که به محض رسیدن به اولین نقطه بهینه موضعی متوقف می‌شوند و توانایی خروج از این نقطه و حرکت به سوی نقطه بهینه بهتری را ندارند. بدین منظور برای رفع این مشکل محققان به روش‌های هوش مصنوعی روی آورده‌اند. از جمله این روش‌ها می‌توان به شبکه‌های

۱- فارغ التحصیل کارشناسی ارشد گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۲و۳- استادیار و دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۴- استادیار موسسه تحقیقات آب و خاک کرج
(*- نویسنده مسئول: (Emai:mirzai.shakiba@yahoo.com

5- Linear programming (LP)
6- Nonlinear programming (NLP)
7- Dynamic programming (DP)

عصبی، منطق فازی و الگوریتم‌های تصادفی مانند: الگوریتم ژنتیک[1] (GA)، الگوریتم شبیه‌سازی تبرید یا باز پخت[2] (SA)، الگوریتم جستجوی ممنوعه[3] (TS)، الگوریتم جامعه مورچه‌گان[4](ACO)، الگوریتم بهینه‌سازی مجموعه ذرات[5] (PSO)، الگوریتم کلونی زنبورعسل[6] (ABC)، الگوریتم جهش‌قورباغه[7] (SFLA) اشاره کرد. روش‌های مذکور مجموعه‌ای از نقاط را در فضای تصمیم در نظر گرفته و در جهات مختلف برای پیدا کردن جواب بهینه مدل حرکت می‌کنند. انسان به‌عنوان یک عامل هوشمند، در مسائل روزمره‌ای که برایش پیش می‌آید با استفاده از تکنیک‌های جستجو اقدام به یافتن راه‌حلی برای مسئله می‌کند.

مقدسی و همکاران (۱۳۷۸) طی تحقیقی، تکنیک‌های مختلف بهینه‌سازی برنامه‌ریزی غیر خطی (NLP)، بهینه سازی مجموعه ذرات (PSO) و الگوریتم ژنتیک (GA) را در زمینه مدیریت تخصیص آب کشاورزی در شرایط خشکسالی با تابع هدف به صورت حداکثرسازی درآمد، با یکدیگر مقایسه کردند مقایسه نتایج برتری روش NLP و سپس PSO را نشان داد، ضمن اینکه نشان داده شد که این رویکرد تا ۳۶ درصد امکان افزایش درآمد را نسبت به مدیریت‌های سنتی دارد. عباسپور وهمکاران از الگوریتم ACO برای تخمین پارامترهای هیدرولیکی خاک‌های غیر اشباع استفاده نمودند (Abbaspour et al, 2001). جلالی و افشار (۱۳۸۴) از الگوریتم جامعه مورچه‌ها برای طراحی و بهره‌برداری بهینه هیدروسیتم‌ها استفاده کردند. کومار و جانگاردی از الگوریتم جامعه مورچگان برای بهره‌برداری از مخازن چند منظوره استفاده کردند (Kumar and Jangareddy, 2006). بیکر و همکاران از الگوریتم بهینه‌سازی مورچگان در بهینه‌سازی توزیع آب در شبکه بزرگ مقیاس استفاده کردند (Baker et al, 2008). قدمی و همکاران (۱۳۸۸) از مدل الگوریتم ژنتیک قطعی جهت بهره‌برداری بهینه از یک سیستم چند مخزنی تک هدفه در شمال خراسان به‌منظور حداکثر کردن سود خالص ناشی از کاشت تمامی گیاهان در یک الگوی کشت انتخابی استفاده کردند. ماتور و همکاران (۲۰۰۹) با استفاده از الگوریتم ژنتیک، برنامه بهینه توزیع آب را در کانال فنگ‌جیاشان چین ارائه دادند (Mathur et al, 2009). افشار و همکاران (۱۳۸۹) برای انتخاب مکان بهینه استقرار ایستگاه‌های پایش در شبکه آبیاری شهری از الگوریتم جامعه مورچگان استفاده کرد. بنی‌بشر و همکاران (۱۳۸۹) برای حل مساله بهره‌برداری بهینه از مخزن سد چند منظوره علویان واقع در حوضه صوفی چای مراغه از الگوریتم بهینه‌سازی جامعه مورچگان استفاده کردند. دراین مسأله، هدف رهاسازی مقدار جریان آب برای تأمین نیاز کشاورزی با درنظر گرفتن تأمین نیاز شهری به طور کامل می‌باشد. بدین‌منظور حجم مخزن به‌عنوان متغیر تصمیم در نظر گرفته شده است. مادح خاکسار و آینه بند (۱۳۹۰) برای تعیین الگوی کشت بهینه شبکه آبیاری و زهکشی هندیجان، از روش برنامه‌ریزی خطی و نرم افزار لینگو استفاده کردند. آن‌ها در کار خود از دو دسته سناریو اصلی و فرعی استفاده کردند. سناریو اصلی بر اساس محدویت در حجم آب قابل تخصیص و سناریو فرعی بر اساس محدویت فشردگی کشت تعریف شده بود. نتایج این تحقیق حاکی از آن بود که با افزایش قیمت آب، فشردگی کشت، درآمد به ازای هر واحد آب مصرفی و کل درآمد کشاورزی در تمام سناریوهای مفروض کاهش می‌یابد. مجیدی و همکاران (۱۳۹۰) با استفاده از برنامه‌ریزی خطی و برنامه‌ریزی ایجاد گزینه‌ها، الگوی کشت فعلی دشت مشهد- چناران را با هدف کاهش مصرف آب مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد در الگوی کشت بهینه، علی‌رغم به کارگیری تمام سطح زیر کشت موجود و کسب بازده برنامه‌ای مشابه الگوی فعلی، میزان مصرف آب کاهش یافته است که ناشی از ترکیب جدید محصولات در نظام تولید می‌باشد. گوپی و همکاران در تخصیص زمین زراعی در یک منطقه در هند تحت استراتژی‌های سه گانه پایداری از یک الگوی الگوریتم ژنتیک استفاده کردند و میزان زمین تخصیص داده شده در هر استراتژی را با هم مقایسه نمودند (Gopi et al, 2011).

حیدری و همکاران (۱۳۹۱) برای تعیین الگوی بهینه کشت و استفاده بهینه از نهاده‌های تولیدی (آب، زمین، کود، نیروی کار و ...) افزایش بازده تولیدی، کاهش هزینه‌ها، کاهش تخریب محیط زیست و افزایش درآمد زارعین در بخش رودبار الموت غربی استان قزوین از مدل برنامه‌ریزی آرمانی استفاده کردند و نتایج حاصل نشان داد که الگوی فعلی کشت در این بخش بهینه نبوده و نهاده‌های تولیدی به صورت غیر کارآمد مورد استفاده قرار می‌گیرند. طالبی (۱۳۹۱)، به منظور بهینه‌سازی الگوی کشت ۱۴۰۰۰ هکتار از اراضی شالیزاری در پایین‌دست سد شهید رجایی ساری در استان مازندران ، از دو روش برنامه‌ریزی غیرخطی و الگوریتم ژنتیک استفاده کرد و بیان کرد الگوی کشت فعلی منطقه، بهینه نیست و در صورت اعمال الگوی کشت پیشنهادی، درآمد خالص منطقه به‌طور چشم‌گیری افزایش خواهد یافت.

عمادی و کاکویی (۱۳۹۱) در پژوهشی از روش بهینه‌سازی الگوریتم جامعه مورچگان به منظور تهیه برنامه بهینه توزیع آب در کانال BP14 شبکه آبیاری فومنات واقع در غرب استان گیلان استفاده کردند. برنامه تحویل و توزیع بهینه این کانال در دو حالت تک هدفه شامل کاهش ظرفیت کانال و دو هدفه شامل کاهش ظرفیت کانال و زمان توزیع تدوین شد. کاکویی و عمادی (۱۳۹۲) در

1- Genetic Alghoritm
2- Simulated Annealing
3- Tabu Search
4- Ant Colony Optimization
5- Particle Swarm Optimizatoion
6- Artifical Bee Colony
7- Shuffled Frog Leaping Algorithm

پژوهشی از روش بهینه‌سازی جامعه مورچگان به منظور بهینه‌سازی توزیع آب در کانال اصلی شبکه آبیاری البرز با هدف کاهش ظرفیت کانال استفاده نمودند جمع‌بندی بررسی منابع موجود نشان می‌دهد برای تعیین الگوی کشت از روش‌های برنامه‌ریزی خطی و نرم افزار لینگو، برنامه‌ریزی آرمانی و در سال‌های اخیر از روش الگوریتم ژنتیک تحت سناریوهای مختلف و با اهداف متفاوتی استفاده شده است. استفاده از روش‌های هوش مصنوعی در علوم آب در زمینه‌های مختلف آن رو به افزایش است. از این رو لزوم استفاده از روش‌های جدید هوش مصنوعی در تعیین الگوی کشت ضروری به نظر می‌رسد.

هدف از تحقیق حاضر، طراحی الگوی کشت مناسبی است که در آن ۱- سود خالص حاصل از کشت افزایش یابد ۲- از پتانسیل‌های موجود منطقه حداکثر استفاده را نماید ۳- ضمن حفظ و پایداری منابع اصلی تولید نظیر خاک و آب، سبب دست‌یابی به عملکردهای بالا و پایدار شود. امید است با اجرای آن، بخش عمده‌ای از مشکلات یاد شده در بخش مربوطه برطرف شود. در این پژوهش برای دست‌یابی به بهترین

الگوی کشت برای اراضی شبکه آبیاری و زهکشی سد گلستان از یک الگوریتم بهینه‌سازی مورچگان جدید به نام سیستم مورچگان بیشینه-کمینه (MMAS) استفاده شده است.

مواد و روش‌ها

محدوده مطالعاتی با وسعت ناخالص ۱۴۰۰۰ هکتار در اراضی زیر کشت زراعی محدوده شرکت‌های تعاونی سد گلستان از روستاهای دهستان آق آباد از بخش مرکزی شهرستان گنبدکاووس در استان گلستان می‌باشد. منطقه مورد مطالعه شامل قسمت‌هایی از دشت شمالی گرگانرود بوده که در محدوده تقریبی ۵۵ درجه و ۱۰ دقیقه تا ۵۵ درجه و ۲۲ دقیقه طول شرقی جغرافیایی و ۳۷ درجه و ۲۲ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۲۵ دقیقه عرض شمالی واقع شده است.

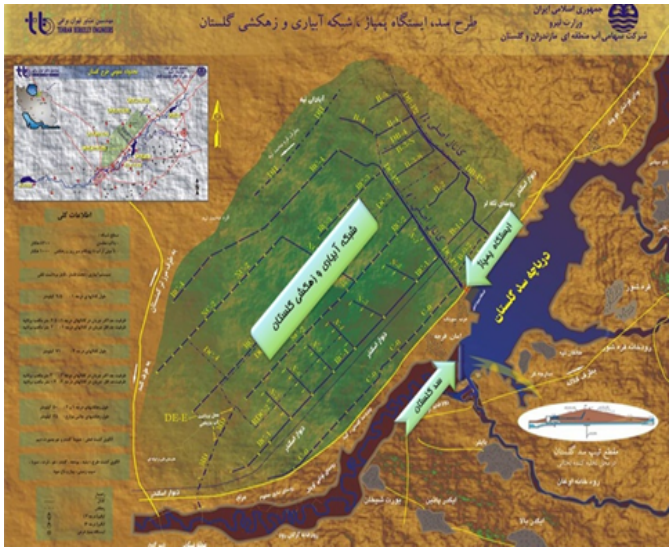
عمده محصولات مورد کشت منطقه شامل گندم، جو و کلزا برای کشت زمستانه و ذرت علوفه‌ای، ذرت دانه‌ای، سویا، آفتابگردان، پنبه تابستانه و هندوانه آجیلی برای کشت تابستانه می‌باشد. نیاز آبی محصولات به روش فائو پنمن مانتیث با استفاده از نرم افزار CROPWAT محاسبه و میزان خالص آب مورد نیاز گیاهان زراعی متناسب با خصوصیات گیاه و اقلیم منطقه تعیین شد. برای تعیین الگوی بهینه کشت، تابع هدف به صورت حداکثرسازی میزان سود با توجه به محدودیت‌های منطقه مورد مطالعه تعیین شد. تابع هدف به صورت رابطه ۱ و محدودیت‌ها به صورت روابط ۲ و ۳ تعریف شدند.

$$\max B = \sum_{i=1}^{n} y_i A_i (P_i - C_i) \qquad (۱)$$

در این رابطه n تعداد کل محصولات، B= درآمد خالص (سود) بر حسب ریال، y_i= عملکرد واقعی هر محصول در واحد سطح (کیلوگرم در هر متر مربع)، A_i= مساحت تحت کشت هر محصول (متر مربع)، P_i= قیمت فروش هر کیلوگرم محصول (ریال)، C_i= هزینه تولید هر کیلوگرم محصول (ریال).

محدودیت‌ها شامل محدودیت سطح زیرکشت و محدودیت آب می‌باشد. مجموع سطح زیرکشت محصولات با سطح کل دشت برابر است و مجموع آب مصرفی برای تمای محصولات باید کم‌تر ازمیزان کل آب در دسترس باشد

$$\sum_{1}^{n} A_i \leq A \qquad (۲)$$



شکل ۱- سیمای طرح شبکه آبیاری و زهکشی سد گلستان (منبع: شرکت سهامی آب منطقه_ای استان گلستان)

$$\sum_1^n A_i\, CWR_i \le CW \quad (۳)$$

CW آب مصرفی برای محصول بر حسب متر مکعب و CWR_i میزان کل آب در دسترس بر حسب متر مکعب می‌باشد.

بهره‌برداری از شبکه آبیاری و زهکشی گلستان توسط ۴ تعاونی تولید صورت می‌گیرد و الگوی کشت در این تحقیق برای هر تعاونی تولید با توجه به شرایط و محدودیت‌های هر تعاونی به صورت مجزا تعیین شده است. به طور خلاصه آمار و اطلاعات مورد نیاز در این پروژه به روش مطالعات میدانی و از طریق تکمیل پرسشنامه و مصاحبه حضوری با کشاورزان منطقه، آمار و اطلاعات سازمان جهاد کشاورزی، شرکت سهامی آب منطقه‌ای و سازمان هواشناسی استان گلستان گردآوری شده است. برخی از این اطلاعات

شامل: الگوی کشت فعلی منطقه، قیمت فروش و هزینه تولید محصولات، منابع آبی منطقه، آمار هواشناسی و... بوده است.

الگوریتم کلونی مورچه ها

الگوریتم کلونی مورچه برای اولین بار توسط دوریگو و همکاران (Dorigo et al, 1991) به عنوان یک راه حل چند عامله[1] برای مسائل مشکل بهینه‌سازی مثل فروشنده دوره گرد[2] ارائه شد. وقتی مورچه به دنبال غذا می‌گردد، در طول مسیر حرکت خود ماده بوداری به نام فرومون[3] از خود به جای می‌گذارد، که سایر مورچه هایی را که در جستجوی غذا هستند به عبور از آن مسیر تشویق می‌نماید. آن‌ها هنگام انتخاب بین دو مسیر به‌صورت احتمالاتی[4] مسیری را انتخاب می‌کنند که فرومون بیش‌تری داشته باشد یا به‌عبارت دیگر مورچه-های بیش‌تری قبلاً از آن عبور کرده باشند. این الگوریتم شامل دو ویژگی منحصر به فرد می‌باشد، تبخیر شدن فرومون و احتمال انتخاب مسیرهای دیگر به مورچه‌ها امکان پیدا کردن مسیر جدید کوتاه‌تر را می‌دهد. این دو ویژگی باعث ایجاد انعطاف در حل هرگونه مسئله بهینه‌سازی می‌شوند (عالم تبریز و همکاران،۱۳۹۰). برای استفاده از الگوریتم جامعه مورچگان در حل مسائل بهینه‌سازی باید مسئله به صورت یک گراف تعریف شود. هر مورچه برای حرکت از یک نقطه تصمیم به نقطه تصمیم دیگر باید از قانون تصمیم‌گیری به نام قاعده احتمال انتقال[5] استفاده نماید تا اینکه یک جواب کامل توسط هر مورچه تولید گردد. این قاعده شامل اطلاعات اکتشافی و اطلاعات مربوط به فرومون می‌باشد (رابطه ۴).

$$P_{ij}^k(t) = \begin{cases} \dfrac{[\tau_{ij}(t)]^{\alpha}[\eta_{ij}(t)]^{\beta}}{\sum_{j\in allowed_k}[\tau_{ik}(t)]^{\alpha}[\eta_{ij}(t)]^{\beta}} & if\ j \in allowed_k \\ 0 & otherwise \end{cases} \quad (۴)$$

که در آن $P_{ij}^k(t)$ احتمال ایتکه مورچه k ام در تکرار t که در نقطه تصمیم i قرار دارد، نقطه تصمیم j را انتخاب کند. $\tau_{ij}(t)$ میزان فرومون در مسیر (i,j) در تکرار t و $\eta_{ij}(t)$ میزان اطلاعات فرا اکتشافی[6] و یا میزان وضوح[7] نامیده می‌شود. این مقدار کاوشی برای مورچه مصنوعی مانند یک چشم عمل می‌کند و در حقیقت میدان دید مورچه از فضای مسئله است، که با توجه به شرایط هر مسئله توسط کاربر تعیین می‌شود. α و β پارامترهای قابل تنظیمی هستند که نسبت وزنی فرومون و اطلاعات کاوشی را مشخص می‌کنند. بعد از اینکه مورچه‌ها تور خود را کامل کردند، هر مورچه باید بر روی مسیرهایی که از آن¬ها عبور کرده است فرومون‌ریزی کند. به روز رسانی فرومون در الگوریتم‌های مختلف کلونی مورچه به صورت متفاوتی انجام می‌گیرد. انواع الگوریتم مورچه شامل: سیستم مورچه[8]، سیستم کلونی مورچه[9]، سیستم مورچه بیشینه-کمینه[10]، سیستم مورچه بر پایه رتبه[11]، سیستم مورچه بهترین-بدترین[12] می‌باشد. در این تحقیق از الگوریتم سیستم مورچه بیشینه- کمینه (MMAS) برای تعیین الگوی بهینه کشت شبکه آبیاری و زهکشی سد گلستان استفاده شده است.

سیستم مورچه بیشینه-کمینه (MMAS)

الگوریتم سیستم مورچه‌های بیشینه – کمینه (MMAS) توسط استوتزل و هوس (Stutzle and Hoos, 2000) ارائه گردید. در این الگوریتم با محدود کردن مقادیر فرومون به یک دامنه از پیش تعیین شده (τ_{min}, τ_{max}) از هم‌گرایی سریع آن اجتناب می‌شود. محدود کردن مقادیر فرومون باعث محدود کردن حداقل و حداکثر احتمال انتخاب گزینه‌های تصمیم شده و به این ترتیب تمامی گزینه‌های تصمیم، احتمال انتخاب شدن می‌یابند و لذا فضای جستجوی مورچه-ها گسترش می‌یابد. مقدار فرومون حداکثر در تکرار t توسط فرمول ۵ بدست می آید:

$$\tau_{max}(t) = \frac{1}{1-\rho}\frac{R}{f(s^{gb}(t))} \quad (۵)$$

1- Multi Agent
2- Traveling Sales Person (TSP)
3- Pheromone
4- probabilistic
5- Transition Probability

6- Heuristic Information
7- Visibility
8- Ant System
9- Ant Colony System
10- Max-min Ant System
11- Rank-based Ant System
12- Best-Worst Ant System

در معادله فوق $f(s^{gb}(t))$ اندازه تابع هدف در بهترین مسیر تا آن تکرار، ρ ضریب تبخیر و R ضریب بازگشت فرومون است. به این ترتیب در انتهای هر تکرار مقدار فرومون مسیرها کنترل می‌گردد تا از مقدار $\tau_{max}(t)$ تجاوز نکند. مقدار فرومون حداقل در تکرار t توسط فرمول ۶ به‌دست می‌آید:

$$\tau_{Min}(t) = \frac{\tau_{max}(t)(1-\sqrt[n]{p_{best}})}{(NO_{avg}-1)\sqrt[n]{p_{best}}} \qquad (۶)$$

p_{best} ضریبی است که هرچه کوچک‌تر باشد مرزهای فرومون ریزی و به تبع آن احتمال انتخاب گزینه‌های تصمیم به هم نزدیک‌تر می‌گردد، NO_{avg} میانگین تعداد گزینه‌های تصمیم در نقاط تصمیم است. MMAS از رابطه ۷ برای روزآمد کردن فرومون مسیرها استفاده می‌کند:

$$\tau_{i,j}(t+1) = \rho\tau_{i,j}(t) + \Delta\tau_{i,j}^{best}(t) \qquad (۷)$$

که در آن $\tau_{ij}(t+1)$ میزان فرومون در مسیر (i,j) در تکرار t+1 می‌باشد. $\Delta\tau_{i,j}^{best}(t)$ فرومون اضافه شده به بهترین مسیر در تکرار t ام است که از رابطه ۸ به دست می‌آید:

$$\Delta\tau_{i,j}^{best}(t) = \frac{1}{f(S^{best})} \qquad (۸)$$

$f(S^{best})$ می‌تواند میزان تابع هدف در بهترین مسیر تا آن تکرار یا میزان تابع هدف در بهتربن مسیر در همان تکرار در نظر گرفته شود.

همان‌گونه که مرزهای بیشینه- کمینه مورچه‌ها را ترغیب می‌کند تا به فضای گسترده‌تری برای یافتن جواب بهینه بپردازد، نحوه روزآمد کردن فرومون در الگوریتم MMAS موجب افزایش تمایل مورچه‌ها به همگرایی در مسیرهای بهتر می‌گردد (افشار و همکاران،۱۳۸۹).

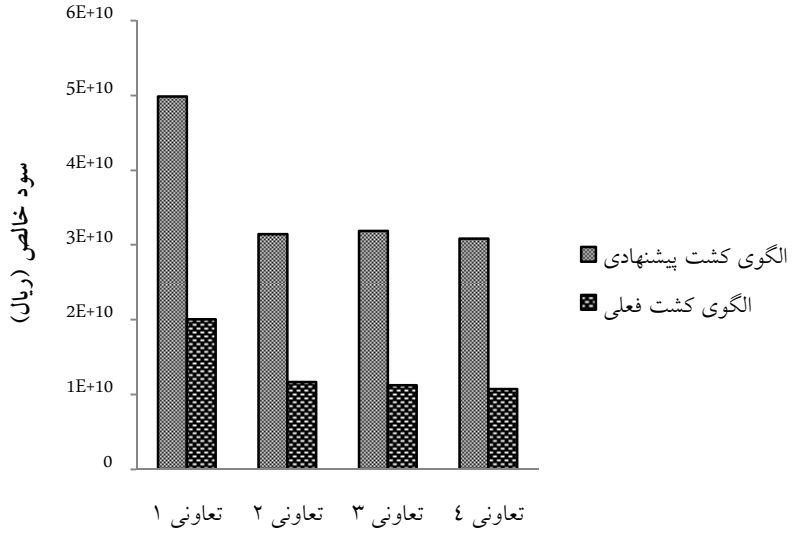
نتایج و بحث

روش‌های فراکاوشی به دلیل ماهیت تصادفی آن‌ها دارای پارامترهای آزادی هستند که با تغییر مقدار این پارامترها، عملکرد مدل، همگرایی و مرغوبیت جواب‌های تولید شده تغییر خواهد کرد. به همین دلیل می‌بایست قبل از کاربرد مدل مقدار این پارامترها برای عملکرد بهینه تنظیم شود. که با روش سعی و خطا مقادیر بهینه روش MMAS به صورت جدول شماره ۱ انتخاب شده‌اند. لازم به ذکر است پارامتر τ_0 میزان فرومن اولیه ای است که در ابتدای شروع به کار الگوریتم به طور یکسان بر روی تمامی مسیرهای حرکت مورچه-ها ریخته می‌شود.

جدول ۱- پارامترهای بهینه مدل MMAS

تعداد مورچه‌ها	α	β	ρ	τ	τ_1	τ_1
۱۰۰	۱	۰	۰/۰۵	۱۲۵	۱۲۵	۰/۰۱

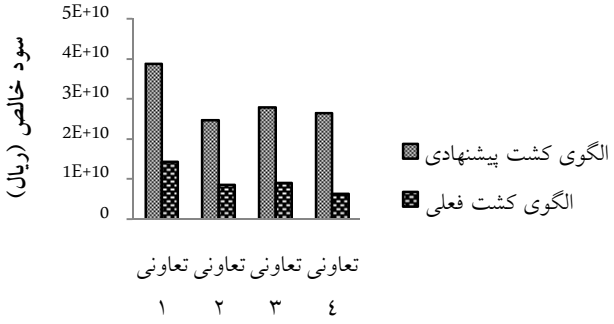
نتایج بهینه‌سازی به روش MMAS برای کشت پاییزه و تابستانه به ترتیب در جداول ۲ و ۳ نشان داده شده است. در کشت پاییزه بیش‌ترین مساحت کشت در همه تعاونی‌ها به محصول کلزا و در کشت تابستانه به محصول پنبه اختصاص یافته است. مدل به طور متوسط در ۴ تعاونی از ۹۵/۵ درصد زمین‌های موجود در کشت پاییزه و ۸۲ درصد زمین‌های موجود در کشت تابستانه استفاده کرده است.



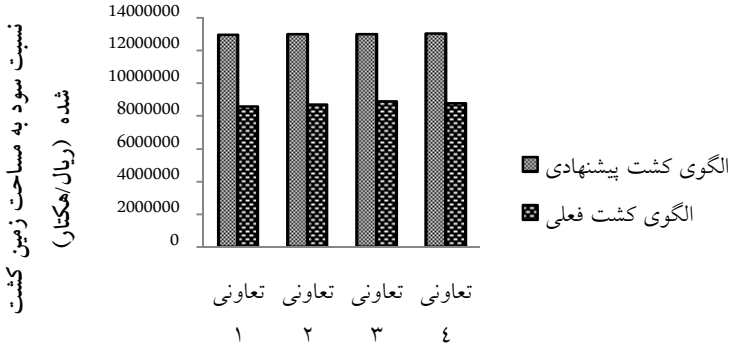
نمودار ۱- مقایسه سود حاصل از کشت محصولات پاییزه در الگوی کشت پیشنهادی و الگوی فعلی

جدول ۲- الگوی کشت پیشنهادی برای هر تعاونی در کشت پاییزه و ماکزیمم سود حاصل به روش MMAS (مساحت‌ها بر حسب هکتار می‌باشد)

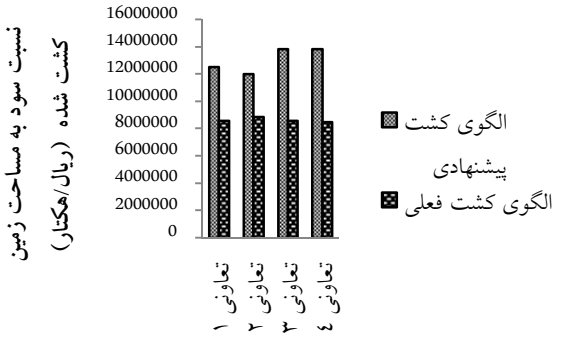
شرکت‌ها	مساحت بهینه محصولات قابل کشت			مساحت کل محصولات	کل مساحت قابل کشت	کل حجم آب موجود (m^3)	حجم آب مصرف شده (m^3)	حجم آب باقیمانده (m^3)	ماکزیمم سود(ریال)
	گندم	جو	کلزا						
تعاونی ۱	۳۵	۹۰	۳۷۲۸	۳۸۵۳	۳۸۶۰	۱۱۳۰۰۰۰۰	۲۷۸۶۷۸۷	۸۵۱۳۲۱۳	۴۹۸۳۳۲۱۲۰۳۰
تعاونی ۲	۵۳	۰	۲۳۶۵	۲۴۱۸	۲۴۲۰	۷۰۰۰۰۰۰	۱۷۵۸۹۰۶	۵۲۴۱۰۹۴	۳۱۴۲۸۲۱۴۹۴۰
تعاونی ۳	۱۹	۳۱	۲۳۹۸	۲۴۴۸	۲۴۵۰	۷۱۷۰۰۰۰	۱۷۷۶۴۹۷	۵۳۹۳۵۰۳	۳۱۸۳۰۰۲۱۰۳۰
تعاونی ۴	۲۷	۳۶	۲۳۰۶	۲۳۶۹	۲۴۰۰	۷۰۳۰۰۰۰	۱۷۱۷۲۴۵	۵۳۱۲۷۵۵	۳۰۸۲۰۹۶۳۴۵۰



نمودار ۲- مقایسه سود حاصل از کشت محصولات تابستانه در الگوی کشت پیشنهادی و الگوی فعلی



نمودار ۳- مقایسه سود حاصل به ازای هر هکتار زمین کشت شده در کشت پاییزه در الگوی کشت پیشنهادی و الگوی فعلی منطقه



نمودار ٤- مقایسه سود حاصل به ازای هر هکتار زمین کشت شده در کشت تابستانه در الگوی کشت پیشنهادی و الگوی فعلی منطقه

جدول ۳-الگوی کشت پیشنهادی برای هر تعاونی در کشت تابستانه و ماکزیمم سود حاصل به روش MMAS (مساحت‌ها بر حسب هکتار می‌باشد)

شرکت‌ها	مساحت بهینه محصولات قابل کشت					مساحت کل	کل مساحت	کل حجم آب	حجم آب مصرف	حجم آب	ماکزیمم سود
	ذرت علوفه ای	ذرت دانه ای	هندوانه آجیلی	آفتابگردان	سویا	پنبه تابستانه	محصولات	قابل کشت	شده (m^3)	باقیمانده (m^3)	(ریال)
تعاونی ۱	۱۵۷	۸۷۹	۱۸۳	۱۴۶	۱۰۰	۱۶۳۵	۳۱۰۰	۳۸۶۰	۱۰۸۹۳۵۹	۸۱۰۶۴۱	۳۸۹۱۲۶۳۹۳۸۵
تعاونی ۲	۴۴۹	۲۹۹	۲۸۹	۵	۴۸	۹۸۱	۲۰۷۱	۳۴۲۰	۷۰۷۸۳۸۰	۲۵۱۶۲۰	۲۴۸۶۶۳۹۱۲۵
تعاونی ۳	۳۱۲	۲۰	۹۸	۶۵	۴	۱۵۲۲	۲۰۲۱	۲۴۵۰	۷۱۲۵۶۳	۲۹۴۳۳۷	۲۸۰۱۴۹۰۲۳۳۰
تعاونی ۴	۴۵	۲۲۶	۵۷	۱۲۸	۳۶	۱۴۲۷	۱۹۱۹	۲۴۰۰	۶۸۴۸۷۹۸	۴۲۱۲۰۲	۲۶۶۱۵۴۸۴۱۹۵

هم‌چنین در کشت پاییزه به دلیل وجود بارندگی کافی در منطقه مدل از ۲۵ درصد آب در دسترس استفاده کرده است و ۷۵ درصد در مصرف آب صرفه جویی شده است که شامل ۲۴/۵ میلیون مترمکعب می‌شود. در صورت ذخیره سازی این حجم آب قابل توجه می‌توان زمین‌های بیش‌تری را در کشت تابستانه به زیر کشت محصولات آبی برد.

نمودارهای ۱ و ۲ میزان سود حاصل از الگوی کشت پیشنهادی و فعلی منطقه را با یکدیگر مقایسه می‌کند. همانطور که مشاهده می‌شود سود حاصل از کشت پیشنهادی به طور قابل توجهی از سود حاصل از الگوی کشت فعلی منطقه بیش‌تر می‌باشد. به طوری که در تعاونی شماره ۱، ۲، ۳ و ۴ به ترتیب ۱۴۹، ۱۶۹، ۱۸۳ و ۱۸۸ درصد افزایش سود در کشت پاییزه و۱۷۰/۶، ۱۸۸، ۲۰۲ و ۳۱۲ درصد افزایش سود در کشت تابستانه نسبت به الگوی کشت فعلی حاصل خواهد شد.

نمودارهای ۳ و ۴ میزان سود حاصل به ازای هر هکتار زمین کشت شده در الگوی کشت فعلی و پیشنهادی کشت پاییزه و تابستانه را با هم مقایسه می‌کند. در الگوی کشت پیشنهادی میزان بهره‌وری از زمین نسبت به الگوی کشت فعلی بیش‌تر است به طوری که در این الگو میزان بهره‌وری از زمین به ترتیب در کشت پاییزه و تابستانه به طور متوسط ۴۸/۷ و ۵۱/۵ درصد افزایش داشته است.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان می‌دهد الگوی کشت فعلی منطقه مورد مطالعه بهینه نبوده و از پتانسیل نهاده‌های موجود در منطقه به خوبی استفاده نمی‌کند. در صورت استفاده از الگوی کشت پیشنهادی این تحقیق سود حاصل از کشت به طور چشم‌گیری افزایش می‌یابد. الگوی کشت پیشنهادی نشان می‌دهد کشت محصول کلزا در کشت پاییزه و کشت محصول پنبه درکشت تابستانه باعث افزایش درآمد کشاورزان می‌شود. در کشت پاییزه به دلیل وجود بارندگی کافی در منطقه، ۷۵ درصد در مصرف آب صرفه‌جویی شده است که شامل ۲۴/۵ میلیون مترمکعب می‌شود. در صورت ذخیره‌سازی این حجم آب قابل توجه می‌توان زمین‌های بیش‌تری را در کشت تابستانه به زیر کشت محصولات آبی برد.

منابع

افشار،م.ه.، رضایی سنگدهی،م.ا.، معینی،ر. ۱۳۸۹. بهینه‌سازی بهره‌برداری از مخازن سدها با استفاده از فرایند تظریف تطبیقی احتمالاتی در الگوریتم مورچه‌ها. تحقیقات منابع آب ایران. ۶ ۱ : ۱-۱۳.

بنی بشر،م.، اعلمی،م،ت.، عباسی،ح. ۱۳۸۹. بهره‌برداری بهینه از سد چند منظوره علویان با استفاده از الگوریتم جامعه مورچگان. مجله دانش آب و خاک. ۲۰.۱ : ۴، ۱۳-۱

جلالی،م.ر.، افشار،ا. ۱۳۸۴. طراحی و بهره‌برداری بهینه هیدروسیستم-ها با الگوریتم جامعه مورچه‌ها، یک رهیافت فراکاوشی جدید. رساله دکتری، دانشگاه علم و صنعت ایران.

حیدری،م.، صبوحی،م.، پرهیزکاری،ا.، نوروزیان،م. ۱۳۹۱. بهینه‌سازی الگوی کشت با استفاده از مدل برنامه‌ریزی آرمانی (GP) در استان قزوین (مطالعه موردی: بخش رودبار الموت غربی). اولین کنفرانس ملی راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار در بخش‌های کشاورزی ، منابع طبیعی و محیط زیست.

طالبی،ب. ۱۳۹۱. مدل بهره‌برداری بهینه از منابع آب در شرایط بحرانی (خشک‌سالی، سیل، حوادث غیرمترقبه). پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده مهندسی آب و خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

عالم تبریز،ا.، زندیه،م.، رحیمی،م. ۱۳۹۰. الگوریتم‌های فرا ابتکاری در بهینه‌سازی ترکیبی. انتشارات صفار- اشراقی. چاپ دوم.

عمادی،ع.، کاکویی،س. ۱۳۹۱. بهینه‌سازی توزیع آب کانال BP14 شبکه آبیاری فومنات با استفاده از الگوریتم جامعه مورچگان. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۶. ۵: ۱۱۱۸-۱۱۰۹

قدمی،س،م.، قهرمان،ب.، شریفی،م،ب.، رجبی مشهدی،ح. ۱۳۸۸. بهینه‌سازی بهره‌برداری از سیستم‌های چند مخزنی منابع آب با استفاده از الگوریتم ژنتیک. مجله تحقیقات منابع آب ایران.۵ .۲: ۱۵-۱.

کارآموز،م. احمدی،آ. نظیف،س. ۱۳۸۵. چالش‌ها و فرصت‌های به کارگیری مدل‌های بهره‌برداری بهینه از سیستم_های منابع آب . اولین همایش منطقه‌ای بهره‌برداران از منابع آب حوضه‌های کارون و زاینده رود

کاکویی،س. عمادی،ع. ۱۳۹۲. کاربرد الگوریتم جامعه مورچگان در بهینه‌سازی توزیع آب (مطالعه موردی: کانال MC شبکه آبیاری البرز). مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، جلد بیستم، شماره دوم

مادح خاکسار،ا. آینه بند،ا.۱۳۹۰. طراحی زراعی – اقتصادی الگوی کشت شبکه آبیاری و زهکشی هندیجان با تأکید بر منابع آب. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران. ۱۰۹ :۳۸-۲۸

مجیدی،ن. علیزاده،ا. قربانی،م. ۱۳۹۰. تعیین الگوی کشت بهینه همسو با مدیریت منابع آب دشت مشهد-چناران. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۵. ۴ :۷۸۵-۷۷۶.

مقدسی،م.، مرید،س.، عراقی‌نژاد،ش. ۱۳۷۸. بهینه‌سازی تخصیص آب در شرایط کم آبی با استفاده از روش‌های برنامه‌ریزی غیرخطی، هوش جمعی و الگوریتم ژنتیک (مطالعه موردی). تحقیقات منابع آب ایران. سال چهارم، شماره ۳: ۱-۱۳.

Abbaspour,K.C., Schulin,R., Van Genuchten,M.T. 2001. Estimating Unsaturated soil hydraulic parameters using ant colony optimization. Advance Water Resources. 24: 827- 841

Baker,L., Keedwell.E., Randall Smith.M. 2008. Ant Colony Optimisation for Large-Scale Water Distribution Network Optimisation. AISB. 11:44-50

Dorigo,M., Maniezzo,V., Colorni,A. 1991. Ant System: Ant Autocatalytic Optimizing Process.

Gopi,A., Venkata,K.S., Kandukuri,N.R. 2011. Land Allocation Strategies Through Genetic Algorithm Approach–A Case Study. Global journal of research in engineering.11.4.

Kumar,D.N., Jangareddy,M. 2006. Ant Colony Optimization For Multi-Purpose Reservoir Operation. Journal Of Water Resources Management. 20: 879-898.

Mathur,Y. P., Sharma,G., Pawde,A.W. 2009. Optimal operation scheduling of Irrigation canals using Genetic Algorithm. International Journal of Recent Trends in Engineering 1.6: 11- 15

Stützle,T., Hoos, H .2000.MAX–MIN ant system. Future generation computer systems.16 .8:889:914

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 1, Vol. 9, Mar.-Apr. 2015, p. 66-74

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۱، جلد۹، فروردین -اردیبهشت ۱۳۹۴، ص. ۷۴-۶۶

The Determination of Optimal Crop Pattern with Max-min Ant System method (Case Study: Golestan Dam Irrigation and Drainage network)

Sh.Mirzaie[*1],M.Zakerinia[2], H.Sharifan[3] , M.Shahabifar[4]
Recived: Oct.11, 2014 Accepted: Apr.15, 2015

Abstract

In recent years, the Determination of Crop pattern with purpose the use of Optimum Available resources was considerded by Researchers and governments in order to Increasing the farmers' incoming. According to the Water Crisis, Factors of production Specially water as the most limitative factor in agriculture should be use Systematic and careful planning. In this study we determine the optimized crop pattern of Golestan dam irrigation and drainage network for maximizing the incoming of formers using of MMAS (maximum- minimum ant system). The Result show that the current cropping pattern is not optimize and with applying out suggested crop pattern, benefit per hectar land of plant would be increased especially in fall and summer cropping. Also the model result showed that in fall cropping because of some rainy days, some allocation of water need of crop would be supplied, And it may be saved up to 75 percent in water consumption with application Suggested cropping pattern that would be around 24.5 MCM water. In case of Storage The Significant volume of water You can cultivate the More land in summer.

Keywords: Optimization, cropping pattern, Ant Colony Optimization Algorithm, Max-min Ant System

1- M.Sc. Student,Agricultural Sciences and Natural Resources University Gorgan
2,3- Assistant and Associated Professor, Agricultural Sciences and Natural Resources University Gorgan
4- Assistant Professor of Soil and Water Research Institute, Karaj
(*-Corresponding Author Email: mirzai.shakiba@yahoo.com)