

تأثیر معیارهای اجتماعی، سیاسی و اقتصادی در بهینه‌سازی الگوی کشت زعفران با استفاده از الگوریتم جهش ترکیبی قورباغه

صادق صادقی طبس^{۱*}، عباس خاشعی سیوکی^۲، محسن پوررضا بیلندی^۳ و سید رضا هاشمی^۴

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب دانشگاه بیرجند

۲، ۳ و ۴- به ترتیب استادیار گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند

*- نویسنده مسئول: E-mail: sadeghitabas@yahoo.com

صادقی طبس، ص.، خاشعی سیوکی، ع.، پوررضا بیلندی، م.، و هاشمی، س. ر.، ۱۳۹۴. تأثیر معیارهای اجتماعی، سیاسی و اقتصادی در بهینه‌سازی الگوی کشت زعفران با استفاده از الگوریتم جهش ترکیبی قورباغه. نشریه پژوهش‌های زعفران. ۳(۲): ۱۳۳-۱۲۳.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۳/۰۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۹/۱۶

چکیده

الگوی کشت به عنوان یکی از مهمترین پارامترهای مؤثر در مدیریت منابع آب مطرح می‌باشد. تعیین الگوی کشت برای یک منطقه کشاورزی، با مجهولات فراوانی همراه است. تنوع محصولات قابل کشت، درصد کشت، میزان آب مورد نیاز، اشتغال، میزان سوددهی هر محصول و همچنین میزان منابع آب در دسترس مجموعه عواملی هستند که در تعیین الگوی کشت مناسب مؤثر می‌باشند. این تحقیق با هدف تعیین الگوی کشت بهینه در دشت بیرجند با استفاده از الگوریتم فراکاوشی جهش ترکیبی قورباغه انجام گرفت. در این مدل از معیارهای اقتصادی و اجتماعی جهت حداکثر کردن درآمد خالص، اشتغال نیروی کار و حداقل کردن آب مصرفی، هزینه محصولات و مقدار آب مجازی صادراتی استفاده شد. وزن معیارها بر اساس اطلاعات منطقه و مطالعات میدانی توسط روش تحلیل سلسله مراتبی تعیین گردید. این مدل پس از بدون بعد کردن معیارهای فوق‌الذکر به عنوان اهداف مدل و با دو سناریوی متفاوت مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در سناریوی اول زعفران، محصولات جالیزی، زیره سبز و سبزیجات، بالاترین حد مربوطه (با توجه به وجود محدودیت) از سطح زیر کشت را به خود اختصاص دادند، اما در سناریوی دوم که محدودیت اختصاص سطح زیر کشت به محصولات کاهش یافت، ابتدا زعفران و سپس محصولات جالیزی به ترتیب با مقادیر ۳۴/۸ و ۳۲/۵ درصد از کل سطح زیر کشت، بیشترین سطح را به خود اختصاص دادند. همچنین با توجه به اقلیم خشک منطقه میزان آب مصرفی نسبت به الگوی کشت پایه در سناریوی اول و دوم به ترتیب ۱۴ و ۲۰ درصد کاهش داشت.

واژه‌های کلیدی: مدیریت منابع آب، نیاز آبی، اشتغال زایی، دشت بیرجند، SFLA

مقدمه

آب مایه حیات و عامل اصلی فعالیت‌های کشاورزی به شمار می‌رود. هفتاد درصد آب مصرفی جهان به آبیاری اختصاص می‌یابد. در ایران نیز منابع آب تجدیدشونده کشور ۱۱۷ میلیارد مترمکعب است و از ۸۹/۵ میلیارد مترمکعب آب استحصال شده در کشور ۸۳ میلیارد (۹۳/۵ درصد) آن در بخش کشاورزی مصرف می‌گردد و علی‌رغم محدودیت شدید منابع آب بهره‌وری و کارایی استفاده از این منابع بسیار پایین است (Agricultural Statistical Yearbook, 2005). از این‌رو، استفاده بهینه از منابع آب موجود و توسعه از اولویت خاصی برخوردار است.

الگوی کشت به عنوان یکی از مهمترین پارامترهای مؤثر در مدیریت منابع آب مطرح می‌باشد. این الگو در مراحل اولیه طراحی با توجه به شرایط زمانی و مکانی، با در نظر گرفتن سیاست‌های کلان در بخش کشاورزی پیشنهاد گردیده و مبنای استفاده بهینه از منابع آب قرار می‌گیرد. الگوی کشت در شرایط بهره‌برداری دستخوش تغییرات زیادی در نوع و تراکم کشت گردیده که عمده دلایل آن را می‌توان در عواملی چون تغییر ارزش اقتصادی محصولات، تغییر مقدار کمی آب قابل دسترس در دوره‌های مختلف آبی، تغییر در مدیریت مزارع، پیشرفت سریع تکنولوژی و به تبع آن مکانیزه شدن کشاورزی، تغییر در سیاست‌های کلان ملی- منطقه‌ای در بخش کشاورزی و نارسایی‌های موجود در مدیریت بهره‌برداری از منابع آب جستجو نمود. الگوی کشت بهینه با میزان آب مصرفی، تولید و سود بهینه در تعامل بوده و از این‌رو، می‌تواند از دو جنبه افزایش درآمد و کارایی مصرف آب نقش قابل توجهی در بهبود مدیریت منابع آب ایفاء نماید. لذا بهینه‌سازی الگوی کشت همواره از مهم‌ترین راه‌کارهای پیش روی مدیران منابع آب در راستای دستیابی به بهبود بهره‌برداری از منابع آب بوده است (Nazarifar et al., 2012).

بسیاری از روش‌های بهینه‌سازی الهام گرفته از طبیعت بوده و بر اساس یکی از شیوه‌های گوناگون جستجوی تصادفی عمل کرده و به الگوریتم‌های فراکاوشی^۱ معروف می‌باشند (Borhani darian & Farahmandfar, 2011).

الگوریتم جهش ترکیبی قورباغه (SFLA^۲) یکی از انواع این الگوریتم‌هاست که از نحوه جستجوی غذای گروه‌های قورباغه سرچشمه می‌گیرد. در الگوریتم SFLA، هر قورباغه به عنوان ترکیبی از متغیرهای تصمیم در نظر گرفته شده و دسته‌ای از قورباغه‌ها، یک جمعیت را تشکیل می‌دهند که در جهت رسیدن به هدف خاصی حرکت می‌کنند. جهش قورباغه نمدادی از ارتقاء خصوصیات متغیرهای تصمیم موجود در آن در جهت حالت بهینه است و باعث بهبود عملکرد در جهت هدف می‌گردد. در طی فرآیند نیل به جواب بهینه، جمعیت به تعدادی زیرمجموعه تقسیم می‌شود. تأثیرگذاری و تأثیرپذیری قورباغه‌ها از هم در هر زیرمجموعه باعث اصلاح متغیرهای تصمیم می‌شود. بعد از چند مرحله تکامل، طی فرآیند ترکیب شدن زیرمجموعه‌ها و تشکیل جمعیت جدید، اطلاعات بین قورباغه‌ها منتقل شده و جستجوی هدفمند برای تعیین جواب بهینه صورت می‌گیرد. این روند تا برقرار شدن شرایط همگرایی مشخص (رسیدن به حد مشخصی از معیار خطا) ادامه می‌یابد (SadeghiTabas & Pourreza Bilondi, 2013).

کاربرد این الگوریتم برای اولین بار در منابع آب توسط ایوسف و لنسی (Eusuff & Lansey, 2003) انجام گرفت. آنها از این روش جهت تعیین قطر بهینه لوله‌ها در طراحی و توسعه شبکه توزیع آب شهری استفاده کردند و مدل کامپیوتری SFLANET^۳ را بر اساس این الگوریتم ارائه دادند. در این مدل از ابزار شبیه‌سازی EPANET به صورت ترکیب با مدل بهینه‌سازی الگوریتم SFLA استفاده شده است. نتایج حاصل با نتایج روش‌های مختلف (بهینه‌سازی خطی، الگوریتم ژنتیک و غیره) مقایسه و نشان داده شد که سرعت همگرایی و عملکرد این الگوریتم نسبت به سایر روش‌ها بهتر است. ایوسف و همکاران (Eusuff et al., 2006) با توسعه این الگوریتم، از آن برای حل مسایل بهینه‌سازی ترکیبی استفاده نموده و نیز آن را برای واسنجی مدل آب‌های زیرزمینی و طراحی شبکه توزیع آب به کار برد.

2- Shuffled Frog Leaping Algorithm (SFLA)

3 - Shuffled Frog Leaping Algorithm Network

1- Evolutionary Optimization Methods

عرض شمالی قرار گرفته و ۵/۴۷ درصد از مساحت کشور را به خود اختصاص داده است. در بخش محصولات زراعی، گندم، جو، پنبه، حبوبات، محصولات جالیزی و گیاهان علوفه‌ای در این استان کشت می‌شوند که الگوی کشت رایج در این منطقه در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- الگوی کشت پایه در منطقه مورد مطالعه

Table 1- Cropping pattern in the study area

وضعیت پایه Basic status	محصول product
33.4	گندم Wheat
18.9	جو Barley
11.8	پنبه Cotton
2.5	چغندر قند Sugar beet
1.3	سبزیجات Vegetables
2.4	جالیزی Cucurbits
12.2	زعفران Saffron
3.2	زیره سبز Cumin
14.3	نباتات علوفه‌ای Forage plants

بیش از ۶۰ درصد از اراضی زیر کشت استان را اراضی آبی تشکیل داده‌اند. خراسان جنوبی رتبه ۲۵ از نظر میزان تولید گندم و در دوم در تولید زعفران را در کشور به خود اختصاص داده است. شهر بیرجند به لحاظ جغرافیایی از یک موقعیت ویژه و استراتژیک برخوردار است. این شهر با قرارگیری در مسیر ارتباطی سه استان خراسان، سیستان و بلوچستان و کرمان و همچنین کشور افغانستان دارای جایگاه ویژه‌ای از لحاظ ارتباطی و امنیتی می‌باشد. همین مزیت یکی از دلایلی است که باعث گردیده تا شهر بیرجند به عنوان مرکز استان خراسان جنوبی انتخاب گردد و این امر باعث رشد و توسعه بیشتر و سریع‌تر محدوده مطالعاتی خواهد بود.

سینگ و همکاران (Singh et al., 2001) از مدل برنامه-ریزی خطی استفاده نمودند تا الگوی بهینه کشت را با هدف حداکثر کردن درآمد خالص در منطقه‌ای از پاکستان برآورد نمایند. در این مدل، میزان زمین و حداقل کشت گندم و برنج برای نیازهای غذایی کشاورزان به عنوان محدودیت‌های مدل در نظر گرفته شد که بر اساس نتایج حاصله سودآورترین کشت منطقه، کشت محصول گندم تعیین گردید. ژنگ و همکاران (Zeng et al., 2010) ضمن تأکید بر نقش مهم برنامه‌ریزی زراعی منطقه‌ای در مدیریت آب کشاورزی، از برنامه‌ریزی خطی چندهدف فازی به منظور تعیین الگوی بهینه کشت اقدام نمودند.

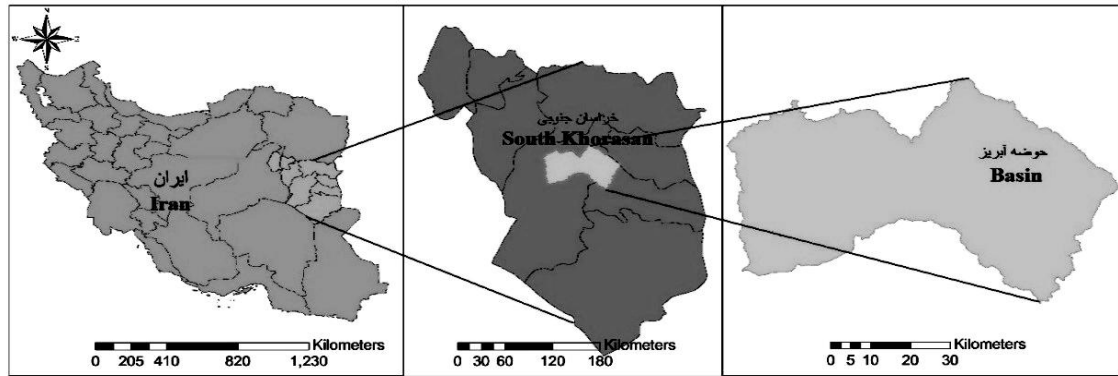
در ایران نیز اسدپور و همکاران (Asadpour et al., 2005) با بررسی نظریه و کاربرد مدل برنامه‌ریزی خطی آرمانی فازی در بهینه‌سازی الگوی کشت برای یک دشت در زیر حوضه هراز نتیجه گرفتند که با ایجاد انعطاف در آرمان‌ها در مدل فازی، منابع به نحو بهتری تخصیص می‌یابند و سطح زیر کشت توسعه پیدا می‌کند. زهرائی و اسلامی (Zahraei & Eslami, 2006) مدل الگوریتم ژنتیک جهت بهینه‌سازی الگوی کشت اراضی کشاورزی را با در نظر گرفتن اولویت‌های تخصیص آب و محدودیت‌های منابع آب ارائه دادند. نتایج مدل نشان‌دهنده ضرورت افزایش سطح زیر کشت خیار و گوجه فرنگی و کاهش قابل ملاحظه سطح زیر کشت گندم بود.

از آنجا که تاکنون گزارشی از کاربرد الگوریتم فراکاوشی جهش ترکیبی قورباغه در تعیین الگوی کشت بهینه منطقه ارائه نشده است، لذا این تحقیق قصد دارد با توجه به معیار-های سیاسی، اجتماعی و اقتصادی مورد نظر که در تناقض با یکدیگرند، میزان کارایی الگوریتم SFLA در تعیین الگوی کشت بهینه منطقه مورد مطالعه نشان داده شده است.

مواد و روش‌ها

موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

استان خراسان جنوبی در شرق ایران واقع شده و مرکز آن شهر بیرجند است. مساحت این استان ۸۲۸۶۴ کیلومترمربع است که بین ۵۷ درجه و ۴۶ دقیقه تا ۶۰ درجه و ۵۷ دقیقه طول شرقی و ۳۰ درجه و ۳۵ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۱۴ دقیقه



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه
Fig. 1- Geographical location of the study area

الگوریتم جهش ترکیبی قورباغه

هدف اصلی از بیان الگوریتم فوق، بیان مفهومی است که بتوان بدون استفاده از روابط ریاضی، از آن در حل مسائل پیچیده بهینه‌سازی، استفاده کرد. در مورد SFLA می‌توان گفت که الگوریتم فوق ترکیبی از دو الگوریتم ژنتیک بر مبنای MA^1 و الگوریتم بهینه‌سازی گروه ذرات PSO^2 است. در واقع، می‌توان گفت که SFLA از ترکیب مزیت‌های دو الگوریتم MA و PSO به وجود می‌آید.

این الگوریتم از زندگی گروهی قورباغه‌ها زمانی که بدنبال غذا می‌گردند الهام گرفته شده است. در این روش هر قورباغه بیانگر جوابی از مسئله می‌باشد. در روش مفروض جمعیت اولیه به چند گروه مجزا تقسیم گردیده که تعداد قورباغه‌های موجود در همه گروه‌ها با هم برابر است. بر اساس این تقسیم‌بندی دو نوع تکنیک جستجو در این الگوریتم وجود دارد، تکنیک اول که تکنیک جستجوی محلی است و بر اساس آن قورباغه‌ها در هر گروه با تبادل اطلاعات موقعیت خود را نسبت به غذا (بهترین جواب) بهبود می‌دهند و تکنیک دوم مربوط به تبادل اطلاعات بین گروه‌ها می‌باشد که بر اساس آن، بعد از هر جستجوی محلی در گروه‌ها، اطلاعات بدست آمده بین گروه‌ها با هم مقایسه می‌شود. در روش فوق مراحل زیر طی می‌شوند:

الف) تولید جمعیت اولیه بصورت تصادفی

جمعیت اولیه متشکل از P قورباغه که در آن P راه حل می‌باشد که به صورت معادله (۱) بیان می‌شود:

$$Population = \begin{bmatrix} X_1 \\ \vdots \\ X_P \end{bmatrix}_{(P) \times (2 \times N)} \quad (1)$$

پس از ارزیابی جمعیت اولیه بر اساس تابع هدف بایستی رتبه‌بندی جمعیت از بهترین به بدترین جواب مشخص شود.

ب) تقسیم قورباغه‌ها به m گروه، هر گروه شامل n قورباغه $P = m \times n$ است، به طوری که، تقسیم قورباغه‌ها در گروه‌ها به این صورت است که اولین قورباغه از جمعیت مرتب شده به اولین گروه می‌رود، دومین قورباغه به دومین گروه می‌رود و m امین قورباغه به m امین گروه می‌رود. $m+1$ امین قورباغه دوباره به اولین گروه می‌رود و به همین شکل ادامه می‌یابد تا اینکه در هر یک از m گروه n قورباغه قرار گیرد.

ج) در این مرحله جستجوی محلی صورت می‌گیرد، به این شکل که در هر گروه قورباغه‌هایی با بدترین و بهترین جواب مشخص شده و به ترتیب با X_w, X_b نشان داده می‌شود، همچنین قورباغه‌ای را که در کل جمعیت دارای بهترین جواب بوده مشخص شده و با X_g نشان داده می‌شود. سپس در هر گروه موقعیت بدترین قورباغه X_w به صورت زیر اصلاح می‌گردد (شکل ۲).

$$D_i = rand \times (X_b - X_w) \\ X_{w(new)} = X_{w(old)} + D_i \quad (2)$$

1- Memetic Algorithm

2- Particle Swarm Optimization (PSO)

توسط محققى به نام توماس ساعتى استاد دانشگاه پیتسبورگ ارائه شد (Saaty, 1994). این روش بر اساس تحلیل مغز انسان برای مسائل پیچیده و فازی پیشنهاد شده است (Asgharpour, 2008). این روش یک فرآیند تصمیم‌گیری قوی و انعطاف‌پذیر برای تعیین برتری‌ها و ساخت بهترین تصمیم با استفاده از معیارهای کمی و کیفی است. هم اکنون، مدل تحلیل سلسله مراتبی به عنوان یک روش ارزیابی مجتمع برای شناخت راه حل در مسائل پیچیده چندمعیاره در بسیاری از زمینه‌های کاربردی استفاده شده است (Saaty, 1980). در این روش، مسئله تصمیم‌گیری به سطوح مختلف هدف^۱، معیارها^۲، زیرمعیارها^۳ و گزینه‌ها^۴ تقسیم می‌شود. برای ساختن مدل تصمیم‌گیری، در بالاترین سطح، هدف و در سطح یا سطوح میانی، معیارها و در سطح پایین، گزینه‌های ممکن گذاشته می‌شود.

مهم‌ترین قابلیت روش تحلیل سلسله مراتبی در توانایی تبدیل ساختار سلسله مراتبی یک مسئله پیچیده چند شاخصه به ساختار بسط داده شده که برای درک بهتر تصمیم‌گیرنده از مسئله تصمیم‌گیری می‌باشد. این روش برای تعیین اهمیت نسبی معیارها یا گزینه‌ها از مقایسه زوجی^۵ (دوتایی) عناصر تصمیم‌گیری با در نظر گرفتن معیارها یا گزینه‌ها بهره می‌گیرد (Saaty, 2001).

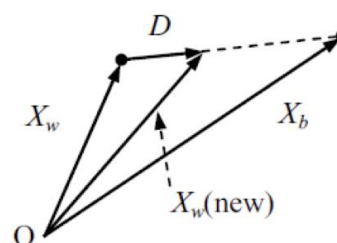
معیارهای بکار رفته، تابع هدف و قیود مسأله بهینه سازی

معیارهای مورد استفاده در مسأله بهینه‌سازی عبارتند از:

۱. درآمد خالص
۲. اشتغال نیروی کار
۳. آب مصرفی
۴. هزینه محصولات
۵. آب مجازی صادراتی

در ادامه تابع هدف و قیود مسأله بهینه‌سازی در هر سناریو ارائه گردیده است.

$$-D_{\max} \leq D_i \leq D_{\max}$$



شکل ۲- نمایش جهش بدترین قورباغه به سمت بهترین قورباغه

Fig. 2- Schematic representation of worst particle toward best particle

در معادله (۲)، $rand$ یک عدد تصادفی بین صفر و یک می‌باشد و D_{\max} هم بیانگر بیشترین جابجایی که قورباغه می‌تواند داشته باشد. پس از اعمال تغییرات فوق در صورتی که قورباغه در موقعیت جدید $X_{w(new)}$ دارای پاسخ (تابع هدف) بهتری نسبت به موقعیت قبلی $X_{w(old)}$ بود، موقعیت قبلی قورباغه با موقعیت جدید جایگزین شده و در صورتی که جواب بهبود پیدا نکرد، روابط (۲) تکرار می‌گردد با این تفاوت که در حالت جدید بجای X_b در روابط فوق X_g قرار می‌گیرد. اگر با اعمال تغییر فوق باز هم در جواب بهبودی حاصل نشد، یک جواب بصورت تصادفی تولید شده و جایگزین X_w می‌شود. به دلیل اینکه همه درایه‌های بردار X اعداد صحیح هستند، پس از هر بار اعمال روابط (۲) بایستی جواب حاصله گرد شود.

(د) مرحله ج برای تعداد مشخص تکرار ادامه می‌یابد.

(ه) در این مرحله پس از بهبود موقعیت قورباغه‌ها، جمعیت جدید از بهترین جواب تا بدترین جواب مرتب می‌شود.

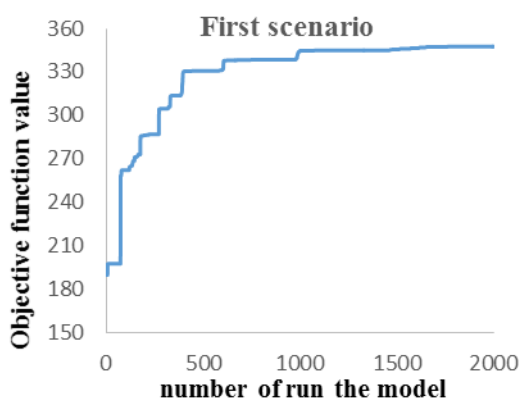
(ی) در صورتی که شرایط توقف الگوریتم حاصل شد، الگوریتم متوقف می‌شود در غیر این صورت، به مرحله ب بازگشته و سایر مراحل تکرار می‌گردد.

روش تحلیل سلسله مراتبی

روش تحلیل سلسله مراتبی یکی از تکنیک‌های قدرتمند تصمیم‌گیری چندمعیاره می‌باشد که در سال ۱۹۹۴ میلادی

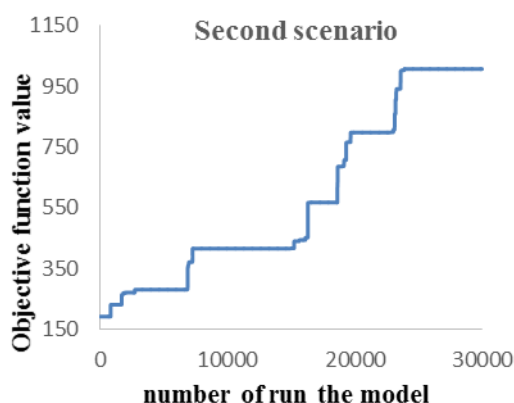
- 1- Goal
- 2- Criteria
- 3- Subcriteria
- 4- Alternatives
- 5- Pairwise comparison

پس از تعریف مسأله بهینه‌سازی، مسأله بهینه‌سازی با الگوریتم جهش ترکیبی قورباغه تلفیق شد و مدل بهینه‌سازی ارائه گردید. سپس مدل مذکور برای هر سناریو اجرا گردید. مدل با اعمال سناریوی اول پس از ۱۵۰۰ بار اجرای مدل به همگرایی رسید که نتایج آن در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۳- روند همگرایی مدل بهینه‌سازی در سناریو اول
Fig. 3- The convergence of the optimization model is first scenario

همچنین با اعمال سناریوی دوم در مدل، مدل بهینه‌سازی پس از ۲۵۰۰۰ بار اجرای مدل به هم‌گرایی رسید که نتایج آن در شکل ۴ نشان داده شده است.



شکل ۴- روند همگرایی مدل بهینه‌سازی در سناریو دوم
Fig. 4- The convergence of the optimization model is second scenario

$$\text{Max } D = \sum_{j=1}^n M_k C_j X_j \quad (3)$$

S.T.

$$\sum_{j=1}^n X_j = A_t$$

(محدودیت سناریو اول)

$$0.5AP_j \leq X_j \leq 1.5AP_j$$

$$0 \leq X_j \leq 0.5A_t$$

(محدودیت سناریو دوم)

$$\sum_{j=1}^n W_j X_j \leq W_t$$

(محدودیت کنترل آب در دسترس)

که در آن، M_k : وزن معیارها، Z محصولات، C_j : مقدار معیارهای فوق‌الذکر برای هر محصول، X_j سطح کشت هر محصول، A_t : مساحت کل دشت (هکتار)، AP_j : مساحت کاشت محصول Z در وضع موجود (هکتار)، W_j : مقدار آب مصرفی محصول Z در هکتار و W_t : کل آب در دسترس می‌باشد.

نتایج و بحث

جهت تعریف مسأله بهینه‌سازی می‌بایست وزن معیارهای مذکور برای محاسبه تابع هدف تعیین گردد، برای این منظور در این بخش ابتدا مقایسات زوجی معیارها به کمک پرسش از کشاورزان خبره و کارشناسان کشاورزی مشخص شد. سپس در مرحله بعد معیارها به کمک نرم‌افزار Expert Choise و مدل تحلیل سلسله مراتبی^۱ وزن‌دهی گردید (Nakhaei, 2012). برای ارائه تابع هدف و قیود بهینه‌سازی به الگوریتم SFLA، مقادیر معیارها بدون بعد گردید و سپس در تابع هدف به عنوان ضریب متغیر سطح زیر کشت منظور شد. نتایج وزن-دهی معیارها و مقادیر واقعی معیارهای مذکور برای هر محصول به ترتیب در جدول‌های ۲ و ۳ نمایش داده شده است.

1- Analytic Hierarchy Process (AHP)

جدول ۲- وزن دهی معیارهای بکار رفته در این تحقیق با استفاده از AHP (Nakhei, 2012)

Table 2- Weighting the criteria used in this study using AHP(Nakhei, 2012)

آب مصرفی Water use	درآمد خالص Net income	هزینه تولید Cost of production	اشتغال Occupation	آب مجازی Virtual water	معیار Criteria
0.407	0.264	0.172	0.097	0.06	وزن Weight

جدول ۳- مقادیر واقعی معیارهای مذکور برای هر محصول در منطقه مورد مطالعه (Nakhei, 2012)

Table 3- Actual values of the criteria for each product in the study area(Nakhei, 2012)

آب مصرفی (هزار متر مکعب در هکتار) Consumption Water (1000*m ³ /Ha)	درآمدخالص (میلیون ریال در هکتار) Net income milion) rial per (hectare	هزینه تولید (میلیون ریال در هکتار) Cost of production milion rial) (per hectare	اشتغال (نفر-کار در هکتار) Occupation People) working in (hectares	آب مجازی (کیلوگرم در متر مکعب) Virtual water (kg.m ⁻³)	معیار
8.03	9.02	7.2	18	0.42	گندم Wheat
7.6	6.45	5.5	14	0.34	جو Barley
15.23	11.27	13.3	44	0.22	پنبه Cotton
18.22	16.08	13.5	38	1.96	چغندر قند Sugar beet
14.69	17.75	25.9	87	1.05	سبزیجات Vegetables
12.94	21.01	22.4	74	1.72	محصولات جالیزی Cucurbits
5.87	67.33	29.6	109	0.11	زعفران Saffron
5.27	13.25	4.3	54	0.15	زیره سبز Cumin
20.59	17.24	12.6	32	0.47	نباتات علوفه‌ای Forage plants

محصولات جالیزی زیره‌سبز با ۲۵/۴۷ درصد از کل سطح زیر کشت، در رتبه سوم قرار دارد. این در حالی است که مساحت کشت بهینه محصولات آب‌بر مانند پنبه، چغندرقد و نباتات علوفه‌ای با مقدار حداقل (صفر) مواجه گردید که به دلیل مصرف زیاد آب در منطقه مورد مطالعه که دارای اقلیم خشک می‌باشد، قابل انتظار می‌باشد.

همچنین پس از اعمال دو سناریوی مذکور نسبت مقادیر معیارهای به کار رفته به مقادیر اولیه برای هر سناریو در جدول ۵ ارائه شده است.

جدول ۵- مقایسه نسبی مقادیر معیارهای دو سناریوی بکار رفته به مقادیر اولیه

Table 5- Comparison of relative criteria to initial values for each scenario

سناریوی دوم Second scenario	سناریوی اول First scenario	معیار Criteria
0.80	0.86	آب مصرفی Water in used
1.96	1.18	درآمد خالص Net income
1.74	1.08	هزینه تولید Cost of production
2.19	1.12	اشتغال Occupation
1.69	0.98	آب مجازی Virtual water

همانطور که در جدول فوق مشاهده می‌شود، با توجه به اقلیم خشک منطقه آب مصرفی نسبت به الگوی کشت پایه در سناریوی اول و دوم به ترتیب برابر با ۱۴ و ۲۰ درصد کاهش یافت. همچنین میزان درآمد خالص در سناریوی اول و دوم به ترتیب ۱۸ و ۹۶ درصد افزایش داشت.

نتیجه‌گیری

الگوی کشت به عنوان یکی از مهمترین پارامترهای مؤثر در مدیریت منابع آب مطرح می‌باشد. این تحقیق با هدف تعیین الگوی کشت بهینه در منطقه مورد مطالعه با استفاده از الگوریتم فراکاوشی جهش ترکیبی قورباغه انجام گرفت. این مدل پس از بدون بعد کردن معیارهای فوق‌الذکر به عنوان اهداف مدل و با دو سناریو متفاوت مورد بررسی قرار گرفت.

در جدول ۴ درصد اختصاص یافته به هر یک از محصولات مورد بحث، در هر یک از الگوهای کشت مربوطه نمایش داده شده است.

جدول ۴- وضعیت الگوهای مختلف زراعی (بر حسب درصد سطح زیر کشت)

Table 4- Status of different crop patterns (percentage of cultivated area)

سناریو دوم Second scenario	سناریو اول First scenario	وضعیت پایه Basic status	محصول product
0	47.59	33.4	گندم Wheat
0	9.45	18.9	جو Barley
0	5.90	11.8	پنبه Cotton
0	1.25	2.5	چغندرقد Sugar beet
7.21	1.95	1.3	سبزیجات Vegetables
32.51	3.60	2.4	محصولات جالیزی Cucurbits
34.79	18.30	12.2	زعفران Saffron
25.47	4.80	3.2	زیره‌سبز Cumin
0	7.15	14.3	نباتات علوفه‌ای Forage plants
100	100	100	جمع کل Sum of total

در جدول ۴ نتایج وضعیت کشت محصولات زراعی در حالت بهینه با دو سناریوی مذکور نشان داده شده است.

الگوی بهینه در سناریوی اول زعفران، محصولات جالیزی، زیره‌سبز و سبزیجات، بالاترین حد مربوطه با توجه به محدودیت تعریف شده (افزایش یا کاهش ۵۰ درصدی از وضعیت پایه) از سطح زیر کشت را به خود اختصاص دادند. در سناریوی دوم که محدودیت اختصاص سطح زیر کشت به محصولات کاهش یافت و هر محصول می‌توانست حداکثر نیمی از سطح کشت کل را به خود اختصاص دهد، ابتدا زعفران (به دلیل چند عامل مهم از جمله بیشترین میزان اشتغال‌زایی و درآمد خالص و کمترین مقدار آب مجازی) و سپس محصولات جالیزی به ترتیب با مقادیر ۳۴/۸ و ۳۲/۵ درصد از کل سطح زیر کشت، بیشترین سطح زیر کشت را به خود اختصاص دادند. لازم به ذکر است پس از زعفران و

بیشترین سطح زیر کشت را به خود اختصاص دادند. لازم به ذکر است پس از زعفران و محصولات جالیزی زیره سبز با ۲۵/۴۷ درصد از کل سطح زیر کشت، در رتبه سوم قرار دارد. در حالی که مساحت کشت بهینه محصولات آب بر مانند پنبه، چغندر قند و نباتات علوفه‌ای با حداقل (صفر) مواجه گردید که به دلیل مصرف زیاد آب در منطقه که دارای اقلیم خشک می-باشد قابل انتظار می‌باشد. با توجه به نتایج و با در نظر گرفتن اقلیم خشک منطقه، جهت کاهش آب مصرفی، هزینه‌های تولید و آب مجازی و افزایش اشتغال‌زایی و درآمد خالص، الگوهای کشت بهینه ارائه شده در منطقه پیشنهاد می‌گردد.

در سناریوی اول زعفران، محصولات جالیزی، زیره سبز و سبزیجات، بالاترین حد مربوطه با توجه به محدودیت تعریف شده (افزایش یا کاهش ۵۰ درصدی از وضعیت پایه) از سطح زیر کشت را به خود اختصاص دادند. در سناریوی دوم که محدودیت اختصاص سطح زیر کشت به محصولات کاهش یافت و هر محصول می‌توانست حداکثر نیمی از سطح کشت کل را به خود اختصاص دهد، ابتدا زعفران (به دلیل چند عامل مهم از جمله بیشترین میزان اشتغال‌زایی و درآمد خالص و کمترین مقدار آب مجازی) و سپس محصولات جالیزی به ترتیب با مقادیر ۳۴/۸ و ۳۲/۵ درصد از کل سطح زیر کشت،

منابع

- Agricultural Statistical Yearbook., 2005. Statistical and Information Technology Office, Ministry of Agriculture. [In Persian].
- Asadpour, H., Khalilian, S., Peikani, G., 2005. Theory and application of fuzzy linear programming model in optimization of cropping pattern. *Agric. Econ. Dev.* 309, 307-338.
- Asgharpour M.J., 2008. Multiple Criteria Decision Making. Fifth Edition. Tehran University Press. Pp. 26-47. [In Persian].
- Borhani Darian A.R., Farahmandfar Z., 2011. Calibration of rainfall-runoff models using MBO algorithm. *Iran. Soc. Irrig. Water Engin.* 1(4), 60-71.
- Eusuff, M., Lansey, K., 2003. Optimization of water distribution network design using the shuffled frog leaping algorithm. *J. Water Resour. Plann. Manag.* 129(3), 210-225.
- Eusuff, M., Lansey, K., Pasha, F., 2006. Shuffled frog-leaping algorithm: a memetic meta-heuristic for discrete optimization. *Engin. Optim.* 38(2), 129-154. [In Persian with English Summary].
- Nakhei, M., 2012. A study on hierarchy analysis for determination appropriate crop pattern (Case study: Birjand plain). MSc Thesis water resources management, University of Birjand. [In Persian with English Summary].
- Nazarifar, M.H., Behbahani, S.M.R., Momeni, R., 2012. Evaluation of different deficit irrigation scenarios and determine of optimal hydromodoul and area of eropping pattern in the deficit irrigation conditions. *J. Irrig. Sci. Engin.* 35(2), 91-106. [In Persian].
- Saaty, T.L., 1980. *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource, Allocation.* The 1st Edition. McGraw-Hill, New York. pp. 55-126.
- Saaty, T.L., Vargas, L.G., 1994. *Decision Making with the Analytic Hierarchy Process.* RWS Publications. 83-98.
- Saaty, T.L., 2001. The allocation of intangible resource: The analytic hierarchy process and linear programming. *Socio-Econ. Plan. Sci.* 37(3), 169-184.
- SadeghiTabas, S., Pourreza Bilondi, M., 2013. Calibration of conceptual rainfall-runoff model using shuffled frog leaping algorithm. Fifth Conference on Water Resources Management in Iran. Shahid Beheshti University. [In Persian].
- Singh, D.K., Jaiswal, C.S., Reddy, K.S., Singh, R.M., Bandarkar, D.M., 2001. Optimal cropping pattern in a canal command area. *Agric. Water Manag.* 50, 1-8.
- Zahraei, B., Eslami, A., 2006. Conjunctive use of surface and groundwater resources - Genetic

algorithm and linear programming. The 2nd Conference on Water Resources Management in Iran. University of Technology Esfahan [In Persian].

Zeng, X., Kang, S., Li, F., Zhang, L., Guo, P., 2010. Fuzzy multi-objective linear programming applying to crop area planning. *Agric. Water Manag.* 98, 134-142.

Effects of social, political and economic criteria on optimization of saffron cropping pattern by using shuffled frog leaping algorithm

Sadegh Sadeghi Tabas^{1*}, Abbas Khashei Siuki², Mohsen Pourreza Bilondi³ and Sayed Reza Hashemi⁴

1- MSc Student of Water Resources Engineering, University of Birjand.

2, 3, 4- Assistant Professor, Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Iran, respectively.

*- Corresponding author E-mail: sadeghitabas@yahoo.com

Sadeghi Tabas, S., Khashei Siuki, A., Pourreza Bilondi, M., and Hashemi, S.R., 2015. Effects of social, political and economic criteria on optimization of saffron cropping pattern by using shuffled frog leaping algorithm. Journal of Saffron Research. 3(2): 122-133.

Submitted: 25-05-2014

Accepted: 07-12-2014

Abstract

Cropping pattern is considered as one of the most important parameters of water resources management. Determining the cropping pattern for an agricultural area has many unknowns' variables. Cropping typing, of the cultureable, culture percentage, amount of the water requirement, employment, the profitability of each crop and the amount of available water resources are factors that have effective in determining the appropriate cropping pattern. This research aims were extend optimal model of plant pattern determined by heuristic model of shuffled frog leaping algorithm. For these purposes, economic and social factors of net income, job engagement and minimization of water use, crop production cost and virtual water trade amounts were used. The factor weights were calculated based on collected data by analytical heuristic processes method (AHP). Two different scenarios were performed based on the mentioned dimensionless parameters. In the first scenario, the results showed that saffron, cucurbits, cumin and vegetables had the most land area (by considering limitations), while in the second scenario (which was cultivated land area with more limitations) saffron and cucurbits with 34.8 and 32.5% of total cultivated area had highest cultivated area, respectively. Also, with respect to aridity of the region, water use in two suggestive scenarios compared to the basic crop pattern reduced by the amounts of 14 and 20%, respectively.

Keywords: Water Resources Management, Crop pattern, Birjand plain, SFLA