Archive of SID

تحقیقات منابع آب ایران
Iran-Water Resources Research

سال پانزدهم، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۸
Volume 15, No. 2, Summer 2019 (IR-WRR)
۹۸-۱۰۸

ارزیابی و انتخاب بهینه معیارهای الگوی کشت مبتنی بر توسعه پایدار

الهام کاظمی کرانی[۱]، مرضیه ثمره‌هاشمی[۲*]،
سودابه گلستانی کرمانی[۳] و میثم ثمره قاسم شعبجره[۴]

چکیده

بحران کم آبی و سهم بالای بخش کشاورزی در استفاده از منابع آبی، منجر شده است که همواره مطالعات بسیاری جهت بهبود مصرف آب در بخش کشاورزی انجام شود که تعداد قابل ملاحظه‌ای از این مطالعات به اجرای الگوی کشت بهینه، جهت استفاده مناسب از منابع آبی موجود در بخش کشاورزی تأکید کرده‌اند. اما در این میان به تأثیر و نقش معیارهای انتخابی کشت محصولات در تعیین الگوی کشت و تأثیر آن بر کارایی استفاده از منابع آبی کمتر توجه شده است. برای تعیین الگوی کشت و بررسی کارایی یک محصول در هر منطقه معیارهای بسیاری وجود دارد که انتخاب هر سری از معیارها، منجر به نتایج متفاوت می‌گردد. به همین دلیل بررسی و مطالعه جهت انتخاب مناسب معیارهای الگوی کشت که منجر به استفاده بهینه از منابع آبی در بخش کشاورزی شود، امری ضروری می‌باشد. در این راستا در مقاله حاضر با چشم‌انداز توسعه پایدار، معیارهای مختلف الگوی کشت مورد ارزیابی قرار گرفته و در نتیجه یازده معیار به عنوان معیارهای اصلی انتخاب شده و برای دو محصول پسته و گل‌محمدی در حوضه "کویر درانجیر" در استان کرمان اولویت‌بندی و بررسی می‌شوند. این اولویت‌بندی در قالب یک مسأله بهینه‌سازی با تابع هدفی مبتنی بر توسعه پایدار پیشنهاد و جستجو می‌شود. حل این مسأله از طریق روش‌های الگوریتم ژنتیک تصادفی و آشوبناک (تنت، هنون و لجستیک) مورد مطالعه قرار داده می‌شود. نتایج عددی حل این مسأله نشان از قابلیت بهتر الگوریتم ژنتیک آشوبی تنت نسبت به دیگر روش‌های مزبور دارد. همچنین تحلیل نتایج عددی حاصله از حل این مسأله بهینه‌سازی، نشان می‌دهد که اولویت معیارها برای تعیین الگوی کشت به ترتیب دسته معیارهای زیست‌محیطی، اقتصادی، و اجتماعی می‌باشد.

کلمات کلیدی: توسعه پایدار، معیار، الگوریتم ژنتیک تصادفی، الگوریتم ژنتیک آشوبی، بهینه‌سازی.

تاریخ دریافت مقاله: ۹۷/۷/۸

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۷/۱۰/۲۶

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه باهنر کرمان.
۲- استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه باهنر کرمان.
۳- استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه باهنر کرمان.
۴- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد علوم رایانه، گروه علوم رایانه، دانشکده ریاضی و کامپیوتر، دانشگاه باهنر کرمان.
*- نویسنده مسئول
بحث و مناظره (Discussion) در مورد این مقاله تا پایان پائیز ۱۳۹۸ امکانپذیر است.

Assessment and Optimum Selection of Crop Pattern Criteria Relying on Sustainable Development

E. Kazemi Korani [1], M. Samareh Hashemi [2], S. Golestani Kermani[3], and M. Samareh Ghasem Shabjareh[4]*

Abstract

Due to the water crisis and the large share of agriculture sector in water withdrawal, many studies have focused on water efficiency improvement in agriculture emphasizing on optimal crop pattern implementation as one solution. However, less attention has been paid to the effect and role of crop pattern criteria in the determination of crop pattern and efficiency of water resources use. There are many crop pattern criteria which can be used in determining crop pattern and crop efficiency in a selected area. Selecting different criterion results in different outcomes. Therefore, proper selection of criteria is pivotal to the optimal use of water resources. In this paper crop pattern criteria has been evaluated relying on sustainable development. Eleven criteria have been selected as the main criteria and prioritized for Pistachio and Damask rose in Kavirdaranjir Basin. To prioritize the criteria an optimization problem, which its objective function is based on sustainable development, has been developed. The problem has been solved, using random and chaotic (Tent, Henon, and Logistic) genetic algorithms. The results showed that the performance of Tent chaotic genetic algorithms was the best compared to other selected algorithms. In addition, the analysis of optimization problem results showed the priority of the criteria sets as the environmental, economic and social category.

***Keywords*:** Sustainable Development, Criterion, Stochastic Genetic Algorithm, Chaotic Genetic Algorithm, Optimization.

Received: September 30, 2018
Accepted: January 16, 2019

1- M.Sc. Graduate of Water Resources Engineering, Department of Water Engineering, College of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman.
2- Assistant Professor, Department of Water Engineering, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran. Email: samare@uk.ac.ir
3- Assistant Professor, Department of Water Engineering, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran. Email: s.golestani@uk.ac.ir
4-M.Sc. Graduate of Computer Science, Department of Computer Science, College of Mathematics and Computer Science, Shahid Bahonar University of Kerman.
*- Corresponding Author

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

با توجه به کمبود شدید منابع آب در بیشتر حوضه‌های آبریز کشور و آشکار شدن اثرات سوء نابودی ذخایر آبی، محققین و کارشناسان به ارائه راهکارهایی از جمله تغییر یا اصلاح الگوی کشت، افزایش بهره‌وری آب به خصوص در کشاورزی و به طور کلی مدیریت تقاضا به جای توسعه عرضه، برای مصرف بهینه آب پرداخته‌اند (Agah et al., 2016). اما در مورد راهکار اصلاح الگوی کشت، به تأثیر و نقش معیارها در تعیین الگوی کشت کمتر توجه شده است. به عبارت دیگر، انتخاب معیارهای متفاوت نتایج بسیار متفاوتی در توجیه ارجحیت کشت محصول، خواهد داشت. به عنوان مثال محصول پسته با توجه به معیار ارزآوری بر محصول گندم ارجحیت دارد، اما با توجه به معیار مصرف آب محصول گندم بر محصول پسته ارجحیت خواهد داشت (Agah et al., 2016). در این راستا برای شناسایی معیارهای مختلف تعیین الگوی کشت که مورد توجه محققین و برنامه‌ریزان قرار گرفته است، به بررسی پژوهش‌های مختلف در این مورد پرداخته شده است.

در اغلب مطالعات مربوط به تعیین الگوی کشت معیار اقتصادی سوددهی به عنوان معیار اصلی تعیین الگوی کشت مدنظر قرار داده شده است. برخی از محققین از جمله Hao et al. (2018) تنها از این معیار استفاده کرده‌اند که بر این اساس محصول ذرت را نسبت به سیب‌زمینی، گندم، دانه‌های روغنی و پنبه به عنوان محصولی که بیشترین سطح زیر کشت باید به آن اختصاص داده شود، معرفی کرده‌اند. AminiFaskhodi and Noori (2011) تصریح می‌کنند که به دلیل پیچیدگی سامانه‌های زراعی باید از ابعاد و جوانب مختلف الگوی کشت را بررسی کرد، بنابراین معیار اشتغال به ازای حجم آب مصرفی را نیز جهت تعیین الگوی کشت بهینه مد نظر قرار می‌دهند. همچنین معیارهای سود و مقدار آب مصرفی با وزن‌های مختلف توسط Fathi and Zibaei (2012) برای تعیین الگوی کشت مورد استفاده قرار گرفتند. Barikani et al. (2012) علاوه بر معیار سود خالص، معیارهای طول دوره رشد و نیاز آبی محصول را در مطالعه خود در نظر می‌گیرند. همچنین معیار عملکرد تولید محصول در کنار معیار سوددهی توسط Srivastava and Singh (2015) و Birhanu et al. (2015) مورد توجه قرار گرفته است. DaneshvarKakhaki (2009) و Regulwar and Gurave (2013)، در کنار این معیارها به معیار مصرف کود شیمیایی نیز توجه کرده‌اند. علاوه بر این، معیارهای تبخیر و تعرق و عملکرد محصول همچنین هزینه و قیمت مربوط به هر محصول به طور جداگانه توسط Zeng et al. (2010) در تعیین الگوی کشت مورد استفاده قرار گرفته‌اند. Vafaeinezhad (2016) در کنار معیارهای اقتصادی مانند سوددهی و معیار نیاز آبی گیاه به معیار دوره رشد نیز اشاره کرده است. معیارهای رضایت‌مندی از در دسترس بودن آب و امنیت غذایی نیز می‌توانند معیارهای مهمی در تعیین الگوی کشت باشند که توسط Bojang et al. (2016) و Osma et al. (2017) مورد توجه قرار گرفته‌اند. Fallahi and Gholinezhad (2016) و Nofal et al. (2012) نیز معیارهای بیشتری از جمله سازگاری منطقه‌ای، مهارت و تخصص، ریسک، معیارهای فنی و سیاسی را مد نظر قرار داده‌اند.

به طور کلی در تحقیقات انجام شده، تمرکزی بر نحوه انتخاب معیارهای الگوی کشت وجود ندارد و در هر مطالعه برخی از معیارها به طور خاص مورد استفاده قرار گرفته است. با توجه به این مسأله، دو سؤال اساسی مطرح می‌شود: ۱- از میان معیارهای مختلف کدام معیارها باید در نظرگرفته شوند؟ ۲- با چه اولویتی معیارها انتخاب شوند (کدام یک از معیارها از اهمیت بیشتری برخوردارند)؟ در این مقاله ابتدا به انتخاب معیارهای الگوی کشت پرداخته شده است، سپس تعیین اولویت معیارها با بهره‌گیری از تعریف یک تابع هدف و بهینه‌سازی آن با استفاده از الگوریتم ژنتیک تصادفی و الگوریتم ژنتیک آشوبناک، در حوضه کویر درانجیر ساغند برای دو محصول پسته و گل محمدی، انجام شده است.

۲- مواد و روش

۲-۱- معرفی منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز درجه دو کویر درانجیرساغند جزء حوضه آبریز درجه یک فلات مرکزی ایران محسوب می‌گردد. ۶۷ درصد این حوضه در استان کرمان و ۳۳ درصد آن در استان یزد می‌باشد (شکل ۱). در دشت رفسنجان به عنوان بخشی از این حوضه آبریز بیش از ۸۰۰۰۰ هکتار زیر کشت پسته قرار دارد و در لاله‌زار ۱۱۶۹ هکتار گل محمدی کشت شده است، که دو محصول اصلی مورد بررسی در این مقاله هستند. اکثر نیازهای آبی منطقه کویر درانجیر از طریق آبخوان آبرفتی تأمین می‌شود و برداشت از آب‌های زیرزمینی روند صعودی داشته است. این برداشت‌های بی‌رویه و گاه غیر مجاز باعث تخریب آبخوان و کاهش کیفیت آن، فرونشست دشت و آسیب‌پذیری منطقه نسبت به افت کمی و کیفی منابع شده است که با توجه به تداوم خشکسالی‌های منطقه، رشد جمعیت، پایین رفتن مداوم سطح آب زیرزمینی در منطقه و سهم بالای کشاورزی در مصرف آب، ضروری است که به استفاده بهینه از منابع آبی توجه شود.

www.SID.ir

Archive of SID

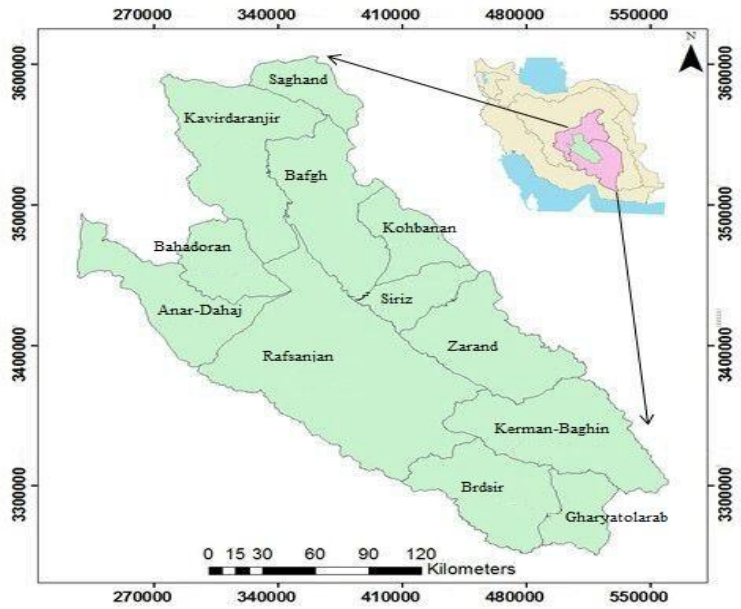

Fig. 1- Case study area

شکل ۱- موقعیت منطقه مطالعاتی

۲-۲- انتخاب محصول

دو محصول پسته به عنوان محصول گران‌قیمت، با سطح زیر کشت بالا و گل محمدی نماینده‌ی محصولات مناطق کوهستانی در محدوده‌ی مطالعاتی کویر در انجیر، برای بررسی انتخاب شدند.

۲-۳- انتخاب و وزن‌دهی معیارها

با مروری بر مطالعات انجام شده در زمینه‌ی معیارهای الگوی کشت مشخص شد که معیارهای مختلفی مورد توجه محققین قرار داشته‌اند، اما سوال اصلی این است که از میان معیارهای مختلف، کدام معیارها برای تعیین الگوی کشت باید انتخاب شوند؟ برای پاسخ به این سؤال و رسیدن به یک طبقه‌بندی منسجم، همچنین ارائه لیستی از معیارهای لازم وکافی، در این مقاله، از الگوی توسعه پایدار بهره گرفته شده است. بر اساس تعریف ارائه شده در گزارش برانتلند با عنوان "آینده مشترک ما" توسعه پایدار، برآوردن نیازهای نسل حاضر بدون به مخاطره انداختن نیازهای نسل آینده است (WCED, 1987). توسعه پایدار مبتنی بر مدیریت یکپارچه و جامع‌نگر است و بر این اساس هر سامانه برای مدیریت یکپارچه به سه بخش کلی محیط زیست، اقتصاد و اجتماع تقسیم می‌شود. بنابراین در مقاله حاضر نیز بر اساس رویکرد ارائه شده در توسعه پایدار معیارها به سه دسته زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی تقسیم می‌شوند و برای ارائه یک الگوی کشت بهینه، معیارها باید از هر سه دسته انتخاب شوند.

با توجه به آنچه که مطرح شد و همچنین محدودیت‌ها در به‌دست آوردن اطلاعات، از میان معیارهای موجود برای الگوی کشت، یازده معیار به‌عنوان نماینده‌ی معیارهای زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی انتخاب شدند که در جدول ۱ معرفی شده‌اند.

Table 1- Criteria classification based on sustainable development

جدول۱- طبقه‌بندی معیارها مبتنی بر توسعه پایدار

Environmental	Economical	Social
Chemical fertilizer	Labor	Labor
Crop water requirement	Profitability	
Volume of consumed water	Cultivated area	
Fresh crop weight per one cubic meter of consumed water	Crop performance	
Dry crop weight per one cubic meter of consumed water	Crop local price	
Irrigation efficiency		

معیار کود شیمیایی، میزان مصرف کود شیمیایی در هکتار را مورد توجه قرار می‌دهد که در محصولات مختلف بسته به نوع آنها می‌تواند تغییر کرده یا با کودهای آلی جایگزین شود. نیاز آبی گیاه معیار زیست محیطی بسیار مهم دیگری است که به خصوص در مناطق خشک مانند حوضه کویردرانجیر باید مورد توجه قرار گیرد. معیار حجم آب مصرفی شامل حجم مصرف آب از منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی برای تولید محصولات زراعی و باغی به صورت فاریاب و دیم است. این معیار راندمان مصرف آب را مدنظر قرار می‌دهد و از این بابت

www.SID.ir

Archive of SID

معیاری مهم محسوب می‌شود. معیار نیاز آبی اشاره به مقدار آب مورد نیاز برای جبران تلفات تبخیر و تعرق گیاه در مزرعه دارد. مقدار نیاز آبی گیاه وابسته به تبخیر و تعرق است و با توجه به اینکه تبخیر و تعرق در اثر اقلیم محلی و نیز شرایط رشد گیاه تغییر می‌کند، در نتیجه نیاز آبی گیاه نیز به صورت زمانی و مکانی متغیر است. همچنین توزیع زمانی برداشت از منابع آب با توجه به نیاز آبی محصولات انتخابی در ماه‌های مختلف سال، متفاوت است. معیار وزن محصول تازه، وزن کالای کشاورزی تولید شده به ازای مصرف یک متر مکعب آب را محاسبه می‌کند. این معیار در هیچ‌گونه از دیدگاه‌های سیاسی، اقتصادی مورد توجه نبوده ولی در آمار کلان کشورها مقایسه شده است. استفاده از این معیار، امکان مقایسه کشت محصولی خاص را در دشت‌ها و حوضه‌های آبریز گوناگون فراهم می‌کند که می‌تواند مزیت نسبی جغرافیایی برای تولید محصولی خاص را نشان دهد. معیار وزن ماده خشک غذایی وزن ماده خشک خوراکی تولید شده به ازای مصرف یک متر مکعب آب را نشان می‌دهد. می‌توان گفت این معیار صرفاً نشأت گرفته از نگرش خودکفایی غذایی است و توجهی به جنبه‌های اقتصادی ندارد. خودکفایی غذایی که مبتنی بر نگرشی سیاسی است، بر این اصل استوار است که تولیدات داخلی مواد غذایی اساسی به اندازه‌ای باشد که کشور را از واردات آن بی‌نیاز کند و یا حداقل وابستگی به تجارت خارجی ایجاد شود. در واقع خودکفایی غذایی در پاسخ به مخاطرات امنیت‌غذایی مورد توجه قرار گرفته است. معیار راندمان آبیاری درصدی از مقدار آب تأمین شده برای مزرعه است که بتواند مفید واقع گردد و جز مهمترین معیارهای زیست محیطی است که اشاره به استفاده مناسب از منابع آبی دارد. معیار نیروی کار تعداد نیروی کار مورد نیاز در یک مزرعه را مد نظر قرار می‌دهد که از بعد اجتماعی نشان‌دهنده میزان اشتغال است و از بعد اقتصادی نشان دهنده هزینه‌هایی است که برای نیروی کار صرف می‌شود. معیار سوددهی که مقدار سود ناخالص محصول در هکتار است مهمترین معیار اقتصادی محسوب می‌شود. معیارسطح زیرکشت در واقع میزان کل تولید و درآمد کلی را مدنظر قرار می‌دهد. معیارعملکرد محصول مقدار محصول به‌دست آمده در واحد سطح است که تحت تأثیر شرایط متعدد و عواملی همچون اقلیم می‌باشد. این معیار که مستقیماً بر درآمد کشاورزان تأثیرگذار است از بعد اقتصادی مهم محسوب می‌شود.

در مرحله بعدی به این سؤال پاسخ داده می‌شود که آیا معیارهای انتخابی برای تعیین الگوی کشت ارزش یکسانی دارند و یا به عبارت دیگر اولویت معیارهای انتخابی چگونه باید باشد. برای پاسخ به این سؤال و بررسی اهمیت هر یک از معیارها و اولویت‌بندی آنها یک تابع هدف چندشاخصه تعریف و با استفاده از الگوریتم‌های وراثتی بهینه‌سازی شد. تابع هدف به صورت شاخص توسعه پایدار تعریف شد که می‌بایست، بیشینه شود. شاخص توسعه پایدار به صورت یک کسر تعریف شد که در صورت کسر معیارهای عملکرد محصول، نیروی کار (از دیدگاه اجتماعی)، سوددهی، وزن محصول تازه، وزن محصول خشک، قیمت داخلی محصول، راندمان آبیاری که افزایش آنها در راستای توسعه پایدار است، قرار گرفت و در مخرج کسر، حجم آب مصرفی، کود شیمیایی، سطح زیر کشت، نیروی کار (از دیدگاه اقتصادی) و نیاز آبی گیاه قرار گرفت که کاهش آن در راستای توسعه پایدار است. شایان ذکر است برخی از معیارها، به عنوان نماینده‌ای از چند معیار در نظر گرفته شده است. از جمله نیاز آبی گیاه که به‌عنوان نماینده‌ای از معیارهای اقلیمی و محیطی و معیار گیاهی در نظرگرفته شده است. معیار نیروی کار نیز دربرگیرنده معیارهای اقتصادی و اجتماعی می‌باشد؛ زیرا افزایش معیار نیروی کار، باعث افزایش نرخ اشتغال و توجه به بعد اجتماعی می‌شود و از طرفی کاهش نیروی کار باعث کاهش هزینه‌های مصرفی و توجه به بعد اقتصادی می‌شود.

۲-۴- الگوریتم وراثتی تصادفی

بسیاری از روش‌های بهینه‌سازی الهام گرفته از طبیعت بوده و بر اساس یکی از شیوه‌های گوناگون جستجوی تصادفی عملکرده و به الگوریتم‌های ابتکاری[۲] معروف می‌باشند که الگوریتم ژنتیک یکی از آنها محسوب می‌شود. روند کلی حل مسائل توسط الگوریتم ژنتیک به این صورت است که ابتدا تعدادی از جواب‌های قابل قبول مسأله به صورت تصادفی به‌عنوان جمعیت اولیه انتخاب می‌شوند، برای ایجاد جمعیت اولیه، کافی است که یک ماتریس با اندازه $n \times m$ شامل مقادیر حقیقی به طور اتفاقی با توزیع یکنواخت در بازه [۰ ، ۱] تولید شده، سپس هر یک از متغییرها به بازه‌ای از پیش تعریف شده نگاشت شوند. سپس هر یک از جواب‌ها به صورت رشته‌هایی که کروموزوم نامیده می‌شوند کدگذاری می‌گردند. هر کروموزوم از کنار هم قرار گرفتن تعدادی ژن (برابر با تعداد متغییرهای مسأله)، با ماهیت اعداد شناور ساخته می‌شود. با توجه به میزان برازندگی که بر اساس تابع هدف مشخص می‌شود، می‌توان زوج‌هایی را که بایستی با هم ترکیب شوند، انتخاب نمود تا نسل جدید را تولید کنند. بنابراین اجزایی که دارای تابع برازش مطلوب‌تری باشند، مقادیر برتری بیشتری نسبت به بقیه خواهند داشت. از عملگر همبری که مهم‌ترین عملگر در الگوریتم وراثتی است برای ساختن نسل بعد استفاده می‌شود به این ترتیب که دو کروموزوم از حوضچه ازدواج به عنوان والد انتخاب شده و با عملگر همبری دو فرزند به‌وجود می‌آید. سپس عملگر جهش روی کروموزوم‌ها به صورت اتفاقی عمل کرده و محتویات متغیرهای آن را دستخوش تغییر می‌کند. متداول‌ترین عملگر جهش حقیقی، جهش با توزیع نرمال است. به عبارت دیگر این عملگرها، ژن‌های کروموزوم‌ها را طوری

www.SID.ir

Archive of SID

تغییر می‌دهند که در کل، میانگین برازندگی اجزا در نسل بعدی بهبود یابد. الگوریتم ژنتیک زمانی که معیارهای توقف الگوریتم ارضا گردید به پایان می‌رسد و بهترین رشته یا جواب را باز می‌گرداند (Akbarifard, 2014; Nezamabadipour, 2013).

۲-۵- الگوریتم وراثتی آشوبی

یکی از فاکتورهای کلیدی در همگرایی الگوریتم‌های تکاملی، جمعیت اولیه الگوریتم می‌باشد که چگونگی ساخت آنها بر سرعت الگوریتم در رسیدن به جواب بهینه تأثیر خواهد داشت. جمعیت اولیه تولید شده توسط رویکردهای تصادفی ممکن است به طور غیر یکنواخت توزیع شده و به دور از پاسخ بهینه نهایی باشد. از این رو کارایی الگوریتم کاهش یافته و تعداد تکرارهای بیشتری برای رسیدن به پاسخ بهینه نیاز خواهد داشت. در الگوریتم بهبود یافته، برای تولید جمعیت اولیه از سیستم‌های آشوبناک استفاده می‌شود. با توجه به توزیع یکنواخت داده‌های آشوبناک انتظار می‌رود که کروموزوم‌ها از تنوع لازم برخوردار باشند (EmamiChukanlo, 2012). شایان ذکر است که برای تعیین احتمال ترکیب و جهش نیز به جای عدد تصادفی از متغیرهای آشوبناک استفاده شده است. نظریه آشوب ابزاری برای حل مسائل در محیط پرآشوب و آکنده از تغییر و تحول فراهم می‌کند. این نظریه پس از دو نظریه نسبیت و کوانتوم سومین انقلاب علمی عصر حاضر است. با توجه به خصوصیات سیستم‌های آشوبناک و اینکه ساختار شبیه تصادفی ولی کاملاً قطعی دارند می‌توانند جایگزین مطلوبی به جای فرآیندهای تصادفی باشند. واژه آشوب یا بی‌نظمی از لحاظ لغوی به معنای نامنظم بودن، آشوبناکی، نوعی درهم برهمی کلی و فقدان هر گونه ساختار و نظم است. اما در حوزه تئوری و نظریه آشوب محققین معتقد به یک نظم پنهان در یک فرآیند به ظاهر کاملاً نامنظم هستند. در این مقاله به منظور ساختن سیستم آشوبی، از نگاشت‌های پرکاربرد تنت[۳]، لجستیک[۴] و هنون[۵] استفاده شده است که روابط مربوط به هر نگاشت (SamarehGhasemShoabjareh, 2015) در ادامه ارائه شده است.

رابطه نگاشت تنت به دوبازه تقسیم شده که در رابطه (۱) نشان داده شده است:

$$\mathbf{x_{n+1}} = \begin{cases} \boldsymbol{\mu x_n \mu < 0.5} \\ \boldsymbol{\mu(1-x_n)\mu \geq 0.5} \end{cases} \quad (۱)$$

رابطه نگاشت لجستیک در رابطه (۲) نشان داده شده است:

$$\mathbf{x_{n+1} = a x_n (1-x_n)} \quad (۲)$$

رابطه نگاشت هنون که یک رابطه دو بعدی معکوس‌پذیر است در رابطه (۳) نشان داده شده است.

$$\mathbf{HM} = \begin{cases} \mathbf{X_{n+1} = 1 + Y_n - aX_n^2} \\ \mathbf{Y_{n+1} = bX_n} \end{cases} \quad (۳)$$

در این روابط x_n ،n امین عدد آشوبی است که در تکرار n تولید می‌شود که در بازه (۱ ، ۰) قرار می‌گیرد. a، b و μ پارامترهای کنترلی نگاشت هستند که مقدار a و b در $a;b \in [0\ 4]$ و μ در بازه $\mu \in [1\ 2]$ قرار می‌گیرند.

۲-۶- بی‌مقیاس‌سازی خطی

تصمیم‌گیری‌های چندشاخصه عموماً مبتنی بر معیارهای مختلفی می‌باشند که نهایتاً هر تصمیم در نتیجه اولویت‌بخشی و ارجحیت آنها نسبت به هم به‌دست می‌آید. از آنجا که مقایسه و اولویت‌بندی معیارها با بعدهای مختلف به سختی قابل بیان خـــواهد بود، می‌توان از بی‌مقیاس‌سازی خطی و نرمال کردن داده‌ها استفاده کرد. به عنوان مثال برخی معیارها از جنس سود بوده و بعد ریالی دارند و در مقابل برخی دیگر از جنس نهاده مصرفی مثل آب بوده و بعد مترمکعب دارند؛ مقایسه مستقیم اعداد با بعد ریال و مترمکعب اصولاً نتیجه مشخصی دربر نخواهد داشت. برای بی‌مقیاس‌سازی خطی در معیارهایی با مطلوبیت افزایشی همچون سود، ابتدا بیشینه اعداد مربوط به آن معیار خاص مشخص شده، سپس اعداد آن بر بیشینه تقسیم می‌گردد. اگر مطلوب، مقدار کمینه باشد، کمینه معیار مورد نظر بر اندازه معیار مورد نظر تقسیم می‌شود. (Habibi et al., 2014).

۳- نتایج و بحث

برای حل مسأله چندشاخصه بهینه‌سازی پیشنهادی، الگوریتم‌های وراثتی تصادفی و آشوبناک به‌کار گرفته شده و از طریق برنامه‌نویسی نرم‌افزار MATLAB کد نویسی می‌شوند. جهت راستی‌آزمایی، عملکرد آنها در بهینه‌سازی چند تابع محک استاندارد مورد بررسی و نتایج آن در جدول ۲، نشان داده شده است. مقایسه این نتایج نشان می‌دهد، هرچند هر دو روش عملکرد قابل اعتمادی در حل این توابع دارند، الگوریتم وراثتی آشوبی نسبت به الگوریتم وراثتی تصادفی از دقت بالاتری بهره‌مند است.

تابع هدف بهینه‌سازی بر پایه بیشینه‌سازی شاخص کلی توسعه پایدار، به صورت رابطه ۴ تعریف شد:

$$\mathbf{maximize\ F} = \frac{\frac{\mathbf{X_3}}{\mathbf{X_2}} + \frac{\mathbf{X_4}}{\mathbf{X_2}} + \frac{\mathbf{X_5}}{\mathbf{X_2}} + \frac{\mathbf{X_8}}{\mathbf{X_7}} + \frac{\mathbf{X_9}}{\mathbf{X_7}} + \mathbf{X_{10}} + \mathbf{X_{11}}}{\frac{\mathbf{X_3}}{\mathbf{X_2}} + \frac{\mathbf{X_1}}{\mathbf{X_2}} + \frac{\mathbf{X_6}}{\mathbf{X_2}} + \frac{\mathbf{X_7}}{\mathbf{X_2}} + \mathbf{X_2}} + \sum_{\mathbf{i=1}}^{\mathbf{8}} \mathbf{Penalty_i} \quad (۴)$$

www.SID.ir

Archive of SID

Table 2- Applying the selected algorithm on standard benchmark functions
جدول ۲- نتایج پیاده‌سازی الگوریتم‌های مورد نظر بر روی توابع محک استاندارد

Function	Dimension	Optimum value	Stochastic Genetic	Chaotic Genetic (Tent)	Chaotic Genetic (Henon)	Chaotic Genetic (Logistic)
Mccormick	2	-1.9131	-1.9131	-1.9131	-1.9131	-1.9131
Rosenbrock	2	0.00	3.3	0.00	0.00	0.42
Rosenbrock	10	0.00	42.41	0.00	0.00	10.27
Six-Hump Camel	2	1.031	1.030	1.031	1.031	1.031

مأخذ: یافته‌های تحقیق

که در آن F مقدار تابع هدف (بی بعد)، $\frac{X_1}{X_2}$ مقدار کود شیمیایی (کیلوگرم در هکتار)، X_2 سطح زیر کشت (هکتار)، $\frac{X_3}{X_2}$ نیروی کار (نفر روز در هکتار)، $\frac{X_4}{X_2}$ مقدار سوددهی (تومان در هکتار)، $\frac{X_5}{X_2}$ عملکرد محصول (کیلوگرم در هکتار)، $\frac{X_6}{X_2}$ نیاز آبی گیاه (متر مکعب در هکتار)، $\frac{X_7}{X_2}$ حجم آب مصرفی (مترمکعب در هکتار)، $\frac{X_8}{X_7}$ وزن محصول تازه (کیلوگرم به ازای آب مصرفی)، $\frac{X_9}{X_7}$ وزن خشک محصول (کیلوگرم به ازای آب مصرفی)، X_{10} قیمت داخلی محصول (تومان در کیلوگرم) و X_{11} راندمان آبیاری (درصد) می‌باشد. $Penalty_{1-8}$، مقدار جریمه‌هایی هستند که در صورت ارضا نشدن قیدها در تابع هدف اعمال می‌شود. قیدهای مسأله همان محدوده معیارها در هر محصول می‌باشند به عنوان مثال محدوده معیار کود شیمیایی در محصول پسته ۱۰۰ الی ۸۲۵ کیلو گرم می‌باشد. به طور کلی اگر "β" به عنوان یک معیار نوعی درنظر گرفته شود که در محدوده مشخص $T_{min}<\beta<T_{max}$ تعریف شده باشد، اعمال قیود به صورت رابطه ۵ انجام شده است:

$$\beta = \max(T_{min}, \max(\beta, T_{max})) \quad (۵)$$

همان‌گونه که دیده می‌شود، معیارهایی که تابع هدف را به سمت توسعه پایدار سوق می‌دادند در صورت کسر و معیارهایی که از رسیدن به توسعه پایدار ممانعت می‌کردند در مخرج کسر قرار می‌گیرند. شایان ذکر است معیار نیروی کار هم در صورت و هم در مخرج تعریف می‌گردد، زیرا افزایش نیروی کار، باعث افزایش نرخ اشتغال و توجه به معیار اجتماعی می‌شود و از طرفی کاهش نیروی کار باعث کاهش هزینه‌های مصرفی، افزایش سوددهی و توجه به معیار اقتصادی می‌شود. با توجه به این که معیارها از جنس‌های مختلفی هستند، به صورت نرمال‌شده در تابع هدف آورده شده‌اند تا تابع هدف بی‌بعد باشد.

به منظور تخمین بهترین تعداد برای جمعیت اولیه در الگوریتـــم‌های مورد بررسی، اجراهای متفاوت مورد آزمون قرار گرفت. مقادیر پارامترهای الگوریتم وراثتی تصادفی و وراثتی آشوبی برای بهترین پاسخ‌های به‌دست آمده در جدول ۳ ارائه شده است.

مسأله بهینه‌سازی مبتنی بر تابع هدف پیشنهادی (۴)، برای دو محصول پسته و گل محمدی، به عنوان محصولات شاخص در منطقه مطالعاتی، مقداردهی و از طریق الگوریتم‌های بهینه‌سازی مزبور حل می‌شود.

۳-۱- نتایج محصول پسته

شرایط آب و هوای گرم و خشک ویژه رفسنجان باعث شده است تا این محصول کیفیتی ممتاز در کشور و در سطح بین‌المللی داشته باشد. ایـن کیفیت مناسب و قیمت جهانی بـــالا بـاعث شده در سال‌های اخیر کشت و تولید پسته رشد چشم‌گیری داشته باشد (Ghafourifard, 2015). بنابراین محصول مزبور به عنوان یکی از محصولات شاخص منطقه انتخاب شد و معیارهای منتخب تعیین شده، برای این محصول ارزیابی و وزن‌دهی شدند. ابتدا برای مشخص شدن اولویت معیارهای مورد توجه کشاورزان در وضعیت فعلی، برای کاشت پسته در منطقه رفسنجان به نرمالایز کردن معیارهای پسته پرداخته شدکه به ترتیب شامل نیاز آبی گیاه، سطح زیر کشت، قیمت داخلی محصول، حجم آب مصرفی، وزن خشک محصول، وزن محصول تازه، نیروی کار، عملکرد محصول، سوددهی، راندمان آبیاری و کودشیمیایی می‌باشد. برای به‌دســـت آوردن اندازه بهینه معیارهای انتخاب شده محصول پسته در رفسنجان از روش‌های بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک تصادفی و ژنتیک آشوبی استفاده شد. نتایج بهینه‌سازی با روش الگوریتم وراثتی تصادفی و الگوریتم وراثتی آشوبی تنت، هنون و لجستیک در جدول ۴ ارائه شده است. اندازه تابع هدف نیز به‌ترتیب برای روش‌های مزبور ۲/۶۷ ، ۳/۳، ۲/۸۷ و ۲/۷۱ می‌باشد.

Table 3- The amounts of stochastic genetic and chaotic genetic algorithm parameters
جدول ۳- مقادیر پارامترهای الگوریتم‌های وراثتی تصادفی و وراثتی آشوبی

Number of iteration	Population size	Gene number	Mutation rate	Crossover rate
1000	250	11	0.2	0.9

www.SID.ir

Archive of SID

Table 4- Optimum values of criteria for pistachio
جدول ۴- اندازه بهینه معیارها برای محصول پسته

Criteria	Optimum value (random GA)	Optimum value (chaotic GA, Tent)	Optimum value (chaotic GA, Henon)	Optimum value (chaotic GA, Logistic)
Chemical fertilizer (Kg/ha)	172.71	141.61	143.09	170.71
Cultivated area (Ha)	76953	74160	78423	76553.00
Labor	20	16	19	20
Profitability (Million Rial/ha)	671	661.5	688.8	671
Crop performance (Kg/ha)	2690.21	2942.18	2947.24	2690.21
Crop water requirement (m^3/ha)	7000.37	6851.55	6875.6	6990.37
Volume of consumed water (m^3/ha)	6027.27	6001.24	6009.6	6027.27
Fresh crop weight per one cubic meter of consumed water (gr)	549.42	470.90	546.85	549.42
Dry crop weight per one cubic meter of consumed water (gr)	97.06	83.20	96.61	97.06
Crop local price (Rial/kg)	320646	304430	340640	315046
Irrigation efficiency (%)	73.87	74.22	77.69	74.69

پس از محاسبه مقدار بهینه معیارها با روش‌های بهینه‌سازی، مقادیر به‌دست آمده از روش آشوبی تنت که بهترین مقدار تابع هدف را دارد به مقادیر اولیه (موجود) تقسیم شده که نتایج آن در جدول ۵ آورده شده است تا به مقایسه نسبی مقادیر معیارها پس از بهینه‌سازی پرداخته شود.

همان‌طور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود در بهینه سازی با الگوریتم آشوبی تنت، مقدار کود شیمیایی۷۶ درصد، سطح زیر کشت ۷ درصد، نیروی کار ۶۰ درصد، نیازآبی گیاه ۱۰ درصد و حجم آب مصرفی ۲۵ درصد کاهش یافته و سوددهی ۸۹ درصد، عملکرد محصول ۶۳ درصد، قیمت داخلی یک صدم درصد و راندمان آبیاری ۱۱۲ درصد افزایش پیدا کرده‌اند.

در شکل ۲ اولویت معیارها در حالت بهترین جواب بهینه‌سازی (الگوریتم آشوبناک تنت) با وضعیت موجود مقایسه شده و اولویت معیارهای پسته در حالت بهینه و فعلی نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود در حالت موجود، دسته معیارهای اقتصادی مانند سطح زیر کشت وقیمت داخلی محصول بیشتر و دسته معیارهای زیست‌محیطی مانند راندمان آبیاری و کودشیمیایی کمتر مورد توجه توسط کشاورزها قرار گرفته است. این اولویت‌بندی با توجه به اقلیم خشک و با در نظر گرفتن خشکسالی‌های اخیر مشکلاتی همچون از بین رفتن منابع آبی پسته را به دنبال داشته است. اما اولویت معیارها در الگوریتم تنت، ابتدا توجه به دسته معیارهای زیست‌محیطی است و معیارهایی هم‌چون حجم آب مصرفی و نیاز آبی گیاه را به سطح زیر کشت و قیمت داخلی محصول مقدم می‌داند. پس از آن دسته معیارهای اقتصادی هم‌چون عملکرد محصول و نیروی کار از بعد اقتصادی که کاهش هزینه و افزایش سوددهی را به‌دنبال دارد، در مرتبه دوم قرار گرفته و در نهایت معیار اجتماعی نیروی کار مورد توجه قرار می‌گیرد.

Table 5- Relative comparison of pistachio criteria after optimization by Tent chaotic genetic algorithm
جدول ۵- مقایسه نسبی معیارها برای محصول پسته پس از بهینه‌سازی با روش ژنتیک آشوبی تنت

Criteria	Current value	Optimum value	Relative compare
Chemical fertilizer (Kg/ha)	600	141.61	0.24
Cultivated area (Ha)	80000	74160	0.93
Labor (people per day per hectar)	40	16	0.4
Profitability (Million Toman/ha)	35	66.15	1.89
Crop performance (Kg/ha)	1800	2942.18	1.63
Crop water requirement (m^3/ha)	7611	6851.55	0.90
Volume of consumed water (m^3/ha)	8000	6001.24	0.75
Crop local price (Toman/kg)	30000	30443	1.01
Irrigation efficiency (%)	35	74.22	2.12

www.SID.ir

Archive of SID

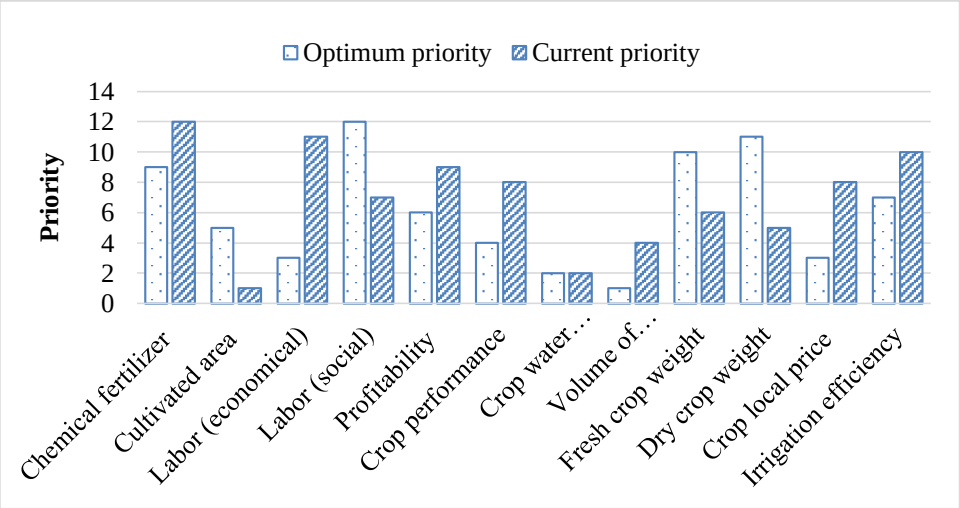

Fig. 2- Current and optimum priority of selected criteria for pistachio
شکل ۲- اولویت معیارهای انتخابی پسته در حالت بهینه و حالت فعلی

بیشترین تغییر معیار در چهار روش ذکر شده نسبت به وضعیت فعلی، مربوط به راندمان آبیاری می‌باشد، بنابراین ضروری است تا استفاده از روش‌های نوین آبیاری برای درختان پسته در منطقه رفسنجان گسترش یابد. تغییرات افزایشی راندمان آبیاری و تغییرات کاهشی کودشیمیایی در چهار روش نسبت به وضعیت فعلی نشان‌دهنده‌ی اهمیت و توجه بیشتر به معیارهای زیست‌محیطی، برای رسیدن به الگوی بهینه و پایدار می‌باشد. تغییرات افزایشی سوددهی و عملکرد محصول و تغییرات کاهشی نیروی کار نشان‌دهنده‌ی اهمیت دسته معیارهای اقتصادی بعد از دسته معیارهای زیست‌محیطی می‌باشد.

۳-۲- نتایج محصول گل محمدی

گل محمدی به طلای معطر معروف است، چراکه ماده اولیه کارخانه‌های عطرسازی دردنیاست (Emad et al., 2012). استان‌های اصفهان و کرمان به‌ترتیب مقام اول و دوم تولید گل محمدی را به خود اختصاص داده‌اند (Agriculture Jahad, 2016). در مناطق کوهپایه‌ای که در آن امکان کشت بسیاری از گونه‌های زراعی محدود است، این گیاه می‌تواند به عنوان یک گیاه راهبردی و اقتصادی مورد توجه قرار گیرد. بنابراین، گل محمدی به عنوان گیاه شاخص مناطق سردسیری منطقه لاله‌زار انتخاب و به ارزیابی و وزن‌دهی معیارهای این محصول پرداخته شد.

برای مشخص شدن اولویت معیارهای انتخابی کشاورزان در وضعیت فعلی برای کاشت گل محمدی در منطقه لاله‌زار، به نرمال‌سازی معیارهای گل محمدی پرداخته شد. سپس مقدار بهینه هر معیار و درجه اهمیت معیارها با نتایج بهینه‌سازی با روش الگوریتم وراثتی و الگوریتم وراثتی آشوبی تنت، هنون و لجستیک به دست آمد که در جدول ۶ نشان داده شده است. اندازه تابع هدف نیز به ترتیب ۲/۱۸، ۲/۴۱، ۲/۲۸ و ۲/۷۱ می‌باشد.

Table 6- Optimum values of criteria for Damask rose
جدول ۶- اندازه‌های بهینه معیارها برای محصول گل محمدی

Criteria	Optimum value (random GA)	Optimum value (chaotic GA, Tent)	Optimum value (chaotic GA, Henon)	Optimum value (chaotic GA, Logistic)
Chemical fertilizer (Kg/ha)	0	0	0	0
Cultivated area (Ha)	1128.97	1124	1572	1615.5
Labor	18	18	20	18
Profitability (Million Rial/ha)	141	149	150	141
Crop performance (Kg/ha)	2392	2499.6	2499.2	2358
Crop water requirement (m^3/ha)	1694	1691.8	1691.6	1696
Volume of consumed water (m^3/ha)	4005.7	4000.4	4000	4000
Fresh crop weight per one cubic meter of consumed water (gr)	456.4	423	462.4	453.9
Dry crop weight per one cubic meter of consumed water (gr)	124	113.8	125.2	123
Crop local price (Rial/kg)	65250	65940	69900	64850
Irrigation efficiency (%)	72.8	68.2	80	73

www.SID.ir

Archive of SID

پس از محاسبه مقدار بهینه معیارها با روش‌های بهینه‌سازی، مقادیر به‌دست آمده از روش آشوبی تنت که بهترین نتایج بهینه‌سازی را دارد به مقادیر اولیه (موجود) تقسیم شد و نتایج آن در جدول ۷ ارائه شده است تا به مقایسه نسبی مقادیر معیارها پس از بهینه‌سازی پرداخته شود.

همان‌طور که در جدول ۷ مشاهده می‌شود در بهینه‌سازی با الگوریتم آشوبی تنت، مقدار کود شیمیایی تغییری نکرده است.

سطح زیر کشت چهار درصد، نیروی کار ۱۰ درصد، نیازآبی گیاه ۱۰ درصد و حجم آب مصرفی ۲۰ درصد کاهش یافته و سوددهی هشت درصد، عملکرد محصول ۲۵ درصد، قیمت داخلی ۱۰ درصد و راندمان آبیاری ۹۴ درصد افزایش پیدا کرده‌اند.

در شکل ۳ بهترین جواب بهینه‌سازی معیارها که مربوط به الگوریتم آشوبناک تنت می‌باشد با وضعیت فعلی معیارها مقایسه شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود معیار کودشیمیایی در هر دو حالت اولویت بیشتری دارد. چون گل‌محمدی در لاله‌زار به‌صورت ارگانیک کشت می‌شود و کودشیمیایی مصرفی آن در منطقه صفر است. در حالت بهینه هم با توجه به تابع هدف که از الگوی توسعه پایدار پیروی می‌کند این روند ادامه یافته و همچنان مصرف کودشیمیایی صفر می‌باشد. در وضعیت فعلی دسته معیارهای اقتصادی مانند نیروی کار (بعد اقتصادی)، سوددهی و قیمت داخلی محصول در مرتبه اول، دسته معیارهای اجتماعی در مرتبه دوم و در نهایت دسته معیارهای زیست محیطی مانند راندمان آبیاری در رتبه سوم قرار گرفته‌اند. این اولویت‌بندی، با توجه به اقلیم خشک و با در نظر گرفتن خشکسالی‌های اخیر مشکلاتی همچون از بین رفتن منابع آبی و مزارع گل محمدی را به دنبال خواهد داشت. اما در اولویت‌بندی معیارها در الگوریتم تنت، دسته معیارهای زیست محیطی از قبیل معیار حجم آب مصرفی و نیاز آبی گیاه مقدم هستند. سپس دسته معیارهای اقتصادی از قبیل عملکرد محصول و نیروی کار از بعد اقتصادی که کاهش هزینه و افزایش سوددهی را به‌دنبال دارد در رتبه دوم قرار گرفته و معیار اجتماعی نیروی کار در رتبه سوم قرار دارد.

بیشترین تغییر معیارها در چهار روش ذکر شده نسبت به وضعیت فعلی، مربوط به راندمان آبیاری می‌باشد. بنابراین گسترش استفاده از روش‌های نوین آبیاری از قبیل آبیاری‌های زیرسطحی و سیستم آبیاری قطره‌ای برای درختچه‌های گل محمدی در منطقه لاله‌زار ضروری است. به علاوه تغییر افزایشی بهره‌وری آب (افزایش وزن تازه و خشک محصول به ازای آب مصرفی) و تغییرات کاهشی حجم آب مصرفی در چهار روش نسبت به وضعیت فعلی نشان‌دهنده‌ی اهمیت و توجه بیشتر به معیارهای زیست‌محیطی برای رسیدن به الگوی بهینه و پایدار می‌باشد.

معیارهای اقتصادی مانند عملکرد، سوددهی و قیمت داخلی پس از دسته معیار زیست‌محیطی باید مورد توجه قرار گیرند.

۴- نتیجه‌گیری

با توجه به سهم بالای کشاورزی در استفاده از منابع آبی، انتخاب و ارزیابی معیارهای الگوی کشت برای استفاده بهینه از منابع آبی امری ضروری است. به همین دلیل در مقاله حاضر با تاکید بر الگوی توسعه پایدار، یازده معیار الگوی کشت انتخاب شده و اولویت معیارها برای دو محصول منتخب پسته و گل محمدی، مشخص گردید. وضعیت فعلی گویای این بود که در انتخاب الگوی کشت، ابتدا دسته معیارهای اقتصادی، سپس دسته معیارهای اجتماعی و در نهایت دسته معیارهای زیست‌محیطی مانند راندمان آبیاری مورد توجه کشاورزان قرار گرفته است.

Table 7- Relative compare of Damask rose criteria after optimization by Tent chaotic genetic algorithm

جدول ۷- مقایسه نسبی معیارهای گل محمدی پس از بهینه‌سازی با روش ژنتیک آشوبی تنت

Criteria	Current value	Optimum value	Relative compare
Chemical fertilizer (Kg/ha)	0	0	1
Cultivated area (Ha)	1169	1604.75	0.96
Labor (people per day per hectar)	20	18	0.9
Profitability (Million Toman/ha)	13	14.9	1.15
Crop performance (Kg/ha)	2000	2499.59	1.25
Crop water requirement (m^3/ha)	1879	1691.83	0.90
Volume of consumed water (m^3/ha)	5000	4000.37	0.80
Crop local price (Toman/kg)	6000	6594	1.10
Irrigation efficiency (%)	35	68.23	1.94

www.SID.ir

Archive of SID

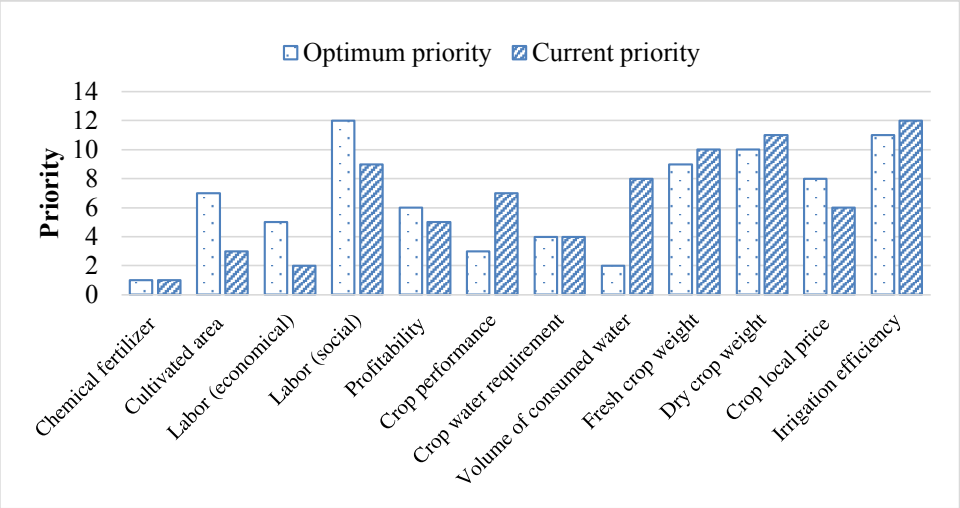

Fig. 3- Current and optimum priority of selected criteria for Damask rose

شکل ۳- اولویت معیارهای انتخابی گل محمدی در حالت بهینه و حالت فعلی

همچنین در بخش مقدمه، مروری بر مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که در تعیین الگوی کشت بهینه، معیار اقتصادی سوددهی اصلی‌ترین معیار بوده است. این اولویت‌بندی با توجه به اقلیم خشک و با در نظر گرفتن خشکسالی‌های اخیر مشکلاتی همچون از بین رفتن منابع آب، مزارع و باغات را به دنبال داشته و خواهد داشت. اما نتایج بهینه‌سازی، دسته معیارهای زیست محیطی را به عنوان اولویت برتر معرفی می‌کند و سپس دسته معیارهای اقتصادی و اجتماعی را به ترتیب در اولویت دوم و سوم قرار می‌دهد. بنابراین ضروری است سیاست‌گذاری‌ها در بخش کشاورزی در راستای حل چالش‌های محدودیت منابع آبی باشد، یعنی به دسته معیارهای زیست‌محیطی شامل آب مورد نیاز گیاه، حجم آب مصرفی، راندمان آبیاری، وزن تر و وزن خشک محصول به ازا واحد حجم آب مصرفی و مقدار مصرف کود شیمیایی، برای تعیین الگوی کشت بهینه توجه بیشتری شود که این شیوه در دراز مدت به نفع معیارهای اقتصادی و اجتماعی نیز می‌باشد. این نوع سیاست‌گذاری‌ها می‌تواند شامل حفظ رطوبت و استفاده از آب سبز و همچنین استفاده از سوپر جاذب‌های طبیعی و سایر مواردی از این دست باشد.

پی‌نوشت‌ها

1- Analytic Hierarchy Process
2- Evolutionary Optimization Method
3- Tent Map
4- Logistic Map
5- Henon Map

۵- مراجع

Agah M, HasaniSa'adi M, Golkar E (2016) Identification and evaluation of crop model criteria. Iran Water Thinkers Affiliated to Kerman Chamber of Commerce, Industries, Mining and Agriculture (In Persian)

Agriculture Jahad (2016) Statistic reports. (In Persian)

Akbarifard S (2014) Optimal operation of reservoir using water cycle algorithm (Case study: Gorganroud Basin). M.Sc. Thesis, Department of Water Engineering. Shahid Bahonar University of Kerman (In Persian)

AminiFasakhodi A, NouriZamanAbadi H (2011) Sustainability assessment and cropping pattern determination in farming systems based on the optimization of soil and water resources utilization using non-linear mathematical programming models. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 15(59):99-109

Barikani E, Ahmadian M, Khalilian S, Chizari A (2012) Optimal sustainable use of groundwater resources in agriculture: Case study subsector in Qazvin Plain. Journal of Agricultural Economics and Development 25(2):253-262 (In Persian)

Birhanu K, Alamirew T, Olumana M, Ayalew S, Aklog D (2015) Optimizing cropping pattern using chance constraint linear programming for Koga irrigation Dam, Ethiopia. Irrigat Drainage Sys Eng 4(134):2-18

Bojang PO, Yu PS, Yang TC, Kuo CM (2016) Optimal cropping patterns for profit maximization using a linear programming model: A case study in Njawara Village, The Gambia. In 12th International Conference on Hydroscience & Engineering, November 6-10, Tainan, Taiwan

DaneshvarKakhki M (2009) The determination of optimal crop pattern with aim of reduction in hazards

www.SID.ir

Archive of SID

Nezamabadipour H (2013) Genetic algorithm: basic consepts and anvanced issues. Shahid Bahonar University of Kerman Press, 250 p (In Persian)

Nofal SR, Nassar HA, Shehada RY (2012) Multi criteria governmental crop planning problem: an analytic hierarchy approach. Management 2(4):96-105

Osma S, Elkholy M, Kansoh RM (2017) Optimization of the cropping pattern in Egypt. Alexandria Engineering Journal 56:557-566

Regulwar DG, Gurave JB (2013) Two-phase multi objective fuzzy linear programming approach for sustainable irrigation planning. Journal of Water Resource and Protection 5(6):642-651

SamarehGhasem Shoabjareh M (2015) Chaotic time series prediction. M.Sc. Thesis, Department of Computer Science, Shahid Bahonar University of Kerman (In Persian)

Srivastava P, Singh RM (2015) Optimization of cropping pattern in a canal command area using fuzzy programming approach. Water Resources Management 29(12):4481-4500

Vafaeinejad A (2016) Cropping pattern optimization by using of TOPSIS and genetic algorithm based on the capabilities of GIS. Journal of Ecohydrology 3(1):69-82 (In Persian)

World Commission on Environment and Development (WCED) (1987) Our common future (The Brundtland Report). Oxford University Press 560p

Zeng X, KangS, LiF, Zhang L, Guo P (2010) Fuzzy multi-objective linear programming applying to crop area planning Agricultural. Water Management 98:134-142

ofenvironmental. American Journal of Agricultural and Biological Science 4(4):305-310

Emad M, Gheybi F, Rasouli SM, KHazjanzadeh R, MohamadiJozani S (2012) Industrial-medicinal Plant Rosa Damascena. Puneh Publication (In Persian)

EmamiChukanlo N (2012) Presenting a new way to improve the selection feature with a supra-enterprise approach and chaos theory. M.Sc. Thesis, Department of Computer Science, Shahid Bahonar University of Kerman (In Persian)

Fallahi E, Gholinezhad S (2016) Optimal cropping pattern based on multiple economic, regional, and agricultural sustainability criteria in Sari, Iran: Application of a Consolidated Model of AHP and Linear Programming. Journal of Agricultural Economics and Development 30(1):37-49 (In Persian)

Fathi F, Zibaei M, (2012) Water resources sustainability using goal programming approach in optimizing crop pattern, strategy and irrigation method. Iran-Water Resources Research 8(1):10-19 (In Persian)

GhafouriFard S (2015) Integrated water resources system assessment of Rafsanjan Study Area. Thesis, Department of Water Engineering, Tarbiat Modares University (In Persian)

Habibi A, Izadbar S, Sarfarazi A (2014) Fuzzy multi-criteria decision making. Gil's Inscription Publishing, 408p (In Persian)

Hao L N, Su X L, Singh V P (2018) Cropping pattern optimization considering uncertainty of water availability and water saving potential. International Journal of Agricultural and Biological Engineering 11(1):178-186

www.SID.ir