

تعیین الگوی بهینه بهره‌برداری از محصولات زراعی در منطقه گهرباران ساری (مقایسه برنامه‌ریزی ریاضی غیرخطی معمولی و الگوریتم ژنتیک)

خدیجه عبدی رکنی^۱، سید علی حسینی یکانی^{۲*}، سمانه عابدی^۲، فاطمه کشیری کلائی^۳

تاریخ دریافت: ۹۶/۸/۸ تاریخ پذیرش: ۹۷/۸/۱۵

- ۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، در رشته اقتصاد کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
 - ۲- دانشیار و استادیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.
 - ۳- دانشجوی دکتری رشته اقتصاد کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
- *مسئول مکاتبه: Email: hosseiniyekani@gmail.com

چکیده

در جهان امروز، یکی از مشکلات اساسی بشر تامین نیازهای غذایی با توجه به محدودیت نهاده‌ها است. بر همین اساس بهینه‌سازی الگوی کشت محصولات زراعی، یک راهکار مناسب جهت توسعه بخش کشاورزی و تأمین غذای بشر است. در این راستا در مطالعه حاضر، الگوی کشت بهینه در منطقه گهرباران شهرستان ساری با استفاده از مدل برنامه‌ریزی غیرخطی معمولی و الگوریتم ژنتیک تعیین و با یکدیگر مقایسه شد. داده‌های مطالعه حاضر از طریق تکمیل پرسشنامه و مصاحبه حضوری با ۲۵۰ کشاورز منطقه گهرباران در سال زراعی ۱۳۹۴-۱۳۹۳ جمع‌آوری شده است. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که الگوی کشت بهینه بدست آمده از مدل الگوریتم ژنتیک غیرخطی به علت تنوع بیشتر، افزایش سودآوری به میزان ۲ درصد و کاهش ریسک به میزان ۲۲ درصد، نسبت به مدل برنامه‌ریزی غیرخطی معمولی برتری دارد. با توجه به اینکه استفاده از الگوی کشت پیشنهادی الگوریتم ژنتیک موجب افزایش بازده برنامه‌ای بهره‌برداران نسبت به الگوی برنامه‌ریزی غیرخطی معمولی می‌شود، لذا تشویق و حمایت دولت از کشاورزان در زمینه به‌کارگیری نتایج چنین گوهایی الزامی است.

واژه‌های کلیدی: الگوریتم ژنتیک، الگوی کشت، برنامه‌ریزی غیرخطی معمولی، ریسک، کشاورزان گهرباران ساری

Determining of Optimal Cropping Pattern in Sari Goharbaran (Comparing the Ordinary Non-Linear Mathematical Programming and Genetic Algorithm)

Khadijah Abdi Rokni¹, Seyed Ali Hosseini-Yekani^{2*}, Samaneh Abedi²,
Fatemeh Kashiri Kolaei³

Received: October 30, 2017 Accepted: November 6, 2018

1-MSc. in Agricultural Economics, Sari University of Agricultural Science and Natural Resources, Sari, Iran.

2- Assoc. Prof., and Assist. Prof., Dept. of Agricultural Economic, Sari University of Agricultural Science and Natural Resources, Sari, Iran.

3- PhD Student in Agricultural Economics, Sari University of Agricultural Science and Natural Resources, Sari, Iran.

*Corresponding Author Email: hosseiniyekani@gmail.com

Abstract

In today's world, one of the basic human problems is securance of food need due to inputs limitation. Accordingly, cropping pattern optimization is a suitable strategy for agricultural development and human food securement. In this study, optimal cropping pattern has been determined and compared by using of ordinary non-linear programming and genetic algorithm in Goharbaran region of Sari County. Required data for this study has been collected with interview of 250 farmers during the 2014-2015 crop year. The results of this study showed that the optimal cropping pattern of non-linear genetic algorithm is superior compared to ordinary non-linear programming model because of more variety and increasing profit by 2 percent and reducing risk by about 22 percent. Since the proposed cropping pattern of genetic algorithm causes to increase farmers' gross margin compared to the ordinary nonlinear programming, so the government should encourage and support farmers on the application of the results of such models.

Keywords: Cropping Pattern, Genetic Algorithm, Goharbaran of Sari, Non-Linear Programming, Risk

مقدمه

مهم‌ترین تصمیمات پیش‌روی کشاورزان می‌باشد (زاهدی ۲۰۰۷). هدف از تعیین الگوی بهینه کشت، انتخاب ترکیبی از محصولات برای کشت در یک واحد زراعی مشخص با توجه به خصوصیات کشت محصولات مختلف، حجم تقاضا، منابع آب و خاک در دسترس، نیروی انسانی، سرمایه، تجهیزات کشاورزی و موارد مشابه دیگر به منظور بیشینه کردن تولید، سود و یا درجهت حفظ محیط‌زیست می‌باشد (رضایی و همکاران ۲۰۰۹).

محصولات کشاورزی در همه کشورهای دنیا اهمیت دارد. به همین خاطر لازم است که، از منابع و ابزارهای تولید به بهترین نحو استفاده گردد تا ضمن کاهش در مصرف مواد شیمیایی، سودآوری و رفاه کشاورزان نیز افزایش یابد. از طرف دیگر کمبود منابع تولید سبب شده است که روش‌های تخصیص بهینه منابع کمیاب بین فعالیت‌های مختلف، روز به روز گسترش یابد. به همین خاطر تعیین الگوی بهینه کشت از

روشی مؤثر برای بهینه‌سازی که محدودیت‌های روش‌های کلاسیک را ندارد ابداع شده است. الگوریتم ژنتیک، از تئوری‌های تکامل بیولوژیکی، از قبیل وراثت ژنتیک و اصل تناظر بقای داروین بهره می‌برد و روش‌های جستجوی کاملاً موازی را برای مسائل پیچیده بهینه‌سازی ارائه می‌نماید (برزگری ۲۰۱۵).

لازم به توضیح است که در زمینه تعیین الگوی کشت بهینه مطالعات فراوانی در داخل و خارج از کشور انجام گرفته است ولی به منظور تعیین الگوی بهینه کشت در قالب الگوریتم ژنتیک مطالعات معدودی انجام شده است که به نمونه‌های از آنها اشاره می‌شود. به عنوان مثال در مطالعه‌ای کیافر و همکاران (۲۰۱۱) به منظور بهینه‌سازی تخصیص آب از روش الگوریتم ژنتیک استفاده کردند. محدوده مطالعاتی، سد علویان و شبکه آبیاری و زهکشی صوفی چای واقع در پایین‌دست آن، در نظر گرفته شد. نتایج حاصل از این تحقیق حاکی از آن بود که اختلاف مقدار آب تخصیص یافته واقعی و مقدار بهینه در مناطق مختلف به‌طور متوسط برابر ۲/۱ میلیون مترمکعب است. همچنین میانگین سطح کل زیرکشت حاصل از مقادیر واقعی سه درصد بیشتر از سطح کشت حاصل از مقادیر پیش‌بینی منابع آب است. بر مبنای سطح زیرکشت بهینه، مقدار سود حاصله از فروش محصولات در منطقه نوسان داشته و روند خاصی را نشان نمی‌دهد.

در مطالعه‌ی دیگر رضایی و همکاران (۲۰۰۹) در پژوهش خود به تعیین الگوی بهینه کشت در استان خراسان رضوی با استفاده از الگوی الگوریتم ژنتیک، با هدف حداکثر کردن سود، حداکثر کردن تولید و حداقل کردن مصرف کود پرداختند. به‌طور کلی نتایج نشان داد که استراتژی‌های اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی تأثیر چندانی بر الگوی کشت محصولات نداشته و محصولاتی که باید تولید شوند تا اهداف فوق تأمین شود، تغییر چندانی نمی‌کنند. همچنین آق و همکاران (۲۰۱۵) با استفاده از روش برنامه‌ریزی

از آنجایی که هدف اصلی علم اقتصاد، تخصیص منابع کمیاب بین فعالیت‌های رقیب است، لذا استفاده از تکنیک‌هایی که بتواند اهداف مذکور را تحقق بخشد ضروری می‌باشد (کهنسال و زارع ۲۰۰۸). یکی از روش‌هایی که در زمینه تخصیص بهینه منابع کمیاب کاربرد فراوان دارد، استفاده از الگوهای برنامه‌ریزی ریاضی است. الگوهای برنامه‌ریزی ریاضی از دهه‌های گذشته و بویژه در عصر حاضر برای نیل به اهدافی از قبیل سیاست‌گذاری در بخش کشاورزی، تعیین الگوی بهینه کشت و ترکیب نهاده‌های کشاورزی و بررسی الگوهای مختلف کشت کاربرد فراوانی یافته است (باقریان و همکاران ۲۰۰۷). در الگوهای برنامه‌ریزی ریاضی به منظور بهینه‌سازی، تاکنون روش‌های کلاسیک متعددی ارائه شده است. اشکال عمده روش‌های قطعی این می‌باشد که به محض رسیدن به اولین نقطه بهینه موضعی متوقف شده و توانایی خروج از این نقطه و حرکت به سوی نقطه بهینه بهتری را ندارند (کومار و همکاران ۲۰۰۶). بدین منظور در چند سال اخیر محققین زیادی برای رفع این مشکل به سمت روش‌های هوش مصنوعی^۱ قدم برداشته‌اند (راجو و کومار ۲۰۰۴). از جمله این روش‌ها می‌توان به شبکه‌های عصبی^۲، منطق فازی^۳ و نیز الگوریتم‌های تصادفی مانند الگوریتم شبیه‌سازی آنیل^۴ و الگوریتم ژنتیک^۵ اشاره نمود. در این مطالعه از روش الگوریتم ژنتیک برای بهینه‌یابی استفاده شده است. الگوریتم ژنتیک یک روش آماری برای بهینه‌سازی و جستجو است. این الگوریتم جزئی از محاسبات تکامل است که خود جزئی از هوش مصنوعی می‌باشد. این روش که جزء جدیدترین روش‌های برنامه‌ریزی است، با بهره‌گیری از نظریه تکامل و بقاء صلح در علم زیست‌شناسی و استفاده از اصول علم ژنتیک به‌عنوان

1 Artificial Intelligence

2 Neural Networks

3 Fuzzy Logic

4 Simulated Annealing

5 Genetic Algorithm

کشت پیشنهادی علاوه بر عملکرد بهتر و استفاده از منبع آب کمتر، سود سرمایه‌گذار را نیز افزایش می‌دهد. امان‌تارای و همکاران (۲۰۱۷)، به منظور تعیین الگوی کشت بهینه با هدف حداکثرسازی سود در منطقه ادیشا سواحل شرقی هندوستان، از الگوریتم ژنتیک استفاده نمودند. نتایج نشان داد سود از ۴۴۵ روپیه در الگوی فعلی به ۵۹۰ روپیه در الگوی بهینه افزایش یافته است که نشان از برتری نتیجه الگوریتم ژنتیک دارد.

جمع‌بندی مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که الگوی کشت پیشنهاد شده توسط مدل ژنتیک برتری داشته است. نکته دیگری که از مطالعه تحقیقات داخلی انجام شده استنباط می‌گردد، این است که گرچه تاکنون مطالعات گوناگونی با به‌کارگیری روش‌های مختلف، الگوی کشت بهینه را محاسبه نمودند اما می‌توان اشاره کرد تحقیقات اندکی در خصوص بهینه‌سازی الگوی کشت در قالب هدف اقتصادی و کاهش ریسک در قالب الگوریتم ژنتیک در ایران انجام گرفته است.

در این مطالعه با تعیین الگوی کشت در قالب به‌کارگیری روش الگوریتم ژنتیک، می‌توان به بهبود وضعیت تولید کشاورزی و استفاده درست از نهاده‌ها کمک نمود. لذا هدف از انجام مطالعه حاضر، تعیین و مقایسه ترکیب بهینه محصولات، میزان ریسک و سود در قالب الگوی اقتصادی در شرایط به‌کارگیری روش‌های حل معمولی و الگوریتم ژنتیک برای الگوهای غیرخطی در منطقه گهرباران شهرستان ساری می‌باشد. در واقع مزیت ارائه مدل ژنتیک ارائه شده در مطالعه حاضر نسبت به پژوهش‌های پیشین در این می‌باشد که در پژوهش حاضر سعی گردیده تا هدف حداقل‌سازی ریسک نیز علاوه بر حداکثرسازی سود اقتصادی لحاظ شود.

روش تحقیق

بهینه‌سازی در مفهوم کلی، به‌معنای رسیدن به هدف مطلوب براساس محدودیت‌ها و قیدهای در نظر گرفته شده برای آن است. زمانی که اصطلاح بهترین

ریاضی مثبت PMP، اثرات سیاست کاهش کود و آب را بر الگوی کشت محصولات زراعی در زیر بخش زراعت شهرستان بهشهر، در استان مازندران مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که در سیاست کاهش کود به میزان ۴۹ درصد، سطح زیرکشت تمام محصولات زراعی کاهش می‌یابد و بیش‌ترین کاهش مربوط به محصول کلزای دیم می‌باشد.

فقیهی و همکاران (۲۰۱۵) به بهینه‌سازی مصرف آب و تاثیر آن روی الگوی کشت با استفاده از الگوریتم ژنتیک پرداختند. نتایج حاصل نشان داد کشاورزان با استفاده از ۱۵ درصد سطح آب آبیاری موجود، قادر به حفظ تعادل تولید محصول، حفظ راندمان آب و کسب حداکثر سود خواهند بود. در پژوهشی دیگر رستگاری و همکاران (۲۰۰۹)، با استفاده از الگوریتم ژنتیک چندهدفه با مرتب‌سازی نا مغلوب به تعیین الگوی بهینه در استان خراسان رضوی پرداختند. مقایسه نتایج تخمینی با آمار واقعی سطوح زیرکشت هر یک از محصولات در هر سال نشان داد که سطح زیرکشت بهینه بدست آمده از مدل برای محصولات گندم و جو نسبت به آمار واقعی کمتر بوده است اما محصول ذرت علوفه‌ای نسبت به الگوی کشت جاری افزایش یافته است.

از مطالعات خارجی مربوط به این مسئله می‌توان به جوپی و همکاران (۲۰۱۱) اشاره نمود که با استفاده از الگوریتم ژنتیک، الگوی کشت بهینه را تحت سه استراتژی اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی در منطقه ویساکاپاتنام تعیین کردند. نتایج نشان داد، محصولاتی که بیشترین سطح زیرکشت را در هر یک از استراتژی‌ها به خود اختصاص داده‌اند مشابه بوده و تفاوت چندانی باهم ندارند. در مطالعه‌ای دیگر دوتا و همکاران (۲۰۱۶) الگوی بهینه کشت را با تاکید بر مصرف متعادل آب در قالب مدل برنامه‌ریزی تصادفی فازی با استفاده از الگوریتم ژنتیک بدست آوردند. نتایج نشان داد الگوی

نمونه در مسایل ماکزیم‌سازی، بزرگترین مقدار تابع هدف، بهترین جواب است.

- انتخاب: بعد از ارزیابی، کروموزوم‌های شایسته‌تر برای تولید فرزند انتخاب می‌گردند.
- تقاطع: عملگر تقاطع، دو والد را انتخاب می‌کند و بر اساس آنها یک فرزند جدید تولید می‌گردد.

- جهش: دومین عملگر در الگوریتم ژنتیک، عملگر جهش می‌باشد که از افتادن الگوریتم در بهینه محلی جلوگیری می‌نماید.

- معیار توقف: مرحله پایانی الگوریتم ژنتیک، معیار توقف است. در این خصوص معیارهای متعددی وجود دارد که می‌توان از قاعده حداکثر تولید نسل استفاده کرد. یعنی وقتی شمارنده تولید نسل به عدد خاصی برسد، الگوریتم متوقف خواهد شد. لازم به ذکر است محققین بسیاری این قاعده را به‌کار برده‌اند (حسینی و همکاران ۲۰۱۳).

بهینه‌سازی یکی از راهکارهای بهبود بخشیدن پروژه‌های کشاورزی می‌باشد. در واقع هدف از بهینه‌سازی یافتن بهترین جواب قابل قبول، با توجه به محدودیت‌ها و نیازهای مسأله است.

به دلیل ویژگی ریسکی بودن فعالیت‌های کشاورزی، مسلماً ارائه رهیافتی که به‌طور همزمان الگوی کشتی را ارائه دهد که ریسک سود را نیز حداقل نماید ضروری می‌باشد. از جمله روش‌های اندازه‌گیری ریسک، رهیافت واریانس-کواریانس می‌باشد که در آن واریانس-کواریانس کل الگو به‌عنوان شاخصی از ریسک حداقل می‌شود. تابع هدف حداقل‌سازی ریسک بصورت رابطه [۱] بیان می‌شود.

به‌کار می‌رود بدین معنی است که مسئله مورد نظر بیش از یک جواب دارد و بهترین جواب، ارضاء تابع هدف و رعایت محدودیت‌های مسئله را نشان می‌دهد. به بیان دیگر، بهینه‌سازی فرآیند تنظیم ورودی‌های یک تابع برای اکسترم کردن خروجی و یا تنظیم پارامترهای یک فرآیند برای اکسترم کردن یک نتیجه است (گودرزی ۲۰۰۹).

الگوریتم ژنتیک یک روش آماری برای بهینه‌سازی و جستجو است. این الگوریتم جزئی از محاسبات تکامل است که خود جزئی از هوش مصنوعی می‌باشد (برزگری ۲۰۱۵). این روش که جزء جدیدترین روش‌های برنامه‌ریزی است، با بهره‌گیری از نظریه تکامل و بقاء صلح در علم زیست‌شناسی و استفاده از اصول علم ژنتیک به‌عنوان روشی مؤثر برای بهینه‌سازی، که محدودیت‌های روش‌های کلاسیک را ندارد، ابداع شده است. الگوریتم ژنتیک، از تئوری‌های تکامل بیولوژیکی، از قبیل وراثت ژنتیک و اصل تناظر بقای داروین بهره می‌برد و روش‌های جستجوی کاملاً موازی را برای مسائل پیچیده بهینه‌سازی ارائه می‌نماید (ترابی ۱۹۸۸).

مدل‌های مبتنی بر الگوریتم ژنتیک برای تحقق به عناصر اصلی زیر نیازمندند:

- جمعیت اولیه: مجموعه‌ای از کروموزوم‌ها را جمعیت گویند و تعداد کروموزوم‌های هر جمعیت را اندازه جمعیت (N) می‌نامند. اندازه N از اهمیت خاصی برخوردار است و باید بر اساس نوع مسأله و کدینگ آن تعریف شود.
- تابع ارزیابی: کروموزوم‌های جدید که توسط عملگرهای تقاطع و جهش تولید شده‌اند؛ باید از نظر مناسب بودن یا نبودن مورد ارزیابی قرارگیرند. این ارزیابی با معیاری که از تابع هدف به‌دست آمده صورت می‌پذیرد به‌عنوان

$$\min z = \sum_{c=1}^C \text{var}_c [h]_c^2 + \sum_{c=1}^C \sum_{c'=1}^{C'} 2\text{cov}_{cc'} [h]_c * [h]_{c'} \quad \text{[رابطه ۱]}$$

که در این رابطه var_c واریانس محصول کام و $\text{cov}_{cc'}$ نشان دهنده کوواریانس بین محصول کام و c' کام و z معرف ریسک سود الگو می‌باشد.

هدف [۱] مشروط به محدودیت‌های خاص خود تعیین خواهد شد که این محدودیت‌ها در ادامه ارائه شده‌اند.

- محدودیت پنجم: سرمایه

$$\sum_{c=1}^C [\text{cap}]_c * [h]_c \leq [\text{Tcap}]_n \quad \text{[رابطه ۶]}$$

و که در آن $[\text{cap}]_c$ سرمایه مورد نیاز برای هر هکتار از محصول کام و $[\text{Tcap}]_n$ برآوردی از کل سرمایه در اختیار کشاورز می‌باشد.

محدودیت اول: زمین

- محدودیت اول: زمین

$$\sum_{c=1}^C [h]_c \leq L \quad \text{[رابطه ۲]}$$

که در آن $[h]_c$ مساحت مورد نیاز جهت کشت یک هکتار از محصول کام و L مقدار زمین در دسترس کشاورز می‌باشد. این محدودیت بیان می‌دارد که مجموع مساحت زمین‌های اختصاص یافته برای محصولات، نمی‌تواند از زمین در دسترس کشاورز بیشتر شود.

- محدودیت دوم: نیروی کار

$$\sum_{c=1}^C [\text{md}]_c * [h]_c \leq \text{EMD} \quad \text{[رابطه ۳]}$$

در اینجا $[\text{md}]_c$ نیروی کار مورد نیاز در واحد سطح از کشت یک هکتار محصول کام و EMD تعداد تخمینی نیروی کار در اختیار در واحد روز را نشان می‌دهند.

- محدودیت سوم: ماشین‌آلات کشاورزی

$$\sum_{c=1}^C [\text{mh}]_c * [h]_c \leq \text{EMH} \quad \text{[رابطه ۴]}$$

$[\text{mh}]_c$ نشان دهنده ماشین‌آلات مورد نیاز در واحد سطح از کشت یک هکتار محصول کام و EMH بیانگر کل ساعات‌های در دسترس ماشین‌آلات می‌باشند.

- محدودیت چهارم: آب

$$\sum_{c=1}^C [\text{WC}]_c * [h]_c \leq \text{WA} \quad \text{[رابطه ۵]}$$

از آنجا که مدل‌های ریسکی نیاز به یک محدودیت دستیابی به حداقل سود دارند لذا محدودیت دستیابی به سود به صورت رابطه [۸] لحاظ گشت:

$$\sum_{c=1}^C [\text{gm}]_c * [h]_c \geq \text{gm}^* \quad \text{[رابطه ۸]}$$

که در آن $[\text{gm}]_c$ سود هر هکتار از محصول کام و gm^* درصدی از مقدار سود (۹۵٪) محاسبه شده از طریق حل برنامه‌ریزی خطی با هدف حداکثرسازی سود، می‌باشند.

همانگونه که ملاحظه می‌شود، هدف حداقل‌سازی ریسک تابعی غیرخطی می‌باشد. استفاده از روش‌های حل معمولی در الگوهای غیرخطی ممکن است منجر به تعیین ترکیبی شود که بهینه موضعی را به جای بهینه فراگیر حاصل نماید. از آنجاکه یکی از روش‌های مقابله با چنین رویدادی، استفاده از الگوریتم ژنتیک می‌باشد، لذا در مطالعه حاضر سعی بر آن است که ترکیب بهینه محصولات و میزان ریسک در شرایط به‌کارگیری

که در آن Z تابع هدف و محدودیت‌های لحاظ شده، شامل دستیابی به سود مورد انتظار، محدودیت نیروی نیروی کار، سرمایه، زمین، آب، کود شیمیایی و ماشین آلات و محدودیت غیرمنفی بودن سطوح کشت می‌باشد. نیروی کار مجموع نیروی کار خانوادگی و نیروی کار استخدام شده می‌باشد. از ماشین‌آلات در آماده‌سازی زمین، کاشت، داشت، برداشت محصول استفاده می‌شود. البته در منطقه مورد مطالعه، برخی از کشاورزان همچنان به صورت سنتی این مراحل را انجام می‌دهند. آب مورد نیاز منطقه گهرباران اکثراً از سد شهید رجایی تأمین می‌شود. نحوه پرداخت هزینه به صورت سالیانه و به ازای هر هکتار می‌باشد. کشت محصولاتی همچون گندم، کلزا و جو، به صورت دیم می‌باشد و به همین دلیل این محصولات پرداخت هزینه‌ای برای آب نداشته‌اند. همچنین طبق اطلاعات جمع‌آوری شده، برای آبیاری محصولات گوجه‌فرنگی و هندوانه از آب چاه استفاده شده است که آب بهایی نیز برای آنها پرداخت نشده است. منظور از سرمایه، کل هزینه‌های نهاده‌های به‌کار گرفته شده است که شامل هزینه‌های کود، نیروی کار، ماشین‌آلات، سموم شیمیایی، آب و سایر نهاده‌های مورد نیاز برای کشت هر محصول می‌باشد.

نتایج و بحث

در مطالعه حاضر با استفاده از روش الگوریتم ژنتیک و برنامه‌ریزی غیرخطی، الگوی کشت بهینه‌ی کشاورزان منطقه گهرباران ساری تعیین و با یکدیگر مقایسه شده است. همانطور که در جدول (۱) مشاهده می‌شود در الگوی جاری در منطقه مورد مطالعه، محصول برنج طارم بیشترین سهم را به خود اختصاص داده است. به دلیل کیفیت بیشتر این نوع برنج و مصرف خانگی این محصول برای کشاورزان این امر منطقی به نظر می‌رسد. برنج شیرودی پس از برنج

روش‌های حل معمولی و الگوریتم ژنتیک برای الگوهای غیرخطی مورد مقایسه قرار گیرد.

جامعه آماری مورد نظر در این مطالعه، کشاورزان منطقه گهرباران واقع در شهرستان ساری می‌باشند. گهرباران شامل دهستان گهرباران شمالی به مرکزیت روستای طبقده با ۱۱ روستای تحت پوشش و دهستان گهرباران جنوبی به مرکزیت روستای ماکران با ۹ روستای تحت پوشش می‌باشد. داده‌های مورد نیاز برای انجام این تحقیق، از طریق تکمیل پرسشنامه و مصاحبه حضوری با ۲۵۰ کشاورز که در این جمع‌آوری گردید. حجم نمونه‌های مورد نیاز برای هر روستا با استفاده از فرمول کوکران (۱۹۷۷) تعیین گردید.

برای محاسبه الگوی کشت بهینه در قالب استراتژی اقتصادی حداکثرسازی سود و حداقل‌سازی ریسک، مدل برنامه‌ریزی در قالب رابطه (۹) در نرم‌افزار MATLAB اجرا شده است.

$$\min z = \sum_{c=1}^C \text{var}_c [h]_c^2 + \sum_{c=1}^C \sum_{c'=1}^{C'} 2 \text{cov}_{cc'} [h]_c * [h]_{c'}$$

s.t

$$\sum_{c=1}^C [gm]_c * [h]_c \leq gm^*$$

$$\sum_{c=1}^C [h]_{cv} \leq L$$

$$\sum_{c=1}^C [md]_c * [h]_c \leq EMD$$

$$\sum_{c=1}^C [WC]_c * [h]_c \leq WA$$

$$\sum_{c=1}^C [cap]_c * [h]_c \leq [Tcap]_n$$

$$\sum_{c=1}^C [FT]_{cn} * [h]_c \leq [FTT]_n$$

$$[H]_c \geq 0$$

(رابطه ۹)

است. کلزا، سویا، سیر، جو، گوجه‌فرنگی و هندوانه نیز محصولاتی هستند که به میزان کمتری نسبت به محصولات عمده فوق‌الذکر کشت می‌شوند.

طارم، رتبه بعدی را به خود اختصاص داده است. همچنین گندم به دلیل کالای استراتژیکی بودن رتبه سوم را در کشت محصولات به خود اختصاص داده

جدول ۱- الگوی بهینه کشت (هکتار) با استفاده مدل غیرخطی معمولی و الگوریتم ژنتیک

الگوریتم معمولی	الگوریتم ژنتیک	الگوی جاری	
۰	۰	۰/۱۳	گندم
۰	۰/۰۰۰۴	۰/۰۸	جو
۰	۰/۰۱۸	۰/۱۲	کلزا
۰/۶۴۴	۰/۵	۰/۰۹	سیر
۰	۰/۰۱۴	۰/۱۱	سویا
۰	۰/۰۰۰۲	۰/۰۴	گوجه‌فرنگی
۰/۱۸۶	۰/۲۲۹	۰/۰۴	هندوانه
۰	۰/۱۶۲	۱/۰۱	برنج طارم
۰/۵۹۶	۰/۶۲	۰/۷	برنج شیروودی
۳۴۶۰۲×۱۰^{-۹}	$\times ۱۰^{-۹}$	-	انحراف معیار (ده ریال)
۳۸۲۹۱۶۹۷	۳۹۰۹۱۱۶۷	۲۹۸۳۱۵۳۴	سوداقتصادی (ده ریال)

مأخذ: یافته‌های تحقیق

* لازم به ذکر است به جای واریانس (شاخص ریسک در مطالعه حاضر)، انحراف معیار که همان جذر واریانس است و مفهوم مناسب‌تری دارد، در جدول نتایج ارائه شده است.

و احتمالاً بازده برنامه‌ای پایینی بوده و کاشت آن معمولاً با زیان همراه است. به‌طوری‌که مطابق با نتایج، مدل پیشنهاد می‌دهد ۳۳ و ۳۱ درصد از کل زمین‌های در دسترس به‌ترتیب در اختیار محصول سیر و برنج شیروودی قرار گیرد. با تخصیص ۶۵ درصد از زمین‌های موجود به کشت محصولات موردنظر، سود به ۳۸ میلیون تومان خواهد رسید.

نتایج ارائه شده نشان می‌دهد که الگوریتم ژنتیک، محصولات متنوع‌تری را به‌عنوان الگوی بهینه انتخاب می‌کند بنابراین حالت واقعی‌تری نسبت به برنامه‌ریزی غیرخطی معمولی دارد و با تصمیمات کشاورزان جهت

همانطور که مشاهده می‌شود در حالت حل مدل تک‌هدفه با استفاده از الگوریتم ژنتیک، تمامی محصولات بجز گندم سطح کشت به‌خود اختصاص داده‌اند. مطابق با خروجی‌های مدل در شرایط بهینه، ۲۶ درصد از کل زمین‌های تحت کشت محصولات، به سیر و ۳۲ درصد به برنج شیروودی و ۱۴ درصد سطح زیرکشت باقیمانده به تولید سایر محصولات اختصاص داده شده است.

همان‌گونه که در جدول (۱) مشاهده می‌شود، مدل تعیین الگوی بهینه کشت با برنامه‌ریزی غیرخطی، پیشنهاد می‌کند تنها سه محصول شیروودی، هندوانه و سیر کشت شوند و بقیه محصولات از الگوی کشت حذف شوند. زیرا سایر محصولات دارای ریسک بالاتر

کشت محصولات مختلف انطباق بیشتری می‌تواند داشته باشد.

از آنجایی که تنوع کشت موجب کاهش ریسک تولیدکنندگان می‌شود، متنوع‌تر بودن الگوهای کشت به‌دست آمده از حداقل‌سازی ریسک در الگوریتم ژنتیک نسبت به الگوی کشت به‌دست آمده از حداقل‌سازی ریسک در برنامه‌ریزی غیرخطی، منطقی به نظر می‌رسد.

مقایسه نتایج حاصل از دو روش مدل استراتژی اقتصادی ژنتیک و اقتصادی غیرخطی معمولی نشان‌دهنده قابلیت بیشتر الگوریتم ژنتیک می‌باشد. زیرا سود حاصل از نتایج الگوریتم ژنتیک نسبت به برنامه‌ریزی غیرخطی معمولی ۲ درصد افزایش داشته است در صورتیکه ریسک ۲۲ درصد کم شده است. با اینکه سود به مقدار کمی افزایش یافته است ولی ریسک کاهش قابل توجهی در الگوریتم ژنتیک داشته است که می‌تواند نشان‌دهنده برتری الگوی ژنتیک نسبت به برنامه‌ریزی غیرخطی معمولی باشد. بنابراین می‌توان گفت که استفاده از نتایج روش برنامه‌ریزی غیرخطی ژنتیک از لحاظ اقتصادی مقرون به‌صرفه می‌باشد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

هدف از انجام مطالعه حاضر، تعیین الگوی کشت بهینه برای محصولات کشت شده در منطقه گهرباران ساری بوده است. برای تعیین الگوی کشت بهینه در این مطالعه، مدل الگوریتم ژنتیک و مدل برنامه‌ریزی غیرخطی معمولی به صورت مجزا اجرا شده و نتایج آنها با یکدیگر مقایسه شده است تا روش برتر انتخاب شود. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که در روش حل با برنامه‌ریزی ژنتیک الگوی کشت متنوع‌تری نسبت به برنامه‌ریزی غیرخطی معمولی خواهیم داشت. با توجه به مقایسه نتایج مطالعه حاضر و الگوی فعلی می‌توان

گفت اگر کشاورزان با الگوی جاری به کشت محصولات اقدام نمایند، از اکتساب سود بیشتر باز می‌مانند و کشاورزان بایستی برای دستیابی به حداکثر سود و کمترین ریسک، الگوی کشت متنوع‌تری را انتخاب کنند. در خصوص ارتباط سود و ریسک، مشاهده شد که، با اینکه سود در حالت حل برنامه‌ریزی غیرخطی در قالب الگوریتم ژنتیک نسبت به حل برنامه‌ریزی غیرخطی معمولی، حدود ۲ درصد افزایش یافته ولی ریسک کاهش ۲۲ درصدی داشته است. نتایج این مطالعه با نتیجه اندک مطالعات انجام شده مانند فقیهی و همکاران (۲۰۱۵)، دوتا و همکاران (۲۰۱۶) و امان‌تارای و همکاران (۲۰۱۷) در زمینه برتری الگوی ارائه شده در الگوریتم ژنتیک به لحاظ میزان سود، مطابقت دارد.

با توجه به نتایج گفته شده در هر دو حالت می‌توان گفت، الگوی برآوردی پیشنهاد می‌کند محصولات سیر و برنج شیرودی بیشترین سطح کشت را بخود اختصاص دهند لذا کشاورزان منطقه بهتر است این محصولات را جایگزین دیگر محصولات کنند. از آنجایی الگوی بهینه کشت در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که استفاده از نتایج روش الگوریتم ژنتیک منجر به تنوع کشت و کاهش ریسک بیشتری می‌شود، بنابراین توصیه می‌گردد دولت با ارائه سیاست‌های حمایتی و ارتباط بین مراکز اجرایی دولتی مانند جهاد کشاورزی با مراکز تحقیقاتی، الگوی بهینه را در منطقه مورد نظر به اجرا گذارد. همچنین از آنجاکه در مطالعه حاضر اهداف حداکثرسازی سود و حداقل‌سازی ریسک مدنظر قرار گرفته است، لذا برای ارائه الگوی مناسب و جامع‌تر پیشنهاد می‌شود تا در مطالعات آتی، اهداف اجتماعی و زیست‌محیطی نیز در تعیین الگوی کشت بهینه کشاورزان در قالب الگوریتم ژنتیک مورد بررسی قرار گیرد.

منابع مورد استفاده

- Agh M, Joolaie R, Keramatzadeh A and Shirani F. 2015. Determination of cropping pattern with emphasis on reduction in chemical fertilizers and water consumption policies in Mazandaran province: case study of Behshahr. *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, 5(3): 247-259. (In Persian).
- Amantaray S, Rath A, Sahu A and Swain P. 2017. Derivation of Optimal Cropping Pattern in Sambalpur Distributary using Genetic Algorithm. *International Journal of Soft Computing and Artificial Intelligence*.5 (1): 1- 6.
- Baghrian A, Saleh A and Peykani Gh. 2007. Optimization of cropping pattern in Kazeroon region using linear programming method. Sixth Biennial Conference of Iranian Agricultural Economics Association, Mashhad. 8 and 9 November. (In Persian).
- Barzegari M and Ghazal soflo A. 2015. Optimization of Urban Water Distribution Network Using Genetic Algorithm (Case Study: Salami City). *National Conference on Civil Engineering and Needs Research*.1-11. (In Persian).
- Dutta, S, Sahoo, B, Mishra, R and Acharya S. 2016. Fuzzy Stochastic Genetic Algorithm for Obtaining Optimum Crops Pattern and Water Balance in a Farm, *Water Resource Management*, 30:4097-4123.
- Faghihi N, Babazadeh H, Sedghi H and Pazira P. 2015. Optimization of Irrigation Planning and cropping pattern under Deficit Irrigation Condition Using Genetic Algorithm. *Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences*, ISSN: 2231- 6345.
- Godarzi AA, 2009. Optimization of water absorption cycle and solar bromide lithium using genetic algorithm. Thesis of Sharif University. (In Persian).
- Gopi Annepu. 2011. Land Allocation Strategies through Genetic Algorithm Approach-A Case Study. *Global journal of research in engineering* .Global Journal of Research in Engineering, 11 (4): 6-14.
- Hosseini Z, Esmaili M and Reza Gh. 2013. Multi-objective optimization model for integrated inventory and pricing decisions in terms of probabilistic (exponential and uniform) procurement times using genetic algorithm. *The Journal of Operations Research in its Applications*, 11(1): 31-46. (In Persian).
- Kiafar H and Sadradini A.A. 2011. Optimal water allocation for Sufi-Chay Irrigation and Drainage network in East Azarbaijan province of Iran using genetic algorithm, *Fourth Conference on Water Resources Management*, 5: 52-61.
- Kumar D, Raju S and Ashok B. 2006. Optimal reservoir operation for irrigation of multiple crops using genetic algorithms, *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. ASCE, 132(2):123-129.
- Raju K and Kumar D. 2004. Irrigation planing using genetic algorithms. *Water Resource Management*, 18(2): 163-176.
- Rastegari F, azizzade F, mohtashmi T and salari A. 2009. Economic Optimization Schedule Irrigation of Some Cultivated Plants in Zavv Plain of the Province Khorasan Razavi. *Journal of Water Research in Agriculture*. 31(2).277- 286. (In Persian).
- Rezaee Z, Dourandish A and Nobahar A. 2009. Determination of Cultivation pattern Under Three strategies of economic, social, environmental with application of genetic algorithms: (Case Study of Mashhad). *Biennial Conference of Agricultural Economics*, 1607- 1615. (In Persian).
- Torabi M, 1998. Genetic Algorithm and New Horizons in Decoding. *Proceedings of Intelligent Systems*. Sharif University of Technology. Tehran. (In Persian).
- Zahedi keyvan M, 2007. Determination of optimal cropping pattern in a field, Random mathematical programming approach. Thesis Master of Science (Economics), Faculty of Economics and Management, Isfahan University. (In Persian).