Agricultural Economics and Development

Vol. 33, No. 131, Autumn 2025

Determining Optimal Cropping Pattern to Enhance Poverty Alleviation Index, Strengthen Food Security, and Conserve Water Resources

M. Salamat [1], M. Mardani Najafabadi [2], M. Forouzani [3], H. Azarm [4]

Received: 14 April, 2025 Accepted: 12 August, 2025

Introduction: Poverty is recognized as one of the main human problems, especially in developing countries. Eradicating poverty in all its forms and everywhere by 2030 is the first goal among the 17 Sustainable Development Goals (SDGs) set by the United Nations. Therefore, one of the goals of agriculture is to reduce poverty, especially in developing countries. In addition to poverty, food insecurity has also become a global problem in rural areas over recent decades. Given the importance of the agricultural sector in the economy of developing countries, it is crucial to maintain agriculture as a source of income and to produce and supply the required food. Emphasis should be placed on the resources available to farmers and the factors affecting decision-making in resource allocation. Increasing agricultural production necessitates enhancing the productivity of scarce resources. The strong relationship between poverty and income links the issues of poverty and the optimal use of agricultural production factors. Official statistics show that poverty in Iran has increased in recent years. Therefore, this study aimed mainly at providing a Multi-objective Mathematical Programming (MMP) model to improve the poverty index in line with sustainable development and food security of the lands downstream of the irrigation and drainage networks of the Karun-e-Bozorg (Great Karun).

1. MSc. Graduate in Rural Development, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran.
2. Corresponding Author and Associate Professor of Agricultural Economics, Department of Agricultural Economics, Faculty of Agricultural Engineering and Rural Development, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran (m.mardani@asnrukh.ac.ir).
3. Associate Professor of Agricultural Extension and Education, Faculty of Agricultural Engineering and Rural Development, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran.
4. Assistant Professor of Agricultural Economics, Department of Agricultural Economics, Faculty of Agricultural Engineering and Rural Development, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran.

Doi: 10.30490/aead.2025.367421.1668

Materials and Methods: This study aimed to develop a mathematical programming model to improve the FGT poverty index and address objectives related to food security and water resource sustainability. The multi-objective mathematical programming method was used. Before explaining the proposed model, the FGT poverty index was reviewed and introduced. This index measures the distributional and income effects on poverty and indicates that poverty rates from different population subgroups can be aggregated to achieve a single poverty rate for the entire population. So, different objectives could be considered depending on the agricultural and livelihood situation in the lands under irrigation networks, including: 1) to minimize the FGT poverty index, 2) to maximize energy production from food consumption (food security), and 3) to minimize irrigation water consumption (environmental). Multi-objective programming methods require harmonizing the measurement criteria in different objectives. A multi-objective fuzzy nonlinear programming model derived from Jones & Barnes (2000) was used to harmonize the objectives. The required data was collected through interviews with experts from the Agriculture-Jahad Center of Ahwaz County of Iran in 2024 and from the Statistical Center of Iran (SCI). The areas studied included North East Ahvaz, Gotvand, Miyan-Ab, East Shoaybiyeh, which had different crops and horticultural crops depending on the climate and soil. The solution of the proposed models was carried out using GAMS software and the CONOPT algorithm, which uses the generalized simplex method to solve linear and nonlinear problems.

Results and Discussion: The study results showed that the poverty index minimization goal had the greatest impact on changing the optimal crop area of the study areas compared to current conditions. The irrigation water minimization scenario had the least contribution in this regard. The amount of water consumed in the multi-objective model was greater in winter and less in summer compared to the current conditions. Considering the triple objectives, the profits of all studied regions would increase compared to the current conditions. The highest profit growth would be related to the Gotvand region, and the lowest to the East Shoaybiyeh region. Under the goal of minimizing irrigation water, the poverty index for the four regions would not change. Considering other goals, the poverty index would decrease compared to the current conditions. By applying optimal conditions in the form of a multi-objective model, the poverty index in the Miyan-Ab region would decrease by 51 percent. Under the objective of minimizing irrigation water consumption, the amount of calorie intake resulting from crop production would not change compared to the current conditions. However, under multi-objective conditions, considering the objective of maximizing calorie

production, the volume of calories produced would exceed 57 million calories. The data showed that the total calorie intake would increase by 39 percent under the optimal conditions compared to the current conditions.

Conclusion and Suggestions: The study findings indicated that the allocation of agricultural inputs in the studied areas was not optimal and the current cultivated area was very different from the optimal values. Under the optimal conditions, the cultivated area of beans, cucumbers, alfalfa, and rice in all four studied regions will decrease compared to the current conditions. However, the cultivated area of corn and wheat for all regions will increase under the optimal conditions. This study confirms that the optimal use of agricultural production resources will lead to increased profits, improved poverty, reduced water consumption, and increased calorie intake in the four regions. The proposed mathematical programming model will contribute to achieving sustainable development and improving food security. Encouraging farmers to adopt an optimal cropping pattern requires a combination of support policies and economic incentives. It is recommended to provide financial and credit facilities to farmers to purchase agricultural inputs and equipment needed to implement the optimal cropping pattern, hold training and extension courses for farmers on the benefits of the cropping pattern and optimal cultivation methods, and guarantee the purchase of farmers' products at reasonable prices to create strong incentives for adopting the cropping pattern.

Keywords: *Cropping Pattern, Poverty Index, Produced Calories, Multi-Objective Fuzzy Non-Linear Programming (MOFNLP).*

JEL Classification: C61, Q12, Q18, Q25

اقتصاد کشاورزی و توسعه

سال ۳۳، شماره ۱۳۱، پاییز ۱۴۰۴

مقاله پژوهشی

تعیین الگوی بهینه زراعی با هدف بهبود شاخص فقر، امنیت غذایی و حفظ منابع آب

مدینه سلامات[۱]، مصطفی مردانی نجف‌آبادی[۲]، معصومه فروزانی[۳]، حسن آزرم[۴]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۱/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۵/۲۱

چکیده

فقر و امنیت غذایی، به‌عنوان دو مؤلفه مرتبط با یکدیگر، محورهای اصلی توسعه و ثبات اقتصادی را تشکیل می‌دهند. هم‌زمانی تشدید پدیده فقر با عدم بهره‌برداری بهینه از عوامل تولید در بخش کشاورزی و در نتیجه، گسترش ناامنی غذایی از ویژگی‌های خاص مناطق روستایی در کشورهای در حال توسعه است. در این راستا، برای تحقق تخصیص بهینه منابع در این مناطق، لازم است هم‌زمان به مسئله فقر و امنیت غذایی توجه شود. بر این اساس، در مطالعه حاضر، با استفاده از روش برنامه‌ریزی غیرخطی فازی چندهدفه، به تعیین الگوی بهینه زراعی با لحاظ اهداف حداقل‌سازی شاخص فقر FGT، حداقل‌سازی مصرف آب آبیاری و حداکثرسازی

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد توسعه روستایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران.

۲- نویسنده مسئول و دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده مهندسی زراعی و عمران روستایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران. (m.mardani@asnrukh.ac.ir)

۳- دانشیار گروه ترویج و آموزش کشاورزی، دانشکده مهندسی زراعی و عمران روستایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران.

۴- استادیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده مهندسی زراعی و عمران روستایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران.

Doi: 10.30490/aead.2025.367421.1668

میزان کالری تولیدشده در مناطق منتخب زیر پوشش شبکه‌های آبیاری و زهکشی کارون بزرگ پرداخته شد. مناطق مورد مطالعه شامل شمال شرق اهواز، گتوند، میان‌آب و شعیبیه شرقی بود. نتایج پژوهش نشان داد که در شرایط بهینه، میانگین سطح زیر کشت محصولات نسبت به شرایط جاری به میزان ۳۵ درصد افزایش می‌یابد؛ همچنین، استفاده بهینه از منابع تولید کشاورزی در قالب اهداف یادشده، افزایش سود، بهبود فقر، کاهش میزان آب مصرفی و افزایش میزان کالری تولیدشده از مصرف مواد غذایی در سطح مناطق چهارگانه را به‌دنبال دارد. علاوه بر این، بر اساس نتایج پژوهش، هدف کمینه‌سازی شاخص فقر بیشترین تأثیر را بر تغییر سطح زیر کشت بهینه مناطق مورد مطالعه در مقایسه با شرایط فعلی و نیز سناریوی کمینه‌سازی آب آبیاری کمترین سهم را در این زمینه داشته و میزان آب مصرفی در مدل چندهدفه در زمستان بیشتر و در تابستان کمتر از شرایط فعلی بوده است. در نهایت، می‌توان گفت که الگوی پیشنهادی برنامه‌ریزی ریاضی در مناطق مورد مطالعه، علاوه بر ارتقای توسعه پایدار، به‌گونه‌ای مؤثر، به بهبود امنیت غذایی مساعدت خواهد کرد.

کلیدواژه‌ها: *الگوی کشت، شاخص فقر، کالری تولیدشده، برنامه‌ریزی چندهدفه غیرخطی فازی.*

طبقه‌بندی JEL : C61, Q12, Q18, Q25

مقدمه

در شرایط کنونی، محدودیت روزافزون منابع حیاتی همچون آب، زمین‌های زراعی و انرژی ضرورت بازنگری در الگوهای کشت را به یکی از اولویت‌های اساسی بخش کشاورزی تبدیل کرده است. هم‌زمان با تشدید پدیده تغییرات اقلیمی و رشد فزاینده جمعیت، نیاز به توسعه نظام‌های کشاورزی کارآمد و پایدار بیش از هر زمان دیگر احساس می‌شود. از این‌رو، تعیین الگوهای بهینه کشت برای به حداکثر رساندن مزایای کشاورزی، ضمن توجه به کمبود منابع و سازگاری با تغییرات اقلیمی، بسیار مهم است (Marzban et al., 2022). الگوهای بهینه زراعی به تخصیص کارآمد منابع زمین و آب برای دستیابی به اهدافی مانند حداکثرسازی بازده خالص و عملکرد محصول و نیز حداقل‌سازی مصرف آب و نهاده‌های شیمیایی کمک می‌کنند (Mardani Najafabadi et al., 2019b; Jain et al., 2021; Mirzaei et al., 2022a). با همسو کردن انتخاب‌های کشت با شرایط آب‌وهوایی کشاورزی محلی و در دسترس بودن منابع، کشاورزان و سیاست‌گذاران می‌توانند با بهبود امنیت غذایی و تثبیت معیشت روستایی، از میزان تخریب محیط زیست بکاهند (Kavand et al., 2023). بر این اساس، ضرورت بهینه‌سازی الگوهای کشت، با در نظر گرفتن اهداف چندگانه و اغلب متضاد مانند بهبود وضعیت فقر از طریق افزایش درآمد، تأمین امنیت غذایی، حداقل‌سازی اثرات زیست‌محیطی و تضمین پایداری بلندمدت، حتی بیشتر آشکار می‌شود (Mirzaei et al., 2022b).

فقر، به‌ویژه در نقاط در حال توسعه، به‌عنوان یکی از معضلات اصلی بشر شناخته می‌شود (Lu et al., 2021). از میان هفده هدف توسعه پایدار[1] تعیین‌شده توسط سازمان ملل متحد، ریشه‌کنی فقر، به هر شکل و در هر مکان، تا سال ۲۰۳۰، مطرح است (Leal Filho et al., 2021). با این همه، فقر بزرگترین مانع در مسیر دستیابی به توسعه پایدار محسوب می‌شود، به‌گونه‌ای که آمارها حاکی از آن است که در حال حاضر، تقریباً نُه درصد از جمعیت جهان در شرایط فقر مطلق به‌سر می‌برند (World Bank, 2024). داده‌ها نشان می‌دهد که اغلب فقرای جهان کشاورزانی هستند که در مناطق روستایی کشورهای جهان سوم زندگی می‌کنند. از این‌رو، یکی از اهداف کشاورزی کاهش فقر به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه است (Eyasu, 2020). بنابراین، علاوه بر فقر، نبود امنیت غذایی نیز در دهه‌های اخیر، در مناطق روستایی به یک مشکل جهانی تبدیل شده است (Okoko, 2022). از آنجا که بخش عمدهٔ جمعیت کشورهای در حال توسعه در مناطق روستایی سکونت دارند، ارتقا و بهبود امنیت غذایی خانوارهای روستایی به‌عنوان یکی از اولویت‌های کلیدی در دستور کار این کشورها قرار دارد (Singh & Chudasama, 2020).

از دیدگاه توسعه پایدار، بررسی فقر و امنیت غذایی در مناطق روستایی حائز اهمیت است. توسعه پایدار، با کاهش سطح فقر از طریق ترویج فعالیت‌های مختلف درآمدزا، رفاه جوامع را در سطح جهانی ارتقا می‌دهد؛ و افزون بر این، با کاهش فشار وارده بر منابع حیاتی، منجر به پایداری زیست‌محیطی می‌شود (Pawlak & Kołodziejczak, 2020). در این راستا، بخش کشاورزی ابزاری قوی برای کشورهای در حال توسعه به‌شمار می‌رود که با بهره‌گیری از آن، می‌توانند به رشد اقتصادی و توسعه پایدار دست یابند. در نتیجه، توسعه پایدار بدون امنیت غذایی و کاهش فقر از نظر اقتصادی رخ نمی‌دهد. در واقع، نداشتن درآمد کافی برای تأمین غذای سالم بر سلامت جسمانی و روانی افراد تاثیر می‌گذارد؛ بنابراین، از نگاه هر جامعه‌ای، شاخص‌های فقر و امنیت غذایی محورهای اصلی توسعه و زیرساخت‌های مهم پرورش نسل‌های آینده به‌شمار می‌روند (Omodero, 2021; Ahmadi et al., 2023).

در این میان، کشاورزی از مهم‌ترین مؤلفه‌های اقتصاد روستایی است که می‌تواند در کاهش فقر و معیشت پایدار روستایی، نقشی مهم را ایفا کند (Maulu et al., 2021). با توجه به جایگاه مهم بخش کشاورزی در اقتصاد کشورهای در حال توسعه، برای حفظ پایداری این بخش به‌عنوان منبع درآمد و تأمین مواد غذایی اساسی، تمرکز بر دسترسی کشاورزان به منابع و همچنین، عوامل تأثیرگذار بر

1. Sustainable Development Goals (SDGs)

تصمیم‌گیری آنها دربارهٔ تخصیص این منابع ضروری است. این رویکرد نه‌تنها به افزایش بهره‌وری و درآمد کشاورزان کمک می‌کند، بلکه نقش کلیدی در تضمین امنیت غذایی و توسعه پایدار ایفا می‌کند (Hosseini Yekani, & Keshiri Kalaei, 2016). همچنین، با توجه به افزایش تولید محصولات کشاورزی، افزایش بهره‌وری مطلوب از منابع کمیاب نیز الزامی است (Mardani Najafabadi et al., 2019b). شایان یادآوری است که ارتباط شدید دو مقولهٔ فقر و درآمد می‌تواند دو موضوع فقر و استفاده بهینه از عوامل تولید کشاورزی را به هم پیوند دهد (Namara et al., 2010).

امنیت غذایی یک موضوع پیچیده مرتبط با توسعه اقتصادی پایدار، محیط زیست و تجارت است که بخش کشاورزی، با ارتقای کمیت و کیفیت تولیدات غذایی، نقشی محوری و تعیین‌کننده در تحقق امنیت غذایی و توسعه پایدار ایفا می‌کند (Savari & Sookhtanlou, 2019; Kavand et al., 2023). از این منظر، محصولات کشاورزی مانند غلات، حبوبات، دانه‌های روغنی و فرآورده‌های دامی غذاهایی هستند که کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها، چربی‌ها، ویتامین‌ها و سایر منابع انرژی مورد نیاز بدن انسان را تأمین می‌کنند، بدین معنی که هر ماده غذایی یک سطح خاص از انرژی را فراهم می‌کند که بر حسب کالری اندازه‌گیری می‌شود. برای نمونه، یک فرد بالغ برای انجام کارهای روزانه خود، به‌طور متوسط، به ۲۳۵۰ کالری در روز نیاز دارد (Arifullah et al., 2008). مطابق آمار، میزان کالری تولیدشده برای هر کیلوگرم از محصولات گندم، جو، سیب‌زمینی، گوجه‌فرنگی و خیار سبز، به‌ترتیب، ۳۵۰۰، ۳۸۹۰، ۷۷۰، ۱۸۰ و ۱۲۰ کالری گزارش شده است. در این راستا، سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (فائو) اعلام کرده است که در جهان، به‌طور عام و در کشورهای در حال توسعه، به‌طور خاص، باید کشاورزی در سطح وسیع افزایش یابد (See et al., 2015)؛ البته، این افزایش بدون وجود برنامه‌ریزی مدون و صحیح امکان‌پذیر نیست (Laskookalayeh et al., 2022; Mardani Najafabadi et al., 2022).

بر اساس داده‌های رسمی مرکز آمار ایران (SCI, 2024)، شاخص فقر در سال ۱۴۰۲ به بیش از سی درصد از جمعیت کشور رسیده و این در حالی است که در مقایسه با آمارهای دهه گذشته (۱۳۹۰) با نرخ فقر در محدوده پانزده تا بیست درصد، حاکی از افزایشی معادل دو برابر در طول یک دهه است. همچنین، داده‌های بین‌المللی نشان می‌دهد که در سال‌های گذشته، فقر مادی در ایران افزایش یافته است (World Bank, 2024). نتایج مطالعه رضایی‌فر و همکاران (Rezaeifar et al., 2022) حاکی از آن است که سه شاخص نسبت سرشمار فقر، شدت فقر و فقر چندبعدی در سال ۱۴۰۰ نسبت به سال ۱۳۹۴، در مناطق شهری و مناطق روستایی ایران افزایش یافته است. افزون بر

این، درصد خانوارهای دچار ناامنی غذایی شدید در مناطق روستایی بیش از مناطق شهری است (Pakravan-Charvadeh et al., 2020). بنابراین، علاوه بر پدیده فقر، چالش امنیت غذایی در ایران به‌ویژه در مناطق روستایی قابل توجه است؛ این در حالی است که در ایران، با توجه به اقلیم خشک و پراکنش نامناسب بارش، تولید مواد غذایی و کشاورزی پایدار منوط به استفاده صحیح و منطقی از منابع آب و مدیریت صحیح و منطقی مصرف آن است. در نتیجه، پرداختن به مسئله کمبود آب به یک جزء حیاتی از سیاست‌های ملی تبدیل شده و دستیابی به هر هدفی مستلزم توجه به پایداری منابع آب است (Dehghanizadeh et al., 2021; Mardani Najafabadi et al., 2022).

استان خوزستان، با توجه به بهره‌مندی از اراضی حاصل‌خیز، منابع آبی و سازه‌های آبی متعدد، منابع قابل توجه خاک و پوشش گیاهی، اقلیم مناسب و امکان کاشت در چهار فصل و برداشت سه نوبت محصولات کشاورزی، از جایگاهی ویژه در بخش کشاورزی کشور و به‌ویژه در بخش زراعت برخوردار بوده و یکی از قطب‌های پراهمیت کشاورزی کشور است. بنا به گزارش معاونت برنامه‌ریزی استانداری خوزستان (KGPD, 2016)، از حدود ۶۴ کیلومتر مربع مساحت استان، تقریباً نوزده درصد آن به اراضی کشاورزی اختصاص دارد. این استان به لحاظ سطح برداشت کل محصولات زراعی، غالباً در زمره استان‌های حائز رتبه‌های برتر بین سایر استان‌ها بوده است. بر اساس آخرین داده‌های منتشرشده توسط وزارت جهاد کشاورزی (سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۲)، استان خوزستان با سهم ۱۲/۳۸ درصدی از کل تولید محصولات زراعی کشور، همچنان جایگاه نخست را در بین استان‌ها حفظ کرده است؛ این در حالی است که در دوره‌های قبلی (سال‌های زراعی ۹۵-۱۳۹۴ و ۹۲-۱۳۹۱) سهم این استان، به‌ترتیب، ۷/۱ و ۹/۱ درصد گزارش شده بود، که نشان‌دهنده تغییرات نسبی در الگوی تولید کشاورزی کشور طی دهه اخیر است (MAJ, 2023). با این همه، ارزیابی‌ها نشان داده که سطح فقر در مناطق شهری و روستایی استان خوزستان از روند افزایشی برخوردار بوده است. علاوه بر این، از نظر امنیت غذایی، ۶۳ درصد از خانوارهای مناطق شهری و ۶۸ درصد از خانوارهای مناطق روستایی استان خوزستان دچار سطحی از ناامنی غذایی هستند (Pakravan-Charvadeh et al., 2020). چنان‌که ملاحظه می‌شود، علی‌رغم وجود منابع بالقوه، این استان با مسائلی همچون عدم توسعه، فقر و ناامنی غذایی دست و پنجه نرم می‌کند. بنابراین، چاره‌اندیشی در این زمینه از ضروریات حفظ منابع تولید و توسعه پایدار خواهد بود. از این‌رو، یکی از راهکارهای مناسب برای نیل بدن هدف در استان خوستان استفادهٔ بهینه از منابع تولید کشاورزی در راستای توسعه پایدار و به تبع آن، توجه به موضوع فقر و امنیت غذایی است.

با توجه به آنچه گفته شد، هدف اصلی مطالعهٔ حاضر مدل‌سازی ریاضی و ارائه الگوی بهینه کشت محصولات کشاورزی در اراضی پایاب شبکه‌های آبیاری و زهکشی کارون بزرگ به‌منظور بهبود شاخص فقر در راستای توسعه پایدار و امنیت غذایی بوده است. بر این اساس، در مطالعه حاضر، وضعیت شاخص فقر فوستر- گرییر- توربک[1] و امنیت غذایی در شرایط کنونی برای کشاورزان منطقه مورد مطالعه، مقادیر شاخص فقر فوستر- گرییر- توربک (FGT) در شرایط استفاده بهینه از منابع تولید کشاورزی و ارائه برنامه زراعی بهینه محصولات کشاورزی در راستای توسعه پایدار و امنیت غذایی اراضی پایاب شبکه‌های آبیاری و زهکشی کارون بزرگ بررسی و پیگیری شده است.

در مطالعهٔ حاضر، برای تخصیص منابع تولید کشاورزی، شاخص فقر به‌عنوان یک هدف مد نظر قرار گرفته و برای اولین بار، شاخص فقر FGT که توسط فوستر و همکاران (Foster et al., 1984) پیشنهاد شده، به‌همراه اهداف تغذیه‌ای و زیست‌محیطی بهینه‌سازی شده است. از آنجا که مطالعات پیشین پیرامون ارزیابی و بررسی تخصیص بهینه منابع تولید در اراضی پایاب شبکه‌های آبیاری و زهکشی کارون بزرگ اندک بوده و یا فاقد جامعیت کافی است و همچنین، از این روش پژوهش در هیچ‌کدام از این‌گونه مطالعات مرتبط استفاده نشده، طراحی مدل پیشنهادی پژوهش حاضر به‌ویژه در کاربرد شاخص فقر FGT در تابع هدف نوآورانه است.

مواد و روش‌ها

در پژوهش حاضر، از آنجا که هدف پژوهش توسعه یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی برای بهبود شاخص فقر FGT و همچنین، سایر اهداف مرتبط با امنیت غذایی و پایداری منابع آب بوده، از روش برنامه‌ریزی ریاضی چندهدفه[2] استفاده شده و پیش از توضیح مدل پیشنهادی برای اهداف مطالعه، ابتدا شاخص فقر FGT بررسی و معرفی شده است. این شاخص برای سنجش آثار توزیعی و درآمدی بر فقر مناسب بوده و نشان‌دهنده آن است که میزان فقر محاسبه‌شده برای زیرگروه‌های مختلف جمعیت (مانند مناطق جغرافیایی، گروه‌های سنی یا جنسیتی) را می‌توان با یکدیگر ترکیب کرد و به یک شاخص واحد از فقر کل جمعیت دست یافت.

1. Foster-Greer-Thorbecke (FGT)
2. Multiobjective Mathematical Programming (MMP)

شاخص فقر FGT

شاخص نسبت سرشماری: این شاخص به‌عنوان نسبت تعداد افراد یا خانوارهای فقیر به کل جمعیت جامعه محاسبه می‌شود و مقداری بین صفر تا یک را به خود اختصاص می‌دهد. چنان‌که در رابطه (۱) دیده می‌شود، هرچه این شاخص به عدد یک نزدیک‌تر باشد، نشان‌دهنده آن است که سهم بیشتری از جمعیت در شرایط فقر به‌سر می‌برند؛ و در مقابل، هرچه این شاخص به صفر نزدیک‌تر شود، بیانگر کاهش تعداد افراد فقیر و بهبود وضعیت اقتصادی جامعه است (Foster et al., 1984):

$$H = q/n \times 100 \qquad (۱)$$

که در آن، H نسبت سرشماری، q تعداد خانوارهای دارای درآمد پایین‌تر از خط فقر و n تعداد کل خانوارهاست.

شاخص نسبت شکاف درآمدی: این شاخص به‌صورت نسبت میانگین شکاف درآمدی افراد فقیر به خط فقر در قالب رابطه زیر تعریف می‌شود (Foster et al., 1984):

$$I = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{q}\left(\frac{Z - y_i}{z}\right) = (z - y_p)/z = 1 - (y_p/z) \qquad (۲)$$

که در آن، I شاخص نسبت شکاف درآمدی، $\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{q} y_i$ Y_p متوسط درآمد افراد فقیر و z خط فقر است. این شاخص، برخلاف نسبت افراد فقیر، در برخی شرایط، نسبت به انتقال درآمد از یک فرد فقیر به فرد فقیر دیگر حساسیت نشان نمی‌دهد. اگر این شاخص همراه با سایر شاخص‌های مرتبط استفاده شود، می‌تواند از وضعیت فقر، تصویری کامل‌تر و دقیق‌تر ارائه دهد. شاخص FGT که در سال‌های اخیر، از آن به‌طور گسترده استفاده شده، عبارت است از شاخصی برای درک بهتر همراه با دو شاخص دیگر (یعنی، نسبت سرشماری و نسبت شکاف درآمدی) که ارتباط نزدیک با آن دارند. این شاخص‌ها در کنار هم می‌توانند در زمینهٔ ابعاد مختلف فقر، ارائهٔ تحلیلی جامع‌تر را امکان‌پذیر سازند. محاسبه این شاخص به‌صورت رابطه زیر است (Osowole & Bamiduro, 2013):

$$F(\alpha) = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{q} (g_i/z)^{\alpha} \qquad (۳)$$

که در آن، n تعداد خانوار بوده و g_i شـکاف فقر برای خانواده iام اسـت که به‌صـورت $g_{i=}(z-y_i)$ تعریف می‌شـود. چناچه $\alpha = 0$ باشـد، نسـبت سـرشـماری یا F(0) به‌دسـت می‌آید که در واقع، نشـان‌دهنده نسـبت افراد با درآمد زیر خط فقر به کل افراد جامعه اسـت؛ و اگر $\alpha = 1$ باشـد، F(1) به‌دسـت می‌آید که همان شـکاف درآمدی بوده و با تعداد کل خانوارهای جامعه به‌هنجار شـده اسـت؛ و اگر α بیش از یک باشـد، حسـاسـیت بیشـتری به عمق فقر داده می‌شـود. برای نمونه، ویژگی اصـلی F(2) فقر در جامعه‌ای بیشتر است که در آن، تعداد اعضای دارای فاصلهٔ زیاد از خط فقر به نسبت بیشتر باشد. این شـاخص در متون مربوط به فقر «شـدت فقر» نامیده می‌شـود (Osowole & Bamiduro, 2013). شاخص FGT تکمیل‌کننده هر دو شاخص نسبت سرشماری و شکاف درآمدی است.

مدل پیشنهادی

برای نیل به اهداف پژوهش حاضـــر، از یک مدل برنامه‌ریزی ریاضـــی چندهدفه (MMP) استفاده شده است. ابتدا اهداف مورد نظر برای رسیدن به یک نظام تولید کشاورزی پایه تبیین می‌شود؛ سـپس، با پرداختن به محدودیت‌های مورد نظر در مطالعه، روش حل این مدل چندهدفه توضـیح داده خواهد شد.

اهداف مدل

با توجه به وضعیت کشاورزی و معیشت در اراضی زیر پوشش شبکه‌های آبیاری، می‌توان اهداف گوناگون را در نظر گرفت، که عبارت‌اند از: ۱) حداقل‌سازی شاخص فقر FGT، ۲) حداکثرسازی تولید انرژی از مصرف مواد غذایی (امنیت غذایی)، و ۳) حداقل‌سازی مصرف آب آبیاری (زیست‌محیطی).

برای حداقل‌سـازی شـاخص فقر FGT (هدف اول)، باید رابطه (۳) به‌صـورت یک تابع هدف با قابلیت حداقل‌سازی تبدیل شود. بدین منظور و با استفاده از مطالعه سایبان و همکاران (Sayban et al., 2020)، به تعریف تابع هدف حداقل‌سـازی شـاخص فقر FGT در قالب رابطه (۴) پرداخته شـده است:

$$\min: \quad f(\alpha) = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{q}\left[z - \left(\sum_{c}\sum_{r}\sum_{m} Pri_{cr} \,.\, Yie_{cr}.\, Land_V_{crm} - \sum_{c}\sum_{r}\sum_{m} Cos_{cr}.\, Land_V_{crm} - \sum_{c}\sum_{r}\sum_{m} Wat\ App\ Cos_{crm}\ .\, Land_V_{crm} - \sum_{c}\sum_{r}\sum_{m} Wat\ Ex\ Cos_{crm}.\, TWat_V_{crm} \right) / z \right]^{\alpha} \qquad (۴)$$

که در آن، Pri_{cr} قیمت محصول C در منطقه r (ریال/ کیلوگرم)، Yie_{cr} میزان عملکرد برای محصول C در منطقه r (کیلوگرم/ هکتار)، $Land_V_{crm}$ متغیر تصمیم سطح زیر کشت برای محصول C در منطقه r در ماه m (هکتار)، $Cos_{c,r}$ هزینه تولید محصول کشاورزی به‌جز هزینه آب برای محصول C در منطقه r (ریال/ هکتار)، $Wat\ App\ Cos_{crm}$ هزینه مربوط به بهره‌برداری از آب برای محصول C در منطقه r (ریال/ هکتار)، $Wat\ Ex\ Cost_{crm}$ هزینه مربوط به استحصال آب برای محصول C در منطقه r (ریال/هکتار) و $TWat_V_{crm}$ متغیر تصمیم میزان آب تخصیص‌یافته برای محصول C در منطقه r در ماه m (متر مکعب) است.

حداقل‌سازی مصرف آب آبیاری (هدف دوم) در رابطه (۵) مورد توجه قرار گرفته است:

$$\text{Min:} \sum_{c}\sum_{r}\sum_{m} TWat_V_{crm} \qquad (۵)$$

برای مد نظر قرار دادن هدف امنیت غذایی، حداکثرسازی میزان انرژی تولیدشده از مصرف محصولات مورد نظر در رابطه (۶) شرح داده شده است:

$$\text{Max:} \sum_{c}\sum_{r}\sum_{m} col_c.\, Land_V_{crm}\,.\, Yie_{cr} \qquad (۶)$$

که در آن، col_c، میزان عرضه کالری حاصل از مصرف یک کیلوگرم محصول c است.

محدودیت‌ها

محدودیت زمین در رابطه (۷) تصریح شده است، به‌گونه‌ای که بر اساس این رابطه؛ نباید مقدار کل زمین تخصیص‌یافته به محصولات از کل زمین قابل کشت برای هر منطقه و در هر ماه بیشتر باشد:

$$\sum_{c}\sum_{m} \text{Land sch}_{crm}.\,\text{Land}_{V_{crm}} \leq \text{TLand}_{r} \qquad \forall_r \qquad (۷)$$

که در آن، $TLand_r$ کل زمین زراعی در دسترس در منطقه r (هکتار) و Land sch_{crm} ضریب اشغال زمین برای محصول c در منطقه r در ماه m است. ملاحظه می‌شود که در مجموعهٔ محدودیت‌ها، زمین قابل کشت از ضریب اشغال زمین در ماه‌های مختلف سال استفاده شده است. مقدار این ضریب در ماه‌هایی که محصول در زمین کشت شده، یک و در غیر این صورت، صفر منظور می‌شود.

محدودیت آب در رابطه (۸) تصریح شده و در این محدودیت، مسئلهٔ راندمان آبیاری نیز مد نظر قرار گرفته است:

$$\frac{\text{NetWat}_{crm}\,.\,\text{Land}_{V_{crm}}}{\text{Eff}_{r}} = \text{TWat_V}_{crm} \qquad \forall c, r, m \qquad (۸)$$

که در آن، $NetWat_{crm}$ نیاز خالص آبی گیاه c در منطقه r در ماه m (متر مکعب) و $TWat_{crm}$ کل میزان آب در دسترس در منطقه (متر مکعب) است.

محدودیت کود شیمیایی در رابطه (۹) تصریح شده است:

$$\sum_{c}\sum_{m} \text{Fer}_{rf}.\,\text{Land_V}_{crm} \leq \text{TFer}_{rf} \qquad \forall r, f \qquad (۹)$$

عدم انحراف میزان استفاده از هر نهادهٔ کشاورزی از مقدار قابل دسترس آن در مجموعه این محدودیت مورد توجه قرار گرفته که در آن، Fer_{rf} میزان کل کود در دسترس از نوع f در منطقه r است.

محدودیت سموم شیمیایی در رابطه (۱۰) تصریح شده است:

$$\sum_c \sum_m Pes_{crp}\, Land_V_{crm} \leq TPes_{rp} \qquad \forall r, p \qquad (۱۰)$$

که در آن، Pes_{rp} میزان کل سم در دسترس از نوع f در منطقه r است.

محدودیت ماشین‌آلات در رابطه (۱۱) ارائه شده است:

$$\sum_c \sum_m Mach_{cr}\, Land_V_{crm} \leq TMach_r \qquad \forall r \qquad (۱۱)$$

که در آن، $Mach_{cr}$ ساعات کار مورد نیاز ماشین‌آلات برای کشت یک هکتار محصول c در منطقه r (ساعت/ هکتار) و $Mach_r$ کل ساعات کار ماشین‌آلات در دسترس در منطقه r (ساعت) است.

محدودیت آب مناطق در رابطه (۱۲) در نظر گرفته شده است:

$$\sum_c \sum_m TWat_V_{crm} \leq TWat_r \qquad \forall r \qquad (۱۲)$$

محدودیت نیروی کار در رابطه (۱۳) تصریح شده است:

$$\sum_c \sum_m Lab_{cr} Land_V_{crm} \leq T\ Lab_r \qquad \forall r \qquad (۱۳)$$

که در آن، Lab_r کل نیروی کار در دسترس در منطقه r (روز/ ماه/ سال) است.

روش حل مدل برنامه‌ریزی چندهدفه

با توجه به تعریف پیش‌گفته، دستیابی به اهداف اصلی مستلزم توجه به اهداف متفاوت و گاه متضاد بوده و واضح است که معیارهای اندازه‌گیری در اهداف یادشده نیز کاملاً متفاوت است. برای نمونه، هدف حداکثرسازی سود که با واحد پولی اندازه‌گیری شده، متفاوت از هدف حداقل‌سازی آب آبیاری با واحد حجمی است. استفاده از روش‌های برنامه‌ریزی چندهدفه مستلزم استفاده از روش‌هایی برای همگون‌سازی (متجانس کردن) معیارهای اندازه‌گیری در اهداف متفاوت است. در مطالعه حاضر، برای متجانس کردن اهداف، از مدل برنامه‌ریزی غیرخطی فازی چندهدفه برگرفته از مطالعهٔ جانز و بارنز (Jones & Barnes, 2000) استفاده شده، که شکل عمومی این الگو به‌صورت مجموعه روابطی در قالب رابطهٔ زیر است:

$$
\begin{aligned}
&\text{Max: } \left[\sum_{j=1}^{M} W_j \lambda_j^p\right]^{\frac{1}{p}} \\
&t\lambda_j\left(Z_j^{Max} - Z_j^{Min}\right) + Z_j(X^*) \le Z_j^{Max} \qquad \text{When} \quad Z_j^{Min} \text{ is bes} \\
&tZ_j(X^*) - \lambda_j\left(Z_j^{Max} - Z_j^{Min}\right) \ge Z_j^{Max} \quad \text{When} \quad Z_j^{Max} \text{ is bes} \qquad (۱۴) \\
&A_{hi}X_i \le b_h \\
&X_i \ge 0 \\
&0 \le \lambda \le 1
\end{aligned}
$$

که در آن، x_i سطح زیر کشت محصول iام و λ_j مسافت تا حد آرمانی هدف jام عبارت از متغیرهای تصمیم الگو هستند که باید مقادیر بهینه آنها پس از حل آن به‌دست آیند. رابطه (۱۴) تابع هدف الگوست که در آن، λ جمع موزون (مرکب) آرمانی اهداف مورد نظر در مطالعهٔ حاضر است که هدف حداکثرسازی آن است. در این رابطه، W_j وزن هدف j $\left(\sum_{j=1}^{M} W_j = 1, W_j \ge 0\right)$ و P عامل تعادلی اهداف است. این عامل به‌نوعی درجه جانشینی بین اهداف را مشخص می‌کند. در حالت P برابر ۱، بیشترین درجه جانشینی و در حالت P برابر با ۳، اهداف از کمترین درجه جانشینی برخوردارند. روابط (۱۵) و (۱۶) تابع عضویت اهداف یادشده در الگوی مطالعه را مشخص می‌کنند. در این روابط، Z_j^{Min} و Z_j^{Max}، به‌ترتیب، حداقل و حداکثر هدف jام، $Z_j(X^*)$ مقدار بهینه هدف و X^* جواب بهینه است و اختلاف Z_j^{Min} و Z_j^{Max} را با عنوان حد تحمل تعریف می‌کنند. مجموع روابط (۱) تا (۳) مشروط بر

محدودیت‌های فنی در قالب رابطه (۱۴) در نظر گرفته می‌شوند. در این رابطه، A_{hi} ضریب فنی iامین محصول برای hامین محدودیت (منابع تولید) و b_h، موجودی hامین محدودیت (منابع تولید) در الگوست. محدویت‌های الگو شامل محدودیت‌های زمین و آب و محدودیت‌های خاص روش حل مقید برنامه‌ریزی چندهدفه (شامل محدودیت سطح بازده برنامه‌ای مشخص و میزان معین از مصرف آب) است.

پس از مشخص شدن الگوی مورد استفاده برای بهینه‌سازی فعالیت‌ها در چارچوب تأمین اهداف یا همان آرمان‌های یادشده، برای دستیابی به اهداف مشخص در هر گزینه، لازم است محدودیت‌ها و معیارهای تصمیم‌گیری به‌وضوح تعیین شوند. این فرآیند عموماً ذهنی است و به‌طور کامل، مستندسازی نشده، زیرا به ترجیحات و دانش تصمیم‌گیرنده وابسته است. برای لحاظ کردن دانش و ترجیحات تصمیم‌گیرنده، وزن‌هایی بر اساس اهمیت اهداف رقیب به هر کدام از معیارها اختصاص داده می‌شود. این وزن‌ها به تصمیم‌گیرنده کمک می‌کند تا اولویت‌ها را مشخص کرده، گزینه‌های مختلف را بر اساس اهمیت نسبی اهداف ارزیابی کند. این رویکرد، فرآیند تصمیم‌گیری را ساختارمندتر و شفاف‌تر می‌سازد (Chiapper, 1996). با فرض اینکه $n \in [1, N]$ و N مناطق (شهرستان‌ها) و $j \in [1, M]$ که j شماره معیار (هدف) مورد نظر را مشخص می‌کند و همچنین، Z_j^n مقداری است که معیار j برای بهره‌بردار n اختیار می‌کند، آنگاه روش کار برای به‌دست آوردن تابع عضویت شاخص j را برای منطقه n در شرایطی که کمترین مقدار شاخص به‌عنوان حد آرمانی در نظر گرفته می‌شود (در اینجا، مصرف آب و مصرف کود شیمیائی) را می‌توان به‌صورت رابطهٔ زیر تعریف کرد (Berenger & Verdier-Chouchan, 2000):

$$\lambda_j(n) = \begin{cases} 1 & \text{if} \quad Z_j^n \le Z_j^{Min} \\ \dfrac{Z_j^{Max} - Z_j^n}{Z_j^{Max} - X_j^{Min}} & \text{if} \quad Z_j^{Min} \le Z_j^n \le Z_j^{Max} \\ 0 & \text{if} \quad Z_j^n \ge Z_j^{Max} \end{cases} \qquad (۱۵)$$

که در آن، تابع $\lambda_j(n)$ درجه برخورداری n امین بهره‌بردار را نسبت به معیار j اندازه‌گیری می‌کند. به همین ترتیب، اگر بیشترین مقدار اهداف به‌عنوان حد آرمانی تعریف شود (در اینجا، بازده برنامه‌ای)، تابع عضویت $\lambda_j(n)$ به‌صورت رابطهٔ زیر تعریف خواهد شد:

$$\Lambda_j(n) = \begin{cases} 1 & \text{if} \quad Z_j^n \le Z_j^{Max} \\ \dfrac{Z_j^n - Z_j^{Min}}{Z_j^{Max} - Z_j^{Min}} & \text{if} \quad Z_j^{Min} \le Z_j^n \le Z_j^{Max} \\ 0 & \text{if} \quad Z_j^n \ge Z_j^{Min} \end{cases} \qquad (۱۶)$$

توابع یادشده توابعی افزایشی از درجه برخورداری الگو بوده، مقادیری بین صفر و یک اختیار می‌کنند. از این توابع عضویت برای رتبه‌بندی اهداف مد نظر بهره‌برداران مطالعه حاضر استفاده شده است. در پژوهش حاضر، با استفاده از روش میانگین وزن هندسی برای توابع عضویت، اهداف مناطق به‌صورت رابطه (۱۷) تعییین شده است (Chiapper, 1996):

$$\Lambda(i) = \sum_{i=1}^{M} w_j \Lambda_j \quad (i) \qquad (۱۷)$$

با توجه به غیرخطی بودن تابع مسافت مرکب آرمانی، در مطالعه حاضر، از روش برنامه‌ریزی غیرخطی برای حل آن استفاده شده است. در این راستا، با فازی‌سازی اهداف مطالعه و تلاش برای دستیابی به یک آرمان کلی مبتنی بر حداکثرسازی مقدار تابع مسافت مرکب آرمانی، ساختار مدل تصمیم‌گیری به‌صورت یک مدل برنامه‌ریزی غیرخطی فازی چندهدفه طراحی شده است. این مدل امکان مصالحه و هم‌زمانی چندین هدف را فراهم می‌کند، به شرطی که محدودیت‌های منابع در نظر گرفته شوند. این رویکرد به تصمیم‌گیرنده اجازه می‌دهد تا در شرایط عدم قطعیت و با در نظر گرفتن ترجیحات فازی، بهینه‌سازی چندهدفه را به‌طور مؤثر انجام دهد (Mahmoodi et al., 2025).

برای حل مدل برنامه‌ریزی ریاضی چندهدفه غیرخطی، از نرم‌افزار GAMS استفاده شده و نرم‌افزار EXCEL نیز برای محاسبات فرعی به‌کار رفته است؛ البته، از پیوند پایگاه داده‌ای موقت برای نرم‌افزار GAMS نیز استفاده شده است. اطلاعات مورد نیاز از طریق مصاحبه با کارشناسان جهاد کشاورزی شهرستان اهواز در سال ۱۴۰۲ و همچنین، مرکز آمار ایران گردآوری شد. مناطق مورد بررسی در مطالعهٔ حاضر عبارت‌اند از شمال شرق اهواز، گتوند، میان‌آب شوشتر و شرق شعیبیه که بسته به نوع اقلیم و خاک، از محصولات زراعی و باغی متفاوت برخوردارند. حل این دو مدل

پیشنهادی توسط نرم‌افزار GAMS و الگوریتم Conopt که از روش سیمپلکس[1] تعمیم‌یافته در حل مسائل خطی و غیرخطی استفاده می‌کند، انجام پذیرفت.

منطقه مورد مطالعه

در پژوهش حاضر، با توجه به وجود داده‌های مورد نظر و همچنین، با در نظر گرفتن بیشترین همگنی میان شبکه‌ها، کارآیی شبکه‌های آبیاری گتوند، شمال شرق اهواز، شرق شعیبیه و میان‌آب شوشتر در استان خوزستان مورد ارزیابی قرار گرفت. طبق تقسیم‌بندی این شبکه‌ها، ده ناحیه زیر پوشش این شش شبکه قرار داشته که هر منطقه دارای تعدادی کانال درجه ۱ و درجه ۲ است. همچنین، واحد تصمیم‌گیری در سطح کانال‌های درجه ۱ و درجه ۲ بوده که در مجموع، شامل نود کانال فعال است. همهٔ محصولات کشت‌شده در این اراضی محصولات خاص مناطق گرمسیری بوده که از این میان، محصولات فصلی بیشترین میزان ر به خود اختصاص داده است. تنوع این محصولات نیز این امکان را فراهم ساخته است که اراضی در چهار فصل سال به زیر کشت رود. البته، تاکنون وضعیت بازار، مشکلات کاشت و داشت محصول، شرایط کشاورزان و دیگر عوامل مرتبط و مؤثر به‌گونه‌ای بوده که در برخی از فصول سال، بخشی از اراضی به‌صورت نکاشته باقی مانده است (Mardani Najafabadi et al., 2019a). مزیت اصلی برای انتخاب این چهار منطقه وجود مرکز خدمات کشاورزی در هر کدام از این مناطق بوده که به‌راحتی داده‌های مورد نیاز و اعتبارسنجی‌شده توسط «کارشناسان آماری تخصیص بهینه منابع» را در اختیار قرار می‌دهد.

نتایج و بحث

میزان منابع در دسترس مناطق مورد مطالعه در جدول ۱ آمده است. بر این اساس، بیشترین اراضی کشاورزی در دسترس مربوط به منطقهٔ شمال شرق اهواز و به میزان بیش از یک میلیون و سی‌صد هزار هکتار است؛ کمترین میزان اراضی کشاورزی نیز مربوط به منطقه شرق شعیبیه به میزان هفت هزار و ۳۱۴ هکتار است. همچنین، بیشترین میزان آب آبیاری مربوط به مناطق شمال شرق اهواز و میان‌آب شوشتر است. با توجه به بیشتر بودن مساحت اراضی کشاورزی در دسترس در این دو منطقه، حصول این نتیجه دور از انتظار نیست. بیشترین میزان استفاده از نیروی کار نیز برای مناطق شمال شرق اهواز و میان‌آب شوشتر و به‌ترتیب، بیش از ۳۱۸ و ۲۵۹ هزار نفر– روز است. از نظر

1. simplex method

استفاده از ماشین‌آلات کشاورزی، منطقه میان‌آب شوشتر با ۱۲۶ هزار ساعت در رتبه اول قرار دارد؛ کمترین میزان استفاده از این نهاده برای منطقه شعیبیه و به میزان ۳۸ هزار ساعت است. آمار استفاده از نهاده‌های شیمیایی نشان می‌دهد که مصرف علف‌کش برای مناطق میان‌آب شوشتر و شرق شعیبیه به‌مراتب از دو منطقه دیگر بیشتر است. علاوه بر این، میانگین مصرف حشره‌کش در منطقه شرق شعیبیه بیش از ده هزار لیتر گزارش شده، که به میزان زیادی از مناطق دیگر بیشتر است. بیشترین میزان استفاده از نهاده قارچ‌کش نیز متعلق به مناطق میان‌آب شوشتر و شمال شرق اهواز است.

جدول ۱- میزان منابع در دسترس مناطق مورد بررسی (میزان مصرف آب، جمعیت، اراضی کشاورزی در دسترس، نیروی کار، ماشین‌الات، سم و کود شیمیایی)

مناطق	اراضی کشاورزی (هزار هکتار)	آب آبیاری (هزار متر مکعب)	نیروی کار (هزار نفر - روز - کار)	ماشین‌الات (هزار ساعت)	سم شیمیایی (واحد: هزار لیتر یا کیلوگرم)			کود شیمیایی (واحد: هزار کیلوگرم)		
					علف کش	حشره‌کش	قارچ کش	فسفات	ازت	پتاس
شمال شرق اهواز	۱۳۰۲	۱۰۳۹۱	۲۵۹	۹۸	۱/۷۰	۱/۱۶	۱۵/۴۱	۸۹۴	۱۹۰۹	۳۳۴
گتوند	۲۴	۴۹۵۳	۱۳۲	۵۰	۲/۳۲	۱/۶۵	۰/۹۲	۸۶۱	۲۸۳۹	۴۱۴
شرق شعیبیه	۷	۳۱۸۷	۱۲۱	۳۸	۱۴/۵۲	۱۰/۱۳	۷/۱۶	۲۷۵	۱۱۲۴	۱۶۳
میان‌آب شوشتر	۱۰	۷۴۸۲	۳۱۸	۱۲۶	۲۷/۵۶	۰/۸۸	۲۵/۷۳	۱۱۷۵	۴۲۴۹	۲۴۱
مجموع	۱۳۴۴	۲۶۵۱۳	۷۶۸	۵۸۷	۴۶/۱۲	۱۳/۸۳	۴۹/۲۲	۳۲۰۷	۱۰۱۲۲	۱۱۵۵

مأخذ: یافته‌های پژوهش

الگوی کشت جاری (فعلی) و الگوی کشت بهینه بر اساس اهداف چندگانه برای محصولات مختلف در مناطق مورد مطالعه در جدول ۲ آمده است. در این راستا، در شرایط فعلی، مجموع سطح زیر کشت جو در چهار منطقه مورد بررسی ۵۰۷ هکتار است. بیشترین میزان سطح زیر کشت جو مربوط به منطقه شمال شرق اهواز به میزان ۳۰۱ هکتار بوده و سطح زیر کشت جو در مناطق میان‌آب شوشتر و شرق شعیبیه به یکدیگر نزدیک است. کمترین میزان کشت جو در شرایط جاری نیز مربوط به منطقه گتوند با مساحتی برابر با ۵۹ هکتار است. با لحاظ هدف حداقل‌سازی شاخص فقر در هر چهار منطقه مورد مطالعه سطح زیر کشت بهینه جو نسبت به شرایط جاری افزایش می‌یابد. این افزایش به میزان شصت درصد برای همه مناطق است، به‌گونه‌ای که سطح زیر کشت این محصول برای منطقه شمال شرق اهواز به ۴۸۲ هکتار یا برای منطقه میان‌آب شوشتر به ۱۲۱ هکتار افزایش می‌یابد. بنابراین، با در نظر گرفتن هدف حداقل‌سازی شاخص فقر، سطح زیر کشت جو افزایش می‌یابد؛ این در حالی است که با در نظر گرفتن دو هدف حداقل‌سازی مصرف آب و حداکثرسازی تولید کالری، شرایط متفاوت است، به‌گونه‌ای که برای منطقه گتوند، سطح زیر کشت جو از ۵۹ هکتار به ۲۴ هکتار کاهش می‌یابد. با در نظر گرفتن تمام اهداف با هم (مدل چندهدفه) نیز تغییرات همچون حالتی است که دو هدف حداقل‌سازی مصرف آب و حداکثرسازی تولید کالری لحاظ شده است. در مجموع، نتایج نشان می‌دهد که در شرایط چندهدفه، سطح زیر کشت بهینه جو برای هر چهار منطقه به میزان ۴۶ درصد افزایش می‌یابد.

نتایج پژوهش حاضر حاکی از آن است که در حالت جاری، مجموع سطح زیر کشت لوبیا در چهار منطقه مورد بررسی ۱۹۷ هکتار است بیشترین میزان سطح زیر کشت لوبیا مربوط به منطقه میان‌آب شوشتر به میزان ۱۴۳هکتار و کمترین میزان سطح زیر کشت این محصول مربوط به شمال شرق اهواز برابر با یازده هکتار است. از نظر هدف حداقل‌سازی شاخص فقر، سطح زیر کشت بهینه لوبیا برای همه مناطق نسبت به شرایط جاری افزایش می‌یابد. با این همه، با در نظر گرفتن هدف حداکثرسازی تولید کالری، سطح زیر کشت لوبیا برای همه مناطق کاهش می‌یابد. این موضوع در حالت مدل چندهدفه نیز صادق است. بنابراین، در مجموع، بر اساس اهداف چندگانه، سطح زیر کشت لوبیا برای همه مناطق مورد مطالعه نسبت به شرایط جاری به میزان شصت درصد کاهش می‌یابد؛ یا برای نمونه، در حالت فعلی، مجموع سطح زیر کشت ذرت در چهار منطقه مورد بررسی ۱۱۶۵ هکتار است. بیشترین میزان سطح زیر کشت ذرت مربوط به منطقه میان‌آب شوشتر به میزان ۷۶۰ هکتار و کمترین میزان سطح زیر کشت این محصول مربوط به منطقه شرق شعیبیه و برابر با ۲۴ هکتار است.

از نظر حداقل‌سازی شاخص فقر، در هر چهار منطقه مورد مطالعه، سطح زیر کشت بهینه ذرت نسبت به شرایط جاری افزایش می‌یابد؛ این افزایش به میزان شصت درصد است. در مجموع نیز در شرایط چندهدفه، سطح زیر کشت ذرت برای هر چهار منطقه به میزان ۴۵ درصد افزایش می‌یابد. همچنین، در حالت جاری، مجموع سطح زیر کشت برنج در چهار منطقه مورد مطالعه برابر با ۳۹۵۲ هکتار است. بیشترین میزان سطح زیر کشت برنج مربوط به منطقه میان‌آب شوشتر به میزان ۱۹۰۹ هکتار و کمترین میزان سطح زیر کشت این محصول مربوط به منطقه گتوند برابر با نوزده هکتار است. از نظرحداقل‌سازی شاخص فقر، به‌جز برای منطقه گتوند، در سه منطقه دیگر، سطح زیر کشت بهینه برنج نسبت به شرایط جاری کاهش یافته و همین روند با لحاظ دو هدف دیگر نیز برقرار است. به‌طور کلی، در شرایط چندهدفه، سطح زیر کشت بهینه برنج نسبت به شرایط جاری به میزان ۵۵ درصد برای هر چهار منطقه کاهش می‌یابد. به همین ترتیب، می‌توان سایر نتایج را تفسیر کرد.

در مجموع، هدف حداقل‌سازی شاخص فقر دارای بیشترین تأثیر بر تغییر سطح زیر کشت بهینه مناطق مورد مطالعه نسبت به شرایط جاری است. سناریوی حداقل‌سازی آب آبیاری نیز کمترین مساعدت را از این حیث دارد.

جدول ۲- سطح زیر کشت محصولات کشاورزی به‌تفکیک محصولات، مناطق و اهداف

(واحد: هکتار)

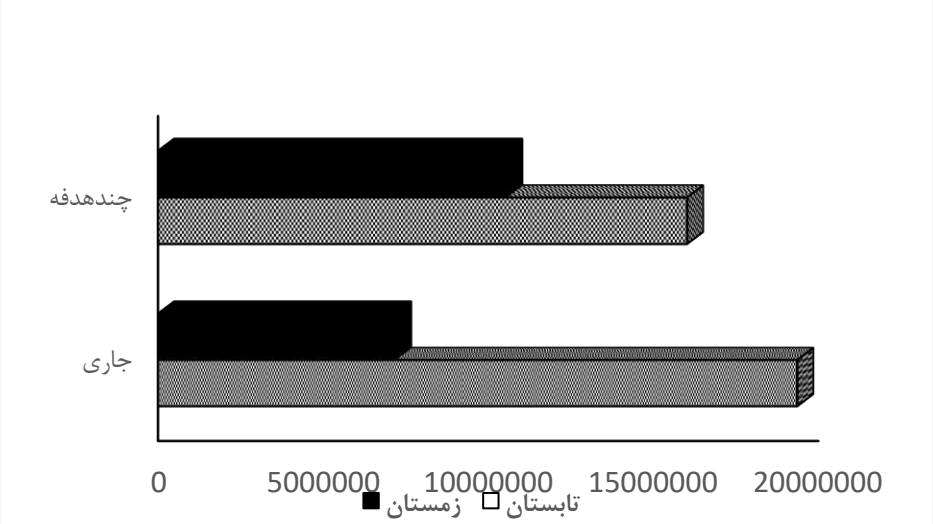
محصول	منطقه	جاری	حداقل‌سازی شاخص فقر	حداقل‌سازی آب ابیاری	حداکثرسازی تولید کالری	چند هدفه	تغییرات مدل چندهدفه (درصد)
جو	گتوند	۵۹	۹۵	۲۴	۲۴	۲۴	-۶۰
	میان‌آب شوشتر	۷۵	۱۲۱	۱۲۱	۱۲۱	۱۲۱	۶۰
	شرق شعیبیه	۷۲	۱۱۵	۱۱۵	۱۱۵	۱۱۵	۶۰
	شمال شرق اهواز	۳۰۱	۴۸۲	۴۸۲	۴۸۲	۴۸۲	۶۰
جمع		**۵۰۷**	**۸۱۲**	**۷۴۱**	**۷۴۱**	**۷۴۱**	**۴۶**
لوبیا	گتوند	۴۳	۶۸	۱۷	۱۷	۱۷	-۶۰
	میان‌آب شوشتر	۱۴۳	۲۲۹	۲۲۹	۵۷	۵۷	-۶۰
	شمال شرق اهواز	۱۱	۱۸	۱۸	۵	۵	-۶۰
جمع		**۱۹۷**	**۳۱۶**	**۲۶۵**	**۷۹**	**۷۹**	**-۶۰**
مرکبات	میان‌آب شوشتر	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳	۰
جمع		**۳۳**	**۳۳**	**۳۳**	**۳۳**	**۳۳**	**۰**
شبدر	گتوند	۳	۰	۰	۰	۰	-۱۰۰
	میان‌آب شوشتر	۲۳	۹	۹	۳۷	۳۷	۶۰
جمع		**۲۶**	**۹**	**۹**	**۳۷**	**۳۷**	**۴۲**

محصول	منطقه	جاری	حداقل‌سازی شاخص فقر	حداقل‌سازی آب ابیاری	حداکثرسازی تولید کالری	چند هدفه	تغییرات مدل چندهدفه (درصد)
ذرت	گتوند	۷۶۰	۷۶۶	۳۰۴	۱۰۴۲	۱۰۳۹	۳۷
	میان‌آب شوشتر	۳۴۹	۵۵۹	۱۹۹	۵۵۹	۵۵۹	۶۰
	شرق شعیبیه	۲۴	۱۰	۱۰	۳۹	۳۹	۶۰
	شمال شرق اهواز	۳۲	۵۱	۱۳	۵۱	۵۱	۶۰
جمع		**۱۱۶۵**	**۱۳۸۵**	**۵۲۶**	**۱۶۹۰**	**۱۶۸۸**	**۴۵**
خیار	گتوند	۰	۰	۰	۰	۰	-۱۰۰
	میان‌آب شوشتر	۲	۰	۰	۰	۰	-۱۰۰
	شمال شرق اهواز	۱۵	۶	۶	۶	۶	-۶۰
جمع		**۱۶**	**۶**	**۶**	**۶**	**۶**	**-۶۵**
یونجه	گتوند	۱۱۳۷	۱۲۷۳	۴۵۵	۴۵۵	۴۵۵	-۶۰
	میان‌آب شوشتر	۳۳۳	۳۰۱	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	-۶۰
	شمال شرق اهواز	۲	۰	۰	۰	۰	-۱۰۰
جمع		**۱۴۷۳**	**۱۵۷۵**	**۵۸۸**	**۵۸۸**	**۵۸۸**	**-۶۰**
خربزه	گتوند	۵	۰	۰	۰	۰	-۱۰۰
	میان‌آب شوشتر	۰	۰	۰	۰	۰	۶۰
جمع		**۵**	**۰**	**۰**	**۰**	**۰**	**-۹۷**
نخیلات	شمال شرق اهواز	۴۰	۶۴	۶۴	۴۰	۴۰	۰
جمع		**۴۰**	**۶۴**	**۶۴**	**۴۰**	**۴۰**	**۰**
پیاز	گتوند	۴۵	۷۲	۱۸	۱۸	۱۸	-۶۰
	میان‌آب شوشتر	۱	۰	۰	۱	۱	۶۰
جمع		**۴۶**	**۷۲**	**۱۸**	**۱۹**	**۱۹**	**-۵۹**
سیب زمینی	گتوند	۳۱۵	۱۲۶	۱۲۶	۵۰۴	۵۰۴	۶۰
جمع		**۳۱۵**	**۱۲۶**	**۱۲۶**	**۵۰۴**	**۵۰۴**	**۶۰**
برنج	گتوند	۱۹	۳۰	۷	۷	۷	-۶۰
	میان‌آب شوشتر	۱۹۰۹	۸۱۶	۷۶۴	۸۵۷	۸۵۷	-۵۵
	شرق شعیبیه	۷۹۹	۳۹۸	۳۱۹	۳۷۲	۳۷۲	-۵۳
	شمال شرق اهواز	۱۲۲۶	۵۲۰	۴۹۰	۵۴۱	۵۴۱	-۵۶
جمع		**۳۹۵۲**	**۱۷۶۴**	**۱۵۸۱**	**۱۷۷۸**	**۱۷۷۸**	**-۵۵**
سبزیجات	گتوند	۱	۲	۰	۰	۲	۶۰
	میان‌آب شوشتر	۵	۸	۰	۰	۰	-۱۰۰
جمع		۷	۱۱	۰	۰	۲	-۶۷
هندوانه	گتوند	۴۳	۱۷	۱۷	۱۷	۱۷	-۶۰
	میان‌آب شوشتر	۳۲	۱۳	۱۳	۵۱	۵۱	۶۰
	شرق شعیبیه	۸	۰	۰	۱۳	۱۳	۶۰
	شمال شرق اهواز	۲	۰	۰	۲	۲	۶۰
جمع		۸۴	۳۰	۳۰	۸۳	۸۳	-۱

محصول	منطقه	جاری	حداقل‌سازی شاخص فقر	حداقل‌سازی آب ابیاری	حداکثرسازی تولید کالری	چند هدفه	تغییرات مدل چندهدفه (درصد)
گندم	گتوند	۵۳۰۱	۸۴۸۲	۶۰۸۷	۸۴۸۲	۸۴۸۲	۶۰
	میان‌آب شوشتر	۷۰۰۳	۱۱۲۰۵	۹۰۷۵	۱۱۲۰۵	۱۱۲۰۵	۶۰
	شرق شعیبیه	۲۵۴۵	۴۰۷۲	۳۶۱۶	۴۰۷۲	۴۰۷۲	۶۰
	شمال شرق اهواز	۵۲۴۵	۸۳۹۲	۶۱۴۴	۸۳۹۲	۸۳۹۲	۶۰
جمع		۲۰۰۹۵	۳۲۱۵۲	۲۴۹۲۲	۳۲۱۵۲	۳۲۱۵۲	۶۰
مجموع		**۲۷۹۶۲**	**۳۸۳۵۴**	**۲۸۹۰۸**	**۳۷۷۴۹**	**۳۷۷۴۹**	**۳۵**

مأخذ: یافته‌های پژوهش

مقایسه میزان آب آبیاری محصولات کشاورزی در مناطق مورد مطالعه بر اساس فصول در شرایط جاری و الگوی چندهدفه در شکل ۱ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که در فصل تابستان، میزان آب مصرفی در شرایط جاری بیش از فصل زمستان است، زیرا در زمستان، به‌علت بارش‌های گسترده، نیاز به مصرف آب ابیاری کاهش می‌یابد و زمین‌های کشاورزی از طریق آب باران آبیاری می‌شوند. با این همه، میزان آب مصرفی در حالت مدل چندهدفه در فصل زمستان، بیش از شرایط جاری و در فصل تابستان، کمتر از این میزان در شرایط جاری است.



مأخذ: یافته‌های پژوهش

شکل ۱- میزان مصرف آب برای مناطق مورد مطالعه در شرایط بهینه و جاری

(بر حسب هزار متر مکعب)

نتایج نشـان می‌دهد که با لحاظ اهداف سـه‌گانه، سـود تمامی مناطق مورد مطالعه نسـبت به شـرایط جاری افزایش می‌یابد (جدول ۳). بیشـترین رشـد سـود مربوط به منطقه گتوند و کمترین آن مربوط به منطقه شـرق شـعیبیه اسـت. در مجموع نیز با لحاظ مدل چندهدفه، میانگین سـود حاصـل از کشت محصولات کشاورزی در چهار منطقه به میزان ۲۹ درصد افزایش می‌یابد.

جدول ۳- سود حاصل از کشت محصولات کشاورزی در شرایط جاری و الگوی چندهدفه به‌تفکیک مناطق مورد مطالعه (واحد: هزار میلیون ریال)

	گتوند	میان‌آب شوشتر	شرق شعیبیه	شمال شرق اهواز	مجموع
شرایط جاری	۳۵۵۴۷۳	۴۵۶۹۹۸	۱۲۹۸۰۲	۳۲۴۶۰۶	۱۲۶۶۸۷۹
چندهدفه	۵۱۵۰۰۳	۵۵۵۱۴۲	۱۴۷۸۱۹	۴۲۱۲۴۵	۱۶۳۹۲۰۹
تغییرات	۴۵	۲۱	۱۴	۳۰	۲۹

مأخذ: یافته‌های پژوهش

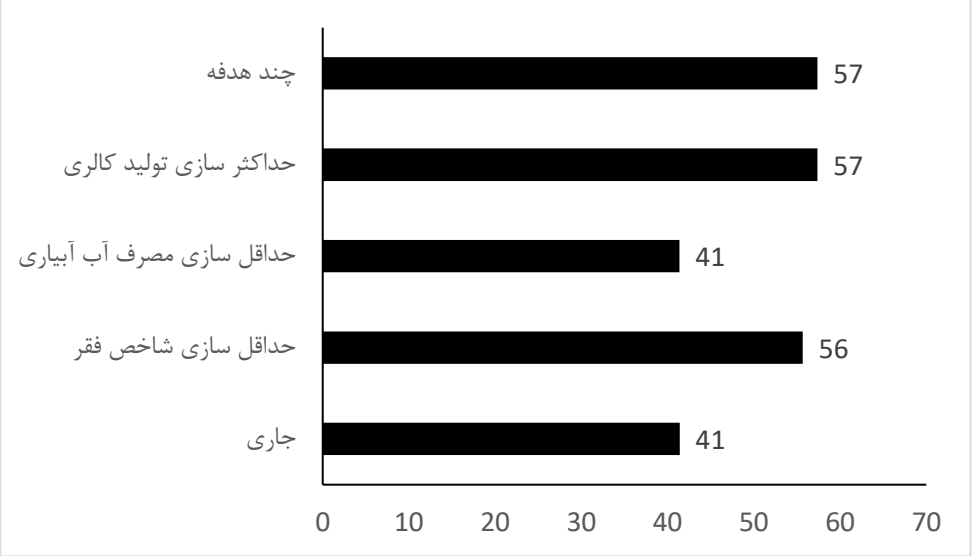
تغییرات شـاخص فقر برای مناطق مورد مطالعه در شـرایط جاری و شـرایط بهینه (الگوی چندهدفه) در جدول ۴ آمده است. بر این اساس، با لحاظ هدف حداقل‌سازی آب آبیاری، شاخص فقر برای چهار منطقه تغییر نمی‌کند. با لحاظ سایر اهداف نیز شاخص فقر نسبت به شرایط جاری کاهش می‌یابد، به‌گونه‌ای که با اعمال شـرایط بهینه در قالب مدل چندهدفه، شـاخص فقر در منطقه میان‌آب شـوشـتر ۵۱ درصـد کاهش می‌یابد. کمترین میزان کاهش فقر نیز در منطقه شـمال شـرق اهواز و به میزان دو درصد است. بنابراین، در مجموع، با لحاظ اهداف سه‌گانه، وضعیت فقر در همهٔ مناطق مورد مطالعه بهبود می‌یابد.

جدول ۴- شاخص فقر برای کشت محصولات به‌تفکیک مناطق مورد مطالعه و شرایط جاری و شرایط بهینه (الگوی چندهدفه)

منطقه	جاری	حداقل‌سازی شاخص فقر	حداقل‌سازی آب ابیاری	حداکثرسازی تولید کالری	الگوی چندهدفه	تغییرات (درصد)
شمال شرق اهواز	۰/۳۷۶	۰/۳۶۸	۰/۳۷۶	۰/۳۶۹	۰/۳۶۹	-۲
گتوند	۰/۳۷۶	۰/۲۵۵	۰/۳۷۶	۰/۲۶۷	۰/۲۶۷	-۲۹
شرق شعیبیه	۰/۳۷۶	۰/۳۱۸	۰/۳۷۶	۰/۳۱۹	۰/۳۱۹	-۱۵
میان‌آب شوشتر	۰/۳۷۶	۰/۱۶۵	۰/۳۷۶	۰/۱۸۵	۰/۱۸۵	-۵۱

مأخذ: یافته‌های پژوهش

نتایج میزان عرضه کالری در شرایط جاری نسبت به شرایط بهینه (الگوی چندهدفه) به‌تفکیک محصولات برای همه مناطق مورد بررسی در شکل ۲ نشان داده شده است. چنان‌که ملاحظه می‌شود، با لحاظ هدف حداقل‌سازی آب آبیاری، میزان عرضه کالری ناشی از تغییرات تولید محصولات نسبت به شرایط جاری تغییر نمی‌کند، اما در شرایط الگوی چندهدفه و همچنین، با لحاظ هدف حداکثرسازی تولید کالری، میزان کالری تولیدشده بیش از ۵۷ میلیون کالری است. داده‌ها نشان می‌دهد که در مجموع نیز ۳۹ درصد میزان عرضه کالری در شرایط بهینه نسبت به شرایط جاری افزایش می‌یابد. شایان ذکر است که افزایش عرضه کالری برای دو محصول ذرت و جو که بیشتر مصرف دامی دارد، به‌صورت غیرمستقیم، منجر به تولید مواد غذایی (محصولات گوشتی و لبنیات) می‌شود.



مأخذ: یافته‌های پژوهش

شکل ۲- وضعیت عرضه کالری در شرایط جاری و بر اساس اهداف مختلف در مناطق مورد مطالعه (میلیون کالری)

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

به‌منظور حفظ پایداری بخش کشاورزی به‌عنوان منبع درآمد و تأمین مواد غذایی اساسی، لازم است بر دسترسی کشاورزان به منابع کلیدی و همچنین، عوامل مؤثر بر تصمیم‌گیری آنها در تخصیص این منابع تمرکز شود. این رویکرد نه‌تنها به افزایش بهره‌وری و درآمد کشاورزان کمک می‌کند، بلکه

نقش اساسی در تضمین امنیت غذایی و توسعه پایدار دارد. به دیگر سخن، با توجه به نیاز به افزایش تولید محصولات کشاورزی برای تحقق امنیت غذایی، افزایش بهره‌وری و بهره‌برداری مطلوب از منابع کمیاب الزامی است. از این رو، در ساختار پیشنهادی مطالعهٔ حاضر، بهینه‌سازی الگوی کشت شبکه‌های آبیاری و زهکشی کارون بزرگ در استان خوزستان در دو حالت شامل شرایط جاری و بهینه (الگوی چندهدفه) با روش برنامه‌ریزی غیرخطی فازی به‌منظور حداکثرسازی سود محصولات کشاورزی، حداقل‌سازی شاخص فقر FGT، تخصیص بهینه منابع آب و ارتقای امنیت غذایی مورد توجه قرار گرفت. یافته‌های پژوهش حاکی از آن است که تخصیص منابع تولید کشاورزی موجود در مناطق مورد مطالعه در شرایط بهینه قرار ندارد، به‌گونه‌ای که اختلاف سطح زیر کشت فعلی با مقادیر بهینه زیاد است. در این راستا، نتایج نشان داد که در شرایط بهینه، سطح زیر کشت محصولات لوبیا، خیار، یونجه و برنج در هر چهار منطقه مورد مطالعه نسبت به شرایط جاری کاهش می‌یابد. با این همه، سطح زیر کشت ذرت و گندم برای همه مناطق در شرایط بهینه افزایشی خواهد بود. علاوه بر این، مطالعهٔ حاضر تأیید می‌کند که استفاده بهینه از منابع تولید کشاورزی در قالب اهداف یادشده با افزایش سود، بهبود فقر، کاهش میزان آب مصرفی و به تبع آن، با رشد عرضه کالری در سطح مناطق چهارگانه همراه خواهد بود. بنابراین، می‌توان گفت که الگوی برنامه‌ریزی ریاضی پیشنهادی در مناطق مورد مطالعه، ضمن تحقق توسعه پایدار، به بهبود امنیت غذایی نیز مساعدت خواهد کرد. یکی از نقاط قوت اصلی الگوی پیشنهادی توانایی آن در ایجاد تعادل بین بده‌بستان‌ها (مانند افزایش عملکرد در عین حفظ منابع) با تخصیص نهاده‌هایی مانند زمین و آب بر اساس توان (پتانسیل) هر منطقه است. با این همه، اجرای این برنامه‌های بهینه، در عمل، چالش‌هایی را ایجاد می‌کند. برای نمونه، بسیاری از کشاورزان ممکن است به‌دلیل مخاطره‌گریزی (ریسک‌گریزی) یا عدم دسترسی به جایگزین‌های مناسب، در تغییر الگوهای کشت خود مردد باشند. برای غلبه بر این چالش، تغییر دیدگاه کشاورزان با بیان واضح مزایای مدل از طریق برنامه‌های آموزشی، خدمات ترویجی و پویش‌های رسانه‌ای درخور اهمیت است. همچنین، از آنجا که هدف حداکثرسازی عرضه کالری برای محصولات علوفه‌ای نیز مد نظر قرار می‌گیرد، بهتر است کهترتیبی اتخاذ شود تا یک ضریب اصلاح‌شده به‌منظور عرضه کالری برای مصارف انسانی در این‌گونه محصولات نیز مد نظر قرار گیرد.

بر اساس نتایج به دست‌آمده، تشویق کشاورزان به اتخاذ الگوی بهینه کشت نیازمند ترکیبی از سیاست‌های حمایتی و مشوق‌های اقتصادی است. در این راستا، برای ترغیب کشاورزان به تغییر الگوی کشت، باید مجموعه‌ای از بسته‌های حمایتی طراحی شود. با اعطای وام‌های کم‌بهره برای

خرید نهاده‌های مورد نیاز محصولات راهبردی مانند ذرت و گندم، پرداخت یارانه هدفمند به کشاورزانی که الگوی پیشنهادی را اجرا می‌کنند و نیز تضمین خرید محصولات توسط دولت یا بخش خصوصی با قیمت‌های مناسب، می‌توان انگیزه لازم برای این تغییر را ایجاد کرد. همچنین، ایجاد صندوق‌های حمایتی بیمه محصولات برای کاهش مخاطرات اقتصادی کشاورزان در دوره گذار مفید خواهد بود. بسیاری از کشاورزان، به‌دلایل مختلف از جمله کمبود اطلاعات یا عادت به روش‌های سنتی، تمایلی به تغییر الگوی کشت ندارند. برای رفع این مشکل، برگزاری دوره‌های آموزشی و کارگاه‌های عملی در زمینه مزایای الگوی کشت بهینه، روش‌های آبیاری نوین و مدیریت منابع آب ضروری است. با معرفی کشاورزان پیشرو به‌عنوان الگو در هر منطقه و توسعه سکوهای دیجیتال مشاوره کشاورزی (مانند برنامه‌های کاربردی تلفن همراه) نیز می‌توان به گسترش دانش فنی کمک کرد. علاوه بر این، با توجه به محدودیت منابع آبی، نوسازی شبکه‌های آبیاری و زهکشی در مناطق چهارگانه مورد مطالعه یک اولویت به‌شمار می‌رود. با راه‌اندازی سامانه‌های آبیاری قطره‌ای و بارانی برای محصولات پرآب‌بر مانند برنج، نصب حسگرهای هوشمند اندازه‌گیری رطوبت خاک، و اصلاح نظام‌های توزیع آب بر اساس نیاز واقعی مزارع، می‌توان مصرف آب را به‌گونه‌ای چشمگیر کاهش داد. همچنین، اجرای پروژه‌های زهکشی برای جلوگیری از شور شدن خاک و افزایش بهره‌وری زمین‌های کشاورزی توصیه می‌شود. کاهش سطح زیر کشت محصولاتی مانند لوبیا، خیار و یونجه ممکن است در کوتاه‌مدت، بر درآمد برخی کشاورزان تأثیر بگذارد؛ برای جبران این مسئله، می‌توان کشت‌های جایگزین با نیاز آبی کمتر و ارزش اقتصادی بالاتر (مانند گیاهان دارویی یا حبوبات مقاوم به خشکی) را معرفی کرد. همچنین، حمایت از ایجاد صنایع تبدیلی و فرآوری محصولات کشاورزی در منطقه می‌تواند به ایجاد اشتغال و افزایش درآمد غیرمستقیم کشاورزان کمک کند. افزون بر این، دولت و نهادهای محلی باید با اصلاح قوانین تخصیص آب و اعمال سامانه‌های پایش هوشمند، از اجرای الگوی کشت بهینه اطمینان حاصل کنند. تشکیل کمیته‌های نظارتی متشکل از نمایندگان کشاورزان، کارشناسان کشاورزی و مسئولان دولتی برای ارزیابی سالانه پیشرفت پروژه و رفع موانع پیش روی آن نیز ضروری است.

به‌طور کلی، اجرای موفق الگوی کشت بهینه در شبکه‌های آبیاری کارون بزرگ نیازمند همکاری بین کشاورزان، دولت، پژوهشگران و بخش خصوصی است. با ترکیب مشوق‌های اقتصادی، آموزش‌های کاربردی، بهبود زیرساخت‌های آبیاری و سیاست‌های پشتیبان، می‌توان به اهداف چندگانه افزایش بهره‌وری، کاهش فقر، حفظ منابع آب و تضمین امنیت غذایی دست یافت. این تغییرات نه‌تنها پایداری بخش کشاورزی را بهبود می‌بخشد، بلکه نقش کلیدی در توسعه پایدار منطقه ایفا خواهد کرد.

منابع

1. Ahmadi, A., Badsar, M., Karami, R., Gholizadeh, H., Mohammadi Nasrabadi, F. (2023). Evaluating the effects of sustainable food system drivers on food insecurity in rural households of West Azerbaijan province. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 54-2(3), 643-661. DOI: 10.22059/IJAEDR.2023.347212.669169. [In Persian]
2. Arifullah, S. A., Yasmaeen, G., Zulfiqar, M., & Chishti, A. F. (2008). Food consumption, calorie intake and poverty status: a case study of north west frontier province. *Sarhad Journal of Agriculture*, 24(3), 505-509. Available at https://www.researchgate.net/publication/348993107.
3. Berenger, V., & Verdier-Chouchane, A. (2007). Multidimensional measures of well-being: standard of living quality of life across countries. *World Development*, 35(12), 59-76. DOI: 10.1016/j.worlddev.2006.10.011.
4. Chiappero, M. E. (1996). Standard of living evaluation based on Sen's approach: some methodological suggestions. *Notizie di Politeia*, 12, 37-53.
5. Dehghanizadeh, M., Bakhtiari, S., & Daeikarimzadeh, S. (2021). Simultaneous fulfillment of the agricultural sector economic goals, affected by limited water resources in the framework of the Iran's Sixth Development Plan: a case study of Yazd province. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 52(2), 275-285. DOI: 10.22059/IJAEDR.2020.299556.668890. [In Persian]
6. Eyasu, A. M. (2020). Determinants of poverty in rural households: evidence from North-Western Ethiopia. *Cogent Food & Agriculture*, 6(1), 1823652. DOI: 10.1080/23311932.2020.1823652.
7. Foster, J., Greer, J., & Thorbecke, E. (1984). A class of decomposable poverty measures. *Econometrica*, 52(3), 761-766. DOI: 10.2307/1913475.
8. Hosseini Yekani, S. A., & Keshiri Kalaei, F. (2016). Investigating the effect of agricultural product price fluctuations on the optimal pattern of crop production in Sari city. *Agricultural Economics*, 11(2), 75-95. DOI: 10.22034/IAES.2017.24330. [In Persian]

9. Jain, S., Ramesh, D., & Bhattacharya, D. (2021). A multi-objective algorithm for crop pattern optimization in agriculture. *Applied Soft Computing*, 112, 107772. DOI: 10.1016/j.asoc.2021.107772.
10. Jones, D., & Barnes, E. M. (2000). Fuzzy composite programming to combine remote sensing and crop models for decision support in precision crop management. *Agricultural Systems*, 56, 137-158. DOI: 10.1016/S0308-521X(00)00026-3.
11. Kavand, H., Ziaee, S., & Mardani Najafabadi, M. (2023). The impact of water conservation policies on the reallocation of agricultural water-land resources. *Frontiers in Water*, 5, 1138869. DOI: 10.3389/frwa.2023.1138869.
12. KGPD (2016). Economic, social and cultural report of Khuzestan province in the Iran's Fourth Development Plan of 2015-2019: storage location. Khuzestan Governorate Planning Deputy (KGPD) Library, Ahvaz. [In Persian]
13. Laskookalayeh, S. S., Mardani Najafabadi, M., & Shahnazari, A. (2022). Investigating the effects of management of irrigation water distribution on farmers' gross profit under uncertainty: a new positive mathematical programming model. *Journal of Cleaner Production*, 351, 131277. DOI: 10.1016/j.jclepro.2022.131277.
14. Leal Filho, W., Lovren, V. O., Will, M., Salvia, A. L., & Frankenberger, F. (2021). Poverty: a central barrier to the implementation of the UN Sustainable Development Goals. *Environmental Science & Policy*, 125, 96-104. DOI: 10.1016/j.envsci.2021.08.020.
15. Lu, J., Zhang, M., Zhang, J., Xu, C., & Cheng, B. (2021). Can health poverty alleviation project reduce the economic vulnerability of poor households? Evidence from Chifeng City, China. *Computers & Industrial Engineering*, 162, 107762. DOI: 10.1016/j.cie.2021.107762.
16. Mahmoodi, A., Aminpour, D., Yavari, G., Ejlali, F., & Nikookar, A. (2025). Optimal cropping pattern considering uncertainty and using linear and fuzzy goal programming models (case study: Saqqez County). *Iranian Journal of*

Agricultural Economics and Development Research, 55(4), 667-682. DOI: 10.22059/IJAEDR.2025.385654.669330. [In Persian]

17. MAJ (2023). Statistics and publications: Agricultural statistics - Crops 2022-2023 (Vol. 1). Ministry of Agriculture-Jahad (MAJ), Tehran. Available at https://get.agrodl.ir/statistics/field-crops/401-402.pdf. [In Persian]
18. Mardani Najafabadi, M., Abdshahi, A., Forouzani, M., & Zainali, M. (2019a). Investigating the effects of the quality of water and soil resources on the efficiency of irrigation and drainage networks of Karun Bohor under conditions of uncertainty. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*, 13(3), 737-749. [In Persian]
19. Mardani Najafabadi, M., Mirzaei, A., Azarm, H., & Nikmehr, S. (2022). Managing water supply and demand to achieve economic and environmental objectives: application of mathematical programming and ANFIS models. *Water Resources Management*, 36(9), 3007-3027. DOI: 10.1007/s11269-022-03178-1.
20. Mardani Najafabadi, M., Ziaee, S., Nikouei, A., & Borazjani, M. A. (2019b). Mathematical Programming Model (MMP) for optimization of regional cropping patterns decisions: a case study. *Agricultural Systems*, 173, 218-232. DOI: 10.1016/j.agsy.2019.02.006.
21. Marzban, Z., Asgharipour, M. R., Ghanbari, A., Ramroudi, M., & Seyedabadi, E. (2022). Determining cropping patterns with emphasis on optimal energy consumption using LCA and multi-objective planning: a case study in eastern Lorestan province, Iran. *Energy, Ecology and Environment*, 7(5), 489-507. DOI: 10.1007/s40974-021-00211-8.
22. Maulu, S., Hasimuna, O. J., Mutale, B., Mphande, J., & Siankwilimba, E. (2021). Enhancing the role of rural agricultural extension programs in poverty alleviation: a review. *Cogent Food & Agriculture*, 7(1), 1886663. DOI: 10.1080/23311932.2021.1886663.
23. Mirzaei, A., Abdeshahi, A., Azarm, H., & Naghavi, S. (2022b). New design of water-energy-food-environment nexus for sustainable agricultural

management. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 36(7), 1861-1874. DOI: 10.1007/s00477-021-02131-9.

24. Mirzaei, A., Azarm, H., & Naghavi, S. (2022a). Optimization of cropping pattern under seasonal fluctuations of surface water using multistage stochastic programming. *Water Supply*, *22*(6), 5716-5728. DOI: 10.2166/ws.2022.224.
25. Namara, R. E., Hanjra, M. A., Castillo, G. E., Ravnborg, H. M., Smith, L., & Van Koppen, B. (2010). Agricultural water management and poverty linkages. *Agricultural Water Management*, 97(4), 520-527. DOI: 10.1016/j.agwat.2009.05.007.
26. Okoko, A. N. (2022). Becoming flood insecure: lessons from village level experiences in Tana Delta, Kenya. *Progress in Disaster Science*, 16, 100265. DOI: 10.1016/j.pdisas.2022.100265.
27. Omodero, C. O. (2021). Sustainable agriculture, food production and poverty lessening in Nigeria. *Transport*, 3(6). DOI: 10.18280/ijsdp.160108.
28. Osowole, O. I., & Bamiduro, A. T. (2013). On the derivation of estimators of Foster-Greer-Thorbecke (FGT) poverty indices. *CBN Journal of Applied Statistics*, 4(1), 1-13. Available at https://dc.cbn.gov.ng/jas/vol4/iss1/1.
29. Pakravan-Charvadeh, M. R., Hosseini, S. S., & Noori Naeini, S. (2020). Determining socio-economic factors associated with household food security in rural and urban areas in Khuzestan province. *Iranian Journal of Economic Research*, 25(83), 113-136. DOI: 10.22054/ijer.2020.46842.794. [In Persian]
30. Pawlak, K., & Kołodziejczak, M. (2020). The role of agriculture in ensuring food security in developing countries: considerations in the context of the problem of sustainable food production. *Sustainability*, 12(13), 5488. DOI: 10.3390/su12135488.
31. Rezaeifar, M., Khalilian, S., & Najafi Alamdarloo, H. (2022). Spatial distribution of food insecurity in urban and rural areas of Iran. *Journal of Agriculture Economics*, 16(1), 99-121. DOI: 10.22034/IAES.2022.540824.1881. [In Persian]

32. Savari, M., & Sookhtanlou, M. (2019). Studying the Villagers Semantic Perception of the Food Security Concept. *Journal of Community Development (Rural and Urban)*, 11(20), 239-266. DOI: 10.22059/JRD.2019.74468. [In Persian]
33. Sayban, F., Abdeshahi, A., & Mardani Najafabadi, M. (2020). Designing a mathematical programming model to optimize the FGT poverty index in rural areas of Behbahan. *Journal of Rural Research*, 11(3), 538-555. DOI: 10.22059/JRUR.2020.286858.1412. [In Persian]
34. SCI (2024). Poverty index in 2023. Statistical Center of Iran (SCI), Tehran. Available at https://www.amar.org.ir. [In Persian]
35. See, L., Fritz, S., You, L., Ramankutty, N., Herrero, M., Justice, C., ... & Obersteiner, M. (2015). Improved global cropland data as an essential ingredient for food security. *Global Food Security*, 4, 37-45. DOI: 10.1016/j.gfs.2014.10.004.
36. Singh, P. K., & Chudasama, H. (2020). Evaluating poverty alleviation strategies in a developing country. *PloS One*, 15(1), e0227176. DOI: 10.1371/journal.pone.0227176.
37. World Bank (2024). Data 360; World development indicators: countries and economies. Available at https://data.worldbank.org.