Gonbad Kavous University
Volume 2, Issue 2
Journal of New Approaches in Water Engineering and Environment
Online ISSN: 2981-0280
Homepage: https://nawee.gonbad.ac.ir

Impact of crop pattern modification policies on water resources protection and self-sufficiency of wheat (Case study: Kabudrahang plain)

A.M. Jafari*, A. Nikouei [2], A. Ghadami Firouzabadi[3], K. Shanazi[4] and M.R. Bakhtyari[5]

1- Assistant Professor of Economic, Social and Extension Research Department, Hamedan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Hamedan, Iran.
2- Assistant Professor; Economic, Social and Extension Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran.
3-Associate Professor, Agricultural Engineering Research Department, Hamedan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Hamedan, Iran.
4-Ph.D student in agricultural development- Department of Agricultural Education and Extension-Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.
5- Associate Professor, Agricultural Engineering Research Department, Hamedan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Hamedan, Iran.

Received: 29.10.2023; Accepted:25.01.2024

Abstract

Reforming the cultivation pattern is a program that the government pursues with the aim of achieving sustainable agricultural development and maintaining food security. Protection of basic production resources, self-sufficiency in the production of basic products and maintaining agricultural employment are among the goals of this program. In this regard, this research was carried out with an emphasis on the protection of water resources in the Kabudrahang plain of Hamadan province. Using linear programming modeling for the studied area, optimal patterns were determined. Water resource protection policies were examined and tested with two scenarios of reducing the use of underground water by 30 and 50% and the scenario of self-sufficiency in wheat production. The results showed that the water resource protection policy reduces the planned efficiency of the cultivation pattern from 2.44% to 24% compared to the current pattern. The area under cultivation of rainfed crops also increased and the area under cultivation of irrigated crops decreased. The area under cultivation of cucumbers and tomatoes increased, but the area under cultivation of fodder and water grains decreased. Self-sufficiency of wheat under the conditions of the existing and optimal cultivation pattern was achieved, but in the scenarios of water resources protection, self-sufficiency was not possible without applying the condition. Under the scenario of self-sufficiency of wheat, the planned efficiency and the use of labor decreased more than the scenarios of protection of water resources. Considerable increase in water productivity was evident in each of the scenarios compared to the current situation. According to the research findings, in order to protect water resources and sustainable exploitation of these resources, it is necessary to control and reduce their exploitation by 30 to 50 percent.

Keywords: Optimal cultivation pattern, water efficiency, self-sufficiency, Kabudrahang

* Corresponding author, E-mail: a-jafari@areeo.ac.ir

Cite this article: A.M. Jafari, A. Nikouei, A. Ghadami Firouzabadi, K. Shanazi, M.R. Bakhtyari. (2024). Impact of crop pattern modification policies on water resources protection and self-sufficiency of wheat (Case study: Kabudrahang plain). *Journal of New Approaches in Water Engineering and Environment*, 3(1), 170-183. https://doi.org/10.22034/nawee.2024.441623.1066

© The Author(s). Publisher: Gonbad Kavous University.
DOI: https://doi.org/10.22034/nawee.2024.441623.1066

رویکردهای نوین در مهندسی آب و محیط زیست
شاپا الکترونیکی: ۰۲۸۰-۲۹۸۱
Homepage: https://nawee.gonbad.ac.ir
دانشگاه گنبد کاووس
دوره دوم، شماره دوم

تاثیر سیاست‌های اصلاح الگوی کشت بر حفاظت منابع آب و خودکفایی گندم (مطالعه موردی: دشت کبودراهنگ)

علی محمد جعفری*[۱]، علی‌رضا نیکوئی[۲]، علی قدمی فیروزآبادی[۳]، کاروان شانازی،[۴] محمدرضا بختیاری[۵]

۱- استادیارپژوهش بخش تحقیقات اقتصادی، اجتماعی و ترویج کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران

۲- استادیار، بخش تحقیقات اقتصادی، اجتماعی و ترویج کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران

۳- دانشیار پژوهش بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران

۴-دانشجوی دکتری توسعه کشاورزی، گروه ترویج و اموزش کشاورزی، دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا همدان، ایران

۵- دانشیار پژوهش بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/۰۷ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۰۵

چکیده

اصلاح الگوی کشت برنامه‌ای است که دولت با هدف دستیابی به توسعه پایدار کشاورزی و حفظ امنیت غذایی دنبال می‌نماید. حفاظت منابع تولید پایه، خودکفایی در تولید محصولات اساسی و حفظ اشتغال کشاورزی از جمله اهداف این برنامه است. این پژوهش در همین راستا با تاکید برحفاظت منابع آب در دشت کبودراهنگ استان همدان اجرا گردید. با استفاده از مدلسازی به روش برنامه‌ریزی خطی برای منطقه مورد مطالعه، الگوهای بهینه تعیین شدند. سیاست‌های حفاظت منابع آب با دو سناریوی کاهش بهره‌برداری از آب‌های زیر زمینی به میزان ۳۰ و ۵۰ درصد و سناریوی خودکفایی تولید گندم مورد بررسی و آزمون قرار گرفتند. نتایج نشان داد سیاست حفاظت از منابع آب باعث کاهش بازده برنامه‌ای الگوی کشت از ۲/۴۴ تا ۲۴درصد در مقایسه با الگوی فعلی می‌شود. سطح زیر کشت غلات دیم نیز افزایش و سطح زیر کشت محصولات آبی کاهش یافت. سطح زیرکشت خیار وگوجه فرنگی افزایش یافته، ولی سطح زیر کشت علوفه و غلات آبی کاهش پیدا کردند. خودکفایی گندم تحت شرایط الگوی کشت موجود و بهینه به خودی خود محقق بود، اما در سناریوهای حفاظت منابع آب بدون اعمال قید خودکفایی میسر نشد. تحت سناریو خودکفایی گندم بازده برنامه‌ای و استفاده از نیروی کار بیش از سناریوهای حفاظت منابع آب کاهش یافت. افزایش بهره‌وری آب در هرکدام از سناریوها نسبت به وضع موجود مشهود بود. با توجه به یافته‌های تحقیق و در راستای حفاظت منابع آب و بهره‌برداری پایدار از این منابع، کنترل وکاهش بهره‌برداری به میزان ۳۰ تا ۵۰ درصد در راستای الگوی بهینه کشت ضروری است.

واژه‌های کلیدی: الگوی کشت بهینه، بهره‌وری آب، خودکفایی، کبودراهنگ

*نویسنده مسئول: alihasanjafari9@gmail.com

استناد: جعفری، علی محمد؛ نیکوئی، علی‌رضا؛ قدمی فیروزآبادی، علی؛ شانازی، کاروان؛ بختیاری، محمدرضا (۱۴۰۳). تاثیر سیاست‌های اصلاح الگوی کشت بر حفاظت منابع آب و خودکفایی گندم(مطالعه موردی: دشت کبودراهنگ). *رویکردهای نوین در مهندسی آب و محیط زیست*، ۳ (۱)، ۱۸۳-۱۷۰.
https://doi.org/10.22034/nawee.2024.441623.1066

ناشر: دانشگاه گنبد کاووس. © نویسندگان

مقدمه

بخش کشاورزی به‌عنوان یکی از مهمترین فعالیت‌های اقتصادی جوامع مختلف نیازمند برنامه‌ریزی‌های منسجم برای رسیدن به توسعه و مقابله با بحران‌هایی موجود است (Zhou et al., 2021). آب در قلب توسعه پایدار قرار دارد و نقش مهمی درتوسعه اقتصادی اجتماعی، تولید غذا و اکوسیستم‌ها ایفا می‌کند، بحران آب باعث تغییر در شیوه عملیات کشاورزی و در نتیجه کاهش عملکرد محصولات کشاورزی و درآمد کشاورزان را به همراه دارد. بنابراین، حفظ و استفاده بهینه از منابع آب یکی از مهمترین مسائلی می باشد که طی سال‌های اخیر با آن روبرو هستیم (Savari et al., 2021). افزایش تقاضا و عرضه محدود آب، عدم تعادل منابع را در بسیاری از دشت‌های کشور به دنبال داشته و ضرورت استفاده از سیاست‌های کارآمد مدیریت آب را مطرح ساخته است. این سیاست‌ها باید به گونه‌ای طراحی شود که نه تنها بر تولیدات کشاورزی و درآمد زارعین اثر منفی نگذارد که حتی‌الامکان با افزایش بهره- وری آب، تولیدات بخش کشاورزی و درآمد زارعین افزایش یابد و مصرف آب تا رسیدن به تعادل منطقی، تعدیل شود (Sani and Dashti, 2022) یکی از راهکارهای لازم برای افزایش بهره‌وری در بخش کشاورزی، اصلاح الگوی کشت محصولات با توجه به معیارهای اقتصادی در مناطق مختلف و همچنین در نظر گرفتن محدودیت‌های فنی و عوامل تولید است. در بهینه سازی الگوی کشت فرض بر این است که الگوی کشت فعلی بهینه نمی‌باشد و با تخصیص مجدد عوامل و نهاده‌های تولید جهت تولید محصولات مختلف می‌توان به میزان درآمد بیشتری دست یافت. اصلاح الگوی کشت برنامه‌ای است که با هدف تعیین یک نظام کشاورزی با مزیت اقتصادی پایدار مبتنی بر سیاست‌های کلان کشور، دانش بومی کشاورزان و بهره‌گیری بهینه از پتانسیل‌های منطقه ای با رعایت اصول اکوفیزیولوژیک تولید محصولات کشاورزی در راستای حفظ محیط‌زیست تدوین می‌شود (Dashti et al., 2023). این برنامه با توجه به فرصت‌ها و تهدیدهای اکوفیزیولوژیکی، عوامل تولید، مسائل اقتصادی، عوامل فرهنگی و اجتماعی، تکنولوژی‌های نوین وغیره طراحی می‌شود. اهداف و سیاست های کلی نظام در بخش کشاورزی بدون تدوین الگوی بهینه کشت امکان‌پذیر نیست.

فاکتورهای اقتصادی، فنی و استراتژیک، سه عامل مهم در بررسی الگوی کشت در ایران هستند. به دلیل موقعیت جغرافیایی ایران، بخش عمده‌ای از کشور در اقلیم خشک و نیمه خشک واقع شده است. از طرف دیگر محدودیت‌هایی مانند ویژگی‌ها و محدودیت‌های نامناسب خاک، عوامل اقتصادی، تغییرات آب و هوایی و نیروی کار کشاورزی، چالش‌های تولید در کشور را چند برابر می‌کند (Najafabadi et al., 2019). با توجه به تعدد محدودیت‌ها، برنامه‌ریزی منسجم، هدفمند و بهینه برای دستیابی به تولیدات مناسب و مدیریت بهینه منابع آب برای غلبه بر مشکلات موجود اجتناب ناپذیر است. در همین راستا قوانین و مقررات مورد نیاز نیز از سوی مجلس و وزارت کشاورزی در گذر زمان تدوین و مقررات اجرایی آنها هم ابلاغ گردیده است آخرین مصوبه قانونی در این زمینه بند الف ماده ۳۵ قانون برنامه پنج ساله ششم توسعه کشور رعایت الگوی کشت مناسب در هر منطقه الزامی است. علاوه بر آن در بند ت همین ماده قانونی تصریح شده که الگوی کشت باید با تاکید بر محصولات راهبردی و ارتقای بهره وری آب طراحی و اجرا شود و از الزامات سیاست‌های کلی اقتصاد مقاومتی است. تامین منابع و الزامات مورد نیاز در قالب بودجه سالانه و اعمال حمایت و تشویق فقط در چهارچوب الگوی کشت امکان پذیر است. از اهداف مهمی که قانون گذار بدنبال آن است، ارائه الگوی کشتی است که باعث استفاده پایدار از منابع تولید پایه شود. از سوی دیگر نیز میزان خودکفایی و خوداتکایی به مواد غذایی افزایش یافته تا تهدیدات امنیت غذایی کاهش یابد.

در بررسی مسئله برنامه‌ریزی مصرف آب در بخش کشاورزی باید تعادل مناسبی میان این اهداف ایجاد نمود که در این زمینه رویکردهای متفاوتی ارائه گردیده است در راستای نیل به این اهداف از ابزارهای برنامه‌ریزی ریاضی جهت تدوین الگوی کشت از دهه ۱۹۶۰ بطور گسترده‌ای استفاده می‌شود (Saboohi and Khosravi, 2009). تکنیک برنامه‌ریزی خطی به منظور بهینه‌سازی سیاست‌های تخصیص منابع آب و زمین برای کشاورزی آبی در هند (Das et al., 2015) و بهینه‌سازی الگوی کشت در مصر (Osama et al., 2017) استفاده شده است همچنین کایر و

همکاران (Kaur et al., 2010) با استفاده از الگوی برنامه ریزی خطی با هدف حداکثر کردن درامد خالص و صرفه جویی در مصرف اب الگوی کشت بهینه را تعیین کردند نتایج مطالعه‌ای در هند نشان داد که رویکرد برنامه‌ریزی خطی با در نظر گرفتن محدودیت‌هایی شامل مصرف آب، نیروی کار، کود و بذر و با هدف حداکثرسازی درآمد، ابزاری کارآمد برای بهینه سازی الگوی کشت است (Shreedhar et al., 2015).

فو و همکاران (Fu et al., 2022)، در بررسی تخصیص بهینه منابع آب در کشور چین، ازیک مدل هیبریدی شامل برنامه‌ریزی پارامتری فاصله‌ای وبرنامه‌ریزی فازی استفاده کردند؛ نتایج مؤید آن بودکه این روش برای انعکاس پیچیدگی‌های منابع آب منطقه قابل اجراست و افزون بر این، تصمیم گیرنده می‌تواند تخصیص مطلوب منابع آب محدود را در راستای بهره‌برداری پایدار از آن به دست آورد. موسی پور و همکاران (Mousapoor et al., 2021) در مطالعه‌ای با هدف شبیه‌سازی اثرات سیاست‌های حفاظتی بر منابع آب دشت دشتاب ایران با استفاده از روش برنامه-ریزی ریاضی مثبت نشان دادند که از بین سه سیاست اتخاذ شده در این تحقیق شامل محدود کردن نهاده‌های آبیاری، کاهش یارانه نهاده‌های آبیاری و کاهش قیمت محصول، کاهش یارانه نهاده‌های آبیاری بهترین سیاست برای حفاظت از منابع آبیاری و درآمد کشاورزان بود. در پژوهشی دیگر (Derasme et al., 2017) با در نظر گرفتن میزان استراتژیک بودن محصول و برنامه‌ریزی خطی، الگوی کشت بهینه را تعیین کرده و با الگوی کشت فعلی مقایسه کردند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که در الگوی کشت بهینه سطح کشت محصولاتی مانند پیاز، سیر نخود و عدس به علت استراتژیک نبودن آن‌ها کاهش یافت در مقابل سطح کشت محصولاتی مانند گندم، برنج، ذرت که به عنوان محصولات استراتژیک تعریف می‌شوند، تقریبا ثابت باقی می‌ماند. بیرهانو و همکادان (Birhanu et al., 2015) نیز با استفاده از برنامه‌ریزی خطی الگوی کشت بهینه را در کشور اتیوپی تعیین کردند. در این پژوهش آنها محدودیت آب و زمین را در چهار سناریو مختلف، و هدف‌ها را حداکثرسازی بازده و حداکثرسازی تولید تعریف کردند. نتایج نشان داد بهره‌وری آبیاری ۴۸ درصد، بهره‌وری آب فیزیکی ۱۶۸ درصد، بهره‌وری آب اقتصادی ۲۴۱ درصد، عملکرد ۱۰۸ تا ۱۵۳ درصد و سود متوسط ۱۵۳تا ۳۰۸ درصد از طریق بهینه‌سازی الگوی کشت ارزش اقتصادی بالاتری خواهد داشت.

دشتی و همکاران (Dashti et al., 2023) در مطالعه‌ای به تعیین الگوی بهینه کشت محصولات زراعی با تأکید بر محدودیت منابع آب در دشت مرند با استفاده از رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی، الگوی برنامه= ریزی کسری با اهداف چندگانه با بهره‌گیری از رویکرد فازی پرداختند نتایج انها نشان داد که الگوی بهینه کشت پایدار پیشنهادی حاصل از مدل یادشده، در مقایسه با مدل برنامه‌ریزی خطی، باعث کاهش درآمد ناخالص بهره‌برداران در کوتاه مدت می‌شود. همچنین، بر اساس یافته‌های حاصل از الگوی برنامه‌ریزی کسری، مصرف آب به گونه‌ای صورت خواهد گرفت که عمدتاً در ماه‌های مختلف، کمبودی از این حیث در منطقه وجود نداشته باشد. در پژوهش شریعتی و همکاران (Shariati et al., 2021) برای تعیین الگوی کشت بهینه و ارائه راهکاری مناسب برای افزایش سود خالص و بهره‌وری آب، مدل برنامه‌ریزی خطی در قالب ۷ سناریوی مختلف با در نظر گرفتن محدودیت‌های آب، الگوی کشت، نیروی کار، کاهش مصرف آب زیرزمینی و حداقل‌سازی مصرف آب اجرا شد. نتایج این مطالعه نشان داد که در هفت سناریوی مورد بررسی، سود خالص این سناریوها نسبت به وضع موجود بین ۷/۹۲ تا ۴۰۰ درصد افزایش می‌یابد. پوران و راغفر (Pouran and Raghfar, 2021) در بررسی الگوی کشت محصولات زراعی استان‌های سمنان و ایلام با تأکید بر نقش آب مجازی در بهره‌وری آب ابراز کردند که در هر دو استان مقادیر ضریب نزدیکی محصولات در الگوی کشت بهینه نسبتاً بالاتر از الگوی کشت فعلی است. به عبارت دیگر، تحت شرایط یکسان (یعنی ثابت ماندن سطح زیرکشت، قیمت محصولات و هزینه متوسط تولید) الگوی کشت حاصل از هدف حدکثر بهره‌وری آب در استان‌های مورد بررسی، در مقایسه با الگوی کشت حاصل از حداکثرسازی سود وضعیت بهتری دارد.

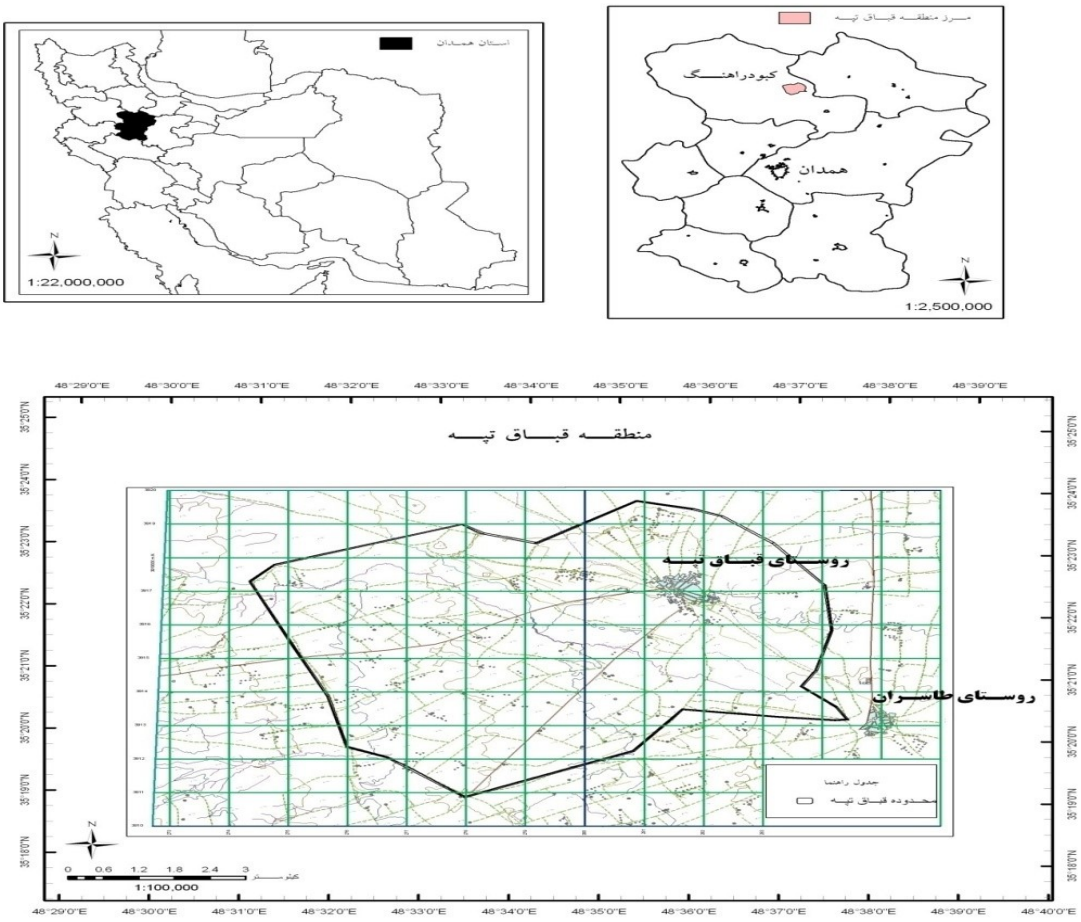
اسعدی و نجفی علمدارلو (Asaadi and Najafi Alamdarlo, 2019) پژوهشی با هدف ارزیابی اقتصادی الگوی بهینه کشت در راستای کاهش استفاده از منابع آب

زیرزمینی دشت دهگلان انجام دادند. نتایج نشان داد که با تدوین الگوی بهینه کشت محصولات زراعی، مقدار صرفه‌جویی آب در سناریوی اول تا سوم به ترتیب به میزان ۲۲/۱، ۳۰/۵ و ۳۵/۵ درصد و سود ناخالص مزرعه به ترتیب ۴/۶، ۹/۳ و ۱۴/۸ درصد کاهش می‌یابد. محسنی و همکاران (Mohseni et al., 2018) در تعیین الگوی بهینه کشت با هدف پایداری منابع آب در دشت ارزوئیه؛ به کمک برنامه ریزی کسری فازی نشان دادند که الگوی بهینه کشت با استفاده از برنامه‌ریزی کسری فازی برای دستیابی به پایداری با الگوی کشت فعلی و برنامه‌ریزی خطی اختلاف زیادی دارد. همچنین با وجود کاهش بازده ناخالص کل در مدل برنامه ریزی کسری فازی، میزان بازده ناخالص در این نوع برنامه ریزی به ازای هر مترمکعب آب ۱۰ درصد افزایش یافته است. کریم زاده و همکاران (Karimzadeh et al., 2017) نشان دادند تعیین الگوی کشت با استفاده از برنامه ریزی خطی با هدف بهره وری آب باعث کاهش ۲۷ درصدی تقاضای آب کشاورزی در محدوده مزارع کوچک چناران شده است. بررسی منابع نشان می‌دهد که هدف اصلی آن‌ها تدوین الگوهای کشتی است که برداشت از منابع آب را کاهش دهد. بحران و کمبود آب معضلی است که در اقصی نقاط جهان و اکثر نقاط داخل کشور گریبانگیر آن هستند و با توجه سهم بالای بخش کشاورزی در مصارف آب تدوین الگوی کشت مناسب در این بخش اقتصادی مورد تاکید است. استان همدان و بخصوص دشت کبودراهنگ از بحرانی‌ترین مناطق کشور است. متوسط افت بلند مدت سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی در این دشت برابر ۱/۵ متر در سال است و کسری مخزن آن ۶۹ میلیون مترمکعب در سال می‌باشد که از این نظر بحرانی‌ترین دشت استان محسوب می‌شود (Sotoudeh, 2015). کشاورزی بزرگترین بخش اقتصادی این دشت و شهرستان کبودراهنگ محسوب می‌شود و عمده مصارف آب در آن به کشاورزی اختصاص دارد. لذا جهت بهره برداری پایدار و حفاظت منابع آب نیاز است تا الگوی کشت مناسب تدوین گردد. بدین منظور اهدافی چون تعیین الگوی بهینه کشت، حفاظت منابع آب و امکان سنجی خودکفایی در محصولات استراتژیک با توجه به سهم منطقه از کل تولید کشور مورد بررسی قرارگرفتند.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه، بخشی از اراضی کشاورزی دشت کبودراهنگ در استان همدان به مساحت ۵۷۳۵/۰۰۵ هکتار در دهستان راهب از توابع بخش مرکزی شهرستان کبودراهنگ است که در محدوده بین ۲۷۴۳۳۰ تا ۲۸۴۴۵۷ متر طول شرقی و ۳۹۱۰۸۴۶ تا ۳۹۱۹۷۰۵ متر عرض شمالی و در محدوده جغرافیایی″۵۸′۱۸°۳۵ تا ″۴۸′۲۳°۳۵ عرض شمالی و ″۵۷′۳۰°۴۸ تا ″۴۲′۳۷°۴۸ طول شرقی را در بر می‌گیرد (شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در دشت کبودراهنگ(تهیه و ترسیم: نگارندگان)

توجه به عوامل و متغیرهایی نظیر ویژگی‌های خاص الگوی زراعی، تناوب زراعی، تقویم عملیات زراعی، تقویم آبیاری محصولات رایج، طیف وسیع ترکیبات کشت نباتات زراعی محدودیت زمین‌های قابل کشت و رقابت جدی محصولات در استفاده از آب، الگوهای برنامه‌ریزی ریاضی بهترین روش دربرگیرنده اطلاعات فوق برای بررسی رفتارهای زارعین و ارائه راه حل‌های بهینه‌سازی این فعالیت‌ها می‌باشد (Najafabadi et al., 2019). در این روش می‌توان ضمن معرفی الگوی بهینه، میزان حساسیت محصولات جهت ورود و یا خروج از الگوی کشت به عوامل تاثیر گذار شامل قیمت آب، هزینه آب مصرفی (میزان مصرف آب)، میزان آب موجود، قیمت محصول، هزینه تولید و عملکرد مورد بررسی قرار داد. برنامه‌ریزی خطی از جمله این روش‌ها است که هنوز از آن استفاده می‌شود (Aghajani et al., 2013). مدل برنامه ریزی خطی بدلیل سادگی و کارایی بالا در حل مسائل مدیریتی به وفور مورد استفاده قرار می‌گیرد. فرم کلی و مفهومی برنامه‌ریزی خطی برای حداکثر سازی سود و کاربرد آن برای بهینه سازی الگوی کشت و تخصیص بهینه عوامل تولید به شرح زیر است (Singh et al., 2001).

رابطه(۱) $$\text{Max } Z = \sum P_j Y_j - \sum a_j X_j$$

رابطه(۲) $$\text{Subject to: } \sum b_{ij} X_j \le c_i \quad ,$$

$$d_j \le X_j \le e_j \quad i=1,2,3,.....m \ , \ j= 1,2,3,....n$$

در این روابط p_j قیمت محصول jام، Y_j میزان تولید محصول jام، X_j سطح زیر کشت محصول jام، a_j هزینه در

هکتار محصول jام b_{ij} میزان نهاده مصرف شده در هر هکتار محصول jام ، c_i حداکثر نهاده موجود iام ، d_j حداقل مجاز میزان سطح زیر کشت محصول jام و e_j حداکثر مجاز میزان سطح زیر کشت محصول jام می باشد. رابطه شماره ۲ در برگیرنده محدودیت‌های متنوعی است که در شرایط واقعی وجود دارند. آنها شامل محدودیت زمین، منابع آب در فصول مختلف، سرمایه، نیروی کار، محدودیت‌های بازار و غیره می باشند. بهره‌وری آب از طریق نسبت بازده برنامه (۱۰۰۰ ریال) به مقدار آب مصرفی(m^3) در هر یک از سناریوهای مطرح شده محاسبه شد.

جهت دست یابی به اهداف تحقیق، مدل فوق تحت سناریوهای مختلف مورد آزمون قرار گرفتند. مدلسازی و آزمون سناریوهای مختلف اطلاعات ارزنده‌ای را جهت برنامه‌ریزی و تدوین الگوی کشت فراهم می‌نماید. لذا در این تحقیق برخی از اهداف کلان کشوری و منطقه‌ای در قالب اهداف پژوهش از طریق سناریوسازی مورد ارزیابی قرارگرفتند. مدل فوق در مقیاس محدوده‌ی مطالعاتی برای دشت کبودراهنگ تحت پنج سناریو اجرا شد. مقیاس مدل با توجه به گستره مساحت و میزان مشارکت بهره‌برداران در پاسخگویی و تکمیل پرسشنامه مشخص شد. سناریوها شامل؛ بررسی وضعیت موجود، الگوی بهینه تحت شرایط بهره‌برداری فعلی استفاده از منابع موجود، حفاظت منابع آب با کاهش ۳۰درصدی و ۵۰ درصدی در برداشت از منابع آب، و خودکفایی در تولید گندم بودند. سناریوی اخیر با توجه به نسبت مساحت منطقه مورد مطالعه، سهم آن از خودکفایی گندم محاسبه و بعنوان یک محدودیت وارد مدل‌ها در سناریوهای مختلف شد و مورد آزمون قرار گرفت. تشکیل سناریوهای مختلف برای مدل‌سازی با توجه به اهداف و سیاست‌های مختلف دولت و نظرات کارشناسان فنی انجام شد

مبنای تهیه آمار و اطلاعات مورد نیاز این تحقیق بر اساس طرح ملی الگوی کشت تدوین شد. جهت تدوین مدل برنامه-ریزی الگوی کشت، آمار و اطلاعات محدوده‌ی مطالعاتی بر حسب نوع آن‌ها به روش‌های مختلف و بطور تخصصی تهیه و فراهم شد. محدوده‌ی مطالعاتی توسط کارفرما تحقیق- سازمان جهادکشاورزی استان همدان- و از طریق نقشه جغرافیایی تعیین و مشخص گردید.

جهت تهیه اطلاعات الگوی کشت موجود و هزینه‌های آن از پروژه‌های شناسنامه بهره‌برداران و هزینه تولید طرح ملی اصلاح و تدوین الگوی کشت در پایلوت استفاده شد. در عملیات میدانی مربوط به تهیه شناسنامه بهره‌بردار و سایر مطالعات مورد استفاده قرارگرفت. شناسنامه بهره برداری‌ها بر اساس نقشه چاپ شده و پرسشنامه شناسنامه بهره-برداری با فرمت تهیه شده توسط دفتر آمار و فن آوری اطلاعات وزارت جهاد کشاورزی با مراجعه به کلیه بهره-برداران تکمیل گردید. اطلاعات مربوط به هزینه تولید، به روش میدانی و از طریق تکمیل پرسشنامه و مصاحبه حضوری در قالب طرح یاد شده گردآوری شد. در این راستا ۱۵درصد بهره‌بردارانی که در پروژه تهیه شناسنامه بهره-بردار مشارکت کرده بودند، با استفاده از روش نمونه گیری سیستماتیک انتخاب شدند. اطلاعات اقتصادی در قالب فرم‌های تهیه اطلاعات، به تفکیک محصولات و بر مبنای آخرین نسخه از پرسشنامه طرح آمارگیری هزینه تولید محصولات عمده کشاورزی اداره کل آمار و فن‌آوری اطلاعات وزارت جهاد کشاورزی از جمعیت نمونه انتخابی، جمع آوری شد. قیمت‌ها نیز علاوه بر اطلاعات ماخوذه پرسشنامه‌ای، از اداره تنظیم بازار سازمان جهاد کشاورزی استان و وزارت جهاد کشاورزی تهیه گردید. ماتریس ضرایب فنی با استفاده از اطلاعات بدست آمده از پرسشنامه ها محاسبه شدند

بحث و نتایج

از گستره ۵۸۰۰ هکتاری اراضی مورد مطالعه، اطلاعات الگوی کشت ۲۹۳۰ هکتار از اراضی زارعی بدست آمد. لذا الگوی کشت همین مقدار از اراضی مورد بررسی قرار گرفت. در جدول شماره ۱ سناریوهای ترکیب الگوی کشت موجود و وضعیت استفاده از عوامل تولید (ستون دوم) و همچنین سناریوی الگوی بهینه تحت شرایط فعلی بهره برداری از منابع و عوامل تولید نمایش داده شده است. در الگوی موجود فعلی تعداد ۱۰ محصول زراعی وجود دارند.

جدول ۱- مقایسه الگوی بهینه با الگوی موجود تحت شرایط فعلی بهره‌برداری از منابع در دشت کبودراهنگ (ارقام به هکتار)

نام محصول	الگوی موجود	الگوی بهینه	درصد اختلاف
جوآبی	۷۶۹/۷	۰	-۱۰۰
جودیم	۶۱۳/۷	۱۲۵۷/۸	۱۰۴/۹۵
خیار	۲۲/۱۵	۷۵	۲۳۸/۶
سیب زمینی	۴۷۸/۲	۳۰۳/۶۵	-۳۶/۵
گندم آبی	۸۰/۷	۹۱۹/۲	۱۰۳۹
گندم دیم	۶۳۳/۵	۰	-۱۰۰
گوجه فرنگی	۰/۶	۹۰	>۱۰۰۰۰
لوبیا	۱/۴	۰	-۱۰۰
هندوانه آبی	۲۰۴/۸	۰	-۱۰۰
یونجه	۱۲۴/۵	۲۸۴/۳	۱۲۸/۳۵
بازده برنامه‌ای (۱۰۰۰ریال)	۸۷۰۸۵۰۴۳	۱۰۴۲۰۰۶۱۹	۱۹/۶۵
زمین (هکتار)	۲۹۳۰	۲۹۳۰	۰
مصرف آب در بهار (m^3)	۶۹۶۵۶۱۸	۶۹۶۵۶۱۸	۰
مصرف آب در تابستان (m^3)	۷۸۲۷۹۳۳	۷۸۲۷۹۳۳	۰
مصرف آب در پاییز (m^3)	۱۹۰۹۷۶۶	۱۸۳۳۷۴۸	-۳/۹۸
کل مصرف آب (m^3)	۱۶۷۰۳۳۱۷	۱۶۶۲۷۲۹۹	-۰/۴۶
سرمایه (۱۰۰۰ریال)	۲۱۳۸۳۰۷۲۵	۱۱۵۳۸۱۶۲۹	-۱۶/۵۸
نیروی کار (روز نفر)	۵۴۱۳۴	۵۴۱۳۴	۰
بهره‌وری آب (m^3/۱۰۰۰ریال)	۵/۲۱	۶/۲۶	۲۰/۱۵

در الگوی فعلی بیشترین سطح زیرکشت مربوط به محصول جو آبی ۷۶۹/۷ هکتار و کمترین هم مربوط به گوجه فرنگی به وسعت ۰/۶ هکتار می‌باشد. محصول آب بری مانند سیب زمینی هم از سطح زیرکشت قابل توجه-ای برخوردار است. علاوه بر آن هندوانه آبی که از محصولات پرانتقاد سیاست الگوی کشت است سطح نسبتاً زیادی بخود اختصاص داده است. بازده برنامه‌ای الگوی فعلی حدود ۸۷ میلیارد ریال می باشد. در الگوی بهینه ترکیب الگو و بازده برنامه‌ای تغییراتی کرده است. در الگوی بهینه محصولات جوآبی، گندم دیم، لوبیا و هندوانه بطور کامل حذف شده‌اند. در عوض جودیم، خیار، گندم آبی، گوجه فرنگی و یونجه افزایش سطح زیرکشت داشته اند. محصول سیب زمینی هم ۳۶/۵ درصد کاهش سطح زیرکشت داشته است. بازده برنامه‌ای الگوی بهینه در مقایسه با الگوی فعلی ۱۹/۶۵ درصد افزایش داشته و به ۱۰۴/۲ میلیاردریال رسیده است. عوامل تولید زمین، آب در بهار و تابستان، و نیروی کار در هردو الگو بطور کامل استفاده شده‌اند. و منبع غیرقابل استفاده در این موارد تحت هر دو الگو وجود ندارد. اما در الگوی بهینه مقدار مصرف آب در پاییز و سرمایه، صرفه جویی شده و به ترتیب ۳/۹۸ و ۱۶/۵۸ درصد کمتر استفاده شده‌اند. در مجموع الگوی بهینه با رسیدن به حداکثر بازده برنامه‌ای، منابع را مصرف کرده و باعث می‌شود منبع غیرقابل استفاده کمتری آزاد باقی بماند.

نتایج الگوی کشت و مصرف نهاده‌ها تحت سناریوهای حفاظت منابع آب در جدول شماره ۲ نمایش داده شده است. در مقایسه با الگوی فعلی، تحت هردو سناریو جوآبی بطور کامل حذف شده، درحالی‌که سطح زیرکشت جودیم در هردو سناریو افزایش پیدا کرده است. خیار تا سقف مجاز محدودیت بازاریابی در هر دو سناریو وارد شده است. خیار از محصولات مناسب در الگو به لحاظ سودآوری می-باشد. سیب زمینی در هر دو سناریو به ترتیب ۱۹/۳۵ و ۴۸/۹۸ درصد کاهش سطح زیرکشت داشته است. گندم آبی در سناریوی کاهش ۳۰ درصدی به اندازه بیش از ۸

برابر الگوی فعلی افزایش سطح زیرکشت داشته، اما در سناریوی کاهش ۵۰ درصدی منابع آب، دوباره کاسته شده است، ولی همچنان بیشتر از الگوی فعلی می‌باشد. گندم دیم نیز بطور کامل در هر دو سناریو حذف شده و جای خود را به جو دیم داده است. گوجه فرنگی نیز به مانند خیار تا سقف مجاز محدودیت بازاریابی در هر دو سناریو وارد الگو شده است. لوبیا و هندوانه نیز در هر دو سناریو بطور کامل حذف شده‌اند. با کاهش ۳۰ درصدی در برداشت منابع آب سطح زیرکشت یونجه تا ۹۵ درصد کاهش سطح زیر کشت داشته که با ادامه روند کاهش بهره‌برداری از منابع آب تا ۵۰ درصد، سطح زیرکشت آن بطور کامل از سناریوی مورد اشاره حذف شده است.

بازده برنامه‌ای سناریوی کاهش ۳۰ درصدی منابع آب در مقایسه با الگوی فعلی ۲/۹ درصد کاهش نشان می‌دهد. به عبارت دیگر می‌توان نتیجه گرفت که با کاهش ۳۰ درصدی منابع آب می‌توان با بازتخصیص منابع تولید بین محصولات مختلف، زیان حاصل از دست رفتن منبع تولید راتا حد زیادی کنترل و کاهش داد. اما بازده برنامه‌ای در سناریوی کاهش ۵۰ درصدی منابع آب به میزان ۱۹/۴۴ درصد در مقایسه با الگوی فعلی کاهش یافته است. در این سناریو هم باز تخصیص منابع تولید در بین محصولات رقیب باعث شده تا علی رغم کاهش ۵۰ درصدی منابع، میزان درآمد منطقه بیشتر از ۲۰ درصد کاهش پیدا نکند. کل زمین قابل دسترس تحت هر سه سناریو استفاده شده است. اما میزان کاهش مصرف آب در فصول بهار و تابستان طبق قیود تحمیلی به الگو اتفاق افتاده است. مقدار صرفه جویی در استفاده از سرمایه تحت این دو سناریو به ترتیب برابر ۴۳/۴ و ۴۹/۲۲ درصد کمتر از الگوی فعلی می‌باشد. در خصوص نیروی کار هم درتحت سناریوی کاهش ۳۰ درصدی بهره‌برداری از منابع آب و حفاظت آنها، استفاده از نیروی کار در مقایسه با الگوی فعلی کاهش نمی‌یابد. اما در سناریوی کاهش۵۰ درصدی حدود ۱۸/۴۲ درصد از نیروی‌کار صرفه جویی و آزاد می‌شود. به عبارت دیگر حفاظت منابع آب از طریق نصف کردن مقدار برداشت منابع آب باعث بیکاری کارگران کشاورزی می‌شود. درنهایت نیز بهره‌وری اقتصادی منابع آب در دو سناریوی وضع موجود و الگوی بهینه به ترتیب برابر ۵/۲۱ و ۶/۲۶ هزار ریال بر متر مکعب برآورد گردید که نشان از اختلاف ۲۰ درصدی و افزایش بهره‌وری در الگوی بهینه نسبت به وضع موجود است.

جدول ۲- مقایسه الگوی بهینه با سناریوهای کاهش در برداشت از منابع آب در دشت کبودراهنگ (ارقام به هکتار)

نام محصول	کاهش۳۰ درصدی منابع آب	کاهش۵۰ درصدی منابع آب	درصد اختلاف نسبت به الگوی فعلی	
			کاهش ۳۰	کاهش ۵۰
جو آبی	۰	۰	-۱۰۰	-۱۰۰
جودیم	۱۷۱۶/۹۳	۲۰۴۱/۶۷	۱۷۹/۷۷	۲۳۲/۶۸
خیار	۷۵	۷۵	۲۳۸/۶	۲۳۸/۶
سیب زمینی	۳۸۵/۶۵	۲۴۴	-۱۹/۳۵	-۴۸/۹۸
گندم آبی	۶۵۵/۷	۴۷۹/۳۱	۷۱۲/۵۲	۴۹۳/۹۴
گندم دیم	۰	۰	-۱۰۰	-۱۰۰
گوجه فرنگی	۹۰	۹۰	>۱۰۰۰۰	>۱۰۰۰۰
لوبیا	۰	۰	-۱۰۰	-۱۰۰
هندوانه آبی	۰	۰	-۱۰۰	-۱۰۰
یونجه	۶/۷۴	۰	-۹۴/۵۹	-۱۰۰
بازده برنامه‌ای (۱۰۰۰ریال)	۸۴۵۵۶۶۷۹	۷۰۱۶۱۱۶۶	-۲/۹	-۱۹/۴۴
زمین (هکتار)	۲۹۳۰	۲۹۳۰	۰	۰
مصرف آب در بهار (m^3)	۴۸۷۵۹۳۲	۳۴۸۲۸۰۸	-۳۰	-۵۰
مصرف آب در تابستان (m^3)	۵۴۷۹۵۵۲	۳۹۱۳۹۶۶	-۳۰	-۵۰
مصرف آب در پاییز (m^3)	۱۲۷۵۶۱۹	۸۳۹۴۶۲	-۳۳/۲	-۵۶/۰۴
کل مصرف آب (m^3)	۱۱۶۳۱۱۰۳	۸۲۳۶۲۳۶	-۳۰/۳۷	-۵۱/۶۹

سرمایه (۱۰۰۰ریال)	۷۸۲۷۷۶۵۸	۷۰۲۲۳۴۵۵	-۴۳/۴	-۴۹/۲۲
نیروی کار (روز نفر)	۵۴۱۳۴	۴۴۱۶۰	۰	-۱۸/۴۲
بهره‌وری آب (۱۰۰۰ریال/m^3)	۷/۲۶	۸/۵۱	۳۹/۳۴	۳۵/۹۴

نتایج تحت سناریوی خودکفایی گندم در جدول شماره ۳ نشان داده شده است. مقدار تولید فعلی گندم کمتر از سهم آن در طرح خودکفایی گندم است. لذا اعمال قید خودکفایی در سناریوهای الگوی بهینه و دو سناریوی دیگر حفاظت منابع آب ضروری بود. تحت سناریوهای خودکفایی محصول جو آبی در هر سه سناریو بطور کامل حذف شده است. اما جو دیم در الگوی بهینه حتی در مقایسه با الگوی موجود افزایش سطح داشته است. در سناریوی کاهش ۳۰ درصدی منابع آب سطح آن به شدت کاهش یافته و در سناریوی ۵۰ درصدی بطورکامل حذف شده تا منابع تولید به کشت گندم اختصاص یابند. دو محصول خیار و گوجه فرنگی نیز تا سقف مجاز محدودیت بازار در این سناریو و کلیه سناریوها وارد شده‌اند و سطح زیر کشت این دو محصول تغییری نکرده‌است. سیب‌زمینی تحت این سناریوها در مقایسه با الگوی فعلی تا ۶۱/۳ درصد هم کاهش سطح زیرکشت داشته است. سطح زیر کشت این محصول برای افزایش تولید گندم کاهش یافته تا منابع تولید مورد نیاز بدین منظور تامین شوند. بهره‌وری آب در دو سناریوی ۳۰ و ۵۰ درصدی کاهش منابع آب به ترتیب ۷/۲۶ و ۸/۵۱ هزار ریال بر متر مکعب برآورد شد که درصد اختلاف آن با وضع موجود در سناریو ۳۰ درصد ۳۹/۳۴ و در سناریو ۵۰ درصد ۳۵/۹۴ درصد بود که بیانگر افزایش قابل توجه بهره‌وری منابع آب در سناریوهای بکارگرفته شده است.

جدول۳- مقایسه سناریوی خودکفایی گندم با الگوهای بهینه و حفاظت منابع آب در دشت کبودراهنگ (ارقام به هکتار)

نام محصول	الگوی بهینه	کاهش ۳۰ ٪ منابع آب	کاهش ۵۰٪ منابع آب	درصد تغییرات نسبت به وضع موجود		
				الگوی بهینه	۳۰٪کاهش	۵۰٪کاهش
جوآبی	۰	۰	۰	-۱۰۰	-۱۰۰	-۱۰۰
جودیم	۸۲۴/۳۹	۱۳۰/۶۳	۰	۳۴/۳۳	۷۸/۷۱	-۱۰۰
خیار	۷۵	۷۵	۷۵	۲۳۸/۶	۲۳۸/۶	۲۳۸/۶
سیب زمینی	۳۰۴/۱۶	۳۸۷/۵۲	۱۸۴/۹۹	-۳۶/۵۳	-۱۹/۱۳	-۶۱/۴
گندم آبی	۹۱۹/۲	۶۵۵/۶۸	۵۵۵/۴۶	۱۰۳۹	۷۱۲/۴۹	۵۸۸/۳
گندم دیم	۴۳۳/۳۷	۱۵۸۶/۱۲	۲۰۲۴/۵۵	-۳۱/۷	۱۴۹/۹۸	۲۱۹/۱
گوجه فرنگی	۹۰	۹۰	۹۰	>۱۰۰۰۰	>۱۰۰۰۰	>۱۰۰۰۰
لوبیا	۰	۰	۰	-۱۰۰	-۱۰۰	-۱۰۰
هندوانه آبی	۰	۰	۰	-۱۰۰	-۱۰۰	-۱۰۰
یونجه	۲۸۳/۸۷	۵/۰۴	۰	۱۲۸/۲	-۹۵/۹۵	-۱۰۰
بازده برنامه‌ای (۱۰۰۰ریال)	۱۰۳۸۸۶۹۷۸	۸۴۰۳۱۰۱۹	۶۷۳۰۶۷۵۱	۱۹/۲۹	-۳/۵۱	-۲۲/۷۱
زمین (هکتار)	۲۹۳۰	۲۹۳۰	۲۹۳۰	۰	۰	۰
مصرف آب در بهار (m^3)	۶۹۶۵۶۱۸	۴۸۷۵۹۳۲	۳۴۸۲۸۰۹	۰	-۳۰	-۵۰
مصرف آب تابستان (m^3)	۷۸۲۷۹۳۲	۵۴۷۹۵۵۲	۳۳۴۹۸۹۲	۰	-۳۰	-۵۷/۲۱
مصرف آب در پاییز (m^3)	۱۸۳۳۶۴۹	۱۲۱۴۱۱۸	.۸۱۹۰۲۱	-۳/۹۹	-۳۶/۴۳	-۵۷/۱۱
کل مصرف آب (m^3)	۱۶۶۲۷۱۹۹	۱۱۵۶۹۶۰۲	۷۶۵۱۷۲۲	-۰/۴۶	-۳۰/۷۳	-۵۴/۱۹
سرمایه (۱۰۰۰ریال)	۱۱۵۶۵۱۴۵۹	۱۰۷۷۵۱۸۹۸	۶۹۴۶۰۵۴۴	-۱۶/۳۸	-۲۲/۱	-۴۹/۷۸
نیروی‌کار(روزنفر)	۵۴۱۳۴	۵۴۱۳۴	۴۰۱۴۷	۰	۰	-۲۵/۸۴
بهره‌وری آب (۱۰۰۰ریال/m^3)	۶/۲۴	۷/۲۶	۸/۷۹	۱۹/۷	۳۹/۳	۶۸/۷۱

جهت نیل به خودکفایی سطح زیرکشت گندم آبی و دیم به شدت افزایش یافته‌اند تا خودکفایی گندم محقق شود. سطح زیر کشت گندم آبی در سناریوی خودکفایی به بیش از ۶۵۵ هکتار تحت وضعیت کاهش ۵۰ درصدی بهره-برداری از منابع آب افزایش یافته که افزایش ۱۰۳۹درصدی را نشان می‌دهد. وقتی که مقدار برداشت آب تا ۵۰ درصد کاهش پیدا می‌کند سطح زیر کشت آبی به ۵۵۵ هکتار کاهش می‌یابد. در مقابل سطح دیم به شدت افزایش یافته است و به بیش از ۲۰۲۴ هکتار رسیده است. دو محصول لوبیا و هندوانه بطور کامل در این سناریو حذف شده‌اند. یونجه در حالت بهینه افزایش سطح داشته، ولیکن با سناریوهای حفاظت منابع آب کاهش یافته و حتی به صفر رسیده است. به نظر می‌رسد دستیابی به اهداف خودکفایی گندم و حفاظت و بهره‌برداری پایدار منابع آب بطور توام قابل حصول است، اما دارای هزینه مبادله‌ای است و آن این است که بخش قابل توجهی از تولید سایر محصولات کاسته شود.

بازده برنامه‌ای تحت سناریوهای خودکفایی گندم؛ در حالت بهینه در مقایسه با الگوی موجود ۱۹/۲۹ درصد بیشتر است که از حالت بدون قید خودکفایی کمتر است. در سناریوهای حفاظت منابع آب هم در مقایسه با الگوی فعلی ۳/۵ و ۲۲/۷ درصد کاهش یافته‌اند. در بین کلیه سناریوهای اجرا شده، سناریوی خودکفایی گندم تحت سناریوی کاهش استفاده ۵۰ درصدی از منابع آب پایین-ترین بازده برنامه‌ای را داشته است. در کلیه سناریوها زمین بطور کامل زیرکشت قرار دارد. ولی سطح زیر کشت زراعت آبی در سناریوهای حفاظت آب و خودکفایی کاهش یافته و زراعت دیم افزایش داشته است. در پاییز در کلیه سناریوها صرفه جویی مصرف آب اتفاق افتاده است. میزان صرفه جویی در مصرف آب در الگوی بهینه در مقایسه با الگوی فعلی و حفاظت منابع آب به ترتیب ۰/۴۶، ۳۰/۷۳ و ۵۴/۱۹ درصد آب کمتر استفاده می‌شود. با قید خودکفایی گندم در میزان استفاده از سرمایه بیشتر از قبل صرفه جویی می‌گردد. بطور کلی اعمال قید خودکفایی باعث می‌شود سطح زیرکشت گندم در الگوها افزایش یابد. به عبارت دیگر افزایش سطح زیرکشت به نحوی به مدل تحمیل می‌گردد. از آنجا که میزان نیاز به سرمایه در این محصول در مقایسه با بسیاری از محصولات دیگر الگو اندک است، این موضوع باعث آزاد شدن سرمایه می‌گردد. در وضعیت حفاظت منابع آب از طریق کاهش ۵۰ درصدی منابع آب، نزدیک به ۵۰ درصد سرمایه مورد استفاده در منطقه در مقایسه با الگوی فعلی آزاد می‌شود. در مورد نیروی کار هم فقط تحت همین سناریو نیروی کار بلااستفاده باقی می‌ماند. بطوریکه بیش از ۲۵ درصد نیروی کار آزاد می‌گردد. در سایر سناریوها نیروی کار بیکار باقی نمی‌ماند و این سناریوها اشتغال‌زا هستند. ارزیابی بهره‌وری آب تحت سناریوی خودکفایی گندم نیز نشان داد بهره‌وری منابع آب به میزان ۱۹/۷، ۳۹/۳ و ۶۸/۷۱ درصد به ترتیب در سناریوهای الگوی بهینه، کاهش ۳۰ درصد و کاهش ۵۰ درصدی نسبت به وضع موجود افزایش داشته است.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه سناریوهای مختلف جهت بررسی اهداف و آزمون فرضیه‌های تحقیق اجرا شدند. مقایسه الگوی بهینه و الگوی کشت موجود نشان داد که از طریق تخصیص بهینه منابع تولید در بین محصولات و تغییر در ترکیب و الگوی کشت۱۹/۶۵ درصد بازده برنامه‌ای قابل افزایش است. الگوی بهینه سطح گندم آبی، جو دیم، یونجه و برخی محصولات صیفی افزایش سطح زیرکشت داشتند و محصولاتی نظیر سیب زمینی و هندوانه کاهش یافته یا از الگو بطور کامل حذف شدند. در الگوی بهینه در مقایسه با الگوی کشت موجود، تنوع و تعدد محصولات در هر دو منطقه کاهش یافتند. این موضوع نشان می‌دهد که الگوی بهینه گرایش بیشتری به سمت تجاری شدن و بازار دارد و از این رو در معرض ریسک بازار قرار می‌گیرد. این موضوع نقطه ضعف الگوی بهینه به شمار می‌رود. احتمالا همین عامل است که بازده برنامه‌ای الگوی بهینه در مناطق مورد مطالعه پژوهش حاضر اختلاف زیادی با الگوی موجود ندارد. در هر صورت این امکان وجود دارد که با تخصیص مجدد و بهینه منابع و اصلاح الگوی کشت بازده برنامه‌ای را افزایش داد. اما وضعیت موجود و الگوی بهینه بهره برداری از منابع آب وضعیت پایداری نمی‌باشد.

برای دستیابی به وضعیت پایدار نیاز است که میزان کسری تراز سفره‌های آب‌های زیرزمینی جبران شود تا از

افت سطح ایستابی جلوگیری گردد. بدین منظور چاره‌ای جز کاهش برداشت از این سفره‌ها وجود ندارد. در همین راستا سناریوهای کاهش ۳۰ و ۵۰ درصدی برداشت از منابع آب اجرا گردید. بر حسب نتایج در صورت کاهش ۳۰ و ۵۰ درصدی برداشت از منابع آب محصولات سیب زمینی و گندم آبی کاهش سطح زیرکشت داشتند و محصولاتی چون هندوانه، یونجه و لوبیا بطور کامل حذف شدند. در حالیکه سطح زیر کشت جو دیم بشدت افزایش یافت. اما محصولات خیار و گوجه فرنگی افزایش داشتند بطوریکه اگر محدودیت بازار فروش نبود کل سطح زیرکشت آبی به این دو محصول اختصاص می‌یافت. این موضوع در نتایج تحقیق (Nikooei, 2013) در شهرضای اصفهان نیز نشان داده شده و مورد تأیید قرار گرفته است. بطور کلی می‌توان نتیجه گرفت که جهت حفاظت منابع آب ضمن اینکه سطح زیرکشت باید کاهش یابد، این موضوع باعث کاهش سطح زیرکشت آبی می‌شود. این موضوع کاهش درآمد کشاورزان می شود. برای تخفیف اثر کاهش درآمدی، سطح زیرکشت دیم و محصولات سبزی و صیفی افزایش می‌یابد. ولی برایند کلی اثر کاهش کلی سطح زیرکشت آبی و افزایش دیم و صیفی جات بر درآمد کشاورزان منفی است.

اما یکی از اهداف مهم سیاستگذاری کلان کشوری خودکفایی غذایی در محصولات استراتژیک بویژه گندم می‌باشد. در کلیه الگوها خودکفایی به خودی خود محقق نمی‌شد لذا محدودیت خودکفایی وارد مدل‌ها شد که در نتیجه آن درامد کشاورزی کاهش داشت. در هر صورت برای تحقق خودکفایی گندم، نقش زراعت دیم حساس و قابل تامل است. در راستای نیل به خودکفایی گندم در عمل تولید بسیاری از محصولات دیگر کاهش می‌یابد و خودکفایی بدون قربانی کردن برخی محصولات محقق نمی‌شود. در خصوص نحوه استفاده از عوامل تولید، نتایج الگوها نشان داد که با توجه به وجود متغیرهای زراعت دیم در منطقه، در هیچ یک از سناریوها و مناطق زمین غیرقابل استفاده باقی نمی‌ماند. درخصوص عامل سرمایه، بهینه‌سازی الگوی کشت تحت سناریوهای مختلف باعث آزادشدن سرمایه می‌شود و بخصوص تحت سناریوهای کاهش ۵۰ درصدی بهره برداری از منابع آب تا ۵۰ درصد در استفاده از سرمایه صرفه جویی می‌شود. اما در خصوص استفاده از نیروی کار هم نتایج قابل تاملی بدست آمد. در سناریوی کاهش ۵۰ درصدی برداشت از منابع آب تا ۱۸ درصد و در خودکفایی گندم تا ۲۶ درصد نیروی کار بلااستفاده باقی می‌ماند. به عبارت دیگر سناریوها بین ۱۸ تا ۲۶ درصد بیکاری ایجاد می‌کنند.

با توجه به یافته‌های تحقیق و در راستای حفاظت منابع آب و بهره‌برداری پایدار از این منابع، کنترل وکاهش بهره‌برداری از آنها به میزان ۳۰ تا ۵۰ درصد ضروری است. انسداد چاه‌های غیرمجاز و تسریع در نصب کنتورهای هوشمند از اقداماتی است که می‌توان این یافته را عملیاتی کرد. حتی در صورت نیاز ضرورت دارد تا در پروانه‌های بهره‌برداری موجود هم تجدید نظر شده و میزان برداشت مجاز هم کاهش یابد تا میزان کل برداشت آب از سفره-های زیرزمینی به حد تعادل باز گردد و حتی کسری‌های مخزن جبران شود. با توجه به سناریوی حفاظت منابع آب، کاهش سطح زیرکشت محصولات آبی اجتناب ناپذیر است. کاهش سطح زیرکشت این محصولات شامل یونجه، سیب زمینی، هندوانه، در جهت تنظیم نیاز به آب الگوی کشت جدید با شرایط کمیابی ضروری است. در عوض افزایش سطح زیرکشت محصولات خیار و گوجه فرنگی می‌تواند بخشی از درآمد از دست رفته را جبران کند. سیاست خودکفایی گندم و حفاظت منابع آب باعث کاهش درامد و بیکاری می‌گردد. توسعه روستایی و گسترش مشاغل کشاورزی برای جلوگیری از بیکاری و فقر روستایی ضرورت دارد. با توجه به نقش گندم دیم در خودکفایی، تحقیقات گندم دیم با هدف افزایش بهره‌وری وکاهش هزینه‌های تولید در آینده بایستی در اولویت اول قرار گیرد. البته این موضوع برای کلیه محصولات دیم نیز مصداق دارد. در مبحث آینده پژوهی، محصولات دیم جایگاه ویژه دارند. در مجموع این پژوهش حذف کامل و ۱۰۰درصدی هیچ محصولی را توصیه نمی‌نماید، زیرا حذف یک محصول تبعات افزایش قیمت در بازار را دارد و نتیجه آن نارضایتی کشاورزان و هجوم آنان به توسعه کشت آن محصول در سال بعدی را به همراه خواهد داشت و به عدم تعادل‌ها در بازار بیشتر دامن خواهد زد. علاوه برآن تنوع کشت ریسک‌های اقلیمی و بازاری را کاهش می‌دهد. لذا

پیشنهاد می‌گردد که در پژوهش‌های آینده تحقیقات اصلاح الگوی کشت با ملاحظات ریسک تولید تدوین و تهیه شوند.

سپاسگزاری

بدین وسیله از سازمان جهاد کشاورزی استان همدان به لحاظ حمایت مادی و معنوی از این پروژه تحقیقاتی تشکر و قدردنی می‌گردد.

منابع

Aghajani A., Shirani Bidabadi, F., Joolaei, J. & Keramatzadeh, A. 2013. Managing cropping patterns agricultural crops of Three Counties of Mazandarn province of Iran. International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 5(6): 596-602.

Asaadi MA and Najafi Alamdarlo H, 2019. Economic evaluation of optimum cultivating pattern for reducing the use of groundwater in Dehgolan plain. Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research 50(1): 29-43. (In Persian)

Birhanu K., Alamirew T., Olumana M.D., Ayalew S., and Aklog D. 2015. Optimizing cropping pattern using chance constraint linear programming for koga irrigation dam, Ethiopia. Irrigation & Drainage Systems Engineering, 10.

Das, B., Singh, A., Panda, S. & Yasuda, H. 2015. Optimal land and water resources allocation policies for sustainableirrigated agriculture. Land Use Policy, 42, 527-37.

Dashti G., Mousavi Asbagh M., Hossein Zad J., & Ghasemi E. 2023. Determination of Optimum Cropping Pattern of Major Crops in Marand Plain with Emphasis on Sustainable Use of Water Resources. Agricultural Economics and Development, 31(1), 163-184. (In Persian)

Karimzadeh M., Alizadeh A., Ansari H., Ghorbani M., & Banayan Aval M. 2017. Optimizing Water Productivity and Energy Efficiency in Selecting Crop Pattern. Iranian Journal of Irrigation & Drainage, 10(6), 849-859. (In Persian)

Kaur B., Sidhu R.S., and Vatta K. 2010. Optimal crop plans for sustainable water use in Punjab. Agricultural Economics Research Review 23: 273-284.

Mohseni S., Zare Mehrjerdi M., & Vaseghi E. 2018. Determining optimal cultivation pattern in Orzooeye plain considering water resources sustainability using Fuzzy Fractional Programming model. Journal of Arid Biome, 7(2), 21-28. (In Persian)

Mousapour S., Hashemitabar M. & Safdari M. 2021. Impacts of Iranian agricultural water resources conservation policies (Case of Baft County in Dashtab Plain). International Journal of Agricultural Management and Development, 11(2), 313-324.

Najafabadi M. M., Ziaee S., Nikouei A. & Borazjani, M. A. (2019). Mathematical programming model (MMP) for optimization of regional cropping patterns decisions: A case study. Agricultural Systems, 173, 218-32.

Nikooei A. 2013. The national plan for reforming the cropping pattern in Isfahan province, http://crop-pattern.agri-es.ir. (In Persian)

Osama S., Elkholy M. & Kansoh R. (2017).Optimization of the cropping pattern in Egypt. Alexandria Engineering Journal, 56(4), 557-66.

Pouran R., & Raghfar H. 2021. Investigation of crop cultivation pattern of Semnan and Ilam provinces by emphasizing the role of virtual water in water productivity. Journal of Water and Sustainable Development, 8(1), 97-106. (In Persian)

Saboohi M., Khosravi M. 2009. Comparing economic and environmental cropping pattern in Azrghan plain of Fars, Agricultural Scientific and Research Journal of Islamic Azad University of Tabriz, 3(11):178-186. (In Persian)

Sani F., & Dashti G. 2022. Determining Optimal Cropping Pattern for Adaptation of Water Scarcity under Uncertainty using Robust Goal Programming Approach. Water and Soil Science, 31(1), 15-30. (In Persian)

Savari M., Abdeshahi A., Gharechaee H., & Nasrollahian, O. 2021. Explaining farmers' response to water crisis through theory of the norm activation model: Evidence from Iran. International Journal of Disaster Risk Reduction, 60, 102284

Shariati H., Motamed Vaziri B., Goudarzi M., & Ahmadi, H. 2021. Optimization of Cropping Pattern Using Linear Programming Method and

Lingo software in Dehgolan Plain in Kurdistan Province, Iran. Geography and Environmental Sustainability, 11(3), 81-96. (In Persian)

Shreedhar, R., Hiremath, C. G., & Shetty, G. G. 2015. Optimization of cropping pattern using linear programming model for Markandeya command area. International Journal of Scientific & Engineering Research, 6 (9), 1311-1326.

Singh, D.K., Jaiswal, C.S., Reddy, K.S., Singh, R.M. & Bhandarker, D. M. 2001. Optimal cropping pattern in a canal command area. Agricultural Water Management, 50(1):1-8.

Sotoudeh, M. 2013. Summary of the situation of water resources in Hamadan province. The first regional conference on water crisis and productivity, challenges and solutions, December 2013. Hamedan: Hamedan Governorate, Talar Ab, Iran, 1-28. (In Persian)

Zhou, F., Zhang, W., Su, W., Peng, H., & Zhou, S. 2021. Spatial differentiation and driving mechanism of rural water security in typical “engineering water depletion” of karst mountainous area—A lesson of Guizhou, China. Science of the Total Environment, 148387