

Optimization of the Irrigated Cropping Pattern in Fars Province to Adapt to Water Scarcity

Abdolrahman Mirzaei¹, Afshin Soltani^{1*}, Fariborz Abbasi², Ebrahim Zeinali¹ and shahrazad Mirkarimi³

(Received: October 6-2024 ; Revised: November 26-2024 ; Accepted: February 3-2025)

1. Department of Agronomy, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
 2. Research Institute of Agricultural Engineering, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.
 3. Department of Agricultural Economics, Faculty of Agricultural Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
- *: Corresponding author Email: afshin.soltani@gmail.com

Abstract

Water scarcity and adaptation to it are the most significant issues facing Iran's agriculture. Optimizing the cropping pattern is one of the fundamental strategies for addressing water scarcity. This study evaluated the optimization of the cropping pattern in the irrigated lands of Fars province, one of Iran's key agricultural production areas. Linear mathematical programming and the SAWA system (System for Provincial Agricultural Water Balance and Accounting) were employed. The optimal cropping pattern (OCP) was designed to minimize applied irrigation water and was compared with the current cropping pattern (CCP) as well as a proposed cropping pattern from the Agricultural Jihad Organization (CPAJO) for the province for the cropping year 2023-2024. The results indicated that in the OCP, compared to the CCP, the cultivated area for the following crops decreased: wheat by 30%, barley, grain maize, silage maize, alfalfa, sugar beet, potato, cold- season legumes, and cold-season oil crops by 60%, rice by 80%, warm-season fruit trees by 42%, and vegetables by 13%. Conversely, the cultivated area for warm-season legumes and cold-season fruit trees each increased by 60%, while cold-season legumes increased by 150%. To meet the adaptation goals for water scarcity and sustainable agriculture outlined in this study, a 24% reduction in the irrigated cultivation area of the province was deemed necessary. The OCP achieved a 34% reduction in applied irrigation water at the provincial level without decreasing farmers' income. Compared to the CCP, the OCP led to a 32% reduction in the amount of plant production (by weight) at the provincial level. However, prioritizing plants with higher gross economic profit and lower water consumption over those with lower gross economic profit and higher consumption resulted in the gross economic return of the OCP being comparable to that of the CCP and the CPAJO. The comparison of OCP with CPAJO indicated that the CPAJO has not seriously considered adaptability to water scarcity or agricultural sustainability. The CPAJO needs to be reviewed and optimized to address water scarcity and ensure production stability in light of the impacts of excessive water withdrawal in the province.

Keywords: Linear Programing, SAWA, Applied water, Drought

How to cite this article: Mirzaei, A., Soltani, A., Abbasi, F., Zeinali, E. and Mirkarimi, S. 2025. Optimization of the Irrigated Cropping Pattern in Fars Province to Adapt to Water Scarcity. *J. Water and Soil Sci.* 29(1):131-152. DOI: [10.47176/jwss.29.1.65821](https://doi.org/10.47176/jwss.29.1.65821)

Copyright © 2025 Mirzaei et al. Published by Isfahan University of Technology.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

بهینه‌سازی الگوی کشت آبی استان فارس به منظور سازگاری با کم‌آبی

عبدالرحمان میرزائی^۱، افشین سلطانی^{۱*} ID، فربرز عباسی^۲، ابراهیم زینلی^۱ و شهرزاد میرکریمی^۳

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۷/۱۵؛ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۹/۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۱۵)

۱. گروه زراعت، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
 ۲. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
 ۳. گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده مدیریت کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
- *: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: afshin.soltani@gmail.com

چکیده

کم‌آبی و چگونگی سازگاری با آن مهم‌ترین مسئله کشاورزی ایران است. بهینه‌سازی الگوی کشت یکی از راهکارهای اساسی برای سازگاری با کم‌آبی است. در مطالعه حاضر، بهینه‌سازی الگوی کشت محصولات گیاهی آبی در استان فارس، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مناطق تولید محصولات کشاورزی ایران، ارزیابی شد. برای این منظور، از برنامه‌ریزی ریاضی خطی مبتنی بر سامانه استانی بیلان و حسابداری آب (SAWA) استفاده شد. الگوی کشت بهینه با هدف کمینه‌سازی حجم آب آبیاری کاربردی تعیین و با الگوی کشت فعلی و الگوی کشت سازمان جهاد کشاورزی (اکجک) برای سال زراعی ۱۴۰۳-۱۴۰۲ مقایسه شد. بر اساس نتایج، در الگوی کشت بهینه نسبت به الگوی کشت فعلی، سطح زیرکشت گندم ۳۰ درصد، هر یک از گیاهان جو، ذرت دانه‌ای، ذرت علوفه‌ای، یونجه، چغندر قند، سیب‌زمینی، حبوبات سرمادوست و گیاهان روغنی سرمادوست ۶۰ درصد، برنج ۸۰ درصد، درختان گرمادوست ۴۲ درصد و سبزی و صیفی ۱۳ درصد کاهش یافته است. در مقابل، سطح زیرکشت هر یک از گروه‌های گیاهی حبوبات گرمادوست و درختان سرمادوست ۶۰ درصد و حبوبات سرمادوست ۱۵۰ درصد افزایش پیدا کرده است. در مجموع، برای دستیابی به اهداف سازگاری با کم‌آبی و کشاورزی پایدار تعریف‌شده در این مطالعه، کاهش ۲۴ درصدی سطح زیرکشت آبی در استان فارس اجتناب‌ناپذیر است. یکی از مهم‌ترین دستاوردهای اجرای الگوی کشت بهینه کاهش مصرف آب آبیاری در استان به میزان ۳۴ درصد بدون کاهش درآمد کشاورزان است. همچنین، با وجود اینکه در الگوی کشت بهینه نسبت به فعلی، میزان تولیدات گیاهی ۳۲ درصد کاهش پیدا کرد، ولی کشت گیاهان با بازده اقتصادی بیشتر و مصرف آب کمتر به‌جای گیاهان با بازده اقتصادی کمتر و مصرف آب بیشتر باعث شد تا بازدهی ناخالص اقتصادی الگوی کشت بهینه تفاوتی با الگوی کشت فعلی و اکجک نداشته باشد. مقایسه الگوی کشت بهینه با اکجک نشان داد که در اکجک به صرفه‌جویی آب، سازگاری با کم‌آبی و اصول کشاورزی پایدار به‌طور جدی توجه نشده است و با توجه به پیامدهای اضافه برداشت آب استان ضرورت دارد تا اکجک بازنگری و با درنظرگرفتن ضرورت سازگاری با کم‌آبی و پایداری تولید بهینه شود.

واژه‌های کلیدی: برنامه‌ریزی خطی، SAWA، آب کاربردی، خشکسالی

حق انتشار این مستند، متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است. © ۱۴۰۴

این مقاله تحت گواهی زیر منتشر شده و هر نوع استفاده غیرتجاری از آن مشروط به استناد صحیح به مقاله و با رعایت

شرایط مندرج در آدرس زیر مجاز است: (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)



مقدمه

مسئله کم‌آبی و سازگاری با آن یکی از مهم‌ترین مسائلی است که کشور ایران و به‌طور ویژه بخش کشاورزی با آن روبرو است؛ چرا که بخش عمده منابع آب کشور برای بخش کشاورزی برداشت و مصرف می‌شود. میزان برداشت کنونی از منابع آب برای کشاورزی استان فارس برابر با ۶۵۶۵ میلیون مترمکعب در سال است (۱۹) درحالی‌که میزان آب قابل‌برنامه‌ریزی اعلام‌شده برای کشاورزی استان فارس توسط کارگروه سازگاری با کم‌آبی برابر با ۵۷۴۱ میلیون مترمکعب در سال است (۱۶)؛ بنابراین، در این استان نسبت به میزان آب قابل‌برنامه‌ریزی کارگروه سازگاری با کم‌آبی، حدود ۱۰ درصد اضافه برداشت از منابع آب وجود دارد. از سوی دیگر، بر اساس معیارهای پذیرفته‌شده بین‌المللی در ارتباط با برداشت آب و با لحاظ معیارهای آب تجدیدپذیر و بخشی از آن که قابل‌برنامه‌ریزی است، میزان آب قابل بهره‌برداری پایدار برای کشاورزی استان برابر با ۳۹۵۰ میلیون مترمکعب در سال است (۲۷). بر این اساس، اضافه برداشت از منابع آبی استان فارس حدود ۴۰ درصد است. اضافه برداشت از منابع آب پیامدهای زیان‌بار متعددی دارد که از جمله می‌توان به این موارد اشاره کرد: (۱) فرونشست زمین (۳۲)، (۲) پایین‌افتادن سطح ایستابی (۱۴)، (۳) کاهش پوشش گیاهی (۳۱)، (۴) فرسایش خاک (۴)، (۵) طوفان‌های گردوغبار (۹)، (۶) خشک‌شدن رودها، دریاچه‌ها و تالاب‌ها (۳۲)، (۷) ازدست‌رفتن تنوع زیستی (۲۲)، (۸) پیشروی آب‌های شور (۲۸)، (۹) آلودگی و کاهش کیفیت آبخوان‌ها (۲۸) و (۱۰) نفوذ آب دریا به سفره‌های ساحلی (۳۱). با توجه به احتمال رخداد این پیامدهای مهم، هیئت وزیران طی مصوبه شماره ۱۵۸۹۶۹/ث ۵۵۰۶۲ مورخه ۱۳۹۶/۱۲/۰۶ بخش‌های مختلف از جمله کشاورزی را مکلف کرده است تا میزان مصرف آب در بخش‌های مختلف کشور تا حد آب قابل‌برنامه‌ریزی اعلام‌شده توسط وزارت نیرو را کاهش دهند.

بهینه‌سازی الگوی کشت یکی از راه‌های مناسب برای افزایش بهره‌وری آب کشاورزی و جلوگیری از برداشت بی‌رویه از منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی است (۴). الگوی کشت

بهینه با میزان مصرف آب، تولید و بازده بهینه در تعامل بوده و از این رو می‌تواند از دو جنبه افزایش درآمد و کارایی مصرف آب، نقش قابل‌توجهی در بهبود مدیریت منابع آب در بخش کشاورزی ایفا کند (۲۱) و به‌عنوان یکی از راهکارهای مناسب برای سازگاری با کم‌آبی مورد توجه قرار گیرد. برای بهینه‌سازی الگوی کشت، مدل‌ها و روش‌های مختلفی ارائه شده است که از جمله این روش‌ها می‌توان به برنامه‌ریزی خطی (۲۹)، برنامه‌ریزی غیرخطی (۱۷)، الگوریتم ژنتیک (۶)، منطق فازی (۱۷)، تئوری بازی (۳۰) و الگوریتم سلسله‌مراتبی (۱۱) اشاره کرد. هر یک از روش‌های یادشده مزایا و محدودیت‌هایی دارند. باید توجه داشت که راه‌حل الگوی کشت بهینه باید به‌گونه‌ای به‌کار گرفته شود که با توجه به فرضیات مدل (محدودیت‌ها، امکانات موجود، شرایط منطقه و...)، در کمترین زمان و بیشترین دقت توانایی حل مسئله را داشته باشد. برنامه‌ریزی خطی سعی بر ساده‌سازی مسئله دارد. این روش یک روش بهینه‌سازی تک‌منظوره محسوب می‌شود که بر یک هدف خاص متمرکز است. با توجه به اهمیت موضوع کم‌آبی در این مطالعه، این روش می‌تواند مؤثرترین راهبرد برای تحقق هدف پژوهش حاضر باشد. معمولاً در این روش به این صورت عمل می‌شود که گیاهان با ارزش اقتصادی بیشتر جایگزین گیاهان با ارزش اقتصادی کمتر شوند؛ به‌طوری‌که بیشترین سود اقتصادی عاید کشاورزان شود (۲۴).

بیشتر مطالعات انجام‌شده در زمینه بهینه‌سازی الگوی کشت، در سطح شبکه‌های آبیاری زیر سدها، دشت‌ها، مناطق و حوزه آبخیز بوده و مطالعات کمتری در سطح استان و یا کشور انجام شده است که در اینجا به بعضی از آن‌ها اشاره می‌شود. اساما و همکاران (۸) به‌منظور بهینه‌سازی الگوی کشت در کشور مصر با هدف پیشینه‌کردن بازده خالص سالانه یک مدل خطی را توسعه دادند. در الگوی کشت بهینه آن‌ها سطح زیرکشت گیاهان غیرراهبردی مانند پیاز، سیر، جو، کتان، شنبلیله، نخود، عدس و لوبیا کاهش یافته و سطح زیرکشت گیاهان راهبردی مانند گندم، شبنبر، برنج، گیاهان قندی (نیشکر و چغندر قند) و پنبه تقریباً ثابت ماند. همچنین، در الگوی کشت به‌دست‌آمده

سطح زیرکشت گیاهان با بازده اقتصادی زیاد مانند گوجه‌فرنگی به‌طور قابل توجهی افزایش پیدا کرد. هائو و همکاران (۱۰) الگوی کشت بهینه‌ی محصولات زراعی استان گانسو در چین را با تأکید بر کاهش مصرف آب تعیین کردند. نتایج مطالعه ایشان حاکی از سهم بیشتر گیاه ذرت در الگوی کشت بهینه بود و الگوی کشت بهینه در تمامی سناریوهای آبیاری باعث افزایش صرفه‌جویی در مصرف آب و نیز افزایش سودآوری شد. السید (۵) با استفاده از رویکرد برنامه‌ریزی چند هدفه به بهینه‌سازی تخصیص اراضی کشاورزی کشور مصر پرداخت. نتایج وی نشان داد که در وضعیت فعلی سطح زیرکشت گیاهان راهبردی از جمله گندم، لوبیا و ذرت بهینه نیست. ایشان محدودیت‌هایی برای کمترین تخصیص زمین برای این محصولات در نظر گرفته و سپس بهینه‌سازی سطح زیرکشت را انجام داد. نتایج بهینه‌سازی ایشان نشان داد که هدف سود بیشینه تنها در یک فصل کشت محقق شد. ایشان بر اساس نتایج به‌دست‌آمده به دولت مصر پیشنهاد کرد که حتی می‌تواند سطوح بیشتری از خودکفایی را برای این گیاهان راهبردی هدف قرار دهد.

پرهیزکاری و همکاران (۲۳) با استفاده از یک مدل برنامه‌ریزی غیرخطی مقادیر بهینه الگوی کشت را تحت شرایط آبیاری کامل، کم‌آبیاری ۵ درصد و کم‌آبیاری ۱۰ درصد در استان قزوین تعیین کردند. نتایج ایشان نشان داد که به‌کارگیری کم‌آبیاری ۵ درصد توأم با سیاست کاهش آب آبیاری در دسترس اگرچه منجر به کاهش اندکی در سود ناخالص کشاورزان می‌شود، اما به حفظ و پایداری منابع آب سطحی و زیرزمینی استان قزوین کمک شایانی می‌کند. مردانی و همکاران (۱۵) بر اساس یک مدل چند هدفه به تدوین الگوی منطقه‌ای کشت محصولات زراعی و باغی در استان اصفهان پرداختند. نتایج ایشان نشان داد که در الگوی کشت بهینه در سطح زیرکشت غلات و گیاهان علوفه‌ای کاهش محسوسی (به‌ترتیب به میزان ۳۲ و ۵۸ درصد) رخ داده است. سطح زیرکشت گیاهان باغی به میزان ۳۸ درصد در الگوی کشت بهینه با افزایش همراه بود. نتایج ایشان نشان داد که به‌منظور اهداف اقتصادی، اجتماعی و

زیست‌محیطی یادشده، کاهش ۳۷ درصدی سطح زیرکشت در استان اصفهان اجتناب‌ناپذیر است. یافته‌های این مطالعه حاکی از آن بود که بهینه‌سازی الگوی کشت باعث می‌شود که سطح زیرکشت در استان اصفهان کاهش یافته و میزان آب آبیاری مصرفی به میزان ۱۰ درصد کاهش یابد، اما سود خالص و تولیدات کشاورزی به‌ترتیب به میزان ۲۴ و ۱۰ درصد افزایش پیدا کند. سلطانی و همکاران (۲۷) با استفاده از مدل برنامه‌ریزی ریاضی خطی بر اساس سه سناریو، نقش بهینه‌سازی الگوی کشت در سطح ایران را مورد مطالعه قرار دادند. سناریوهای مورد مطالعه ایشان عبارت بود از (۱) الگوی کشت بهینه با مصرف فعلی آب ۸۶ میلیارد مترمکعب در سال با در نظر گرفتن عملکرد نسبی برابر ۴۰ درصد عملکرد پتانسیل و راندمان آبیاری ۳۸ درصد، (۲) الگوی کشت بهینه با مصرف ۶۲ میلیارد مترمکعب آب در سال با در نظر گرفتن عملکرد نسبی ۴۰ درصد و راندمان آبیاری ۳۸ درصد و (۳) الگوی کشت فعلی با مصرف ۳۹ میلیارد مترمکعب با در نظر گرفتن عملکرد نسبی برابر ۶۰ درصد و راندمان آبیاری برابر ۵۵ درصد. نتایج ایشان نشان داد که بر اساس سناریوی (۱) می‌توان حجم تولیدات گیاهی را ۴ درصد افزایش داد. مطابق مدل (۲) تولیدات گیاهی کشور روند کاهشی خواهد داشت؛ به‌طوری که حجم تولید ۱۷ درصد و سطح زیرکشت ۲۲ درصد نسبت به شرایط فعلی کاهش می‌یابد. با این حال، افزایش ۹ درصدی در سود ناخالص اتفاق می‌افتد. اما مطابق مدل (۳) میزان کاهش در تولیدات گیاهی و سطح زیرکشت به‌ترتیب برابر با ۳ و ۳۹ درصد خواهد بود. در این سناریو میزان سود ناخالص ۳۳ درصد افزایش پیدا می‌کند.

نکته قابل توجه در رابطه با مطالعات انجام‌شده در زمینه بهینه‌سازی الگوی کشت این است که بیشتر این مطالعات (۱) برای تعداد محدودی از گیاهان و (۲) بر مبنای میزان آب آبیاری و یا نیاز آبی تخمینی در شرایطی غیر از مزارع کشاورزان (در شرایط مطلوب رشد) انجام شده است. در مطالعه حاضر الگوی کشت تعداد ۳۵ گیاه استان فارس بر اساس میزان آب آبیاری کاربردی گیاهان در شرایط کشاورزان با هدف سازگاری

به کم‌آبی (کمینه‌سازی آب آبیاری کاربردی) بهینه‌سازی شد و سپس الگوی کشت بهینه با الگوهای کشت فعلی و سازمان جهاد کشاورزی استان فارس (سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۳) مقایسه شد. وجه تمایز مطالعه کنونی با مطالعات قبلی (۱) سطح مطالعه استانی با پوشش ۳۵ گیاه (زراعی و باغی) و (۲) تصمیم‌گیری بر مبنای آب آبیاری کاربردی در شرایط کشاورزان است که توسط سامانه (SAWA) System for regional Agricultural Water balance and water Accounting برآورد شده است (۱۹). برآوردهای این سامانه قبلاً توسط میرزائی و همکاران (۱۸ و ۱۹) ارزیابی شده که نتایج آن رضایت‌بخش بوده است.

مواد و روش‌ها

محدوده مطالعه

محدوده مطالعه در این پژوهش استان فارس به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین قطب‌های اصلی تولیدات کشاورزی کشور واقع در جنوب غربی کشور بود. بر اساس آخرین آمار منتشرشده، این استان به لحاظ سطح زیرکشت محصولات زراعی و باغی (دیم و آبی) به‌ترتیب رتبه چهارم و دوم کشور را داراست. میانگین ۵ ساله (۱۳۹۶-۱۴۰۰) سطح زیرکشت آبی زراعی و باغی استان فارس برابر با ۹۱۰ هزار هکتار است که مد نظر مطالعه کنونی است (۲).

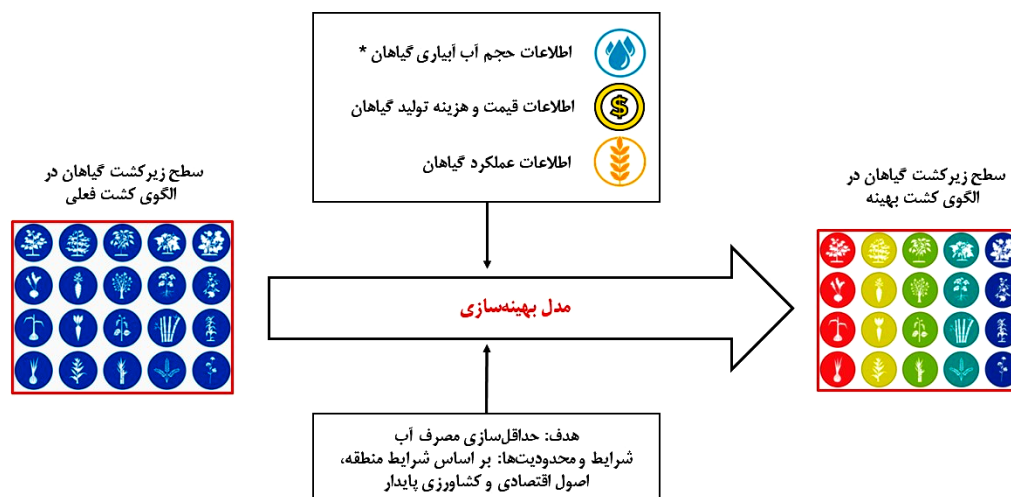
گیاهان مورد مطالعه

لیست گیاهان مورد مطالعه در این پژوهش در جدول ۱ پیوست آورده شده است. گیاهانی در این مطالعه در نظر گرفته شده بودند که در شرایط کشت آبی در سطح استان حداقل ۱۰۰۰ هکتار مساحت داشته باشند و یا جزء گیاهان مهم کشوری باشند؛ یعنی گیاهانی که در سطح کشور حداقل ۵۰۰۰۰ هکتار مساحت داشته باشند. گیاهانی که حداقل یکی از این شرایط را داشتند در این مطالعه گنجانده شده‌اند (جدول ۱ پیوست). در این صورت گیاهان بیشتری در مطالعه تحت پوشش قرار گرفته و برای مطالعات آینده نیز امکان استفاده و مقایسه داده‌ها و

اطلاعات نیز فراهم می‌آید. گیاهان زراعی مهم استان شامل گندم (۲۸۹۲۴۵ هکتار)، جو (۶۲۸۴۰ هکتار)، یونجه (۳۳۰۱۶ هکتار)، ذرت علوفه‌ای (۲۸۷۷۳ هکتار)، برنج (۲۵۳۷۴ هکتار)، لوبیا (۲۴۸۹۰ هکتار) و پنبه (۱۶۵۰۴ هکتار) هستند. از بین گیاهان باغی مرکبات (۵۴۴۲۶ هکتار)، انگور (۳۱۸۵۵ هکتار)، خرما (۳۰۹۱۳ هکتار)، سیب (۲۸۲۶۶ هکتار) و انار (۲۱۷۲۷ هکتار) مساحت بیشتری دارند و از بین سبزی و صیفی نیز گوجه‌فرنگی (۱۵۲۵۱ هکتار)، هندوانه (۱۳۸۹۹ هکتار)، خربزه (۸۱۷۹ هکتار)، پیاز (۵۵۵۷ هکتار) و خیار (۴۸۲۴ هکتار) بیشترین مساحت را به خود اختصاص داده‌اند. در بخش‌های بعدی مقاله برای ساده‌تر و خلاصه‌تر شدن گزارش، نتایج مربوط به بعضی از گیاهان به‌صورت گروه‌های گیاهی ارائه می‌شوند. این گروه‌ها و گیاهان مربوطه عبارت‌اند از: (۱) حبوبات سرمدوست (مانند نخود و عدس)، (۲) حبوبات گرمادوست (مانند انواع لوبیا)، (۳) گیاهان روغنی سرمدوست (کلزا)، (۴) گیاهان روغنی گرمادوست (پنبه و کنجد)، (۵) درختان سرمدوست (انگور، سیب، انار، پسته، گردو، بادام، زیتون، هلو، به، زردآلو، آلو)، (۶) درختان گرمادوست (انجیر، نخل و مرکبات) و (۷) سبزی و صیفی (خیار، خربزه، هندوانه، گوجه‌فرنگی، گرمک، بادمجان و پیاز).

روش‌شناسی بهینه‌سازی الگوی کشت

روش به‌کاررفته برای بهینه‌سازی الگوی کشت در این مطالعه در شکل ۱ نشان داده شده است. در این مطالعه سطح زیرکشت فعلی گیاهان مختلف با استفاده از الگوریتم سیمپلکس (Simplex) به‌عنوان یک روش بهینه‌سازی برنامه‌ریزی خطی (Linear Programming) در افزونه Solver نرم‌افزار Excel نسخه ۲۰۲۲ تغییر داده می‌شود و در نهایت سطح زیرکشت بهینه حاصل می‌شود با این هدف که حجم آب آبیاری کاربردی در شرایط مزارع کشاورزان در کل استان به کمترین مقدار برسد. تابع هدف در مدل بهینه‌سازی تهیه شده برای اراضی کشاورزی آبی استان فارس با رویکرد سازگاری با کم‌آبی و دستیابی به



شکل ۱. روش به‌کاررفته برای بهینه‌سازی الگوی کشت. حجم آب آبیاری کاربردی (که با * مشخص شده) در این مطالعه با استفاده از سامانه SAWA برای شرایط کشاورزان برآورد شده است. اطلاعات مربوط به سطح زیرکشت، قیمت، هزینه تولید و عملکرد گیاهان از سازمان جهاد کشاورزی استان فارس (۲) تهیه شد.

تعریف و در مدل اعمال شد:

- سود حاصل از فروش محصولات کشاورزی در کل استان در الگوی بهینه برابر مقدار فعلی آن باشد. یعنی الگوی بهینه‌شده باعث کاهش سود کشاورزان نشود؛ ولی حجم آب آبیاری کاربردی برای کل گیاهان در استان به کمترین مقدار ممکن برسد.
- سطح زیرکشت کل در الگوی بهینه از سطح زیرکشت کل کنونی بیشتر نباشد.
- سطح زیرکشت گیاهان دائمی (شامل یونجه، درختان سردسیری و گرمسیری) و بقولات در الگوی کشت بهینه از سطح زیرکشت کنونی آن‌ها کمتر نباشد. شرط حفظ سطح زیر کشت این سه گروه برای این منظور گذاشته شد که گیاهان دائمی و بقولات نقش مهمی در پایداری کشاورزی (تخفیف پیامدهای تغییر اقلیم، حفظ تنوع زیستی، حفاظت از خاک و منابع آب) دارند.
- برای هریک از محصولات یک کمینه و بیشینه سطح زیرکشت به‌صورت زیر در نظر گرفته شد:
- کمینه سطح زیر کشت گندم ۷۰ درصد فعلی و بیشینه آن ۲/۵ برابر فعلی باشد.

اهداف کشاورزی پایدار تدوین شده است. برای این منظور سعی شد تا علاوه بر کاهش آب مصرفی مزارع کشاورزان، برخی از اصول کشاورزی پایدار مانند حفظ گیاهان چندساله و دائمی (تخفیف پیامدهای تغییر اقلیم، افزایش ترسیب کربن و حفظ تنوع زیستی) و حفظ بقولات (افزایش تثبیت بیولوژیک نیتروژن) نیز رعایت شود؛ بنابراین، پس از تهیه اطلاعات مورد نیاز برای حل مسئله و تعیین محدودیت‌های موجود در استان، مسئله بهینه‌سازی الگوی کشت اراضی کشاورزی آبی استان فارس به‌صورت زیر فرمول‌بندی شد:

تابع هدف طبق معادله (۱) بیان می‌شود:

$$\text{Min}(Z) = \sum_{i=1}^n W_i X_i \quad (1)$$

که در این روابط Z ، W_i و X به‌ترتیب میزان آب آبیاری کاربردی خالص سالیانه (میلیون مترمکعب در سال)، آب آبیاری کاربردی خالص هر گیاه (مترمکعب در هکتار) و سطح زیرکشت هر گیاه (هکتار) است؛ بنابراین تابع هدف در این مطالعه کمینه‌سازی مصرف آب در مزارع کشاورزان است. منظور از مصرف آب، حجم آب آبیاری کاربردی در شرایط مزارع کشاورزان در کل استان است. در بهینه‌سازی یک سری محدودیت‌ها به شرح زیر در افزونه Solver

این سامانه با وجود سایر مطالعات که برای شرایط پتانسیل یا همان مطلوب رشد انجام می‌گیرند، به واقعیت نزدیک‌تر بود، قیمت فروش محصولات در سال ۱۴۰۰ که از مرکز ملی آمار ایران استخراج شد (۱۲) و هزینه تولید محصولات استان در سال ۱۴۰۰ که از سازمان جهاد کشاورزی فارس تهیه شد (۲) (برای برخی از محصولات که هزینه تولید توسط سازمان جهاد کشاورزی محاسبه نشده بود با مشورت از متخصصان اقتصاد کشاورزی محاسبه و استفاده شد). برای محاسبه بازده ناخالص هر محصول، ابتدا درآمد کل هر محصول بر اساس قیمت فروش واحد آن در سال ۱۴۰۰ (۱۲) محاسبه شد. سپس با تقسیم سود کل بر درآمد کل، درصد سود ناخالص هر محصول برآورد شد. در نهایت با ضرب قیمت هر محصول در درصد سود ناخالص، بازده ناخالص هر محصول (ریال بر کیلوگرم) محاسبه شد.

نتایج و بحث

درصد سود محصولات مختلف

با توجه به قیمت و هزینه‌های تولید محاسبه شده، میانۀ درصد سود برای ۳۵ محصول استان برابر ۶۳ درصد به‌دست آمد. بر اساس درصد سود، محصولات مختلف استان در ۴ گروه قرار گرفتند که شامل موارد زیر هستند: (۱) محصولات با درصد سود کمتر از ۳۰ درصد شامل آلو، گوجه‌فرنگی، سیب. (۲) محصولات با درصد سود ۳۰ تا ۵۰ درصد شامل هلو، انگور، زیتون، گندم. (۳) محصولات با درصد سود ۵۰ تا ۷۰ درصد شامل انار، بادام، جو، خرما، به، خیار، گرمک، برنج، پسته، پیاز، ذرت علوفه‌ای، کلزا، زردآلو، انجیر، لوبیا، هندوانه، یونجه، چغندر، مرکبات. (۴) محصولات با درصد سود بیشتر از ۷۰ درصد شامل بادنجان، سیب‌زمینی، خربزه، ذرت دانه‌ای، عدس، گردو، کنجد، پنبه و نخود.

سطح زیرکشت گیاهان استان

سطح زیرکشت فعلی گیاهان مختلف در استان برابر با ۹۱۰ هزار

- کمینه سطح زیر کشت برنج ۲۰ درصد فعلی و بیشینه آن مقدار فعلی باشد.
- کمینه سطح زیر کشت سایر گیاهان ۴۰ درصد فعلی و بیشینه آن ۲/۵ برابر فعلی باشد.
- به این صورت هیچ یک از گیاهان موجود در فهرست گیاهان استان، در الگوی کشت بهینه حذف نمی‌شود و این میزان تغییرات در الگوی بهینه طوری است که در یک دوره زمانی کوتاه قابل انجام باشد.
- برای این که در بهینه‌سازی الگوی کشت اشتباهی روی ندهد و گیاهان تابستانه و یا زمستانه به‌جای یکدیگر کشت نشوند، این شرط لحاظ شد که سطح زیرکشت گیاهان زمستانه و همین‌طور سطح زیرکشت گیاهان تابستانه در الگوی کشت بهینه از سطح زیرکشت فعلی آن‌ها بیشتر نباشد.

برای الگوی کشت سازمان جهاد کشاورزی (اکجک)، سطح زیرکشت پیشنهادی این سازمان برای گیاهان استان در سال زراعی ۱۴۰۳-۱۴۰۲ (۱)، به‌عنوان سطح زیرکشت بهینه در مدل قرار داده شد و بر اساس آن‌ها میزان آب آبیاری کاربردی، بازده ناخالص و تولیدات گیاهان محاسبه شد. سطح زیرکشت گیاهانی که در اکجک وجود نداشت، برابر سطح زیرکشت فعلی در نظر گرفته شد.

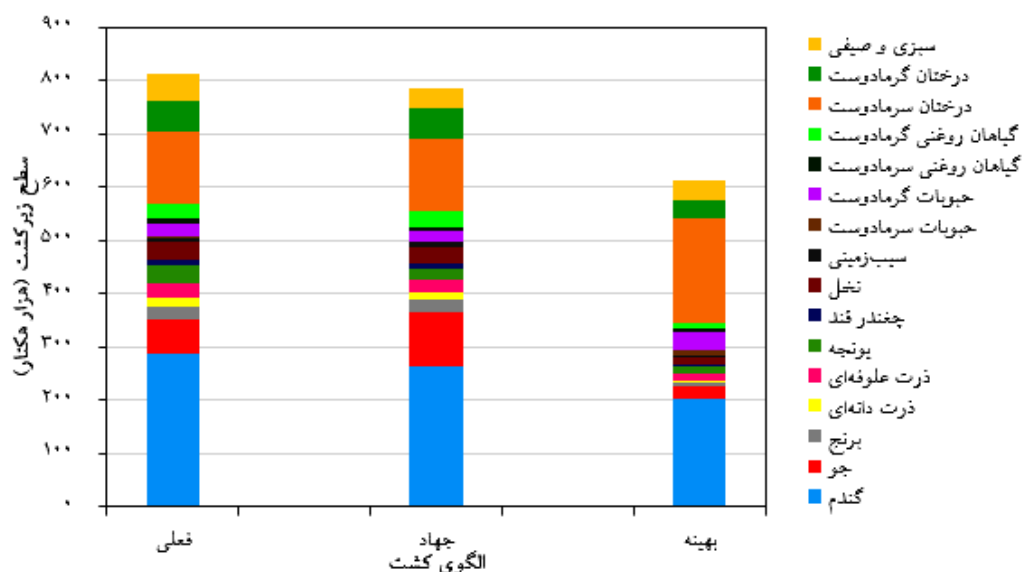
برای بهینه‌سازی الگوی کشت در سطح استان به یک سری اطلاعات و داده‌ها شامل موارد زیر احتیاج است: داده‌های عملکرد گیاهان زراعی و باغی استان در واحد سطح که از سازمان جهاد کشاورزی فارس تهیه شد (۲)، حجم آب آبیاری کاربردی برای گیاهان زراعی و باغی استان که از برآوردهای میرزائی و همکاران (۱۹) استفاده شد (ایشان با تهیه سامانه استانی حسابداری آب بنام SAVA، حجم آب آبیاری کاربردی محصولات مختلف را برای شرایط مزارع کشاورزان در استان فارس برآورد کرد. هسته اصلی این سامانه از یک مدل شبیه‌ساز گیاهی بنام SSM-iCrop2 تهیه شده که برای شرایط مزارع کشاورزان واسنجی شده بود؛ بنابراین برآوردهای

۱ درصد (۵ هزار هکتار)، گیاهان روغنی سرمدوست با ۱ درصد (۴ هزار هکتار) و سیب‌زمینی با ۱ درصد (۳ هزار هکتار). بر اساس این نتایج، بهینه‌سازی الگوی کشت باعث تغییراتی در سطح زیرکشت گیاهان استان نسبت به الگوی کشت فعلی شد که به مهم‌ترین آن‌ها که بیش از ۱ درصد کل سطح زیرکشت فعلی (۸ هزار هکتار) بود، اشاره می‌شود: کاهش ۳۰ درصدی سطح زیرکشت گندم (کاهشی معادل ۸۷ هزار هکتار)، کاهش ۶۰ درصدی سطح زیرکشت جو (کاهشی معادل ۳۸ هزار هکتار)، کاهش ۶۰ درصدی سطح زیرکشت ذرت دانه‌ای (کاهشی معادل ۹ هزار هکتار)، کاهش ۶۰ درصدی سطح زیرکشت ذرت علوفه‌ای (کاهشی معادل ۱۷ هزار هکتار)، کاهش ۶۰ درصدی سطح زیرکشت یونجه (کاهشی معادل ۲۰ هزار هکتار)، کاهش ۶۰ درصدی سطح زیرکشت چغندر قند (کاهشی معادل ۸ هزار هکتار)، کاهش ۶۰ درصدی سطح زیرکشت گیاهان روغنی گرمادوست (کاهشی معادل ۱۵ هزار هکتار)، کاهش ۸۰ درصدی سطح زیرکشت برنج (کاهشی معادل ۲۰ هزار هکتار)، افزایش ۶۲ درصدی سطح زیرکشت حبوبات گرمادوست (افزایشی معادل ۱۴ هزار هکتار)، افزایش ۴۵ درصدی سطح زیرکشت درختان سرمدوست (افزایشی معادل ۶۲ هزار هکتار)، کاهش ۴۳ درصدی سطح زیرکشت درختان گرمادوست (کاهشی معادل ۲۴ هزار هکتار) و کاهش ۲۶ درصدی سطح زیرکشت سبزی و صیفی (کاهشی معادل ۱۳ هزار هکتار).

سطح زیرکشت گیاهان استان در اکچک برابر با ۷۸۷ هزار هکتار بود. مهم‌ترین تغییرات سطح زیرکشت در اکچک (بیش از ۱ درصد سطح زیرکشت فعلی یعنی ۸ هزار هکتار) نسبت به الگوی کشت فعلی عبارت بود از: گندم ۹ درصد افزایش، جو ۵۹ درصد افزایش، یونجه ۴۶ درصد کاهش و هندوانه ۷۱ درصد کاهش (شکل ۲). به‌طور کلی، سطح زیرکشت آبی در اکچک نسبت به الگوی کشت فعلی (۸۱۱ هزار هکتار) ۳ درصد کاهش پیدا کرده است که در مقایسه با الگوی کشت فعلی تغییر اندکی است. این در حالی است که برای سازگاری به کم‌آبی کاهش سطح زیرکشت استان ضروری است. به نظر می‌رسد

هکتار و سطح زمین‌های زیرکشت تحت پوشش این مطالعه برابر با ۸۱۱ هزار هکتار است (شکل ۲) که اختلاف آن‌ها سطح زیرکشت گیاهان با اهمیت کمتر استان است که در این مطالعه لحاظ نشده‌اند و تقریباً حدود ۱۰ درصد سطح زیرکشت استان را تشکیل می‌دهند. بیشترین سطح زیرکشت گیاهان آبی در استان در الگوی کشت فعلی به‌ترتیب عبارت بود از: گندم با ۳۶ درصد (۲۸۹ هزار هکتار)، درختان سرمدوست با ۱۷ درصد (۱۳۷ هزار هکتار)، جو با ۸ درصد (۶۳ هزار هکتار)، درختان گرمادوست با ۷ درصد (۵۶ هزار هکتار)، سبزی و صیفی با ۶ درصد (۵۱ هزار هکتار)، یونجه با ۴ درصد (۳۳ هزار هکتار)، نخل با ۴ درصد (۳۱ هزار هکتار)، ذرت علوفه‌ای با ۳ درصد (۲۸ هزار هکتار)، گیاهان روغنی گرمادوست با ۳ درصد (۲۵ هزار هکتار)، برنج با ۳ درصد (۲۵ هزار هکتار)، حبوبات گرمادوست با ۳ درصد (۲۲ هزار هکتار)، ذرت دانه‌ای با ۲ درصد (۱۴ هزار هکتار)، چغندر قند با ۲ درصد (۱۳ هزار هکتار)، گیاهان روغنی سرمدوست با ۱ درصد (۱۱ هزار هکتار)، سیب‌زمینی با ۱ درصد (۸ هزار هکتار) و حبوبات سرمدوست با کمتر از ۱ درصد (۴ هزار هکتار) (جدول ۲ پیوست).

بهینه‌سازی الگوی کشت باعث کاهش ۲۴ درصدی سطح زیرکشت آبی نسبت به الگوی کشت فعلی (۸۱۱ هزار هکتار) شد. به عبارت دیگر سطح زیرکشت در الگوی کشت بهینه به ۶۱۳ هزار هکتار کاهش یافت. سهم گیاهان از سطح زیرکشت استان در الگوی کشت بهینه به‌ترتیب عبارت بود از: گندم با ۳۳ درصد (۲۰۲ هزار هکتار)، درختان سرمدوست با ۳۳ درصد (۱۹۹ هزار هکتار)، سبزی و صیفی ۶ درصد (۳۸ هزار هکتار)، حبوبات گرمادوست با ۶ درصد (۳۶ هزار هکتار)، درختان گرمادوست با ۵ درصد (۳۲ هزار هکتار)، جو ۴ درصد (۲۵ هزار هکتار)، یونجه با ۲ درصد (۱۳ هزار هکتار)، نخل با ۲ درصد (۱۲ هزار هکتار)، ذرت علوفه‌ای با ۲ درصد (۱۲ هزار هکتار)، گیاهان روغنی گرمادوست با ۲ درصد (۱۰ هزار هکتار)، حبوبات سرمدوست با ۲ درصد (۱۰ هزار هکتار)، ذرت دانه‌ای با ۱ درصد (۶ هزار هکتار)، چغندر قند با ۱ درصد (۵ هزار هکتار)، برنج با



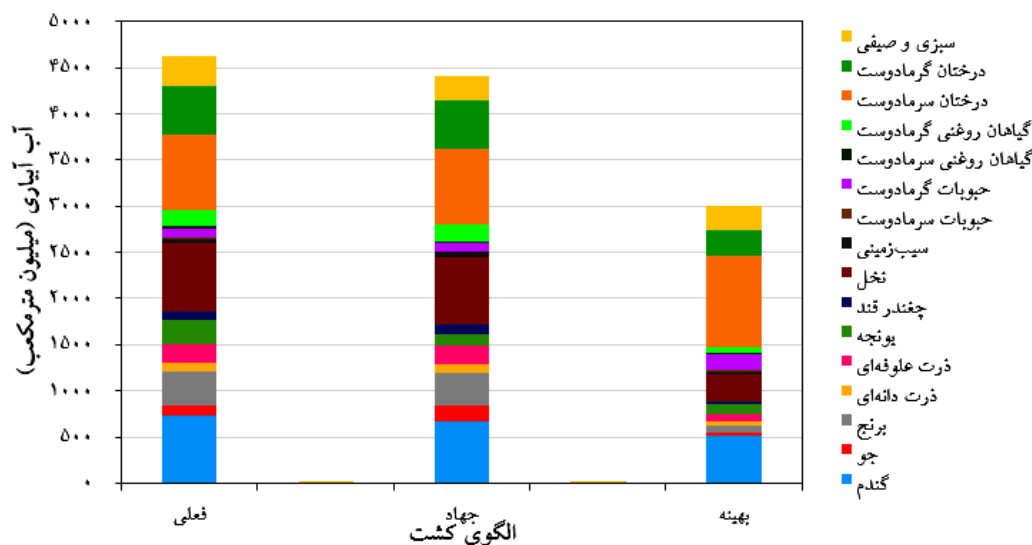
شکل ۲. سطح زیرکشت (هزار هکتار) گیاهان استان در الگوهای کشت فعلی، سازمان جهاد کشاورزی استان فارس (جهاد) و بهینه به‌دست آمده در این مطالعه. رنگ‌ها در هر ستون متعلق به یک گروه گیاهی است و متناظر یکدیگر هستند.

۴۶۱۹ میلیون مترمکعب در سال برآورد شد. بیشترین سهم حجم آب آبیاری در الگوی کشت کنونی استان به‌ترتیب به درختان سرمادوست با ۱۸ درصد (۸۲۵ میلیون مترمکعب در سال)، نخل با ۱۶ درصد (۷۳۱ میلیون مترمکعب در سال)، گندم با ۱۶ درصد (۷۳۰ میلیون مترمکعب در سال)، درختان گرمادوست با ۱۱ درصد (۵۱۹ میلیون مترمکعب در سال)، برنج با ۸ درصد (۳۶۸ میلیون مترمکعب در سال)، سبزی و صیفی با ۷ درصد (۳۱۸ میلیون مترمکعب در سال)، یونجه با ۵ درصد (۲۵۰ میلیون مترمکعب در سال)، ذرت علوفه‌ای با ۴ درصد (۲۰۳ میلیون مترمکعب در سال)، گیاهان روغنی گرمادوست با ۴ درصد (۱۷۳ میلیون مترمکعب در سال)، جو با ۲ درصد (۱۰۹ میلیون مترمکعب در سال)، حبوبات گرمادوست با ۲ درصد (۱۰۴ میلیون مترمکعب در سال)، چغندر قند با ۲ درصد (۱۰۳ میلیون مترمکعب در سال)، ذرت دانه‌ای با ۲ درصد (۱۰۳ میلیون مترمکعب در سال)، سیب‌زمینی با ۱ درصد (۵۳ میلیون مترمکعب در سال)، گیاهان روغنی سرمادوست با کمتر از یک درصد (۲۱ میلیون مترمکعب در سال) و حبوبات سرمادوست با کمتر از یک درصد (۱۰ میلیون مترمکعب در سال) تعلق داشت (شکل ۳).

پیش‌فرض اکجک عدم تغییر در سطح زیرکشت کنونی است. سهم سطح زیرکشت گیاهان در اکجک به‌ترتیب عبارت بود از: گندم با ۳۴ درصد (۲۶۴ هزار هکتار)، درختان سرمادوست با ۱۷ درصد (۱۳۷ هزار هکتار)، جو با ۱۳ درصد (۱۰۰ هزار هکتار)، درختان گرمادوست با ۷ درصد (۵۶ هزار هکتار)، سبزی و صیفی با ۵ درصد (۳۹ هزار هکتار)، نخل با ۴ درصد (۳۱ هزار هکتار)، گیاهان روغنی گرمادوست با ۴ درصد (۲۸ هزار هکتار)، ذرت علوفه‌ای با ۳ درصد (۲۶ هزار هکتار)، برنج با ۳ درصد (۲۵ هزار هکتار)، حبوبات گرمادوست با ۲ درصد (۱۸ هزار هکتار)، یونجه با ۲ درصد (۱۸ هزار هکتار)، چغندر قند با ۲ درصد (۱۳ هزار هکتار)، ذرت دانه‌ای با ۲ درصد (۱۲ هزار هکتار)، سیب‌زمینی با ۱ درصد (۱۰ هزار هکتار)، گیاهان روغنی سرمادوست با ۱ درصد (۱۰ هزار هکتار) و برای حبوبات سرمادوست سطح زیرکشتی در نظر گرفته نشده بود.

حجم آب آبیاری کاربردی برای گیاهان استان

حجم آب آبیاری کاربردی در مزارع کشاورزان در سطح استان برای الگوی کشت فعلی با استفاده از سیستم SAWA برابر با



شکل ۳. حجم آب آبیاری کاربردی (میلیون مترمکعب) در الگوهای کشت فعلی، سازمان جهاد کشاورزی استان فارس (جهاد) و بهینه به‌دست‌آمده در این مطالعه. رنگ‌ها در هر ستون متعلق به یک گیاه یا گروه گیاهی است و متناظر یکدیگر هستند.

سبزی و صیفی با ۹ درصد (۲۵۹ میلیون مترمکعب در سال)، حبوبات گرمادوست با ۶ درصد (۱۶۸ میلیون مترمکعب در سال)، یونجه با ۳ درصد (۱۰۰ میلیون مترمکعب در سال)، ذرت علوفه‌ای با ۳ درصد (۸۱ میلیون مترمکعب در سال)، برنج با ۲ درصد (۷۴ میلیون مترمکعب در سال)، گیاهان روغنی گرمادوست با ۲ درصد (۶۹ میلیون مترمکعب در سال)، جو با ۱ درصد (۴۳ میلیون مترمکعب در سال)، چغندر قند با ۱ درصد (۴۱ میلیون مترمکعب در سال)، ذرت دانه‌ای با ۱ درصد (۴۱ میلیون مترمکعب در سال)، حبوبات سرمادوست با ۱ درصد (۲۶ میلیون مترمکعب در سال)، سیب‌زمینی با ۱ درصد (۲۱ میلیون مترمکعب در سال) و گیاهان روغنی سرمادوست کمتر از ۱ درصد (۹ میلیون مترمکعب در سال). در مجموع بهینه‌سازی الگوی کشت باعث شد تا حجم آب آبیاری کل استان ۳۵ درصد نسبت به الگوی کشت فعلی کاهش پیدا کند. به عبارت دیگر بهینه‌سازی الگوی کشت صرفه‌جویی به میزان ۱۶۱۲ میلیون مترمکعب در سال در حجم آب آبیاری ایجاد کرد و حجم آب آبیاری گیاهان استان را به ۳۰۰۷ میلیون مترمکعب در سال رساند.

حجم آب آبیاری در اکجک برابر با ۴۴۰۹ میلیون مترمکعب در سال بود (شکل ۳). تغییرات قابل توجه حجم آب آبیاری در

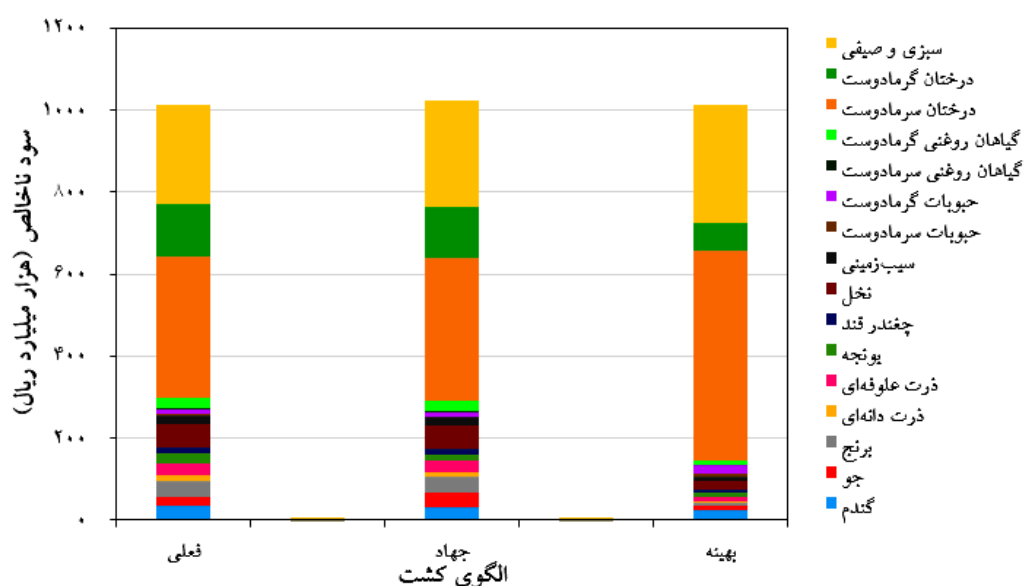
بهینه‌سازی الگوی کشت در سطح استان باعث شد تا حجم آب آبیاری کاربردی از ۴۶۱۹ به ۳۰۰۷ میلیون مترمکعب در سال کاهش پیدا کند (جدول ۲ پیوست). تغییرات حجم آب آبیاری کاربردی در الگوی کشت بهینه متناسب با تغییرات سطح زیرکشت گیاهان ناشی از بهینه‌سازی الگوی کشت بود. مهم‌ترین تغییرات حجم آب آبیاری کاربردی در الگوی کشت بهینه که بیش از ۱ درصد کل حجم آب آبیاری فعلی بود (معادل ۴۶/۲ میلیون مترمکعب در سال) به گندم با ۳۰ درصد کاهش، جو، ذرت دانه‌ای، ذرت علوفه‌ای، یونجه، چغندر قند، سیب‌زمینی گیاهان روغنی گرمادوست هر کدام با ۶۰ درصد کاهش، برنج با ۸۰ درصد کاهش، حبوبات گرمادوست با ۶۲ درصد کاهش، درختان گرمادوست با ۵۴ درصد کاهش و درختان سرمادوست با ۱۹ درصد افزایش در حجم آب آبیاری کاربردی نسبت به الگوی کشت فعلی تعلق داشت. سهم گیاهان از حجم آب آبیاری (بر اساس درصد) در الگوی کشت بهینه به‌این‌ترتیب بود: درختان سرمادوست با ۳۳ درصد (۹۸۴ میلیون مترمکعب در سال)، گندم با ۱۷ درصد (۵۱۱ میلیون مترمکعب در سال)، درختان گرمادوست با ۱۰ درصد (۲۸۸ میلیون مترمکعب در سال)،

اکجک (بیش از ۱ درصد کل حجم آب آبیاری فعلی یعنی معادل ۴۶/۲ میلیون مترمکعب در سال) به گندم با ۹ درصد کاهش (۶۶۶ میلیون مترمکعب در سال)، جو با ۵۹ درصد کاهش (۱۷۳ میلیون مترمکعب در سال)، یونجه با ۴۶ درصد کاهش (۱۳۶ میلیون مترمکعب در سال) و سبزی و صیفی با ۱۷ درصد کاهش (۲۶۲ میلیون مترمکعب در سال) در حجم آب تعلق داشت (شکل ۳). به‌طورکلی، اکجک نسبت به الگوی کشت فعلی حجم آب آبیاری کاربردی کل گیاهان استان را فقط ۵ درصد کاهش می‌دهد که در مقایسه با الگوی کشت بهینه بسیار کمتر است. این کاهش اندک نیز به‌طور عمده به‌دلیل همان ۳ درصد کاهش سطح زیرکشت گیاهان استان در اکجک است. به نظر می‌رسد در اکجک به سازگاری با کم‌آبی استان توجه کافی نشده است. سهم گیاهان از آب آبیاری در اکجک نسبت به الگوی کشت فعلی تغییرات زیادی نداشت (شکل ۳) و به‌ترتیب زیر بود: درختان گرمادوست با ۱۹ درصد (۸۲۵ میلیون مترمکعب در سال)، نخل با ۱۷ درصد (۷۳۱ میلیون مترمکعب در سال)، گندم با ۱۵ درصد (۶۶۶ میلیون مترمکعب در سال)، درختان گرمادوست با ۱۲ درصد (۵۱۹ میلیون مترمکعب در سال)، برنج با ۸ درصد (۳۶۲ میلیون مترمکعب در سال)، سبزی و صیفی با ۶ درصد (۲۶۲ میلیون مترمکعب در سال)، ذرت علوفه‌ای با ۴ درصد (۱۹۳ میلیون مترمکعب در سال)، گیاهان روغنی گرمادوست با ۴ درصد (۱۸۹ میلیون مترمکعب در سال)، جو با ۴ درصد (۱۷۳ میلیون مترمکعب در سال)، یونجه با ۳ درصد (۱۳۶ میلیون مترمکعب در سال)، چغندرقد با ۲ درصد (۱۰۰ میلیون مترمکعب در سال)، ذرت دانه‌ای با ۲ درصد (۸۸ میلیون مترمکعب در سال)، حبوبات گرمادوست با ۲ درصد (۸۵ میلیون مترمکعب در سال)، سیب‌زمینی با ۱ درصد (۶۱ میلیون مترمکعب در سال)، گیاهان روغنی گرمادوست با کمتر از ۱ درصد (۱۹ میلیون مترمکعب در سال) و حبوبات گرمادوست با صفر درصد (بدون هیچ‌گونه سهمی).

سود ناخالص اقتصادی گیاهان استان

همان‌طور که پیش‌تر گفته شد یکی از محدودیت‌های اعمال‌شده

در مطالعه کنونی این بود که سود ناخالص در الگوی بهینه از فعلی کمتر نشود. بر همین اساس سود ناخالص اقتصادی کل استان در الگوی کشت بهینه (۱۰۱۱ هزار میلیارد ریال) و فعلی (۱۰۱۱ هزار میلیارد ریال) برابر شد (شکل ۴). اما تغییرات سود ناخالص اقتصادی که در اثر بهینه‌سازی الگوی کشت اتفاق افتاده است این بود که سهم گیاهان در تشکیل سود ناخالص اقتصادی تغییر پیدا کرد. در الگوی کشت فعلی سهم گیاهان یا گروه‌های گیاهی مختلف از سود ناخالص استان به‌ترتیب برابر بود با درختان گرمادوست با ۳۴ درصد (۳۴۶ هزار میلیارد ریال)، سبزی و صیفی با ۲۴ درصد (۲۴۰ هزار میلیارد ریال)، درختان گرمادوست با ۱۳ درصد (۱۲۸ هزار میلیارد ریال)، نخل با ۶ درصد (۵۷ هزار میلیارد ریال)، برنج با ۴ درصد (۳۹ هزار میلیارد ریال)، گندم با ۳ درصد (۳۴ هزار میلیارد ریال)، ذرت علوفه‌ای با ۳ درصد (۲۹ هزار میلیارد ریال)، یونجه با ۳ درصد (۲۷ هزار میلیارد ریال)، جو با ۲ درصد (۲۴ هزار میلیارد ریال)، گیاهان روغنی گرمادوست با ۲ درصد (۲۳ هزار میلیارد ریال)، سیب‌زمینی با ۲ درصد (۲۰ هزار میلیارد ریال)، چغندرقد با ۱ درصد (۱۴ هزار میلیارد ریال)، حبوبات گرمادوست با ۱ درصد (۱۳ هزار میلیارد ریال)، ذرت دانه‌ای با ۱ درصد (۱۱ هزار میلیارد ریال)، گیاهان روغنی گرمادوست با کمتر از ۱ درصد (۴ هزار میلیارد ریال) و حبوبات گرمادوست با کمتر از ۱ درصد (۳ هزار میلیارد ریال) (شکل ۴). در الگوی کشت بهینه سهم و نقش گیاهان در سود ناخالص اقتصادی استان به این صورت تغییر پیدا کرد: درختان گرمادوست با ۵۱ درصد (۵۱۴ هزار میلیارد ریال)، سبزی و صیفی با ۲۸ درصد (۲۸۶ هزار میلیارد ریال)، درختان گرمادوست با ۷ درصد (۶۸ هزار میلیارد ریال)، گندم با ۲ درصد (۲۴ هزار میلیارد ریال)، نخل با ۲ درصد (۲۳ هزار میلیارد ریال)، حبوبات گرمادوست با ۲ درصد (۲۱ هزار میلیارد ریال)، ذرت علوفه‌ای با ۱ درصد (۱۲ هزار میلیارد ریال)، یونجه با ۱ درصد (۱۱ هزار میلیارد ریال)،



شکل ۴. سود ناخالص اقتصادی (هزار میلیارد ریال) در الگوهای کشت فعلی، سازمان جهاد کشاورزی استان فارس (جهاد) و بهینه به‌دست‌آمده در این مطالعه. رنگ‌ها در هر ستون متعلق به یک گیاه یا گروه گیاهی است و متناظر یکدیگر هستند

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده سود ناخالص اقتصادی در اکجک برابر با ۱۰۲۲ هزار میلیارد ریال بود. اکجک موجب افزایش جزئی (۱ درصد) در سود ناخالص اقتصادی نسبت به الگوی کشت فعلی می‌شود. به همین صورت، در اکجک سهم هر یک از گیاهان/گروه‌های گیاهی در تشکیل سود ناخالص اقتصادی بسیار نزدیک به الگوی کشت فعلی بود و تغییر اندکی داشت. در این الگو بیشترین سود ناخالص اقتصادی به‌ترتیب به درختان سرمادوست با ۳۴ درصد (۳۴۶ هزار میلیارد ریال)، سبزی و صیفی با ۲۵ درصد (۲۵۷ هزار میلیارد ریال)، درختان گرمادوست با ۱۲ درصد (۱۲۸ هزار میلیارد ریال)، نخل با ۶ درصد (۵۷ هزار میلیارد ریال)، برنج با ۴ درصد (۳۹ هزار میلیارد ریال)، جو با ۴ درصد (۳۷ هزار میلیارد ریال)، گندم با ۳ درصد (۳۱ هزار میلیارد ریال)، ذرت علوفه‌ای با ۳ درصد (۲۸ هزار میلیارد ریال)، گیاهان روغنی گرمادوست با ۲ درصد (۲۵ هزار میلیارد ریال)، سیبزمینی با ۲ درصد (۲۳ هزار میلیارد ریال)، یونجه با ۱ درصد (۱۵ هزار میلیارد ریال)، چغندر قند با ۱ درصد (۱۳ هزار میلیارد ریال)، حبوبات گرمادوست با ۱ درصد (۱۱ هزار میلیارد ریال)، ذرت دانه‌ای با

جو با ۱ درصد (۹ هزار میلیارد ریال)، گیاهان روغنی گرمادوست با ۱ درصد (۹ هزار میلیارد ریال)، سیبزمینی با ۱ درصد (۸ هزار میلیارد ریال)، برنج با ۱ درصد (۸ هزار میلیارد ریال)، حبوبات سرمادوست با ۱ درصد (۷ هزار میلیارد ریال)، چغندر قند با ۱ درصد (۵ هزار میلیارد ریال)، ذرت دانه‌ای با کمتر از ۱ درصد (۴ هزار میلیارد ریال)، گیاهان روغنی سرمادوست با کمتر از ۱ درصد (۲ هزار میلیارد ریال) (جدول ۲ پیوست). در واقع، بهینه‌سازی الگوی کشت باعث شد تا سهم درختان سرمادوست و سبزی و صیفی در سود ناخالص اقتصادی استان نسبت به الگوی کشت فعلی به‌ترتیب ۱۷ و ۵ درصد افزایش، سهم درختان گرمادوست ۹ درصد کاهش، سهم گندم، ذرت علوفه‌ای و یونجه هر کدام ۲ درصد کاهش و سهم حبوبات گرمادوست، جو، گیاهان روغنی گرمادوست، سیبزمینی، برنج، حبوبات سرمادوست و چغندر قند در سود ناخالص اقتصادی استان نسبت به الگوی کشت فعلی هر کدام ۱ درصد کاهش پیدا کند (شکل ۴). بهینه‌سازی الگوی کشت تغییری در سود ناخالص اقتصادی ذرت دانه‌ای و گیاهان روغنی سرمادوست نسبت به الگوی کشت فعلی ایجاد نکرد.

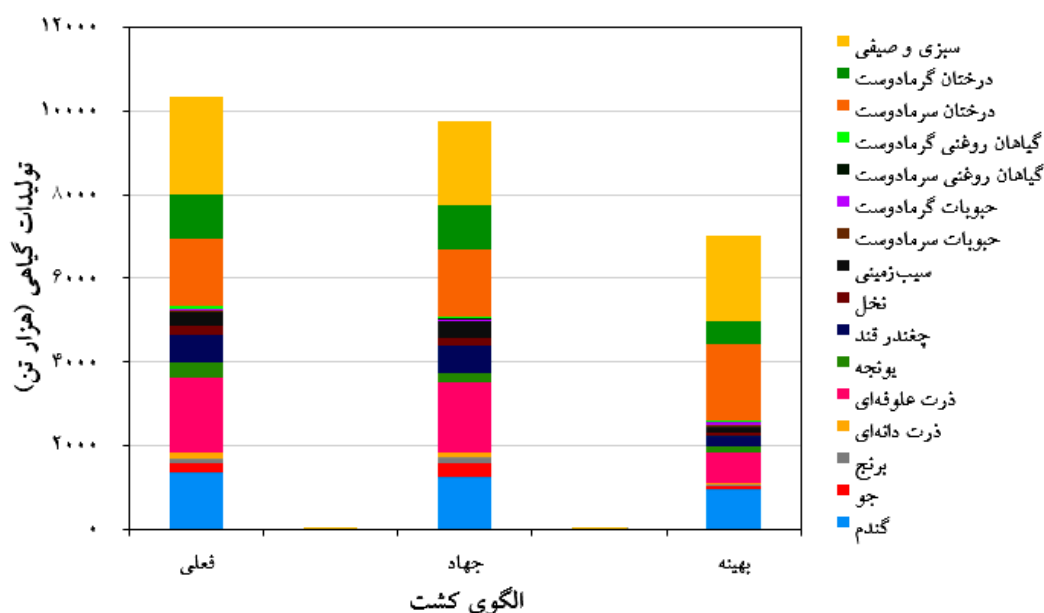
۱ درصد (۹ هزار میلیارد ریال)، گیاهان روغنی سرمدوست با کمتر از ۱ درصد (۴ هزار میلیارد ریال) و حبوبات سرمدوست با صفر درصد (صفر هزار میلیارد ریال) تعلق داشت (شکل ۴). نکته دیگری که باید به آن توجه شود این است که در اکجک سطح زیرکشت و حجم آب آبیاری کاربردی نسبت به الگوی کشت فعلی کاهش اندکی داشته (به‌ترتیب کاهش ۳ و ۵ درصدی) و به همین دلیل سود ناخالص اقتصادی تغییری نیافته است. این در حالی است که سود ناخالص اقتصادی الگوی کشت بهینه با ۲۴ درصد کاهش سطح زیرکشت و ۳۵ درصد کاهش حجم آب آبیاری کاربردی برابر با الگوی کشت کنونی است.

مقدار تولیدات گیاهی استان

در الگوی کشت فعلی مقدار تولیدات گیاهی بیشتر از ۱۰ میلیون تن در سال است که سهم گیاهان در تولیدات فعلی عبارت بود از: سبزی و صیفی با ۲۳ درصد (۲۳۶۱ هزار تن)، ذرت علوفه‌ای با ۱۷ درصد (۱۷۸۳ هزار تن)، درختان سرمدوست با ۱۵ درصد (۱۵۹۵ هزار تن)، گندم با ۱۳ درصد (۱۳۶۱ هزار تن)، درختان گرمادوست با ۱۰ درصد (۱۰۵۳ هزار تن)، چغندر قند با ۷ درصد (۶۷۴ هزار تن)، یونجه با ۴ درصد (۲۳۶۱ هزار تن)، سیب‌زمینی با ۳ درصد (۳۵۵ هزار تن)، جو با ۲ درصد (۲۲۰ هزار تن)، نخل با ۲ درصد (۱۹۸ هزار تن)، ذرت دانه‌ای با ۱ درصد (۱۲۸ هزار تن)، برنج با ۱ درصد (۱۲۳ هزار تن)، گیاهان روغنی گرمادوست با ۱ درصد (۶۴ هزار تن)، حبوبات گرمادوست با کمتر از یک درصد (۳۹ هزار تن)، گیاهان روغنی سرمدوست با کمتر از یک درصد (۲۳ هزار تن) و حبوبات سرمدوست با کمتر از یک درصد (۸ هزار تن).

در اثر بهینه‌سازی الگوی کشت، میزان کل تولیدات گیاهی استان به ۷ میلیون تن کاهش پیدا می‌کند (شکل ۵). به بیان دیگر، در نتیجه بهینه‌سازی الگوی کشت، میزان تولیدات گیاهی استان از نظر وزنی ۳۲ درصد (کاهشی معادل ۳۳۴۷ هزار تن) نسبت به

الگوی کشت فعلی کاهش پیدا می‌کند (جدول ۲ پیوست). تغییرات قابل توجه (بیش از ۱ درصد کل تولیدات کنونی که برابر ۱۰۴ هزار تن است) تولیدات گیاهی در الگوی کشت بهینه عبارت بود از: ۳۰ درصد کاهش در تولید گندم، ۶۰ درصد کاهش در تولیدات هر یک از گیاهان جو، ذرت علوفه‌ای، یونجه، چغندر قند و سیب‌زمینی، ۱۵ درصد افزایش در تولیدات درختان سرمدوست، ۴۹ درصد کاهش در تولیدات درختان گرمادوست و ۱۴ درصد کاهش در تولیدات سبزی و صیفی نسبت به الگوی کشت فعلی. به نظر می‌رسد دلیل اصلی کاهش تولیدات در الگوی کشت بهینه کاهش تولید گیاهانی مانند ذرت علوفه‌ای، درختان گرمادوست، چغندر قند، یونجه، سیب‌زمینی و سبزی و صیفی نسبت به الگوی کشت فعلی است. اینها محصولات هستند که با رطوبت زیاد برداشت می‌شوند و عملکرد بیشتری در واحد سطح دارند و کاهش تولید آنها تأثیر محسوسی بر میزان کل تولیدات استان می‌گذارد. با این حال، در الگوی کشت بهینه میزان تولیدات درختان سرمدوست، حبوبات سرمدوست و حبوبات گرمادوست به‌ترتیب ۱۵، ۱۵۰ و ۶۲ درصد نسبت به الگوی کشت فعلی افزایش یافته است. سهم تولیدات گیاهی استان در الگوی کشت بهینه عبارت بود از: سبزی و صیفی با ۲۹ درصد (۲۰۲۸ هزار تن)، درختان سرمدوست با ۲۶ درصد (۱۸۳۳ هزار تن)، گندم با ۱۴ درصد (۹۵۲ هزار تن)، ذرت علوفه‌ای با ۱۰ درصد (۷۱۳ هزار تن)، درختان گرمادوست با ۸ درصد (۵۵۸ هزار تن)، چغندر قند با ۴ درصد (۲۷۰ هزار تن)، یونجه با ۲ درصد (۱۴۶ هزار تن)، سیب‌زمینی با ۲ درصد (۱۴۲ هزار تن)، جو با ۱ درصد (۸۸ هزار تن)، نخل با ۱ درصد (۷۹ هزار تن)، حبوبات گرمادوست با ۱ درصد (۶۳ هزار تن)، ذرت دانه‌ای با ۱ درصد (۵۱ هزار تن)، گیاهان روغنی گرمادوست با کمتر از ۱ درصد (۲۶ هزار تن)، برنج با کمتر از ۱ درصد (۲۵ هزار تن)، حبوبات سرمدوست با کمتر از ۱ درصد (۲۰ هزار تن) و گیاهان روغنی سرمدوست با کمتر از ۱ درصد (۹ هزار تن).



شکل ۵. مقدار تولیدات گیاهی (هزار تن) در الگوهای کشت فعلی، سازمان جهاد کشاورزی استان فارس (جهاد) و بهینه به دست آمده در این مطالعه. رنگ‌ها در هر ستون متعلق به یک گیاه یا گروه گیاهی است و متناظر یکدیگر هستند

(۳۵۰ هزار تن)، یونجه با ۲ درصد (۱۹۸ هزار تن)، نخل با ۲ درصد (۱۹۸ هزار تن)، برنج با ۱ درصد (۱۲۲ هزار تن)، ذرت دانه‌ای با ۱ درصد (۱۱۰ هزار تن)، گیاهان روغنی گرمادوست با ۱ درصد (۷۰ هزار تن)، حبوبات گرمادوست با کمتر از ۱ درصد (۳۲ هزار تن)، گیاهان روغنی سرمادوست با کمتر از ۱ درصد (۲۰ هزار تن) و اما حبوبات سرمادوست در تولیدات گیاهی استان در اکچک سهمی نداشتند.

یافته‌های مطالعه حاضر نشان داد که با بهینه‌سازی الگوی کشت می‌توان بدون کاهش درآمد خالص کشاورزان و با در نظر گرفتن شاخص‌های پایداری کشاورزی، حجم آب مورد استفاده برای تولید محصولات گیاهی آبی استان فارس را ۳۵ درصد کاهش داد. در حال حاضر، حجم کل آب آبیاری کاربردی خالص مورد استفاده برای کشاورزی استان برابر با ۴۶۱۹ میلیون مترمکعب در سال است (۱۹) که با بهینه‌سازی الگوی کشت به ۳۰۰۷ میلیون مترمکعب در سال کاهش خواهد یافت که کاهشی معادل ۱۶۱۲ میلیون مترمکعب در سال را نشان می‌دهد. رسیدن به این هدف، مستلزم تغییر سطح زیر کشت کل

میزان تولیدات گیاهی در اکچک برابر با ۹۷۶۵ هزار تن بود (شکل ۵). اکچک باعث کاهش ۶ درصدی در تولیدات گیاهی نسبت به الگوی کشت فعلی شد. مهم‌ترین تغییرات تولیدات گیاهی در اکچک (بیش از ۱ درصد کل تولیدات گیاهی در الگوی کشت فعلی که برابر با ۱۰۴ هزار تن است) عبارت بود از: ۹ درصد کاهش در تولید گندم، ۵۹ درصد افزایش در تولید جو، ۴۶ درصد کاهش در تولید یونجه و ۱۵ درصد کاهش در تولید سبزی و صیفی (شکل ۵). به‌طور کلی تولیدات گیاهی استان در اکچک نسبت به الگوی کشت فعلی ۶ درصد کاهش پیدا کرده است (جدول ۲ پیوست). سهم گیاهان در تولیدات گیاهی استان در اکچک نسبت به الگوی کشت فعلی تغییرات اساسی نداشت (شکل ۵) و عبارت بود از: سبزی و صیفی با ۲۱ درصد (۲۰۱۸ هزار تن)، ذرت علوفه‌ای با ۱۷ درصد (۱۶۹۸ هزار تن)، درختان سرمادوست با ۱۶ درصد (۱۵۹۵ هزار تن)، گندم با ۱۳ درصد (۱۲۴۲ هزار تن)، درختان گرمادوست با ۱۱ درصد (۱۰۵۳ هزار تن)، چغندر قند با ۷ درصد (۶۵۲ هزار تن)، سیبزمینی با ۴ درصد (۴۰۶ هزار تن)، جو با ۴ درصد

اکجک ضرورت دارد. این در حالی است که در الگوی کشت بهینه به‌منظور سازگاری به کم‌آبی، سطح زیرکشت و حجم آب آبیاری به میزان قابل‌توجهی کاهش پیدا کرده بود.

یافته‌های مطالعه حاضر نشان داد که مدل بهینه به‌منظور کاهش مصرف آب کشاورزی استان باعث کاهش سطح زیرکشت و کاهش تولید برخی از گیاهان شده است که برای حفاظت از محیط‌زیست و طبیعت استان و پایداری در تولیدات کشاورزی استان به‌ناچار باید اتفاق بیفتد، برای جبران کاهش تولید آن دسته از گیاهانی که برای کشور راهبردی هستند، بایستی سطح زیرکشت آن‌ها در استان‌هایی که دارای مزیت نسبی بیشتری هستند، افزایش پیدا کند (۲۵). کاهش سطح زیر کشت باعث بیکاری بخشی از کشاورزان بیکار می‌شوند که می‌توان با استفاده از فشرده‌سازی کشاورزی (از طریق روش‌ها و ماشین‌های جدید)، مشاغل جایگزین روستایی غیر کشاورزی (مثل روستاگردی، اسکان بازنشستگان در روستاها)، تکمیل زنجیره ارزش محصولات کشاورزی و رونق سایر بخش‌ها (بستگی زیادی به رفع تحریم‌ها دارد) تا حدودی جبران کرد. علاوه بر این، کشاورزانی که زمین خود را از دست می‌دهند، اگر این زمین با کیفیت نیست، دولت می‌تواند آن را خریداری کند و به طبیعت بازگرداند و اگر زمین باکیفیت است، دولت به‌ازای آن به کشاورز اجازه بهاء پرداخت کند. اما در نهایت باید توجه داشت که یک سو، صدمات ناشی از کاهش سطح زیرکشت مثل بیکارشدن کشاورزان و مشکلات اجتماعی و اقتصادی آن وجود دارد و سوی دیگر، صدمات ناشی از اضافه برداشت آب مثل فرونشست زمین، پایین افتادن سطح ایستابی چاه‌ها، طوفان‌های گردوخاک، خشک‌شدن رودها، دریاچه‌ها و تالاب‌ها و غیره وجود دارد که محیط زیست، طبیعت و درنهایت کشاورزی کشور را نابود می‌کنند. حال باید یکی از این دو را انتخاب کرد و بر اساس آن اقدام کرد که به نظر می‌رسد بهتر است برای مورد اول چاره جویی شود.

باید متذکر شد که نتایج حاصل از مطالعه کنونی بسته به تابع هدف نتایج متغیر خواهد بود. در تابع هدف، عواملی مانند قیمت

محصولات گیاهی آبی از ۸۱۳ فعلی به ۶۱۳ هکتار (۲۴ درصد کاهش) است. چوپچوان و همکاران (۳) با هدف کمینه‌سازی مصرف آب آبی به بهینه‌سازی الگوی کشت در سطح جهان پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که در الگوی کشت بهینه باید سطح زیرکشت آبی جهان ۱۰ درصد کاهش پیدا کند تا کم‌آبی در کشورهایی که با کمبود آب روبرو هستند، بهبود پیدا کند. مردانی و همکاران (۱۵) طی مطالعه‌ای نشان دادند که برای نیل به اهداف اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی تعریف‌شده در مطالعه ایشان، سطح زیرکشت استان اصفهان ۳۷ درصد کاهش پیدا کند. نتایج این مطالعات با نتایج مطالعه حاضر مبنی بر کاهش سطح زیرکشت در اثر بهینه‌سازی الگوی کشت مطابقت دارد.

تغییرات حجم آب آبیاری کاربردی گیاهان مختلف استان در اثر بهینه‌سازی الگوی کشت متناظر با تغییرات سطح زیرکشت آن‌ها در الگوی کشت بهینه است. مقایسه میزان صرفه‌جویی ناشی از بهینه‌سازی الگوی کشت (۱۶۱۲ میلیارد مترمکعب در سال) با میزان صرفه‌جویی مد نظر کارگروه ملی سازگاری به کم‌آبی (۱۶) که برابر با ۸۲۴ میلیون مترمکعب در سال است نشان می‌دهد که الگوی کشت بهینه تعریف‌شده در این مطالعه می‌تواند بیش از دو برابر میزان مد نظر کارگروه ملی سازگاری به کم‌آبی، صرفه‌جویی ایجاد کند؛ بنابراین، می‌توان بهینه‌سازی الگوی کشت را به‌عنوان یک راهکار مؤثر در سازگاری به کم‌آبی در استان فارس مطرح کرد. نتایج مطالعات منتظر و همکاران (۲۰) و قاسمی و همکاران (۶) نیز نشان‌دهنده تأثیر مثبت بهینه‌سازی الگوی کشت در صرفه‌جویی آب در بخش کشاورزی بود که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد.

نتایج مطالعه کنونی حاکی از آن بود که سطح زیرکشت و حجم آب آبیاری کاربردی در اکجک نسبت به الگوی کشت فعلی تغییر چندانی پیدا نکرده است؛ به بیان دیگر در اکجک به سازگاری به کم‌آبی توجهی نشده است و احتمالاً پیش‌فرض اکجک حفظ تولیدات فعلی برای نیازهای موجود بدون در نظر گرفتن محدودیت در منابع آب استان بوده است که با توجه به اهمیت سازگاری به کم‌آبی در استان، بازنگری در

استان برای رسیدن به برداشت پایدار آب ایجاد کند؛ بنابراین می‌توان بهینه‌سازی الگوی کشت را به‌عنوان یک گزینه در دسترس و کم‌هزینه برای سازگاری به کم‌آبی استان فارس معرفی کرد.

نتایج بهینه‌سازی الگوی کشت نشان داد که الگوی کشت بهینه به‌منظور کاهش مصرف آب کشاورزی استان باعث کاهش سطح زیرکشت و کاهش تولیدات برخی از گیاهان شده است. این کاهش سطح زیرکشت برای حفاظت از طبیعت استان و بازگرداندن شادابی به آن و همچنین پایداری در تولیدات کشاورزی استان ضروری است. پیشنهاد می‌شود برای جبران کاهش تولیدات گیاهانی که برای کشور راهبردی هستند، با طراحی یک الگوی بهینه برای سایر استان‌ها و حتی کشور، سطح زیرکشت آن‌ها در مناطقی که مزیت نسبی بیشتری دارند، افزایش پیدا کند.

نتایج مطالعه فعلی نشان داد که در اکجک نسبت به الگوی کشت فعلی حجم آب آبیاری کاربردی تغییر چندانی پیدا نکرده است؛ یعنی در اکجک به سازگاری با کم‌آبی توجهی نشده است. این در حالی است که در الگوی کشت بهینه حجم آب آبیاری به میزان قابل توجهی کاهش پیدا کرده است که گام مهمی در راستای سازگاری به کم‌آبی استان محسوب می‌شود. در الگوی کشت بهینه برخلاف اکجک سطح زیرکشت گیاهان درختان سرمدوست و حبوبات افزایش پیدا کرده است که در راستای اصول کشاورزی پایدار و حفاظت از طبیعت است؛ بنابراین به نظر می‌رسد بازنگری در اکجک ضرورت دارد. پیشنهاد می‌شود که الگوی کشت استان بر اساس شاخص‌های سازگاری با کم‌آبی مانند شاخص بهره‌وری نسبی اقتصادی آب (۱۳) تعیین شود.

محصولات، عملکرد، حجم آب آبیاری، محدودیت‌ها و شرایطی تعریف شده است که در بهینه‌سازی به کار گرفته شده است؛ یعنی اگر هرکدام یک از این عوامل تغییر کنند، نتایج نیز عوض می‌شوند. برای نمونه اگر قیمت محصولات در نظر گرفته شده در مطالعه کنونی به خاطر سیاست‌گذاری (مثل خرید تضمینی یا هر چیز دیگری) تغییر کنند، نتایج متفاوتی به دست می‌آید (۲۶). علاوه بر این گاهی این عوامل نتایج را بروز می‌دهد که دور از انتظار و یا خلاف تصور است. برای نمونه انتظار می‌رفت که در الگوی کشت بهینه سطح زیرکشت کلزا که گیاهی پاییزه و با حجم آب آبیاری کاربردی کم است، افزایش پیدا کند؛ ولی برعکس آن روی داد که دلیل آن به حاشیه سود اندک آن گیاه مربوط می‌شود. چنانچه بخواهیم این‌گونه از گیاهان در الگوی کشت بهینه قرار بگیرند، باید قیمت آن‌ها افزایش پیدا کند (از طریق خرید تضمینی، یارانه و غیره) (۷).

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

نتایج نشان داد که الگوی کشت بهینه به دست آمده با فرضیه‌ها و شرط‌های این مطالعه می‌تواند آب آبیاری کاربردی کشاورزان استان فارس را ۳۵ درصد (معادل ۱۶۱۲ میلیون مترمکعب در سال) کاهش دهد. این در حالی است که میزان کاهش آب مصرفی ابلاغ شده توسط وزارت نیرو برای کشاورزی استان فارس برابر با ۸۲۴ میلیون مترمکعب در سال است. این میزان برای شرایط برداشت پایدار، برابر با کاهش ۲۶۱۵ میلیون مترمکعب در سال است. نتایج بهینه‌سازی الگوی کشت حاکی از نقش اثرگذار آن در کاهش مصرف آب آبیاری کاربردی کشاورزی استان فارس است؛ به‌طوری که بهینه‌سازی الگوی کشت می‌تواند تقریباً بیش از دو برابر کاهش مد نظر وزارت نیرو و بیش از ۶۰ درصد کاهش در حجم آب آبیاری کشاورزی

References

1. Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO). 2023. The program of the national cropping pattern of agricultural products. 74 pages (in Farsi).

منابع مورد استفاده

2. Agricultural Jihad Organization of Fars Province. 2023. Statistics, information on cultivated area, production and yield of crops and horticultural plants in 2017-2021 (in Farsi).
3. Chouchane, H., M.S. Krol and Y.H. Hoerska. 2020. Changing global cropping patterns to minimize national blue water scarcity. *Hydrology and Earth System Sciences* 24(6): 3015-3031.
4. Dehestani, M., M. Tavakoli, M. Forodi and M. Salmani. 2011. Challenges and strategies for optimal management of water resources in agriculture, 5th National Conference on Watershed Management and Soil and Water Resources Management, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran (in Farsi).
5. El Sayed, L. M. 2021. Determining an optimum cropping pattern for Egypt. The American University in Cairo, Cairo.
6. Ghasemi, M.M., M. Karamouz and L.T. Shui. 2016. Farm-based cropping pattern optimization and conjunctive use planning using piece-wise genetic algorithm (PWGA): a case study. *Modeling Earth Systems and Environment* 2(1): 1-12.
7. Ghazali, M., T. Honar and M.R. Nikoo. 2018. A hybrid TOPSIS-agent-based framework for reducing the water demand requested by stakeholders with considering the agents' characteristics and optimization of cropping pattern. *Agricultural Water Management* 198: 71-85.
8. Osama, S., M. Elkholy and R.M. Kansoh. 2017. Optimization of the cropping pattern in Egypt. *Alexandria Engineering Journal* 56(4): 557-566. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2017.04.015>
9. Hamidi, M. 2020. The key role of water resources management in the Middle East dust events. *CATENA* 187: 104337. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.104337>
10. Hao, L., X. Su. and V.P. Singh. 2018. Cropping pattern optimization considering uncertainty of water availability and water saving potential. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering* 11(1): 178-186.
11. Hassani, S., M. Ramroodi and M. Naghashzadeh. 2016. Designing cropping pattern by using analytical hierarchy process to allow for optimal exploitation of water. *Electronic Journal of Biology* 12(1): 43-47.
12. Iran Statistics Center. 2023. Available online at: <https://amar.org.ir/statistical-information> (in Farsi).
13. Jafari, H., and F. Abbasi. 2024. Evaluation and sensitivity analysis of the effective parameters on the relative economic water productivity index. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage* 18(107): 531-543 (in Farsi).
14. Janbaz Fotamy, M., M. Kholghi, A. Abdeh Kolahchi. and M. Roostaei. 2020. Land subsidence assessment due to groundwater exploration by using differential radar interferometry technique, case study: Qazvin province. *Iran-Water Resources Research* 16(3): 133-147 (in Farsi).
15. Mardani, M., A.R. Nikooie, S. Ziaee and M.A. Borazjani. 2017. Codifying regional cropping pattern of agricultural and horticultural products in Isfahan province: Multi-objective structural planning approach. *Journal of Agricultural Economics and Development* 30(3): 188-206. <https://doi.org/10.22067/jead2.v30i3.53749> (In Persian)
16. Ministry of Energy. 2021. water scarcity adaptation program in Fars province. Available online at: <https://www.wsanw.ir/st/56/>
17. Mirkarimi, S. H., R. Joolaie, F. Eshraghi and F.S.B. Abadi. 2013. Application of fuzzy goal programming in cropping pattern management of selected crops in Mazandaran province: Case study of Amol township. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences* 6(15): 1062-1067.
18. Mirzaei, A., A. Soltani, F. Abbasi, E. Zeinali and Sh. Mirkarimi. 2024a. Development of water accounting system for irrigated agricultural lands of Fars province. *Iranian Journal of Soil and Water Research* 55(2): 219-244. <https://doi.org/10.22059/ijswr.2024.362112.669532> (in Farsi)
19. Mirzaei, A., A. Soltani, F. Abbasi, E. Zeinali and Sh. Mirkarimi. 2024b. Estimation of withdrawal water for Fars Province agriculture based on water balance modelling. *Iranian Journal of Soil and Water Research* 55(6): 963-978. <https://doi.org/10.22059/ijswr.2024.372447.669663> (in Farsi)
20. Montazar, A., H. Riazi and S. Behbahani. 2010. Conjunctive water uses planning in an irrigation command area. *Water Resources Management* 24: 577-596.
21. Nazarifar, M. H. and R. Momeni. 2011. Validation and evaluation of cropSyst crop growth model for determining suitable cropping pattern under water deficit: A case study in Shahid Chamran's drainage and irrigation network. *Journal of Water and Soil Science* 15(56): 49-61
22. Nevill, C.J., J.P. Hancock, R.B. Murray, F.W. Ponder, F.W. Humphreys, L.M. Phillips and K.P. Groom. 2010. Groundwater-dependent ecosystems and the dangers of groundwater overdraft: a review and an Australian perspective. *Pacific Conservation Biology* 16(3): 187-208. <https://doi.org/10.1071/pc100187>
23. Parhizkari, A., M.M. Mozaffari, M. Shokatfadaee and A. Mahmoodi. 2015. Deficit irrigation simultaneously with reduced available water the solution to conservation of water resources in Qazvin plain. *Journal of Water and Soil Resources Conservation* 5(1): 67-80 (in Farsi).
24. Pouran, R. and H. Raghfar. 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 Farsi). <https://doi.org/10.22067/jwsd.v8i1.88854>

25. Saaidifar, A. and Z. Akhiani. 2013. Determining the relative advantage of agricultural and horticultural crops in the provinces of the country. *Journal of Economy* 13(11-12): 47-64 (in Farsi).
26. Samian, M., S. Mehrjo. and Sh. Bishesari. 2022. Analysis and review of agricultural policy system and providing supportive strategies in line with the pattern of optimal cultivation and sustainable development (Case study: Hamedan - Bahar Plains): *Agricultural Production and Marketing Economics* 1(1): 95-120 (in Farsi).
27. Soltani, A., E. Zand. S.M. Alimagham., et al. 2019. Analysis of the country's food security until 2050 by modeling the correlation of water, land, food and environment. Agricultural Research, Education and Extension Organization and Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, research report. 130 pages (in Farsi).
28. Stollenwerka, K.G., G.N. Breitb, A.H. Welchc, J.C. Yountd, J.W. Whitneyd, A.L. Fostere, M.N. Uddinf, R.K. Majumderg and N. Ahmedg. 2007. Arsenic attenuation by oxidized aquifer sediments in bangladesh. *Science of the Total Environmnet* 379 (3): 133-150.
29. Shreedhar, R., C.G. Hiremath and G.G. Shetty. 2015. Optimization of Cropping pattern using Linear Programming Model for Markandeya Command Area. *International Journal of Scientific and Engineering Research* 6(9): 1311-1326
30. Tabatabaei, M., A. Afrazesh and A. Seifi. 2022. Knowledge Sharing Optimization Based on the Game Theory: A Bi-Level Programming Application. *Industrial Management Studies* 18(57): 101-143 (in Farsi). <https://doi.org/10.22054/jims.2019.36999.2190>
31. Zektser, S., H.A. Loaiciga and J.T. Wolf. 2005. Environmental impacts of groundwater overdraft: Selected case studies in the southwestern United States. *Environmental Geology* 47: 396-404.
32. Zhao, Y., L. Wang, H. Li, Y. Zhu, Q. Wang, S. Jiang, J. Zhai and P. Hu. 2020. Evaluation of Groundwater Overdraft Governance Measures in Hengshui City, China. *Sustainability* 12(9): 3564. <https://doi.org/10.3390/su12093564>

پیوست

جدول ۱. میانگین ۵ ساله (۱۳۹۶ تا ۱۴۰۰) سطح زیر کشت (۲)، عملکرد (۲) و قیمت (سال ۱۴۰۰) (۱۲) محصولات گیاهی آبی

در استان فارس

نام محصول	گروه گیاهی	سطح کشت (ha)		عملکرد (kg/ha)	قیمت (rial/kg)
		غیرمثمر*	مثمر		
زراعی					
گندم	گندم	—	۲۸۹۲۴۵/۸	۴۷۰۴	۵۰۷۰۹
جو	جو	—	۶۲۸۴۰/۲	۳۴۹۶	۵۶۲۹۵
یونجه	یونجه	—	۳۳۰۱۶/۷	۱۱۰۴۶	۴۹۲۶۳
ذرت علوفه‌ای	ذرت علوفه‌ای	—	۲۸۷۷۳/۲	۶۴۱۱۹	۱۰۳۰۲
برنج	برنج	—	۲۵۳۷۴	۴۸۶۵	۱۹۶۵۷۶
لوبیا	حبوبات گرمادوست	—	۲۴۸۹۰	۱۷۶۴	۲۱۳۱۶۴
پنبه	گیاهان روغنی گرمادوست	—	۱۶۵۰۴/۱	۳۲۴۴	۲۷۰۰۰۰
ذرت دانه‌ای	ذرت دانه‌ای	—	۱۴۳۴۵/۴	۸۹۴۶	۶۳۵۶۳
چغندر قند	چغندر قند	—	۱۲۹۱۴/۳	۵۲۱۸۴	۱۳۵۴۹
کلزا	گیاهان روغنی سرمادوست	—	۱۰۹۴۰/۷	۲۰۸۹	۱۱۴۴۶۱
کنجد	گیاهان روغنی گرمادوست	—	۸۹۷۰	۱۱۹۱	۳۷۵۶۴۹
سیب‌زمینی	سیب‌زمینی	—	۸۴۸۶/۲	۴۱۸۷۸	۴۰۰۳۲
نخود	حبوبات سرمادوست	—	۲۰۷۱/۱	۱۸۸۴	۲۹۵۴۸۷
عدس	حبوبات سرمادوست	—	۱۹۷۸/۳	۲۰۳۹	۲۸۴۲۳۴
باغی					
مرکبات	درختان گرمادوست	۸۷۶۳	۵۴۴۲۶/۴	۱۹۲۰۸	۹۵۰۶۵
انگور	درختان سرمادوست	۱۳۱۲	۳۱۸۵۵	۱۷۵۳۴	۶۸۷۱۴
خرما	درختان گرمادوست	۳۳۵۰/۸	۳۰۹۱۳	۶۳۹۶	۲۰۰۰۱۵
سیب	درختان سرمادوست	۲۲۴۱/۴	۲۸۲۶۶/۲	۱۷۰۴۶	۶۲۴۵۶
انار	درختان سرمادوست	۱۶۶۲/۴	۲۱۷۲۷/۶	۱۶۳۲۸	۹۲۱۸۳
پسته	درختان سرمادوست	۸۴۴۳	۲۰۹۰۳/۱	۹۶۱	۱۸۰۰۰۰۰
گردو	درختان سرمادوست	۶۶۲/۸	۷۵۷۲/۴	۱۹۷۶	۱۰۰۰۰۰۰
بادام	درختان سرمادوست	۱۲۴۳/۶	۷۵۱۶/۳	۱۴۸۱	۵۷۹۰۴۷

جدول ۱. میانگین ۵ ساله (۱۳۹۶ تا ۱۴۰۰) سطح زیر کشت (۲)، عملکرد (۲) و قیمت (سال ۱۴۰۰) (۱۲) محصولات گیاهی آبی در استان فارس (ادامه)

نام محصول	گروه گیاهی	سطح کشت (ha)		عملکرد (kg/ha)	قیمت (rial/kg)
		غیرمثمر*	مثمر		
زیتون	درختان سرمادوست	۲۵۳۵/۴	۷۳۸۴/۴	۲۶۴۲	۲۴۰۰۰۰
هلو	درختان سرمادوست	۳۰۴/۲	۳۷۷۳/۱	۱۰۷۹۱	۷۷۶۳۵
به	درختان سرمادوست	۵۲۶/۶	۳۲۸۸/۴	۱۳۸۹۳	۱۳۶۰۲۰
زردآلو	درختان سرمادوست	۳۱۵/۴	۲۴۹۳/۴	۱۰۹۴۶	۱۶۵۹۶۶
آلو	درختان سرمادوست	۲۴۳/۴	۲۳۴۰	۸۹۶۱	۶۸۶۷۷
انجیر	درختان گرمادوست	۱۰۴۹/۲	۱۶۸۸/۳	۴۷۹۰	۱۱۳۷۸۶
سبزی و صیفی					
گوجه‌فرنگی	سبزی و صیفی	—	۱۵۲۵۱/۳	۶۲۳۴۶	۳۴۱۳۶
هندوانه	سبزی و صیفی	—	۱۳۸۹۹/۰	۴۶۸۰۷	۲۴۸۰۶
خریزه	سبزی و صیفی	—	۸۱۷۹/۲	۳۰۱۲۶	۵۲۹۳۲
پیاز	سبزی و صیفی	—	۵۵۵۷	۵۷۳۶۰	۲۸۱۲۶
خیار	سبزی و صیفی	—	۴۸۲۴/۲	۲۲۱۶۳	۵۳۴۰۷
گرمک	سبزی و صیفی	—	۱۵۶۸/۳	۲۶۶۵۱	۴۰۰۰۰
بادمجان	سبزی و صیفی	—	۱۴۵۵/۴	۳۱۲۴۰	۵۳۷۱۹
سایر گیاهان		—			
سایر زراعی	سایر	—	۷۳۰۹۸/۹	۸۹۷۰/۱	—
سایر سبزی-صیفی	سایر	—	۱۱۵۰۵/۴	۱۳۴۶۶/۴	—
سایر باغبانی	سایر	۱۳۴۲/۴	۱۰۰۴۰/۳	۵۵۰۰/۶	—
سایر گلخانه‌ای	سایر	—	۵۱۳/۸	۱۸۴۱۵۷/۳	—
کل		۳۳۹۹۵/۶	۹۱۰۳۹۰/۹	—	—

* غیرمثمر: منظور باغ‌هایی است که به‌تازگی احداث شده و هنوز درختان به باردهی و میوه‌دهی نرسیده باشند.

جدول ۲. مقادیر سطح زیرکشت (هزار هکتار)، تولیدات گیاهی (هزار تن)، آب آبیاری کاربردی (میلیون مترمکعب) و سود ناخالص (هزار میلیارد ریال) گیاهان و گروه‌های گیاهی استان در الگوی کشت فعلی، سازمان جهاد کشاورزی فارس و بهینه. اعداد درون پرانتز درصد تغییرات شاخص‌های یادشده در الگوی کشت سازمان جهاد کشاورزی فارس و بهینه نسبت به الگوی کشت فعلی است.

گیاه/گروه گیاهی	سطح زیرکشت (هزار هکتار)			تولیدات گیاهی (هزار تن)			آب آبیاری (میلیون مترمکعب)			سود ناخالص (هزار میلیارد ریال)		
	فعلی	جهاد	بهینه	فعلی	جهاد	بهینه	فعلی	جهاد	بهینه	فعلی	جهاد	بهینه
گندم	۲۸۹	۲۶۴ (-۹)	۲۰۲ (-۳۰)	۱۳۶۱	۱۲۴۲ (-۹)	۹۵۲ (-۳۰)	۷۳۰	۶۶۶ (-۹)	۵۱۱ (-۳۰)	۳۴	۳۱ (-۹)	۲۴ (-۳۰)
جو	۶۳	۱۰۰ (-۵۹)	۲۵ (-۶۰)	۲۲۰	۳۵۰ (-۵۹)	۸۸ (-۶۰)	۱۰۹	۱۷۳ (-۵۹)	۴۳ (-۶۰)	۲۴	۳۷ (۲۵)	۹ (-۶۰)
مرکبات	۵۴	۵۴ (۰)	۲۸ (-۴۹)	۱۰۴۵	۱۰۴۵ (۰)	۵۳۸ (-۴۹)	۵۰۹	۵۰۹ (۰)	۲۶۲ (-۴۹)	۱۲۷	۱۲۷ (۰)	۹ (۹)
یونجه	۳۳	۱۸ (-۴۶)	۱۳ (-۶۰)	۳۶۵	۱۹۸ (-۴۶)	۱۴۶ (-۶۰)	۳۵۰	۱۳۶ (-۴۶)	۱۰۰ (-۶۰)	۲۷	۱۵ (-۴۶)	۱۱ (-۳۷)
انگور	۳۲	۳۲ (۰)	۱۳ (-۶۰)	۵۵۹	۵۵۹ (۰)	۲۲۳ (-۶۰)	۲۲۶	۲۲۶ (۰)	۹۰ (-۶۰)	۸۱	۸۱ (۰)	۳۳ (-۶۰)
نخل	۳۱	۳۱ (۰)	۱۲ (-۶۰)	۱۹۸	۱۹۸ (۰)	۷۹ (-۶۰)	۷۳۱	۷۳۱ (۰)	۲۹۲ (-۶۰)	۵۷	۵۷ (۰)	۲۳ (-۶۰)
ذرت علوفه‌ای	۲۸	۲۶ (-۵)	۱۱ (-۶۰)	۱۷۸۳	۱۶۹۸ (-۵)	۷۱۳ (-۶۰)	۲۰۳	۱۹۳ (-۵)	۸۱ (-۶۰)	۲۹	۲۸ (-۵)	۱۲ (-۶۰)
سیب	۲۸	۲۸ (۰)	۶۴ (۱۲۵)	۴۸۲	۴۸۲ (۰)	۱۰۸۴ (۱۲۵)	۱۴۶	۱۴۶ (۰)	۳۲۹ (۱۲۵)	۱۰۹	۱۰۹ (۰)	۲۴۵ (-۲۹)
برنج	۲۵	۲۵ (-۱)	۵ (-۸۰)	۱۲۳	۱۲۲ (-۱)	۲۵ (-۸۰)	۳۶۸	۳۶۲ (-۱)	۷۴ (-۸۰)	۳۹	۳۹ (-۱)	۸ (-۸۰)
لوبیا	۲۲	۱۸ (-۱۸)	۳۶ (۶۲)	۳۹	۳۲ (-۱۸)	۶۳ (۶۲)	۱۰۴	۸۵ (-۱۸)	۱۶۸ (۶۲)	۱۳	۱۱ (-۱۸)	۲۱ (۲۹)
انار	۲۲	۲۲ (۰)	۹ (-۶۰)	۳۵۵	۳۵۵ (۰)	۱۴۲ (-۶۰)	۲۲۱	۲۲۱ (۰)	۸۸ (-۶۰)	۵۱	۵۱ (۰)	۲۰ (-۶۰)
پسته	۲۱	۲۱ (۰)	۵۲ (۱۵۰)	۲۰	۲۰ (۰)	۵۰ (۱۵۰)	۶۸	۶۸ (۰)	۱۷۰ (۱۵۰)	۴۴	۴۴ (۰)	۱۱۱ (۱۵۰)
پنبه	۱۷	۱۸ (۹)	۷ (-۶۰)	۵۴	۵۸ (۹)	۲۱ (-۶۰)	۱۲۵	۱۳۷ (۹)	۵۰ (-۶۰)	۱۸	۲۰ (۹)	۷ (-۶۰)
گوجه‌فرنگی	۱۵	۲۰ (۲۸)	۲۳ (۵۴)	۹۵۱	۱۲۲۰ (۲۸)	۱۴۶۴ (۵۴)	۱۱۵	۱۴۸ (۲۸)	۱۷۸ (۵۴)	۱۶۷	۲۱۴ (۲۸)	۲۵۷ (-۶۰)
ذرت دانه‌ای	۱۴	۱۲ (-۱۴)	۶ (-۶۰)	۱۲۸	۱۱۰ (-۱۴)	۵۱ (-۶۰)	۱۰۳	۸۸ (-۱۴)	۴۱ (-۶۰)	۱۱	۹ (-۱۴)	۴ (-۶۰)
هندوانه	۱۴	۴ (-۷۱)	۶ (-۶۰)	۶۵۱	۱۸۶ (-۷۱)	۲۶۰ (-۶۰)	۹۰	۲۶ (-۷۱)	۳۶ (-۶۰)	۲۵	۷ (-۷۱)	۱۰ (-۶۰)
چغندر قند	۱۳	۱۳ (-۳)	۵ (-۶۰)	۶۷۴	۶۵۲ (-۳)	۲۷۰ (-۶۰)	۱۰۳	۱۰۰ (-۳)	۴۱ (-۶۰)	۱۴	۱۳ (-۳)	۵ (-۶۰)
کلزا	۱۱	۱۰ (-۱۳)	۴ (-۶۰)	۲۳	۲۰ (-۱۳)	۹ (-۶۰)	۲۱	۱۹ (-۱۳)	۹ (-۶۰)	۴	۴ (-۱۳)	۲ (-۶۰)
کنجد	۹	۱۰ (۱۱)	۴ (-۶۰)	۱۱	۱۲ (۱۱)	۴ (-۶۰)	۴۷	۵۳ (۱۱)	۱۹ (-۶۰)	۵	۶ (۱۱)	۲ (-۶۰)
سیب‌زمینی	۹	۱۰ (۱۴)	۳ (-۶۰)	۳۵۵	۴۰۶ (۱۴)	۱۴۲ (-۶۰)	۵۳	۶۱ (۱۴)	۲۱ (-۶۰)	۲۰	۲۳ (۱۴)	۸ (۱۵۰)
خریزه	۸	۵ (-۳۶)	۳ (-۶۰)	۲۴۶	۱۵۹ (-۳۶)	۹۹ (-۶۰)	۴۱	۲۶ (-۳۶)	۱۶ (-۶۰)	۱۸	۱۱ (-۳۶)	۷ (۱۵۰)

جدول ۲. مقادیر سطح زیرکشت (هزار هکتار)، تولیدات گیاهی (هزار تن)، آب آبیاری کاربردی (میلیون مترمکعب) و سود ناخالص (هزار میلیارد ریال) گیاهان و گروه‌های گیاهی استان در الگوی کشت فعلی، سازمان جهاد کشاورزی فارس و بهینه. اعداد درون پرانتز درصد تغییرات شاخص‌های یادشده در الگوی کشت سازمان جهاد کشاورزی فارس و بهینه نسبت به الگوی کشت فعلی است (ادامه)

گیاه/گروه گیاهی	سطح زیرکشت (هزار هکتار)			تولیدات گیاهی (هزار تن)			آب آبیاری (میلیون مترمکعب)			سود ناخالص (هزار میلیارد ریال)		
	فعلی	جهاد	بهینه	فعلی	جهاد	بهینه	فعلی	جهاد	بهینه	فعلی	جهاد	بهینه
گردو	۸	(۰) ۸	۳ (-۶۰)	۱۵	(۰) ۱۵	۶ (-۶۰)	۳۳	(۰) ۳۳	۱۳ (-۶۰)	۱۵	(۰) ۱۵	۶ (-۱۵۰)
بادام	۸	(۰) ۸	۱۹ (-۶۰)	۱۱	(۰) ۱۱	۲۸ (-۱۵۰)	۲۵	(۰) ۲۵	۶۳ (-۱۵۰)	۱۰	(۰) ۱۰	۲۵ (-۱۵۰)
زیتون	۷	(۰) ۷	۱۸ (-۱۵۰)	۲۰	(۰) ۲۰	۴۹ (-۱۵۰)	۵۹	(۰) ۵۹	۱۴۷ (-۱۵۰)	۶	(۰) ۶	۱۴ (-۱۵۰)
پیاز	۶	(۴) ۶	۲ (-۱۵۰)	۳۱۹	(۴) ۳۳۳	۱۲۷ (-۶۰)	۴۱	(۴) ۴۳	۱۶ (-۶۰)	۱۵	(۴) ۱۵	۶ (-۱۵۰)
خیار	۵	(۲) ۲ (-۶۹)	۲ (-۶۰)	۱۰۷	(۳۳) ۳۳ (-۶۹)	۴۳ (-۶۰)	۱۶	(۵) ۵ (-۶۹)	۶ (-۶۰)	۹	(۳) ۳ (-۶۹)	۴ (-۱۵۰)
هلو	۴	(۰) ۴	۲ (-۶۰)	۴۱	(۰) ۴۱	۱۶ (-۶۰)	۱۶	(۰) ۱۶	۶ (-۶۰)	۷	(۰) ۷	۳ (-۱۵۰)
به	۳	(۰) ۳	۸ (-۶۰)	۴۶	(۰) ۴۶	۱۱۴ (-۱۵۰)	۱۳	(۰) ۱۳	۳۴ (-۱۵۰)	۹	(۰) ۹	۲۲ (-۱۵۰)
زردآلو	۳	(۰) ۲	۶ (-۱۵۰)	۲۷	(۰) ۲۷	۶۸ (-۱۵۰)	۱۰	(۰) ۱۰	۲۵ (-۱۵۰)	۶	(۰) ۶	۱۵ (-۱۵۰)
آلو	۲	(۰) ۲	۶ (-۱۵۰)	۲۱	(۰) ۲۱	۵۲ (-۱۵۰)	۸	(۰) ۸	۱۹ (-۱۵۰)	۷	(۰) ۷	۱۸ (-۱۵۰)
نخود	۲	(۱۰۰) ۵ (-۱۰۰)	۴ (-۱۵۰)	۴	(۱۰۰) ۵ (-۱۰۰)	۱۰ (-۱۵۰)	۴	(۱۰۰) ۵ (-۱۰۰)	۱۰ (-۱۵۰)	۱	(۱۰۰) ۰ (-۱۰۰)	۳ (-۱۵۰)
عدس	۲	(۱۰۰) ۵ (-۱۰۰)	۴ (-۱۵۰)	۴	(۱۰۰) ۵ (-۱۰۰)	۱۰ (-۱۵۰)	۶	(۱۰۰) ۵ (-۱۰۰)	۱۵ (-۱۵۰)	۲	(۱۰۰) ۰ (-۱۰۰)	۴ (-۱۵۰)
انجیر	۲	(۰) ۲	۴ (-۱۵۰)	۸	(۰) ۸	۲۰ (-۱۵۰)	۱۰	(۰) ۱۰	۲۶ (-۱۵۰)	۱	(۰) ۱	۳ (-۶۰)
گرمک	۲	(۰) ۲	۱ (-۶۰)	۴۲	(۰) ۴۲	۱۷ (-۶۰)	۷	(۰) ۷	۳ (-۶۰)	۳	(۰) ۳	۱ (-۶۰)
بادمجان	۱	(۰) ۱	۱ (-۶۰)	۴۵	(۰) ۴۵	۱۸ (-۶۰)	۷	(۰) ۷	۳ (-۶۰)	۳	(۰) ۳	۱ (-۱۵۰)
حبوبات سردادوست	۴	(۱۰۰) ۱۰ (-۱۰۰)	۸ (-۱۵۰)	۸	(۱۰۰) ۲۰ (-۱۰۰)	۲۰ (-۱۵۰)	۱۰	(۱۰۰) ۲۶ (-۱۰۰)	۲۶ (-۱۵۰)	۳	(۱۰۰) ۰ (-۱۰۰)	۷ (-۱۵۰)
حبوبات گرمادوست	۲۲	(۱۸) ۱۸ (-۱۸)	۳۶ (-۶۲)	۳۹	(۱۸) ۳۲ (-۱۸)	۶۳ (-۶۲)	۱۰۴	(۱۸) ۸۵ (-۱۸)	۱۶۸ (-۶۲)	۱۳	(۱۸) ۱۱ (-۱۸)	۲۱ (-۶۲)
روغنی سردادوست	۱۱	(۱۳) ۱۰ (-۱۳)	۴ (-۶۰)	۲۳	(۱۳) ۲۰ (-۱۳)	۹ (-۶۰)	۲۱	(۱۳) ۱۹ (-۱۳)	۹ (-۶۰)	۴	(۱۳) ۴ (-۱۳)	۲ (-۶۰)
روغنی گرمادوست	۲۵	(۱۰) ۲۸ (۱۰)	۱۰ (-۶۰)	۶۴	(۹) ۷۰ (۹)	۲۶ (-۶۰)	۱۷۳	(۱۰) ۱۸۹ (۱۰)	۶۹ (-۶۰)	۲۵	(۱۰) ۲۵ (۱۰)	۹ (-۶۰)
درختان سردادوست	۱۳۷	(۰) ۱۳۷ (۰)	۱۹۹ (-۴۵)	۱۵۹۵	(۰) ۱۵۹۵ (۰)	۱۸۳۳ (-۱۵)	۸۲۵	(۰) ۸۲۵ (۰)	۹۴۸ (-۱۹)	۳۴۶	(۰) ۳۴۶ (۰)	۵۱۴ (-۴۸)
درختان گرمادوست	۸۷	(۰) ۸۷ (۰)	۴۵ (-۴۹)	۱۲۵۱	(۰) ۱۲۵۱ (۰)	۶۳۷ (-۴۹)	۱۲۵۰	(۰) ۱۲۵۰ (۰)	۵۸۰ (-۵۴)	۱۸۵	(۰) ۱۸۵ (۰)	۹۱ (-۵۱)
سبزی و صیفی	۵۱	(۲۳) ۳۹ (-۲۳)	۳۸ (-۲۶)	۲۳۶۱	(۱۵) ۲۰۱۸ (-۱۵)	۲۰۲۸ (-۱۴)	۳۱۸	(۱۷) ۲۶۲ (-۱۷)	۲۵۹ (-۱۹)	۲۴۰	(۷) ۲۵۷ (۷)	۲۸۶ (-۱۹)
کل	۸۱۱	(۳) ۷۸۷ (-۳)	۶۱۳ (-۲۴)	۱۰۳۵۰	(۶) ۹۷۶۵ (-۶)	۷۰۰۳ (-۳۲)	۴۴۰۹۴۶۱۹ (-۵)	۳۰۰۷ (-۳۵)	۱۰۱۱	(۱) ۱۰۲۲ (۱)	۱۰۱۱	(۰) ۱۰۱۱ (۰)