Doi: 10.22034/IAES.2023.2006473.2004

اقتصاد کشاورزی/جلد ۱۸/شماره۱/صفحه های ۱۵۰-۱۲۱

اصلاح الگوی کشت محصول‌های زراعی در راستای توسعه پایدار کشاورزی در شهرستان شیراز مبتنی بر همبست آب–غذا–محیط زیست

الهام نورپوری، سید نعمت الله موسوی، رضا مقدسی[۱]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۵/۲۵

چکیده

به دلیل اثرگذاری‌های سوء فعالیت‌های تولیدی بخش کشاورزی بر محیط‌زیست به ویژه آلودگی آب و خاک، یکی از مهم‌ترین تصمیم‌ها در بخش کشاورزی تخصیص بهینه منابع تولید است. در این بررسی تلاش شد تا با یک رویکرد چند هدفه مبتنی بر همبست آب–غذا و محیط زیست، الگوی کشت بهینه‌ای برای محصول‌های زراعی شهرستان شیراز پیشنهاد دهد. هدف‌های مورد نظر در این تحقیق شامل بیشینه کردن سودمندی اقتصادی، کمینه کردن مصرف آب، کمینه کردن مصرف کودها و سم‌های شیمیایی و بیشینه کردن امنیت غذایی می‌باشد. به‌منظور حل مدل برنامه‌ریزی چندهدفه از روش وزنی استفاده شد. اطلاعات موردنیاز در این مطالعه شامل اطلاعات الگوی تولید، مصرف نهاده‌ها، قیمت و عملکرد محصول‌های عمده زراعی شهرستان شیراز در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ بود که از طریق اسناد کتابخانه‌ای و تکمیل پرسشنامه به روش نمونه گیری تصادفی گردآوری شد. نتایج مطالعه نشان داد سطح زیرکشت بیشتر محصول‌های زراعی این شهرستان در الگوی بهینه با ترکیب هدف‌ها با کاهش همراه است. محصول پیاز در اولویت کشت قرار نگرفت و سطح زیرکشت خیار، عدس، جو و لوبیا با افزایش همراه است. در مجموع این الگو قادر خواهد بود مصرف آب در بخش کشاورزی را معادل ۱۰/۷۵ درصد کاهش دهد. کاهش ۱۰/۲۶ درصدی سطح زیرکشت شهرستان شیراز با کاهش ۱۰/۶۰ درصدی مصرف کودهای شیمیایی و کاهش ۱۰/۳۷ درصدی سم‌های شیمیایی همراه است. با این حال هزینه مدیریت مصرف منابع تولید در این الگو کاهش ۹/۷۱ درصدی سود کشاورزان این شهرستان خواهد بود. بنابراین اگر سیاست گذار تمایل دارد به هدف‌های زیست محیطی دست یابد باید این نکته را در نظر گیرد که مشوق اصلی کشاورزان برای تولید انگیزه‌های اقتصادی تولید است. لذا سیاست گذاران باید راه حل‌های مناسبی برای متمایل کردن کشاورزان به الگوی پیشنهادی پیدا کنند.

طبقه‌بندی JEL: C02, C61, D22, O13

واژه‌های کلیدی: برنامه‌ریزی، کشاورزی، محیط زیست، پایداری

۱ به ترتیب: دانشجو دکترا و دانشیار(نویسنده مسئول) گروه اقتصاد کشاورزی ،واحد مرودشت،دانشگاه آزاد اسلامی ،مرودشت،ایران. دانشیار گروه اقتصاد، ترویج و آموزش کشاورزی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران. ایران
Email:seyed_1976mo@yahoo.com

مقدمه

افزایش روز افزون جمعیت در جهان، گرم شدن کره زمین، تغییر اقلیم و خشکسالی‌های اخیر بشر را با کمبود منابع آب روبرو ساخته است. از سوی دیگر تأمین غذای جمعیت جهان روز به روز با افزایش روز افزون جمعیت دشوارتر می‌شود. تشدید دخالت‌های انسان در محیط زیست و چرخه آب از یک سو و محدودیت منابع آب در مقابل نیازهای روز افزون از سوی دیگر و نیز کشت محصول‌های با نیاز آبی بالا توسط کشاورزان برای درآمد بیشتر، منابع آب شیرین را به خطر انداخته و همچنین به دلیل کمبود بارش در منطقه‌های خشک و نیمه خشک برداشت از منابع آب زیر زمینی افزایش یافته است. محدودیت منابع آب در بسیاری از کشورها چالش جدی برای آن‌ها محسوب می‌شود به طوری که این محدودیت توانسته رشد این کشورها را تحت تأثیر قرار دهد. مدیریت منابع آب به‌عنوان مهم‌ترین منبع تجدیدپذیر اما محدود، از جمله مهم‌ترین چالش‌های این سده بوده و موجبات نگرانی‌های عمده‌ی جهانی را فراهم آورده است (Layani *et al.*, 2023).

در کشاورزی به دلیل اتکای بی‌رویه بر مصرف نهاده‌ها به‌ویژه، کودها و سم‌های شیمیایی و بهره-برداری بی‌رویه از منابع آب، فشار بی‌رویه‌ای بر محیط زیست وارد شده است (Baylin et al., 2004). در دهه‌های اخیر، به دلیل نگرانی از چالشو بحران‌های زیست محیطی، نظام‌های کشاورزی پیشرفته (مدرن) مورد انتقاد شدید قرار گرفته و کشاورزی پایدار اهمیت بسیار زیادی یافته است.

از جمله مهم‌ترین تصمیم‌های کشاورزان، تخصیص بهینه منابع است که این عمل اغلب از طریق تعیین الگوی بهینه‌ی کشت صورت می‌گیرد. با استفاده از این الگو می‌توان بیشترین درآمد حاصل از مصرف میزان معینی از نهاده‌ها و یا دست کم هزینه‌ی ایجاد ترکیب خاصی از محصول‌ها را تعیین کرد (Mirzaei et al., 2019). الگوی بهینه کشت با توجه به فرصت‌ها و تهدیدهای اکوفیزیولوژیکی، عامل‌های تولید، مسئله‌های اقتصادی، عامل‌های زیست محیطی و اجتماعی و فناوری (تکنولوژی) نوین تولید طراحی می‌شود. طراحی و اجرای الگوی بهینه کشت سال‌هاست در بسیاری از کشورهای جهان به کار گرفته شده و به کمک آن بسیاری از مسئله‌های تولید محصول‌های زراعی نیز مرتفع شده است. تعیین الگوی بهینه کشت و به دست آوردن ترکیب مناسبی از محصول‌ها که بتواند با صرف کمترین هزینه بالاترین میزان بازده و بیشترین درآمد را

برای کشاورزان داشته باشد، از جمله مسئله‌های اساسی در زمینه برنامه‌ریزی تولید محصولات کشاورزی است (Mardani Najafabadi et al., 2019). چنین الگویی می‌تواند تا بالاترین میزان بازده را با توجه به محدودیت‌ها و شرایط موجود هر منطقه، عاید کشاورز کند. برنامه‌ریزی تولید محصول در یک فصل زراعی خاص، هم به لحاظ اقتصادی و هم از نقطه‌نظر مدیریت منابع، مسئله‌ای بسیار مهم است زیرا یک کشاورز منابع محدود خود را به فعالیت‌هایی با بیشترین نرخ بازگشت اقتصادی تخصیص می‌دهد (Byline et al., 2004).

لزوم طرح‌ریزی همه‌جانبه و فراگیر (سیستمی) در بخش کشاورزی در کشورهای درحال‌توسعه از جمله ایران به‌منظور استفاده کارا از منابع تولید کشاورزی برای دست یافتن به بیشترین بازدهی اقتصادی با نگاه به ملاحظه‌های زیست محیطی و اجتماعی ضروری به نظر می‌رسد. مسئله‌هایی از جمله امنیت غذایی، توجه به مسئله خودکفایی، ماهیت منابع تولید، تغییرپذیری‌های اقلیم، کاهش دسترسی به منابع آب و تخریب محیط زیست درنتیجه استفاده بی‌رویه از کودها و سم‌های شیمیایی اهمیت تعیین الگوی کشت بهینه با رویکرد تفکر فراگیر و توجه به اصل پایداری در کشاورزی را روزافزون کرده است. با توجه به ارتباط نزدیک سامانه‌های آب-غذا و محیط زیست و همچنین تاثیر متقابل آن‌ها بر یکدیگر مفهوم جدیدی به نام رویکرد پیوندی یا رویکرد همبست مطرح شده است. دستیابی به چنین تحلیل یکپارچه‌ای درک بهتری از کنش و واکنش‌های موجود میان محیط زیست و فعالیت‌های انسانی فراهم می‌آورد. بنابراین با شناسایی ارتباط میان منابع موجود در این حوزه‌ها، می توان به اتخاذ برنامه‌ها، تصمیم‌گیری‌ها و سیاست‌های جامع‌تر و امنیت آب و غذا و در نهایت توسعه کشور کمک شایانی کرد (Bagheri, 2018 and Fabiani et al., 2020).

مرور ادبیات موضوع نشان می‌دهد که بررسی و ارزیابی‌های مختلفی در داخل و خارج از کشور به موضوع اصلاح الگوی کشت پرداختند. در بین بررسی‌های داخلی، Mirzaei et al. (2019) در بررسی‌های خود به تعیین الگوی کشت بهینه بخش مرکزی شهرستان سیرجان با توجه به پایداری منابع آب و محیط زیست با استفاده از برنامه‌ریزی خطی چندهدفه پرداختند. داده‌های مورد استفاده از طریق تکمیل پرسشنامه گردآوری شد. نتایج الگوهای بهینه نشان داد که برای کشتزارهای کوچک‌تر از پنج هکتار محصول یونجه سطح زیرکشت کمتر و محصول جو در الگوی بهینه با وزن بیشتر هدف‌های کمینه‌سازی مصرف آب و کودهای شیمیایی، سطح زیرکشت بیشتری نسبت به الگوی کنونی را به خود اختصاص می‌دهد، اما در الگوی بهینه با وزن بیشتر

هدف بیشینه‌سازی بازده ناخالص و وزن یکسان هدف‌ها، محصول پیاز جایگزین این محصول می‌شود. همچنین نتایج برای کشتزارهای بزرگ‌تر از ۵ هکتار نشان داد که برای تامین همزمان هدف‌ها محصول یونجه کمتر و محصول‌ها جو و پیاز بیشتر از الگوی کنونی کشت شوند. در پایان مشخص شد که کشتزارهای بزرگ‌تر از لحاظ سوددهی بهتر از کشتزارهای کوچک‌تر عمل کرده‌اند اما از لحاظ مصرف آب کارا عمل‌نکرده‌اند. همچنین Abdeshahi et al. (2020) در بررسی-های به تعیین الگوی بهینه کشت محصولات کشاورزی با رویکرد مدل برنامه ریزی چند هدفه استوار برای شهرستان ملاثانی پرداختند. بنا بر نتایج این بررسی افزایش سطح زیرکشت جو، سبزی‌ها و کاهش سطح زیرکشت کلزا و گندم برای این منطقه پیش بینی شد. نتایج بررسی الگوی کشت در الگوی چند هدفه نسبت به سطح زیرکشت جاری گویای پیشنهاد جدی در کاهش سطح زیرکشت برخی محصولات کشاورزی دارد. بیشترین و کمترین سود در هر هکتار به ترتیب مربوط به دو الگوی بیشینه سازی سود خالص و الگوی جاری با ۱۸/۱ و ۱۶/۸ میلیون ریال در هر هکتار است. در همین زمینه Marzban et al. (2020) به منظور کاهش آثار زیست محیطی تولید کشاورزی به بازطراحی الگوی کشت با رویکرد ارزیابی چرخه حیات و برنامه ریزی چندهدفه در شرق استان لرستان پرداختند. در الگوی کشت بهینه سطح زیرکشت چغندرقند ۲۲ و لوبیا ۲ درصد نسبت به الگوی جاری افزایش و سطح زیرکشت کلزا ۵۰ درصد، سیب زمینی ۳۴ درصد، نخود ۲۱ درصد و عدس ۳ درصد نسبت به الگوی جاری کاهش یافت. در ادامه Layani et al. (2023) به تدوین الگوی کشت سازگار به محیط زیست با رویکرد برنامه ریزی چندهدفه در شهرستان ساری پرداختند. در این بررسی هدف‌های اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی مورد توجه قرار گرفت. به منظور کمی سازی اثار زیست محیطی تولید کشاورزی از روش ارزیابی چرخه حیات استفاده شد. نتایج نشان داد محصول‌هایی مانند یونجه، پنبه و ذرت در این شهرستان در اولویت کشت قرار نگرفتند. همچنین همه‌ی محصول‌های گروه غلات با کاهش سطح زیرکشت رو به رو شدند. مجموع سطح زیرکشت این شهرستان کاهش ۱۵ درصدی را تجربه کرد و میزان صرفه جویی در مصرف آب در بخش کشاورزی در نتیجه اصلاح الگوی کشت ۱۲/۹۱ درصد پیش بینی شد. در بین بررسی‌های خارجی Manos et al. (2010) به طراحی یک مدل برای تعیین الگوی کشت منطقه‌های شمالی مصر پرداخته و از مدل های برنامه ریزی چند هدفه برای حل آن استفاده کردند. نتایج کلی بدست آمده از این بررسی‌ها بیانگر

توانایی بیشتر مدل‌های چند هدفه نسبت به مدل‌های تک هدفه بود. Jain et al. (2021) در بررسی‌های خود از یک الگوریتم ترکیبی بهینه سازی برای حل مسائل چندهدفه در تعیین الگوی کشت بهینه استفاده کرد. نتایج این بررسی‌ها نشان داد با تأکید بر هدف‌های زیست محیطی مصرف کودهای شیمیایی در منطقه مورد مطالعه کاهش می‌یابد. Chen et al. (2022) در شرایط رشد جمعیت، ملاحظه‌های اقتصادی و تغییرپذیری‌های اقلیم به تعیین الگوی کشت بهینه با رویکرد توسعه پایدار در کشاورزی پرداختند. نتایج نشان داد که با کاهش سطح زیرکشت برنج و سویا تعادل شاخص‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی نسبت به شرایط کنونی ۱۰/۷ درصد افزایش می‌یابد. Punnathanam and Shastri (2022) در تحقیقی با عنوان «تأثیر تغییر در الگوی کشت بر طراحی سامانه انرژی زیستی: تجزیه و تحلیل و بهینه سازی تصادفی» نشان دادند که تغییرپذیری‌ها در الگوی کشت در درجه اول بر هزینه‌های تهیه مواد اولیه و حمل و نقل تأثیر می‌گذارد. همچنین نتایج نشان داد که تغییرپذیری‌های الگوی کشت مورد انتظار باید در طراحی سامانه‌های پالایشگاه زیستی در نظر گرفته شود. در چندی پیش در ایران Ahani et al. (2023) با پیشنهاد یک مدل برنامه ریزی چندهدفه با رویکرد همبست آب-غذا-انرژی الگوی بهینه کشت را برای استان خراسان رضوی به دست آوردند. نتایج نشان داد با به کار گیری رویکرد همبست در انتخاب سطح زیرکشت محصول‌های زراعی در محدوده مطالعاتی سطح زیرکشت در الگوی بهینه ۴۸/۳۸ درصد، مصرف آب آبیاری ۲۵ درصد، انرژی ۵۳/۱۱ درصد، و میزان تولید کالری محصولات ۳۳ درصد، مقدار مصرف سم و کود ۳۸/۳ درصد، هزینه تولید ۶۰/۸ درصد، انتشار گازهای گلخانه‌ای ۴۰ درصد، مصرف سوخت دیزل ۳۸/۴ درصد، و تولید کل ۳۳ درصد کاهش و سود خالص کشاورزان ۴۹/۳ درصد افزایش یافته است. Mahdavian et al. (2022) نیز در پژوهشی به ارزیابی پیوند غذا، انرژی و آلودگی محیط زیست در ایران پرداختند. در این بررسی از یک مدل اقتصادسنجی غیرخطی استفاده شد. نتایج این بررسی نشان داد یک تکانه منفی مصرف انرژی بیشتر از تکانه مثبت بر تولید کشاورزی اثرگذار است. همچنین تکانه منفی انتشار دی اکسید کربن تاثیر مثبتی بر تولید دارد. تکانه‌های مثبت و منفی در تغییرپذیری-های دما تاثیر فزاینده و کاهشی بر تولید خواهد داشت.

مرور نتایج بررسی‌های گذشته گویای آن است که به کاربرد مدل برنامه ریزی چندهدفه در بازطراحی الگوی کشت تاکید شده است. کاربرد مدل برنامه ریزی چندهدفه با تاکید بر ملاحظه-های اقتصادی و زیست محیطی مبتنی بر همبست آب-غذا و محیط زیست در برنامه ریزی الگوی

تولید در بخش کشاورزی می‌تواند نقش موثری در سیاست گذاری موثر در این بخش داشته باشد. این اقدام می‌تواند به عنوان نخستین و مهم‌ترین گام در راستای دستیابی به توسعه پایدار کشاورزی به شمار آید.

روش تحقیق

مدل برنامه ریزی چند هدفه

بهینه سازی چند هدفه، حوزه‌ای از تصمیم‌گیری چند معیاری به شمار می‌آید. بهینه سازی چند هدفه با مسئله‌های بهینه‌سازی اصول ریاضی سروکار دارد که در آن‌ها نیاز است بیش از یک تابع هدف، به طور همزمان، بهینه‌سازی شوند. در بخش کشاورزی از سوی بهره‌برداران و همچنین سیاست‌گذاران چند هدف به طور توأم دنبال می‌شود که البته به حتم با یکدیگر هم-جهت نیستند. از این رو باید از رهیافت چندهدفی استفاده شود. به طورکلی مسئله‌های بهینه سازی چند هدفه را می‌توان به صورت معادله‌های زیر تعریف کرد (Cristobal, 2012):

$$\begin{aligned} &min/\max f_1(x).f_2(x) \ldots . f_n(x) \\ &subject\ to: \\ &x \in U \end{aligned} \qquad (۱)$$

که در این رابطه x راه حل یا متغیر تصمیم، n شمار هدف‌ها در مسئله مورد نظر، U مجموعه امکان پذیر، $f_n(x)$ نیز n امین تابع هدف است که بسته به مسئله مورد بررسی لازم است بیشینه و یا کمینه شود. مهم‌ترین ویژگی در چنین روش‌هایی این است که با به‌کارگیری مدل‌های بهینه سازی چند هدفه بیش از یک پاسخ ممکن برای مسئله مورد نظر در اختیار تصمیم‌گیران قرار گرفته می‌شود. هر یک از این پاسخ‌ها، موازنه میان تابع‌های هدف مختلف را نمایش خواهند داد.

برخی از محققان تلاش کردند تا روش‌های مختلفی برای حل مسئله‌های برنامه‌ریزی چندهدفه با ملاحظه‌های مختلف ارایه و طبقه بندی کنند. Hwang and Masud (1979) و بعدها Miettinen (2001) بسته به نحوه بیان ترجیح‌های تصمیم گیرنده، روش‌های بدون ترجیح[1]، روش‌های پیشینی[2]، روش‌های پسینی[3] و تعاملی[4] را پیشنهاد کردند. در روش اول ترجیح‌های تصمیم گیرنده در فرآیند مدل‌سازی در نظر گرفته نمی‌شود. مسئله را می‌توان با یک

[1] No-preference methods
[2] Priori-methods
[3] Posteriori-methods
[4] Interactive methods

روش ساده حل کرد و راه‌حل به دست آمده را به تصمیم گیرنده ارایه کرد که می‌تواند آنرا بپذیرد یا رد کند. در روش‌های پیشینی، انتظارها و نظرهای تصمیم گیرنده پیش از فرآیند حل موردتوجه قرار می‌گیرد. این روش مستلزم این است که تصمیم گیرنده از اولویت هر هدف از مجموعه هدف‌ها در مسئله بهینه سازی ترکیبی، مطلع باشد. در روش‌های پسینی هیچ ترجیحی از تصمیم گیرنده در نظر گرفته نمی‌شود. پس از تولید مجموعه پارتو، تصمیم گیرنده راه‌حلی را از مجموعه پاسخ‌های ممکن انتخاب می‌کند. در نهایت در روش‌های ترجیحی تعاملی، ترجیح‌های تصمیم گیرنده در طول فرآیند به طور پیوسته استفاده می‌شود و با ادامه فرآیند این ترجیح‌ها با هدف‌ها تنظیم می‌شوند. در این بررسی به روش‌های ترجیحی پیشینی و رهیافت معیارهای وزنی برای دستیابی به الگوی کشت بهینه بهره گرفته شد.

دیدگاه اصلی این روش یافتن نزدیک ترین راه‌حل عملی برای یک نقطه مرجع است که به طور معمول نقطه مطلوب نامیده می‌شود. برخی از محققان همچون Duckstein (1984) و Zeleny (1973) این روش را برنامه نویسی توافقی می‌دانند. متداول‌ترین معیارها برای اندازه-گیری فاصله بین نقطه مرجع و منطقه ممکن، معیارهای Lp-metric است.

$$L_P(f) = \left[\sum_{i=1}^{k} |f_i^0 - f_i(x)|^p\right]^{1/p} . 1 \le p \le \infty \qquad (۲)$$

که f_i^0 بردار پاسخ‌های مطلوب است. در حالت کلی انحراف نسبی را می‌توان به صورت $\frac{f_i^0 - f_i(x)}{f_i^0}$ در نظر گرفت. بنابراین می‌توان نوشت:

$$L_P(f) = \left[\sum_{i=1}^{k} \left|\frac{f_i^0 - f_i(x)}{f_i^0}\right|^p\right]^{1/p} . 1 \le p \le \infty \qquad (۳)$$

که $1 \le p \le \infty$ است. ارزش P مشخص کننده درجه تاکید به انحراف‌های موجود است؛ به گونه ای که هر چه این ارزش بزرگ‌تر باشد، تاکید بیشتری بر بزرگ‌ترین انحراف‌ها خواهد بود و اگر $P=\infty$ شود، بدان مفهوم خواهد بود که بزرگ‌ترین انحراف از انحراف‌های موجود برای بهینه سازی، مدنظر واقع می‌گردد. مقدارهای متفاوتی برای p ذکر شده است که برخی $p=1$ و برخی $p=2$ را مناسب دانسته‌اند، آشکار است که حالت اول بدین مفهوم است که مجموع نسبی انحراف‌ها حداقل شود و حالت دوم به مفهوم کمینه کردن مجموع توان دوم انحراف‌های نسبی می‌باشد.

از روش Lp-metric مسئله توافقی زیر به دست آید:

$$Minimize \left(\sum_{i=1}^{p} w_i \left|\frac{f_i^0 - f_i(x)}{f_i^0}\right|^p\right)^{\frac{1}{p}} \quad (۴)$$
$$subject\ to\ x \in X \quad \sum w_i = 1$$

که w_i وزن اهداف است که نماینده ترجیحات گروه تصمیم گیرنده می‌باشد. است. با توجه به وزن‌های مختلف اهداف، می‌توان مجموعه‌ای از نقاط بهینه را برای متغیر تصمیم تعریف کرد. بطور کلی در این روش هدف تصمیم‌گیرندگان یافتن مجموعه‌ای جواب‌های بهینه است که فاصله آن از یک حالت ایده ال از پیش تعریف شده حداقل ممکن باشد.همه‌ی هدف‌ها به صورت تکی بر مبنای مفهوم توسعه پایدار و مدل‌های برنامه ریزی چند هدفه به صورت زیر می‌تواند بیان شود.

جدول (۱) هدف‌های موردنظر در بهینه سازی الگوی کشت با رویکرد مدل برنامه ریزی چندهدفه

Table (1) desired goals in optimizing the cultivation pattern with the multi-objective planning model approach

ابعاد توسعه پایدار **Dimensions of sustainable development**	**هدف** **Objectives**	**نحوه تعریف در مدل** **Define in the model**
بعد اقتصادی Economic	هدف بیشینه سازی سود (بازده ناخالص) Profit Maximization (Gross Margin)	استفاده از بازده برنامه‌ای هر محصول در تابع هدف بر مبنای پرسشنامه و گزارش-های کتابخانه‌ای Questionnaire and library reports
آب Water	هدف کمینه سازی مصرف آب Minimizing water consumption	استفاده از نیاز خالص آبی هر گیاه بر مبنای نرم افزار نت وات، تکمیل پرسشنامه و گزارشات سازمان جهاد کشاورزی Netwat software, questionnaires and reports of the Agricultural Jihad Organization
محیط زیست Environment	حداقل کمینه مصرف کود شیمیایی Minimizing the use of chemical fertilizers کمینه سازی مصرف سم شیمیایی Minimize the use of chemical pesticides	تکمیل پرسشنامه و گزارش‌های سازمان جهاد کشاورزی Qestionnaires and reports of the Agricultural Jihad Organization
غذا Food	بیشینه سازی تولید کالری محصول‌های تولیدی Maximizing the calorie production	استفاده از گزارش‌های فائو، بررسی‌های گذشته FAO reports, previous studies

ر این مبنای تابع هدف در روش Lp-metric به صورت زیر خواهد بود:

$$Min\ zzf = w_1 \times \left(\frac{f_1^* - f_1}{f_1}\right) + w_2 \times \left(\frac{f_2^* - f_2}{f_2}\right) + \cdots + w_5 \times \left(\frac{f_5^* - f_5}{f_5}\right) \quad w_1 + w_2 + \cdots + w_5 = 1 \qquad (۵)$$

که f_1^* الی f_5^* مقدارهای مطلوب هدف‌های مورد نظر است. با توجه به اینکه برخی از هدف‌ها از نوع بیشینه سازی و برخی دیگر بصورت کمینه سازی است، بنابراین به‌منظور همسان کردن آن‌ها، دو تابع هدف کمینه سازی در نشانه منفی ضرب شده است. محدودیت‌های این مدل شامل سطح زمین در دسترس، منابع آب در دسترس، محدودیت دسترسی به کودها و سم‌های شیمیایی و نیروی کار است که به صورت زیر تعریف شد. در این روابط RHS بیشینه منابع در دسترس است.

$$\sum_{i=1}^{n} x_i \le RHS_{land-irr} \qquad (۶)$$
$$\sum_{j=1}^{m} t_j \le RHS_{land-rain}$$
$$\sum_{i=1}^{n} wr_i x_i \le RHS_{water}$$
$$\sum_{i.j=1}^{n.m} fc_i x_i + fc_j t_j \le RHS_{fertilizer}$$
$$\sum_{i.j=1}^{n.m} pc_i x_i + pc_j t_j \le RHS_{pecticide}$$
$$\sum_{i.j=1}^{n.m} lc_i x_i + lc_j t_j \le RHS_{labour}$$

که wr_i نیاز ناخالص آبی[۱] محصول i در هر هکتار، fc نیاز کودهای شیمیایی محصول‌ها در هر هکتار، pc میزان مصرف سم در هر هکتار و در نهایت lc نیروی کار مورد استفاده در هر هکتار از محصول در شهرستان شیراز است. x_i و t_j به ترتیب سطح زیرکشت محصول iام آبی و محصول jام دیم است. در این روش در آغاز هر هدف به صورت تکی بر مبنای محدودیت‌های مورد نظر حل شده و مقدار بهینه آن محاسبه می‌شود. آن‌گاه مقدارهای بهینه هدف‌های حاصل از حل مسئله به صورت تکی، در تابع (۵) لحاظ و بر مبنای مقدارهای مختلف وزن هدف‌ها که بر مبنای ترجیح‌های تصمیم‌گیرندگان اتخاذ می‌شود، با لحاظ محدودیت‌های مورد نظر، مقدارهای متغیر تصمیم که در این بررسی سطح زیرکشت محصول‌های زراعی است، تعیین می‌شود. به

۱ نیاز آبی بر مبنای نرم افزار نت وات و راندمان آبیاری ۰/۵۳ برای استان فارس تعیین شد.

منظور تعیین وزن هدف‌ها از طریق تکمیل ۱۰ پرسشنامه توسط نخبگان و خبره[۱] در زمینه کشاورزی و محیط زیست و روش تحلیل سلسه مراتبی (AHP[۲]) استفاده شد.

منطقه مورد مطالعه

شهرستان شیراز در مرکز استان فارس قرار دارد و گستره آن ۱۰۴۳۴ کیلومترمربع بوده که ۶۰/۴ درصد را منطقه‌های کوهستانی و تپه ماهوری و ۳۹/۶ درصد از منطقه را دشت و منطقه‌های پست تشکیل می‌دهد. بنا بر سرشماری عمومی نفوس و مسکن در سال ۱۳۹۵، شهر شیراز ۳۲ درصد جمعیت استان و ۸۴ درصد جمعیت شهرستان شیراز را در خود جای داده است. این شهرستان از شمال به شهرستان‌های ممسنی، سپیدان و بیضا و از جنوب به شهرستان‌های فیروزآباد، کولر و سروستان محدود است.

شکل (۱) شهرستان شیراز-استان فارس

Figure (1) Shiraz city, Fars province

در بین محصول‌های منتخب، گندم و جو از نظر سطح زیرکشت رتبه‌های اول و دوم را به خود اختصاص داده‌اند. سطح زیرکشت یونجه و ذرت علوفه‌ای نیز به ترتیب معادل ۴۹۷۲ هکتار و ۲۱۰۱ هکتار گزارش شده است. کشت کلزا نیز در این شهرستان مورد توجه کشاورزان است به طوری که از نظر سطح زیرکشت این محصول جزو ۵ محصول اول این شهرستان است.

---

۱ شامل ۴ کارشناس جهاد کشاورزی، ۴ استاد دانشگاه، ۲ کارشناس اداره کل منابع طبیعی و آبخیز داری

۲. وزن هدف‌ها بصورت ۰/۲۱ برای هدف بیشینه سود، ۰/۲۴ بصورت کمینه سازی مصرف آب، ۰/۱۷ به صورت کمینه مصرف کودهای شیمیایی، ۰/۱۸ کمینه مصرف سم‌های شمیایی و ۰/۲۰ بیشینه سازی امنیت غذایی (تولید کالری)

نتایج و بحث

اطلاعات مربوط به سطح زیر کشت، عملکرد، نیاز آبی، میزان مصرف نهاده و نیروی کار مورد نیاز برای گیاهان مختلف در شهرستان شیراز در جدول (۲) ارایه شد. ازنظر توزیع سطح زیرکشت میان محصول‌های مختلف تفاوت بالایی دیده می‌شود. در بین گروه غلات، بیشترین سطح زیر کشت مربوط به گندم (۴۰۴۱۹ هکتار) است و پس از آن به‌ترتیب برنج (۱۷۱۰۴ هکتار)، جو آبی (۷۶۹۱ هکتار) و جو دیم (۱۲۲۷ هکتار) قرار دارند. کلزا با سطح ۶۳۸ هکتار از جمله محصول‌های مهم در الگوی کشت کنونی شهرستان شیراز به شمار می‌رود که سطح زیر کشت آن طی سال‌های اخیر روند رو به رشدی داشته است. کشت این محصول در راستای رسیدن به خودکفایی در تولید روغن نباتی ازجمله اولویت‌های دولت است. از جمله حمایت‌های دولت در جهت توسعه سطح زیرکشت این محصول می‌توان به پرداخت تسهیلات برای کشت و خرید ماشین‌ها و ادوات کشاورزی، نظارت بر مرحله‌های کاشت، داشت و برداشت این محصول و خرید اشاره کرد. همچنین، این محصول نیاز آبی کم‌تری نسبت به دیگر محصول‌ها داراست و قابلیت کشت به صورت دیم و اتکا به آب سیز را داراست و جایگزینی مناسب برای محصول‌های با نیاز آبی بالا در شرایط رویارویی با خشک‌سالی به شمار می‌رود (Salari, 2024). سطح زیرکشت ذرت دانه‌ای و ذرت علوفه‌ای در شهرستان شیراز در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ به ترتیب معادل ۱۷۶ هکتار و ۶۳۵۴ هکتار می‌باشد که در مجموع ۷/۸۵ درصد از مجموع سطح زیرکشت محصول‌های زراعی این شهرستان را بخود اختصاص می‌دهند. همچنین در بین محصول‌هایی نظیر سیب زمینی، پیاز، گوجه‌فرنگی و خیار سهم محصول گوجه‌فرنگی بیش از محصولات دیگر است. به طور جزئی‌تر سطح زیر کشت این محصول در شرایط کنونی ۳۳۶۹ هکتار می‌باشد. از بین ۸۳۱۰۷ هکتار سطح زیرکشت محصول‌های زراعی در شهرستان شیراز، پیاز و خیار به ترتیب سطحی معادل ۳۱۹ هکتار و ۹۰ هکتار را به خود اختصاص داده‌اند. سطح زیرکشت چغندرقند نیز در این شهرستان ۳۵۷۲ هکتار گزارش شده است. بر مبنای جدول (۲) سطح زیرکشت عدس آبی، عدس دیم و لوبیا به ترتیب معادل ۱۱ هکتار، ۲۴۵ هکتار و ۲۵ هکتار می‌باشد.

نیاز خالص آبی محصول‌هایی مانند سیب زمینی، یونجه و برنج بیش از دیگر محصول‌ها است. همان طور که در جدول (۲) ارایه شد نیاز خالص آبی این محصول‌ها به ترتیب ۲۰۰۰۰ مترمکعب، ۱۹۵۰۹ مترمکعب و ۱۶۹۶۲ مترمکعب می‌باشد. بنابراین انتظار می‌رود با تاکید بر ملاحظه‌های زیست محیطی از جمله کمینه کردن مصرف آب در منطقه مورد مطالعه، سطح زیرکشت این

محصول‌ها دستخوش تغییر قابل‌توجه تری شوند. نیاز خالص آبی محصول‌های گندم و جو نیز به ترتیب معادل ۸۶۴۱ مترمکعب و ۷۳۵۸ مترمکعب می‌باشد. خیار و پیاز نیز در مقایسه با دیگر محصول‌ها در الگوی کشت، نیاز خالص آبی قابل‌توجهی دارند. نیاز آبی این محصول‌ها به ترتیب ۱۰۵۲۸ مترمکعب و ۱۶۲۴۵ مترمکعب گزارش شده است. همانطور که در قسمت قبل بیان شد، نیاز آبی کمتر کلزا در مقایسه با دیگر محصول‌ها، از جمله دلایل تشویق به توسعه سطح زیرکشت این محصول است. نیاز آبی این محصول معادل ۷۵۴۵ مترمکعب در هکتار می‌باشد.

بنا بر اطلاعات گزارش شده در جدول (۲) میزان مصرف کودهای شیمیایی محصول‌هایی مانند ذرت دانه‌ای، پیاز و سیب زمینی نسبت به دیگر محصول‌ها در سطح بالاتری قرار دارد. درنتیجه انتظار می‌رود با تاکید بر هدف کاهش کود شیمیایی مصرفی، سطح زیر کشت این محصول‌ها دستخوش تغییر بیشتری شوند. برای گروه غلات میزان مصرف کود شیمیایی در هر هکتار از محصول گندم معادل ۳۸۶ کیلوگرم و برای محصول جو آبی و دیم به ترتیب ۲۵۵ کیلوگرم و ۱۰۴ کیلوگرم است. برای محصول برنج نیز این متغیر معادل ۵۰۰ کیلوگرم به دست آمده است. محصول‌هایی مانند جو دیم، عدس دیم و لوبیا در بین محصول‌های منتخب کمترین نیاز کودی را به خود اختصاص دادند.

جدول (۲) سطح زیرکشت و ضریب‌های فنی مربوط به گیاهان منتخب زراعی شهرستان شیراز

Table (2) cultivated area and technical coefficients of crops in Shiraz city

نوع محصول Crops	سطح زیرکشت (هکتار) Cropland Area (Ha)	تولید کالری (کیلو) Calories (K)	نیروی کار مورد نیاز (نفر روز کار) Labor (Person)	میزان سم‌های مصرفی (کیلوگرم در هکتار) Pesticide (Kg/Ha)	میزان کودهای مصرفی (کیلوگرم در هکتار) Fertilizer (Kg/Ha)	نیاز آبی (متر مکعب در هکتار) Water requirement (M^3/Ha)	عملکرد (کیلوگرم در هکتار) Yield (Kg/Ha)
گندم آبی Wheat-I	40416	3500	11/5	1/46	386	8641	4185
جو آبی Barelay-I	7691	3890	14/4	0/72	255	7358	2803
جو دیم Barelay-R	1227	3890	14/4	0/081	104	0	649
ذرت دانه ای Corn	176	860	21/8	3/45	682	7811	9528
عدس آبی Lentil-I	11	1200	18/7	0	272	9547	848
عدس دیم Lentil-R	245	1200	10/5	0	129	0	214
چغندرقند Suger beet	3572	460	55/1	4/57	516	18056	51747
خیار Cucumber	90	120	83/1	5/78	604	10528	30067
پیاز Onion	319	400	98/5	5/23	646	16245	53713
گوجه فرنگی Tomatos	3369	180	77/7	7/76	655	13358	54206
یونجه Alfalfa	1824	220	28/1	0/51	235	19509	7873
ذرت علوفه ای Fodder corn	6354	860	21/5	1/99	596	13358	54131

ادامه جدول (۲) سطح زیرکشت و ضریب‌های فنی مربوط به گیاهان منتخب زراعی شهرستان شیراز

Table (2) cultivated area and technical coefficients of crops in Shiraz city

نوع محصول Crops	سطح زیرکشت (هکتار) Cropland Area (Ha)	تولید کالری (کیلو) Calories (K)	نیروی کار مورد نیاز (نفر روز کار) Labor (Person)	میزان سم‌های مصرفی (کیلوگرم در هکتار) Pesticide (Kg/Ha)	میزان کودهای مصرفی (کیلوگرم در هکتار) Fertilizer (Kg/Ha)	نیاز آبی (متر مکعب در هکتار) Water requirement (M^3/Ha)	عملکرد (کیلوگرم در هکتار) Yield (Kg/Ha)
لوبیا Bean	25	650	28/1	4/32	219	13264	1733
شلتوک Rice	17104	4800	38/1	7/46	500	16962	6000
کلزا Canola	638	300	15	2/44	503	7545	2530
سیب زمینی Potatos	43	770	40	2/79	655	20000	22712

منبع: سازمان جهاد کشاورزی استان فارس (۱۴۰۰)(1400) Source: Fars Province Agricultural Jihad Organization

نتایج الگوی کشت بهینه محصول‌های زراعی در شهرستان شیراز با هدف‌های مختلف در جدول (۳) ارائه شد. تحت شرایط بیشینه سازی سود مجموع سطح زیرکشت این شهرستان از ۸۳۱۰۷ هکتار در شرایط پایه به ۸۲۳۸۷ هکتار کاهش می‌یابد. در بین محصول‌های منتخب ذرت دانه‌ای و پیاز در اولویت کشت قرار نگرفتند. همچنین جو دیم، عدس آبی، خیار، لوبیا و شلتوک افزایش سطح زیرکشت را تجربه می‌کنند. سطح زیرکشت دیگر محصول‌های منتخب نیز نسبت به شرایط پایه در سطح پایین تری قرار دارد. بیشترین تغییر در سطح زیرکشت در الگوی کمینه کننده مصرف سم‌های شیمیایی رخ داده است. برای الگوی بیشینه کننده امنیت غذایی از همه‌ی سطح زیرکشت این منطقه استفاده شد. کشت محصول‌های عدس آبی، پیاز و یونجه با سیاست مدیریت منابع آب در تناقض است و در اولویت کشت این منطقه در الگوی کمینه کننده مصرف آب قرار ندارند. از سوی دیگر برای این الگو توصیه به افزایش سطح زیرکشت جو دیم، ذرت دانه‌ای، گوجه فرنگی، ذرت علوفه‌ای، لوبیا و کلزا شده است. برای الگوی کمینه کننده کود شیمیایی محصول-های عدس آبی، پیاز و کلزا از الگوی کشت خارج و سطح زیرکشت جو دیم، گوجه فرنگی، یونجه و لوبیا با افزایش نسبت به الگوی پایه همراه است. برای الگوی کمینه کننده سم‌ها نیز توصیه به افزایش سطح زیرکشت جوآبی، عدس آبی، عدس دیم، خیار، لوبیا و شلتوک شده است. در نهایت در الگوی بیشینه کننده امنیت غذایی به غیر از پیاز دیگر محصول‌های منتخب در اولویت کشت قرار دارند. سطح زیرکشت جوآبی، عدس آبی، عدس دیم، خیار، لوبیا و شلتوک با افزایش نسبت به الگوی پایه همراه است. به طور جزئی تر سطح زیرکشت پیشنهادی برای محصول گندم در بازه ۳۶۰۵۰ هکتار تا ۴۰۴۱۷ هکتار در نوسان است. بیشترین سطح زیرکشت پیشنهادی در الگوی بیشینه کردن امنیت غذایی و کمترین آن به الگوی کمینه کننده سم‌های شیمیایی مربوط است. تغییرپذیری‌های سطح زیرکشت جوآبی نیز بین ۰/۸۸- درصد تا ۳/۰۳+ درصد قرار دارد. بیشترین سطح زیرکشت پیشنهادی برای این محصول به الگوی بیشینه کننده امنیت غذایی اختصاص دارد. محصول شلتوک نیز در اغلب الگوهای پیشنهادی کاهش سطح زیرکشت را تجربه نمود. بیشترین تغییرات منفی برای سطح زیرکشت این محصول در الگوی کمینه کننده مصرف آب (۸/۳۸- درصد) و کمترین آن در کمینه کننده سم‌های شیمیایی (۷/۰۶- درصد) رقم خورده است. برای الگوی کاهنده مصرف کودهای شیمیایی نیز سطح زیرکشت این محصول معادل ۸/۲۰ درصد نسبت به شرایط پایه در سطح پایین تری قرار گرفت.

جدول (۳) الگوی کشت بهینه با هدف‌های مختلف در منطقه مورد بررسی

Tabel (3) Optimal Cropping Pattern with Different Objectives at the Study Area

بیشینه کننده تولیده کالری (هکتار) Calaries Maximizing (Ha)	الگوی کمینه کننده سم (هکتار) Pesticide Minimizing (ha)	الگوی کمینه کننده کود (هکتار) Fertilizer Minimizing (Ha)	الگوی کمینه کننده آب (هکتار) Water Minimizing (Ha)	الگوی اقتصادی (هکتار) Economic pattern (Ha)	الگوی پایه (هکتار) Baseline (Ha)	***نوع محصول Crops***
40417	36050	37103	37032	40064	40416	گندم آبی Wheat-I
17423	15895	15700	15620	17665	17104	شلتوک Rice
7925	6859	7059	7046	7623	7691	جو آبی Barelay-I
1104	1241	1347	1241	1241	1227	جو دیم Barelay-R
24	22	0	0	24	11	عدس آبی Lentil-I
368	226	80	226	226	245	عدس دیم Lentil-R
3102	2767	2248	2244	3075	3572	چغندرقند Suger beet
408	364	82	82	405	90	خیار Cucumber
1796	1602	3350	0	1780	1824	یونجه Alfalfa
0	0	0	0	0	319	پیاز Onion
637	568	0	748	631	638	کلزا Canola
65	58	60	60	65	25	لوبیا Bean
41	36	30	37	40	43	سیب زمینی Potatos
3347	2985	3417	3373	3318	3369	گوجه فرنگی Tomatos
163	0	150	224	0	176	ذرت دانه ای Corn
6286	5607	5770	8280	6231	6354	ذرت علوفه ای Fodder Corn
83107	**74281**	**76398**	**76264**	**82387**	**83107**	مجموع Total

نتایج مربوط به محصول عدس آبی و عدس دیم نشان داد کشت محصول عدس دیم در همه‌ی الگوها پیشنهاد شده است و بیشترین میزان سطح زیرکشت پیشنهادی برای این محصول در الگوی بیشینه کننده امنیت غذایی و الگوی ترکیبی رخ داده است. کشت محصول چغندر قند در تمام الگوهای پیشنهادی پایین‌تر از سطح کنونی است. برابر با انتظار سطح زیرکشت محصول خیار از ۹۰ هکتار در الگوی پایه به ۴۰۵ هکتار در الگوی اقتصادی افزایش می‌یابد. بغیر از الگوی کمینه کننده مصرف آب و کودهای شیمیایی در دیگر الگوهای مورد بررسی به افزایش سطح زیرکشت این محصول تا سطح ۴۰۸ هکتار توصیه شده است. محصول پیاز در همه‌ی الگوهای پیشنهادی مناسب برای این منطقه شناسایی نشد و کشت محصول یونجه به میزان ۳۳۵۰ هکتار در راستای دستیابی به هدف کمینه کننده کودهای شیمیایی پیشنهاد شده است. ذرت علوفه‌ای یکی از محصول‌های مهم در الگوی کشت شهرستان شیراز است که سطح زیرکشت پیشنهادی برای این محصول در بازه ۵۶۱۲ هکتار تا ۸۲۸۰ هکتار در نوسان است.

نتایج مربوط به سطح زیرکشت محصول کلزا گویای کاهش سطح زیرکشت این محصول در اکثر الگوهای پیشنهادی است. برای الگوی کمینه کننده مصرف آب توصیه به افزایش سطح زیرکشت این محصول تا سطح ۷۴۸ هکتار شد. برای الگوی کمینه کننده مصرف کودهای شیمیایی نیز در اولویت کشت قرار نگرفت. تغییرپذیری‌های سطح زیرکشت این محصول در الگوی ترکیبی نسبت به الگوی پایه نیز ۱۰/۸۴- درصد محاسبه شد. در نهایت برای محصول سیب زمینی تغییرات سطح زیرکشت در الگوی اقتصادی معادل ۵/۹۰- درصد است که این میزان در الگوی حداکثر کننده امنیت غذایی به ۵/۰۷- درصد کاهش می‌یابد.

نتایج الگوی کشت بهینه با ترکیب هدف‌های در جدول (۴) گزارش شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود محصول پیاز و عدس آبی در اولویت کشت قرار نگرفت. بغیر از محصول جو دیم، عدس دیم، خیار و لوبیا سطح زیرکشت سایر محصولات با کاهش همراه است. تغییرپذیری‌های سطح زیرکشت گندم در این الگو نسبت به شرایط پایه معادل ۱۰/۶۷- درصد پیش بینی شده است که این میزان برای محصول شلتوک معادل ۷/۴۳- درصد محاسبه شده است. سطح زیرکشت جو آبی و جو دیم نیز در الگوی ترکیبی به ترتیب معادل ۶۸۷۰ هکتار و ۱۲۴۱ هکتار پیشنهاد شده است. سطح زیرکشت ذرت دانه‌ای نیز با کاهش ۱۷/۱۳- درصد نسبت به شرایط پایه به ۱۴۶ هکتار می‌رسد.

جدول (۴) الگوی کشت بهینه باترکیب هدف‌های مختلف در منطقه مورد بررسی

Tabel (4) Optimal Cropping Pattern with Combined Multi Objectives at the Study Area

الگوی ترکیبی (هکتار) Combined pattern (Ha)	الگوی پایه (هکتار) Baseline (Ha)	محصولات Crops
36106	40419	گندم آبی Wheat-I
15832	17104	شلتوک Rice
6870	7691	جو آبی Barelay-I
1241	1227	جو دیم Barelay-R
0	11	عدس آبی Lentil-I
368	245	عدس دیم Lentil-R
3771	3572	چغندرقند Suger beet
365	90	خیار Cucumber
1604	1824	یونجه Alfalfa
0	319	پیاز Onion
569	638	کلزا Canola
58	25	لوبیا Bean
20	43	سیب زمینی Potatos
2990	3369	گوجه فرنگی Tomatos
146	176	ذرت دانه ای Corn
5615	6354	ذرت علوفه ای Fodder Corn
74575	83107	مجموع Total

سطح زیرکشت چغندر قند، خیار، گوجه فرنگی و یونجه نیز در این الگو به ترتیب معادل ۲۷۷۱ هکتار، ۳۶۵ هکتار، ۲۹۹۰ هکتار و ۱۶۰۴ هکتار بدست آمده است. کلزا نیز با سطحی معادل ۵۶۹ هکتار از محصولاهای اصلی در الگوی کشت پیشنهادی به شمار می‌رود. در نهایت تغییرپذیری‌های مجموع سطح زیرکشت این الگوی پیشنهادی نسبت به شرایط پایه معادل ۱۰/۲۶- درصد محاسبه شده است. به نظرمی‌رسد کاهش سطح زیرکشت محصول‌های کشاورزی گامی برای دستیابی به اهداف اقتصادی، زیست محیطی و امنیت غذایی باشد.

تغییرپذیری‌های سود و مصرف نهاده‌های تولید ناشی اصلاح الگوی کشت بر مبنای الگوهای پیشنهادی در جدول (۵) گزارش شده است. همان طور که ملاحظه می‌شود الگوی کشت بهینه اقتصادی، سبب کاهش ۱/۰۱ درصدی مصرف آب، ۱/۰۷ درصدی کودهای شیمیایی، افزایش ۰/۱۴ درصدی مصرف سم‌های شیمیایی و در نهایت، افزایش ۰/۳۳ درصدی بازده برنامه‌ای شد. در این شرایط، حدود ۰/۸۶ درصد از سطح زیر کشت منطقه کاهش یافت. نخستین مؤلفه مهم امنیت غذایی، مسئله امنیت منابع پایه تولید است. در کشور ما به لحاظ شرایط کشاورزی؛ منابع پایه، چه منابع آب و چه منابع خاک، دچار بهره‌برداری بی‌رویه، فرسایش و استهلاک شدید می‌باشند که این موضوع به همراه دوره‌های خشکسالی ادواری، نشست دشت‌ها، سرعت بالای تبخیر؛ کشاورزی کشور را با مسئله‌ها و چالش‌های زیادی روبرو کرده است. از این‌رو اعمال هرگونه بسته سیاستی در جهت مدیریت منابع آبی و اهتمام در صیانت از سفره‌های آب زیرزمینی به منظور تاب‌آوری غذایی پیشنهاد و تاکید می‌شود. همان طور که ملاحظه شد الگوی کشت پیشنهادی با تاکید بر ملاحظه‌های اقتصادی می‌تواند به رغم افزایش سود کشاورزان، مصرف نهاده‌های آب و کودهای شیمیایی را نیز کاهش دهد.

نتایج نشان داد با اصلاح الگوی کشت بر مبنای الگوی پیشنهادی کمینه کننده آب می‌توان مصرف آب در بخش کشاورزی را تا ۱۱/۷۴ درصد نسبت به شرایط پایه کاهش داد. در الگوی کمینه کننده مصرف کودهای شیمیایی با کاهش ۸/۰۷ درصدی سطح زیرکشت محصول‌های زراعی، میزان مصرف آب در بخش کشاورزی با کاهش ۷/۲۳ درصدی همراه بود. از جمله راه‌های اصلی در جهت مدیریت مصرف آب در کشور، تغییر الگوی کشت متناسب با توان بالقوه آبی هر منطقه است به طوری که بتوان از هر قطره آب غذای بیشتری تولید کرد. الگوی پیشنهادی با ملاحظه‌های زیست محیطی (کاهش مصرف آب-کودهای شیمیایی و سم‌های شیمایی) نیز در همین راستا حرکت می‌کند. اما هزینه صرفه جویی در مصرف آب در منطقه مورد بررسی در سه

الگوی کمینه کننده مصرف آب، کمینه کننده مصرف کودهای شیمیایی و کمینه کننده مصرف سم‌های شیمیایی به ترتیب کاهش ۹/۸۱ درصدی، ۹/۵۵ درصدی و ۹/۶۹ درصدی در بازده برنامه‌ای نسبت به الگوی کنونی بود. بنظر می‌رسد به منظور جبران زیان ناشی از تغییر الگوی کشت، لازم است به سرمایه گذاری در اشتغال بیرون از کشتزار توجه شود. بنابراین اگر سیاست گذار تمایل دارد هدف‌های زیست محیطی را محقق سازد باید این نکته را در نظر گیرد که مشوق اصلی زارعین برای تولید، انگیزه‌های اقتصادی است. لذا سیاست گذاران باید راه حل‌های تشویقی مناسبی برای هدایت کردن کشاورزان به الگوی پیشنهادی پیدا کنند.

نتایج گویای این حقیقت است که الگوی پیشنهادی با تاکید بر بیشینه کردن امنیت غذایی نیز با کاهش مصرف نهاده‌ها و افزایش بازده برنامه‌ای روبه رو بود. میزان تغییر در بازده برنامه‌ای در نتیجه الگوی کشت پیشنهادی در این شرایط معادل ۰/۰۳+ درصد خواهد بود. این الگو می‌تواند از همه‌ی سطح زیرکشت منطقه استفاده نماید. اصلاح الگوی کشت بر این مبنا به ترتیب منجر به کاهش ۰/۴۵ درصد در میزان تقاضای آب کشاورزی، کاهش ۲/۱۶ درصدی مصرف کودها و افزایش ۰/۱۲ درصدی مصرف سم‌های شیمیایی شد. در نهایت الگوی کشت پیشنهادی در شرایط تلفیق هدف‌های اقتصادی و زیست محیطی به گونه‌ای بود که می‌تواند به صرفه جویی ۱۰/۷۵ درصدی مصرف آب کمک کند. این در حالی است که میزان بازده برنامه‌ای در منطقه مورد مطالعه با کاهش ۹/۷۱ درصدی همراه بود. با کاهش ۱۰/۲۶ درصدی سطح زیرکشت محصول-های زراعی در این شهرستان میزان تغییر در مصرف کودها و سم‌های شیمیایی نیز معادل ۱۰/۶۰- درصد و ۱۰/۳۷-درصد پیش بینی شده است.

جدول (۵) نتایج الگوی کشت بر سود کشاورزان و مصرف نهاده‌های تولید
Table (5) results of the cultivation pattern on the profit and inputs consumption

	الگوهای زراعی Crop patern	بازده برنامه‌ای (میلیارد ریال) Gross margin (Miliard Rial)	مصرف آب (میلیون مترمکعب) Water consumption (mcm)	مصرف کودها (هزار کیلوگرم) Fertilizer (1000Kg)	مصرف سم‌ها (هزار لیتر) Pesticide (1000L)	سطح زیرکشت Cropland area (Ha)
	الگوی پایه Baseline	5642	905.21	35307.14	253.29	**83107**
درصد تغییرات % Change	الگوی اقتصادی Economic pattern (Ha)	+0.34	-1.01	-1.07	+0.14	-0.86
	الگوی کمینه کننده آب Water Minimizing (Ha)	-9.81	-11.74	-6.45	-8.06	-8.23
	الگوی کمینه کننده کود Fertilizer Minimizing (Ha)	-9.55	-7.23	-9.48	-9.90	-8.07
	الگوی کمینه کننده سم Pesticide Minimizing (ha)	-9.69	-10.93	-12.26	-9.88	-10.62
	الگوی بیشینه کننده تولید کالری Calaries Maximizing (Ha)	+0.03	-0.45	-2.16	+0.12	0
	الگوی ترکیبی Combined pattern (Ha)	-9.71	-10.75	-10.60	-10.37	-10.26

نتیجه گیری و پیشنهادها

از جمله مهم‌ترین تصمیم‌گیری‌های کشاورزان، تخصیص بهینه منابع است که با تعیین الگوی بهینه کشت بوسیله برنامه ریزی خطی می‌توان کشاورزان را در این تصمیم‌گیری‌ها حمایت کرد. با استفاده از این الگو می‌توان بیشترین درآمد ناشی از مصرف میزان معینی از نهاده‌ها و یا دست

کم هزینه‌ی ایجاد ترکیب خاصی از محصول‌ها را تعیین کرد. در راستای هدف اصلی پژوهش، تعیین الگوی کشت بهینه سازگار و هماهنگ با توانمندی‌های هر منطقه، از برنامه ریزی چندهدفه استفاده شد. به طورکلی نتایج بیانگر کاهش سطح زیرکشت محصول‌های زراعی در جهت دستیابی به هدف‌های اقتصادی و زیست محیطی است. با تغییر الگوی کشت به سمت الگوی ترکیبی پیشنهادی برای شهرستان شیراز استان فارس، کاهش ۹/۷۱ درصدی سود پیش بینی شده است. اما این تغییر گام موثری در کنترل مصرف آب، کودهای شیمیایی و سم‌های شیمیایی است. نتایج مطالعه Chen et al. (2022) نیز تأییدی بر بهبود شاخص‌های اقتصای، اجتماعی و زیست‌محیطی با کاهش سطح زیرکشت محصولات زراعی است. با توجه تأثیرهای منفی انتظاری کاهش سطح زیرکشت در منطقه و تأثیرهای آن بر تولید و درآمد کشاورزان، توسعه فعالیت‌های غیرزراعی و صنایع کوچک تبدیلی در روستاها به منظور جبران آسیب‌های ناشی از تغییرپذیری‌های احتمالی می‌تواند موثر واقع شود. کاهش سطح زیرکشت محصول‌هایی مانند ذرت، گوجه فرنگی و سیب زمینی در الگوی پیشنهادی بیانگر آن است که محصول‌های با سود بالا می‌توانند اثرهای محیطی قابل توجهی ایجاد کنند. لذا توجه صرف به هدف‌های اقتصادی در طراحی الگوی کشت باعث افزایش مصرف سم‌ها و کودها شیمیایی می‌شود (Mardani Najafabadi and Mirzaei, 2019) که این امر اثرهای محیطی از جمله اسیدی شدن و پرغذایی و مردابی شدن[1] در بوم نظام‌های کشاورزی را تشدید خواهد کرد (Acosta-Alba et al. 2019). این در حالی است که محصول کم بازدهی مانند عدس، لوبیا و جو در این شهرستان جزو محصول‌های اصلی در الگوی بهینه بشمار می‌رود. از آنجا که محصولی مانند گوجه فرنگی و سیب زمینی محصولی پر بازده و عدس، لوبیا و جو محصول‌هایی کم بازده است، بهره‌برداران کمتر تمایل به این تغییر نشان می‌دهند. از این رو توسل به ابزارهای حمایتی مانند حمایت قیمتی از محصول‌هایی با نیاز آبی کمتر می‌تواند موثر واقع شود. محصول‌هایی مانند خیار نیز بدلیل سوددهی مناسب، در الگو بهینه با تلفیق هدف‌ها، سطح زیر کشت بیشتری را نسبت به الگوی پایه به خود اختصاص داده اند. سطح زیرکشت لوبیا تقریباً بدون حمایت ویژه دولتی بیش‌تر تحت تأثیر قیمت فروش در بازار و در مواردی ضرورت رعایت تناوب زراعی با محصول گندم است. لوبیا دارای قیمت تضمینی بوده، و به نظر می‌رسد این قیمت در مقایسه با دیگر محصول‌ها،

[1] Eutrophication

توانسته کشاورزان را ترغیب به توسعه سطح زیرکشت این محصول کند. در الگوی کشت پیشنهادی اگرچه محصول کلزا کاهش سطح زیرکشت را تجربه می‌کند، اما این محصول جزو محصول‌های اساسی در ترکیب کشت استان فارس به شمار می‌رود. کشت دانه روغنی کلزا برای تولید پایدار گندم نیز ضروری است، زیرا این دانه روغنی در تناوب کشت با گندم سبب تقویت خاک، کاهش آفات و بیماری‌ها، استفاده بهینه از آب و در نهایت افزایش تولید گندم می‌شود. کشت پیوسته گندم در اراضی زراعی سبب کاهش توان رویشی اراضی و افت قابل توجه میزان تولید گندم شود که برای جلوگیری از این روند باید محصول دیگری را در تناوب کشت گندم برای کشت جایگزین در نظر داشت و بررسی‌های علمی نشان می‌دهد دانه روغنی کلزا بهترین نوع محصول در این زمینه است. با توجه به کاهش سطح زیرکشت کلزا در الگوی پیشنهادی به نظر می‌رسد افزایش عملکرد در واحد سطح این محصول به منظور نیل به اهداف خودکفایی روغن امری ضروری است. امنیت غذایی مقوله بسیار مهمی است که یکی از ارکان توسعه پایدار به حساب می‌آید و براساس آمارها جمعیت جهان تا سال ۲۱۰۰ میلادی به ۱۱ میلیارد نفر خواهد رسید که مصرف مواد غذایی نیز در این افق افزایش خواهد داشت. تحلیل ها نشان می دهند تا سال ۲۰۵۰، نیاز برای تولیدات کشاورزی در منطقه غرب آسیا و شمال آفریقا ۱۵۰ درصد افزایش می‌یابد از این رو لازم است از هم اکنون برنامه ریزی دقیق برای رفع نیاز به محصول‌های کشاورزی انجام شود. در این میان روغن از جمله کالاهای اساسی و نیازهای ضروری است و با تولید محصول‌های غذایی به ویژه دانه‌های روغنی برای تامین نیاز اساسی مردم علاوه بر پاسداری از امنیت غذایی می‌توان تولید داخلی را نیز در راستای اقتصاد مقاومتی هدایت کرد. در گروه غلات، سطح زیرکشت گندم و جو کاهش سطح زیرکشت را در مقایسه با الگوی کنونی تجربه می‌کنند. اما تغییرات سطح زیرکشت جو بیش از گندم ارزیابی شده است. مقایسه بازده ناخالص و مصرف نهاده‌ها برای این دو محصول حاکی از آن است که اگرچه بازده ناخالص گندم بیشتر از جو بیان شده است اما میزان مصرف نهاده آب و کود شیمیایی محصول جو به طور قابل توجهی پایین از محصول گندم است. با این حال این دو محصول، به عنوان اصلی‌ترین محصول از منظر میزان سطح زیر کشت به‌شمار می‌آید.

بر مبنای نتایج مشخص شد که با ورود هدف‌های زیست محیطی تفاوت میان الگوی کنونی و الگوی زیست محیطی به دست آمده نسبت به دیگر الگوها به مراتب عمیق‌تر می‌شود. تغییر

الگوی کشت بر مبنای ملاحظه‌های اقتصادی و زیست محیطی می‌تواند در کاهش مصرف نهاده-های آب، کودها و سم‌های شیمیایی کمک کند. هر چند ممکن است هدف‌های زیست محیطی از جمله کاهش مصرف آب به عنوان هدف آنی بهره برداران مورد توجه نباشد اما در بلندمدت می‌توان بهره برداران را نسبت به کاهش مصرف آب متقاعد سازد. چراکه با توجه به شرایط خشکسالی کشور نمی‌توان از هیچ الگوی فزآینده مصرف آب حمایت نمود. ضمن اینکه با توجه به نتایج با کاهش مصرف آب و کودهای شیمیایی به عنوان هدف‌های زیست محیطی هدف‌های بهره برداران شامل افزایش بازده ناخالص به خطر می‌افتد. به عبارت دیگر طرح هدف کاهش مصرف آب یا هدف‌های همانند که بیرون از کشتزار اهمیت دارند امکان بهبود در هدف‌های داخل کشتزار بهره برداران را در معرض خطر قرار می‌دهد. بنظر می‌رسد به منظور جبران زیان ناشی از تغییر الگوی کشت، باید از طریق سرمایه گذاری در اشتغال بیرون کشتزار جبران شود. بنابراین اگر سیاست‌گذار تمایل دارد به هدف‌های زیست محیطی دست یابد باید این نکته را در نظر گیرد که مشوق اصلی کشاورزان برای تولید انگیزه‌های اقتصادی تولید است. لذا سیاست گذاران باید راه حل‌های تشویقی مناسبی برای متمایل کردن کشاورزان به الگوی پیشنهادی پیدا کنند. همچنین نباید از نقش ترویج و آموزش کشاورزی در متمایل کردن کشاورزان به الگوهای بهینه تولید غافل شد. ضرورت دارد وزارت جهاد کشاورزی از طریق دوره‌های آموزشی و برنامه‌های مختلف کشاورزان را از پیامدهای تولید غیر بهینه آگاه سازد. ضمن آنکه بسته‌های حمایتی دولت در کوتاه مدت به منظور برون رفت از آسیب‌های اقتصادی انتظاری می‌تواند نقش موثری در همکاری بیشتر کشاورزان در برنامه‌ریزی منطقه‌ای در بخش کشاورزی داشته باشد. با توجه به کاهش سطح زیرکشت محصول‌های کشاورزی در الگوی پیشنهادی، اجرای کشت گلخانه‌ای برای محصول‌هایی که قابلیت کشت در این محیط را دارند نیز می‌توان مورد توجه بیشتری قرار گیرد. کشت گلخانه‌ای یکی از مهم‌ترین سیاست‌های اقتصاد مقاومتی دولت در بخش کشاورزی است که شرایط را برای حرکت به سمت کشاورزی پیشرفته و علمی فراهم می‌کند به طوری که، افزون بر اثربخشی مستقیم بر مبارزه با آفات و بیماری‌های گیاهی، در مدیریت مصرف آب نیز نقش به‌سزایی دارد. بنابراین اعطای تسهیلات به کشاورزان برای توسعه کشت گلخانه‌ای محصول‌ها نیز دارای اهمیت خواهد بود.

منابع

Abdeshahi, A., Mardani Najafabadi, M., & Zeinali, M. (2020). Determining the Optimal Cropping Pattern of Agricultural Crops in Mollasani Coumty of Iran: Application of Robust Multi-Objective Optimization Model. *Agricultural Economics and Development*, *28*(3), 175-203. doi: 10.30490/aead.2020.304989.1090 (In Persian)

Acosta-Alba, I., Chia, E., & Andrieu, N. (2019). The LCA4CSA framework: Using life cycle assessment to strengthen environmental sustainability analysis of climate smart agriculture options at farm and crop levels. *Agricultural Systems*, *171*, 155-170

Ahani, E., Ziaee, S., Mohammadi, H., Mardani Najafabadi, M., & Mirzaei, A. (2023). Proposing the Structure of a Multi-Objective Mathematical Programming Model with Water-Food-Energy Nexus Approach for Crop Production. *Journal of Agricultural Economics and Development*, *37*(1), 83-102. doi: 10.22067/jead.2022.77691.1147 (In Persian)

Bagheri A. (2018). Water resources management with water, energy and food linkage 17 approach. The first international conference on water consumption management, demand 18 and efficiency. (In Persian with English abstract).

Bylin, C., Misra, R., Murch, M., & Rigterink, W. (2004). *Sustainable Agriculture: Development of an On-farm Assessment Tool: a Project Submitted in Partial Fulfillment... for the Degree of Master of Science/Master of Forestry/Master of Landscape Architecture...* University of Michigan.

Chen, Y., Zhou, Y., Fang, S., Li, M., Wang, Y., & Cao, K. (2022). Crop pattern optimization for the coordination between economy and environment considering hydrological uncertainty. *Science of the Total Environment*, *809*, 151152.

Cristobal, J.R. (2012). A goal programming model for environmental policy analysis) Application to Spain). *Journal of Energy Policy*. 43: pp. 303-308.

Duckstein, L. (1984). Multiobjective optimization in structural design: The model choice problem. *New directions in optimum structural design*, 459-481.

Fabiani, S., Vanino, S., Napoli, R., & Nino, P. (2020). Water energy food nexus approach for sustainability assessment at farm level: An experience from an intensive agricultural area in central Italy. *Environmental Science & Policy* 104: 1-12

Hwang, C. & Masud, A. (1979). Multiple objective decision making, methods and applications: A state of the art survey. Economic and Mathematical System, 164: 18-27.

Hwang, C. L., & Masud, A. S. M. (2012). *Multiple objective decision making—methods and applications: a state-of-the-art survey* (Vol. 164). Springer Science & Business Media.

Jain, S., Ramesh, D., & Bhattacharya, D. (2021). A multi-objective algorithm for crop pattern optimization in agriculture. *Applied Soft Computing*, 112, 107772.

Layani, G.H., Darzi- Naftchali, A., Motevali, A., Bagherian-Jelodar, M., Keikha, M., Nade, M., Firouzjaeian, A., Amirnejad, H., Pirdashti, H. (2023). Developing environmentally friendly cropping pattern with a multi-objective planning approach in Sari County: *Journal of Agricultural Economics Research*, 15(1):79-96. (In Persian)

Mahdavian, S. M., Ahmadpour Borazjani, M., Mohammadi, H., Asgharipour, M. R., & Najafi Alamdarlo, H. (2022). Assessment of food-energy-environmental pollution nexus in Iran: the nonlinear approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(35), 52457-52472.

Manos B, Papathanasiou J, Bournaris T, and Voudouris, K. (2010). A multicriteria model for planning agricultural regions within a context of groundwater rational management. *Journal of Environmental Management*, 91:1593- 600.

Mardani Najafabadi MM, Ziaee S, Nikouei A and Borazjani, MA. (2019). Mathematical programming model (MMP) for optimization of regional cropping patterns decisions: A case study. *Agricultural Systems*, 173: 218-232.

Mardani Najafabadi, M., Abdeshahi, A., Shirzadi Laskookalayeh, S. (2020). Determining the Optimal Cropping Pattern with Emphasis on Proper Use of Sustainable Agricultural Disruptive Inputs: Application of Robust Multi-Objective Linear Fractional Programming. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 30(1), 241-256. (In Persian)

Mardani, M., & Mirzaei, A. (2019). Evaluating Effect of Policy Programs to Achieve Water Resources Stability Objective in Qazvin Plain. *Agricultural Economics Research*, *11*(43), 155-176. (In Persian)

Marzban, Z., Asgharipour, M., Ganbari, A., Nikouei, A., Ramroudi, M., Seyedabadi, E. (2020). Reducing Environmental Impacts through Redesigning Cropping Pattern Using LCA and MOP (Case study: East Lorestan Province). *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 30(3), 311-330.

Miettinen, K. (2001, March). Some methods for nonlinear multi-objective optimization. In International conference on evolutionary multi-criterion optimization (pp. 1-20). Springer, Berlin, Heidelberg.

Mirzaei, A., Layani, G., Azarm, H., Jamshidi, S. (2019). Determination Optimal Crop Pattern of Sirjan County Central Part Based on Stability of Water Resources and Environmental. *Agricultural Economics Research*, 9(36), 283-304.

Punnathanam, V., & Shastri, Y. (2022). Impact of change in cropping pattern on bioenergy system design: Analysis and stochastic optimization. *Computers & Chemical Engineering*, *165*, 107940.

Salari, M. (2024). Investigating groundwater quality using water quality indicators for drinking, agriculture and industry (Case study: Shiraz plain). *Journal of Environmental Science Studies*, *8*(4), 7574-7586.

Zeleny, M. (1973). Compromise programming. In Cochrane, J.; Zeleny, M., eds., Multiple Criteria Decision Making, 262–301. University of South Carolina Press, Columbia, 1973.

Doi: 10.22034/IAES.2023.2006473.2004

Agricultural Economics/Volume 18/Issue 1/1403

Modifying cropping pattern for the sustainable development of agriculture in Shiraz County based on water-food-environment nexus

***Elham Nourpouri, Seyed Nematollah Moosavi, Reza Moghaddasi*[1]**

Received: 8 July.2023 **Accepted:16 August.2023**

Extended Abstract

Introduction

The world is facing a shortage of water resources due to the increasing population, global warming, climate change, and recent droughts. Providing food for the growing population is becoming more challenging day by day, due to the intensification of human intervention in the environment and water cycle, the limitation of water resources, and the cultivation of water-intensive crops for more income by farmers. Determining the optimal crop pattern based on the potential of each region to have the highest yield and income for the farmer with the lowest cost is among the effective solutions in the field of agricultural planning and sustainable resource management (Mardani Najafabadi *et al*., 2019). Crop pattern optimization has received a great deal of attention from policymakers in recent years. There are mathematical models to determine the optimal use of available resources with the aim of maximizing net benefits under specific restrictions (Layani *et al*., 2023). Studies have used single-objective planning models in order to optimize the cultivation pattern; however, because of conflicting objectives in agricultural activity such as economic and environmental benefits, multi-objective planning models have also been developed (Mirzaei *et al*., 2019; Mardani Najafabadi *et al*., 2019). Multi-objective planning methods are of particular importance, since solving many problems in the real world such as management of resource consumption in agriculture requires simultaneous optimization of several goals (Abdeshahi *et al*., 2020). The studies mentioned provide evidence that determining the optimal cropping pattern can play an

[1] Respectively: PhD student and associate professor (corresponding author) Department of Agricultural Economics, Morovdasht Branch, Islamic Azad University, Morovdasht, Iran. Associate Professor, Department of Economics, Extension and Agricultural Education, Science and Research Unit, Islamic Azad University, Tehran. Iran
Email:seyed_1976mo@yahoo.com

effective role in resource management in the agricultural sector. this study is an attempt to determine the optimal cultivation pattern in Shiraz City of Fars Province of Iran, where managing crop patterns is seriously challenging due to periodic drought.

Materials and Method

Optimization involves finding the best solution or optimal value from an optimization problem. Optimization problems involve finding the maximum or minimum value for one or multiple objectives. Problems with multiple objectives are called multi-objective optimization (MOO). Multi-objective planning is used in order to plan various activities, including agriculture, with multiple and conflicting goals. Mathematically, the equations of the MOO problem can be written as follows (Cristobal, 2012):

$$\min/\max f_1(x), f_2(x), \ldots, f_n(x) \quad (1)$$
$$subject\ to:$$
$$x \in U$$

Where X is the solution, n is the number of objective functions, U is the feasible set, $f_n(x)$ is the n-th objective function, and min/max is combined object operations. There is a multi-dimensional space of the objective function vector and the decision variable space of the solution vector in the MOO. There is a point in the objective function space in every X solution in the decision variable space. In this study, to optimize the crop pattern in Shiraz City of Fars province, posterior preferential methods were used. The posterior preferred methods are divided into four groups: Linear Combination of Weights, Normal Boundary Intersection, ε-Constraint Method, and Method of Weighted Metrics **(**Jaimes *et al*., 2009**)**. In this study, the weighted criteria approach was used to achieve the optimal cultivation pattern.

Shiraz City in Fars Province, in the southern part of Iran, is located at 53° 37 E longitude and 29° 57 N latitude with an area of 10434 km^2. The mean annual precipitation is 330 mm and the mean annual temperature for the study area is about 18°C (I. R. of Iran Meteorological Org.). The geographical location of the study region is shown in Figure 1. Among the cereal group, the largest cultivated area is related to wheat (40419 hectares), followed by rice (17104 hectares), irrigated barley (7691 hectares), and rain-fed barley (1227 hectares). Canola, with an area of 638 hectares, is one of the important crops in the current cultivation pattern of Shiraz City, and the cultivation area has been growing in recent years.

Results and Discussion

The results of the study showed that the area under cultivation of most of the crops of this County is reduced in the optimal pattern with the combination

of goals. Onion crop was not prioritized and the area under cultivation of cucumber, lentils, barley, and beans is increasing. In total, this model will be able to reduce water consumption in the agricultural sector by 10.75%. The 10.26 percent reduction in the cultivated area of Shiraz County is associated with a 10.60 percent reduction in chemical fertilizers and a 10.37 percent reduction in chemical toxins. However, the cost of managing the consumption of production resources in this model will be a 9.71% reduction in the profit of the farmers of this city. Therefore, if the policymaker tends to lean toward environmental goals, he should consider that the main incentive for farmers to produce is economic incentives for production. Therefore, policymakers should find suitable solutions to make the farmers follow the proposed model.

Suggestion

Although environmental goals such as reducing water consumption may not be considered an immediate goal of the farmer, in the long run, farmers can be convinced to reduce water consumption. Because due to the drought conditions of the country, it is not possible to support any future pattern that uses more water. Also, according to the results, with reducing the consumption of water and chemical fertilizers as environmental goals, the goals of the farmers, including increasing the gross margin, are threatened. It seems that in order to compensate for the loss resulting from the change of cultivation pattern, it should be compensated through investment in off-farm employment. If policymakers tend to lean toward environmental goals, they should consider that the main incentive for farmers to produce is the economic incentive of production. Therefore, policymakers should find suitable solutions to make the farmers follow the proposed crop pattern.

JEL Classification: C02, C61, D22, O13

Keywords: Planning, agriculture, environment, sustainability