Doi: 10.22034/IAES.2024.2008970.2012

اقتصاد کشاورزی/جلد ۱۸/شماره۲/صفحه های۱۷۲-۱۴۹

تعیین الگوی بهینه کشت با لحاظ محدودیت‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی (مورد مطالعه: دشت ابهر)

راحله جمشیدلو ، پروانه نصیری[۱]

تاریخ دریافت:۱۴۰۲/۰۵/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۱۵

چکیده

افزایش تولید محصول‌های کشاورزی با افزایش سطح زیر کشت و یا کاربرد بهینه هر چه بیشتر آب، سم‌ها و کودهای شیمیایی و یا افزایش بهره‌وری امکان‌پذیر است. از آنجا که منابع آبی موجود محدود بوده، استفاده از سم‌ها و کودهای شیمیایی می‌تواند خطرهای جدی برای محیط زیست و سلامت جامعه ایجاد کند و افزایش بهره‌وری بدون داشتن برنامه تولید امکان‌پذیر نیست، هدف این پژوهش تعیین الگوی بهینه کشت محصول‌های کشاورزی در دشت ابهر برای دستیابی به پایداری در بخش کشاورزی با استفاده از مدل‌های برنامه‌ریزی خطی و آرمانی با لحاظ محدودیت‌های زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی می‌باشد. محدودیت‌های یاد شده از طریق توزیع و تکمیل پرسشنامه و مصاحبه با بهره‌برداران و مسئولان مربوطه تعیین شد و الگوی بهینه کشت با توجه به این محدودیت‌ها با استفاده از دو روش برنامه‌ریزی خطی و آرمانی مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت. برای این منظور، از آمار و اطلاعات مربوط به ۷ محصول که بیشترین سهم را در تولیدهای کشاورزی دشت ابهر در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ استفاده شد. نتایج نشان داد که در الگوهای بهینه پیشنهادی مدل‌های برنامه‌ریزی خطی و آرمانی، سطح زیرکشت به شدت کاهش یافته و از ۲۶۶۵۵ هکتار کنونی به ۵۸۴۶ هکتار در مدل برنامه‌ریزی خطی و ۵۷۷۰ هکتار در مدل برنامه‌ریزی آرمانی رسیده است. در برنامه‌ریزی آرمانی اگر چه سود کمتر از برنامه‌ریزی خطی است اما مصرف آب، کودها و سم‌ها کاهش یافته است. در الگوی کشت بهینه محصول‌هایی که کشت آنها بازده برنامه‌ای چندانی ندارد مانند انگور و عدس یا به‌طور کل حذف شده‌اند و یا به‌دلیل اینکه محصول‌های راهبردی (استراتژیک) به‌شمار می‌روند مانند گندم و جو، تولیدشان کاهش و کشت محصول‌هایی مانند گردو که دارای بازده برنامه‌ای قابل توجهی هستند، افزایش یافته است. در نهایت می‌توان گفت کشت محصول‌ها تخصصی‌تر شده و تنوع محصول‌ها کاهش یافته است.

طبقه‌بندی JEL: C61, Q25 , Q18, Q15.

واژه‌های کلیدی: برنامه‌ریزی خطی و آرمانی، کاهش مصرف آب، الگوی بهینه کشت، محیط زیست.

[۱] به ترتیب:استادیار(نویسنده مسئول) گروه مدیریت، واحد هیدج، دانشگاه آزاد اسلامی، هیدج، ایران.استادیار گروه مدیریت کشاورزی، واحد ابهر، دانشگاه آزاد اسلامی، ابهر، ایران.

Email: Rahele.Jamshidloo@iau.ac.ir

مقدمه

در کشورهای در حال توسعه، کشاورزی فعالیت غالب بسیاری از مردم است. افزون‌بر این، کشاورزی رابطه نزدیکی با اقتصاد کشورها دارد و جزء جداناپذیر اقتصاد ملی است (Sardar Shahraki et al, 2018). با توجه به رشد فزاینده جمعیت در این کشورها، بهره‌وری کشاورزی باید افزایش یابد تا نیازهای غذایی فزاینده جمعیت برآورده شود (Darshana et al, 2012). افزایش سطح زیر کشت به‌دلیل محدودیت سطح زیر کشت دشوار بوده و باعث اختلال‌های زیست محیطی می‌شود؛ به‌ویژه در منطقه‌های خشک و نیمه‌خشک که منابع زمین و آب محدود است (Kerebih & Keshari, 2017). همچنین، به‌دلیل اثرگذاری‌های سوء فعالیت‌های بخش کشاورزی بر محیط زیست به‌ویژه آلودگی آب وخاک، از جمله مهم‌ترین تصمیم‌گیری‌ها در بخش کشاورزی تخصیص بهینه منابع به‌گونه‌ای است که ضمن بیشینه‌سازی سود کشاورزان، اثرات زیست محیطی کمتری ایجاد شود (Layani et al, 2023). در حال حاضر مهم‌ترین جنبه‌های زیست محیطی نگران‌کننده مرتبط با این فعالیت‌ها، استفاده از نهاده‌های تهیه شده از بخش غیر کشاورزی همانند کودها و سم‌های شیمیایی و کاهش سطح آب‌های زیرزمینی می‌باشد که پایداری کشاورزی را به خطر انداخته است (Mirzaei et al, 2019). بنابراین برای دستیابی به پایداری در بخش کشاورزی لازم است تا منابع تولید از جمله آب و زمین به بهترین وجه ممکن استفاده شوند تا ضمن کاهش مصرف منابع، سودآوری و رفاه کشاورزان افزایش یابد (Najafabadi et al, 2019). برای رسیدن به پایداری در کشاورزی، سه موضوع بااهمیت وجود دارد: درآمد کافی به‌ویژه برای افراد کم‌درآمد، قابلیت دسترسی به غذا و حفاظت و بهبود منابع طبیعی (Pourzand and Bakhshoudeh, 2012). توسعه پایدار کشاورزی، یکی از جنبه‌های مهم توسعه هر کشور است. آنچه از مجموعه شاخص‌های میدانی و خرد برمی‌آید، می‌توان آن را به سه بعد بوم‌شناختی (محیطزیستی)، اقتصادی و اجتماعی تقسیم کرد (Ulčák and Pall, 2003). یکی از راه‌های تحقق کشاورزی پایدار، تغییر الگوی کشت موجود و ارایه الگوی کشت بهینه با لحاظ شاخص‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی است. استفاده از روش‌های نوین برای بهینه‌سازی الگوی کشت در دهه‌های اخیر، دیدگاه محققان بسیاری را به خود جلب کرده است. پژوهش‌های پرشماری در زمینه بهینه‌سازی سطح زیر کشت توسط برخی محققان گزارش شده است. الگوی کشت یکی از عنصرهای مهم در مدیریت منابع آب است که مبتنی‌بر استفاده بهینه از منابع آب است (Esmaili et al, 2015). Tovar-Facio et al(2021) با استفاده از

برنامه‌ریزی چندهدفه برای تجزیه و تحلیل سیاست‌های زیست محیطی در اسپانیا بیان کردند که این مدل ترکیبی است از رابطه بین اثرگذاری‌های اقتصادی، اجتماعی، انرژی و زیست محیطی که به ارایه اطلاعات با ارزش برای سیاست‌گذاران به‌منظور بررسی هدف‌های مختلفی که برای رسیدن به توسعه پایدار لازم است منجر می‌شود. Fathi and Zibaei(2012) با استفاده از برنامه‌ریزی چندهدفه به تعیین الگوی کشت، راهبرد و روش آبیاری بهینه برای پایداری منابع آب فیروزآباد فارس پرداختند. بررسی‌های این تحقیق نشان داد که نتایج آن می‌تواند به کشاورزان در انتخاب الگوی بهینه کشت، راهبرد و روش آبیاری، به‌گونه‌ای که درآمد آنان و برداشت آب از سفره‌های زیرزمینی همزمان بهینه شوند، کمک کند. Mousavi et al(2015) به بررسی الگوی کشت بهینه و تأثیر آن بر مدیریت منابع آبی در منطقه مرودشت با استفاده از روش برنامه‌ریزی آرمانی و خطی فازی پرداختند. در الگوی برنامه‌ریزی خطی فازی، سطح زیر کشت جو و چغندرقند نسبت به وضعیت موجود کاهش و در مورد الگوی برنامه‌ریزی آرمانی در مقایسه با وضع موجود، سطح زیر کشت گندم و جو افزایش و سطح زیر کشت دیگر فرآورده‌ها کاهش یافت. Mirzaei et al(2019) به تعیین الگوهای کشت بهینه‌ی محصول‌های کشاورزی بخش مرکزی شهرستان سیرجان با در نظر گرفتن هدف‌های اقتصادی و زیست محیطی به‌صورت جداگانه و همزمان پرداختند. در این بررسی از مدل برنامه‌ریزی خطی چندهدفه مقید تعمیم یافته استفاده شد. Layani et al(2021) در تحقیقی با استفاده از برنامه‌ریزی چند هدفه به تعیین الگوی کشت در شهرستان ساری پرداختند و به این نتیجه رسیدند که توسعه هدف‌های زیست محیطی در اجرای برنامه‌های الگوی کشت، مستلزم آن است که سیاست‌گذاران مشوق‌های اقتصادی مناسبی برای کشاورزان در نظر بگیرند. Choopan and Emami(2020) با استفاده از روش‌های جدید مبتنی بر الگوریتم‌های انتخابات[1] (EA) و الگوریتم‌های بهینه‌ساز گرگ خاکستری[2] (GWO) نشان دادند که الگوریتم GWO کارایی بالاتری در بهینه‌سازی الگوی کشت زراعی دشت مغان دارد که می‌تواند در برنامه‌ریزی بهینه‌ای اعمال شود. Kerebih and Keshari(2017) در نتایج بررسی‌های خود در اتیوپی نشان دادند که مدل تخصیص بهینه زمین و منابع آب برای برنامه‌ریزان و تصمیم‌گیران برای بیشینه‌سازی بازده کشاورزی به‌ویژه در مناطقی که منابع زمین و آب محدود است، بسیار مفید است. Nakhaie et al (2015) گزارش کردند که معیارهای سود و مصرف آب

[1] Election Algorithms
[2] Gray Wolf Optimizer algorithms

در تعیین رتبه‌بندی محصول‌ها و نوع کشت مهم‌تر از دیگر عامل‌ها است. Alipour et al(2019) برای جبران کاهش درآمد ناشی از کاهش مصرف آب، استفاده از کشت‌های جایگزین پسته و زعفران با توجه به بالاترین بهره‌وری اقتصادی و مصرف آب کمتر پیشنهاد کردند. Avazyar et al (2018) در نتایج بررسی‌های خود نشان دادند که با اعمال برنامه‌ریزی بلندمدت برای افزایش ۳۰ درصدی بازده آبیاری در کشتزار، سود ناخالص سالانه کشاورزان منطقه از ۳۹۰ به ۶۰۲ میلیارد ریال افزایش خواهد یافت و سالانه بیش از ۱ میلیون مترمکعب نیز در مصرف آب‌های زیرزمینی صرفه‌جویی خواهد شد. Asadi and Keramatzadeh(2017) با استفاده از الگوی کشت بهینه با هدف بیشینه‌سازی سود با استفاده از روش برنامه‌ریزی نشان دادند که استفاده از رقم بهینه با کاهش ۱۴ درصدی سطح زیر کشت، کارایی برنامه را تا ۵۲ درصد نسبت به الگوهای موجود افزایش می‌دهد.

کشور ایران دربرگیرنده ۶۰۹ دشت می‌باشد که وضعیت منابع زیرزمینی آب ۲۹۰ دشت بحرانی است و دیگر دشت‌ها نیز نیازمند مراقبت و برنامه‌ریزی فوری برای جلوگیری از خطر نابودی هستند. از ۷ دشت دربرگیرنده استان زنجان، ۵ دشت ممنوعه و ۲ دشت آزاد می‌باشند که دشت ابهر با کسری مخزن تجمعی به میزان ۱۰۱۳ میلیون مترمکعب بحرانی‌ترین دشت استان به‌شمار می‌آید. دشت ابهر در حاشیه شمال غرب زیرحوضه دریاچه نمک واقع شده است. این محدوده مورد مطالعه ۱۹۲۶/۵ کیلومترمربع وسعت دارد که ۱۰۴۰/۹۲ کیلومترمربع آن دشت و مابقی ناحیه کوهستانی است. شهرهای خرمدره و ابهر از سکونت‌گاه‌های مهم این محدوده مورد مطالعه می‌باشند. در این محدوده مورد مطالعه، رودخانه اصلی ابهررود جاری است و شاخه‌های سرابند، دردهین و ازناب نیز در آن جریان دارد که همگی به رودخانه ابهررود تخلیه می‌شوند. به‌طور کلی جهت جریان آب‌های سطحی در محدوده مورد مطالعه از شمال غرب به سمت جنوب غرب است. سطح آب زیرزمینی دشت ابهر در دوره ۲۲ ساله اخیر ۳۱ متر به‌طور میانگین سالیانه ۱/۴ متر افت داشته است. افزون‌بر این، بیشینه تراز سطح آب زیرزمینی در سال‌های مختلف به‌طور عموم در فروردین ماه و کمینه تراز نیز در ماه مهر قرار دارد. حجم آب کاهش یافته معادل این افت ۱۰۱۳/۳۹ میلیون مترمکعب اعلام شده است Regional Water Company of Zanjan (2019). کاهش سطح تراز آب زیرزمینی دشت‌ها باعث افزایش هزینه استحصال آب و افزایش مصرف انرژی، کاهش کیفیت آب و ظهور پدیده فرونشست زمین می‌شود و به‌عنوان اثرگذاری‌های ثانوی، سطح زیرکشت محصول‌ها کاهش و قیمت آن‌ها افزایش می‌یابد Ghodrati)

Asgari and Ebrahimi (2021) .and Shabani, 2012) در ارزیابی و بررسی پدیده فرونشست دشت ابهر با استفاده از مدل ریاضی، به این نتیجه رسیدند که در کاربری کشاورزی و زمین‌های باغی دشت ابهر که ۴۲ درصد از سطح آبخوان را شامل می‌شود، ۵۶ درصد از واقعه فرونشست رخ داده است.

مرور نتایج تحقیقات گذشته نشان می‌دهد با وجود اهمیت دشت ابهر در کشاورزی استان زنجان، تاکنون پژوهش جامعی برای تعیین الگوی کشت مناسب انجام نشده است. لذا هدف از این تحقیق ارائه یک الگوی کشت با رویکرد توسعه پایدار کشاورزی و شاخص‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی می‌باشد. این تحقیق با استفاده از نرم‌افزار LINGO در دو بخش برنامه‌ریزی خطی و آرمانی انجام شده است. بخشی از داده‌های موردنیاز در این تحقیق ضریب‌های فنی (تکنیکی) هستند که از طریق پرسشنامه و مصاحبه با بهره‌برداران به دست آمده و بخش دیگر آن از مرکز آمار ایران و جهاد کشاورزی شهرستان ابهر و استان زنجان گردآوری شده است. اطلاعات موردنیاز منابع آب منطقه از اداره امور آب شهرستان ابهر و استان زنجان در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ گردآوری شده است. در این بررسی از کشاورزان روستاهای دشت ابهر که در ۱۱۴ روستای دارای سکنه پراکنده‌اند، استفاده شد که بر مبنای معیار سطح زیرکشت، ۲۰ روستای نمونه انتخاب شد. پس از انتخاب روستاها، ۲۰۰ کشاورز به‌طور تصادفی انتخاب شدند و با مراجعه به هر یک از آنان از طریق مصاحبه حضوری، پرسشنامه‌ای تکمیل شد. همچنین با توجه به اینکه محصول‌های کشاورزی تولید شده در دشت ابهر بسیار متنوع می‌باشند، ۸ محصول که بالاترین سطح کشت را در منطقه داشت، برای برنامه‌ریزی کشت انتخاب شدند.

روش تحقیق

در کشاورزی به‌دلیل پیچیدگی نظام‌های متداول زراعی، استفاده از مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی به‌عنوان عملی‌ترین روش برای برنامه‌ریزی زراعی پیشنهاد می‌شود (سلطانی و همکاران، ۱۳۸۷). از سوی دیگر، بسیاری از پژوهش‌هایی که در زمینه‌ی تخصیص منابع کمیاب تولید به فعالیت‌های کشاورزی انجام می‌پذیرد، تابع هدف مورد نظر کشاورزان را بر مبنای بیشینه‌کردن سود خالص و یا کمینه‌کردن هزینه‌های تولید تدوین و ترکیب‌بندی (فرموله) می‌کند (برنامه‌ریزی خطی معمولی)، اما باید توجه داشت که این شاخص به تنهایی نمی‌تواند منافع بنگاه را در بلندمدت و از دید اقتصادی به‌گونه‌ی کامل در برگیرد (Ghasemi et al, 2015). در این زمینه برنامه‌ریزی آرمانی از جمله ابزارهای برجسته برای تجزیه و تحلیل (آنالیز) تصمیم‌های چندهدفه در مدیریت

کشتزار بوده که ویژگی آن دستیابی همزمان به چندین هدف بر مبنای اولویت‌بندی می‌باشد(Arianejad & Sajadi, 2002). هدف از این تحقیق ارائه مدلی ریاضی برای یافتن بهترین الگوی کشت در منطقه است. در راستای دستیابی به این هدف، در آغاز مدل ریاضی برنامه‌ریزی خطی بررسی شد اما از آنجا که بحث پایداری در کشاورزی ابعاد گوناگونی شامل اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی را نیز در بر می‌گیرد، الگوی کشت با استفاده از مدل ریاضی برنامه‌ریزی آرمانی نیز بررسی شد. پس از برآورد این دو مدل، الگوی کشت محاسبه شده با توجه به شرایط و محدودیت‌ها توسط دو مدل با هم مقایسه شد.

برنامه‌ریزی خطی

برنامه‌ریزی خطی رده‌ای از مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی است که به مسئله تخصیص کارای منابع محدود به فعالیت‌های معلوم، به‌منظور دستیابی به هدفی مطلوب، مربوط می‌شود. یک مدل کلاسیک برنامه‌ریزی خطی به شرح زیر بیان می‌شود:

$$Maximise\ F(x) = c^T x = \sum_{j=1}^{n} c_j\, x \qquad (۱)$$

S.to.

$$(Ax)_i = \sum_{j=1}^{n} a_{ij}\, x_j \le b_i \qquad \forall_i = 1, \ldots., m \qquad (۲)$$

$$x_j \ge 0 \qquad \forall_i = 1, \ldots., m \qquad (۳)$$

$$x, c \in R^n\ , b \in R^n, b \in R^m, A \in R^{m \times n}$$

که در این رابطه F تابع هدف، c_j بازده برنامه‌ای، a_{ij} ضریب‌های فنی فعالیت‌ها و b_i مقدار سمت راست محدودیت‌ها می‌باشد.

برنامه‌ریزی آرمانی

روش برنامه‌ریزی آرمانی در سال ۱۹۵۵ توسط چارنز و کوپر ارائه شده است که یک الگوی تصمیم‌گیری چندمعیاری در حوزه جبر خطی است. این مدل برای هر یک از تابع‌های هدف یک مقدار آرمانی تعیین و با توجه به اولویت هدف‌های مختلف در پی کمینه ساختن انحراف‌های مجاز هدف‌ها از مقدارهای آرمانی است. برنامه‌ریزی آرمانی در عین داشتن انعطاف‌پذیری برنامه ریزی خطی، هدف‌های متضادی را شامل می‌شود و با توجه به اولویت‌های هدف‌ها از نگاه تصمیم گیرندگان پاسخ بهینه را ارائه می‌نماید. محدودیت‌های آرمانی، دارای متغیرهای انحرافی مثبت و منفی d هستند که هدف، کمینه کردن این انحراف‌ها از آرمان مورد نظر است (چارنز و کوپر[1]،

[1] Charnes & Cooper

۱۹۶۱). در این روش چند آرمان از طرف تصمیم گیرنده مطرح می‌شود و همه قیود و تابع هدف در محدودیت‌ها قرار می‌گیرد و تابع هدف شامل به کمینه رساندن انحراف‌ها از این آرمان‌ها و مقدارهای موجود برای محدودیت‌هاست. در بیشتر مسئله‌ها افزون‌بر مشخص شدن هدف‌ها توسط تصمیم گیرنده، درجه اهمیت هدف‌ها به‌صورت رتبه‌ای و یا به‌صورت اوزان کمّی (wj) نیز مشخص می‌شوند. از این رو مدل عمومی آرمانی که امروزه بیشتر مورد استفاده واقع می‌شود به قرار زیر است (Romero and Rehman, 2004).

$$\text{Min D}=\sum_{j=1}^{k} h_j(d_j^+ + d_j^-) \qquad (۴)$$

$$g_i(x) \le b_i \qquad i = 1,2,\dots,m \qquad (۵)$$

$$f_j(x) + d_j^+ - d_j^- = b_i \qquad j = 1,2,\dots,k \qquad (۶)$$

$$x, d^+, d^- \ge 0 \quad , \quad d_j^+ \times d_j^- = 0 \qquad (۷)$$

در این الگو h_j مشخص کننده آرمان jام، $h_j(d_j^+ + d_j^-)$ تابع انحراف از مقصد (آرمان) jام مشخص شده برای هدف jام $g_i(x)$ تابع منبع استفاده شده برای فعالیت‌های مختلف تولیدی x، b_i میزان موجودی منبع iام، $f_j(x)$ تابع هدف jام از فعالیت‌های تولیدی x، d_j^+ معرف متغیر مازاد و d_j^- معرف متغیر کمبود می‌باشد. با توجه به اینکه روش برنامه‌ریزی آرمانی اولویتی[1] امکان اولویت‌بندی بین آرمان‌ها را برای مدیران امکان‌پذیر می‌سازد، در این پژوهش از این روش استفاده شده است که اولویت آرمان‌های معرفی شده به ترتیب آرمان اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی تعیین شد.

نتایج و بحث

در این قسمت به معرفی محدودیت‌های بررسی که به‌طور عمده محدودیت‌های منابع تولیدی می باشند، پرداخته می‌شود.

تابع هدف مدل برنامه‌ریزی خطی:

$$Max\sum_{i=1}^{7} C_i X_i \qquad (۸)$$

تابع هدف بر مبنای هر یک از آرمان‌ها می‌تواند تغییر کند. در تابع بالا i محصول‌های مختلف قابل کشت (گندم i=۱، جو i=۲، عدس i=۳، یونجه i=۴، انگور i=۵، گردو i=۶ و سیب i=۷) بود،

[1] Lexicographic goal programming

انتخاب این محصول‌ها به این دلیل است که سهم بیشتر سطح زیرکشت در دشت ابهر به این محصول‌ها اختصاص دارد، به‌طوری که کشت سایر محصول‌ها قابل چشمپوشی است. Ci: سود خالص هر هکتار محصول iام در منطقه مورد بررسی و X_i سطح زیرکشت محصول iام می‌باشد. در اینجا کل زمین قابل کشت آمده است که از این مقدار، میزان زمین زراعی و باغی موجود نیز مشخص شده است. به‌یقین زمین زراعی موجود به زراعت و زمین باغی موجود به باغ اختصاص می‌یابد. البته برای مابقی زمین‌های قابل کشت نیز این محدودیت لحاظ شده است.

محدودیت‌های مدل برنامه‌ریزی خطی:

محدودیت زمین زراعی: کل اراضی قابل کشت این دشت، ۱۴۴۸۱۵ هکتار می‌باشد که ۸۴۳۳۴ هکتار آن به‌صورت زمین زراعی و ۹۵۱۱ هکتار آن به‌صورت اراضی باغی زیرکشت می‌باشد و مابقی آن کشت نشده (آیش) است. که این محدودیت به‌صورت زیر وارد مدل شده است:

$$\sum_{i=1}^{7} X_i - TX \leq 0 \qquad (۹)$$

TX: کل اراضی قابل آبیاری منطقه مورد بررسی می‌باشد. در این پژوهش زمین زراعی موجود به زراعت و زمین باغی موجود به باغ اختصاص می‌یابد. برای مابقی زمین‌های قابل کشت نیز این محدودیت لحاظ شده است.

محدودیت منابع آبی: آب کشاورزی از جمله مهم‌ترین محدودیت‌های کشاورزان بوده که برای وارد کردن این محدودیت از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$\sum_{i=1}^{7} W_i X_i - TW \leq 0 \qquad (۱۰)$$

W_i: نیاز آبی ناخالص گیاهان زراعی و TW: میزان کل منابع آب قابل دسترس می‌باشد.

نیاز آبی ناخالص نباتات زراعی: نیاز آبی ناخالص محصول‌ها با در نظر گرفتن بازده (راندمان) آبیاری منطقه که توسط بررسی‌های آبیاری منطقه، برای آبیاری سطحی معادل ۵۰ درصد و آبیاری بارانی ۶۰ درصد در نظر گرفته شده و با فرض نسبت به تقریب مساوی بین این دو روش آبیاری محاسبه شده است که در جدول ۱ آمده است. بازده آبیاری منطقه با توجه به سطح آبیاری سطحی و بارانی، به‌طور میانگین برای کل زمین‌های قابل کشت در نظر گرفته شده و زراعت و باغ جداسازی نشده است.

جدول (۱) نیاز آبی ناخالص محصول‌ها مختلف زراعی و باغی دشت ابهر در هر هکتار
Table (1) Gross water requirement of different agricultural and horticultural crops of Abhar Plain in per hectare

محصول Product	نیاز ناخالص (مترمکعب) Gross requirement (m^3)
گندم Wheat	7680
جو Barley	6490
عدس Lentils	3200
یونجه Alfalfa	16844
انگور Grape	11173
گردو Walnut	15175
سیب Apple	14549

منبع: یافته‌های تحقیق
Source: Research findings
(بر اساس نیاز آبی خالص)

منابع آب موجود در منطقه: عمده‌ترین منبع آب سطحی این منطقه رودخانه ابهررود با ۶ سرشاخه بزرگ فصلی و دائمی و نیز دارای ۱۹ رودخانه کوچک در منطقه‌های دیگر است که آب آنها به‌وسیله آب‌بندها وارد کشتزار می‌شود. جریان منابع آب زیرزمینی منطقه از شمال غربی به جنوب شرقی است که سطح آب زیرزمینی در حاشیه‌های رودخانه بین ۵-۳ متر، عمق چاه‌ها بین ۱۴۰-۸۰ متر متفاوت می‌باشد. آب استحصالی با توجه به سفره‌های آبی آنها بین ۷۵-۳۰ لیتر در ثانیه بوده که مدت استفاده از این چاه‌ها برای مصرف‌های کشاورزی بین ۷-۵ ماه می‌باشد. قنات‌ها که یکی دیگر از منابع آب زیرزمینی را تشکیل می‌دهد، به‌دلیل گسترش حفر چاه‌های آب اغلب خشک شده‌اند و در حال حاضر کمتر از ۱۴۰ رشته قنات می‌باشد. به‌طورکلی، میزان آب استحصالی از منابع آب‌های زیرزمینی ۲۴۲ میلیون متر مکعب در سال می‌باشد. منبع مورد استفاده برای آبیاری در این منطقه به‌طور عموم آب چاه می‌باشد زیرا آب ابهر رود بیشتر توسط سد خاکی کینه‌ورس در دشت قیدار مورد استفاده قرار گرفته و به دشت ابهر نمی‌رسد. به‌همین دلیل میزان آن حذف و محدودیت کلی در نظر گرفته شده است.

محدودیت نیروی کار: کشاورزان بیشتر در مواردی مانند آبیاری، وجین و برداشت محصول‌های مختلف از نیروی کار استفاده می‌کنند که اگر در زمان تراکم نیاز فعالیت‌های مختلف به نیروی کار، نیروی کار مورد نیاز تامین شود در دیگر فصل‌ها تامین آن مسئله‌ای نخواهد داشت. به‌همین

دلیل نیروی کار که دارای توزیع یکنواختی در طول سال نمی‌باشد، در چهار دوره فصلی به‌صورت زیر مدل‌بندی شده است:

$$\sum_{i=1}^{7} L_{im} X_i - TL_m \leq 0 \qquad for \qquad m = 1,2,3,4 \qquad (۱۱)$$

L_{im}: میزان نیروی کار موردنیاز هر هکتار محصول iام در فصل mام (m=1,2,3,4) و TL_m: میزان کل نیروی کار موجود در فصل mام می‌باشد.

نیروی کار موردنیاز هر یک از فعالیت‌های تولیدی منطقه‌های مختلف در جدول شماره ۲ نشان داده شده است.

جدول (۲) نیروی کار مورد نیاز محصول‌های مختلف زراعی و باغی دشت ابهر در هر هکتار (واحد: نفر روز کار)

Labor required for various agricultural and horticultural products of Abhar Plain per hectare (unit: person-day)

جمع کل Total sum	فصل زمستان Winter season	فصل پاییز Autumn season	فصل تابستان Summer season	فصل بهار Spring season	محصول Product
25.1	0.1	2.7	9.8	12.5	گندم Wheat
29	0.5	6.8	4.7	17	جو Barley
73	5.8	0	20.2	47	عدس Lentils
57	0	10	25	22	یونجه Alfalfa
155.5	23	69	23.5	40	انگور Grape
99	0	69	8	22	گردو Walnut
72	0	25	11	36	سیب Apple

منبع: یافته‌های تحقیق Source: Research findings

برای محاسبه موجودی نیروی کار هر منطقه بنابر نتایج سرشماری نفوس و مسکن مرکز آمار ایران، جمعیت فعال منطقه (۶۵-۱۵ سال) برآورد شده و پس از کسر نیروی کار شاغل دیگر فعالیت‌ها و محاسبه نیروی کار زن به‌علت پایین بودن توانایی زنان در انجام کارهای زراعی سنگین و سخت، نیروی کار موجود فعالیت‌های کشاورزی حاصل می‌شود. آن‌گاه نفر-روز کار سال ۱۴۰۰ منطقه بر مبنای نتایج سرشماری با در نظر گرفتن نرخ رشد جمعیت معادل۱/۸٪ و طول دوره‌ها بر حسب ساعت کاری، محاسبه شده و در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول (۳) نیروی کار موجود منطقه مورد بررسی در فصل‌های مختلف سال

Table (3) Available labor of the study area in different seasons of the year

مقدار(نفر-روز کار) Quantity (person-days)	شرح Description
48160	کل نیروی کار موجود در منطقه The total labor in the region
17874	نیروی کار شاغل سایر فعالیت‌ها Labor engaged in other activities
20286	نیروی کار موجود فعالیت‌های کشاورزی The available labor of agricultural activities

منبع: یافته‌های تحقیق Source: Research findings

محدودیت سم‌ها و کودهای شیمیایی: تولید در بخش کشاورزی به‌طور عمده وابسته به میزان کاربرد کودهای شیمیایی و سم‌های مختلف می‌باشد. از آنجا که تولید و توزیع یارانه‌ای این نهاده‌ها محدود بوده و افزایش مصرف غیریارانه‌ای آن باعث افزایش میزان هزینه‌های متغیر محصول‌ها خواهد شد، لذا محصول‌های مختلف در مصرف این نهاده‌ها با یکدیگر رقابت دارند. به‌همین منظور محدودیت میزان مصرف انواع مختلف کودهای شیمیایی یارانه‌ای مانند کود اوره، فسفات، پتاس و سم‌های مختلف به‌صورت زیر در نظر گرفته شده است:

الف- معادله محدودیت کود فسفات:

$$\sum_{i=1}^{7} f_i x_i - Tf \leq 0 \qquad (۱۲)$$

f_i: میزان کود فسفات مورد نیاز هر هکتار محصول iام و Tf: میزان کل کود فسفات قابل دسترس می‌باشد.

ب- معادله محدودیت کود اوره:

$$\sum_{i=1}^{7} o_i x_i - To \leq 0 \qquad (۱۳)$$

o_i: میزان کود اوره مورد نیاز هر هکتار محصول iام و To: میزان کل کود اوره قابل دسترس می‌باشد.

ج-معادله محدودیت کود پتاس:

$$\sum_{i=1}^{7} p_i x_i - Tp \leq 0 \qquad (۱۴)$$

P_i : میزان کود پتاس مورد نیاز هر هکتار محصول iام و Tp: میزان کل کود پتاس قابل دسترس می‌باشد.

د- معادله محدودیت سم‌های شیمیایی:

$$\sum_{i=1}^{7} s_i x_i - Ts \leq 0 \qquad (۱۵)$$

S_i: میزان سم‌های مورد نیاز هر هکتار محصول iام و Ts: میزان کل سم‌های قابل دسترس می‌باشد.

مقدار کاربرد کودهای بالا در یک هکتار محصول‌ها در جدول ۴ نشان داده شده است:

جدول (۴) مقدار مصرف سم و کود در یک هکتار از سطح زیرکشت محصول‌های مختلف زراعی و باغی منطقه مورد مطالعه

Table (4) amounts of poison and fertilizer consumption in one hectare of the cultivated area of various agricultural and horticultural crops in the study area

سم‌ها (کیلوگرم در هکتار) Poisons (kg per hectare)	کود پتاسه (کیلوگرم در هکتار) Potash fertilizer (kg per hectare)	کود فسفاته (کیلوگرم در هکتار) Phosphate fertilizer (kg per hectare)	کود اوره (کیلوگرم در هکتار) Urea fertilizer (kg per hectare)	محصول Product
4	0	141	71	گندم Wheat
1	0	157	76	جو Barley
0.8	10	35	10	عدس Lentils
0	100	300	250	یونجه Alfalfa
70.5	320	450	300	انگور Grape
11.8	70	150	200	گردو Walnut
11.5	120	370	280	سیب Apple

منبع: یافته‌های تحقیق Source: Research findings

میزان موجودی سم‌ها و کودهای یارانه‌ای منطقه در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ به شرح جدول ذیل می‌باشد:

جدول (۵) مقدار سم و کود یارانه‌ای موجود در منطقه مورد مطالعه

Table (5) Amounts of subsidized poisons and fertilizers available in the study area

سم و کود Poison and Fertilizer	میزان موجود در منطقه (تن) Amount available in the area (kg)
کود اوره Urea fertilizer	8320
کود پتاس Potash fertilizer	912.1
کود فسفات Phosphate fertilizer	812
سم‌های شیمیایی Chemical poisons	59.9

منبع: کارشناسان سازمان جهاد کشاورزی شهرستان ابهر

۴-۱-۳-۵- محدودیت ماشین‌ها و ادوات کشاورزی: بیشتر عملیات کاشت محصول‌های زراعی منطقه مورد مطالعه، مانند شخم، دیسک، تسطیح، بذرپاشی و کودپاشی توسط تراکتور و ادوات مرتبط به آن و عملیات برداشت غلات نیز با کمباین انجام می‌گیرد. از آنجا که زمان انجام این فعالیت‌ها در یک دوره زمانی خاصی تراکم دارد، لذا محصول‌های مختلف در استفاده از آن رقابت دارند. جدول ۶ ساعت کار موردنیاز ماشین‌ها و ادوات هر هکتار محصول‌های زراعی و باغی را نشان می‌دهد. به‌همین منظور محدودیت استفاده تراکتور و کمباین به‌صورت زیر در نظر گرفته شده است:

$$\sum_{i=1}^{7} t_i x_i - Tt \leq 0 \qquad (۱۶)$$

t_i: میزان ساعت تراکتور موردنیاز هر هکتار محصول iام و Tt: میزان کل ساعت بهره‌برداری قابل دسترس تراکتور می‌باشد.

$$\sum_{i=1}^{7} t_i x_i - Tk \leq 0 \qquad (۱۷)$$

K_i: میزان ساعت کمباین موردنیاز هر هکتار محصول iام و TK: میزان کل ساعت بهره‌برداری قابل دسترس کمباین می‌باشد.

جدول (۶) ساعت کار موردنیاز ماشین‌ها و ادوات برای محصول‌های زراعی و باغی منطقه مورد بررسی
Table (6) required working hours of machines for agricultural and horticultural products of the study area

کمباین (ساعت در هکتار) Combine (hours per hectare)	تراکتور (ساعت در هکتار) Tractor (hours per hectare)	محصول Product
4.5	26.2	گندم Wheat
4.5	20.5	جو Barley
0	26	عدس Lentils
0	20	یونجه Alfalfa
0	17	انگور Grape
0	14	گردو Walnut
0	11	سیب Apple

منبع: یافته‌های تحقیق Source: Research findings

میانگین ساعت کار سالانه برای هر دستگاه تراکتور، کمباین و بذرکار با توجه به فرصت‌های کاری آنها در طول سال برآورد شده است. جدول ۷ ماشین‌ها و ادوات موجود هر منطقه و ساعت کار آنها را در طول سال زراعی نشان می‌دهد.

جدول (۷) ماشین‌ها و ادوات موجود در منطقه‌های مختلف و ساعت کار آنها در طول سال زراعی
Table (7) Available machines in different areas and their working hours during the crop year

مجموع ساعت کار در طول سال Total working hours during the year	تعداد دستگاه Number of devices	ماشین آلات Machinery
2995200	1200	تراکتور Tractor
19968	8	کمباین Combine

منبع: کارشناسان سازمان جهاد کشاورزی شهرستان ابهر

مدل برنامه‌ریزی آرمانی

با توجه به اینکه فعالیت‌های کشاورزی در هر منطقه دارای هدف‌ها و آرمان‌های مختلفی می‌باشد که هر کدام از این هدف‌ها دارای درجه اهمیت معینی برای تصمیم‌گیران کشاورزی است، در این پژوهش هدف‌های مختلف بهره‌برداران و اولویت آنها از طریق پرسشنامه مشخص شد و با توجه به این هدف‌ها، مدل برنامه‌ریزی به جای برآوردن یک هدف، هدف‌های مختلف را مدنظر قرار داده است. از سوی دیگر افزون‌بر کشاورزان، دیگر بهره‌برداران و مسئولان امور آب شهرستان نیز

دارای هدف‌هایی مانند بالابردن بازده مصرف آب و کاهش اثرهای زیانبار زیست محیطی و اشتغال‌زایی می‌باشند که لحاظ آن هدف‌ها در مدل برنامه‌ریزی دارای ضرورت خاصی است. آرمان‌ها و هدف‌هایی که در این پژوهش دنبال می‌شود، به‌صورت زیر مدل‌بندی می‌شود:

آرمان اجتماعی سطح مطلوب اشتغال:

$$\sum_{i=1}^{7}\sum_{m=1}^{4} L_{im} X_i + d_r^- - d_r^+ \geq GL \qquad for \qquad r=1 \qquad (۱۸)$$

GL: سطح آرمانی دسترسی به اشتغال مطلوب (آرمان اجتماعی)، d_r^-: انحراف در برای منفی از آرمان rام و d_r^+: انحراف در برای مثبت از آرمان rام می‌باشد.

آرمان اقتصادی سطح مطلوب سود:

$$\sum_{i=1}^{7} C_i X_i + d_r^- + d_r^+ \geq GC \qquad for \qquad r=2 \qquad (۱۹)$$

GC: سطح آرمانی دسترسی به درآمد خالص مطلوب (آرمان اقتصادی) می‌باشد.

آرمان‌های زیست محیطی

کاربرد بهینه و متناسب با ارتقاء ارزش افزوده بعضی از نهاده‌های تولید مانند سم‌ها و کودهای شیمیایی و مصرف بهینه نهاده آب جزء آرمان‌های زیست محیطی می‌باشند که به شرح زیر در مدل لحاظ می‌شوند:

الف- آرمان سطح مطلوب کاربرد کودهای شیمیایی:

$$\sum_{i=1}^{7} k_i X_i + d_r^- - d_r^+ \leq GK \qquad for \qquad r=3 \qquad (۲۰)$$

GK: سطح آرمانی مطلوب دسترسی به کمترین کاربرد کودهای شیمیایی (آرمان زیست محیطی) می‌باشد.

ب- آرمان سطح مطلوب مصرف سم‌ها:

$$\sum_{i=1}^{7} s_i X_i + d_r^- - d_r^+ \leq GS \qquad for \qquad r=4 \qquad (۲۱)$$

GS: سطح آرمانی مطلوب دسترسی به کمترین کاربرد سم‌های شیمیایی (آرمان زیست محیطی) می‌باشد.

ج- آرمان سطح مطلوب مصرف آب:

$$\sum_{i=1}^{7} w_i X_i + d_r^- - d_r^+ \leq GW \qquad for \qquad r = 5 \qquad (۲۲)$$

GW: سطح آرمانی دسترسی به میزان آب مطلوب (آرمان زیست محیطی) می‌باشد.

تابع هدف برنامه‌ریزی آرمانی:

$$Min \qquad D = \sum_{j=1}^{k} w_j h_j (d_j^- + d_j^+) \qquad (۲۳)$$

در این پژوهش برمبنای اطلاعات به‌دست آمده از نظر کارشناسان و بهره‌برداران و با توجه به شرایط منطقه، اولویت آرمان‌های معرفی شده به‌ترتیب آرمان اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی تعیین شد.

تابع هدف:

تابع هدف این تحقیق که بیشینه‌سازی درآمد خالص کل منطقه مورد بررسی می‌باشد، بیانگر آن است که بهره‌برداران منطقه در پی بیشینه کردن کل بازده برنامه‌ای خود هستند، به این منظور ضریب‌های تابع هدف به‌عنوان بازده برنامه‌ای در مدل‌ها به‌صورت زیر وارد شده است:

$$Max \sum_{i=1}^{7} C_i X_i \qquad (۲۴)$$

ضریب‌های تابع هدف در محدوده مورد بررسی که بازده برنامه‌ای هر یک از فعالیت‌ها می‌باشد از اختلاف بین درآمد ناخالص و هزینه‌های متغیر هر یک از محصول‌های زراعی در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ محاسبه شده است. به‌منظور محاسبه ضریب‌های تابع هدف و محدودیت‌های محصول‌های باغی برخلاف محصول‌های زراعی که به‌طور معمول درآمد و هزینه آنها در یک سال مشخص می‌شود، به‌علت داشتن عمر بیش از یک سال و داشتن هزینه و درآمد در طول این مدت، باید معادل درآمد و هزینه سالانه آنها محاسبه شود؛ به‌طور مثال گیاه یونجه ۵ ساله در نظر گرفته شد و با توجه به اینکه در سال‌های بعدی هزینه‌های داشت و برداشت مشترک بود، هزینه‌های کاشت آن برای ۵ سال سرشکن شد. از این رو در تحقیق با استفاده از رابطه مقابل معادل سود و هزینه سالانه محصول‌های باغی محاسبه شده است.

$$A = P(A/P, i, n) \qquad (۲۵)$$

که A معادل سود یا هزینه سالانه، P ارزش کنونی منافع یا هزینه‌ها، i نرخ بهره که در این پژوهش به‌طور میانگین معادل ۲۰ درصد سالیانه در نظر گرفته شده است و n سال‌های عمر محصول چند ساله می‌باشد. بازده برنامه‌ای نیز برای هر یک از محصول‌های چندساله به‌طور جداگانه با رابطه بالا به سال مورد بررسی برگردانده شد و این بازده محاسبه شده در تابع هدف در نظر گرفته شد. بازده برنامه‌ای و هزینه‌های متغیر محاسبه شده هر هکتار محصول‌ها باغی قابل کشت در منطقه که معادل سود و هزینه سالانه محصول‌های باغی می‌باشد نیز در جدول ۸ نشان داده شده است.

جدول (۸) هزینه متغیر و بازده برنامه‌ای یک هکتار از سطح زیرکشت محصول‌های مختلف

Table (8) Variable cost and planned yield of one hectare of the cultivated area of different crops

محصول Product	هزینه متغیر(هزار تومان در هکتار)	بازده برنامه‌ای(هزار تومان در هکتار)
گندم Wheat	56617	50238
جو Barley	50873	37125
عدس Lentils	31838	34118
یونجه Alfalfa	96235	74617
انگور Grape	193400	224507
گردو Walnut	202423	291274
سیب Apple	198865	312828

منبع: یافته‌های تحقیق Source: Research findings

با استفاده از روش فنی (تکنیک) برنامه‌ریزی خطی معمولی و آرمانی، الگوی بهینه منطقه به شرح جدول ۹ پیشنهاد می‌شود.

جدول (۹) نتایج الگوی کشت بهینه پیشنهادی منطقه مورد بررسی (واحد: هکتار)

Table (9) Results of the proposed optimal cultivation pattern of the study area (unit: hectare)

ردیف	محصول Product	الگوی کشت کنونی Current cropping	مدل برنامه‌ریزی خطی Linear programming	مدل برنامه‌ریزی آرمانی Ideal planning
۱	گندم Wheat	7500	1000	1000
۲	جو Barley	2500	500	500
۳	عدس Lentil s	900	0	0
۴	یونجه Alfalfa	7500	1500	1500
۵	انگور Grape	6420	0	0
۶	گردو Walnut	415	1546	1438
۷	سیب Apple	1420	1399	1332
۸	جمع Total	26655	5846	5770

منبع: یافته‌های تحقیق Source: Research findings

همچنین محاسبه میزان کاهش مصرف آب، کودهای شیمیایی و سم‌های کشاورزی در الگوی کشت کنونی، برنامه‌ریزی خطی و آرمانی در جدول (۱۰) آورده شده است.

جدول (۱۰) میزان آب مصرفی، کودهای شیمیایی و سم‌های کشاورزی در الگوی کشت کنونی و برنامه‌ریزی خطی و آرمانی

Table (10) The amount of water used, chemical fertilizers and agricultural poisons in the current cultivation pattern and linear and ideal planning

	الگوی کشت کنونی Current cropping pattern	مدل برنامه‌ریزی خطی Linear programming model	مدل برنامه‌ریزی آرمانی Ideal planning model
نیاز ناخالص آب (مترمکعب) Grosswater requirement (m^3)	301722865	80005601	77391918
کود اوره Urea fertilizer	5013100	1184920	1144560
کود پتاس Potash fertilizer	3012850	426100	410500
کود فسفات Phosphate fertilizer	7208150	1419030	1378040
سم‌ها شیمیایی Chemical poisons	507057	38831.3	36786.4

منبع: یافته‌های تحقیق Source: Research findings

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

با مشاهده الگوی کشت کنونی و نتایج مدل‌های برنامه‌ریزی خطی و آرمانی منطقه که در جدول شماره ۹ ارائه شده، تغییر محسوسی در الگوی کشت کنونی و الگوی کشت بهینه ملاحظه می‌شود. در الگوی کشت پیشنهادی در مدل‌های برنامه‌ریزی خطی و آرمانی، سطح زیر کشت به شدت کاهش یافته است. شایان یادآوری است که سطح زیر کشت گندم، جو و یونجه به مدل تحمیل شده است. علت تحمیل این سطح کشت نیاز مصرف منطقه و خودکفایی در دو محصول گندم و جو می‌باشد که در صورت تحمیل رقم‌های بالاتر از آنچه در جدول ملاحظه می‌شود، مدل قابل حل نبود. این مسئله بیانگر آن است که با توجه به محدودیت‌های منطقه که در مدل لحاظ شده، سطح‌های زیر کشت بیش از آن میسر نمی‌باشد. در این جدول مشاهده می‌شود که مقدار کمی از سطح زیر کشت محصول سیب کاسته شده است. در مورد کشت انگور در منطقه همان‌گونه که در جدول ملاحظه می‌شود نتایج مدل برنامه‌ریزی خطی و آرمانی کشت محصول‌های دیگر جایگزین را برای بیشینه کردن سود منطقه پیشنهاد می‌کند. زیرا به‌رغم اینکه انگور نیاز به مصرف آب فراوان دارد ولی قیمت فروش آن پایین بوده و حتی در منطقه صنایع تبدیلی چندانی هم برای تبدیل و فروش آن با ارزش افزوده بالا وجود ندارد. سطح زیر کشت محصول گردو در دو مدل برنامه‌ریزی خطی و آرمانی نسبت به الگوی کشت کنونی افزایش یافته است؛ علت این است که در حال حاضر گردو جزء محصول‌هایی است که بازده برنامه‌ای قابل توجهی نسبت به دیگر محصول‌ها داراست، لذا افزایش سطح زیر کشت این محصول به‌طور مستقیم می‌تواند بر سود کشاورزان و انگیزه تولید آنان اثرگذار باشد. البته الگوی کشت کنونی بهره‌برداران دارای تنوع بیشتری نسبت به دو الگوی برنامه‌ریزی خطی و آرمانی است که تمایل به تولید محصول‌های متنوع ناشی از خطرگریزی بهره‌برداران می‌باشد و نیاز به تغییر نگرش آنان دارد. در ضمن سطح زیر کشت در برنامه‌ریزی آرمانی کمتر از برنامه‌ریزی خطی است که اگر چه با کاهش چند درصدی سود همراه است اما موجب کاهش استفاده از منابع آب و همچنین کودها و سم‌ها می‌شود. میزان آب مصرفی، کودهای شیمیایی و سم‌های کشاورزی در الگوی کشت کنونی و برنامه‌ریزی خطی و آرمانی که در جدول ۱۰ آمده است، تشان می‌دهد محدودیت‌های اعمال شده اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی مصرف نهاده‌های آب، کود و سم‌ها شیمیایی را کاهش خواهد که به‌طور منطقی نمی‌تواند جزء هدف‌های بهره‌برداران باشد، حتی ممکن است فکر کنند کاهش مصرف آب، کودها و سم‌های کشاورزی، بازده خالص فعالیت‌های آنان را کاهش می‌دهد.

در همین راستا و با توجه به شرایط خشکسالی و مسائل زیست محیطی کشور، سیاست‌گذاران افزون‌بر آگاهی دادن به بهره‌برداران باید سیاست‌های تشویقی برای اجرای برنامه اعمال کنند. البته منظور این نیست که باید باغ‌های انگور و کشتزارها را از بین برد و تبدیل به باغ‌های گردو کرد، بلکه با توجه به از بین رفتن بسیاری از این باغ‌ها در نتیجه کم توجهی بهره‌برداران به‌دلیل نداشتن سوددهی آنها و هم‌چنین وجود زمین‌های کشت نشده در منطقه مورد بررسی، در سال‌های آتی این الگو به تدریج جایگزین الگوی کشت کنونی شود.

منبع ها

Arianejad, M. (2018) *Operations Research 2*. Tehran, Iran University of Science and Technology Publishing Center. (In Farsi)

Asgari,M. and Ebrahimi, K. (2021) Studying land subsidence phenomenon of Abhar plain using MODFLOW mathematical model based on developing SUB numeric package. *Quantitative Geomorphological Research*, 9(3): 155-170.

Awazyar, M., Ahmadpour Borazjani, M. and Ziyai, S. (2017) Optimizing the cropping pattern to increase irrigation efficiency in the fertile lands of Mulla Sadra in Fars province. *Water Resources Engineering*, 11(36): 21-32. (In Farsi)

Choopan, Y. and Emami, S .(2020) An approach to reduce water consumption by optimizing and determining of crop cultivation pattern using meta-heuristic algorithms: A case study on Moghan plain, *Journal of Applied Research in Water and Wastewater*. 7(1): 48-56.

Darshana, A.P. Ostrowski M. and Pandey, RP. (2012) Simulation and optimization for irrigation and crop planning. *Irrig Drain*, 61(2):178–188.

Ghasemi, A., Hasanlu, S. Pirouz, R. and Najafi Alamdarlu, H. (2014) Environmental approach in determining the optimal cultivation pattern using the ideal planning model (case study: Varamin region). *Environmental research*. 6(11): 169-172. (In Farsi)

Ghodrati, M., & Sabani, A. (2012) Ground water Mathematics Models, Simayedanesh, 210. (In Farsi)

Ghorbanian, A., Zibaie, M. and Kohansal, M. (2013) Determining the optimal cultivation pattern according to the limitation of underground water resources in the Kovar Plain. *Economics and agricultural development* (agricultural sciences and industries). 27(1): 1-7. (In Farsi)

Charnes, A. and Cooper, W.W. (1961) Management Models and the Industrial Applications of Linear Programming. John Wiley, New York.

Iran Water Resources Management Company. (2014) Groundwater restoration and balancing plan. Deputy of Water and Water Administration Office of Water and Wastewater Operations and Protection Systems. Technical Report.

Fathi, F., & Zibaei, M. (2012). Water resources sustainability using goal programming approach in optimizing crop pattern, strategy and irrigation method. *Iran-Water Resources Research*, *8*(1), 10-19. (In Farsi)

Kerebih, M.S. and Keshari, A.K. (2021) Optimal Land And Water Allocation Model For The Maximization of Net Agricultural Return In Drought Prone Regions. PREPRINT (Version1) available at Research Square. https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-976053/v1.

Kerebih, M.S. and Keshari, A.K. (2017) GIS-Coupled Numerical Modeling for Sustainable Groundwater Development: Case Study of Aynalem Well Field, Ethiopia. J Hydrol Eng, *Journal of Hydrologic Engineering*.

Layani, GH., Darzi, A., Motevali, A., Bagherian- Jelodar, A., Kaikha, M., Nadi, M., Firouzjaeian, A.A., AMIRNEJAD, H. and 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.

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.

Mohanty, S., Jha, M.K. Kumar A. and Brahmanand, P.S. (2013) Optimal development of groundwater in a well command of eastern india using integrated simulation and optimization modelling. *Irrigation and Drainage*. 62(3):363–376.

Pourzand, F. and Bakhshoudeh, M. (2012) Evaluating agricultural sustainability of Fars province with compromise programming approach. *Agricultural Economics Research.* 4 (1), 1-26.

Mousavi, S. N., Saleh, I., and Akbari, S. M. (2015). The Optimal cropping pattern and its impact on water resources management (Case study: Mrvdsht- Karbala region). Water Engineering, 7: pp. 101-110.

Romero, C. And Rehman, T. (2004) Multiple criteria analysis for agricultural decision. *Elsevier Publication*. Netherlands 3: 27-37.

Sardar Shahraki. A. Shahraki. J. and Hashemi. Monfard S.A. (2018) An Integrated Fuzzy Multi-Criteria Decision-Making Method Combined with

the WEAP Model for Prioritizing Agricultural Development, Case Study: Hirmand Catchment. *Ecopersia*. *6*(4): 205-214.

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

Reginal Water Company of Zanjan. (2019) Groundwater resources identification studies report in Abhar study area. Deputy of Conservation and Operation of Water Resources, Technical Report.

Soltani, G. R.,Zibaie, M., and Kahkha, A. A.(1999). Agricultural Research, Education and Extension Organization, Ministry of Agricultural Jihad.

Tovar-Facio, J., Guerras, L. S., Ponce-Ortega, J. M., & Martin, M. (2021). Sustainable Energy Transition Considering the Water‑Energy Nexus: A Multiobjective Optimization Framework. ACS Sustainable Chemistry & Engineering, 9(10), 3768-3780.

Ulčák, Z. and J. Pall. (2003) Indicators of agricultural sustainability-the moral of a story. In: K. Helming and H. Wiggering (Eds.) Sustainable Development of Multifunctional Landscapes. Springer, Berlin, Heidelberg, Germany, p. 67-78.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

Doi: 10.22034/IAES.2024.2008970.2012

Agricultural Economics/Volume 18/Issue 2/1403

Determining the Optimal Pattern of Cultivation in Terms of Economic, Social and Environmental Constraints (Case Study: Abhar Plain)

Rahele Jamshidloo, Parvaneh Nasiri[1]

Received: 15 April.2023 **Accepted:22 Oct.2023**

Extended Abstract

Intruduction: the purpose of this research is to determine the optimal pattern of agricultural crops cultivation in Abhar plain in order to achieve to sustainability in the agricultural sector using linear and ideal planning models in terms of environmental, social and economic constraints.

Materials and Methods: The limitations were determined through questionnaires and interviews with farmers and relevant officials, and the optimal pattern of cultivation was investigated according to these limitations using two methods of linear and ideal planning. For this purpose, statistics and information related to 7 products that have the largest share in the agricultural production of Abhar Plain in the crop year 1401-1400 are used..

Results and discussion: The results showed that in the optimal models proposed by the linear and ideal planning models, the cultivated area has been greatly reduced In the pattern of optimal cultivation, crops whose cultivation does not have much planned efficiency, such as grapes and lentils, are either completely eliminated, or due to the fact that they are considered strategic crops, such as wheat and barley, their production is reduced and the cultivation of products such as walnuts, which have a high planned efficiency, is reduced. attention is increased. Finally, it can be said that the cultivation of crops has become more specialized and the variety of crops has decreased.

Suggestion: the policy maker should apply incentive policies in order to implement the program in addition to informing the users. Of course, the purpose of the study is not to destroy the vineyards and fields and turn them into walnut gardens, but considering the destruction of many of these gardens as a result of the lack of attention of the operators due to their lack of profitability and also the presence of uncultivated land in In the study area, in

[1]Respectively: Assistance Professor of Department of Management, Hidaj Branch, Islamic Azad University. Assistance Professor of Department of Management, Abhar Branch, Islamic Azad University
Email: rahele.jamshidloo@iau.ac.ir

the coming years, this pattern will gradually replace the current cultivation pattern.

JEL Classification: C61 ,Q18 , Q25, Q15.
Keywords: : Linear and ideal planning, reduction of water consumption, optimal cultivation pattern, environment.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی