اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران
شاپا الکترونیکی: ۷۸۵x-۲۴۲۳
Homepage: http://ijaedr.ut.ac.ir/

الگوی بهینه‌ی کشت با فرض عدم قطعیت و استفاده از مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی و آرمانی فازی (مطالعه‌ی موردی شهرستان سقز)

چکیده

امروزه تعیین الگوی بهینه کشت یکی از مهم ترین و کارآمدترین روش های مدیریت تولیدات زراعی و همچنین افزایش بهره وری نهاده های تولید می باشد. این تحقیق با هدف بهینه سازی الگوی کشت در سه سناریوی مختلف برای شهرستان سقز، با استفاده از روش‌های برنامه‌ریزی تک هدفه و برنامه‌ریزی چندهدفه آرمانی فازی انجام شده است. در سناریوی اول، میزان سود ناخالص به اندازه‌ی ۰/۵ درصد کاهش می‌یابد. اما از سوی دیگر مصرف آب، کودهای شیمیایی و سموم شیمیایی در راستای اهداف از پیش تعیین‌شده به ترتیب ۱۰/۷، ۱۱/۱ و ۱۲/۸ درصد کاهش می یابد. در سناریوی دوم، سود ناخالص به اندازه‌ی ۱۹/۴ درصد کاهش می‌یابد. از سوی دیگر، مصرف آب، کودهای شیمیایی و سموم شیمیایی در راستای اهداف پژوهش به ترتیب ۲۰/۷، ۱۸ و ۱۴/۳ درصد کاهش می یابد. در سناریوی سوم، با اولویت به حداقل رساندن مصرف آب و به حداقل رساندن مصرف کودها و سموم شیمیایی و سپس به حداکثر رساندن درآمد ناخالص، میزان درآمد ناخالص به اندازه‌ی ۲۲ درصد کاهش می‌یابد. همچنین، مصرف کودهای شیمیایی، سموم شیمیایی و مصرف آب در جهت مطلوب و اهداف از پیش تعیین‌شده به ترتیب ۱۷/۲، ۵۲/۶ و ۲۷/۱ درصد کاهش می‌یابد. پیشنهاد می‌شود با توجه به اولویت هر یک از سناریوهای اقتصادی، حفظ محیط زیست و کاهش مصرف آب از منظر سیاست‌گذار، مدل بهینه کشت انتخاب شود.

طبقه‌بندی JEL: Q01، C61، Q20

واژگان کلیدی: الگوی کشت، برنامه‌ریزی آرمانی، برنامه‌ریزی خطی، عدم قطعیت

مقدمه

امروزه، افزایش تولید محصولات کشاورزی برای تامین امنیت غذایی بشر با در نظرگفتن استفاده‌ی کارا و بهینه از منابع تولیدی، امری منطقی به نظر می‌رسد. بر اساس تعریف، الگوی کشت عبارت است از تعیین یک نظام کشاورزی با مزیت اقتصادی پایدار مبتنی بر سیاست‌های کلان کشور، دانش بومی کشاورزان و بهره‌گیری بهینه از پتانسیل‌های منطقه‌ای با رعایت اصول اکوفیزیولوژیک تولید محصولات کشاورزی در راستای حفظ محیط زیست (Mirzaei & at al., 2016). با توجه به مصرف زیاد آب و نهاده‌های کود و سموم شیمیایی، در بخش کشاورزی، همیشه انگشت اتهام به این بخش حیاتی به‌عنوان بزرگترین و عمده‌ترین مصرف‌کننده‌ی این نهاده‌ها در جهان نشانه رفته است (Valizadegan &Dindar Sooha,2021). علاوه بر آب به‌عنوان یکی از مهم‌ترین نهاده‌های تولید در بخش کشاورزی، امروزه سایر نهاده‌ها از جمله انواع کودها و سموم شیمیایی نیز از جمله نهاده‌های حیاتی تولید در بخش کشاورزی به‌شمار می‌روند. اما آنچه امروزه در مورد این نهاده‌ها باید مورد توجه سیاست‌گزاران بخش کشاورزی قرار گیرد، آثار زیانبار این مواد بر محیط زیست می‌باشد. محدودیت منابع در بخش کشاورزی و نیاز به

اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران
شاپا الکترونیکی: ۷۸۵x-۲۴۲۳
Homepage: http://ijaedr.ut.ac.ir/

افزایش تولید محصولات زراعی برای پاسخگویی به تقاضای فزاینده‌ی ناشی از رشد جمعیت از یک سو و ضرورت مبارزه مدیریت شده با آفات از سوی دیگر، سبب شده است تا فشار بر منابع تولید بخش کشاورزی به فشار بر محیط زیست منجر شود (Halkidis & Papadimos, 2007). در کشور ما نیز که مصرف سموم کشاورزی ضد آفات گیاهی از حدود نیم قرن پیش آغاز شده و متأسفانه آثار زیانباری از خود بر جای گذاشته است، تعیین الگوی بهینه کشت یکی از مهمترین تصمیم‌های پیشروی کشاورزان می‌باشد. تحقیقات نسبتاً خوبی نیز دراین زمینه تاکنون انجام شده است. Panahi, A., & Falsafian, A. (2021) در مطالعه‌ای با استفاده از الگوهای برنامه‌ریزی خطی و آرمانی فازی تحت سناریوهای مختلف حداکثرسازی سود و حداقل‌سازی مصرف آب انجام داده و نتیجه گرفتند که اجرای الگوی بهینه کشت با هدف حداکثرسازی سود کشاورز و مصرف آب به‌ترتیب ۳۸۲/۲ و ۴۴/۳ درصد افزایش و تحت هدف حداقل‌سازی مصرف آب، به‌ترتیب ۹۰/۶ و ۲۲/۸۷ کاهش می‌یابد. اما در اجرای الگوی بهینه کشت با هدف دستیابی همزمان به حداکثر سود و حداقل مصرف آب، ملاحظه شد که میزان سود ۱/۱ درصد افزایش و میزان مصرف آب ۴/۷۱ درصد کاهش می‌یابد.

Dehghanizadeh & et al.,2021 برای ارزیابی تحقق همزمان اهداف چندگانه اقتصادی در بخش کشاورزی استان یزد شامل بیشینه-سازی تولید، اشتغال و بهره-وری و کمینه-سازی مصرف آب در چارچوب اهداف برنامه ششم توسعه، از مدل تلفیقی برنامه‌ریزی آرمانی و الگوی داده—ستانده استفاده کردند. یافته‌های تحقیق نشان داد که در چارچوب اهداف تعیین‌شده، تحقق همزمان اهداف اقتصادی ممکن نیست؛ اهداف تولید و اشتغال بخش الزاماً همراستا نیستند و همچنین کاهش حجم آب در دسترس، موجب کاهش قابل‌توجه سطح تولید می‌گردد و دسترسی به مقدار آرمانی آن با وضعیت فعلی بهره‌وری آب ممکن نیست. Baghbanian & at al.,2022 به ارزیابی اقتصادی الگوی بهینه‌ی کشت در محصولات زراعی در شهرهای قروه و دهگلان با تأکید بر حداقل آب مجازی پرداختند. نتایج حاصل از پژوهش نشان داد، با حل مدل آرمانی برای شهرستان دهگلان، محصول یونجه با سطح زیرکشت ۱۰/۹ هکتار با بازده برنامه‌ای ۱۱۴۰۴۵۸ هزار ریال و در شهرستان قروه ذرت علوفه‌ای با مقدار ۲۱ هکتار و ارزش ۷۷۰۹۴۹۷ هزار ریال با مقدار آب مجازی ۲/۵۱ مترمکعب به‌عنوان محصول پایه قرار گرفت. Layani & at al.,2023 به کمی‌سازی اثرات اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی، الگوی کشت سازگار با منابع کشاورزی با استفاده از مدل برنامه‌ریزی چندهدفه در شهرستان ساری پرداختند. نتایج نشان داد که با ملاحظه شاخص‌های اجتماعی، کمترین توجه کشاورزان مربوط به ذرت و پیاز بوده و پنج محصول اولویت‌دار ازنظر آن‌ها به ترتیب گندم، پنبه، عدس، برنج و کلزا شناسایی شدند. مجموع سطح زیرکشت با کاهش ۱۵درصدی همراه بوده به گونه‌ای که می‌تواند به صرفه‌جویی ۱۲/۹۱ درصدی مصرف آب و ۱۴/۴۶ درصد مصرف کود کمک نماید. علاوه بر این، بازده برنامه‌ای در منطقه مورد مطالعه، ۱۲/۹۷ درصد کاهش یافت. Haq et al.,2020 پژوهشی را به منظور دستیابی به سودمندترین الگوی کشت در منطقه‌ی هونزا برای سه محصول عمده‌ی سیب‌زمینی، یونجه و گندم انجام دادند. نتایج نشان داد که مدل بهینه ۱۰/۱۸ درصد افزایش درآمد خالص را به‌دنبال دارد. Tewabe &

Dessie, 2020 از مدل برنامه‌ریزی خطی برای تخصیص بهینه‌ی آب و زمین برای محصولات زراعی مختلف در طرح آبیاری کوگا استفاده نمودند. این مدل برای یک الگوی کشت بهینه تعریف شده و سه سطح کمبود (۱۰، ۲۰، و ۳۰ درصد) آبیاری استفاده شد. نتایج نشان داد که با ۲۰ درصد کاهش آبیاری برای الگوی کشت بهینه شناسایی شده، ۷۳۶۱ هکتار زمین قابل آبیاری است. نتایج نشان داد. که با استفاده از ۲۰ درصد استراتژی کم‌آبیاری، سود خالص ۲۳ درصد و بهره‌وری آب تا ۵۵ درصد نسبت به روش آبیاری موجود افزایش می‌یابد. در شهرستان سقز نیز با توجه به مصارف بی‌رویه‌ی آب، کودها و سموم شیمیایی، مدیریت و تعیین الگوی بهینه‌ی کشت، ضرورتی اجتناب‌ناپذیر است. بنابراین پژوهش حاضر با هدف بهینه‌سازی الگوی کشت در سه سناریوی مختلف برای شهرستان سقز، با استفاده از روش‌های برنامه‌ریزی تک‌هدفه و برنامه‌ریزی چندهدفه آرمانی فازی انجام شد.

روش تحقیق

پژوهش حاضر برای محصولات عمده‌ی زراعی شهرستان سقز در استان کردستان انجام گرفته است. از بین محصولات زراعی شهرستان، هفت محصول به‌عنوان محصولات اصلی در نظر گرفته شدند. این محصولات که شامل گندم، جو، سیب‌زمینی، یونجه، چغندرقند و ذرت علوفه‌ای می‌باشند، بخش عمده و اصلی کل محصولات زراعی کشت‌شده در شهرستان سقز را شامل می‌شوند. اطلاعات مورد نیاز پس از درخواست کتبی از سازمان جهاد کشاورزی استان کردستان و سازمان‌های جهاد کشاورزی و امور آب شهرستان سقز و از منابع پرسشنامه‌ای که سالانه این سازمان‌ها توسط کارشناسان و کارآموزان حوزه‌ی کشاورزی و زراعت خود تهیه می‌کنند، تنظیم و گردآوری شده است. همچنین جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزارهای Excel و GAMS استفاده شد. در این پژوهش محصولات مورد بررسی X_1 گندم، X_2 جو، X_3 سیب‌زمینی، X_4 یونجه، X_5 چغندرقند، X_6 ذرت علوفه‌ای و X_7 کلزا می‌باشند. برای حصول نتایج از الگوی برنامه‌ریزی ریاضی خطی و آرمانی فازی استفاده شده است.

برنامه‌ریزی خطی

هدف برنامه‌ریزی خطی به حداقل یا حداکثر رساندن تابع هدف با در نظر گرفتن محدودیت‌های مدل می‌باشد. قالب کلی الگوی برنامه‌ریزی خطی به صورت رابطه‌ی (۱) است.

رابطه‌ی ۱)

$$Find\ X\ (x_1, x_2, ..., x_7)$$
$$so\ as\ to\ satisfy\ Min = w_1 \times d_1^- + w_2 \times d_2^+ + w_3 \times d_3^+ + w_4 \times d_4^+$$
$$Find\ X\ (x_1, x_2, ..., x_n)$$
$$so\ as\ to\ satisfy\ \ Max: f(x)$$
$$subject\ to: g_j(x) \begin{pmatrix} \leq \\ = \\ \geq \end{pmatrix} B_j,\ \ X \geq 0,\ \ j = 1, 2, 3, ..., m$$

که در آن $f(x)$ تابع هدف و $g_j(x)\begin{pmatrix} \leq \\ = \\ \geq \end{pmatrix} B_j$ نشان دهنده‌ی مجموعه‌ی محدودیت‌های فیزیکی مدل می‌باشد. شکل خلاصه‌تر الگوی برنامه‌ریزی خطی را می‌توان بصورت رابطه‌ی (۲) نوشت:

شاپا الکترونیکی: ۷۸۵x-۲۴۲۳
Homepage: http://ijaedr.ut.ac.ir/

رابطه ۲)

$$Max\ or\ Min \quad Z = Cx \quad x \geq 0$$
$$s.t \quad Ax \leq b$$

که Z تابع هدف، x متغیر تصمیم، C سهم هریک از متغیرها در تابع هدف، A ماتریس ضرایب فنی و b سمت راست محدودیت‌ها هستند. در این پژوهش، چهار هدف حداکثرسازی سود ناخالص، حداقل‌سازی استفاده از سموم و کودهای شیمیایی و آب برای تولید محصولات، به صورت همزمان در نظر گرفته شده‌اند که برای دستیابی به الگوی کشت بهینه برنامه‌ریزی ریاضی آرمانی مورد استفاده قرار گرفت.

برنامه‌ریزی آرمانی فازی

نظریه مجموعه‌های فازی بـه عنوان نظریه‌ای ریاضی برای مدل‌سازی و عدم قطعیـت، از جمله مفیدترین رهیافت‌هایی است که امکان بیان و لحاظ نمودن ایـن عدم قطعیت‌ها را فراهم می‌آورد (Amini, 2013) این نظریه طی چندین دهه گذشته با استقبال بسیار زیـاد محققین و مجامع علمی از آن، کاربردهای فراوانی در جنبه‌های گوناگون برنامه‌ریزی کشاورزی و مدیریت مزرعه داشته است و به‌طور کلی، به‌عنوان معمول‌ترین روش بررسی عدم قطعیت‌ها در تحلیل تصمیم‌گیری‌های گروهی و چند معیاره شناخته شده اسـت (Amini, 2013). در یک محیط تصمیم‌گیری فازی، اهداف تصمیم‌گیرنده همیشه به‌صورت فازی بیان می‌گردد. همچنین محدودیت منابع ممکن است به‌صورت فازی یا قطعی بیان شوند. تعریف روش برنامه‌ریزی آرمانی فازی در مطالعه‌ی Tiwari et al.,1986 به صورت رابطه‌ی ۳ بیان می‌شود:

رابطه‌ی ۳)

$$Find\ X\ (x_1, x_2, ..., x_n)$$
$$so\ as\ to\ satisfy$$
$$Min\ Z = \left[w_1\left(d^-\right), w_2\left(d^-\right), ..., w_k\left(d^-\right) \right]$$
$$subject\ to:$$
$$\frac{(b_i + t_i) - f_i(X)}{t_i} + d_i^- - d_i^+ = 1$$
$$\frac{f_i(X) - (b_i - t_i)}{t_i} + d_i^- - d_i^+ = 1$$
$$g_j(x) \begin{pmatrix} \leq \\ = \\ \geq \end{pmatrix} B_j \quad , \quad X \geq 0 \quad , \quad j = 1, 2, 3, ..., m$$
$$d_i^- . d_i^+ = 0 \qquad , \qquad d_i^-, d_i^+ \geq 0$$

که Z برداری از اهداف وزن داده شده، و d_i^+ و d_i^- به‌ترتیب، متغیرهای انحرافی مثبت و منفی در iاُمین آرمان می‌باشد. $W(d^-)$ ، یک تابع خطی وزن داده شده از متغیرهای انحرافی منفی است که به شکل رابطه‌ی (۴) می‌باشد:

رابطه‌ی ۴)
$$W(d^-) = \sum_{i=1}^{I} W_i.d_i^-, W_i.d_i^- \geq ۰, i = ۱,۲,۳,...,I$$

d_i^- متغیر انحرافی منفی برای iاُمین آرمان و W_i وزن عددی مرتبط با d_i^- و نشان‌دهنده‌ی اهمیت دستیابی به سطح مطلوب iاُمین آرمان نسبت به دیگر آرمان‌ها می‌باشد. بدین ترتیب، الگوی برنامه‌ریزی خطی آرمانی فازی به‌کار برده شده در این پژوهش به صورت رابطه‌ی (۵) می‌باشد:

رابطه‌ی ۵)
$$Find\ X\ (x_۱, x_۲, ..., x_n)$$
$$so\ as\ to\ satisfy$$
$$Min = w_۱ \times d_۱^- + w_۲ \times d_۲^- + w_۳ \times d_۳^- + w_۴ \times d_۴^-$$
$$subject\ to:$$

محدودیت‌ها:

محدودیت آرمانی مربوط به حداکثر نمودن درآمد یا درآمد ناخالص:

رابطه‌ی۶)
$$\frac{\sum_{i=۱}^{۷} IX_i \times SX_i - (OI - \Delta_I)}{\Delta_I} + d_۴^- - d_۴^+ = ۱$$

محدودیت آرمانی مربوط به حداقل نمودن مصرف آب:

رابطه‌ی۷)
$$\frac{(OW + \Delta_W) - \sum_{i=۱}^{۷} WX_i \times SX_i}{\Delta_W} + d_۴^- - d_۴^+ = ۱$$

محدودیت آرمانی مربوط به حداقل نمودن مصرف کودهای شیمیایی:

رابطه‌ی۸)
$$\frac{(OFE + \Delta_{FE}) - \sum_{i=۱}^{۷} FEX_i \times SX_i}{\Delta_{FE}} + d_۴^- - d_۴^+ = ۱$$

محدودیت آرمانی مربوط به حداقل نمودن مصرف سموم شیمیایی

رابطه‌ی۹)
$$\frac{(OPO + \Delta_{PO}) - \sum_{i=۱}^{۷} POX_i \times SX_i}{\Delta_{PO}} + d_۴^- - d_۴^+ = ۱$$

که در آن IX_i درآمد حاصل از هرهکتار محصول i اُم، SX_i سطح زیرکشت محصول i اُم، WX_i مصرف آب محصول iاُم، FEX_i مصرف کود محصول i اُم، POX_i مصرف سموم محصول i اُم، OI مقدار آرمانی درآمد ناخالص، OW مقدار آرمانی مصرف آب، OFE مقدار آرمانی مصرف کودهای شیمیایی و OPO مقدار آرمانی مصرف سموم شیمیایی می‌باشد. همچنین مقادیر Δ_y، Δ_W، Δ_{FE} و Δ_{PO} به‌ترتیب تغییرات قابل تحمل برای سطح مطلوب آرمان درآمد ناخالص (هزار تومان)، تغییرات قابل تحمل برای سطح مطلوب آرمان مصرف آب (مترمکعب)، تغییرات قابل

اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران
شاپا الکترونیکی: ۷۸۵x-۲۴۲۳
Homepage: http://ijaedr.ut.ac.ir/

تحمل برای سطح مطلوب آرمان مصرف کود شیمیایی (کیلوگرم) و تغییرات قابل تحمل برای سطح مطلوب آرمان مصرف سموم شیمیایی (لیتر) می‌باشند. در رابطه‌ی (۴) تابع هدف مورد نظر، تابعی خطی از متغیرهای انحرافی منفی یعنی d_i^- می‌باشد. لازم به ذکر است وزن‌های W_i که از طریق مصاحبه‌ی حضوری با کشاورزان، کارشناسان جهاد کشاورزی و اداره‌ی امور آب شهرستان در قالب سه سناریو بدست آمده‌اند، بترتیب اهمیت اهداف برای متغیرهای انحرافی آرمان‌های مورد نظر در تابع هدف را نشان می‌دهند. این اوزان برای چهار هدف مورد نظر به‌گونه‌ای در نظر گرفته خواهد شد که مجموع آن‌ها برابر یک شود. به طوریکه برای اهداف مهم‌تر، اوزان بیشتری در نظر گرفته می‌شود.

نتایج و بحث

از بین محصولات زراعی شهرستان، هفت محصول به‌عنوان محصولات اصلی در نظر گرفته شدند. این محصولات که شامل گندم، جو، سیب‌زمینی، یونجه، چغندرقند و ذرت علوفه‌ای می‌باشند، بخش عمده و اصلی کل محصولات زراعی کشت‌شده در شهرستان سقز را شامل می‌شوند (جدول ۱).

(جدول ۱) – اطلاعات کلی و ضرایب فنی تولید محصولات زراعی منتخب شهرستان سقز ۱۴۰۱-۱۴۰۰

نهاده / محصول	گندم	جو	چغندر قند	کلزا	سیب زمینی	یونجه	ذرت علوفه‌ای
سطح زیرکشت (هکتار)	۴۸۰۰	۹۲۰	۱۳۶۳	۳۴۵	۳۱۸	۳۸۰۶	۱۸۵
مصرف آب (مترمکعب)	۴۹۰۰	۴۱۵۰	۱۲۱۰۰	۴۳۸۹	۹۱۰۰	۱۳۲۵۰	۴۶۱۰
کود ازت (کیلوگرم)	۲۰۰	۱۵۰	۳۱۰	۱۸۰	۲۵۰	۱۵۰	۱۶۰
کود فسفات (کیلوگرم)	۷۰	۵۰	۱۳۰	۵۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
کود پتاس (کیلوگرم)	۲۰	۱۲	۶۰	۲۰	۴۰	۵۰	۲۰
کود مصرفی کل (کیلوگرم)	۲۹۰	۲۱۲	۵۰۰	۲۵۰	۳۹۰	۳۰۰	۲۸۰
سم آفت کش (لیتر)	۱/۶۶	۱/۲۴	۲/۱	۱/۱۱	۰/۴۵	۰/۶۳	۰/۷۴
سم علف هرز (لیتر)	۱/۱۲	۰/۸۵	۰/۶۲	۰/۷۸	۱/۰۲	۰	۰/۲۳
سم مصرفی کل (لیتر)	۲/۷۸	۲/۰۹	۲/۷۲	۱/۸۹	۱/۴۷	۰/۶۳	۰/۹۷
نیروی کار (نفر-روز)	۱۱	۸	۴۵	۶	۶۲	۱۲	۱۰
ماشین آلات (ساعت)	۱۱	۱۰	۱۴	۸	۱۵	۷	۸
قیمت (تومان)	۱۱۵۰۰	۱۰۴۰۰	۲۸۰۰	۲۲۸۰۰	۱۰۱۰۰	۷۲۰۰	۱۲۰۰
تولید (تن)	۲۳۴۶۲	۳۱۷۲	۷۴۹۶۵	۸۹۱	۱۱۵۷۴	۳۸۷۳۱	۱۰۱۷۵
عملکرد(کیلوگرم در هکتار)	۴۸۸۰	۳۴۴۷	۷۲۰۰۰	۲۵۸۲	۳۶۳۹۰	۱۰۱۷۶	۵۵۰۰۰

مأخذ: یافته‌های تحقیق

اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران
شاپا الکترونیکی: ۷۸۵x-۲۴۲۳
Homepage: http://ijaedr.ut.ac.ir/

جدول (۲) سطوح زیرکشت بدست آمده از الگوی برنامه‌ریزی خطی تک‌هدفه را برای اهداف مختلف حداکثر کردن درآمد ناخالص، حداقل کردن مصرف آب، مصرف کودها و سموم شیمیایی نشان می‌دهد. در این حالت، اهداف بصورت جداگانه در نظر گرفته می‌شوند. ملاحظه می‌شود که در هر چهار هدف، سطح زیرکشت کل نسبت به حالت فعلی و موجود کاهش یافته است. به‌طوری‌که، بیشترین میزان کاهش سطح زیرکشت مربوط به هدف حداقل کردن مصرف کودهای شیمیایی و کمترین مقدار کاهش نیز مربوط به هدف حداقل کردن مصرف سموم شیمیایی می‌باشد. برای هدف حداکثر نمودن درآمد ناخالص، منطقی است که محصولاتی با درآمد ناخالص بالا با توجه به قیمت و عملکرد، مانند سیب‌زمینی، چغندرقند، ذرت علوفه‌ای بیشتر وارد مدل شده و سطح زیرکشت محصولاتی با درآمد ناخالص کمتر به نسبت هر هکتار مانند جو، گندم و کلزا در الگوی کشت جدید کاهش یابد. از این‌رو، سطح زیرکشت سیب‌زمینی با افزایشی ۱۱۷ درصدی از ۳۱۸ هکتار در الگوی فعلی به ۶۹۲ هکتار در الگوی پیشنهادی رسیده است. محصول چغندر قند نیز با افزایشی معادل ۴۲ درصدی از ۱۳۶۳ هکتار به ۱۹۳۸ هکتار رسیده است. سطح زیرکشت ذرت علوفه‌ای نیز از ۱۸۵ هکتار به ۲۴۱ هکتار رسیده و ۳۰ درصد افزایش داشته است. در هدف حداقل کردن مصرف آب، سطح زیرکشت محصولات آب‌بَر مانند سیب‌زمینی، چغندرقند و ذرت علوفه‌ای کاهش یافته و سطح زیرکشت محصولات کم آب‌بَر مانند کلزا، گندم و جو افزایش یافته است. برای اهداف حداقل‌کردن مصرف کودهای شیمیایی و حداقل کردن مصرف سموم شیمیایی نیز محصولاتی با کمترین مصرف این نهاده‌ها در اولویت کشت قرار خواهند گرفت.

(جدول ۲) - تغییرات سطح زیرکشت الگوی زراعی در مدل‌های برنامه‌ریزی تک هدفه

محصول / اهداف و الگوی فعلی	واحد و تغییرات	گندم	جو	چغندر قند	کلزا	سیب زمینی	یونجه	ذرت علوفه‌ای	کل
الگوی زراعی فعلی	هکتار	۴۸۰۰	۹۲۰	۱۳۶۳	۳۴۵	۳۱۸	۳۸۰۶	۱۸۵	۱۱۷۳۳
هدف حداکثرکردن درآمد ناخالص	هکتار	۲۱۷۴	۵۴	۱۹۳۸	۴۲	۶۹۲	۳۷۱۹	۲۴۱	۸۸۶۰
	٪Δ	-۵۴/۷	-۹۴	۴۲	-۸۷	۱۱۷	-۲	۳۰	-۲۴/۴
هدف حداقل‌کردن مصرف آب	هکتار	۵۳۸۷	۲۷۲۲	۲۴	۱۳۶۵	۱۵	۰	۸	۹۵۲۱
	٪Δ	۱۲	۱۹۶	-۹۸	۲۹۵	-۹۵	-	-۹۵	-۱۸/۸
هدف حداقل‌کردن مصرف کودهای شیمیایی	هکتار	۲۴۷۷	۳۴۰۷	۹۱	۱۶۵۲	۴۱	۱۰۴۵	۱۶۱	۸۸۴۷
	٪Δ	-۴۸	۲۷۰	-۹۳	۳۷۸	-۸۷	-۷۲	-۱۲	-۲۴/۵
هدف حداقل‌کردن مصرف سموم شیمیایی	هکتار	۶۶۴	۳۵۱۳	۱۳۵	۱۷۳۳	۱۰۷	۴۱۲۷	۲۳۸	۱۰۵۱۷
	٪Δ	-۸۶	۲۸۱	-۹۰	۴۰۲	-۶۶	۱۰	۲۸	-۱۰/۳

مأخذ: یافته‌های تحقیق

اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران
شاپا الکترونیکی: ۲۴۲۳-۷۸۵X
Homepage: http://ijaedr.ut.ac.ir/

درجدول (۳) تغییرات درآمد ناخالص و مصرف نهاده‌ها در مدل‌های برنامه‌ریزی تک هدفه برای تمام اهداف ارائه شده است.

(جدول ۳)- تغییرات درآمدناخالص و مصرف نهاده‌ها در مدل‌های برنامه‌ریزی تک هدفه

اهداف / تغییرات	درآمد ناخالص (میلیون تومان- Δ٪)	مصرف آب (هزار مترمکعب- Δ٪)	مصرف کودهای شیمیایی (کیلوگرم- Δ٪)	مصرف سموم شیمیایی (لیتر- Δ٪)
الگوی زراعی فعلی	۱۰۰۰۵۶۹	۹۹۷۰۵/۶	۶۳۷۲۴۱۰	۲۲۹۸۸/۹
حداکثرکردن درآمد ناخالص	۱۱۱۹۱۶۵	۹۶۸۲۶/۷	۳۳۹۳۴۶۸	۱۸۸۵۱/۳
	۱۱/۸	-۲/۸	-۴۶	-۱۸
حداقل‌کردن مصرف آب	۴۸۲۲۹۸	۴۴۱۵۵/۳	۲۵۰۰۶۳۴	۲۳۳۷۵/۷۸
	-۵۱/۷	-۵۵/۷	-۶۰	۱/۶
حداقل‌کردن مصرف کودهای شیمیایی	۴۷۲۱۵۵	۴۹۷۵۰/۶	۲۲۷۳۶۸۴	۱۸۲۹۲/۲۸
	-۵۳	-۵۰	-۶۴	-۲۰
حداقل‌کردن مصرف سموم شیمیایی	۶۴۵۰۰۱	۸۴۰۶۳/۸	۲۷۸۴۵۳۶	۱۵۹۲۵/۸۲
	-۳۵/۵	-۱۵/۶	-۸۷/۶	-۳۰

مأخذ: یافته‌های تحقیق

برنامه‌ریزی آرمانی فازی

نتایج حاصل از الگوی برنامه‌ریزی آرمانی فازی نیز در چارچوب سناریوهای مختلف که هر سناریو متشکل از وزن‌هایی برای متغیرهای انحرافی اهداف مورد نظر است، مورد بررسی قرار گرفت. لازم به ذکر است وزن‌های متغیرهای انحرافی که در هر سناریو در نظر گرفته می‌شود، پس از مصاحبه‌ی حضوری با کارشناسان سازمان جهاد کشاورزی و اداره‌ی امور آب شهرستان و کشاورزان نمونه تعیین شده است. مجموع این اوزان باید برای چهار هدف مورد نظر برابر یک باشد.

(جدول ۴) - وزن آرمان‌ها در سناریوهای تعریف‌شده

هدف / سناریو	حداکثرکردن‌سود	حداقل‌کردن مصرف آب	حداقل‌کردن مصرف کودها	حداقل‌کردن مصرف سموم
سناریوی اول	۰/۶	۰/۲	۰/۱	۰/۱
سناریوی دوم	۰/۴	۰/۴	۰/۱	۰/۱
سناریوی سوم	۰/۱۵	۰/۴	۰/۲۵	۰/۲

مأخذ: یافته‌های تحقیق

توابع هدف برای سه سناریو در الگوی فازی

اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران
شاپا الکترونیکی: ۷۸۵x-۲۴۲۳
Homepage: http://ijaedr.ut.ac.ir/

تغییرات مجاز یا قابل تحمل برای سطوح آرمانی در مدل فازی که با Δ نشان داده می‌شود، در معادلات برای هر آرمان فازی از اختلاف مقدار موجود آن یا همان مقدار فعلی با مقدار مطلوب یا آرمانی بدست آمده است. مقدار مطلوب برای هر آرمان با حداقل‌سازی و حداکثرسازی آن‌ها در مدل برنامه‌ریزی تک‌هدفه بدست آمده است. تغییرات قابل تحمل برای سطوح آرمانی در این مطالعه در جدول (۵) آمده است.

(جدول۵)- تغییرات مجاز یا قابل تحمل برای سطوح آرمانی در مدل فازی

مقادیر / متغیر	مقدار موجود	مقدار آرمانی	Δ_T(تغییرات مجاز یا قابل تحمل)
درآمد ناخالص(میلیون تومان)	۱۰۰۰۵۶۹	۱۱۱۹۱۶۵	۱۱۸۵۹۶
آب مصرفی (مترمکعب)	۹۹۷۰۵/۶	۴۴۱۵۵/۳	-۵۵۵۵۰/۳
کود شیمیایی مصرفی(کیلوگرم)	۶۳۷۲۴۱۰	۲۲۷۳۶۸۴	-۴۰۹۸۷۲۶
سموم شیمیایی مصرفی(لیتر)	۲۲۹۸۸/۹	۱۵۹۲۵/۸۲	-۷۰۶۳/۰۸

مأخذ: یافته‌های تحقیق

توابع هدف مدل فازی

حال با توجه به مقادیر مجاز یا قابل‌تحمل برای سطوح آرمانی در جدول(۵) و مقادیر وزن داده‌شده برای هر آرمان در سناریوهای مختلف در جدول (۴)، توابع هدف به‌ترتیب برای سه سناریوی تعریف‌شده و محدودیت‌های موجود برای مدل برنامه‌ریزی آرمانی فازی در رابطه‌های (۱۰) الی (۱۴) آمده است:

رابطه‌ی۱۰)

$$Min = ۰/۶d_1^- + ۰/۲d_2 - + ۰/۱d۳ - + ۰/۱d۴^-$$
$$Min = ۰/۴d_1^- + ۰/۴d_2 - + ۰/۱d۳ - + ۰/۱d۴^-$$
$$Min = ۰/۱۵d_1^- + ۰/۴d_2 - + ۰/۲۵d۳ - + ۰/۲d۴^-$$

توابع محدودیت‌های آرمانی فازی

الف: محدودیت آرمانی حداکثر کردن درآمد ناخالص

رابطه‌ی۱۱)

$$\frac{(۵۵۲۰\ldots SX_۵ + ۳۵۳۶\ldots SX_۴ + ۳۶۷۶۴\ldots SX_۳ + ۷۳۴۴\ldots SX_۲ + ۲۰۱۶\ldots SX_۱ + ۶۶\ldots\ldots SX_۶ + ۵۷\ldots\ldots SX_۷) - (۱۰۰۰۵۶۹ - ۱۱۸۵۹۶)}{۱۱۸۵۹۶} + d_۱^- - d_۱^+ = ۱$$

ب: محدودیت آرمانی حداقل کردن مصرف آب

رابطه‌ی۱۲)

$$\frac{(۴۴۱۵۵/۳ - ۵۵۵۵۰/۳) - (۴۹۰۰SX_۱ + ۴۱۵۰SX_۲ + ۹۱۰۰SX_۳ + ۱۳۲۵۰SX_۴ + ۱۲۱۰۰SX_۵ + ۵۶۱۰SX_۶ + ۴۳۸۹SX_۷)}{-۵۵۵۵۰/۳} + d_۲^- - d_۲^+ = ۱$$

ج: محدودیت آرمانی حداقل کردن مصرف کود شیمیایی

رابطه‌ی۱۳)

$$\frac{(۲۲۷۳۶۸۴ - ۴۰۹۸۷۲۶) - (۲۹۰SX_۱ + ۲۱۲SX_۲ + ۳۹۰ \times SX_۳ + ۳۰۰SX_۴ + ۵۰۰SX_۵ + ۲۸۰SX_۶ + ۲۵۰SX_۷)}{-۴۰۹۸۷۲۶} + d_۳^- - d_۳^+ = ۱$$

د: محدودیت آرمانی حداقل کردن مصرف سموم شیمیایی

رابطه‌ی۱۴)

$$\frac{(۲۲۹۸۸/۹ - ۷۰۶۳/۰۸) - (۲/۷۸SX_۱ + ۲/۰۹SX_۲ + ۲/۴۷SX_۳ + ۰/۶۳SX_۴ + ۲/۷۲SX_۵ + ۰/۹۷SX_۶ + ۱/۸۹SX_۷)}{۷۰۶۳/۰۸} + d_۴^- - d_۴^+ = ۱$$

تغییرات سطح زیرکشت در مدل فازی در سناریو اول

نتایج حاصل از تخمین مدل فازی در سناریوی اول برای تغییرات سطح زیرکشت هفت محصول عمده نسبت به الگوی فعلی در جدول (۶) آمده است. در الگوی فازی در سناریوی اول که بیشترین وزن برای درآمد ناخالص اعمال شده است، سطح زیرکشت محصولات گندم، جو، کلزا، یونجه و ذرت علوفه‌ای به‌ترتیب به اندازه‌ی ۱۳/۵، ۶۶، ۲۱/۴، ۱۲/۸و ۷۶/۷ درصد کاهش می‌یابد و از طرفی دیگر، سطح زیرکشت محصولات چغندر قند و سیب‌زمینی به‌ترتیب به اندازه‌ی ۱/۴ و ۸۳/۶ درصد افزایش می‌یابد. در این سناریو، بیشترین میزان کاهش سطح زیرکشت مربوط به محصول ذرت علوفه‌ای می‌باشد که با کاهش ۷۶/۷ درصدی از ۱۸۵ هکتار در الگوی فعلی به ۴۳ هکتار در سناریوی اول الگوی بهینه در مدل برنامه‌ریزی فازی رسیده است. بیشترین افزایش سطح زیرکشت نیز مربوط به محصول سیب‌زمینی می‌باشد که با افزایش ۸۳/۶ درصدی از ۳۱۸ هکتار در الگوی فعلی به ۵۸۴ هکتار در الگوی بهینه‌ی پیشنهادی سناریوی اول رسیده است.

(**جدول ۶**) - تغییرات سطح زیرکشت در مدل فازی در سناریوی اول

محصولات	الگوی زراعی فعلی	برنامه ریزی آرمانی فازی	
	(هکتار)	هکتار	تغییرات-Δ٪
گندم	۴۸۰۰	۴۱۴۸	-۱۳/۵
جو	۹۲۰	۳۱۲	-۶۶
چغندرقند	۱۳۶۳	۱۳۸۳	۱/۴
کلزا	۳۴۵	۲۷۱	-۲۱/۴
سیب زمینی	۳۱۸	۵۸۴	۸۳/۶
یونجه	۳۸۰۶	۳۳۱۶	-۱۲/۸
ذرت علوفه‌ای	۱۸۵	۴۳	-۷۶/۷
کل	۱۱۷۳۳	۱۰۰۵۷	-۱۴/۲۸

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول (۷) تغییرات اهداف تعریف‌شده در مدل فازی در سناریوی اول را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشخص است، درآمد ناخالص کاهش یافته و سایر اهداف نیز در جهت مطلوب اهداف کاهش یافته‌اند. به‌طوری‌که مصرف آب، مصرف کودها و سموم شیمیایی به‌ترتیب، ۱۰/۷، ۱۱/۱ و ۱۲/۸ درصد کاهش یافته‌اند. در مورد نتایج حاصل از سناریوی اول می‌توان این‌گونه استدلال کرد که با وجود کاهش سطح زیرکشت به‌طور کلی و همچنین کاهش

اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران
شاپا الکترونیکی: ۷۸۵X-۲۴۲۳
Homepage: http://ijaedr.ut.ac.ir/

مصرف نهاده‌های آب، کود و سم مصرفی، کاهش درآمد ناخالص، می‌تواند امری منطقی باشد و با توجه به میزان کاهش ناچیز آن، می‌توان گفت تا حدود زیادی درآمد حفظ شده و از طرف دیگر، میزان مصرف و کاربرد آب، کود و سم بسیار بیشتر از درآمد کاهش داشته و در جهت تأمین اهداف مطلوب و آرمان‌ها تغییر کرده‌اند.

(جدول ۷) - تغییرات اهداف تعریف شده در مدل فازی در سناریوی اول

الگو	درآمد ناخالص (میلیون تومان/Δ٪)	مصرف آب (هزار مترمکعب/Δ٪)	مصرف کودهای شیمیایی (کیلوگرم/Δ٪)	مصرف سموم شیمیایی (لیتر/Δ٪)
الگوی زراعی فعلی	۱۰۰۰۵۶۹	۹۹۷۰۵/۶	۳۶۷۲۴۱۰	۲۲۹۸۸/۹
برنامه ریزی آرمانی فازی	۹۹۵۲۷۳	۸۹۰۳۱	۳۲۶۲۶۲۴	۲۰۰۲۷/۹۶
	-۰/۵	-۱۰/۷	-۱۱/۱	-۱۲/۸

مأخذ: یافته‌های تحقیق

تغییرات سطح زیرکشت در مدل فازی در سناریو دوم

نتایج سناریوی دوم برای تغییرات سطح زیرکشت محصولات عمده‌ی شهرستان سقز نسبت به الگوی فعلی در جدول (۸) آورده شده است. در سناریوی دوم که با ارجحیت و وزن بیشتر برای حداقل کردن مصرف آب در کنار حفظ وزن و ارزش هدف درآمد ناخالص همراه است، سطح زیرکشت محصولات گندم، یونجه و ذرت علوفه‌ای به‌ترتیب به اندازه‌ی ۲۴/۱، ۲۵/۳ و ۲۳/۲ درصد کاهش می‌یابد و از طرفی دیگر، سطح زیرکشت محصولات جو، چغندرقند، کلزا و سیب‌زمینی به‌ترتیب به اندازه‌ی ۴۸ و ۳۸/۸، ۱۶۵ و ۱/۸ درصد افزایش می‌یابد. در این سناریو، بیشترین میزان کاهش سطح زیرکشت مربوط به محصول یونجه می‌باشد که با کاهش ۲۵/۳ درصدی از ۳۸۰۶ هکتار در الگوی فعلی به ۲۸۴۱ هکتار در سناریوی دوم الگوی بهینه در مدل برنامه‌ریزی قطعی رسیده است. بیشترین افزایش سطح زیرکشت نیز مربوط به محصول کلزا می‌باشد که با افزایش ۱۶۵ درصدی از ۳۴۵ هکتار در الگوی فعلی به ۹۱۵ هکتار در الگوی بهینه‌ی پیشنهادی سناریوی دوم رسیده است. نتایج نشان می‌دهند ضمن اهمیت دادن به کاهش مصرف آب با افزایش سطح زیرکشت محصولات کم آب‌بَری مانند کلزا و جو و کاهش سطح زیرکشت محصولات آب‌بَری مانند یونجه و ذرت علوفه‌ای، به افزایش محصولات پربازده و درآمدزایی مانند چغندرقند و سیب‌زمینی نیز که آب‌بَر هم می‌باشند، با افزایش سطح زیرکشت اهمیت و ارزش داده شده است.

(جدول ۸) - تغییرات سطح زیرکشت در مدل فازی در سناریو دوم

محصولات	الگوی زراعی فعلی	برنامه‌ریزی آرمانی فازی	
	(هکتار)	هکتار	تغییرات
گندم	۴۸۰۰	۳۶۳۹	-۲۴/۱
جو	۹۲۰	۱۳۶۲	۴۸
چغندرقند	۱۳۶۳	۸۳۳	۳۸/۸
کلزا	۳۴۵	۹۱۵	۱۶۵
سیب زمینی	۳۱۸	۳۲۴	۱/۸

اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران
شاپا الکترونیکی: ۷۸۵x-۲۴۲۳
Homepage: http://ijaedr.ut.ac.ir/

یونجه	۳۸۰۶	۲۸۴۱	-۲۵/۳
ذرت علوفه‌ای	۱۸۵	۱۴۲	-۲۳/۲
کل	۱۱۷۳۳	۱۰۰۵۶	-۱۴/۲

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول (۹) تغییرات اهداف تعریف‌شده در مدل فازی در سناریوی دوم را نشان می‌دهد. در این سناریو نیز درآمد ناخالص به میزان ۱۹/۴ درصد کاهش می‌یابد. سایر اهداف به‌ویژه حداقل‌سازی مصرف آب که وزن بیشتری دارد، در جهت مطلوب اهداف کاهش یافته‌اند. به‌طوری‌که مصرف آب، مصرف کودها و سموم شیمیایی به ترتیب ۲۰/۷، ۱۸ و ۱۴/۳ درصد کاهش یافته‌اند. در مورد نتایج حاصل از سناریوی دوم نیز همانند سناریوی اول، می‌توان گفت که با وجود کاهش سطح زیرکشت به‌طور کلی و همچنین کاهش مصرف نهاده‌های آب، کود و سم مصرفی، کاهش درآمد ناخالص می‌تواند امری منطقی باشد. اما آنچه در این سناریو بیش‌تر قابل تأمل می‌باشد، کاهش زیاد درآمد است که نسبت به سناریوی اول کاهش بسیار بیشتری را نشان می‌دهد. این امر با توجه به کاهش بیشتر نهاده‌های آب و کود و سم و به‌ویژه کاهش قابل توجه مصرف نهاده‌ی آب نسبت به سناریوی اول، حاکی از اهمیت غیرقابل انکار و تأثیر معنی‌دار نهاده‌ی آب و سپس سایر نهاده‌ها در درآمد ناخالص کشاورز است.

(جدول ۹) - تغییرات اهداف تعریف شده در مدل فازی در سناریو دوم

الگو	درآمد ناخالص (میلیون تومان/Δ٪)	مصرف آب (هزار مترمکعب/Δ٪)	مصرف کودهای شیمیایی (کیلوگرم/Δ٪)	مصرف سموم شیمیایی (لیتر/Δ٪)
الگوی زراعی فعلی	۱۰۰۰۵۶۹	۹۹۷۰۵/۶	۳۶۷۲۴۱۰	۲۲۹۸۸/۹
برنامه ریزی آرمانی فازی	۸۰۶۲۵۱	۷۸۹۶۶/۹	۳۰۰۷۷۲۴	۱۹۶۸۵
	-۱۹/۴	-۲۰/۷	-۱۸	-۱۴/۳

مأخذ: یافته‌های تحقیق

تغییرات سطح زیرکشت در مدل فازی در سناریوی سوم

در سناریوی سوم، نتایج حاصل از تخمین مدل فازی برای تغییرات سطح زیرکشت محصولات نسبت به الگوی فعلی در جدول (۱۰) نشان داده شده است. همان‌طور که از جدول مشخص است، در سناریوی سوم، سطح زیرکشت گندم، چغندر قند، سیب‌زمینی و یونجه به‌ترتیب به اندازه‌ی ۵۸/۸، ۶۱، ۷۷ و ۲/۳۹ درصد کاهش می‌یابد و از طرفی دیگر، سطح زیرکشت محصولات جو، کلزا و ذرت علوفه‌ای به‌ترتیب به اندازه‌ی ۲۲۰/۱، ۱۲/۱ و ۱۳۲/۹درصد افزایش می‌یابد. در این سناریو، بیشترین میزان کاهش سطح زیرکشت مربوط به محصول سیب‌زمینی می‌باشد که با کاهش ۷۷ درصدی از ۳۱۸ هکتار در الگوی فعلی به ۷۳ هکتار در سناریوی سوم رسیده است. بیشترین افزایش سطح زیرکشت نیز مربوط به محصول چغندرقند می‌باشد که با افزایش ۱۳۲/۹ درصد از ۱۸۵ هکتار در الگوی فعلی به ۴۳۱ هکتار در الگوی بهینه‌ی پیشنهادی سناریوی سوم رسیده است.

(جدول ۱۰) - تغییرات سطح زیرکشت در مدل فازی در سناریو سوم

اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران
شاپا الکترونیکی: ۲۴۲۳-۷۸۵X
Homepage: http://ijaedr.ut.ac.ir/

محصولات	الگوی زراعی فعلی (هکتار)	برنامه ریزی آرمانی فازی	
		هکتار	تغییرات
گندم	۴۸۰۰	۱۹۷۴	-۵۸/۸
جو	۹۲۰	۲۹۴۵	۲۲۰/۱
چغندرقند	۱۳۶۳	۵۳۱	-۶۱
کلزا	۳۴۵	۳۸۷	۱۲/۱
سیب زمینی	۳۱۸	۷۳	-۷۷
یونجه	۳۸۰۶	۳۷۱۵	-۲/۳۹
ذرت علوفه‌ای	۱۸۵	۴۳۱	۱۳۲/۹
کل	۱۱۷۳۳	۱۰۰۵۶	-۱۴/۲

مأخذ: یافته‌های تحقیق

تغییرات اهداف تعریف‌شده در سناریوی سوم در جدول (۱۱) ارائه شده است. همان‌گونه که از جدول مشخص است، درآمد ناخالص به اندازه‌ی ۳۳ درصد کاهش می‌یابد. سایر اهداف به‌ویژه حداقل‌سازی مصرف آب که وزن بیشتری دارد، در جهت مطلوب اهداف کاهش یافته‌اند. به‌طوری‌که مصرف آب، مصرف کودها و سموم شیمیایی به‌ترتیب ۱۷/۲، ۵۲/۶ و ۲۷/۱ درصد کاهش یافته‌اند. در مورد نتایج حاصل از سناریوی سوم نیز همانند سناریوهای اول و دوم، می‌توان گفت که با وجود کاهش سطح زیرکشت به‌طور کلی و همچنین کاهش مصرف نهاده‌های آب، کود و سم مصرفی، کاهش سود ناخالص می‌تواند امری منطقی باشد. اما در این سناریو، کاهش درآمد نسبت به سناریوهای اول و دوم، به‌دلیل وزن کمتر هدف حداکثرسازی درآمد ناخالص، بیشتر است.

(جدول ۱۱) - تغییرات اهداف تعریف شده در مدل فازی در سناریوی سوم

الگو	درآمد ناخالص (میلیون تومان/Δ٪)	مصرف آب (هزار مترمکعب/Δ٪)	مصرف کودهای شیمیایی (کیلوگرم/Δ٪)	مصرف سموم شیمیایی (لیتر/Δ٪)
الگوی زراعی فعلی	۱۰۰۰۵۶۹	۹۹۵۲۰/۶	۵۹۵۵۱۵۰	۲۲۹۸۸/۹
برنامه ریزی آرمانی فازی	۶۷۰۳۲۱	۸۲۳۲۳/۹	۲۸۲۲۷۰۰	۱۶۷۵۵/۴
	-۳۳	-۱۷/۲	-۵۲/۶	-۲۷/۱

مأخذ: یافته‌های تحقیق

نتیجه‌گیری

در هر سه سناریو مدل فازی، سطح زیرکشت کل به‌ترتیب برای سناریوهای اول تا سوم، ۱۴/۲۸، ۱۴/۲ و ۱۴/۲ درصد کاهش داشته است. بنابراین در کنار تأمین اهداف پژوهش، مقادیر قابل‌توجهی از اراضی آزاد شده و می‌تواند به کشت محصولات جدیدی که تولید آن‌ها در چارچوب اهداف عمده‌ی اقتصادی و زیست‌محیطی می‌باشد،

اختصاص یابد. انتخاب یک الگوی خاص به عنوان الگوی کشت بهینه نمی‌تواند امری منطقی باشد. بلکه این انتخاب بستگی به هدف اصلی و سیاست کشاورزی منطقه دارد. وزن اهداف در سناریوی اول بیشتر اقتصادی بوده و به‌گونه‌ای در نظر گرفته شده است که بیشینه شدن بازده برنامه‌ای ناخالص یا درآمد در اولویت قرار بگیرد که این هدف بیشتر از هر آرمانی مدنظر کشاورزان و بهره‌برداران است. بنابراین زمانی‌که هدف بیشتر سمت و سوی مالی و اقتصادی داشته و کمتر حفاظت از منابع آبی و محیط‌زیست مدنظر باشد، استفاده از مدل فازی در سناریوی اول در اولویت خواهد بود. هرچند باید توجه داشت که در این سناریو نیز مصارف آب، کودها و سموم شیمیایی هر سه به نسبت حالت فعلی کاهش یافته‌اند. در سناریوی دوم، هدف کاهش مصرف آب است و بر همین اساس، بیشترین وزن همراه با هدف حداکثر کردن سود ناخالص، برای هدف کمینه کردن مصرف آب در نظر گرفته شده است. بنابراین زمانی‌که در کنار حفظ سود، هدف کاهش مصرف آب باشد، که بیشتر مدنظر سیاست‌گذاران، کارشناسان و متخصصین حوزه‌ی آب، کشاورزی و محیط زیست می‌باشد، این سناریو می‌تواند بهتر باشد. تفاوت اصلی این سناریو با قبلی، در مقدار کاهش سود می‌باشد که در این حالت مقدار سود به اندازه‌ی ۱۹/۴ درصد کاهش داشته اما در سناریوی اول، فقط ۰/۵ درصد کاهش نشان داده شده است. از سوی دیگر، اگر هدف سیاست گذار، حفظ سلامت غذایی محصولات باشد، از آنجاکه در سناریوی سوم آرمان‌های کاهش مصرف کودها و سموم شیمیایی وزن و اهمیت بیشتری یافته‌اند، به عنوان الگوی برتر پیشنهاد می‌شود. آنچه در این سناریوها قابل توجه است، مقدار کاهش ۳۳ درصد درآمد ناخالص کشاورزان است که نسبت به هر دو حالت قبلی بیشتر می‌باشد و از این لحاظ شاید سناریوی مناسبی از دیدگاه کشاورز نباشد.

REFERNCES

1. Agh, M. Javali, R. Karamatzadeh, A. and Shirani, F. 2014. Determining the crop cultivation pattern with emphasis on the policy of reducing fertilizer and water consumption in Mazandaran province (case study: Behshahr city). *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, 5(3): 247-295.
2. Alipour, Majid. Musapour, Shoja and Modi, Hossein. 1401. Determining the optimal pattern of cultivation using fuzzy ideal planning, case study: Razavi Khorasan Province. Place of publication: *National conference of new ideas in agriculture, environment and tourism.* (In Persian).
3. Amini, A.(2013). Planning and Optimal Allocation of Agriuclтural Production Resources under Uncertainty Application of Multi-Objective Fuzzy Goal Programming approach. *Geography and Environmental Planning*, *24*(3), 106-128. (In Persian)
4. Baghbanian, Mustafa., Taheri, Abuzar ; Kadirzadeh, Hamed (2022). Determining the cultivation pattern in the cities of Qorveh and Dehgolan in Kurdistan province with the approach of using plants with minimum water requirement. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*, Number 5, Volume 16: 1044-1054. (In Persian).
5. 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.

6. Dehghanizadeh, M., Bakhtiari, S., & Daekarimzadeh, S. 2021. Simultaneous Fulfillment of the Agricultural Sector Economic Goals, Affected by Limited Water Resources in the Framework of the Iran's Sixth Development Plan: A Case Study of Yazd Province. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, *52*(2), 275-285. (In Persian).
7. Dires Tewabe & Mekete Dessie.2020. Enhancing water productivity of different field crops using deficit irrigation in the Koga Irrigation project, Blue Nile Basin, Ethiopia Cogent Food & Agriculture (2020), 6: 1757226.
8. Fan L, Niu H, Yang X, Qin W, Bento Célia PM, Ritsema CJ, et al. Factors affecting farmers' behaviour in pesticide use: Insights from a field study in northern China. *Science of the Total Environment*. 2015, 537:360-68.
9. Halkidis I. and Papadimos D. 2007. Technical report of life environment project: Ecosystem based water resources manegment to minimize environmental impacts from agriculture using state of the art modeling tools in Strymonas basian. Greek Biotope/Wetland Center (EKBY).
10. Haq, F., Parveen, A., Hussain, S., & Hussain, A. 2020. Optimization of the Cropping Pattern in District Hunza, Gilgit-Baltistan. *Sarhad Journal of Agriculture*, 36(2).
11. layani, G., Darzi, A., Motevali, A., Bagherian- Jelodar, M., Kaikha, M., Nadi, M., Firouzjaeian, A. A., AMIRNEJAD, H., & Pirdashti, H. 2023. Developing environmentally friendly cropping pattern with a multi-objective planning approach in Sari County. *Agricultural Economics Research*, 15(1), 96-79. (In Persian).
12. Majnouni Haris, Abolfazl and Asadi, Ismail. 2012. *Principles and concepts of irrigation. Omid Publications*, Tabriz. (In Persian).
13. Mirzaei, Shakiba. Zakarinia Mehdi, Shahabifar Mehdi and Sharifan Hossein. 2015. Determining the optimal cultivation pattern in the irrigation and drainage network of Golestan dam using genetic algorithm. *Irrigation Science and Engineering Quarterly*. Volume 04, Number 3, Fall 96: 181-190. (In Persian).
14. Oliveira CM, Auad AM, Mendes SM, Frizzas MR. .2014. Crop losses and the economic impact of insect pests on Brazilian agriculture. *Crop Protection*, 56: 50-54.
15. Osama, S., Elkholy, M. and Kansoh, R.M. 2017. Optimization of the cropping pattern in Egypt. *Alexandria Engineering Journal*, 56:557-566.
16. Panahi, A., & Falsafian, A. (2021). Optimization of the crop cultivation in the Shabestar plain under water constraint. JOURNAL OF WATER AND SOIL RESOURCES CONSERVATION, 10(4), -. SID. https://sid.ir/paper/690035/en. (In Persian).
17. Sani, Fatemeh and Dashti Qadir. 1400. Determining the optimal cultivation pattern compatible with water scarcity under conditions of uncertainty with a stable ideal planning approach. *Danesh Water and Soil Journal*, Volume 31, Number 1: 3-15. (In Persian).
18. Tamiz, M., Jones, D. 2011. Practical Goal Programming. Springer. Zeng, X., kang.S. Li, F., Zhang, L. And Guo, p. 2010. Fuzzy multi objective linear programming applying to crop area planning. *Agricultural Water Management*, 98: 134-142.
19. Tewabe, D., & Dessie, M. (2020). Enhancing water productivity of different field crops using deficit irrigation in the Koga Irrigation project, Blue Nile Basin, Ethiopia. *Cogent Food & Agriculture*, *6*(1). https://doi.org/10.1080/23311932.2020.1757226.
20. Tiwari R.N., Dharmar S., and Rao J.R. 1986. Priority structure in fuzzy goal programming. *Fuzzy Sets and Systems*, 19(3): 251-259. https://doi.org/10.1016/0165-0114(86)90054-0.
21. Valizadegan,E.,Dindar Sooha,A.(2021). Model of optimal allocation of water and land to agricultural crops in deterministic and stochastic conditions., *Journal of Water and Soil Resources Conservation*,10(3),31-46. (In Persian)

اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران

شاپا الکترونیکی: ۷۸۵x-۲۴۲۳

Homepage: http://ijaedr.ut.ac.ir/

Optimal cropping pattern considering uncertainty and using linear and fuzzy goal programming models (Case study: Saqqez County)

Abstract

Nowadays, determining the optimal cropping pattern is one of the most important and efficient methods for managing agricultural production and increasing the productivity of production inputs. This research aims to optimize the cropping pattern in three different scenarios for Saqqez county, using single-objective and multi-objective fuzzy goal programming methods. In the first scenario, the gross profit decreases by 5.0%. However, water consumption, chemical fertilizers, and pesticides decrease by 10.7%, 11.1%, and 12.8% respectively in line with predetermined goals. In the second scenario, the gross profit decreases by 19.4%. On the other hand, water consumption, chemical fertilizers, and pesticides decrease by 20.7%, 18%, and 14.3% respectively in line with the research goals. In the third scenario, with the priority of minimizing water consumption and reducing the use of fertilizers and pesticides, and then maximizing gross income, the gross income decreases by 22%. Additionally, the use of chemical fertilizers, pesticides, and water decreases by 17.2%, 52.6%, and 27.1% respectively. it is recommended that, considering the priority of each economic scenario, environmental preservation and water conservation from a policy perspective, the optimal cropping model will be selected.

JEL Classification: Q01, C61, C61, Q24

Key words: cultivation pattern, fuzzy planning method, linear planning, cultivated area, uncertainty

Extended Abstract

Introduction

Today, with the constraints of water and cultivable land, as well as environmental and health issues related to the use of fertilizers and chemical pesticides in agriculture, optimal management of cropping patterns seems necessary. This can lead to cost reduction, maintenance or increase in farmers' income, and minimize the use of production inputs, especially water, various fertilizers, and chemical pesticides. The design of an optimal cropping pattern should consider water consumption, economic indicators, types of required products, profitability of products, and environmental preservation. It can also increase the efficiency of essential production resources such as water, soil, human resources, machinery, and other inputs, and provide the highest income for farmers. Therefore, the present research aims to optimize the cropping pattern in three

different scenarios for the Saqqez county, using single-objective and multi-objective fuzzy ideal planning methods.

Research Method

Among the agricultural products of the county, seven products were considered as main products for determining the optimal cultivation area. These products, including wheat, barley, potatoes, alfalfa, sugar beets, and forage corn, constitute the major and main part of all agricultural products cultivated in Saqqez county. The required information was obtained from the management of the Agricultural Jihad and Natural Resources and also the management of water resources in Saqqez county. In each scenario, different weights have been considered for maximizing gross income, minimizing water consumption, chemical fertilizers, and pesticides. So that in each scenario, the goals are aligned with different weights towards the overall goals of preserving water, environmental, and economic resources. In this research, GAMS and EXCEL software have been used for data analysis and mathematical planning.

Fuzzy set theory is a mathematical theory for modeling uncertainty and uncertainty, and is one of the most useful approaches that enables the expression and consideration of these uncertainties (Amini, 1392). Over the past few decades, this theory has been widely embraced by researchers and scientific communities, and has had numerous applications in various aspects of agricultural planning and farm management. It is generally the most common method for discussing and analyzing uncertainties in group decision-making and multi-criteria analysis (Amini, 1392). In a fuzzy decision-making environment, the decision maker's goals are always expressed in a fuzzy manner, and resource constraints may also be expressed in a fuzzy or definite manner.

Results

The results show that in all three scenarios, the optimal state compared to the current state, the levels under cultivation decrease by 8.14%, 2.14%, and 2.14% respectively. In the fuzzy ideal pattern in the first scenario, where a higher weight is considered for the ideal increase in gross income, gross income decreases by 5.0%, which, considering its negligible amount, can be said that gross income is largely preserved. Also, water consumption, fertilizer consumption, and chemical pesticide consumption have decreased by 7.10%, 1.11%, and 8.12% respectively, indicating a desirable change towards the ideals. In this scenario, the area under cultivation of wheat, barley, canola, alfalfa, and forage corn decreases by 5.13%, 66%, 4.21%, 8.12%, and 7.76% respectively, while on the other hand, the area under cultivation of sugar beets and potatoes increases by 4.1% and 6.83% respectively. In the second scenario, where the weight of the ideal of reducing water consumption is increased, gross income decreases by 4.19%. Also, water consumption, fertilizer consumption, and chemical pesticide consumption have decreased by 7.20%, 18%, and 3.14% respectively in the direction of the desired ideals. In this scenario, the area under cultivation of wheat, alfalfa, and forage corn decreases by 1.24%, 3.25%, and 2.23% respectively, while on the other hand, the area under cultivation of barley, sugar beets, canola, and potatoes increase by 4.8%, 8.38%, 16.5%, and 8.1% respectively. In the third scenario, prioritizing the reduction of fertilizer and chemical pesticide use leads to a 33% decrease in income.

اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران
شاپا الکترونیکی: ۷۸۵x-۲۴۲۳
Homepage: http://ijaedr.ut.ac.ir/

Additionally, water, fertilizer, and chemical pesticide consumption decrease by 2.17%, 6.52%, and 1.27%, respectively in the third scenario, the area under cultivation of wheat, sugar beets, potatoes, and alfalfa decrease by 8.58%, 6.1%, 7.7%, and 39.2% respectively, while on the other hand, the area under cultivation of barley, canola, and forage corn increases by 1.220%, 1.12%, and 9.132% respectively.

Conclusion

Based on the results obtained in all three scenarios, the total cultivated area in the optimal state decreases compared to the current state. Therefore, alongside achieving the research goals, significant amounts of land are freed up and can be allocated to cultivating new crops that align with major economic and environmental objectives. The choice of optimal cultivation pattern depends on the primary goal and agricultural policies of the region. Therefore, if the goals are in line with economic policies and increasing farmers' income, scenario one is recommended; if the main goal is to conserve water resources and reduce water consumption, scenario two is recommended; and finally, if the policies are aimed at environmental conservation and health, scenario three is suggested. Therefore, it is recommended to select the optimal cultivation model based on the priority of each economic scenario, environmental conservation, and water consumption reduction.

JEL Classification: Q01, C61, Q20

Key words: cultivation pattern, fuzzy planning method, linear planning, cultivated area

نسخه پذیرفته شده در نوبت انتشار