

بهینه‌سازی الگوی کشت با استفاده از برنامه‌ریزی آرمانی فازی با روی‌کرد حد تغییرات مجاز: مطالعه‌ی موردی شهرستان نیشابور

سامان خسایی، محمود صبوحی صابونی*

تاریخ دریافت: ۱۳۸۷/۴/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۷/۷/۱۶

چکیده

هدف از این مطالعه، کاربرد مدل برنامه‌ریزی آرمانی فازی با روی‌کرد حد تغییرات مجاز در تعیین الگوی بهینه‌ی کشت کشاورزان شهرستان نیشابور است. برای این منظور، ۶ آرمان فازی شامل کمینه کردن مصرف آب، کود شیمیایی، ماشین‌آلات، بیشینه کردن بازده برنامه‌ای، اشتغال نیروی کار و تولید در قالب شش سناریوی وزنی با هم مقایسه شدند. نتایج نشان داد که در بیشتر سناریوهای ۳ آرمان اول به طور کامل برآورده می‌شود و نیازی به اختصاص مقادیر حد تغییرات مجاز به آن‌ها وجود ندارد. مقایسه‌ی الگوی کشت موجود با الگوهای کشت بهدست آمده از سناریوهای مختلف بیانگر آن است که برای دست‌یابی به آرمان‌های بالا، سطح زیرکشت محصولات ذرت دانه‌ای و سیب‌زمینی نسبت به وضعیت موجود بایستی افزایش و گندم و جو کاهش یابد. افزون بر آن، استفاده از قابله‌ی اقیدسی نشان داد که سناریوهای ۳ و ۶ که هر دو به الگوی کشت مشابه منجر می‌شوند دارای کمترین فاصله نسبت به نقطه‌ی ایده‌آل هستند و بیشتر از سناریوهای دیگر به تامین هدف‌ها فوق نزدیک هستند. در پایان، با توجه به نتایج بهدست آمده، پیشنهادهایی ارایه شده است.

JEL: C۶

واژه‌های کلیدی: برنامه‌ریزی آرمانی فازی، حد تغییرات مجاز، الگوی کشت

* به ترتیب عضو هیات علمی و استادیار گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه زابل.

e-mail: samanziaee@gmail.com

مقدمه

مسایل برنامه‌ریزی کشاورزی از نقطه نظر اقتصادی و اجتماعی بسیار مهم است. این مسایل دربرگیرنده‌ی تقابل پیچیده بین طبیعت و اقتصاد است. به خاطر افزایش جمعیت، همیشه نیاز به تولید بیش‌تر برای تامین تقاضای رو به رشد وجود دارد. یکی از راههای افزایش تولید، افزایش سطح زیر کشت محصولات است. افزایش سطح زیر کشت باستی با استفاده‌ی کارا از منابع انجام پذیرد. برنامه‌ریزی تولید محصولات زراعی از تعیین‌کننده‌ترین برنامه‌ریزی‌ها در کشاورزی است و به منابع زمین، آب، نیروی کار و سرمایه بستگی دارد (سارکر و کوادوس، ۲۰۰۲).

در چند دهه‌ی اخیر، روش‌های متفاوتی در برنامه‌ریزی کشاورزی به کار گرفته شده. روشی که به‌طور گسترده استفاده شده است، برنامه‌ریزی خطی (LP)^۱ است. از مدل‌های برنامه‌ریزی خطی برای هدف‌های مختلف مانند بیشینه کردن تولید محصول، تخصیص زمین زیر کشت یا برای کمینه کردن هزینه‌های تولید استفاده می‌شود (سارکر و کوادوس، ۲۰۰۲).

از آنجا که مسایل برنامه‌ریزی کشاورزی دربرگیرنده‌ی هدف‌هایی متفاوت مانند بیشینه کردن تولید، سود، کمینه کردن مخارج، آب مورد نیاز و... است و این هدف‌ها می‌تواند با یکدیگر در تضاد باشد، بنابراین بهینه کردن تمام هدف‌ها به‌طور همزمان امکان‌پذیر نیست. به‌طور معمول توافقی بین هدف‌ها مورد نیاز است تا جوابی رضایت بخش حاصل شود (شارما و هم‌کاران، ۲۰۰۷). برنامه‌ریزی آرمانی (GP)^۲ روشی مفید برای مسایلی است که دارای هدف‌های چندگانه و متضاد است. این روش نخست بهوسیله‌ی چارنز و کوپر (۱۹۶۱) پیش‌نهاد شد. بعد از آن لی (۱۹۷۲)، ایگنیزیو (۱۹۷۶) و دیگران کمک زیادی در این زمینه کردند. از این شیوه به‌طور کلی در حالت‌های چند معیاری در چارچوب برنامه‌ریزی خطی استفاده می‌شود (شارما و هم‌کاران، ۲۰۰۷).

۱-Linear Programming

۲-Goal Programming

روش برنامه‌ریزی آرمانی نخست بهوسیله‌ی ویلر و راسل (۱۹۷۷) در برنامه‌ریزی تخصیص زمین برای تولید بهینه‌ی چندین محصول در کشاورزی به کار گرفته شد. در سال ۱۹۹۱، رومرو توانایی کاربرد این روش را در مسایل برنامه‌ریزی کشاورزی بررسی کرد.

در مدل برنامه‌ریزی آرمانی متعارف، پارامترهای مساله بایستی به‌طور دقیق تعریف شود. در بیش‌تر مسایل برنامه‌ریزی کشاورزی ارزش‌های بعضی پارامترها می‌تواند غیردقیق باشد. این مساله از آن‌جا ناشی می‌شود که کشاورزان در بخش کشاورزی به‌دلیل ریسک بالا اطلاع دقیق و درستی از این پارامترها ندارند. بنابراین در چنین مواردی انتساب سطوح مطلوب قطعی و صریح به هدف‌های مساله سبب ایجاد تصمیمات نامطلوب می‌شود (بیسواس و پال، ۲۰۰۵).

برای غلبه بر مشکل بالا، مفهوم مجموعه‌های فازی^۱ که نخستین بار به‌وسیله‌ی عسکرزاده در سال ۱۹۶۵ مطرح شد، به حوزه‌ی مسایل برنامه‌ریزی چند هدفی معرفی شد. مدل برنامه‌ریزی فازی به‌دلیل این که برای تصمیم‌گیرندگان امکان دخالت دادن داده‌های غیردقیق و مبهم در پارامترهای مدل را فراهم می‌آورد نسبت به مدل‌های کلاسیک برنامه‌ریزی ریاضی برای استفاده در مسایل بهینه‌سازی الگوی کشت محصولات زراعی دارای کاربرد و انعطاف‌پذیری بیش‌تری بوده و نتایج حاصل قابل اعتمادتر است (بیسواس و پال، ۲۰۰۵).

در زمینه‌ی استفاده از برنامه‌ریزی فازی (FP)^۲ در کشاورزی مطالعه‌های مختلفی در داخل و خارج از کشور انجام شده است. ایتو و هم‌کاران (۲۰۰۳) مدل برنامه‌ریزی فازی تحت عدم حتمیت برای مدیریت کشاورزی به کار بردن. آن‌ها نتیجه گرفتند مدل موردن بررسی بسیاری از نقاط ضعف مدل‌های برنامه‌ریزی خطی کلاسیک را رفع کرده و جواب‌های به‌دست آمده با شرایط دنیای واقعی سازگارتر است. بیسواس و پال (۲۰۰۵) با روش برنامه‌ریزی آرمانی فازی به تعیین الگوی بهینه‌ی کشت و برنامه‌ریزی استفاده از زمین در کشاورزی پرداختند. آن‌ها بر این باور بودند که تصمیم‌گیری تخصیص مناسب زمین برای تولید محصولات می‌بایستی براساس نیازهای جامعه گرفته شود. هم‌چنین، مدل این قابلیت را دارد که تصمیم‌گیرنده

۱-Fuzzy Set

۲-Fuzzy Programming

می‌تواند براساس آن درجه‌ی اهمیت و اولویت هر یک از هدف‌ها را در نتایج به‌دست آمده از مدل دخالت دهد. چیزی و قاسمی (۱۳۸۴) تولید محصولات کشاورزی در شرایط عدم قطعیت در استان فارس را با استفاده از روی‌کرد فازی بررسی کردند. آن‌ها هدف‌های مطالعه را در پنج سناریو شامل عدم قطعیت کامل، کاهش ۲۵ درصدی عدم قطعیت، کاهش ۵۰ درصدی عدم قطعیت، کاهش ۷۵ درصدی عدم قطعیت و کاهش ۱۰۰ درصدی عدم قطعیت (قطعیت کامل) اولویت‌بندی کرده و الگوی بهینه‌ی کشت حاصل از این سناریوها را مقایسه کردند. نتایج نشان داد که با افزایش میزان قطعیت، سطح زیر کشت محصولات و میزان سود افزایش می‌یابد. اسدپور و هم‌کاران (۱۳۸۴) مدل برنامه‌ریزی آرمانی فازی را در بهینه‌سازی الگوی کشت در استان مازندران به کار بردند. نتایج حاکی از آن بود که با ایجاد انعطاف در آرمان‌ها در سمت راست مدل فازی منابع به‌نحو بهتری تخصیص می‌یابد و سطح زیر کشت توسعه پیدا می‌کند. کهنسال و محمدیان (۱۳۸۶) نیز در تعیین الگوی بهینه‌ی کشت از روش برنامه‌ریزی آرمانی فازی استفاده کردند. منطقه‌ی مورد مطالعه آن‌ها مزرعه‌ی تحقیقاتی دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد بود. نتایج آن‌ها به‌بود نسبی الگوی کشت ناشی از انعطاف‌پذیری مدل را نشان داد.

نیشابور یکی از قطب‌های بسیار مهم تولید محصولات کشاورزی در استان خراسان رضوی است، به‌طوری که در سال زراعی ۱۳۸۵-۸۶ با ۱۱۹۰۵۶ هکتار سطح زیر کشت و ۸۸۰۵۰۶ تن تولید محصولات زراعی به‌ترتیب حدود ۱۳ درصد سطح زیر کشت و ۱۴ درصد تولید را در استان به خود اختصاص داده است. بنابراین مطالعه‌ای در زمینه‌ی برنامه‌ریزی هر چه به‌تر تولید محصولات به‌نحوی که با عواملی مانند خشک‌سالی، توسعه‌ی پایدار منابع و امنیت غذایی منطبق باشد، ضروری به‌نظر می‌رسد. هدف از این مطالعه، ارایه‌ی یک مدل برنامه‌ریزی آرمانی فازی (FGP)^۱ بر پایه‌ی "حد تغییرات مجاز"^۲ برای تخصیص بهینه‌ی زمین و به‌دست آوردن الگوی بهینه‌ی کشت برای کشاورزان شهرستان نیشابور است.

۱-Fuzzy Goal Programming

۲-Tolerance

روش تحقیق

در مدل‌های GP متعارف، تصمیم‌گیرنده بایستی سطحی مطلوب و دقیق برای هر کدام از هدف‌ها (آرمان‌ها) مشخص کند. به طور کلی، بویژه در مسایل بزرگ مقیاس، چنین کاری برای تصمیم‌گیرنده مشکل است. به کار بردن تئوری مجموعه‌ی فازی در GP این مزیت را دارد که به تصمیم‌گیرنده اجازه می‌دهد تا سطوح مطلوب غیردقیق و مبهم را برای آرمان‌ها مشخص کند. یک آرمان با یک سطح مطلوب غیردقیق می‌تواند به عنوان یک آرمان فازی تلقی شود.

در این مطالعه، از برنامه‌ریزی آرمانی فازی اصلاح شده کیم و وانگ استفاده شده است. مدل

تجربی مورد استفاده به صورت زیر است:

$$\text{Min} \quad \sum_{i=1}^3 w_i \beta_i^+ + \sum_{i=4}^6 w_i \beta_i^- \quad (1)$$

$$\text{s.t.} \quad \text{a)} \sum_{c=1}^6 W_c X_c - \Delta_{1R} \beta_1^+ \leq TW$$

$$\text{b)} \sum_{c=1}^6 F_c X_c - \Delta_{2R} \beta_2^+ \leq TF$$

$$\text{c)} \sum_{c=1}^6 M_c X_c - \Delta_{3R} \beta_3^+ \leq TM$$

$$\text{d)} \sum_{c=1}^6 GM_c X_c + rX_7 + \Delta_{4L} \beta_4^- \geq TGM$$

$$\text{e)} \sum_{c=1}^6 L_c X_c + \Delta_{5L} \beta_5^- \geq TL$$

$$\text{f)} \sum_{c=1}^6 Y_c X_c + \Delta_{6L} \beta_6^- \geq \sum_{c=1}^6 TY_c$$

$$\text{g)} \sum_{c=1}^6 X_c \leq TLa$$

$$\text{h)} \sum_{c=1}^6 I_c X_c + X_7 \leq TI$$

$$\text{i)} \sum_{c=1}^6 (-1)^c X_c \leq 0$$

$$\text{m)} X_7 \leq TLo$$

$$\text{r)} 0 \leq \beta_1^+, \beta_2^+, \beta_3^+, \beta_4^-, \beta_5^-, \beta_6^- \leq 1$$

در مدل بالا، X_1 تا X_6 به ترتیب سطح زیر کشت محصولات گندم، جو، ذرت دانه‌ای، چغندر قند، سیب‌زمینی، کنجد و X_7 متغیر دریافت وام است. محدودیت‌های (a) تا (f) به ترتیب آرمان‌های فازی آب، کود شیمیایی، ماشین‌آلات، بازده ناخالص، نیروی کار و تولید محصول است. محدودیت‌های (g) و (h) به ترتیب مربوط به زمین و سرمایه برای کشت محصولات بالا، محدودیت (I) تناوب زراعی و محدودیت (m) مربوط به وام است. نمادهای استفاده شده در مدل به شرح زیر است:

W_c : مقدار آب مورد نیاز برای کشت یک هکتار محصول c (متر مکعب/ هکتار)، F_c : مقدار کود شیمیایی مورد نیاز برای کشت یک هکتار محصول c (کیلوگرم/ هکتار)، M_c : ساعت ماشین‌آلات مورد نیاز برای کشت یک هکتار محصول c (ساعت/ هکتار)، G_c : بازده برنامه‌ای ناخالص یک هکتار محصول c (هزار ریال/ هکتار)، L_c : نیروی کار مورد نیاز برای کشت یک هکتار محصول c (نفر روز کار/ هکتار)، Y_c : متوسط عمل کرد در هکتار محصول c (تن/ هکتار)، I_c : مقدار سرمایه‌ی مورد نیاز برای کشت یک هکتار محصول c (هزار ریال/ هکتار)، TW : کل آب انتظاری در دسترس (متر مکعب)، TF : کل کود شیمیایی انتظاری در دسترس (کیلوگرم)، TM : کل ساعت‌های ماشین انتظاری در دسترس (ساعت)، TGM : بازده برنامه‌ای انتظاری تمام محصولات (هزار ریال)، TL : کل نیروی کار انتظاری در دسترس (روز نفر)، TY_c : تولید کل مورد انتظار محصول c ، TL_a : کل زمین برای کشت محصولات (هکتار)، TI : کل سرمایه‌ی در دسترس (هزار ریال)، TL_o : کل وام دریافت شده (هزار ریال) گفتنی است که ضریب X_7 در آرمان فازی (d) هزینه‌ی دریافت وام است که با علامت منفی ظاهر می‌شود. در آرمان فازی (h) ضریب همین متغیر (-1) است و نشان‌دهنده‌ی این موضوع است که به دلیل دریافت وام، یک واحد به سرمایه‌ی کشاورز (سمت راست معادله) افزوده شده است (سلطانی و هم‌کاران، ۱۳۷۸).

در زمینه‌ی دادن وزن به آرمان‌ها در مساله‌ی برنامه‌ریزی آرمانی فازی تصمیم‌گیرنده به طور معمول دچار مشکل است، زیرا بین آرمان‌ها برای رسیدن به سطح مطلوب، تضاد و تعارض

وجود دارد. برای حل این مشکل از تابع فاصله اقلیدسی^۱ استفاده می‌شود که به وسیله‌ی یو (۱۹۷۳) معرفی شد. این تابع برای به‌دست آوردن نقطه‌ی ایده‌آل و تشخیص ساختار وزنی مناسب آرمان‌ها با این فرض به‌کار می‌رود که رضایت بخش‌ترین تصمیم به‌دست آید. تابع فاصله‌ی اقلیدسی به صورت زیر نشان داده می‌شود (یو، ۱۹۷۳):

$$D_s = \left[\sum_{i=1}^k (1 - \lambda_i^s)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

که λ_i^s درجه‌ی عضویت آرمان i ام با ساختار وزنی s ام را نشان می‌دهد. نزدیک‌ترین جواب به نقطه‌ی ایده‌آل برابر با رابطه‌ی زیر است:

$$s = \min_{s=1,\dots,S} \{D_s\} = D_m(\text{say}) \quad 1 \leq m \leq S \quad s = 1, \dots, S \quad (3)$$

بنابراین ساختار وزنی m می‌تواند به عنوان یک ساختار وزنی مناسب که به رضایت بخش‌ترین تصمیم منجر می‌شود، مورد توجه قرار گیرد.

روش جمع‌آوری داده‌ها

بخشی از داده‌های مورد نیاز این مطالعه از روش نمونه‌گیری تصادفی دومرحله‌ای ساده و از طریق پرسشنامه و مصاحبه‌ی حضوری با کشاورزان به‌دست آمد. به‌این صورت که با مراجعه به مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان نیشابور به‌طور تصادفی فهرستی از کشاورزان به تعداد ۹۰ نفر گرفته شد. پس از تقسیم این مزارع به مزارع کوچک (کمتر از ۷ هکتار)، متوسط (بین ۷ تا ۱۵ هکتار) و مزارع بزرگ (بالاتر از ۱۵ هکتار)، با توجه به این‌که بیش از ۵۰ درصد نمونه‌ها در گروه سوم قرار می‌گرفتند، تعداد ۳۰ کشاورز به‌طور تصادفی از بین کشاورزان این گروه انتخاب شد. مزرعه‌ی نماینده براساس اطلاعات گرفته شده از این کشاورزان انتخاب شد. بخش دیگری از داده‌ها از طریق مدیریت جهاد کشاورزی، مرکز تحقیقات کشاورزی، اداره‌ی آب‌های

^۱-Euclidean distance function

زیرزمینی شهرستان و سایر ارگان‌های مربوط به دست آمد. کلیه‌ی آمار و اطلاعات مربوط به سال زراعی ۸۵-۸۶ بوده است.

نتایج و بحث

مدل (۱) برای سناریوهای وزنی متفاوت اجرا شد. جدول (۱) مقدار مطلوب هر آرمان و حد تغییرات مجاز آن را نشان می‌دهد.

جدول (۱) مقدار مطلوب هر آرمان و حد تغییرات مجاز آن

ردیف	آرمان	مقدار مطلوب	حد تغییرات مجاز
۱	آب مصرفی (متر مکعب)	۹۲۶۲۰	۷۲۸۰
۲	کود مصرفی (کیلوگرم)	۶۴۸۸	۱۵۶
۳	ماشین آلات مصرفی (ساعت)	۳۶۷	۹۲
۴	پازده ناخالص (هزار ریال)	۱۹۲۸۸۱	۳۸۱۶۸
۵	نیروی کار مصرفی (نفر- روز)	۱۱۶۱	۲۵۲
۶	میزان تولید (تن)	۲۶۶	۴۱

حد تغییرات مجاز در جدول (۱) برای هر آرمان فازی از اختلاف مقدار موجود آن با مقدار مطلوب به دست آمده است. مقدار مطلوب هر آرمان نیز به وسیله‌ی کمینه کردن (برای آرمان‌های ۱ تا ۳) و بیشینه کردن (برای آرمان‌های ۴ تا ۶) آنها با استفاده از مدل برنامه‌ریزی خطی محاسبه شده است.

جدول (۲) درجه‌ی عضویت آرمان‌ها و الگوی کشت بهینه را برای سناریوهای مختلف وزنی نشان می‌دهد. این سناریوها براساس اطلاعات به دست آمده از نظر کارشناسان و کشاورزان و با توجه به شرایط منطقه‌ی مطالعه شده، انتخاب شده است.

جدول (۲) درجهی عضویت آرمان‌ها و الگوی کشت بهینه با توجه به سناریوهای مختلف وزنی

متغیرهای تصمیم										درجی عضویت آرمان‌ها						وزنها					سناریو
X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	λ_6^+	λ_5^+	λ_4^+	λ_3^+	λ_2^+	λ_1^+	W_1	W_2	W_3	W_4	W_5	W_6				
+	۷/۱	+	۵/۰	۱/۰	۰/۲	۱	۰/۰۳۴	۰/۷۶	۱	۱	۱	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۱
+	۶/۹	+	۵/۸	۰	۱/۲	۰	۰/۹۲۵	۰	۵/۸	۱	۱	۱	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۲
+	۷	+	۵/۹	۱/۲	۰	۰/۹۹۶	۰	۵/۹	۱	۱	۱	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۳
۱/۱	۷/۴	+	۵/۸	۰	۱/۶	۰/۰۸۶	۰	۵/۸	۰/۰۸۵	۱	۱	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۴
+	۷/۹	+	۵/۸	۰	۱/۲	۰/۹۲۵	۰	۵/۸	۱	۱	۱	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۵
+	۷	+	۵/۹	۱/۲	۰	۰/۹۹۶	۰	۵/۹	۱	۱	۱	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۶
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	الگری موجود	

همان گونه که دیده می‌شود، برای مثال در سناریوی ۱ با توجه به این که درجهی عضویت (λ) مربوط به آرمان‌های آب، کود، ماشین‌آلات و میزان تولید برابر با ۱ است این آرمان‌ها به‌طور کامل دست‌یافتنی هستند و هیچ الزامی وجود ندارد تا مقادیری را به عنوان حد تغییرات مجاز (Δ_{iL}^- یا Δ_{iR}^+) به آن‌ها اختصاص داد. این مساله در تمامی سناریوها و در مورد تمامی آرمان‌هایی که درجهی عضویت برابر با ۱ دارند، درست است.

در ارتباط با آرمان‌هایی که درجهی عضویت آن‌ها در سناریوهای مختلف برابر با ۱ نیست، به‌آن معنا است که این آرمان‌ها به‌طور کامل دست‌یافتنی نیستند و باقیستی به اندازه‌ی انحراف درجهی عضویت آن‌ها از مقدار ۱، مقادیری را به عنوان حد تغییرات مجاز به آن‌ها اختصاص داد. برای مثال، در سناریوی ۱ در مورد آرمان‌های بازده ناخالص و اشتغال نیروی کار به ترتیب دارای درجهی عضویت ۷۶۶ و ۰/۰۳۴ هستند مقادیر حد تغییرات مجاز مورد نیاز (Δ_{4L}^- و Δ_{5L}^-) برابر با ۰/۲۳۴ و ۰/۹۶۶ است. این مطلب در مورد تمامی سناریوها درست است.

همان‌طور که در جدول (۲) مشاهده می‌شود، در سناریوهای ۲ الی ۶ درجهی عضویت آرمان فازی، بیشینه کردن اشتغال نیروی کار برابر با صفر است. این به‌آن معنا است که آرمان بالا به‌طور کامل دست‌یافتنی نیست و می‌تواند ناشی از بی‌اهمیت بودن آن به خاطر تعداد زیاد نیروی کار در منطقه باشد.

الگوی کشت حاصل از سناریوهای مختلف وزنی در جدول (۲) بر کاهش سطح زیرکشت کل محصولات از ۱۸ هکتار (وضعیت موجود) به حدود ۱۴ هکتار دلالت می‌کند. افزون بر آن، الگوهای کشت به دست آمده نشان می‌دهد برای دست‌یابی به آرمان‌های بالا، سطح زیرکشت محصولات ذرت دانه‌ای (X_3) و سیب‌زمینی (X_5) نسبت به وضعیت موجود بایستی افزایش و گندم (X_1) و جو (X_2) کاهش یابد. دیده می‌شود که محصول چغندرقند (X_4) در هیچ‌کدام از سناریوها وارد الگوی کشت نشده است. این می‌تواند ناشی از این موضوع باشد که چغندرقند نسبت به محصولاتی که در بیشتر سناریوها وارد الگوی کشت می‌شوند به آب، ماشین‌آلات و کود بیشتری نیازمند است، هر چند بازده ناخالص آن نسبت به بعضی از این محصولات تا حدی بیشتر است. جدول (۳)، درصد تغییرات آرمان‌ها را نسبت به وضعیت موجود در سناریوهای مختلف و هم‌چنین مقدار فاصله‌ی اقلیدسی را در هر سناریو نشان می‌دهد.

جدول (۳) درصد تغییرات آرمان‌ها نسبت به وضعیت موجود در سناریوهای مختلف و مقدار فاصله‌ی اقلیدسی هر سناریو

سناریو						وضعیت موجود	آرمان‌ها
۶	۵	۴	۳	۲	۱		
۹۲۳۷۱	۹۲۴۳۲	۹۲۷۳۷	۹۲۳۷۱	۹۲۴۳۲	۹۲۳۸۱	۹۷۹۰۰	آب مصرفی (متر مکعب)
-۰/۰۴۷	-۰/۰۴۶	-۰/۰۴۳	-۰/۰۴۷	-۰/۰۴۶	-۰/۰۴۷	-	درصد تغییرات
۵۳۵۲/۸	۵۳۵۷/۷	۵۴۷۷	۵۳۵۲/۸	۵۳۵۷/۷	۵۴۳۲	۷۶۴۴	کود مصرفی (کیلوگرم)
-۱۹/۴	۱۹/۴	-۱۷/۷	-۱۹/۴	-۱۹/۴	-۱۸/۲	-	درصد تغییرات
۳۶۱/۸	۳۶۱/۶	۳۷۸/۴	۳۶۱/۸	۳۶۱/۶	۳۶۷/۲	۴۵۹	ماشین‌آلات (ساعت)
-۲۱/۲	-۲۱/۲	-۱۷/۶	-۲۱/۲	-۲۱/۲	-۲۰/۲	-	درصد تغییرات
۱۸۴۲۴۷/۵	۱۸۴۰۹۲	۱۸۳۴۴۵	۱۸۴۲۴۷/۵	۱۸۴۰۹۲	۱۸۳۴۹۸/۵	۱۵۴۷۱۳	بازده برنامه‌ای (هزارریال)
۱۹/۱	۱۹	۱۸/۶	۱۹/۱	۱۹	۱۸/۶	-	درصد تغییرات
۹۰۶	۹۰۵/۲	۹۱۱/۸	۹۰۶	۹۰۵/۲	۹۱۴/۹	۹۰۹	اشتعال نیروی کار (نفر-روز)
-۰/۳	-۰/۴	۰/۳	-۰/۳	-۰/۴	۰/۶	-	درصد تغییرات
۲۶۵/۱	۲۶۱/۶	۲۴۹/۷	۲۶۵/۱	۲۶۱/۶	۲۶۵/۴	۲۵۵/۵	تولید (تن)
۱۷/۶	۱۶	۱۰/۷	۱۷/۶	۱۶	۱۷/۷	-	درصد تغییرات
۰/۲۱	۰/۲۳	۰/۵۱	۰/۲۱	۰/۲۳	۰/۹۹	-	فاصله‌ی اقلیدسی

مانند: یافته‌های تحقیق

با توجه به جدول (۳) دیده می‌شود که آرمان‌های آب، کود و ماشین‌آلات در تمامی سناریوها نسبت به وضعیت موجود کاهش و آرمان‌های بازده برنامه‌ای و تولید نسبت به وضعیت موجود افزایش نشان می‌دهند. با این حال، آرمان نیروی کار در سناریوهای ۲، ۳، ۵ و ۶ نسبت به وضعیت موجود کاهش یافته است.

هم‌چنین، دیده می‌شود که سناریوهای ۳ و ۶ بهترین سناریو از لحاظ ساختار وزنی است، زیرا دارای کمترین فاصله‌ی اقلیدسی است. همان‌گونه که دیده می‌شود این سناریوها دارای بیشترین درصد کاهش آرمان‌های آب، کود و ماشین‌آلات و بیشترین درصد افزایش آرمان‌های بازده برنامه‌ای و تولید نسبت به سایر سناریوها است.

نتیجه‌گیری و پیش‌نهادها

در این مطالعه، از روش برنامه‌ریزی آرمانی فازی با روی کرد حد تغییرات مجاز آرمان‌ها برای تعیین الگوی بهینه‌ی کشت استفاده شد. مدل برنامه‌ریزی آرمانی فازی به دلیل این که امکان تامین همزمان چندین هدف (که می‌تواند با یکدیگر در تضاد باشد) را در شرایط غیردقیق بودن پارامترها فراهم می‌کند که ناشی از طبیعت محیط تصمیم‌گیری و قطعی نبودن آن بویژه در کشاورزی است، نسبت به مدل‌های برنامه‌ریزی قطعی از کارایی بیشتری برخوردار است. هم‌چنین مدل، این امکان را فراهم می‌کند که با ایجاد انعطاف در ضرایب آن که ناشی از غیردقیق بودن اطلاعات است، شرایط الگوی کشت را به طور نسبی به بود بخشیده و از منابع و نهادهای به نحو مطلوب‌تری استفاده شود. با توجه به عوامل بالا و هم‌چنین با این ملاحظه که در شرایط کنونی هدف‌هایی مانند کمینه کردن مصرف آب برای حفاظت منابع آبی کم‌یاب، توسعه‌ی پایدار کشاورزی با کاهش مصرف کودها و سموم شیمیایی و تامین امنیت غذایی بیشتر مورد توجه سیاست‌گذاران و مدیران بخش کشاورزی است، پیش‌نهاد می‌شود که با استفاده از راه‌کارهای ترویجی، سیاست تامین این هدف‌ها را به کشاورزان منتقل کرد.

منابع

- اسدپور، ح.، خلیلیان، ص. و پیکانی، غ. (۱۳۸۴) نظریه و کاربرد مدل برنامه‌ریزی خطی آرمانی فازی در بهینه‌سازی الگوی کشت. اقتصاد کشاورزی و توسعه، ویژه‌نامه‌ی بهره‌وری و کارایی، ۳۰۷-۳۲۸.
- چیذری، ا. ح. و قاسمی، ع. (۱۳۸۴) برنامه‌ریزی تولید محصولات زراعی در شرایط نبود قطعیت (روی‌کرد فازی: نظریه‌ی امکان). اقتصاد کشاورزی و توسعه، ویژه‌نامه‌ی بهره‌وری و کارایی، ۱۴۷-۱۴۱.
- سلطانی، غ.، زیبایی، م. و کیخا، ا. ع. (۱۳۷۸) کاربرد برنامه‌ریزی ریاضی در کشاورزی. انتشارات سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، تهران.
- کهنسال، م. ر. و محمدیان، ف. (۱۳۸۶) کاربرد برنامه‌ریزی آرمانی فازی در تعیین الگوی بهینه‌ی کشت محصولات زراعی. اقتصاد و کشاورزی، ۱(۲): ۱۸۳-۱۶۹.
- Biswas, A. and Pal, B. B. (۲۰۰۵) Application of fuzzy goal programming technique to land use planning in agricultural system, *The International Journal of Management Science, Omega* ۳۳: ۳۹۱-۳۹۸.
- Charnes, A. and Cooper, W. W. (۱۹۶۱) Management models and industrial application of linear programming. John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Ignizio, J. P. (۱۹۷۶) Goal programming and extensions. Heath and Company, Lexington, Massachusetts.
- Itoh, T., Ishii, H. and Nanseki, T. (۲۰۰۳) A model of crop planning under uncertainty in agricultural management, *International Journal of Production Economics*, ۸۱-۸۲: ۵۰۵-۵۰۸.
- Kim, J. S. and Whang, K. (۱۹۹۸) A tolerance approach to the fuzzy goal programming problems with unbalanced triangular membership function, *European Journal of Operational Research*, ۱۰۷: ۶۱۴-۶۲۴.
- Lee, S. M. (۱۹۷۲) Goal programming for decision analysis. Philadelphia, Auerbach Publishers.

- Romero, C. (۱۹۹۱) *Handbook of critical issues in goal programming*. Pergamon Press, Oxford.
- Sarker, R. A. and Quaddus, M. A. (۲۰۰۲) Modelling a nationwide crop planning problem using a multiple criteria decision making tool, *Computers and Industrial Engineering*, ۴۲: ۵۴۱–۵۵۳.
- Sharma, D. K., Jana, R. K. and Guar, A. (۲۰۰۷) Fuzzy goal programming for agricultural land allocation problems, *Yugoslav Journal of Operational Research*, ۱۷(۱): ۳۱–۴۲.
- Wheeler, B. M. and Russell, J. R. M. (۱۹۷۷) Goal programming and agricultural planning, *Operational Research Quarterly*, ۲۸: ۲۱–۳۲.
- Yu, P. L. (۱۹۷۳) A class of solutions for group decision problems, *Management Science*, ۱۹: ۹۳۶–۹۴۶.
- Zadeh, L. A. (۱۹۶۵) Fuzzy sets, *Information and Control*, ۸: ۳۳۸–۳۵۳.