

برنامه ریزی تولید محصولات زراعی در شرایط نبود
قطعیت
(رویکرد فازی: نظریه امکان)

دکتر امیرحسین چیدری*، عبدالرسول قاسمی*

چکیده

در این مقاله ابتدا تاریخچه‌ای از تصمیم‌گیری و کاربرد مدل‌های برنامه‌ریزی در کشاورزی ارائه می‌شود، آنگاه با توجه به محدودیتهای ذکر شده برای مدل‌های برنامه‌ریزی خطی، الگوی برنامه‌ریزی امکانی با هدف تعیین الگوی بهینه تولید محصولات زراعی مورد بررسی قرار می‌گیرد. در ادامه با استفاده از داده‌های جمع‌آوری شده از سطح حدود ۱۰ هزار هکتار از اراضی آبی شمال استان فارس طی سالهای ۱۳۷۵-۱۳۸۱، مدل‌های برنامه‌ریزی امکان

* به ترتیب: اعضای هیئت علمی دانشگاه تربیت مدرس و دانشکده اقتصاد کشاورزی دانشگاه علامه طباطبایی

e-mail: rasoulgh@yahoo.com

برنامه‌ریزی تولید محصولات زراعی ...

۱۳

۲ در سناریوهای مختلف شامل نبود قطعیت کامل، کاهش ۲۵ درصدی نبود قطعیت، کاهش ۵۰ درصدی نبود قطعیت، کاهش ۷۵ درصدی نبود قطعیت و کاهش ۱۰۰ درصدی نبود قطعیت (قطعیت کامل)، طراحی و حل و در پایان نیز پیشنهادهایی ارائه می‌شود.

کلید واژه‌ها:

برنامه ریزی فازی، تئوری امکان، برنامه ریزی تولید، نبود قطعیت
مقدمه

بقا و رفاه انسان بستگی کامل به مدیریت موفقیت‌آمیز منابع طبیعی و کشاورزی دارد. اما با گذشت زمان، مدیریت این منابع به موازات رشد جوامع، پیچیده‌تر می‌شود و در راستای افزایش جمعیت زمین و رشد اقتصادی کشورها، تقاضا برای مواد غذایی رو به افزایش می‌گذارد (Kennedy, 1986).

تأمین نیازهای غذایی جمعیت در حال رشد مستلزم افزایش در مقیاس بهره‌برداری از منابع طبیعی و کشاورزی، افزایش دانش تکنیکی (فنی) در زمینه بهره‌برداری از منابع طبیعی و کشاورزی و نیز تخصیص بهینه منابع در این بخش است. ولی باید گفت افزایش بهره‌برداری از منابع طبیعی و کشاورزی به منظور رفع نیازهای غذایی رو به فزونی، همواره با محدودیت جدی روبه‌روست به طوری که استفاده بیش از ظرفیت از این منابع موجب تخریب و نابودی آنها و به خطر افتادن روند

اقتصادکشاورزی و توسعه، ویژهنامه بهره‌وری و کارایی، زمستان ۱۳۸۴
۱۳۸۴

توسعه پایدار خواهد شد. همچنین افزایش دانش فنی مستلزم گذشت زمان و صرف هزینه‌های گزاف در زمینه‌های علمی و تحقیقاتی است. از این رو آسانترین راه برای تأمین نیازهای غذایی، تخصیص بهینه منابع به منظور دستیابی به هدفهای مورد نظر بهره‌برداران و مدیران برنامه‌ریزی در بخش کشاورزی و منابع طبیعی کشور است.

بناگاههای اقتصادی به شکلهای مختلف با بهینه‌سازی منابع محدودشان سروکار دارند و یکی از روشهای متداول در این زمینه، برنامه‌ریزی خطی است که طی چند دهه گذشته به طور وسیعی برای تعیین برنامه بهینه در رشته‌های مختلف کشاورزی مورد استفاده قرار گرفته است.

پژوهشگران اقتصاد کشاورزی نیز (منابع ۲، ۳، ۹، ۱۵، ۱۸) از الگوریتم برنامه‌ریزی خطی به عنوان یک ابزار تحقیقاتی مهم برای تصمیم‌گیری در مورد مسائل گوناگون کشاورزی در سطح مزرعه و بخش استفاده کرده‌اند.

گرچه برنامه‌ریزی خطی به دلیل ساده بودن، کاربرد وسیعی در بخش کشاورزی یافته است، ولی به علت نوع فرضیهایی که در ارتباط با آن در نظر گرفته می‌شود، با شرایط بخش کشاورزی سازگار نیست. یکی از فرضیه‌های بسیار مهم در برنامه‌ریزی خطی، فرض قطعی بودن ضرایب در مدل برنامه‌ریزی است (هیلرولیب‌رمن، ۱۳۷۶)، در حالی

۴ که کشاورزی، صنعتی پویاست که تحت تأثیر شرایط جوی، توسعه بازار و فناوری، تغییر شرایط بازار نهاده‌ها و محصولات کشاورزی، تغییر سیاست‌های کشاورزی و اقتصاد عمومی دولت‌ها، پیدایش تکنیک‌های جدید تولید محصولات و ... قرار دارد به گونه‌ای که به جرأت می‌توان گفت تنها قطعیت موجود در تولید محصولات کشاورزی نبود قطعیت است (Fleisher, 1990; Rae, 1994).

تا چند دهه گذشته تصور بر این بود که نبود قطعیت حاکم بر رویدادها ناشی از وجه تصادفی حاکم بر متغیرهاست و می‌تواند به وسیله نظریه احتمال فرمولبندی شود. اما امروزه نظریه‌های دیگری وجود دارد که معتقدند نبود قطعیتها ناشی از وجه تصادفی حاکم بر رویدادها نیست.

در سال ۱۹۶۵ لطفی زاده اساس ریاضیات کلاسیک را با بیان نظریه مجموعه‌های فازی متحول ساخت. وی معانی زبان طبیعی و ابهام ناشی از اطلاعات محیطی را با ریاضیات دو ارزشی ترکیب و ابزار نیرومندی را تحت عنوان منطق فازی برای برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری ارائه کرد (Lai & Hwang, 1994).

هر چند موارد فراوانی یافت می‌شود که کاربرد منطق ارسطویی در مورد آنها مصداق دارد، اما نباید آنچه را که تنها برای موارد خاصی صادق است به تمام پدیده‌ها

تعمیم داد. در دنیایی که ما زندگی می‌کنیم اکثر چیزهایی که درست به نظر می‌رسد، نسبتاً درست است و در مورد درستی و نادرستی پدیده‌های واقعی همواره درجاتی از نبود قطعیت صدق می‌کند. به عبارت دیگر پدیده‌های واقعی تنها سیاه یا سفید نیستند، بلکه تا اندازه‌ای خاکستری هستند. پدیده‌های واقعی همواره فازی، مبهم و غیر دقیق هستند.

مبانی نظری برنامه‌ریزی امکانی^۱

تا دهه ۱۹۵۰، هنگامی که برای ضرایب مسائل برنامه‌ریزی خطی، توزیع احتمال در نظر گرفته می‌شد، مدل‌های برنامه‌ریزی تصادفی در مدل‌های تصمیم‌گیری مورد استفاده قرار می‌گرفت. کارهای اولیه در این زمینه توسط افرادی همچون تینتر^۱؛ بیل^۲؛ دانتزیگ^۳؛ چارنز^۴؛ کوپرو سیموندز^۵؛ چارنز و کوپر^۶ صورت گرفت تا اینکه تعدادی از مدل‌های برنامه‌ریزی تصادفی در نظریه‌های

1. possibilistic programming

1. Titer

2. Beale

3. Dantzig

4. Charnes

5. Cooper and Symonds

6. Charnes & Cooper

۶ انبار، حفاظت سیستمی، اقتصاد خرد و مسائل بانکی و مالی مورد استفاده قرار گرفت. از ۴ دهه پیش به بعد به کارگیری مدل‌های برنامه‌ریزی تصادفی و همچنین توسعه آنها برای حل مسائل واقعی و کاربردی در زمینه تصمیم‌گیری محدود شد. دلایل عمده این محدودیت را می‌توان در موارد زیر خلاصه کرد:

۱. فقدان کارایی محاسباتی

۲. انعطاف‌ناپذیری نظریه‌های احتمال: توزیع احتمالی که در ذهن تصمیم‌گیرندگان وجود دارد ممکن است در عمل یک توزیع واقعی و صحیح نباشد. همچنین مفهوم تصادفی بودن برخی وضعیت‌های غیرقطعی امکان دارد مفهوم صحیحی نباشد.

۳. مسائل برنامه‌ریزی خطی با ضرایب نادقیق منحصر به مسائل برنامه‌ریزی خطی با توزیع امکان است.

امکان، اندازه‌ای ذهنی است که در آن درجه، شخص معتقد به وقوع یک حادثه یا رویداد است. بنابراین در صورتی که شخص هیچ دلیلی دال بر عدم وقوع یک رویداد نداشته باشد و شواهد و قرائن نشان‌دهنده وقوع یک رویداد باشد می‌توان برای هر رویداد یک امکان را طراحی کرد. همچنین امکان را می‌توان به صورت درجه وقوع

آسان يك رویداد تعريف كرد. چنانكه رویدادي به وقوع بپيوند و هيچ شگفتي براي شخص ايجاد نشود، امکان وقوع آن رویداد برابر با يك خواهد بود و در شرايطي كه نتوان محيطي را كه در آن در شرايط نبود قطعيت تصميمگيري ميشود، بازسازي كرد، بايد به جاي احتمال از امکان استفاده نمود.

زاده در سال ۱۹۷۸ نظريه مجموعه‌هاي فزي را به عنوان پايه نظريه امکان به كار برد. بر اساس تعريف زاده، زماني كه وضعيت شامل مقادير كمی غيرقطعي باشد، با كمك مجموعه‌هاي فزي شامل توزيع امکان مي‌توان اطلاعاتي را در خصوص متغير مذکور به دست آورد. بنابراین کاربرد نظريه امکان در مواردی كه دسترسي به اطلاعات وسيع ميسر نباشد، مي‌تواند بسيار راهگشا باشد، زيرا بر اساس اين نظريه، اهميت ويژه اطلاعات در مفهوم آنها نهفته است و اندازه كمی آن در مقايسه با نظريه احتمالات ارزش كمتری دارد. در نظريه احتمالات تأكيد اصلي بر اندازه‌گيري تعداد مشاهدات است تا بتوان بر اساس آنها استنباطي آماری انجام داد. در دنياي واقعي، مفهوم و معني هرگزينه اطلاعاتي نقش مهم و مؤثري در شكلگيري قضاوتهاي انساني ايفا مي‌کند.

۸ نظریه امکان تلاش دارد تا با تأکید بر مفهوم اطلاعات، تحلیل عمیق‌تری از آن به دست دهد.

مدلهای برنامه‌ریزی خطی امکانی

مسئله برنامه‌ریزی خطی زیر را که در آن C ، A و b

$$\begin{aligned} & \text{Max } \tilde{C}x \quad \text{غیرقطعی و دارای توزیع امکان هستند در نظر} \\ & \text{St.} \\ & \tilde{A}x \leq \tilde{b} \\ & x \geq 0 \end{aligned}$$

همان گونه که مشاهده می‌شود، در این مدل تمامی ضرایب، چه در تابع هدف و چه در ضرایب فنی و منابع، غیرقطعی و دارای توزیع امکان هستند. برای حل این مسئله رهیافتهای مختلفی وجود دارد که در این تحقیق از رهیافت لای و هوانگ استفاده می‌شود.

لای و هوانگ فرض می‌کنند که ضرایب غیرقطعی، توزیع مثلثی دارند. در این حالت مدل عمومی عبات است از:

$$\begin{aligned} & \text{Min } Z_1 = (C^m - C^p)x \\ & \text{Max } Z_2 = C^m x \\ & \text{Max } Z_3 = (C^o - C^m)x \\ & \text{St.} \\ & A_\beta^m x \leq b_\beta^m, A_\beta^p \leq b_\beta^p, A_\beta^o x \leq b_\beta^o \end{aligned}$$

که در آن C ضرایب بهره‌وری، x متغیر تصمیم، A ضرایب فنی (تکنولوژیک)، b منابع موجود، m ممکن‌ترین مقدار، p بدبینانه‌ترین مقدار، o خوشبینانه‌ترین مقدار و β سطح برش است که اندازه نبود قطعیت را نشان می‌دهد.

هنگامی که حداقل امکان قابل قبول β در نظر باشد، آنگاه این مسئله به یک مسئله برنامه‌ریزی خطی چندهدفه (MOLP) تبدیل خواهد شد. چنانکه در قسمتهای قبلی نیز بیان شد، این مسئله با استفاده از روشهای حل مدلهای برنامه‌ریزی چندهدفه قابل حل خواهد بود.

برای حل معادله بالا می‌توان از روشهای حل مدلهای برنامه‌ریزی خطی چندهدفه مانند روشهای نظریه مطلوبیت، برنامه‌ریزی آرمانی، برنامه‌ریزی فازی و یا روشهای تعاملی استفاده کرد.

در اینجا به روش برنامه‌ریزی فازی زیرمن اشاره می‌شود. برای حل چنین مدلهایی در مرحله نخست باید راه‌حل‌های ایده‌آل مثبت و راه‌حل‌های ایده‌آل منفی را مشخص کرد:

$$\begin{aligned} z_1^{PIS} &= \min_{x \in X} (C^m - C^p)x & z_1^{NIS} &= \max_{x \in X} (C^m - C^p)x \\ z_2^{PIS} &= \max_{x \in X} C^m x & z_2^{NIS} &= \min_{x \in X} C^m x \\ z_3^{PIS} &= \max_{x \in X} (C^o - C^m)x & z_3^{NIS} &= \min_{x \in X} (C^o - C^m)x \end{aligned}$$

با نگاهی به راهبرد این گونه مدلهای درمی‌یابیم که یک مدل برنامه‌ریزی تابع هدف امکان به یک مدل برنامه‌ریزی چندهدفه فازی تبدیل می‌شود. هر تابع هدف فازی به وسیله تابع عضویت آن مشخص می‌گردد و

• بنابراین به صورت یک محدودیت تعریف می‌شود. اپتیمم کردن تابع هدف به صورت محدودیت در یک محیط فازی، درست همانند یک محیط غیرفازی است که در آن، تابع هدف با توجه به محدودیتها اپتیمم می‌گردد.

تصمیم در محیط فازی، فصل مشترک محدودیت‌های فازی و توابع هدف فازی است. بنابراین رابطه بین محدودیتها و هدفها در یک محیط فازی کاملاً متقارن است (Bellman Zadeh,1973)

:and

$$\max z(x) = (z_1(x), \dots, z_k(x))^T$$

S.t.

$$Ax \leq b$$

$$x \geq 0$$

در رابطه بالا هر تابع هدف دارای یک تابع عضویت به صورت زیر است:

objective function

$$z_1(x)$$

$$\vdots$$

$$z_k(x)$$

Membership function

$$\mu_{z_1}(x)$$

$$\mu_{z_k}(x)$$

برای هر تابع عمومی انباشته خواهیم داشت :

$$\mu_D(x) = \mu_D(\mu_{z_1}(X), \dots, \mu_{z_k}(X))$$

بنابراین مدل عمومی مسئله اپتیمم‌سازی به صورت زیر خواهد بود:

$$\text{Max } \mu_D(x)$$

S.t.

$$Ax \leq b$$

$$x \geq 0$$

طبق تعریف زاده داریم:

$$\mu_D(x) = \min(\mu_{z_1}(X), \dots, \mu_{z_k}(X))$$

بنابراین می‌توانیم مسئله را به صورت زیر بازنویسی کنیم:

$$\begin{aligned} & \max \min(\mu_{z_1}(X)) \\ & S.t. \\ & Ax \leq b \\ & x \geq 0 \end{aligned}$$

زیرمن در سال ۱۹۷۸ نشان داد که معادله بالا درست هم‌ارز مسئله برنامه‌ریزی خطی زیر است:

$$\begin{aligned} & \max \lambda \\ & S.t. \\ & \lambda \leq \mu_{z_t}(X) \quad t=1,2,\dots,k \\ & Ax \leq b \\ & x \geq 0 \end{aligned}$$

تابع عضویت، نقش جانشینی را در تـ هدف بازی می‌کند که برای t امین هدف با $\mu_{z_t}(x)$ نشان داده می‌شود و باید حداقل دارای شرایط زیر باشد:

$$\mu_{z_t}(x) = \begin{cases} 1 & \text{if } z_t(X) \geq z_t^* \\ 0 \leq \mu_{z_t}(x) \leq 1 & \text{if } z_t^m \leq z_t(X) \leq z_t^* \\ 0 & \text{if } z_t(X) \leq z_t^m(x) \end{cases}$$

که $z_t(X)$ نتیجه t امین هدف، z_t^* بهترین مقدار هدف t ام و z_t^m بدترین مقدار هدف t ام است.

۲ با توجه به مطالب پیشگفته، در این تحقیق از حالت کلی‌تابع عضویت هایپربولیک برای نشان دادن هدفهای فازی تصمیم‌گیرنده به صورت زیر استفاده شده است:

$$\begin{aligned} & \text{Max } \lambda \\ & \text{S.t.} \\ & \lambda \leq \frac{\tanh(z_t(x) - b_t)\alpha_t + 1}{2} \quad t = 1, 2, \dots, k \\ & Ax \leq b \\ & x \geq 0, \lambda \geq 0 \end{aligned}$$

رابطه بالا معادل است با:

$$\begin{aligned} & (z_t(x) - b_t)\alpha_t \geq \tanh^{-1}(2\lambda - 1) \quad t = 1, 2, \dots, k \\ & Ax \leq b \\ & x \geq 0, \lambda \geq 0 \end{aligned}$$

چنانچه رابطه فوق را به صورت زیر ت

$$x_{n+1} = \tanh^{-1}(2\lambda - 1)$$

$$\lambda = \frac{(\tanh^{-1}(x_{n+1}) + 1)}{2}$$

$\tanh(x)$ يك تابع صعودي كاملاً يکنواخت نسبت به x است و ماکزیم کردن λ معادل با ماکزیم کردن x_{n+1} می‌باشد. از این رو مسئله اپتیمم‌سازی چندهدفه با بردار ارزشی فازی را می‌توان به مدل قطعی زیر تبدیل کرد:

$$\begin{aligned} & \text{Max } x_{n+1} \\ & \text{s.t.} \\ & \alpha_t z_t(x) - x_{n+1} \geq \alpha_t b_t \quad t=1,2,\dots,k \\ & Ax \leq b \\ & x \geq 0 \quad , x_{n+1} \geq 0 \end{aligned}$$

راه‌حل‌های اپتیمم مسئله فوق هستند و به صورت x^* و x_{n+1}^* زیر به دست می‌آیند:

$$(\lambda^*, x^*) = \left(\frac{\tanh(x_{n+1}^*) + 1}{2}, x^* \right)$$

این حل مدل می‌تواند راه‌حل رضایت‌بخشی را بر اساس راه‌برد ذکر شده در قسمت قبل، ارائه دهد.

طراحی مدل و نتایج

در تحقیق حاضر با توجه به نقش و جایگاه استان فارس در تولید محصولات زراعی در کشور و محسوس بودن نبود قطعیت‌های موجود بخصوص در شمال این استان، با استفاده از ترکیبی از داده‌های مقطع عرضی و سری‌زمانی جمع‌آوری شده از سطح حدود ۱۰ هزار هکتار از اراضی آبی این منطقه، اقدام به طراحی و حل مدل‌های برنامه‌ریزی امکانی شد.

فرض اساسی تحقیق حاضر این است که کاهش نبود قطعیت‌های موجود در منطقه، موجب افزایش سود ناخالص کشاورزان منطقه می‌شود و همچنین علاوه بر کاهش میزان

۴ مخاطره، امکان دستیابی کشاورزان منطقه را به سود بالاتر از حد ممکن نیز کاهش می‌دهد.

چارچوب کلی مدل مورد استفاده در این تحقیق عبارت است از:

الف) تابع هدف

این تابع شامل حداکثرسازی سود ناخالص در واحد سطح است و با توجه به نبود قطعیت قیمت محصولات، عملکرد و هزینه نهاده‌های مورد استفاده در واحد سطح به صورت دامنه‌ای از اعداد فازی مثلثی در نظر گرفته می‌شود.

$$Max \sum_{j=1}^8 \tilde{z}_j x_j$$

ب) محدودیتها

۱. محدودیت منابع آبی:

$$\sum_{j=1}^8 \tilde{a}_{ij} x_j \leq \tilde{w}_i \quad i=1,2,3,4$$

که در آن z نوع محصول و i شماره محدودیت است که با توجه به نیاز متفاوت محصولات مختلف به آب در زمانهای متفاوت، این محدودیت به ۴ نوع زیر تفکیک می‌شود:

محدودیت شماره ۱: که از اول مهرماه آغاز می‌شود و تا پایان آبانماه ادامه می‌یابد و شامل خاک‌آب و پی‌آب محصولات گندم و جو است.

محدودیت شماره ۲: که از ۱۵ فروردین‌ماه شروع می‌شود و تا پایان تیرماه ادامه می‌یابد و شامل آبیاری محصولات گندم، جو، چغندر قند، سیب‌زمینی، لوبیا چیتی، لوبیا

قرمز، نخود و عدس است که در واقع به واسطه مقطع زمانی، بحرانی‌ترین زمان مصرف آب به شمار می‌آید.

محدودیت شماره ۳: که از اول تا پایان مردادماه را در برمی‌گیرد و شامل آبیاری محصولات چغندر قند، سیب‌زمینی، لوبیا چیتی، لوبیا قرمز، نخود و عدس است.

محدودیت شماره ۴: که از اول تا پایان شهریورماه ادامه می‌یابد و شامل آبیاری محصولات چغندر قند و سیب‌زمینی است.

در رابطه با w_i نیز منابع آبی موجود در محدودیت i ام است که با توجه به نبود قطعیت این منابع، به صورت غیرقطعی، با دامنه‌ای از اعداد فازی مثلثی در نظر گرفته شده است.

۲. محدودیت مکانیزاسیون:

$$\sum_{j=1}^8 \tilde{a}_{ij} x_j \leq M \tilde{e}_i \quad i=1, \dots, 4$$

که در آن M منابع مکانیزاسیون (تراکتور موجود در منطقه بر حسب اسب بخار-ساعت) است که به صورت اعداد فازی مثلثی در نظر گرفته می‌شود. این محدودیت نیز به دلیل تطابق بیشتر با شرایط واقعی مزارع به ۴ محدودیت مجزا به شرح زیر تفکیک شده است:

محدودیت شماره ۱: که از ابتدای مهرماه تا ۱۵ آبانماه را در بر می‌گیرد و شامل مراحل تسطیح (ماله یا

۶ لولر)، کرتبندی، مرزکشی، نهرکشی، فاروزنی، کودپاشی (کود فسفات) و سایر عملیات تکمیلی کاشت محصولات گندم و جو، برداشت چغندر قند، و برداشت سیبزمینی است. محدودیت شماره ۲: که از ابتدای فروردین ماه آغاز می شود و تا ۱۵ اردیبهشت ماه ادامه می یابد و شامل مراحل زیر است:

- مراحل داشت ماشینی محصولات گندم و جو یعنی سمپاشی و کودپاشی ماشینی

- مراحل کاشت چغندر قند شامل شخم، دیسک، ماله (لولر)، کودپاشی (کود فسفات)، کرتبندی، مرزکشی، نهرکشی، فاروزنی و بذرکاری

- مراحل کاشت سیبزمینی شامل شخم، دیسک، ماله (لولر)، کرتبندی، مرزکشی، نهرکشی، فاروزنی و بذرکاری

- مراحل کاشت حبوبات (لوبیا چیتی، لوبیا قرمز، نخود و عدس) شامل شخم، دیسک، ماله (لولر)، کرتبندی، مرزکشی و نهرکشی

محدودیت شماره ۳: که از ۱۵ اردیبهشت ماه آغاز می شود و تا پایان تیرماه ادامه می یابد و شامل مراحل زیر است:

- مراحل ماشینی داشت چغندر قند شامل کودپاشی (کود سرك)، سمپاشی و کولتیواتور

- مراحل ماشینی داشت سیبزمینی شامل کودپاشی (کود سرك)، سمپاشی و کولتیواتور

- مراحل ماشینی داشت حبوبات (لوبیا چیتی، لوبیا قرمز، نخود و عدس) شامل سیمپاشی محدودیت شماره ۴: که از ابتدای شهریورماه تا پایان آن را در برمی‌گیرد و شامل مراحل ماشینی آماده‌سازی زمین جهت کاشت محصولات گندم و جو اعم از شخم و دیسک و مراحل ماشینی برداشت حبوبات (لوبیا چیتی، لوبیا قرمز، نخود و عدس) است.

۳. محدودیت نیروی کار:

$$\sum_{j=1}^8 \tilde{a}_{ij} x_j \leq \tilde{L}_i \quad i=1, \dots, 4$$

این محدودیت نیز به چند محدودیت مجزا به صورت زیر تقسیم شده است:

محدودیت شماره ۱: که از ابتدای مهرماه آغاز می‌شود و تا ۱۵ آبانماه ادامه می‌یابد و شامل نیروی کار مورد نیاز جهت انجام مراحل مختلف کاشت گندم و جو، برداشت چغندر قند و برداشت سیبزمینی است.

محدودیت شماره ۲: که از ۱۵ فروردینماه آغاز می‌شود و تا پایان اردیبهشتمماه ادامه می‌یابد و شامل نیروی کار مورد نیاز جهت انجام مراحل مختلف داشت گندم و جو، چغندر قند، سیبزمینی و حبوبات (لوبیا چیتی، لوبیا قرمز، نخود و عدس) است.

محدودیت شماره ۳: که از ابتدای خردادماه آغاز می‌شود و تا پایان تیرماه ادامه می‌یابد و شامل نیروی کار مورد نیاز جهت انجام مراحل مختلف چغندر قند،

۸ سیبزمینی و حبوبات (لوبیا چیتی، لوبیا قرمز، نخود و عدس) است.

محدودیت شماره ۴: که از ابتدای مردادماه آغاز می‌شود و تا پایان شهریورماه ادامه می‌یابد و شامل نیروی کار مورد نیاز جهت انجام مراحل مختلف برداشت گندم و جو و برداشت حبوبات (لوبیا چیتی، لوبیا قرمز، نخود و عدس) است.

۴. محدودیت سرمایه:

$$\sum_{i=1}^8 \tilde{a}_{ij} x_j \leq \tilde{c}_i \quad i=1,2$$

این محدودیت شامل اجزای زیر است:

محدودیت شماره ۱: که از ابتدای شهریورماه آغاز می‌شود و تا ۱۵ آبان‌ماه ادامه می‌یابد و شامل هزینه‌های کاشت گندم و جو، هزینه برداشت سیبزمینی، هزینه برداشت چغندر قند و هزینه برداشت حبوبات (لوبیا چیتی، لوبیا قرمز، نخود و عدس) است.

محدودیت شماره ۲: که از ۱۵ فروردین‌ماه آغاز می‌شود و تا پایان مردادماه ادامه می‌یابد و شامل هزینه‌های برداشت و برداشت گندم و جو، هزینه کاشت و برداشت سیبزمینی، هزینه کاشت و برداشت چغندر قند و هزینه کاشت و برداشت حبوبات (لوبیا چیتی، لوبیا قرمز، نخود و عدس) است.

۵. محدودیت زمین:

شامل محدودیت کل زمین‌های زراعی قابل کاشت در منطقه، محدودیت حداقل سطوح زیر کشت محصولات مختلف و محدودیت تناوب زراعی است.

در مرحله بعد با استفاده از روشهای برنامه‌ریزی خطی، با هدف حداکثرسازی سود ناخالص، اقدام به تعیین سطوح زیرکشت و مقدار تولید شد، سپس مدل برنامه‌ریزی خطی چندهدفه فازی با استفاده از توابع عضویت هایپربولیک طراحی و آنگاه با استفاده از روش Max-min Approach حل گردید. نتایج حاصل از حل مدل‌های مختلف در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱. نتایج حاصل از حل مدل‌های مختلف

(واحد: هکتار / میلیارد ریال)

مدل ۵	مدل ۴	مدل ۳	مدل ۲	مدل ۱	مدل
$\beta=1$	$0/75$ $\beta=$	$\beta=0/5$	$0/25$ $\beta=$	$\beta=0$	سطح برش
---	$0/71$	$0/71$	$0/69$	$0/7$	درجه رضامندی
۳۱۴۰	۳۱۴۰	۳۱۴۰	۳۱۴۰	۳۱۴۰	گندم
۲۰	۲۰	۲۰	۳۹	۵۸۳	جو
۱۸۳۷	۱۸۳۷	۱۸۳۷	۱۸۳۷	۱۸۳۷	چغندر قند
۱۵	۶۰۳	۵۸۲	۵۴۸	۷۲۸	سیب‌زمینی
۳۳۸۹	۰	۰	۰	۰	لوبیا چیتی
۰	۷۶۰	۷۶۰	۷۶۰	۸۱۸	لوبیا قرمز
۶۰	۲۱۱۶	۱۹۴۳	۱۷۵۲	۹۷۰	نخود
۱۶۵	۱۶۵	۱۶۵	۱۶۵	۱۶۵	عدس
۴۵/۱	۲۹/۶	۲۸/۹	۲۸	۲۷/۵	سود ممکن
۰	۶/۶۲	۱۲/۸	۱۸/۵	۲۳/۸	ریسک سود کمتر
۰	۱۰/۱	۱۹/۶	۲۸/۱	۳۸/۳	امکان سود بیشتر

تذکر:

مدل شماره ۱: مدل با فرض وجود نبود قطعیت کامل در ضرایب بهره‌وری، ضرایب فنی و منابع

مدل شماره ۲: مدل با فرض کاهش ۲۵ درصدی نبود قطعیت نسبت به مدل اول

مدل شماره ۳: مدل با فرض کاهش ۵۰ درصدی نبود قطعیت نسبت به مدل اول

برنامه‌ریزی تولید محصولات زراعی ...

۱۵ مدل شماره ۴: مدل با فرض کاهش ۷۵ درصدی نبود قطعیت نسبت به مدل اول

مدل شماره ۵: مدل با فرض کاهش ۱۰۰ درصدی نبود قطعیت نسبت به مدل اول (فرض وجود قطعیت کامل در ضرایب بهره‌وری، ضرایب فنی و منابع)

جدول ۱ نشان می‌دهد که با افزایش میزان قطعیت، سود ممکن افزایش می‌یابد به طوری که کل سود ناخالص از ۲۷/۵ میلیارد ریال در مدل شماره ۱ (مدل با فرض نبود قطعیت کامل) به ۴۵/۱ میلیارد ریال در مدل شماره ۵ (مدل با فرض قطعیت کامل) افزایش می‌یابد. همچنین امکان کاهش سود ناخالص از ۲۳/۸ میلیارد ریال در مدل شماره ۱ به صفر در مدل شماره ۵ کاهش می‌یابد. اما از طرف دیگر با توجه به دو جنبه مثبت و منفی ریسک، امکان دسترسی کشاورزان به سود بیشتر نیز همزمان با کاهش نبود قطعیت، کاسته می‌شود.

همچنین با افزایش میزان قطعیت، سطح زیرکشت محصولات زراعی نیز افزایش می‌یابد، به طوری که کل سطح زیرکشت از ۸۲۴۱ هکتار در مدل شماره ۱ به ۸۶۲۶ هکتار در مدل شماره ۵ می‌رسد. این افزایش عمدتاً به دلیل قطعی شدن منابع مورد استفاده در تولید محصولات زراعی است.

نتایج همچنین تفاوت معنی‌دار سطوح زیرکشت محصولات سیب‌زمینی، لوبیا چیتی، لوبیا قرمز و نخود را در مدل قطعی (مدل شماره ۵) و سایر مدلها (مدلهاي غیرقطعی) نشان می‌دهد. این موضوع بیشتر به دلیل نبود قطعیت موجود در قیمت این محصولات است.

ثبات سطوح زیر کشت محصولات گندم، چغندر قند و عدس نیز به دلیل در نظر گرفتن محدودیتهای حداقل سطح زیر کشت این محصولات طی سالهای اخیر است.

پیشنهاها

۱. با توجه به اینکه کاهش نبود قطعیت موجب دستیابی بیشتر کشاورزان به هدفهای مورد نظرشان میشود، اتخاذ راهبردهای مناسب جهت کاهش نبود قطعیتها موجود با تأکید بر مطالعات منطقه‌ای از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

۲. نظر به اینکه تصمیمگیری در بخش کشاورزی همواره با نبود قطعیتها متعددی روبه روست، از این رو توصیه میشود به منظور تطابق بیشتر مدلهای برنامه‌ریزی با شرایط واقعی، از مدلهای برنامه‌ریزی امکان استفاده شود.

۳. با توجه به نقش مهم اطلاعات در مدیریت ریسک و خصیصه منحصر به فرد آن و نیز نقش کلیدی اطلاعات در شکلگیری انتظارات قیمتی و به تبع آن سوق دادن تولیدکنندگان به سمت اتخاذ راهبردهای مناسب بازاریابی، پیشنهاد میشود اطلاعات لازم متناسب با هدفهای کلان دولت در بخش کشاورزی تولید و در اختیار کشاورزان قرار داده شود.

۴. از آنجا که در دنیای واقعی هنگامی که سطح رضامندی یا درجه تابع عضویت افزایش می‌یابد، رضامندی نهایی^۱ تصمیم‌گیرنده کاهش می‌یابد، توصیه می‌شود به جای استفاده از مدل‌های برنامه‌ریزی فازی با تابع عضویت خطی از مدل‌های برنامه‌ریزی با تابع عضویت تانژانت هایپربولیک جهت حل مدل استفاده شود.

۵. هرچند با برگزیدن سیاستها و راهکارهای مختلف می‌توان از میزان نبود قطعیت موجود در بخش کشاورزی کاست، اما با توجه به اینکه نبود قطعیت جزء جدایی ناپذیر تصمیم‌گیری در بخش کشاورزی به شمار می‌آید، لذا باید با اتخاذ راهبردهای مناسب تا حد ممکن از این عامل ناخواسته بهره‌برداری کرد. در این راستا با توجه به جنبه‌های مثبت و منفی ریسک و نبود قطعیت، استفاده از مدل‌های به کارگرفته شده در این تحقیق توصیه می‌شود.

منابع

۱. هیلیر و لیبرمن (۱۳۷۶)، تحقیق در عملیات، جلد اول و دوم، ترجمه مدرس و آصف وزیری، چاپ هشتم، نشر تندر.

2. Alphonse, B. A. (1997), Application of the analytic hierarchy process in agriculture in developing countries, *Agricultural Systems*, 53:97-112.

3. Bazaraa, M. S. and A. Bouzaher (1981), A linear goal programming model for developing economics with an illustration from the agricultural sector in Egypt, *Management Science*, 27(4): 396-413.
4. Bellman, R. E., and L. A. Zadeh (1973), Decision making in a fuzzy environment, *Management Science*, 17: 149-156.
5. Chen L. H. and F. C. Tsai (2001), Theory and methodology of fuzzy goal programming with different importance and priorities, *European Journal of Operational Research*, 133: 548-556.
6. Fleisher, B. (1990), Agricultural risk management. 1th. Edn. Lynne Rinner Publishers, USA.
7. Gupta A.P., R. Harboe and M.T. Tabucunon (2000), Fuzzy multiple-criteria decision making for crop area planning in Narmada river basin, 63:1-18
8. Havlicek J. and P. Kucera (1997), Decision making in risk environment based on fuzzy linear programming, *Sciential Agriculture Bohemica*, 28(3): 227-244.
9. Hayashi, K. (1998), Multicriteria aid for agricultural decisions using preference relations: Methodology and Application, *Agricultural Systems*, 58(4): 483-503.
10. Hayashi, K. (2000), Multicriteria analysis for agricultural resource management: A critical survey and future perspective, *European Journal of Operational Research*, 122: 486-500.

11. Inuiguchi, M. and J. Ramik (2000), Possibilistic linear programming :

ξ

A brief review of fuzzy mathematical programming and a comparison with stochastic programming in portfolio selection problem, *Fuzzy Sets and Systems*, 111:3-28.

12. Kennedy, J. O. S. (1986), *Dynamic Programming: Applications to agricultural and natural resources*. 1th. Edn. Elsevier Applied Science Publishers Ltd, UK.

13. Lai, Y. J. and C. L. Hwang (1994), *Fuzzy multiple objective decision making: Methods and applications*. 2th edn. Springer, New York USA.

14. Liu X. (2001), Measuring the solution of constraints in fuzzy line

15. Manos, B. and E. Gavezos (1995), A multiobjective programming model for farm regional planning in northern Greece, *Quarterly Journal of International Agriculture*, 34: 32-52.

16. Mendoza G. A. , B. B. Bare and Z. Zhou (1993), A fuzzy multiple objective linear programming approach to forest planning under uncertainty, *Agricultural Systems*, 41: 257-274.

17. Rae, A. N. (1994), *Agricultural management economics: Activity analysis and decision making*, 1th. Edn. Cambridge, Wallingford UK.

18. Romero, C. , F. Amador and A. Barco (1987), Multiobjectives in agricultural planning: A comparison programming application , *American Journal of Agricultural Economics*, 69(1): 78-86.

19. Rommelfanger, H. (1996), Fuzzy linear programming and applications, *European Journal of Operational Research*, 92: 512-527.

20. Sher, A. and I. Amir (1993), Optimization with fuzzy constraints in agricultural production planning, *Agricultural Systems*, 45: 421-441.
-