اقتصادکشاورزی و توسعه، سال هفدهم، شماره ٦٧، پاییز ١٣٨٨

تعیین الگوی بهینه کشت محصولات زراعی مزرعه در شرایط ریسک و نبود قطعیت با استفاده از برنامه‌ریزی خطی بازه‌ای

دکتر مصطفی عمادزاده*[1]، مهدی زاهدی کیوان**، دکتر کیومرث آقایی*

تاریخ دریافت: ۸۶/۸/۸ تاریخ پذیرش: ۸۷/۹/۳۰

چکیده

برای استفاده از مدلهای برنامه‌ریزی ریاضی در تعیین الگوی بهینه کشت مزارع با توجه به شرایط ریسک و نبود قطعیت و وجود اطلاعات نادقیق و غیرقطعی می‌توان از تکنیکهای جدید برنامه‌ریزی فازی[2] و بازه‌ای[3] استفاده کرد. در این پژوهش با بهره‌گیری از تکنیک برنامه‌ریزی بازه‌ای و با توجه به آمار سالهای زراعی ۱۳۷۸تا ۱۳۸۴، الگوی بهینه کشت محصولات زراعیِ گندم، جو، ذرت، آفتابگردان، چغندرقند و سیب‌زمینی با در نظر گرفتن

* به ترتیب: استاد و استادیار گروه اقتصاد دانشکده علوم اداری و اقتصاد دانشگاه اصفهان
e-mail:emazir@yahoo.com
۱. نویسنده مسئول
** دانش‌آموخته کارشناسی ارشد توسعه اقتصادی و برنامه‌ریزی دانشگاه اصفهان
e-mail:mehdiqman@yahoo.com

2. fuzzy programming
3. interval programming

Archvie of SID
www.SID.ir

شرایط ریسک و داده‌های نادقیق محاسبه شده است. این تحقیق بر روی مزرعه‌ای به وسعت ۸۵ هکتار واقع در استان همدان صورت پذیرفته است. نتایج نشان می‌دهد بر پایه مدل برنامه‌ریزی بازه‌ای، با توجه به شرایط ریسک و نبود قطعیت و محدودیتهای موجود، الگوی بهینه کشت شامل محصولات گندم و جو و سیب‌زمینی است. همچنین با افزایش ریسک‌پذیری کشاورزان، سطح زیرکشت محصول جو کاهش و سیب‌زمینی افزایش یافته و سود بیشتری نصیب کشاورزان شده است. باید گفت که نتایج به‌دست آمده از مدل مذکور به شرایط دنیای واقعی نیز نزدیکتر است.

طبقه‌بندی JEL: Q_1 , C_{61} , C_6

کلیدواژه‌ها:

الگوی بهینه کشت محصول، ریسک و نبود قطعیت، برنامه‌ریزی خطی بازه‌ای

مقدمه

محصولات کشاورزی در همه کشورهای دنیا اهمیت دارند. به طورکلی قبل از انقلاب صنعتی، سهم کالاهای کشاورزی درکل کالاهای قابل مبادله بسیار بود، اما با وقوع انقلاب صنعتی و ظهور دستاوردهای آن، نسبت کالاهای صنعتی به محصولات کشاورزی در سطح جهان افزایش یافت. از طرف دیگر در بسیاری از کشورها (به‌خصوص کشورهای جهان سوم)، سهم عمده فعالیتهای اقتصادی در بخش کشاورزی متمرکز شده است و بنابراین اقتصاد این کشورها اتکای بسیاری به این بخش دارد و به همین جهت، صادرات و واردات محصولات کشاورزی را می‌توان منشأ تزریق ارز خارجی به اقتصاد این کشورها به شمار آورد. از جهت دیگر، سطح گسترده ارتباطات پسین و پیشین تولید محصولات کشاورزی باعث می‌شود که تولید و مبادله این محصولات به عاملی در جهت رشد فعالیتهای وابسته، اعم از صنعتی و خدماتی تبدیل شود (اکبری، ۱۳۸۵). از طرفی دیگر کشاورزی فرایندی است که

Archvie of SID

www.SID.ir

هرلحظه از زمان با مسئله ریسک و نبود قطعیت دست به گریبان است؛ زیرا ماهیتی وابسته به طبیعت دارد که درکنترل کشاورزان نمی‌باشد. بازار نیز تأثیر زیادی بر کشاورزی دارد و به وسیله عواملی خارج از کنترل آنها تعیین می‌شود (دبرتین[1]، ۱۳۷۶). کمبود مواد غذایی و تولیدات کشاورزی از یک طرف و رشد جمعیت از طرف دیگر لزوم توجه به بخش کشاورزی را در کشور شدیداً مورد تأکید قرار می‌دهند. همه‌ساله مقادیر بسیار زیادی ارز جهت خرید و واردات محصولات کشاورزی هزینه می‌گردد در حالی که امکانات تولید در خود کشور وجود دارد (زاهدی کیوان، ۱۳۸۶).

بهینه‌سازی تولید یکی از مؤثرترین و در عین حال ساده‌ترین روشهای کمی در مدیریت و تصمیم‌گیری می‌باشد. این کار با روشهای برنامه‌ریزی ریاضی صورت می‌گیرد (حمدی، ۱۳۷۷). اما روشهای برنامه‌ریزی ریاضی کلاسیک (به‌خصوص برنامه‌ریزی خطی کلاسیک) به دلیل نیاز به اطلاعات و داده‌های دقیق و قطعی در بسیاری از تصمیم‌گیری‌های دنیای واقعی نمی‌توانند نتایج قابل قبولی ارئه نمایند. این مطلب به‌خصوص در مورد بخش کشاورزی به دلیل دارابودن شرایط ریسک و نبود قطعیت بیشتر از سایر بخشهای اقتصادی اهمیت دارد (Biswas and Baranpal, 2004). برای رفع این مشکل می‌توان از نظریه‌های فازی[2] و بازه‌ای[3] استفاده نمود (Zimmerman, 1987). تکنیک مورد استفاده در این پژوهش برنامه‌ریزی خطی بازه‌ای[4] می‌باشد. این تکنیک به طراحان و برنامه‌ریزان این امکان را می‌دهد تا شرایط ریسک و داده‌های غیرقطعی و نادقیق را در نتایج نهایی تصمیم‌گیری‌های زراعی دخالت دهند و مناسبترین الگوی بهینه کشت محصول را با توجه به شرایط ریسک و نبود قطعیت بیابند (Takeshi & et al., 2003).

برخی از مطالعات خارجی و داخلی صورت گرفته در مورد آثار و نحوه وارد نمودن ریسک و نبود قطعیت در مدلهای تعیین الگوی بهینه کشت به شرح زیرند:

1.Debertin
2. fuzzy theory
3. interval theory
4. interval linear programming

Archive of SID

www.SID.ir

سنگوپتا و همکاران (Sengupta & et al., 2001) در مطالعه‌ای با ارائه یک تکنیک حل کاربردی برای مدلهای برنامه‌ریزی خطی بازه‌ای، این امکان را فراهم آوردند تا تصمیم‌گیرنده بتواند تمامی ضرایب محدودیتها و پارامترهای مدل را به صورت بازه‌ای در مدلهای برنامه‌ریزی خطی وارد نماید. نتایج حاکی از آن است که تکنیک پیشنهادی، این امکان را برای تصمیم‌گیرنده فراهم می‌آورد تا میزان خوشبینی و بدبینی خود را نسبت به دقت داده‌ها در مدل وارد کند و جوابهای دقیقتری نسبت به تکنیکهای حل موجود به دست آورد. مبنای جبری معادلات و روابط به کار رفته در پژوهش حاضر نیز غالباً بر گرفته از این مقاله می‌باشد.

تاکشی و همکاران (Takeshi & et al., 2003) در مطالعه‌ای با استفاده از ضرایب و پارامترهای فازی و تصادفی، تکنیکی برای تعیین الگوی کشت محصولات کشاورزی ارائه نمودند. نتایج حاکی از آن است که مدل مورد بررسی بسیاری از نقاط ضعف مدلهای برنامه‌ریزی خطی کلاسیک را رفع کرده و جوابهای حاصل به شرایط دنیای واقعی نزدیکتر بوده است.

لی و همکاران (Lee & et al., 2006) به کمک برنامه‌ریزی خطی تصادفی بازه‌ای[1] به تخصیص آب در شرایط نبود اطمینان در یک منطقه پرداختند. نتایج حاکی از سازگاری بیشتر این مدل با مسئله مدیریت تخصیص آب در منطقه مورد مطالعه می‌باشد.

اولیوریا و همکاران (Oliveira & et al., 2007) با ارائه تکنیکهایی به حل مدلهای برنامه‌ریزی خطی بازه‌ای چندهدفه پرداختند و این امکان را فراهم آوردند تا تصمیم‌گیرنده قادر به دخالت دادن شرایط ریسک، نبود قطعیت و داده‌های نادقیق در مدلهای تصمیم‌گیری برنامه‌ریزی ریاضی باشد. نتایج نشان می‌دهد که روش حل ارائه شده از روشهای حل موجود دقت بالاتری دارد و با این تکنیک امکان دخالت چندین هدف در شرایط نااطمینانی میسر است.

1. interval stochastic linear programming

Archive of SID

www.SID.ir

اسدپور و همکاران(۱۳۸۴) به کمک مدل برنامه‌ریزی خطی فازی سعی در بهینه‌سازی الگوی کشت با توجه به اهداف مختلف نمودند. نتایج حاکی است که بر خلاف مدلهای برنامه‌ریزی آرمانی معمولی، این روش به تصمیم‌گیرنده اجازه می‌دهد که درجه دسترسی و اهمیت هر آرمان را در مدل مشخص سازد. همچنین با ایجاد انعطاف در آرمانهای سمت راست مدل فازی، منابع به نحو بهتری تخصیص و سطح زیرکشت توسعه می‌یابد.

چیذری و قاسمی (۱۳۸۴) با استفاده از رویکرد فازی الگوی بهینه کشت محصولات استان فارس را طی سالهای ۷۵-۸۱ تعیین کردند. نتایج نشان می‌دهد که استفاده از منطق فازی در مدل برنامه‌ریزی خطی جوابها را با در نظر گرفتن شرایط ریسک و نااطمینانی با محیط واقعی سازگارتر می‌سازد.

اکبری و زاهدی کیوان (۱۳۸۶) با استفاده از مدل برنامه‌ریزی فازی آرمانی الگوی بهینه کشت مزارع استان همدان را تعیین کردند. نتایج مبین آن است که با توجه به اینکه داده‌ها و اطلاعات مورد استفاده در این روش (برنامه‌ریزی چندهدفه فازی) به صورت نادقیق و براوردی (براساس تجربه) و این روش در برگیرنده اهداف گوناگونی بوده است، لذا نتایج به دست آمده در مقایسه با روشهای برنامه‌ریزی کلاسیک به شرایط دنیای واقعی نزدیکتر است.

هدف از پژوهش حاضر بررسی چگونگی به کارگیری روش منطق بازه‌ای (به عنوان زیرشاخه‌ای از منطق فازی) در مدلهای برنامه‌ریزی ریاضی به منظور تعیین الگوی بهینه کشت مزارع با توجه به محدودیت تولید و وجود شرایط ریسک و نبود قطعیت و اطلاعات دقیق در مورد میزان و سطح منابع در دسترس واحد زراعی به منظور تصمیم‌گیری فراهم نبودن زراعی می‌باشد.

روش تحقیق

در حالت بهینه‌سازی بر اثر وجود شرایط ریسک و نبود اطمینان، اصول و روشهای استاندارد بهینه‌سازی فرو می‌ریزد، زیرا دراین شرایط به جای تعیین مقادیر دقیق متغیرهای داده و ستانده، فقط می‌توان دامنه‌ای یا احتمالی برای یک مقدار معین ارائه کرد. اجزای ریسک در

Archive of SID

www.SID.ir

تابع تولید را با نوشتن معادله سود بهترمی‌توان درک کرد. بر این اساس تابع سود یا بازده خالص هر محصول را می‌توان از رابطه ۱ محاسبه نمود (دبرتین، ۱۳۷۶):

$$\pi = p_y y - \sum p_i x_i - F \qquad (۱)$$

که در این رابطه π بازده خالص یا سود محصول مورد نظر، p_y قیمت فروش محصول و y میزان عملکرد یا تولید محصول است. p_i و x_i نیز به ترتیب قیمت و میزان نهاده i ام می‌باشد که در تولید محصول به کار گرفته شده است. در این رابطه F نیز معرف هزینه‌های ثابت در طی مراحل تولید محصول است. اگر فرض شود که هدف کشاورز حداکثر کردن سود یا بازده خالص خود باشد، در این صورت در شرایط نبود قطعیت و ریسک پنج فاکتور وجود دارد که می‌تواند بر میزان سود یا بازده خالص کشاورز تأثیرگذار باشد. این فاکتورها به ترتیب عبارت است از: P_y، y، P_i، x_i و F. هر یک از این عوامل به تنهایی و یا ترکیبی از آنها می‌تواند در شرایط ریسک و نبود قطعیت بر میزان سود و بازده کشاورز تأثیرگذار باشد(سانخایان، ۱۳۷۵).

از سوی دیگر شرایط ریسک و نبود قطعیت تنها مختص ضرایب تابع هدف نیستند و ضرایب فنی و سمت راست هر یک از قیود و محدودیتهای مسئله نیز ممکن است دارای این شرایط باشند؛ برای مثال میزان دقیق آب در دسترس بخش کشاورزی (ضریب سمت راست محدودیت آب) در یک سال بستگی به عواملی همچون نزولات جوی، سطح آبهای زیرزمینی، رودخانه‌ها، قناتها، سدها و... دارد که بسیاری از این عوامل در کنترل بشر نمی‌باشد و لذا نمی‌توان مقدار دقیق و قطعی آن را مشخص نمود. این موضوع در مورد سایر محدودیتها نیز برقرار است. از سوی دیگر مدلهای برنامه‌ریزی ریاضی (برای مثال برنامه‌ریزی خطی) نیاز به داده‌های قطعی و دقیق دارد و استفاده از آنها در شرایط ریسک و نبود قطعیت (به‌خصوص در بخش کشاورزی) نتایج چندان قابل قبولی ارائه نمی‌دهد(Biswas and Baranpal, 2004). همچنین مدلهای دیگر برنامه‌ریزی ریاضی مختص شرایط ریسک و نبود قطعیت – که به مدلهای برنامه‌ریزی تصادفی[1] معروف می‌باشند (مانند: برنامه‌ریزی درجه دوم، موتاد، تارگت

1. stochastic programming

Archive of SID

www.SID.ir

موتاد) - تنها قادر به دخالت دادن آثار ریسک و نبود قطعیت در تابع هدف مسئله می‌باشند و در این مدلها امکان وارد نمودن این شرایط در ضرایب فنی و مقادیر سمت راست قیود و محدودیتهای مسئله وجود ندارد(اکبری و زاهدی کیوان، ۱۳۸۶). به منظور غلبه بر این مشکل، باید از مفاهیم و نظریه‌های جدیدی همچون نظریه فازی و بازه‌ای استفاده نمود. اساس و پایه این نظریه‌ها و روابط حاکم بر آنها این است که بشر نیازمند نوعی دیگر از ریاضیات است تا بتواند ابهامات و نبود دقت رویدادها را مدلسازی نماید؛ مدلی که متفاوت از نظریه احتمالات است (شوندی،۱۳۸۵). مدل برنامه‌ریزی خطی فازی برای تعیین الگوی بهینه طرحهای مزارع را نخستین بار اسلوینسکی مورد استفاده قرار داد (Slowinski, 1986). مدل برنامه‌ریزی فازی به دلیل اینکه امکان دخالت داده‌های غیردقیق و مبهم را در پارامترهای مدل به تصمیم‌گیرندگان می‌دهد، نسبت به مدلهای کلاسیک برنامه‌ریزی ریاضی (خطی، هدف و...) برای استفاده در مسائل بهینه‌سازی الگوی کشت محصولات زراعی مزارع دارای کاربرد و انعطاف‌پذیری بیشتری است و نتایج قابل اعتمادتری ارائه می‌دهد (Biswas and Baranpal, 2004). یکی دیگر از روشهایی که می‌توان به کمک آن مقادیر نادقیق ناشی از شرایط ریسک و نبود قطعیت را هم در ضرایب تابع هدف و هم در ضرایب فنی و مقادیر سمت راست قیود و محدودیتهای مسئله وارد نمود، منطق بازه‌ای می‌باشد (Sengupta & et al., 2001). در این حالت به جای استفاده از مقادیر دقیق، از مقادیر بازه‌ای بدین صورت استفاده می‌گردد که کمترین و بیشترین مقدار مورد انتظار آن پارامتر به ترتیب در حدود پایین و بالای بازه قرار می‌گیرد. برای تعیین مقادیر براوردی این حدود می‌توان از آمار و اطلاعات سالهای گذشته و رایزنی با افراد متخصص و مجرب استفاده نمود (همان منبع).

ساده‌ترین و در عین حال پرکاربردترین مدل برنامه‌ریزی ریاضی، برنامه‌ریزی خطی می‌باشد. این تکنیک نخستین بار در زمان جنگ جهانی دوم مورد استفاده قرار گرفت. فرم کلی مدل برنامه‌ریزی خطی را می‌توان در رابطه ۲ مشاهده نمود. همان طور که ملاحظه می‌شود، این رابطه از سه قسمت تشکیل شده است؛ قسمت اول معرف هدف تصمیم‌گیری و

Archive of SID

www.SID.ir

مسئله می‌باشد. این هدف امکان دارد بیشینه کردن سود، درآمد، بازده، کمینه کردن هزینه و بسیاری موارد دیگر باشد. قسمت دوم این رابطه معرف قیود و محدودیتهایی است که در مسئله مورد بررسی، تصمیم‌گیرنده با آنها روبه‌روست و قسمت سوم، قید نامنفی بودن متغیرهای تصمیم ($X_j \rightarrow j = 1,2,...,n$) یا همان مجهولات مسئله است که در دنیای واقعی باید همواره مقداری مثبت باشد (مهرگان،۱۳۸۳).

$$MAX\,(MIN) \rightarrow \sum_{j=1}^{n} C_j X_j \qquad (۲)$$

محدودیتها و قیود مسئله

تابع هدف

$$S.T.:$$

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} X_j \,(\leq = \geq)\; b_i \rightarrow i = 1,2,...,m$$

$$X_j \geq 0 \rightarrow j = 1,2,...,n$$

قید نامنفی بودن متغیرهای

همان طور که ملاحظه می گردد، برای استفاده از رابطه فوق نیاز به داده‌های قطعی و دقیق است. مدلهای برنامه‌ریزی بازه‌ای در مواردی به کار می‌رود که تصمیم‌گیرنده با آمار و داده‌های غیردقیق روبه‌روست. صورت کلی مدل برنامه‌ریزی خطی بازه‌ای – که در آن امکان دارد ضرایب تابع هدف، ضرایب فنی و پارامترهای سمت راست مدل همگی به صورت بازه‌ای در مدل وارد شوند – همانند رابطه ۳ می‌باشد (Sengupta & et al., 2001).

$$Max/Min \rightarrow Z = \sum_{j=1}^{n} [c_{Lj}, c_{Rj}]x_j$$

$$S.T.: \qquad (۳)$$

$$\sum_{j=1}^{n} [a_{Lij}, a_{Rij}]x_j \begin{bmatrix} \leq \\ = \\ \geq \end{bmatrix} [b_{Li}, b_{Ri}] \rightarrow i = 1,2,...,m$$

$$x_j \geq 0 \rightarrow j = 1,2,...,n$$

همان طور که در رابطه ۳ مشاهده می‌شود، به جای استفاده از مقادیر دقیق ضرایب، از مقادیر بازه‌ای آنها استفاده شده است؛ برای مثال $[c_{Lj}, c_{Rj}]$ در تابع هدف بدین معناست که

Archive of SID

www.SID.ir

ضریب تابع هدف مربوط به متغیر تصمیم j ام امکان دارد در دامنه c_{Lj} تا c_{Rj} تغییر کند و در نوسان باشد. به منظور حل مدل برنامه‌ریزی نشان داده شده در رابطه ۳ (برای حالت MAX)، با استفاده از مبانی، اصول و قضایای منطق بازه‌ای، مسئله به فرم یک مسئله برنامه‌ریزی خطی معمولی تبدیل می‌شود که می‌توان فرم جبری آن را در رابطه ۴ مشاهده نمود:

$$Max \rightarrow m(Z) = \frac{1}{2}\sum_{j=1}^{n}(c_{Lj} + c_{Rj})x_j$$

$$S.T.: \qquad (۴)$$

$$\sum_{j=1}^{n} a_{Rij}x_j \le b_{Ri} \rightarrow i = 1,2,...,m$$

$$\sum_{j=1}^{n}(a_{Lij} + a_{Rij})x_j - (b_{Li} + b_{Ri}) \le \alpha(b_{Ri} - b_{Li}) + \alpha\sum_{j=1}^{n}(a_{Rij} - a_{Lij})x_j \rightarrow j = 1,2,....,n$$

$$x_j \ge 0$$

همان طور که ملاحظه می‌گردد، مدل برنامه‌ریزی بازه‌ای نشان داده شده در رابطه ۳ حال به یک مدل برنامه‌ریزی خطی پارامتری قابل حل تبدیل شده است. باید توجه کرد که جوابهای حاصل از رابطه ۴ منحصر به فرد نیست و به ازای مقادیر مختلف α تغییر می‌نماید. در این روابط، α عددی در بازه [۰،۱] است و آستانه خوش‌بینی[1] تعریف می‌شود و مقدار آن را باید تصمیم‌گیرنده تعیین کند. در صورتی که تصمیم‌گیرنده به داده‌ها خوش‌بین باشد، این مقدار بالای ۰/۵ (۵۰ درصد) و در غیر این صورت کمتر از ۰/۵ تعیین می‌گردد. مطالعات تجربی نشان می‌دهد که معمولاً بهتر است $\alpha = \frac{1}{2} = 0/5$ انتخاب شود(همان منبع).

در این پژوهش با ارائه و معرفی تکنیک برنامه‌ریزی خطی بازه‌ای، الگوی بهینه کشت محصولات زراعی در سطح یک مزرعه ۸۵ هکتاری در استان همدان[2] با توجه به قیود و محدودیتهای پیش روی کشاورزان تعیین شده است. افزون بر این، تخصیص منابع کمیاب از

1. optimistic threshold

۲. واحد زراعی مورد بررسی در کیلومتر ۵ جاده ملایر - نهاوند واقع شده و مدیریت آن چندین بار در تولید محصولات زراعی (گندم و چغند قند و سیب‌زمینی) در استان مقام اول را کسب کرده است.

Archvie of SID

www.SID.ir

جمله آب، زمین و سرمایه و... بررسی گردیده است. سؤالات اساسی مطرح شده در این پژوهش عبارت است از:

– مناسبترین الگوی کشت محصولات زراعی با لحاظ شرایط ریسک و نبود قطعیت و با هدف کسب بالاترین سطح سود قابل حصول در مزرعه چه محصولاتی و به چه میزان است؟

– کم‌ریسک‌ترین و پرریسک‌ترین محصولات زراعی مزرعه کدام است؟

آمار و اطلاعات مورد استفاده در این پژوهش مربوط به سالهای زراعی ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۴ می‌باشد که از دفاتر حسابداری مزرعه مورد مطالعه و مصاحبه با کشاورزان آن و کارشناسان جهاد کشاورزی منطقه تهیه شده است. در این پژوهش سطح زیرکشت مهمترین محصولات زراعی مزرعه مورد مطالعه به عنوان متغیرهای تصمیم مورد استفاده قرار گرفته است. این محصولات عبارت است از: گندم و جو و ذرت و آفتابگردان و چغندرقند و سیب‌زمینی که سطوح زیرکشت آنها به ترتیب با X_1 تا X_6 نامگذاری می‌شود. همچنین محدودیتهای مهم پیش روی کشاورزان مزرعه مورد مطالعه عبارتند از:

۱. محدودیت زمین زراعی: زمین زراعی یکی از مهمترین عوامل لازم برای کشت محصولات کشاورزی است. فرم جبری این محدودیت را می‌توان در رابطه ۵ مشاهده کرد:

$$\sum_{j=1}^{6} X_j \leq WG \qquad (۵)$$

در این رابطه WG معرف کل زمین زراعی آبی قابل کشت در مزرعه است.

۲. محدودیت آب: فرم جبری این محدودیت را می‌توان در رابطه ۶ مشاهده کرد:

$$\sum_{j=1}^{8} [a_{LWj}, a_{RWj}] X_j \leq [W_L, W_R] \qquad (۶)$$

در این رابطه W_L و W_R به ترتیب معرف حد پایین و بالای آبِ در دسترس مزرعه (بر حسب متر مکعب) و a_{LWj}, a_{RWj} نیز به ترتیب معرف مقادیر حد پایین و بالای میزان متوسط آب مورد نیاز(متر مکعب) در کل دوره کشت یک هکتار از محصول j ام است.

Archvie of SID

www.SID.ir

۳. محدودیت سرمایه: برای انجام دادن بسیاری از امور کشاورزی (از جمله: خرید بذر و کود و سم و اجاره نیروی کار و اجاره دستگاه‌های مورد نیاز برای کشاورزی و حمل ونقل و غیره) کشاورزان نیاز به سرمایه دارند. فرم جبری این محدودیت چنین است:

$$\sum_{j=1}^{6}[a_{LKj}, a_{RKj}]X_j \leq [K_{Lj}, K_{Rj}] \qquad (۷)$$

در این رابطه K_R, K_L به ترتیب معرف حد پایین و بالای سرمایه در دسترس کشاورزان (به استثنای زمینهای زراعی و ساختمانها و تأسیسات زیربنایی مزرعه برحسب میلیون ریال) و a_{RKj}, a_{LKj} نیز به ترتیب معرف مقادیر حد پایین و بالای میزان متوسط سرمایه مورد نیاز (میلیون ریال) در کل دوره کشت (کاشت و داشت و برداشت) برای یک هکتار از محصول j ام است.

۴. محدودیت نیروی کار: یکی دیگر از انواع محدودیتهای رویاروی کشاورزان و محدودیت نیروی کار می‌باشد. رابطه ۸ فرم جبری این محدودیت را نشان می‌دهد:

$$\sum_{j=1}^{6}[a_{LLj}, a_{RLj}]X_j \leq [L_L, L_R] \qquad (۸)$$

در این رابطه L_R, L_L به ترتیب معرف حد پایین و بالای تعداد نیروی کار شاغل در مزرعه (برحسب نفر روز) و a_{RLj}, a_{LLj} به ترتیب معرف مقادیر حد پایین و بالای میزان متوسط نیروی کار مورد نیاز (نفرساعت) در کل دوره کشت (کاشت و داشت و برداشت) برای یک هکتار از محصول j ام است.

۵. محدودیت کود شیمیایی: فرم جبری این محدودیت به صورت زیر است:

$$\sum_{j=1}^{6}[a_{LFj}, a_{RFj}]X_j \leq [F_L, F_R] \qquad (۹)$$

در این قید a_{RFj}, a_{LFj} به ترتیب معرف مقادیر حد پایین و بالای میزان متوسط کود (ازت و فسفات و پتاس) مورد نیاز (برحسب کیلوگرم در هکتار) برای یک هکتار از j امین محصول و F_R, F_L نیز به ترتیب معرف حد پایین و بالای کل کود شیمیایی در دسترس کشاورزان مزرعه برای انجام عملیات زراعی (برحسب کیلوگرم) است.

Archvie of SID

www.SID.ir

۶. محدودیت تراکتور: محدودیت تراکتور در دسترسِ کشاورزان (برحسب ساعت) که به صورت رابطه ۱۰ تعریف می‌شود:

$$\sum_{j=1}^{6}[a_{LTracj}, a_{RTracj}]X_j \leq [Trac_L, Trac_R] \qquad (۱۰)$$

در این قید a_{RTracj}, a_{LTracj} به ترتیب معرف مقادیر حد پایین و بالای مدت زمان تراکتور مورد نیاز برای عملیات کاشت داشت و برداشت یک هکتار از محصول j ام برحسب ساعت و $Trac_R, Trac_L$ نیز به ترتیب معرف حد پایین و بالای کل تراکتور ساعتی است که در دسترس کشاورزان مزرعه قرار دارد.

۷. محدودیت تناوب: با توجه به مصاحبات انجام شده با کشاورزان مزرعه مورد مطالعه، محدودیت تناوب زراعی مزرعه را می‌توان به صورت رابطه ۱۱ تعریف کرد:

$$\sum_{j=1}^{6}(-1)^j X_j \leq 0 \qquad (۱۱)$$

۸. محدودیت غیرمنفی: در مدل برنامه‌ریزی خطی مورد نظر متغیرهای تصمیم سطح زیرکشت محصول برحسب هکتار است که ممکن نیست مقادیر منفی داشته باشد. این محدودیت در رابطه ۱۲ ملاحظه می‌شود:

$$X_1, X_2, ..., X_6 \geq 0 \qquad (۱۲)$$

نتایج و بحث

بعد از جمع‌آوری اطلاعات و آمار مورد نیاز، مدل برنامه‌ریزی خطی بازه‌ای برای واحد زراعی مورد مطالعه به صورت معادلات ۱۳ تعیین و مشخص می‌گردد.در این رابطه هدف، کسب بیشترین سود از کشت محصولات زراعی در مزرعه با توجه به قیود و محدودیتهای مسئله و در نظر گرفتن شرایط ریسک و نبود قطعیت است. همان طور که ملاحظه می‌گردد، تابع هدف و تمامی قیود و محدودیتهای مسئله، به استثنای قیود زمین و تناوب، به صورت بازه‌ای در مدل قرار داده شده‌اند.

Archvie of SID

www.SID.ir

$$MAX \Rightarrow Z = [3.5,5.5]X_1 + [2.5,4]X_2 + [3.8,6.4]X_3 + [3.3,4.2]X_4 + [5.7,7.3]X_5 + [5.9,8.6]X_6$$

$$S.T. \qquad (۱۳)$$

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 \le 85$$

$$[120,135]X_1 + [95,112]X_2 + [170,210]X_3 + [140,160]X_4 + [225,250]X_5 + [230,250]X_6 \le [12000,14000]$$

$$[1.5,2]X_1 + [1.1,1.3]X_2 + [1.8,2.2]X_3 + [1.7,2.1]X_4 + [2.4,2.7]X_5 + [2.9,3.3]X_6 \le [560,600]$$

$$[7,10]X_1 + [7,10]X_2 + [9,12]X_3 + [7,11]X_4 + [12,17]X_5 + [14,17]X_6 \le [25000,30000]$$

$$[200,250]X_1 + [150,200]X_2 + [250,300]X_3 + [200,250]X_4 + [300,350]X_5 + [300,350]X_6 \le [20000,23000]$$

$$[7,8.5]X_1 + [7,8.5]X_2 + [9,11.5]X_3 + [7.5,9]X_4 + [10,12.5]X_5 + [12,13.5]X_6 \le [6500,7000]$$

$$X_1 - X_2 + X_3 - X_4 + X_5 - X_6 \le 0$$

$$X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6 \ge 0$$

به منظور حل مدل برنامه‌ریزی خطی بازه‌ای رابطه ۱۳ نیاز به تبدیل آن به صورت برنامه‌ریزی خطی معمولی است که با توجه به تکنیک اشاره شده، فرم تبدیل‌یافته و قابل حل آن را می‌توان در رابطه ۱۴ مشاهده کرد. این مدل برنامه‌ریزی یک مدل برنامه‌ریزی خطی پارامتریک است که به ازای مقادیر مختلف α جوابهای گوناگونی ارائه می‌کند.

Archive of SID

www.SID.ir

$$MAX \rightarrow Z = 4.5X_1 + 3.25X_2 + 5.1X_3 + 3.75X_4 + 6.5X_5 + 7.25X_6$$
$$S.T. \qquad (۱۴)$$
$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 \leq 85$$

$$10X_1 + 10X_2 + 12X_3 + 11X_4 + 17X_5 + 17X_6 \leq 30000$$

$$17X_1 + 17X_2 + 21X_3 + 18X_4 + 29X_5 + 31X_6 - 55000$$
$$\leq \alpha(5000) + \alpha(3X_1 + 3X_2 + 3X_3 + 4X_4 + 5X_5 + 3X_6)$$

$$135X_1 + 112X_2 + 210X_3 + 160X_4 + 250X_5 + 250X_6 + \leq 14000$$

$$255X_1 + 207X_2 + 380X_3 + 300X_4 + 445X_5 + 555X_6 - 26000$$
$$\leq \alpha(2000) + \alpha(15X_1 + 17X_2 + 40X_3 + 20X_4 + 25X_5 + 20X_6)$$
$$2X_1 + 1.3X_2 + 2.2X_3 + 2.1X_4 + 2.7X_5 + 3.3X_6 \leq 6000$$

$$3.5X_1 + 2.4X_2 + 4X_3 + 3.8X_4 + 5.1X_5 + 7.2X_6 - 11600$$
$$\leq \alpha(400) + \alpha(.5X_1 + .2X_2 + .4X_3 + .4X_4 + .3X_5 + .4X_6)$$

$$250X_1 + 200X_2 + 300X_3 + 250X_4 + 350X_5 + 350X_6 \leq 23000$$

$$450X_1 + 350X_2 + 550X_3 + 450X_4 + 650X_5 + 750X_6 - 43000$$
$$\leq \alpha(3000) + \alpha(50X_1 + 50X_2 + 50X_3 + 50X_4 + 50X_5 + 50X_6)$$

$$8.5X_1 + 8.5X_2 + 11.5X_3 + 9X_4 + 12.5X_5 + 13.5X_6 \leq 7000$$

$$15.5X_1 + 15.5X_2 + 21.5X_3 + 16.5X_4 + 22.5X_5 + 25.5X_6 - 13500$$
$$\leq \alpha(5000) + \alpha(1.5X_1 + 1.5X_2 + 2.5X_3 + 1.5X_4 + 2.5X_5 + 1.5X_6)$$

$$X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6 \geq 0$$

Archvie of SID

www.SID.ir

به منظور حل مدل برنامه‌ریزی خطی پارامتریک نشان داده شده در رابطه ۱۴، پنج سناریوی مختلف ایجاد می‌گردد. این سناریوها با توجه به میزان خوش‌بینی تصمیم‌گیرنده نسبت به درستی داده‌ها ساخته می‌شود، برای مثال در سناریوی ۲ میزان خوش‌بینی تصمیم‌گیرنده نسبت به داده‌ها کمتر از ۵۰ درصد (۲۵ درصد) و در سناریوی ۴ بیشتر از ۵۰ درصد است(۷۵ درصد) است. در حقیقت میزان خوش‌بینی را می‌توان میزان ریسک‌پذیری کشاورزان نیز معرفی نمود. هرچه این مقدار بیشتر باشد، درجه ریسک‌پذیری کشاورزان نیز بیشتر می‌شود و برعکس. نتایج به دست آمده از حل مدل برنامه‌ریزی خطی بازه‌ای برای مزرعه مورد نظر را می‌توان در جدول ۱ مشاهده نمود.

جدول ۱. نتایج به دست آمده از حل مدل برنامه‌ریزی بازه‌ای

نام محصولات	سناریوی ۱ ($\alpha = 0$)	سناریوی ۲ ($\alpha = 0.25$)	سناریوی ۳ ($\alpha = 0.5$)	سناریوی ٤ ($\alpha = 0.75$)	سناریوی ٥ ($\alpha = 1$)
گندم آبی	۴۲/۵	۴۲/۵	۴۲/۵	۴۲/۵	۴۲/۵
جو آبی	۲۴/۲	۲۲/۷۷	۲۱/۳۳	۱۹/۸۹	۱۸/۴۶
ذرت	۰	۰	۰	۰	۰
آفتابگردان	۰	۰	۰	۰	۰
چغندرقند	۰	۰	۰	۰	۰
سیب‌زمینی	۱۸/۲	۱۹/۷۲	۲۱/۱۶	۲۲/۶	۲۴/۰۳
سود به دست آمده (میلیون ریال)	۴۰۲/۵۳۵۹	۴۰۸/۲۸	۴۱۴/۰۳	۴۱۹/۷۷۷	۴۲۵/۵۲۴

منبع: محاسبات تحقیق

با توجه به مطالب پیشگفته، نتایج زیر به دست می‌آید:

۱. در تمامی ۵ سناریوی طراحی شده، الگوی بهینه کشت محصولات زراعی در مزرعه مورد مطالعه شامل محصولات گندم آبی و جو آبی و سیب‌زمینی است که مقادیر سطح زیرکشت هر یک از آنها را می‌توان در جدول ۱ مشاهده کرد. سه محصول گندم آبی و جو آبی و سیب‌زمینی کم‌ریسک‌ترین محصولات قابل کشت در واحد زراعی مورد مطالعه‌اند و

Archvie of SID

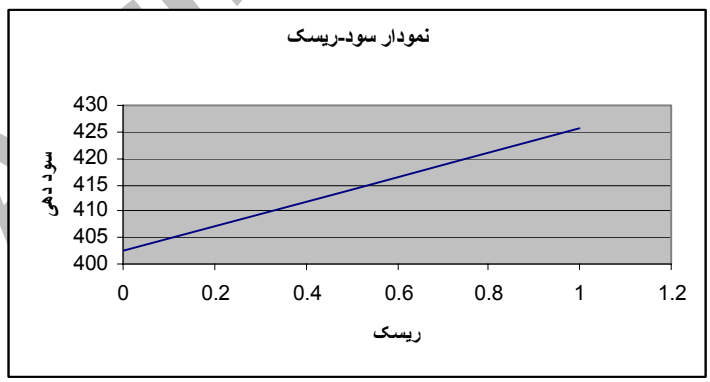
www.SID.ir

کشت آنها با توجه به شرایط ریسک و نبود قطعیت و محدودیت منابع تولید واحد زراعی اقتصادی صورت می‌گیرد.

۲. در هیچ یک از سناریوهای موجود، محصولات ذرت و آفتابگردان و چغندرقند در الگوی بهینه کشت محصولات زراعی مزرعه وارد نمی‌شوند. این مطلب حاکی از آن است که کشت این محصولات دارای ریسک بالایی در مقایسه با محصولات گندم و جو و سیب‌زمینی است و به کارگیری آنها در الگوی بهینه کشت محصولات و غیراقتصادی و پرریسک است.

۳. همان‌طور که ملاحظه می‌گردد، با افزایش میزان خوش‌بینی تصمیم‌گیرندگان، سطح زیرکشت محصول جو آبی کاهش می‌یابد و بر سطح زیرکشت سیب‌زمینی افزوده می‌شود. از سویی دیگر با تغییر در میزان خوش‌بینی، سطح زیرکشت محصول گندم آبی تغییری نمی‌کند. این مطلب حاکی از آن است که محصول گندم آبی در این مزرعه ریسک خنثی دارد.

۴. با افزایش میزان خوش‌بینی تصمیم‌گیرنده (ریسک بالاتر)، میزان کل سود به دست آمده از فعالیتهای زراعی در مزرعه افزایش می‌یابد. این مطلب نشان می‌دهد در صورتی که کشاورزان مزرعه به دنبال کسب سود بالاتری می‌باشند باید دارای قدرت ریسک‌پذیری بیشتری باشند و سطح زیرکشت سیب‌زمینی را افزایش و جو آبی را کاهش دهند. نمودار سود–ریسک مزرعه (نمودار ۱) مبین این مطلب است.



نمودار ۱. رابطه بین سود و ریسک در مزرعه

Archive of SID

www.SID.ir

۵. با نگاهی به جدول ۲ ملاحظه می‌گردد که مدل برنامه‌ریزی خطی معمولی با توجه به اطلاعات و داده‌های آخرین سال زراعی و منابع در دسترس و الگوی بهینه کشت محصولات را این گونه توصیه می‌کند: ۴۵ هکتار گندم و ۲۴/۷ هکتار ذرت و ۱۹/۳ هکتار چغندرقند. این الگو سودی معادل ۴۳۴/۲۴۱ میلیون ریال نصیب بخش زراعت مزرعه می‌کند.

جدول ۲. نتایج حاصل از حل مدل برنامه‌ریزی خطی معمولی با توجه به حداکثر نهاده‌های تولید در دسترس

الگوی کشت محصول (هکتار)	جواب بهینه	هزینه فرصت (هزار تومان)	محدودیتها	قیمت سایه‌ای (هزار تومان)
گندم (هکتار)	۴۵	۰	زمین آبی	۵۴۰
جو (هکتار)	۰	-۱۰۲/۷۹	آب	۱۵۸/۱۶
ذرت (هکتار)	۲۴/۷	۰	سرمایه	۱۵/۱۴
آفتابگردان (هکتار)	۰	-۴۴/۸۳	نیروی کار	۰
چغندرقند (هکتار)	۱۹/۳	۰	کود	۰
سیب‌زمینی (هکتار)	۰	-۱۵/۲۵	تراکتور	۰
کل سود کسب شده (میلیون ریال)	۴۳۴/۲۴۱		تناوب	۱۴/۴۰

منبع: محاسبات تحقیق

۶. با مقایسه نتایج جدولهای ۱ و ۲ مشخص می‌گردد که مدل برنامه‌ریزی خطی معمولی با توجه به داده‌های آخرین سال زراعی، کشت محصولات گندم و ذرت و چغندرقند را توصیه می‌کند، در حالی که براساس مدل برنامه‌ریزی خطی بازه‌ای و با در نظر گرفتن دامنه نوسان سود و میزان منابع در دسترس واحد زراعی در طی هفت سال گذشته، قرار دادن کشت محصولات ذرت و چغندرقند در سبد بهینه کشت مزرعه توصیه نمی‌شود.

۷. با نگاهی به الگوی فعلی کشت و بررسی آمارهای ۷ سال گذشته مزرعه و منطقه و همچنین مصاحبه با کارشناسان جهاد کشاورزی منطقه و کشاورزان واحد زراعی مورد بررسی ملاحظه می‌گردد که مدل برنامه‌ریزی خطی معمولی در مقایسه با الگوی برنامه‌ریزی بازه‌ای،

Archvie of SID

www.SID.ir

الگویی همراه با سود بیشتر را پیشنهاد می‌دهد، اما الگوی پیشنهادیِ مدل برنامه‌ریزی بازه‌ای با توجه به شرایط محیطی و جغرافیایی واحد زراعی، به شرایط دنیای واقعی نزدیکتر و توسط کارشناسان منطقه و کشاورزان واحد زراعی مذکور قابل قبول تر است.

۸. تفاوت در نوع محدویتهای پیش‌روی کشاورزان سایر مزارع زراعی و شرایط اقلیمی ناهمگن‌ونوع‌مدیریت‌مزارع و سطوح متفاوت مکانیزاسون و بسیاری عوامل دیگر سبب‌می‌گردد که الگوی کشت محاسبه شده در این مطالعه قابل تعمیم به سایر مزارع زراعی استان نباشد.

پیشنهادها

۱. به مدیریت واحد زراعی مورد مطالعه و واحدهای زراعی مشابه در منطقه، الگوی کشت محصولات گندم آبی و جو آبی و سیب‌زمینی و یا ترکیبی از آنها توصیه می‌شود. همچنین در صورت تمایل به کشت محصولات ذرت، آفتابگردان و چغندرقند (به هر دلیلی)، لزوم بیمه این محصولات و کشت آنها در سطوح کم اکیداً توصیه می‌گردد.

۲. با توجه به شرایط ریسک و نبود قطعیت بالای بخش کشاورزی ایران و نادقیق بودن اطلاعات و داده‌های آماری، بهتر است در سیاستگذاریهای کلان بخش کشاورزی، مانند مطالعات آمایش استانها، و در تعیین الگوی مناسب کشت محصولات کشاورزی در هر منطقه از روشهای جدید برنامه‌ریزی ریاضی مانند روشهای برنامه‌ریزی ریاضی فازی و بازه‌ای به جای روشهای برنامه‌ریزی ریاضی خطی کلاسیک استفاده شود.

منابع

۱. اسدپور، حسن، صادق خلیلیان، غلامرضا پیکانی (۱۳۸۴)، نظریه و کاربرد مدل برنامه‌ریزی‌خطی آرمانی فازی در بهینه‌سازی الگوی کشت، *فصلنامه اقتصاد کشاورزی و توسعه، ویژه‌نامه کارایی و بهره وری.*

۲. اکبری، نعمت‌الله و مهدی زاهدی کیوان (۱۳۸۶)، منطق فازی و کاربرد آن در یافتن الگوی مناسب کشت محصولات زراعی در یک مزرعه (رهیافت: برنامه‌ریزی

Archive of SID

www.SID.ir

چندهدفه فازی)، *فصلنامه اقتصاد کشاورزی* (ویژه ششمین کنفرانس اقتصاد کشاورزی ایران)، جلد اول، شماره۲.

۳. اکبری، نعمت‌الله و مصطفی شریف (۱۳۸۵)، اقتصاد کشاورزی، انتشارات دانشگاه علامه.

۴. چیذری، امیرحسین و عبدالرسول قاسمی (۱۳۸۴)، برنامه‌ریزی تولید محصولات زراعی در شرایط نبود قطعیت (رویکرد فازی)، *فصلنامه اقتصاد کشاورزی و توسعه*، ویژه‌نامه کارایی و بهره‌وری.

۵. حمدی، طه (۱۳۷۷)، آشنایی با تحقیق در عملیات؛ برنامه‌ریزی خطی، پویا و با اعداد صحیح، جلد اول، ترجمه محمدباقر بازرگان، مرکز نشر دانشگاهی تهران.

۶. دبرتین، دیوید ال (۱۳۷۶)، اقتصاد تولیدکشاورزی، ترجمهٔ محمدقلی موسی‌نژاد و رضا نجارزاده، انتشارات مؤسسه تحقیقات اقتصادی دانشگاه تربیت مدرس.

۷. زاهدی کیوان، مهدی (۱۳۸۶)، تعیین الگوی بهینه کشت محصولات زراعی در یک مزرعه (رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی تصادفی)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه اصفهان.

۸. سانخایان، پی ال (۱۳۷۵)، درآمدی بر اقتصاد تولید کشاورزی، ترجمه نعمت‌الله اکبری و محسن رنانی، انتشارات هشت بهشت.

۹. شوندی، حسن (۱۳۸۵)، نظریه مجموعه‌های فازی و کاربرد آن در مهندسی صنایع و مدیریت، انتشارات گسترش علوم پایه.

۱۰. مهرگان، محمدرضا (۱۳۸۳)، پژوهش عملیاتی پیشرفته، نشر کتاب دانشگاهی، تهران.

11. Biswas Animesh & Bijay Baranpal (2004), Application of fuzzy goal programming technique to land use planning in agricultural system, *Omega*, Vol. 33 (5)

Archive of SID

www.SID.ir

12. Jiang.C., X. Han, G.R. Liu and G.P. Liu (2007), A nonlinear interval number programming method for uncertain optimization problems, *European Journal of Operational Research*,Volume 181, Issue 3**.**

13. Li,Y.P.,G.H.Huang and S.L. Nie (2006), An interval-parameter multi-stage stochastic programming model for water resources management under uncertainty, *Advances in Water Resources***,** 29(5): 776-789.

14. Oliveira Carla, and Carlos Henggeler Antunes (2007), Multiple objective linear programming models with interval coefficients – an illustrated overview, *European Journal of Operational Research*, 181(3): 1434-1463.

15. Sengupta Atanu, Tapan Kumar Pal and Debjani Chakraborty (2001), Interpretation of inequality constraints involving interval coefficients and a solution to interval linear programming, *Fuzzy Sets and Systems*, 119(1):129-138.

16. Slowinski R. (1986), A multicriteria fuzzy linear programming method for water supply system development planning, *Fuzzy Sets and Systems*, 19: 37-217.

17. Takeshi Itoh, Hiroaki Ishii, Teruaki Nanseki (2003), Model of crop planning under uncertainty in agricultural management**,** International, Vol. 81-82**.**

18. Zimmermann, H.J. (1987), Fuzzy programming and linear programming with several objective functions, *Fuzzy Sets and Systems*, 1:45–55.

Archvie of SID

www.SID.ir