کاربرد برنامه ریزی ریاضی چند هدفی قطعی و فازی در تعیین الگوی بهینه ی کشت : مطالعه ی موردی دشت نیلاب در استان اصفهان

مهدی پاکدامن*[۱] و بهاءالدین نجفی[۲]

تاریخ دریافت:۸۸/۲/۲۹ تاریخ پذیرش:۸۸/۴/۷

چکیده

در این مطالعه نخست به معرفی روش های برنامه ریزی ریاضی چند هدفی قطعی و فازی در تعیین الگوی بهینه ی کشت پرداخته می شود . کاربرد مدل‌های قطعی و فازی معرفی شده برای تهیه ی الگوهای کشت در دشت نیلاب در استان اصفهان نشان داد که به ترتیب امکان افزایش ۴ و ۵۰ درصدی بازده برنامه ای نسبت به برنامه فعلی وجود دارد . همچنین ، اجرای این برنامه ها به ترتیب موجب افزایش اشتغال نیروی کار به میزان ۳۱ و ۲۰ درصد می شود . به دلیل تفاوت در نتایج دو مدل معرفی شده ، نتایج همچنین نشان می دهند که انتخاب مدل فازی یا قطعی برای مسائل مشابه پیش از هر گونه تصمیم گیری مهم است .

واژه های کلیدی: برنامه ریزی چند هدفی قطعی ، برنامه ریزی چند هدفی فازی ، برنامه ریزی توافقی ، دشت نیلاب

[1] -دانشجوی کارشناسی ارشد اقتصاد کشاورزی دانشگاه شیراز

[2] -استاد گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت

*- نویسنده ی مسئول: Mehdipakdaman@yahoo.com

پیشگفتار

در اقتصاد مبتنی بر کشاورزی که در بیشتر کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته رایج است ، لزوم طرح ریزی همه جانبه به منظور استفاده از منابع تولید کشاورزی برای دست یافتن به بیشترین بازده ی اقتصادی ضروری به نظر می‌رسد . هدف اصلی در هر نوع کشاورزی دیم و آبی باید به سمت بالا بردن بهره وری سوق یابد تا بتواند در برابر افزایش جمعیت و تغییرات آب و هوا مقابله کنند (ساهو و همکاران، ۲۰۰۶). از سوی دیگر ، هم اکنون شواهد و بررسی های انجام شده نشان می دهد که بیشتر تولیدکنندگان بخش کشاورزی به مسائل اقتصادی توجهی کمتر داشته و جریان تولید بر اساس احساس تولید کننده صورت می گیرد(خادم آدم ، ۱۳۷۰) . در حالی که اگر مدیر واحد تولیدی برای یافتن ترکیب بهینه ی تولید روش هایی برای حل مسائل ریاضی در برنامه ی تولید خود داشته باشد ، می تواند تغییرات گوناگون را وارد الگوی برنامه ریزی کند و واحدش را بر اساس تغییرات با کمترین هزینه و بیشترین سود سازگار مرتب کند (اسد پور و همکاران، ۱۳۸۶) . باید توجه داشت که مسئله ی تصمیم گیری در دنیای واقعی از دو خاصیت اصلی برخوردار است : نخست این که مسئله با هدف های متعدد و گاه متضاد رو به رو ست و دوم این که در توصیف پارامترهای تصمیم با عدم قطعیت و ابهام رو به رو ست (اریکان و گانگور، ۲۰۰۷) . بدیهی است که یکی از راههای رویارویی با این مشکل ، برنامه ریزی ریاضی است که همواره در جهت رفع نیازهای احساس شده در طول دوره ی توسعه ی خود تغییراتی بهینه داشته است . این مطالعه کوششی در راستای ارائه ی الگویی است که بتواند ضمن پرداختن به هدف های متعارض بهره برداران ، امکان دخالت دادن نبود قطعیت در سطح دسترسی به نهاده ی آب را نیز همراه با هدف های غیر قطعی یاد شده فرآهم نماید .

هدف اصلی این مطالعه ، یعنی تعیین الگوی بهینه ی کشت محصولات زراعی با رویکرد برنامه ریزی چند هدفه ی قطعی و فازی بوده و ارائه ی سیاست های کمی ، بر پایه ی فرضیه های زیر استوار است .

الف- الگوی کشت موجود در بخش زراعی منطقه یک الگوی بهینه نیست .

ب- منابع موجود شامل آب ، زمین و نیروی کار به گونه ی بهینه تخصیص نیافته اند .

روش پژوهش

الف- چارچوب تحلیل

برنامه ریزی چند هدفی قطعی

بهینه سازی به صورت سیستمی مجموعه ای از هدف ها ، بهینه سازی چند هدفی یا بهینه سازی برداری نامیده می‌شود(مارلر و آرورا، ۲۰۰۴). شکل کلی الگوی یک برنامه ریزی چند هدفی را می‌توان به صورت زیر نوشت (فرانسیکو و مبارک، ۲۰۰۶):

$$
\begin{aligned}
&Max: Z(x) = (Z_1(x), Z_2(x), .. Z_h(x), ..., Z_k(x)), \\
&Z_1(x) = Z1(x_1, x_2, ..., x_n) \\
&Z_2(x) = Z2(x_1, x_2, ..., x_n) \\
&. \\
&. \\
&. \\
&Z_h(x) = Zh(x_1, x_2, ..., x_n) \\
&. \\
&. \\
&Z_k(x) = Zk(x_1, x_2, ..., x_n)
\end{aligned}
\qquad (۱)
$$

Subject to: $X \in F, X \geq 0$

که در آن Z بردار توابع هدف و Z_i توابع هدف انفرادی x_i است و i=1,2,..,n، که n تعداد محصول منتخب و x_i سطح زیر کشت اختصاص داده شده به محصول i ام است . در دانش های گوناگون از روش هایی گوناگون برای حل یک الگوی بهینه یابی چند هدفی استفاده می شود .

روش مقید در مقایسه با سایر روش های حل برنامه ریزی چند هدفی از مقبولیت بیشتری برخوردار است . این روش افزون بر این که امکان مدل سازی آسان تر را فراهم می کند ، امکان تلفیق با سایر روش ها مانند روش وزنی را نیز فراهم می‌نماید . هیمس (۱۹۷۱) ، به معرفی روشی به نام روش مقید پرداخت که می توان آن را تکاملی برای روش تابع هدف مقید نامید . در این روش هر بار یکی از توابع هدف بهینه شده و سایر توابع به عنوان تنگنا به مدل افزوده می شوند . با تغییر در مقدار تنگنا ی سمت راست هر یک از هدف های مقید شده می توان به

مجموعه ای از پاسخ های بهینه ی پارتو دست یافت (هانگ و موساد، ۱۹۷۹) ، بنابراین شکل کلی یک مدل چند هدفی در حالتی که h امین هدف از مجموع K هدف بهینه شده و k-1 هدف باقی مانده به صورت تنگنا لحاظ می شود را می توان به صورت زیر در نظر گرفت (فرانسیکو و مبارک، ۲۰۰۶).

$$
\begin{aligned}
&Max: Z_{(h)} = (x_1, x_2, ..., x_n),\\
&Z_1(x_1, x_2, ..., x_n) \geq b1\\
&Z_2(x_1, x_2, ..., x_n) \geq b2\\
&.\\
&.\\
&Z_{h-1}(x_1, x_2, ..., x_n) \geq b_{(h-1)}\\
&Z_{h+1}(x_1, x_2, ..., x_n) \geq b_{(h+1)} \qquad (۲)\\
&.\\
&.\\
&Z_k(x_1, x_2, ..., x_n) \geq b_{(k)}\\
&x \in F\\
&x \geq o
\end{aligned}
$$

که b_h تنگنا ی سمت راست تابع هدف iام است . کاهن (۱۹۷۸)، به معرفی رابطه ای پرداخت که به وسیله آن می‌توان به تنگنا های سمت راست حالت پارامتریک داد و به مجموعه ای از پاسخ های بهینه رسید.

$$
\begin{aligned}
&L_{jr} = n_j + t(r-1)^{-1}(M_j - n_j),\\
&j = 1,2,..., h-1, h+1,..., p; \qquad (۳)\\
&t = 0,1,2,..., (r-1),
\end{aligned}
$$

که در آن L_{jr} متغیری معادل تنگنا ی سمت راست هدف jام و M_j و n_j به ترتیب بهترین و بدترین مقدار برای هدف jام است . تعیین بهترین مقدار برای هدف jام به راحتی و با حل تابع هدف jام به تنهایی و مشروط به تنگنای منابع به دست می آید ، اما برای محاسبه ی بدترین میزان هدف jام می توان از ماتریس مبادله استفاده نمود . اگر پاسخ مسئله ی چند هدفی در این حالت یکسان باشد ، آن پاسخ همان بهینه ی پارتو خواهد بود (میتنین، ۱۹۹۹) ، اما در

بیشتر مورد ها پاسخ واحدی بدست نیامده و با مجموعه ای از پاسخ های بهینه رو به رو می شـویم که لزوم استفاده از روش های مکمل برای انتخاب یک هدف را ضروری می‌سازد .

به عنوان ایده ای از نقطه ی بهینه پارتو که تنهـا یـک نقطـه ی بهینـه ارائـه مـی کنـد ، می توان از راه حل توافقی نام برد که در اصل فاصله ی اقلیدسی بین نقطـه ی بهینـه ی بالفعـل و نقطه ی ایده آل را کمینه می کند . در عمل دسترسی به نقطه ی ایده آل ممکن نیـست . بهتـرین کار تعیین پاسخی اسـت کـه نزدیکتـرین فاصـله ی ممکـن از نقطـه ایـده آل را دارد . مـشکل در برنامه ریزی توافقی تعریف واژه نزدیکترین است (مارلر و آرورا، ۲۰۰۴) . این واژه به گونه ی معمول دلالت بر کمینه کردن فاصله ی اقلیدسی بین دو نقطه است که به صورت زیر تعریف می شود :

$$ED = \left(\sum_{k=1}^{n} (z_j^* - z_j(x))^2 \right)^{\frac{1}{2}} \qquad (۴)$$

زلنی ، (۱۹۷۳) با توجه به این موضوع که واحدهای اندازه گیری در هدف های گونـاگون ممکن است متفاوت باشند ، به تعریف درجه ی نزدیکی (d_j) بـین هـدف jام و نقطـه ی ایـده آل براساس رابطه ی زیر پرداخت :

$$d_j = \frac{z_j^x - z_j(x)}{z_j^x - z_{*j}} \qquad (۵)$$

که Z_j^* و Z_{*j} به ترتیب بیشترین و بدترین ارزش هـدف jام هـستند . در روش برنامـه ریزی توافقی زلنی(۱۹۷۳) با توجه به درجه ی نزدیکی تعریف شده و درجه ی اهمیت هـدف هـای گوناگون در مدل و رابطه ی مربوط به فاصله ی اقلیدسی دو نقطه می توان به رابطه ی زیر رسید:

$$L_p(\delta, k) = \left[\sum_{i=1}^{k} (\delta_j d_j)^p \right]^{\frac{1}{p}} \qquad (۶)$$

که در آن δ_j وزن اختصاصی متناسب با درجه ی اهمیت هدف jام است .

برای p=1 بهترین روش توافقی یا نزدیکترین راه حل به نقطه ی ایـده آل بـه وسـیله ی حل برنامه ریزی خطی زیر بدست می آید (رومر و همکاران، ۱۹۸۷) :

$$\text{Min } L_1 = \sum_{j=1}^{k} \frac{\delta_j \left[Z^*{}_j - Z_j(x) \right]}{Z^*{}_j - Z_{*j}} \quad \text{S.t } x \in F, \qquad (۷)$$

که F مجموعه نقاط مورد تائیداست . همچنین ، برای L_∞ بهترین راه حل توافقی از حل مدل برنامه ریزی ریاضی زیر بدست می آید (رومر و همکاران، ۱۹۸۷) :

$$\text{Min } L_\infty = d_\infty$$

$$\text{S.t} \quad \frac{\delta_1\left[Z^*_1 - Z_1(x)\right]}{Z^*_1 - Z_{*1}} \le d_\infty$$

$$\vdots \qquad\qquad \vdots$$

$$\frac{\delta_k\left[Z^*_k - Z_k(x)\right]}{Z^*_k - Z_{*k}} \le d_\infty \qquad (۸)$$

$$x \in F.$$

کـه بـا یـک الگـوریتم غیـر خطـی قابـل شـدنی اسـت . یـو ثابـت کـرد کـه L_1 و L_∞ زیر مجموعه ای از مجموعه کارا را ارائه می دهند که زلنی (۱۹۷۴) آن را مجموعـه تـوافقی نامیـد. سایر پاسخ های توافقی بهینه در بین ماتریس L_1 و L_∞ قرار دارد . بنابراین پاسخ های ارائه شده به وسیله ی مدل های برنامه ریزی ریاضی ارائه شده حدود مجموعه ی توافقی را ارائه می کند .

در برخی مطالعات ، بسته به شمار پاسخ های برنامه ریزی چند هدفی ، به منظور کـاهش شمار پاسخ های بدست آمده از این برنامه ریزی ، از روش های مکملی استفاده شده است . اسـتورا و هریس (۱۹۸۰) پیشنهاد استفاده از روشی به منظور حذف پاسخ هایی کـه اخـتلاف معنـی دار از پاسخ های مورد تائید روش را نداشتند ارائه کردند . روشی مـشابه روش اسـتورا و هـریس (۱۹۸۰) تکنیک تحلیل خوشه‌ای است که مجموعه پاسخ ها را به گروههای نسبتا یکنواخت تقسیم می کند (فرانسیسکو و مبارک ، ۲۰۰۶) . ایده ی اصلی استفاده از این روش توسط مورس (۱۹۸۰) پیشنهاد شد . روش تحلیل خوشه ای شامل روش های متعـددی اسـت . روش تحلیـل خوشـه ای سلـسله مراتبی با تعیین فواصل بین تک تک عناصر آغاز می شود . همه ی عناصر انفرادی ابتدا بـه صـورت مجزا در یک گروه قرار می گیرند . سپس عناصر نزدیک با یکدیگر ترکیب می شوند. بـرای تعریـف نزدیک بودن از روش های متفاوتی استفاده می شود که معمول تـرین روش اسـتفاده از فاصـله ی اقلیدسی است (مانلی، ۱۹۹۴). پیش از بکارگیری این روش داده ها نرمال سازی می شـوند . بـدین صورت که هر متغیر میانگین صفر و انحراف معیار یک پیدا می کند . برای این کـار هـر عـضو را از میانگین کم و بر انحراف معیار تقسیم می کنیم(مانلی، ۱۹۹۴).

برنامه ریزی چند هدفی فازی

یکی از فرض های برنامه ریزی ریاضی ، فرض قطعی بودن و مـشخص بـودن پارامترهـا و علائم مدل تصمیم است . پرسش اساسی این است که این فرض چه میزان با شرایط دنیای واقعـی تطابق دارد . در دنیای واقعی زمانی که یک تصمیم گیرنده تصمیم به بهینه سـازی مـی گیـرد ، در

واقع ممکن است رسیدن به سطح دلخواهی که تعریف شدنی نیست را به عنوان بیشینه یا کمینه کردن نامگذاری نماید . برای مثال در کشاورزی رسیدن به سطح شایان توجهی از تولید ، از این نمونه است .

تئوری مجموعه‌های فازی و منطق فازی نخستین بار توسط لطفی زاده ۱۹۶۵ مطرح شد . هدف اولیه ی وی در آن زمان ، توسعه ی مدلی کارآمدتر برای توصیف فرآیند پردازش زبان‌های طبیعی بود(نوعی پور، ۱۳۸۵) . بلمن و لطفی زاده(۱۹۷۰) تعریف زیر را برای بهینه سازی در شرایط فازی ارائه دادند (آذر و فرجی (۱۳۸۵)) :

« اگر هدف فازی $\widetilde{G}$ و تنگنای فازی $\widetilde{C}$ را در فضای تصمیم X در نظر بگیرید ، با ترکیب $\widetilde{G}$ و $\widetilde{C}$ تصمیم $\widetilde{D}$ که یک مجموعه فازی از اشتراک $\widetilde{G}$ و $\widetilde{C}$ است بدست می آید . حال فرض کنید که n هدف فازی $\widetilde{G}_1,...,\widetilde{G}_n$ و m تنگنای فازی $\widetilde{C}_1,...,\widetilde{C}_m$ داشته باشیم ، آنگاه تصمیم حاصل اشتراک تابع هدف های فازی $\widetilde{G}_1,...,\widetilde{G}_n$ و تنگنای های فازی $\widetilde{C}_1,...,\widetilde{C}_m$ خواهد بود.

$$\widetilde{D} = \widetilde{G}_1 \bigcap \widetilde{G}_2 \bigcap ... \bigcap \widetilde{G}_n \bigcap \widetilde{C}_1,...,\widetilde{C}_m$$

یا

$$\min\left\{U_{\widetilde{G}_1}, U_{\widetilde{G}_2},...,U_{\widetilde{G}_n}, U_{\widetilde{C}_1}, U_{\widetilde{C}_2},...,U_{\widetilde{C}_m}\right\}$$

که $U_{\widetilde{G}_1}$ میزان عضویت X در مجموعه هدف G_1 است . اساس نظریه ی فازی را می توان به نظریه ی مجموعه های فازی و در نتیجه انتخاب تابع عضویت مناسب برای این مجموعه ها مربوط دانست . در مطالعات گوناگون و بسته به ماهیت مسئله از توابع گوناگون استفاده می شود .

تصمیم در یک محیط فازی به عنوان محل برخورد تنگنا ها و هدف های فازی است . رابطه ی میان تنگنا ها و هدف های فازی در یک محیط فازی ، به گونه ی کامل متقارن است . (بلمن و لطفی زاده ۱۹۷۰). پاسخ بهینه را می توان با بیشینه کردن درجه ی عضویت اشتراک تنگنا ها و هدف ها بدست آورد .

$$\begin{aligned} &\text{Max } Z(x) = (Z_1(x),...,Z_k(x))^T \\ &\text{S.t:} \\ &AX \le b \\ &X \ge 0 \end{aligned} \qquad (۹)$$

که در آن $Z_k(x)$ ، kامین تابع هدف و $AX \le b$ تنگنای قطعی مدل است . از آنجا کـه هـر تـابع هدف با تابع عضویت متناظرش مشخص می شود ، بنابراین می توان مدل را به شکل زیر تغییر داد:

$$\begin{aligned} &\text{Max } \mu_D(x) \\ &\text{S.t:} \\ &AX \le b \\ &X \ge 0 \end{aligned} \qquad (۱۰)$$

که در آن $\mu_D(x)$ تابع عضویت تصمیم فازی است . به بیان دیگر درجـه ی عـضویت در تابع تصمیم فازی که مجموعـه ای از توابـع هـدف اسـت ، بیـشینه نمـاییم . بـر اسـاس نظریـه ی مجموعه های فازی و خواص اشتراک و اجتماع مجموعه های فازی اشتراک دو مجموعـه فـازی بـه صورت زیر تعریف می‌شود (دوبویس و پرادا (۱۹۸۰)):

$$\forall x \in x, \mu_{A\cap B} = \min(\mu_A(x), \mu_B(x)) \qquad (۱۱)$$

یعنی شکل کلی مدل به صورت زیر در می آید:

$$\begin{aligned} &Max(Min(\mu_{z_t}(x)) \\ &\text{S.T:} \\ &AX \le b \\ &X \ge 0 \end{aligned} \qquad (۱۲)$$

که درآن $\mu_{z_t}(x)$ تابع عضویت هدف t ام است.

زیمرمن (۱۹۷۸) نشان داد که این مدل معادل مدل زیر است(گوپتا و همکاران، (۲۰۰۰)):

$$\begin{aligned} &\text{Max } \lambda \\ &\text{S.t:} \\ &\lambda \le \mu_{z_t}(x), t = 1,2,..,k \\ &AX \le b \\ &X \ge 0 \end{aligned} \qquad (۱۳)$$

الگوی بالا شکل قطعی پاسخ را ارائه می کنـد . تـابع هـدف فـازی یـک زیـر مجموعـه از Xاست . اگر تابع عضویت خطی برای هدف فـازی کمینـه سـازی بـه صـورت زیـر در نظـر گرفتـه شود(گوپتا و همکاران، ۲۰۰۰):

$$U_z(x)=\begin{Bmatrix} 1 & If\, Z_j(x)\le Z_j^{\min} \\ [Z_j^{\max}- Z_j(x)]/[Z_j^{\max}-Z_j^{\min}] & if\, Z_j^{MIN}\le Z_j(x)\le Z_j^{\max} \\ o & If\, Z_j(x)\ge Z_j^{\min} \end{Bmatrix} \quad (۱۴)$$

وتابع عضویت خطی برای هدف فازی بیشینه سازی به صورت زیر باشد:

$$U_z(x)=\begin{Bmatrix} 1 & If\, Z_j(x)\ge Z_j^{\max} \\ [Z_j(x)-Z_j^{\min}]/[Z_j^{\max}-Z_j^{\min}] & if\, Z_j^{MIN}\le Z_j(x)\le Z_j^{\max} \\ o & If\, Z_j(x)\le Z_j^{\min} \end{Bmatrix} \quad (۱۵)$$

که در آنها $Z_j^{\min}$ و $Z_j^{\max}$ به ترتیب کمینه و بیشینه ی مقادیر برای $Z_j(x)$ هستند و همچنین تابع عضویت خطی برای قید فازی به صورت زیر باشد:

$$U_c(x)=\begin{Bmatrix} 1 & If\, g_k(x)\le b_k \\ [1-\{g_k(x)-b_k\}/b_d & if\, b_k\le g_k(x)\le b_k+d_k \\ o & If\, b_k+d_k(x)\le g_k(x) \end{Bmatrix} \quad (۱۶)$$

که در آن d_k فاصله ی نوسان های مجاز و $g_k(x)$ ،kامین تابع تنگنا است . می توان بر اساس رابطه های ۱ و توابع تعریف شده ، شکل قطعی یک برنامه ریزی ریاضی فازی را به صورت زیر نوشت:

Maximize λ

Subject to:

$$\lambda(Z_j^{\max}-Z_j^{\min})+Z_j(x)\le Z_j^{\max} \qquad J=1,2,\ldots,J \quad (۱۷)$$

$$\lambda(d_x)+g_k(x)\le b_k+d_k \qquad K=1,2,\ldots K$$

$Ax\le b$ برای سایر قیدهای قطعی مدل

$x\ge 0$, $0\le\lambda\le 1$

لی و همکاران (۲۰۰۶)، به معرفی روشی دو مرحله ای برای حل برنامه ریزی ریاضی فازی چند هدفی پرداختند . مزیت این روش را می توان توانایی آن در اعمال ترجیحات تصمیم گیرنده در مدل دانست .

در این روش ابتدا رابطه ی ۱۷ حل می شود . سپس با استفاده از پارامترهای این رابطه و برای هر هدف عضویت نسبی محاسبه می شود . در مرحله ی دوم مدل اصلی به صورت زیر است:

Maximize $\lambda=\sum_{j=1}^{j}\omega_j\lambda_j$

Subject to:

$u_j(X^0) \le \lambda_j \le u_j(x)$ J=1,2,….,J (۱۸)

$\lambda(d_x) + g_k(x) \le b_k + d_k$ K=1,2,…K

Ax≤b برای سایر قیدهای قطعی مدل

$x \ge 0 \quad , 0 \le \lambda \le 1, \sum_{j=1}^{j} \omega_j = 1$

که در این رابطه X^0 مقادیر بهینه ی رابطه ی نخست و ω_j وزن اختصاصی بـه هـدف j ام را نشان می دهد . در اصل لی و همکاران (۲۰۰۶) نشان دادند که بـدون در نظـر گـرفتن حـد پایین برای λ_j پاسخ بدست آمده بهینه نخواهد بود .

هدف های مورد انتخاب

یک طرح بهینه باید علاقه ی کشاورزان را به بیشترین سود و کمترین ریسک اقناع کند . از سوی دیگر این طرح باید هدف های ملی و منطقه ای را نیز اقناع کند . با توجه بـه مطالـب بـالا هدف های زیر برای مدل در نظر گرفته شد .

۱) بیشینه کردن بازده برنامه ای : هدف اقتصادی شبیه بیشینه کردن سود از رایج ترین هدف هایی است که تصمیم گیران در فرآیند طرح ریزی مورد استفاده قرار می دهند . به هر حال کشاورزان به الگوی کشتی که بازگشت مالی بیشتری را تضمین کند ، تمایل نشان می دهند . از این رو می توان آن را به صورت زیر فرمول بندی کرد:

$\text{Max} \quad Z_1 = \sum_i N_i * x_i$

که x_i و x_j به ترتیب زمین اختصاصی به محصول iام و jام و N_i سود خالص تولید محـصول iام در واحد سطح است .

۲) کاهش ریسک: یک الگوی اقتصادی کارآمد تولید باید کمترین ریسک را برای کشاورزان در نظـر گرفته باشد . ریسک بر اثر تغییرات آب و هوا ، هجوم آفت ها و بیماری ها ، تغییـر قیمـت و دیگـر شرایط بازار بوجود می آید(فرانسیکو و مبارک،۲۰۰۶) . در این مطالعه از واریانس درآمد بـه عنـوان شاخصی برای محاسبه ی ریسک استفاده شد . کل واریانس درآمد از تولید محصول iام را می توان به شکل زیر نوشت(هدی، ۱۹۵۲):

$V(i) = \sum_i \sum_j \sigma_{ij} x_i x_j$

که در آن σ_{ij} ماتریس واریانس-کوواریانس درآمد خالص از تولید محصولات و x_i میزان سطح اختصاصی به محصول iام است ، بنابراین تابع هدف مربوطه را می توان به شکل زیر نوشت:

$$\text{Min} \quad Z_2 = \sum_i \sum_j \sigma_{ij} x_i x_j$$

۳) در کنار هدف های بالا و با توجه به شرایط منطقه که ۷۰ درصد جمعیت شهرستان در بخش کشاورزی فعالیت دارند و همچنین نبود صنایع کارآفرین در منطقه ، لزوم جذب نیروی کار در بخش کشاورزی هدف بیشینه کردن نیروی کار نیز مورد توجه قرار گرفت.

$$\text{Max} \quad Z_3 = \sum_i L_i * x_i$$

که دراین رابطه L_i میزان نیروی کار مورد نیاز برای تولید یک هکتار محصول iام در طول دوره ی کشت است.

تنگنا ها

تنگنا ها ی در نظر گرفته در مدل شامل تنگنا های زیر است:

۱- تنگنا ی زمین موجود

۲- تنگنا ی آب

۳- تنگنا ی نیروی کار

۴- تنگنا ی تناوب مورد رعایت

۵- تنگنا ی نا منفی بودن متغیرها

تنگنا ی مربوط به ماشین آلات که به دلیل وجود ماشین آلات کشاورزی کافی در منطقه در زمان لازم وارد مدل نشد[1].

ب– داده ها و ویژگی های منطقه ی مورد مطالعه

شهرستان تیران و کرون در ۴۰ کیلومتری غرب استان اصفهان در دامنه ی کوههای زاگرس قرار دارد . وجود منابع آب و خاک حاصلخیز ، این شهرستان را به یکی از منابع تولید

[1] - در سال های گذشته برخی تنگناهای مربوط به ماشین آلات به نبود «هد» کمباین برای برداشت محصولات به ویژه کلزا وجود داشت که این موردها با کمک مدیریت کشاورزی شهرستان در سال یاد شده برطرف شده است . به دلیل سیستم اشتباه توزیع کود شیمیایی ، میزان کود پرداختی به کشاورزان بر اساس مساحت زمین کشاورز بوده و چون تمام زمین زیر کشت نمی رود ، اغلب در این منطقه وجود کود شیمیایی به صورت تنگنا نمی باشد.

محصولات کشاورزی در استان تبدیل کرده است . دشت نیلاب در غرب شهرستان و هم مرز شهرستان فریدن قرار دارد . منابع آبی این دشت عبارت است از ۳۴ عدد چاه آب می باشد . به دلیل واقع شدن در کوهپایه ی زاگرس ، دشت حاصلخیزی مناسب از لحاظ خاک و یکنواختی در کل منطقه دارد . شمار کشاورزان منطقه ۵۷ کشاورز می باشد که مزارع بالای ۲ هکتار دارند (بانک اطلاعات کشاورزی شهرستان، ۱۳۸۶). ورود محصول کلزا در سال های اخیر به الگوی کشت ، خشکسالی و مطرح شدن بحث یکپارچه سازی زمین ها در سال های اخیر لزوم تهیه ی الگوی کشتی مناسب را در منطقه ضروری ساخته است.

داده های مربوط به منطقه از راه تکمیل پرسشنامه از ۳۰ نفر از کشاورزان منطقه و همچنین آمار تکمیلی مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان و سازمان هواشناسی بدست آمد . داده های نهایی مورد استفاده ، از میانگین گیری از تمامی داده های بدست آمده از نمونه برداری بدست آمده است . برای محاسبه ی ریسک به دلیل نبود داده های سری زمانی مناسب ، از داده های تکمیلی ، شامل پرسشنامه ی هزینه ی تولید مزارع و داده های برگ سبز محصول شهرستان استفاده شده است[1].

نتایج

جدول شماره ی ۱ نتایج بدست آمده از بهینه کردن هدف های گوناگون را به صورت مجزا نشان می دهد . با در نظر گرفتن بیشینه ی بازده به عنوان هدف ، محصول یونجه و جو از الگوی کشت حذف می شود . در این حالت محصول جدید کلزا بیش ترین سطح کشت را به خود اختصاص خواهد داد.

در حالتی که هدف بیشینه کردن نیروی کار باشد ، سطح کشت محصول گندم و ذرت نسبت به حالت پیش افزایش می یابد به گونه ای که سطح کشت گندم بیش ترین سطح زیر کشت در بین سایر محصولات الگوست . در این حالت نیز محصول جو از مدل کنار گذاشته شده و محصول یونجه به جای سیب زمینی وارد مدل شده است . انتخاب هدف کمینه کردن ریسک محصولات گندم و ذرت را وارد مدل کرده و سایر محصولات را از مدل خارج می کند . با توجه به این نتایج و با توجه به هر یک از هدف های مورد بررسی به نظر می رسد که محصول جو ، محصولی مناسب در منطقه ی مورد مطالعه نباشد .

[1] - تمامی محاسبه ها مربوط به یک مزرعه ی ۴۵ هکتاری است .

جدول شماره ی ۲ مجموعه پاسخ های برنامه ریزی چند هدفی را ارائه می دهد . همان گونه که نشان داده شده است افزایش بازده برنامه به معنای افزایش ریسک تولید نیز می باشد ، بنابراین همان گونه که پیش بینی می شد ، دو هدف بالا را می‌توان دو هدف متضاد دانست .

با استفاده از تحلیل خوشه ای سلسله مراتبی شمار پاسخ های مشاهده شده در نهایت به ۱۳ پاسخ کاهش یافت . جدول شماره ی ۳ مقدار محاسبه شده برای هر هدف در برنامه ریزی توافقی را نشان می دهد . با توجه به دو مجموعه ی بدست آمده ، یعنی مجموعه ی پاسخ های مسئله و توافقی که ترجیحات تصمیم گیران را در بر دارد ، پاسخی به عنوان پاسخ نهایی مسئله انتخاب می شود .

با در نظر گرفتن وزن یکسان برای هدف های گوناگون ، الگوی بهینه ی فازی نیز مورد محاسبه قرار گرفت . جدول شماره ی ۴ ، وضعیت کنونی ، الگوی پیشنهادی بهینه ی قطعی و الگوی پیشنهادی بهینه ی فازی را نشان می دهد . الگوی قطعی و فازی الگوهای کشتی را پیشنهاد می دهند که به ترتیب توانایی افزایش ۴ و ۵۰ درصدی بازده برنامه ای را نسبت به برنامه ی کنونی دارند . همچنین این الگوها به ترتیب افزایش ۳۱ و ۲۰ درصدی نیروی کار را نشان می دهند ، اما در مورد ریسک الگوی بهینه ی فازی الگوی پرخطر تری را پیشنهاد می دهد و نقطه ی بهینه ی این الگو جایی است که ریسک بیشتری نسبت به برنامه ی کنونی نشان می دهد ، ولی این مدل درآمد و نیروی کار بسیار بیشتری نسبت به برنامه ی کنونی ارائه می دهد . متضاد بودن دو هدف کاهش ریسک و افزایش بازده برنامه ای و اهمیت بیشتر کشاورزان به ریسک در الگوی کنونی تولید می تواند توجیحی برای افزایش ریسک در مدل فازی باشد .

نسبت به برنامه ی کنونی هر دو مدل پیشنهاد افزایش سطح کشت ذرت و کلزا و حذف کشت جو را ارائه می‌دهند.

نکته ی مهم تفاوت نتایج دو مدل قطعی و فازی است ، بنابراین تصمیم گیری در مورد ماهیت فازی یا قطعی بودن مدل مهم خواهد بود .

بحث و جمع بندی

در سال های اخیر با ورود محصول جدید کلزا به الگـوی کـشت نگرانـی هـایی در مـورد کاهش سطح زیر کشت گندم در منطقه احساس می شد ، اما به عنوان نقطه مشترک ، هر دو الگـو پیشنهاد کاهش سطح کشت جو و افزایش سطح کشت دو محصول جدید تر در منطقه یعنی کلزا و ذرت را مطرح می کنند . این در حالی است که در هر دو الگو پیـشنهاد افـزایش کـشت محـصول گندم نیز مطرح شده است . محصولاتی که پیشنهاد کاهش سطح کشت آنها مطرح شده محصولاتی هستند که با هدف تامین خوراک دام کشت می شوند . به گونه ی معمول به دلیـل اقلـیم مناسـب مناطق پایین دستی شهرستان و دسترسی به منبع آبی سـد زاینـده رود کـشت محـصولاتی ماننـد یونجه برای این مناطق پیشنهاد می شود . تهیه ی خـوراک دام بـرای کـشاورزان منطقـه ی مـورد بررسی از مناطق پایین دستی و شهرستان های مجاور می تواند کشاورزان را به سمت اصلاح الگوی کشت و نزدیکی به الگوهای پیشنهادی سوق دهد . در هر صورت هر دو الگو توانایی خود را تعیـین معیاری کمی در تعیین الگوی کشت نشان دادند . تلفیق روش معرفی شده با سایر روش هـا ماننـد برنامه ریزی ریاضی مثبت ، افزودن تنگناها و هدف های بیشتری به مدل می تواند نتایج کـاربردی اعتماد پذیر تری ارائه دهد .

ذکر این نکته لازم است که در برنامه ریزی فازی به دلیل ایـن کـه امکـان دخالـت دادن داده های نا دقیق و نا روشن را در پارامترهای مدل ، به تصمیم گیرنـدگان مـی دهـد ، نـسبت بـه مدل های کلاسیک برنامه ریزی ریاضی در مسائل بهینه سازی الگوی کشت محصولات زراعی مزارع به دلیل وجود ریسک بالا ی این بخش و وجود داده های نادقیق ، دارای کاربرد و انعطـاف پـذیری بیشتری بوده و نتایج بدست آمده ، اعتماد پذیر تر است . مطالعـه ی بـالا دیـدگاهی نـو در تعیـین الگوی بهینه ی کشت در محیط فازی و در حالت وجود هدف های متعدد و گاه متضاد فراهم نموده است ، اما با این وجود انتخاب نوع مدل از لحاظ قطعی یا فازی بـودن بـه شـرایط مـسئله ی مـورد بررسی برمی گردد . هیچ گاه نمی‌توان تمام پارامترهای یک مـدل را قطعـی/فـازی دانـست ، مهـم انتخاب مدلی است که بیشترین سازگاری را با شرایط مورد بررسی نشان دهد . این امـر خـود را در اختلاف الگوی بهینه ی مدل قطعی و فازی نشان داد .

منابع

۱- عادل آ، فرجی ح. ۱۳۸۱، «علم مدیریت فازی»، سازمان چاپ و انتشارات وزارت فرهنگ و ارشاد ا سلامی

۲- اکبری ن. و زاهدی ک، ۱۳۸۶، «منطق فازی و کاربرد آن در یافتن الگوی مناسب کشت محصولات زراعی در یک مزرعه»، اقتصاد کشاورزی، جلد اول، شماره ۲

۳- رفیعی دارانی ه، بخشوده م، زیبایی م، ۱۳۸۶، «انتخاب و رتبه بندی سیستمهای آبیاری در استان اصفهان:کاربرد ماتریس معیارها، کارایی کیفی گزینه ها و برنامه ریزی چند معیاری»، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال شانزدهم شماره ۴۰

۴- صمغ آبادی ا، معماریانی ع، امانی م، ۱۳۸۳، «برنامه ریزی چند منظوره جنگل با استفاده از مدل ریاضی»، پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی، شماره ۶۳

۵- کهنسال م. و محمدیان ف، ۱۳۸۶، «کاربرد برنامه ریزی آرمانی فازی در تعیین الگوش بهینه کشت محصولات زراعی»، اقتصاد کشاورزی، جلد اول، شماره ۲

6- Dubois, Didier, Henri Prade, "Fuzzy Sets and Systems", United Kingdom Edition published by ACADEMIC PRESS LIMITED

7- Arıkan F., Gungor z., 2007, "A two-phase approach for multi objective programming problems with fuzzy coefficients" , Information Sciences 177 (2007) 5191–5202

8- Francisco Sergio R. , Ali Mubarik, 2006, "Resource allocation trade off in Manila's peri-urban vegetable production systems: An application of multiple objective programming", Agricultural Systems 87 (2006) 147–168

9- Gupta, a.p, Harboe R. , Tabucanon M.T. , 2000, "Fuzzy multiple-criteria decision making for crop area palnning in Narmada river basin", Agricultural system, 63,1-18

10- Huanga H.,Gub Y.,Du X.,2006, "An interactive fuzzy multi-objective optimization method for engineering design", Engineering Applications of Artificial Intelligence 19 (2006) 451–460

11- Kasabov,k,Nikola, 1998, "Foundations of Neural Networks, Fuzzy Systems, and
Knowledge Engineering", Massachusetts Institute of Technology
12- Liang T.F., 2006, "Distribution planning decisions using interactive fuzzy multi-
objective linear programming",Fuzzy Sets and Systems 157 (2006) 1303 – 1316
13- Marler R.T., Arora J.S., 2004, "Survey of multi-objective optimization methods for
engineering", Struct Multidisc Optim 26, 369–395 (2004)
14- Romero C., Amador F. , Barco A., 1987,"Multiple Objectives in Agricultural Planning: A Compromise Programming Application ",American Journal of Agricultural Economics, Vol. 69, No. 1, (Feb., 1987),

پیوست ها

جدول شماره ی ۱: نتایج بدست آمده از بهینه کردن هدف های به صورت انفرادی

	بازده برنامه ای (میلیون ریال)	نیروی کار (نفر –روزکار)	ریسک (واریانس درآمد)	گندم	جو	ذرت	کلزا	سیب زمینی	یونجه
بیشینه کردن بازده برنامه ای	۷۰۲/۲۰۸	۸۳۱/۸۷	۲۵۶۷۶۰۰۹*۱۰^{۹}	۷/۶۰	۰	۲/۱۷	۱۰/۴۷	۶/۶۹	۰
بیشینه کردن نیروی کار	۲۵۰/۵۷	۱۱۶۵/۴۳	۱۴۷۹۵۳۶*۱۰^{۹}	۱۲/۴۹	۰	۱۰/۸۸	۱/۱۸	۰	۴/۱۳
کمینه کردن ریسک	۳۸۵/۲۱	۸۳۱/۸۷	۴۲۱۷۷۷*۱۰^{۹}	۹/۶۳	۰	۱۲/۶۹	۰	۰	۰

منبع: یافته های مطالعه

جدول شماره ی ۲: مجموعه پاسخ های برنامه ریزی قطعی چند هدفی

گزینه	شاخص ریسک (واریانس درآمد)	نیروی کار (نفر روز کار)	بازده برنامه ای (میلیون ریال)
۱	۱۷۲۳۹۲۸۰*۱۰^{۹}	۹۰۵/۹۹	۶۱۶/۹۹
۲	۱۳۸۰۴۴۰۸*۱۰^{۹}	۹۴۳/۰۶	۵۷۴/۳۸
۳	۱۰۸۹۱۸۶۵*۱۰^{۹}	۹۸۰/۱۲	۵۳۱/۷۸
۴	۸۵۰۱۶۴۹*۱۰^{۹}	۱۰۱۷/۱۸	۴۸۹/۱۷
۵	۶۶۳۳۷۶۲*۱۰^{۹}	۱۰۵۴/۲۴	۴۴۶/۵۶
۶	۳۹۵۴۰۲۱*۱۰^{۹}	۱۰۹۱/۳۰	۴۰۱/۳۱
۷	۱۹۲۶۶۸۱*۱۰^{۹}	۱۱۲۸/۳۷	۳۵۵/۳۱
۸	۲۲۷۶۲۳۷۵*۱۰^{۹}	۸۳۸/۵۲	۶۵۶/۳۷
۹	۱۷۷۸۶۵۰۸*۱۰^{۹}	۸۳۱/۸۷	۶۰۷/۸۶
۱۰	۱۶۵۰۳۳۷۰*۱۰^{۹}	۸۳۱/۸۷	۶۱۹/۱۱
۱۱	۱۱۷۹۰۵۱۱*۱۰^{۹}	۸۳۱/۸۷	۵۷۵/۸۸
۱۲	۱۱۶۴۵۸۸۰*۱۰^{۹}	۸۵۹/۵۸	۵۷۸/۹۸
۱۳	۸۸۳۹۸۵۴*۱۰^{۹}	۸۹۰/۵۰	۵۴۰/۵۹
۱۴	۴۴۳۸۶۹۸*۱۰^{۹}	۹۲۶/۲۸	۴۵۸/۸۲
۱۵	۳۰۸۸۴۰۱*۱۰^{۹}	۹۵۲/۶۱	۴۲۶/۱۸
۱۶	۴۲۱۷۷۷*۱۰^{۹}	۸۳۱/۸۷	۲۱۹/۹۳
۱۷	۱۴۷۹۵۳۶*۱۰^{۹}	۱۱۶۵/۴۳	۲۵۰/۵۷
۱۸	۱۴۰۳۸۷۸*۱۰^{۹}	۱۱۴۵/۴۲	۳۱۹/۰۱
۱۹	۳۶۴۵۸۴۲*۱۰^{۹}	۱۰۹۵/۸۶	۳۹۵/۶۵
۲۰	۷۶۹۹۱۵۵*۱۰^{۹}	۱۰۳۱/۸۶	۴۷۲/۲۹
۲۱	۱۲۰۰۱۴۹۰*۱۰^{۹}	۹۶۵/۲۰	۵۴۸/۹۳
۲۲	۱۷۹۹۳۷۷۵*۱۰^{۹}	۸۹۸/۵۳	۶۲۵/۵۷

ادامه ی جدول شماره ی ۲: مجموعه پاسخ های برنامه ریزی قطعی چند هدفی

۲۳	۲۵۶۷۶۰۰۹*۱۰^{۹}	۸۳۱/۸۷	۷۰۲/۲۱
۲۴	۴۲۱۷۷۷*۱۰^{۹}	۸۳۱/۸۷	۲۱۹/۹۴
۲۵	۴۶۸۸۳۵*۱۰^{۹}	۸۳۱/۸۷	۲۴۲/۳۷
۲۶	۸۰۱۲۰۹*۱۰^{۹}	۱۰۳۹/۰۵	۳۱۹/۰۱
۲۷	۲۰۴۷۵۸۵*۱۰^{۹}	۱۰۰۷/۴۹	۳۹۵/۶۶
۲۸	۴۸۸۸۶۷۲*۱۰^{۹}	۹۴۵/۶۸	۴۷۲/۲۹
۲۹	۹۴۱۲۱۹۵*۱۰^{۹}	۸۸۳/۸۶	۵۴۸/۹۳
۳۰	۱۵۷۵۲۰۹۶*۱۰^{۹}	۸۳۱/۸۷	۶۲۵/۵۷
۳۱	۲۵۶۷۶۰۰۹*۱۰^{۹}	۸۳۱/۸۷	۷۰۲/۲۰
۳۲	۴۶۶۸۲۳*۱۰^{۹}	۸۶۸/۹۳	۲۳۲/۴۹
۳۳	۵۱۴۶۱۰*۱۰^{۹}	۹۰۵/۹۹	۲۴۴/۱۰
۳۴	۵۶۵۰۵*۱۰^{۹}	۹۴۳/۰۶	۲۵۵/۵۴
۳۵	۶۱۸۱۵۲*۱۰^{۹}	۹۸۰/۱۲	۲۶۶/۹۹
۳۶	۶۷۳۹۰۷*۱۰^{۹}	۱۰۱۷/۱۸	۲۷۸/۴۴
۳۷	۷۳۲۳۱۷*۱۰^{۹}	۱۰۵۴/۲۴	۲۸۹/۸۸
۳۸	۸۰۳۶۵۷*۱۰^{۹}	۱۰۹۱/۳۰	۲۸۷/۵۵
۳۹	۱۰۱۵۵۹۲*۱۰^{۹}	۱۱۲۸/۳۷	۲۸۵/۰۶

منبع : یافته های مطالعه

جدول شماره ی ۳: مقدار محاسبه شده برای هر هدف در برنامه ریزی توافقی

هدف	هدف نخست(درآمد) میلیون ریال	هدف دوم(اشتغال)	هدف سوم(ریسک)
مقدار برای L_0	۳۴۲/۷۶	۱۱۳۸/۴۸	۱۵۶۲۸۶۰*۱۰۹
مقدار برای L_∞	۴۵۵/۷۶	۱۰۴۶/۲۵	۶۹۹۲۵۶۶*۱۰۹

منبع: یافته های مطالعه

جدول شماره ی ۴: مقایسه ی وضعیت کنونی ، الگوی پیشنهادی بهینه قطعی و الگوی پیشنهادی بهینه فازی

	بازده برنامه ای (میلیون ریال)	نیروی کار (نفر-روزکار)	ریسک (واریانس درآمد)	گندم	جو	ذرت	کلزا	سیب زمینی	یونجه
برنامه ی کنونی	۳۸۵/۲۱	۸۳۱/۸۷	۵۵۹۵۳۶۰ *10^{9}	۶	۵	۱/۵	۳/۳	۳/۵	۴
الگوی بدست آمده از برنامه ریزی قطعی	۴۰۱/۳۱	۱۰۹۱/۳۰	۳۹۵۴۰۲۱*10^{9}	۸/۶۸	۰	۱۰/۷۰	۸/۳۰	۱/۳	۱/۰۱
الگوی بدست آمده از برنامه ریزی فازی	۵۷۷/۴۵	۱۰۰۳/۲۵	۱۳۳۸۸۳۹۰*10^{9}	۶/۶۶	۰	۷/۱۳	۱۲/۲۸	۳/۸۲	۰

منبع: یافته های مطالعه