نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۵، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۰، ص. ۱۴۸-۱۳۳

Journal of Agricultural Economics and Development
Vol. 25, No. 2, Summer 2011, P. 133-148

مقایسه رهیافت‌های برنامه‌ریزی چندهدفی قطعی، فازی و امکان: مطالعه موردی بهره‌برداران استان کهگیلویه و بویراحمد

مهرداد باقری[۱] - زکریا فرج زاده [۲*]

تاریخ دریافت: ۸۸/۸/۱۲
تاریخ پذیرش: ۹۰/۳/۱۷

چکیده

با توجه به داده‌های غیردقیق یا فازی فعالیت‌های کشاورزی استفاده از روش های مبتنی بر داده‌های فازی مطلوب خواهد بود. در همین راستا این مطالعه با هدف مقایسه توانایی رهیافت برنامه‌ریزی امکان در ارایه الگوی بهینه با رهیافت برنامه‌ریزی فازی و قطعی صورت گرفت. برای این منظور از داده‌های حاصل از ۹۰ بهره‌بردار استان کهگیلویه و بویراحمد (منطقه کهگیلویه) استفاده شد. این داده‌ها از طریق تکمیل نمودن پرسشنامه در سال ۱۳۸۷ به دست آمد. اهداف مورد توجه در الگوهای به دست آمده بطور عمده عبارت بودند از افزایش بازده ناخالص، کاهش ریسک یا واریانس بازده ناخالص و کاهش مصرف آب. در رهیافت برنامه‌ریزی امکان اهداف یاد شده بصورت حداکثرسازی بازده ناخالص متوسط، حداقل‌سازی فاصله میان بازده ناخالص متوسط و بازده ناخالص حداقل و همچنین حداکثرسازی اختلاف میان بازده ناخالص متوسط و بازده ناخالص حداکثر تعریف شد. کاهش مصرف آب نیز شامل کاهش مصرف متوسط آب، افزایش اختلاف میان مصرف متوسط و حداقل و همچنین حداقل نمودن اختلاف میان مصرف متوسط و حداکثر بود. با استفاده از رهیافت های یاد شده اقدام به ارایه الگوهای بهینه متعدد شد و سپس از میان آنها بر اساس اهداف مورد توجه انتخاب گردید. یافته‌ها نشان داد که در ارایه الگوی بهینه تأمین‌کننده اهداف متعدد، رهیافت برنامه‌ریزی امکان بر دو رهیافت دیگر برتری دارد که این برتری با افزایش تعداد اهداف محسوس‌تر می‌شود. توان بالای روش رهیافت برنامه‌ریزی امکان در ارایه الگوی مطلوب در شرایط نامطلوب از دیگر برتری‌های آن بود. همچنین مشخص شد سه محصول هندوانه، برنج و خربزه از امکان بالاتری برای تأمین اهداف یاد شده برخوردارند. بر اساس یافته‌ها توصیه می‌شود به‌منظور کاهش فشار بر منابع کمیاب آب در جهت کاهش نوسان قیمت و نوسان درآمد بهره برداران اقدام شود.

طبقه‌بندی JEL: Q12

واژه‌های کلیدی: برنامه‌ریزی امکان، برنامه‌ریزی فازی، برنامه‌ریزی قطعی، چندهدفی، الگوی کشت، استان کهگیلویه و بویراحمد

مقدمه

رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی در مدیریت کشاورزی همواره مورد استفاده بوده است. علیرغم مزایایی که این رهیافت دارد، اعتقاد بر این است که مدلهای ریاضی ساده با توجه به ماهیت اطلاعات موجود در فعالیت‌های کشاورزی که ذاتاً اطلاعات دقیق و قطعی نیستند از توانایی لازم برخوردار نیست. این نادقیق بودن باعث شده تا تصمیم‌گیری در مورد ارزش عددی هر هدف یا آرمان مشکل شود. از این رو است که روش‌هایی همچون توزیع احتمال، تابع فاصله‌ای اعداد فازی و انواع گوناگون روش های آستانه‌ای برای تعدیل در مدل سازی به کار گرفته شده است (۱۳). در تصمیم‌گیری بویژه وقتی که با حد بالایی از نادقیقی و عدم قطعیت مواجه هستیم، به دلیل نواقص و پیچیدگی فرآیندهای اطلاعات تئوری مجموعه های فازی یکی از بهترین ابزار برای لحاظ کردن عدم قطعیت در پارامترهای تصمیم‌گیری است (۱۵). مسأله نادقیقی و عدم قطعیت در مورد متغیرهای دخیل در تصمیم های تولید کشاورزی کاملاً روشن است. بنابراین با استفاده از این رهیافت می‌توان به افزایش قابلیت کاربردی

۱ – مربی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد یاسوج
(*- نویسنده مسئول: Email:zakariafarajzadeh@gmail.com)
۲- دانشجوی دکتری، دانشگاه شیراز

الگوهای تصمیم ارائه شده در تولید کشاورزی مساعدت نمود. قابلیت کاربردی برنامه‌ریزی ریاضی به میزان دقت و اطمینان به ضرایب مورد استفاده در تابع هدف و محدودیت ها بستگی دارد و با توجه به وجود عدم قطعیت در این ضرایب استفاده از مقادیر دامنه‌ای یا فازی مفید است (۱۴). البته نادقیق بودن در رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی می‌تواند مقادیر منابع، پارامترهای مورد استفاده و یا هر دو را در بر گیرد. در صورتی که تنها مقادیر منابع در دسترس نادقیق باشند با استفاده از دامنه‌ای از مقادیر محتمل در برنامه‌ریزی بتوان این مشکل را تا حدود زیادی مرتفع نمود. اما آنچه معمول و البته در عین حال حایز اهمیت فراوان است نادقیقی پارامترها است که در واقع رابطه میان نهاده و ستاده را نشان می‌دهد.

استفاده از رهیافت برنامه‌ریزی فازی در بخش کشاورزی بسیار محدود بوده است. برخی از مطالعات در این زمینه عبارتند از تدوین الگوی بهینه کشت توسط گاپتا و همکاران (۱۲)، در هند، تعیین الگوی تخصیص آب توسط سورش و ماجامدار (۱۹)، در هند و تعیین اولویت‌های پرورش در واحدهای دامی در ایالات متحده (۵)، نمونه‌هایی از مطالعه انجام‌شده با استفاده از رهیافت برنامه‌ریزی فازی در ایران نیز عبارتند از چیذری و قاسمی (۱)، که به تدوین الگوی بهینه کشت در استان فارس پرداختند؛ درویشی سلوکلایی و همکاران (۲)، که با استفاده از این رهیافت به تنظیم جیره خوراکی در واحدهای پرورش گاو شیری پرداختند و همچنین یاقوتی و بخشوده (۴)، که با استفاده از رهیافت برنامه‌ریزی فازی برای واحدهای پرورش گاو شیری تربیت حیدریه جیره غذایی ارایه کردند. البته در حوزه تجاری و مالی الگوهای فازی به مراتب بیش از فعالیت های کشاورزی مورد توجه بوده است. بعنوان مثال کومار و همکاران (۱۵)، و اوزگن و همکاران (۱۸)، بمنظور بهینه سازی الگوی خرید محصول از میان تعدادی فروشنده از الگوی برنامه‌ریزی فازی استفاده کردند. در بسیاری از مطالعات که از مقادیر فازی استفاده می کنند فازی بودن اطلاعات تنها منحصر به مقادیر منابع در دسترس است. این نوع برنامه‌ریزی فازی برنامه‌ریزی انعطاف‌پذیر نیز نامیده می شود (۲۰)، و در مطالعه حاضر تحت عنوان برنامه ریزی فازی ارایه شده است. در حالی که ممکن است ضرایب نیز مقادیری فازی باشد. در نوعی از برنامه‌ریزی مبتنی بر منطق فازی موسوم به برنامه ریزی ریاضی امکان ضرایب فنی در تابع هدف و منابع یا محدودیت ها بصورت مقادیر فازی در نظر گرفته می شوند. در برخی از مطالعات مانند اوزگن و همکاران (۱۸)، مشخص شده است که با استفاده از این رهیافت و بویژه با اجرای آن در دو مرحله می توان به جواب هایی کاراتر از برنامه‌ریزی فازی که تنها بهینه‌سازی را در یک مرحله انجام می دهد دست یافت. البته همانند برنامه ریزی فازی رهیافت برنامه ریزی ریاضی امکان نیز اغلب در تصمیم‌گیری‌های تجاری و مالی مورد استفاده قرار گرفته است. وانگ و لیانگ (۲۱)، نمونه ای از این مطالعات است. در ایران مطالعه چیذری و قاسمی (۱)، از معدود مطالعات در حوزه کشاورزی است که با استفاده از رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی امکان به تدوین الگوی بهینه فعالیت پرداخته است. در این مطالعه مشخص گردید با افزایش میزان قطعیت، سود نیز افزایش پیدا می کند.

با توجه به ماهیت غیردقیق اطلاعات فعالیت‌های کشاورزی از یک سو و توانایی بالاتر رهیافت برنامه ریزی ریاضی امکان در استفاده از داده های غیردقیق از سوی دیگر در این مطالعه تلاش شده است با استفاده از داده‌های نمونه‌ای مشتمل بر ۹۰ بهره‌بردار استان کهگیلویه و بویراحمد الگوی بهینه فعالیت کشاورزی با استفاده از این رهیافت ارایه شود. افزون بر این، با توجه به گستردگی الگوهای مبتنی بر برنامه‌ریزی ریاضی مقایسه تطبیقی نتایج حاصل از رهیافت یاد شده با رهیافت‌های برنامه ریزی فازی و قطعی نیز از دیگر اهداف مطالعه حاضر می باشد.

مواد و روش‌ها

نوسانات گسترده و عدم دقیق بودن اطلاعات مورد استفاده در فعالیت‌های کشاورزی بعنوان یک ویژگی ذاتی محسوب می‌شود. از این رو استفاده از روش‌هایی که از داده‌های غیردقیق و فازی بهره می‌گیرند می‌تواند گامی در جهت افزایش توان کاربردی آنها باشد. منطق فازی در قالب روش های مختلف برنامه ریزی مورد استفاده قرار گرفته است. برنامه‌ریزی فازی و برنامه ریزی ریاضی امکان از جمله این روش ها هستند که در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفته است.

رهیافت برنامه ریزی فازی

مدل‌سازی بر اساس تئوری فازی که توسط زاده (۲۲)، ارائه شد را می توان به این صورت ارایه نمود. اگر یک مسأله برنامه ریزی خطی متعارف را به شکل زیر در نظر بگیریم

$$\text{minimize} : Z = C_i X_i \quad (۱)$$

$$\text{subject to}:$$

$$A_i X_i \le b_j \quad (۲)$$

$$X \ge 0 \quad (۳)$$

که در آن Z تابع هدف، C_i بردار ضرایب تابع هدف، X_i بردار فعالیتها، A ماتریس ضرایب محدودیتها و b_j بردار منابع می‌باشد. i و j نیز به ترتیب شاخص بیانگر فعالیت ها و منابع می باشد. آنگاه الگوی فازی آن بصورت زیر خواهد بود (۱۵):

$$\tilde{C}X \prec\approx Z_0, \quad (۴)$$

$$\tilde{A}X \prec\approx b, \quad (۵)$$

$$X \geq 0 \qquad (۶)$$

که درآن علامت $\precsim$ در مجموعه قیود به معنی " لزوماً کوچکتر یا برابر با" است و امکان دست یابی به مقادیر دقیق را فراهم می‌کند. $\tilde{A}$ و $\tilde{C}$ نیز مقادیر نادقیق یا فازی هستند. در این رهیافت اهداف و قیود بوسیله توابع عضویت تعریف می‌شوند و از این حیث میان این دو گروه هیچ تفاوتی وجود ندارد. تابع عضویت خطی در دامنه پارامتر دارای مقادیر پیوسته افزایشی یا کاهش است و بوسیله کران‌های قابل پذیرش بالا و پایین پارامتر تعریف می‌شود. تابع هدف فازی $\tilde{Z} \in X$ یک زیرمجموعه فازی از X است بگونه ای که X بوسیله تابع عضویت آن بصورت $\mu_Z(X): X \to [0,1]$ مشخص می‌شود. تابع عضویت خطی برای اهداف فازی حداقل سازی بصورت زیر است:

$$\mu_Z(x) = \begin{cases} 1 & if \quad Z_j(x) \leq Z_j^{\min}, \\ [Z_j^{\max} - Z_j(x)]/[Z_j^{\max} - Z_j^{\min}] & if \quad Z_j^{\min} \leq Z_j(x) \leq Z_j^{\max}, \\ 0 & if \quad Z_j(x) \geq Z_j^{\max}, \end{cases} \qquad (۷)$$

که در آن $j = 1,2,...,J$. در اینجا $Z_j^{\min}$ و $Z_j^{\max}$ به ترتیب حداقل و حداکثر $Z_j(x^*)$ و x^* جواب بهینه است. همچنین برای حالت حداکثرسازی یک هدف می توان آن را بصورت زیر نوشت:

$$\mu_Z(x) = \begin{cases} 1 & if \quad Z_j(x) \geq Z_j^{\max}, \\ [Z_j(x) - Z_j^{\min}]/[Z_j^{\max} - Z_j^{\min}] & if \quad Z_j^{\min} \leq Z_j(x) \leq Z_j^{\max}, \\ 0 & if \quad Z_j(x) \leq Z_j^{\min}, \end{cases} \qquad (۸)$$

قید فازی $\tilde{C} \in X$ یک زیرمجموعه فازی از X است بگونه ای که X بوسیله تابع عضویت آن بصورت $\mu_C(X): \quad X \to [0,1]$ مشخص می‌شود. تابع عضویت خطی برای قید فازی بصورت زیر است:

$$\mu_C(x) = \begin{cases} 1 & if \quad g_k(x) \leq b_k, \\ [1 - \{g_k(x) - b_k\}/b_d] & if \quad b_k \leq g_k(x) \leq b_k + d_k, \\ 0 & if \quad b_k + d_k(x) \leq g_k(x), \end{cases} \qquad (۹)$$

که در آن $k = 1,2,...,K$ و بیانگر تمامی پارامترها است. d_k نیز فاصله نوسانات مجاز است. جواب فازی حاصل حل توأم زیر مجموعه اهداف و قیود فازی است که به تعیین فصل مشترک آنها منجر می‌شود. تابع عضویت جواب فازی از رابطه زیر حاصل می‌شود:

$$\mu_S(x) = \mu_Z(x) \cap \mu_C(x) = \min[\mu_Z(x); \mu_C(x)] \qquad (۱۰)$$

در رابطه فوق $\mu_Z(x)$، $\mu_C(x)$ و $\mu_S(x)$ به ترتیب توابع عضویت اهداف، قیود و جواب است. جواب بهینه جوابی است که دارای بالاترین درجه مقدار عضویت باشد. فرمول‌بندی فوق بصورت فازی بود. اما برای حل باید آن را بصورت معادلات قطعی درآوریم. شکل قطعی روابط یاد شده بصورت زیر است:

$$Maximize \quad \lambda \qquad (۱۱)$$

Subject to

$$\lambda(Z_j^{\max} - Z_j^{\min}) + Z_j(x) \leq Z_j^{\max} \qquad (۱۲)$$

$$\lambda(Z_j^{\min} - Z_j^{\max}) - Z_j(x) \leq Z_j^{\min} \qquad (۱۳)$$

$$\lambda(d_x) + g_k(x) \leq b_k + d_k \qquad (۱۴)$$

$$Ax \leq b \qquad (۱۵)$$

$$x \geq 0 \qquad (۱۶)$$

$$0 \leq \lambda \leq 1 \qquad (۱۷)$$

برای تعیین مقادیر حداقل یا حداکثر هر یک از اهداف نیز بر اساس روش پیشنهادی زیمرمن (۲۳)، می‌توان هریک از آنها را بطور مجزا و انفرادی حل و مقدار بهینه آنها را به دست آورد. بر اساس این روش مقادیر فعلی اهداف بعنوان مقدار غیر بهینه و مقدار حاصل از الگوی بهینه سازی بعنوان مقدار بهینه مورد استفاده قرار می‌گیرد.

رهیافت برنامه ریزی ریاضی امکان

در عنوان این رهیافت نیز هر چند که واژه فازی دیده نمی شود اما بر مفهوم فازی و توابع عضویت فازی متکی است که در ادامه بطور مشروح ذکر شده است. روش های مختلفی برای تدوین مدل و حل رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی امکان وجود دارد که از میان آنها روش لای و هوانگ (۱۶)، از کاربرد زیادی برخوردار است. در این روش فرض می شود که می‌توان توزیع مقادیر ضرایب فازی را با استفاده از یک توزیع احتمال مثلثی بیان نمود که سه مقدار بالاترین، پایین‌ترین و محتمل‌ترین مقدار را اختیار می کند. به بیان دیگر ضرایب بصورت زیر است:

$$\tilde{C}_i = (C_i^l, C_i^m, C_i^h) \qquad i = 1,2,...,n \qquad (۱۸)$$

$$\tilde{A}_j = (a_j^l, a_j^m, a_j^h) \qquad j = 1,2,...,k \qquad (۱۹)$$

در روابط فوق بالانویس‌های l، h و m به ترتیب بیانگر مقادیر پایین، بالا و محتمل‌ترین برای ضرایب فازی است. i و j نیز بیانگر اهداف و محدودیت‌های متعدد در الگوی برنامه‌ریزی هستند. در صورتی که هدف حداکثرسازی باشد باید کوشش نمود ترکیبی از فعالیت‌ها انتخاب شود که ضمن حداکثرسازی مقدار محتمل‌ترین موقعیت $(C_i^h - C_i^m)$ حداکثر و مقدار $(C_i^m - C_i^l)$ حداقل شود. حداکثرسازی هدف $(C_i^h - C_i^m)$ به معنی افزایش احتمال دست‌یابی به الگوی کشت دارای بازده ناخالص حداکثر می‌باشد در حالی که حداقل سازی جمله $(C_i^m - C_i^l)$ در واقع ریسک اختیار کردن الگوی کشت دارای بازده ناخالص حداقل را حداقل می‌نماید. بنابراین در قالب مجموعه‌ای از اهداف شرط فوق را می‌توان بصورت زیر نوشت (۲۱):

$$\max z_1 = \quad (C_i^h - C_i^m) = \sum_{i=1}^{n} (c_i^h - c_i^m) X_i \qquad (۲۰)$$

$$\min z_2 = \quad (C_i^m - C_i^l) = \sum_{i=1}^{n} (c_i^m - c_i^l) X_i \qquad (۲۱)$$

$$\max z_3 = \quad (C_i^m) = \sum_{i=1}^{n} (c_i^m) X_i \qquad (۲۲)$$

در روابط فوق پارامتر c نشان دهنده ضرایب تابع هدف، i بیانگر محصولات مختلف و X سطح زیرکشت است. روابط فوق برای حداکثرسازی بازده ناخالص مورد استفاده قرار گرفت. برای هدف

حداقل‌سازی روابط فوق بصورت زیر خواهد بود:

$$\min z_4 = \quad (C_i^{\,h} - C_i^{\,m}) = \sum_{i=1}^{n} (c_i^h - c_i^m) X_i \qquad (۲۳)$$

$$\max z_5 = \quad (C_i^{\,m} - C_i^{\,l}) = \sum_{i=1}^{n} (c_i^m - c_i^l) X_i \qquad (۲۴)$$

$$\min z_6 = \quad (C_i^{\,m}) = \sum_{i=1}^{n} (c_i^m) X_i \qquad (۲۵)$$

مشابه روابط قبل در اینجا نیز هدف اول ریسک اختیار الگوی کشت دارای مقدار هدف نامطلوب در سطح بالا را حداقل می کند اما با توجه به اینکه مقادیر پایین تر مطلوب هستند هدف دوم احتمال دست یافتن به مقدار هدف در سطوح پایین را حداکثر می نماید. برای هدف کاهش آب مصرفی از این مجموع روابط استفاده گردید.

در مورد محدودیت ها نیز در حالت کلی با استفاده از منطق فازی می توان روابط زیر ارایه نمود:

$$A_j^{\,l} = \sum_{j=1}^{k} a_{j\beta}^{l} X_j \le b_{j\beta}^{l} \qquad (۲۶)$$

$$A_j^{\,m} = \sum_{j=1}^{k} a_{j\beta}^{m} X_j \le b_{j\beta}^{m} \qquad (۲۷)$$

$$A_j^{\,h} = \sum_{j=1}^{k} a_{j\beta}^{h} X_j \le b_{j\beta}^{h} \qquad (۲۸)$$

در این روابط نیز b بیانگر میزان منابع در دسترس است. j نیز به محدودیت ها اشاره دارد که در k محدودیت در نظر گرفته شده است. همچنین β حداقل احتمال قابل پذیرش است. به عبارت دیگر مقادیر ضرایب فنی و سمت راست محدودیت ها خود در سه سطح حداکثر، متوسط و حداقل مورد استفاده قرار می‌گیرند. در ادامه بررسی پس از تبدیل مقادیر به دست آمده با استفاده از توابع عضویت زیر و همچنین حداکثرسازی این توابع می‌توان الگوی بهینه را ارایه نمود. برای تبدیل مقادیر فازی به مقادیر قطعی در هدف حداکثرسازی روابط تبدیل زیر مورد استفاده خواهد بود که تابع عضویت اهداف یاد شده برای اهداف حداکثرسازی و حداقل‌سازی به ترتیب بصورت روابط (۲۹) و (۳۰) خواهد بود (۲۱):

$$\mu_i(z_i) = \begin{cases} 1 & if \quad z_i \ge z_i^{PIS} \\ z_i - z_i^{NIS} / z_i^{PIS} - z_i^{NIS} & if \quad z_i^{NIS} \le z_i \le z_i^{PIS} \\ 0 & if \quad z_i \le z_i^{NIS} \end{cases} \qquad (۲۹)$$

$$\mu_i(z_i) = \begin{cases} 1 & if \quad z_i \le z_i^{NIS} \\ z_i^{NIS} - z_i / z_i^{NIS} - z_i^{PIS} & if \quad z_i^{NIS} \le z_i \le z_i^{PIS} \\ 0 & if \quad z_i \ge z_i^{PIS} \end{cases} \qquad (۳۰)$$

روابط فوق z^{PIS} و z^{NIS} به ترتیب مقادیر ایده آل مثبت و منفی هستند که مقادیر ایده‌آل مثبت بر اساس روش پیشنهادی زیمرمن (۲۳)، از طریق اجرای الگوی برنامه‌ریزی ریاضی مجزا برای هر یک از اهداف ضمن حفظ سایر اهداف در شرایط جاری آنها به دست می‌آید و مقادیر اهداف در سطح فعلی نیز بعنوان مقدار ایده‌آل منفی مورد استفاده قرار می‌گیرد. الگوی بهینه سازی رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی امکان بر اساس آنچه گفته شد پس از تبدیل به حالت غیرفازی بصورت زیر خواهد بود:

$$Maximize \quad \lambda \qquad (۳۱)$$

Subject to

برای تمامی kها؛ ، k=1,2,…,K

$$\lambda \le z_k(x) - z_k^{NIS} / z_k^{PIS} - z_k^{NIS}$$

برای تمامی sها؛ ، s=1,2,…,S

$$\lambda \le z_s^{NIS} - z_s(x) / z_2^{NIS} - z_2^{PIS}$$

$$A_j^{\,l} = \sum_{j=1}^{k} a_{j\beta}^{l} X_j \le b_{j\beta}^{l} \qquad (۳۲)$$

$$A_j^{\,m} = \sum_{j=1}^{k} a_{j\beta}^{m} X_j \le b_{j\beta}^{m} \qquad (۳۳)$$

$$A_j^{\,h} = \sum_{j=1}^{k} a_{j\beta}^{h} X_j \le b_{j\beta}^{h} \qquad (۳۴)$$

$$\lambda \in [0,1] \qquad (۳۵)$$

در روابط فوق مجموعه K اهدافی را در بر می‌گیرد که هدف حداکثرسازی بر آنها مترتب است و مجموعه S اهداف حداقل سازی را نشان می دهد. λ نیز تابع عضویت را نشان می دهد. این الگو بصورت یک عملگر «حداکثر حداقل‌ها» عمل می‌کند و از ارایه راه حل توافقی باز می‌ماند. از همین رو می توان با اجرای مرحله دوم آن امکان دست یابی به الگوی مطلوب تر را نیز بررسی نمود که در آن تابع عضویت مشروط بر محدودیت‌های مرحله اول الگو و تأمین تابع عضویت حداقل در سطح الگوی مرحله اول حداکثر می‌شود. یکی از روش‌های پرکاربرد برای اجرای مرحله دوم روش لی و همکاران (۱۷)، بصورت زیر است:

$$Maximize \quad \lambda(v) = \sum_{z} \theta_z \, \mu_z(v) \qquad (۳۶)$$

Subject to

$$\lambda_z \le \mu_z(v) \qquad z = K + S \qquad (۳۷)$$

$$A_j^{\,l} = \sum_{j=1}^{k} a_{j\beta}^{l} X_j \le b_{j\beta}^{l} \qquad (۳۸)$$

$$A_j^{\,m} = \sum_{j=1}^{k} a_{j\beta}^{m} X_j \le b_{j\beta}^{m} \qquad (۳۹)$$

$$A_j^{\,h} = \sum_{j=1}^{k} a_{j\beta}^{h} X_j \le b_{j\beta}^{h} \qquad (۴۰)$$

$$\lambda_z, \mu_z(v) \in [0,1] \qquad (۴۱)$$

در روابط فوق θ_z وزن اختصاص داده شده به تابع عضویت است و سایر متغیرها نیز پیش‌تر معرفی شد.

مشخص گردید که اهداف متعددی در این مطالعه مورد توجه است لذا لازم است با استفاده از رهیافت برنامه‌ریزی چند هدفی نسبت به تأمین این اهداف اقدام گردد. این رهیافت امکان بهینه سازی چند هدف را بطور توأم مشروط بر محدودیت منابع فراهم می‌نماید. البته اغلب به جای یک جواب بهینه یک مجموعه از جواب‌ها حاصل

می‌شود که این شرایط نیز امکان مبادله میان جواب‌ها را ممکن می‌سازد. بطور کلی سه روش برای حل الگوهای چند هدفی وجود دارد. این روش‌ها عبارتند از روش وزنی، روش مقید و روش سیمپلکس چند معیاری. روش اعمال محدودیت از استفاده بیشتر برخوردار است (۱۱). در روش مقید hامین تابع هدف بهینه و k-1 هدف باقیمانده در قالب محدودیت گنجانده می‌شوند.

$$Max \quad Z_h(x) \tag{۴۲}$$

$$Subjet\ to:$$

$$Z_1(x_1, x_2, ..., x_n) \le b_1 . \tag{۴۳}$$
$$Z_{(h-1)}(x_1, x_2, ..., x_n) \le b_{(h-1)}$$
$$Z_{(h+1)}(x_1, x_2, ..., x_n) \le b_{(h+1)}$$
$$X \in F$$
$$X \ge 0 \tag{۴۴}$$

که در آن bi مجموعه قید برای هر یک از محدودیت‌ها در بهینه‌سازی مقید مورد نظر است. مقادیر افزایشی در پارامتر bi از رابطه زیر به دست می‌آید (۹):

$$L_{ir} = n_i + t(r-1)^{-1}(M_j - n_i), \quad \begin{matrix} j = 1,2,...,h-1,h+1,...,p; \\ t = 0,1,2,...,(r-1), \end{matrix} \tag{۴۵}$$

Li مقادیر انتخاب شده bi از دامنه $t(r-1)^{-1}(M_j - n_j)$ است.

Mو n نیز به ترتیب بهترین و بدترین مقدار برای هدف i و r تعداد دامنه است. برای حل الگوی چندهدفی قطعی از مجموعه روابط فوق استفاده گردید. با توجه به دست یابی به الگوهای بهینه از رهیافت های یاد شده بر اساس اهداف مورد نظر از میان آنها باید انتخاب نمود که برای این منظور نیز از منطق فازی بصورت زیر بهره گرفتیم.

فرض کنید که $i \in [1, N]$ و N تعداد الگوهای ارایه شده توسط رهیافت برنامه‌ریزی چندهدفی است و $j \in [1, M]$ که j نیز اهداف مورد استفاده است. همچنین فرض می‌کنیم که X_j مقداری است که هدفj برای الگوی i اختیار می‌کند. اگر مقادیر اهداف مورد استفاده را بصورت نزولی رتبه‌بندی کنیم که طی آن مقادیر بالاتر برای هدف یاد شده به معنی اولویت بیشتر باشد آنگاه تابع عضویت شاخص j را برای منطقه $\mu_j(i)$ را می‌توان بصورت زیر تعریف نمود (۶):

$$\mu_j(i) = \begin{cases} 1 & if \quad x_j^i \le x_j^{\min} \\ x_j^{\max} - x_j^i / x_j^{\max} - x_j^{\min} & if \quad x_j^{\min} \le x_j^i \le x_j^{\max} \\ 0 & if \quad x_j^i \ge x_j^{\max} \end{cases} \tag{۴۶}$$

که در آن $x_j^{\min} = Min_i(x_j^i)$ و $x_j^{\max} = Max_i(x_j^i)$. تابع $\mu_j(i)$ درجه برخورداری iامین الگو را نسبت به هدف j اندازه‌گیری می‌کند. برای فازی‌سازی اهداف حداقل‌سازی از این رابطه استفاده شد. به همین ترتیب اگر اهداف را بصورت صعودی مرتب کنیم تابع عضویت بصورت زیر تعریف خواهد شد:

$$\mu_j(i) = \begin{cases} 1 & if \quad x_j^i \ge x_j^{\max} \\ x_j^i - x_j^{\min} / x_j^{\max} - x_j^{\min} & if \quad x_j^{\min} \le x_j^i \le x_j^{\max} \\ 0 & if \quad x_j^i \le x_j^{\min} \end{cases} \tag{۴۷}$$

توابع یاد شده توابعی افزایشی از درجه برخورداری الگو بوده و مقادیری بین صفر و یک اختیار می‌کنند. از این تابع عضویت نیز برای فازی سازی اهداف حداکثرسازی استفاده گردید. با توجه به اینکه اهداف مورد استفاده نامتجانس هستند لذا لازم است بگونه‌ای متجانس گردند. در این مطالعه با استفاده از روش پیشنهادی سریولی و زانی (۷) برای تابع عضویت اهداف مورد استفاده، میانگین وزن هندسی بصورت زیر تعیین گردید:

$$\mu(i) = \sum_{i=1}^{M} w_j \mu_j(i) \tag{۴۸}$$

در رابطه فوق $w_j \ge 0$ و $\sum_{j=1}^{M} w_j = 1$. در این رابطه w_j وزن هدف j است. چاپیرو مارتینتی (۸)، معتقد است مقادیر وزن اهداف باید بین حداکثر و حداقل باشد. این معیار برهم‌کنش میان اهداف را لحاظ می‌کند. بر این اساس وزن اهداف بصورت زیر تعریف می‌گردد (۶):

$$w_j = \ln(1/\mu_j) / \sum_{j=1}^{M} \ln(1/\mu_j) \tag{۴۹}$$

$$\bar{\mu} = \sum_{i=1}^{N} \mu_j(i) / N \tag{۵۰}$$

در رابطه فوق wj تابعی معکوس از میانگین سطح اهداف نسبت به هدف j است. تابع لگاریتمی نیز بیانگر آن است که اولویت هر الگوی بهینه تابعی غیرخطی از اهداف مورد استفاده می‌باشد.

اهداف مورد توجه نیز شامل افزایش بازده ناخالص، کاهش ریسک بازده ناخالص و کاهش مصرف آب می باشد. افزایش بازده ناخالص و کاهش ریسک بعنوان هدف بهره برداران و کاهش مصرف آب بعنوان هدف سیاستگذاران در نظر گرفته شده است. البته در رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی امکان اهداف افزایش بازده ناخالص و کاهش مصرف آب دارای اجزای جزیی‌تر نیز می باشد.

ریسک نیز بصورت واریانس بازده‌ناخالص یا درآمد مورد بررسی قرار گرفت. استفاده از واریانس درآمد بعنوان معیاری از ریسک از قدمت بسیار زیادی برخوردار است. در این بررسی با توجه به اهمیت ارایه الگویی که هدف حداقل ریسک را تأمین نماید واریانس درآمد مورد استفاده قرار گرفت. واریانس درآمد حاصل از محصول i با بازده ناخالص R_i را می‌توان بصورت زیر نوشت (۱۱):

$$V(I) = \sum\sum \sigma_{ij} X_i X_j \qquad i, j = 1,2,...,n \tag{۵۱}$$

رابطه فوق دارای سه جز است که عبارتند از σ_{ij} که ماتریس مربع واریانس–کوواریانس بازده حاصل از تولید محصولات i و j است و دو جزء دیگر X_i و X_j است که سطح فعالیت محصول i و j را نشان می دهد. در الگوی مورد استفاده تابع هدف بصورت

حداقل‌سازی معادله فوق تعریف گردید.

همانطور که عنوان شد در این مطالعه اهداف متعددی مورد توجه است لذا لازم بود در بهینه سازی و ارایه الگوی بهینه به تمامی این اهداف توجه شود. در این راستا لازم است برای هر یک از اهداف یک نقطه ایده آل مثبت و یک نقطه ایده آل منفی انتخاب شود که معمولاً شرایط پیش رو برای هر یک از اهداف بعنوان نقطه ایده آل منفی مورد استفاده قرار می گیرد و نقطه ایدآل دیگر از طریق اجرای یک الگوی برنامه ریزی ریاضی به دست می آید. در اغلب مطالعات برای یافتن نقطه ایده آل مثبت از روش پیشنهادی زیمرمن (۲۳)، استفاده می‌شود که طی آن هدف مورد نظر مشروط به تأمین سایر اهداف در سطح فعلی یا به عبارتی در سطح غیر بهینه آنها حداقل یا حداکثر می‌شود. از جمله مطالعاتی که از این روش استفاده کرده اند می توان به کومار و همکاران (۱۵)، وانگ و لیانگ (۲۱)، اوزگن و همکاران (۱۸)، و ترابی و حسینی (۲۰)، اشاره کرد. در این مطالعه بازده ناخالص کل حاصل از الگوی کشت فعلی بعنوان بازده ناخالص ایده آل منفی و مقادیر حاصل از الگوی برنامه‌ریزی ریاضی حداکثرکننده بازده ناخالص در حضور سایر اهداف و محدودیت ها بعنوان مقادیر ایده آل مثبت مورد استفاده قرار گرفت. برای متغیرهای بازده ناخالص و مصرف آب مقادیر ضرایب و همچنین مقدار در دسترس یا مورد نظر دارای سه سطح حداکثر، حداقل و متوسط می باشد.

افزایش بازده ناخالص خود شامل سه هدف جزیی حداکثرسازی بازده ناخالص متوسط، حداکثرسازی اختلاف میان بازده ناخالص متوسط و حداکثر (افزایش احتمال دست یافتن به بازده ناخالص حداکثر) و همچنین حداقل سازی اختلاف میان بازده ناخالص متوسط و حداقل (کاهش ریسک وقوع بازده ناخالص حداقل) می باشد. هدف کاهش مصرف آب در قالب سه هدف جزیی تر تعقیب شد. هدف جزیی اول شامل کاهش مصرف متوسط آب است. هدف جزیی دوم بصورت افزایش اختلاف میان مصرف متوسط و حداقل یا افزایش احتمال دست‌یابی به الگوی حداقل مصرف آب است و نهایتاً نیز هدف کاهش اختلاف میان مصرف متوسط و حداکثر یا کاهش ریسک وقوع الگوی مصرف آب حداکثر مورد توجه قرار گرفته است. به عبارت دیگر در الگوی بهینه بطور همزمان هفت هدف مورد توجه قرار گرفته است. نکته دیگر آن است که رهیافت برنامه ریزی ریاضی امکان در قالب دو مرحله اجرا شد که در مرحله اول الگویی بهینه ارایه و در مرحله بعد بر اساس تابع عضویت به دست آمده از مرحله اول با اختصاص وزن های مختلف به توابع عضویت به دست آمده الگوهای دیگری ارایه شده است که در ادامه، مباحث دقیق تری از این رهیافت نیز ارایه شده است. لازم به ذکر است که یافتن مقادیر بهینه هر یک از اهداف انفرادی بر اساس روش زیمرمن (۲۳)، متضمن یک الگوی بهینه است که به دلیل رعایت اختصار ارایه نشده‌اند و تنها الگوی نهایی حاصل از اجرای مراحل اول و دوم رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی امکان ارایه شده است.

محدویت‌های الگو شامل محدودیت زمین، آب، نیروی‌کار، سرمایه، کودشیمیایی و آیش می‌باشد. از میان محدودیت های یاد شده محدودیت زمین، آب و نیروی کار بصورت ماهانه لحاظ گردید. به بیان دیگر مقادیر در دسترس نهاده‌های یاد شده برای هر ماه بعنوان یک محدودیت لحاظ گردید. در مورد سایر محدودیت ها شامل سرمایه، کودشیمیایی و آیش محدودیت برای یک دوره یا سال زراعی در قالب یک محدودیت لحاظ گردید. اطلاعات مطالعه شامل دو بخش داده‌های مقطعی و داده‌های سری‌زمانی می باشد. داده های مقطعی بصورت پیمایشی و با مراجعه به بهره‌برداران و تکمیل پرسشنامه در میان بهره‌برداران استان کهگیلویه‌وبویراحمد (منطقه کهگیلویه) جمع‌آوری شد. نمونه منتخب نیز شامل ۹۰ بهره‌بردار است که بصورت تصادفی انتخاب گردید. این داده‌ها شامل مقادیر متوسط، حداکثر و حداقل استفاده از نهاده ها و محصولات تولیدی و همچنین ارزش هر یک از آنها در سال ۱۳۸۷ می‌باشد. داده‌های سری‌زمانی نیز که برای لحاظ کردن هدف کاهش ریسک استفاده شد شامل مقادیر سری‌زمانی قیمت و عملکرد محصولات عمده منطقه منتخب در دوره ۸۷-۱۳۷۵ است که از پایگاه اطلاعاتی وزارت جهاد کشاورزی (۳)، و FAO (۱۰)، به دست آمد. البته اطلاعات قیمت مربوط به کل ایران بود. بمنظور ارایه الگوهای بهینه نیز از بسته نرم‌افزاری LINGO10 استفاده شد.

نتایج و بحث

یافته‌های حاصل از رهیافت‌های برنامه‌ریزی چندهدفی قطعی، فازی و امکان به تفکیک آمده است. پس از ارایه نتایج این رهیافت‌ها که استفاده از آنها بطور طبیعی منجر به ایجاد الگوهای مختلفی می‌شود، بمنظور انتخاب از میان الگوها بر اساس اهداف متعدد از رهیافت منطق فازی استفاده شده است. الگوهای ارایه شده مربوط به بهره‌بردار نماینده با سطح زیرکشت ۸/۸ هکتار می‌باشد.

الگوهای حاصل از برنامه‌ریزی ریاضی امکان

یافته های حاصل از الگوی بهینه مرحله اول و مرحله دوم دارای وزن برابر در جدول (۱) آمده است. در الگوی بهینه مرحله اول ترکیب کشت متنوع می باشد و تنها دو محصول ذرت علوفه ای و لوبیا در الگو حضور ندارند. نکته دیگر در مورد تغییرات الگوی کشت آن است که در مقایسه با الگوی فعلی بهره‌برداران دارای توزیع متعادل‌تری است و حداکثر سطح زیرکشت به ذرت اختصاص دارد که تنها اندکی بالاتر از ۲ هکتار است و پس از آن نیز خربزه و هندوانه به ترتیب حدود ۱/۷ و ۱/۵ هکتار را به خود اختصاص داده اند. به بیان دیگر می‌توان گفت تأمین اهداف متعدد متعارض (البته تعارض در درون

اجزای هر هدف نیز وجود دارد. اهداف جزیی هر هدف همانطور که پیش تر برای بازده ناخالص نیز ذکر شد شامل سه مورد می باشد) منجر به تنوع بالا و توزیع متعادل‌تر سطح زیرکشت میان محصولات شده است. از نظر مقادیر اهداف تحت تعقیب می‌توان گفت در الگوی بهینه مرحله اول جدول (۱) سعی شده است تا به هدف کاهش ریسک نیز توجه شود و این باعث شده است تا امکان بهبود بیشتر اهداف بازده ناخالص و مصرف آب اندکی محدود تر شود. به بیان دیگر میزان بهبود در ریسک یا کاهش ریسک به قیمت عدول از شرایط ایده‌آل اهداف بازده ناخالص و مصرف آب به میزان بسیار اندک (۵/۱۱ درصد) بوده است. تابع عضویت الگوی بهینه مرحله اول ۲۹ درصد است و به معنی آن است که با استفاده از الگوی ارایه شده امکان تعقیب توأم تمامی اهداف هفت گانه تنها تا سطح ۲۹ درصد فرآهم می باشد.

در ستون های انتهایی جدول (۱) الگوی بهینه مرحله دوم ارایه شده است که از حل رابطه حداکثرسازی شماره (۳۶) مشروط بر محدودیت های (۴۱)-(۳۷) حاصل شده است. البته هر چند که انتظار می رود در مرحله دوم به الگوی بهتری دست یافت اما بر اساس آنچه که تابع عضویت نشان می دهد میزان بهبود اندکی بیشتر از ۱ درصد (افزایش از ۲۹/۱ به ۳۰/۴ درصد) است. این نتیجه حاکی از تعارض بالای اهداف متعدد با یکدیگر است. الگوی کشت حاصل از بهینه سازی مرحله دوم دارای تفاوت اندکی با الگوی کشت مرحله اول است و مهمترین تغییر حذف گندم از الگوی کشت است. البته در ازای آن سطح زیرکشت هندوانه و ذرت اندکی افزایش یافته است. لذا همانطور که تابع عضویت نیز نشان داد می توان به تفاوت اندک میان دو الگو از نظر ترکیب محصولات کشت شده نیز اشاره نمود. از نظر اهداف تحت تعقیب نیز تفاوت با الگوی کشت بهینه مرحله اول بصورت کاهش میزان بهبود در بازده ناخالص و در ازاء آن بهبود نچندان قابل ملاحظه در کاهش مصرف آب و کاهش ریسک دیده می‌شود. به عبارتی در مقایسه با الگوی بهینه مرحله اول کاهش بیشتر مصرف آب و ریسک به مقدار بسیار ناچیز در ازاء کاهش رشد بازده ناخالص منجر به بهبود بسیار اندکی در الگوی کشت شده است. بطور کلی می توان گفت الگوهای کشت بهینه از نظر سطح زیرکشت محصولات با الگوی فعلی دارای تفاوت زیاد است. علت این تفاوت بهبود همزمان سه هدف متعارض افزایش بازده ناخالص، کاهش ریسک و کاهش مصرف آب در الگوی بهینه نسبت به الگوی فعلی است. این استدلال در مورد الگوهای بهینه به دست آمده در جدول (۲) در مقایسه با الگوی فعلی بهره‌برداران نیز صادق است.

ارایه الگوی بهینه رهیافت برنامه ریزی ریاضی امکان در مرحله دوم که در جدول (۱) ارایه شد در شرایطی به دست آمده است که برای تمامی اهداف یا توابع عضویت وزن یکسانی در نظر گرفته شده است و حال آنکه ممکن است با اختصاص وزن های مختلف بتوان به الگوی دیگری با تابع عضویت بالاتر نیز دست یافت. از همین رو برای اهداف متعدد وزن های مختلفی در نظر گرفته شد و روند ارایه الگوی بهینه در مرحله دوم بر اساس رهیافت برنامه ریزی ریاضی امکان ادامه یافت که نتایج آن در جدول (۲) ارایه شده است.

همانطور که در زیر جدول (۲) نیز آمده است سه هدف اول مربوط به افزایش بازده ناخالص، هدف چهارم کاهش ریسک می باشد و سه هدف آخر نیز به کاهش مصرف آب تعلق دارد. اهمیت بیشتر یک هدف بصورت اختصاص وزن ۰/۴ به آن هدف و اختصاص وزن یکسان ۰/۱ یا ۱۰ درصد به سایر اهداف است. ابتدا برای دو هدف افزایش بازده ناخالص متوسط و کاهش اختلاف میان بازده ناخالص متوسط و حداقل وزنی معادل ۴۰ درصد اختصاص یافت و مشخص گردید که دادن وزن بیشتر به هر دو هدف منجر به ترکیب یکسانی از محصولات می شود و تابع عضویت آنها برابر با ۰/۳۰۰ به دست آمد که پایین تر از تابع عضویت مرحله دوم تحت شرایط وزن های یکسان است که در جدول (۱) مورد بررسی قرار گرفت. البته از نظر ترکیب محصولات دارای شباهت بالایی هستند و تغییر در سطح زیرکشت محصولات الگو تنها کمتر از ۰/۰۴ هکتار است. بر حسب اهداف مورد توجه نیز میان الگوی بهینه مرحله دوم دارای وزن برابر و الگوهای یاد شده تفاوتی دیده نمی‌شود. اختصاص وزن ۴۰ درصد به هدف سوم نیز تنها تغییر بسیار اندکی را در الگوی بهینه کشت موجب شده است. البته از نظر اهداف مورد توجه می توان گفت با الگوهایی که به اهداف اول و دوم وزن بالاتری تخصیص دادند دارای تفاوت نیستند و تنها در ترکیب محصولات کشت شده تفاوت هایی جزیی دیده می‌شود. مهمترین تغییرات حذف گندم از الگو و ورود ذرت علوفه‌ای است که در هیچ یک از الگوهایی که تاکنون ارایه شده است ذرت علوفه ای حضور نداشت. بنابراین اختصاص وزن بالاتر به زیرمجموعه اهداف بازده ناخالص در مقایسه با شرایطی که برای تمامی اهداف وزن یکسانی در نظر گرفته می شود شرایط چندان متفاوتی را موجب نمی‌شود. در صورتی که برای هدف چهارم یا کاهش ریسک وزن بالاتری را در نظر بگیریم مهمترین تغییر در الگو بصورت تقویت حضور گندم در ترکیب محصولات است که با توجه به ریسک پایین ناشی از قیمت تضمینی محصول گندم مبتنی بر انتظار است. البته این تغییر هر چند چندان قابل توجه نیست اما این مهمترین تغییر است زیرا که از نظر اهداف مورد توجه میان این الگو با سایر الگوها تفاوت زیادی دیده نمی شود. همچنین بر اساس تابع عضویت مشخص می شود که این الگو دارای موقعیتی مشابه الگو بهینه مرحله دوم دارای وزن های برابر است. اهمیت بیشتر هدف پنجم نیز منجر به دست یافتن به الگویی مشابه الگوهای دارای وزن بالاتر در اهداف اول و دوم شده است که تنها تفاوت در سطح زیرکشت حذف گندم از الگوی کشت است که البته سطح زیرکشت گندم نیز در الگوهای یاد شده تنها ۰/۰۳ هکتار بوده است.

جدول ۱- سطح زیرکشت (هکتار) و مقادیر اهداف متعدد در الگوهای فعلی و بهینه برنامه ریزی ریاضی امکان بهینه کننده توأم بازده ناخالص، ریسک و مصرف آب

نام محصول	الگوی فعلی	الگوی بهینه مرحله اول		الگوی بهینه مرحله دوم با وزن برابر برای توابع عضویت	
	سطح زیرکشت	سطح زیرکشت	تغییر نسبت به الگوی فعلی (٪)	سطح زیرکشت	تغییر نسبت به الگوی فعلی (٪)
ذرت دانه‌ای	۱/۱	۲/۰۷	۸۸	۲/۱۴	۹۵
برنج	۰/۳	۱/۴۷	۳۹۰	۱/۴۹	۳۹۷
یونجه	۰/۲	۰/۱۷	-۱۵	۰/۱۵	-۲۵
لوبیا	۰/۱	-	-	-	-
هندوانه	۳/۲	۱/۵۲	-۵۲	۱/۶۲	-۴۹
گندم	۳/۲	۰/۲۸	-۹۱	-	-
ذرت علوفه‌ای	۰/۱	-	-	-	-
خربزه	۰/۶	۱/۷۲	۱۸۷	۱/۶۲	۱۷۰
بازدهی ناخالص(میلیون ریال)	بازده ناخالص حداکثر (۲۹۳/۵ میلیون ریال)	۳۰۶/۳	۴/۳۶	۳۰۵/۹	۴/۲۵
	بازده ناخالص متوسط (۲۰۶/۸ میلیون ریال)	۲۱۳/۱	۳/۰۸	۲۱۲/۹	۲/۹۶
	بازده ناخالص حداقل (۹۰ میلیون ریال)	۱۰۲/۲	۱۳/۵۸	۱۰۲	۱۳/۳۶
مصرف آب(هزارمترمکعب)	بازده ناخالص حداکثر (۲۲۵/۲ هزار مترمکعب)	۱۸۰/۷	-۱۹/۷۴	۱۸۰/۲	-۱۹/۹۸
	بازده ناخالص متوسط (۱۶۵/۹ هزار مترمکعب)	۱۵۴/۷	-۶/۷۴	۱۵۴/۶	-۶/۸۴
	بازده ناخالص حداقل (۱۱۳/۳ هزار مترمکعب)	۱۱۲/۵	-۰/۷۲	۱۱۲/۴	-۰/۸۴
واریانس (ریسک)	۱۵۳۳	۱۴۵۵	-۵/۱۱	۱۴۵۲	-۵/۲۹
تابع عضویت	-	۰/۲۹۱		۰/۳۰۴	

مأخذ: یافته های تحقیق

این میزان تغییر باعث تغییر در تابع عضویت نشده است. در الگوهای بهینه که از اختصاص وزن بالاتر به اهداف ششم و هفتم به دست آمده است نیز تنها تفاوت عمده به حضور یا عدم حضور گندم در الگوی کشت مربوط می شود که تغییرات سطح زیرکشت گندم نیز بسیار ناچیز است. البته در الگوی انتهای جدول که هدف هفتم را مهمتر می داند تابع عضویت با الگوی مرحله دوم دارای وزن برابر برای اهداف مختلف یکسان است.

بطور کلی می توان گفت اهداف مورد توجه نسبت به وزن تخصیص داده شده حساسیتی ندارد و تابع عضویت نیز در سطح ۳۰ درصد قرار دارد و این حاکی از تعارض بالا میان اهداف متعدد است که امکان بهبود بیشتر را سلب نموده است. به بیان دیگر به دنبال بهبود در اهداف در مقایسه با الگوی فعلی بهره برداران امکان کمی برای تبادل میان اهداف متعدد وجود دارد و نشان دهنده آن است که با تکنولوژی تولید فعلی بهره برداران پس از دست‌یابی به ترکیبی مشخص از محصولات مشابه آنچه در الگوی بهینه حاصل از مرحله اول حاصل شده است امکان بیشتری برای تغییر ترکیب الگوی کشت وجود ندارد. در تحلیل کلی الگوهای ارایه شده در جدول (۲) می توان گفت الگوهایی که برای اهداف بازده ناخالص وزن بالاتری اختصاص داده‌اند بر افزایش بازده ناخالص بیشر از دو هدف کاهش ریسک و کاهش مصرف آب تمرکز داشته اند در حالی که الگوهای دارای وزن بالاتر برای زیر مجموعه اهداف کاهش مصرف آب به کاهش ریسک و کاهش مصرف آب اندکی متمایل تر بوده‌اند.

۱- این رقم نشان دهنده میزان مصرف آب در الگوی دارای بازده ناخالص حداکثر می باشد.

جدول ۲- سطح زیرکشت (هکتار) و مقادیر اهداف متعدد در الگوهای فعلی و بهینه برنامه ریزی ریاضی امکان بهینه کننده توأم بازده ناخالص، ریسک و مصرف آب

نام محصول		هدف اول ۰/٤ سایر اهداف ۰/۱	هدف دوم ۰/٤ سایر اهداف ۰/۱	هدف سوم ۰/٤ سایر اهداف ۰/۱	هدف چهارم ۰/٤ سایر اهداف ۰/۱	هدف پنجم ۰/٤ سایر اهداف ۰/۱	هدف ششم ۰/٤ سایر اهداف ۰/۱	هدف هفتم ۰/٤ سایر اهداف ۰/۱
ذرت دانه‌ای		۲/۱۵	۲/۱۵	۲/۱۱	۲/۱۰	۲/۱۵	۲/۱۳	۲/۱۴
برنج		۱/۴۹	۱/۴۹	۱/۴۹	۱/۴۷	۱/۴۹	۱/۴۸	۱/۴۹
یونجه		۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۵	۰/۱۶	۰/۱۴	۰/۱۵	۰/۱۵
لوبیا		–	–	–	–	–	–	–
هندوانه		۱/۶۱	۱/۶۱	۱/۵۹	۱/۵۹	۱/۶۱	۱/۵۹	۱/۶۲
گندم		۰/۰۳	۰/۰۳	–	۰/۱۴	–	–	–
ذرت علوفه‌ای		–	–	۰/۰۷	–	–	–	–
خربزه		۱/۶۳	۱/۶۳	۱/۶۵	۱/۶۵	۱/۶۳	۱/۶۵	۱/۶۲
بازدهی ناخالص (میلیون ریال)	بازده ناخالص- حداکثر*[1]	۳۰۶/۲	[2]۴/۳۲ ۳۰۶/۲	۴/۳۲ ۳۰۵/۵	۴/۱۱ ۳۰۵/۵	۴/۱۱ ۳۰۵/۶	۴/۲۲ ۳۰۵/۶	۴/۱۴ ۳۰۵/۶	۴/۲۵ ۳۰۵/۹
	بازده ناخالص متوسط	۲۱۳/۱	۳/۰۶ ۲۱۳/۱	۲۱۲/۵ ۲/۷۹	۲۱۲/۶ ۲/۸۴	۲۱۲/۹ ۲/۹۵	۲۱۲/۷ ۲/۸۶	۲۱۲/۹ ۲/۹۶
	بازده ناخالص حداقل	۱۰۲/۲	۱۳/۵۵ ۱۰۲/۲	۱۰۱/۸ ۱۳/۰۶	۱۰۱/۹ ۱۳/۱۸	۱۰۲ ۱۳/۲۷	۱۰۱/۹ ۱۳/۲۳	۱۰۲ ۱۳/۳۶
مصرف آب (هزارمتر مکعب)	بازده ناخالص- حداکثر	**۱۸۰/۳	۱۸۰/۳ -۱۹/۹۴	-۱۹/۹۴ ۱۸۰/۲	۱۸۰/۱ -۱۹/۹۶	-۲۰/۱۰ ۱۸۰	-۲۰/۰۵ ۱۸۰	-۲۰/۰۵ ۱۸۰/۲	-۱۹/۹۸
	بازده ناخالص متوسط	۱۵۴/۶	۱۵۴/۶ -۶/۸۴	-۶/۸۴ ۱۵۴/۷	۱۵۴/۳ -۶/۸۰	-۶/۹۸ ۱۵۴/۴	-۶/۹۵ ۱۵۴/۳	-۶/۹۹ ۱۵۴/۶	-۶/۸۴
	بازده ناخالص حداقل	۱۱۲/۴	۱۱۲/۴ -۰/۸۱	-۰/۸۱ ۱۱۲/۵	۱۱۲/۲ -۰/۷۷	-۱ ۱۱۲/۳	-۰/۹۴ ۱۱۲/۲	-۱/۰۱ ۱۱۲/۴	-۰/۸۴
واریانس (ریسک)		۱۴۵۲	۱۴۵۲ -۵/۲۸	-۵/۲۸ ۱۴۵۸	۱۴۴۷ -۴/۸۸	-۵/۶۲ ۱۴۵۰	-۵/۴۰ ۱۴۴۹	-۵/۴۹ ۱۴۵۲	-۵/۲۸
تابع عضویت		۰/۳۰۰	۰/۳۰۰	۰/۳۰۱	۰/۳۰۱	۰/۳۰۰	۰/۳۰۰	۰/۳۰۴	

هدف اول: حداکثرسازی بازده ناخالص متوسط *هدف دوم*: حداقل سازی اختلاف میان بازده ناخالص متوسط و حداقل *هدف سوم*: حداکثر سازی اختلاف میان بازده ناخالص متوسط و حداکثر *هدف چهارم*: کاهش ریسک *هدف پنجم*: حداقل سازی مصرف متوسط آب *هدف ششم*: حداکثرسازی اختلاف میان مصرف متوسط و حداقل آب *هدف* هفتم: حداقل‌سازی اختلاف میان مصرف متوسط و حداکثر آب

اعداد ذکر شده مقابل اهداف وزن اهداف می باشد.

*مقادیر بازده ناخالص بر حسب میلیون ریال می باشد.

** مقادیر مصرف آب بر حسب هزار مترمکعب می باشد.

مأخذ: یافته های تحقیق

۱- مقادیر این ستون مقدار مطلق هر یک از اهداف را نشان می دهد.

۲- مقادیر این ستون مقدار تغییرات هر یک از اهداف را بر حسب درصد نشان می دهد.

الگوهای حاصل از برنامه‌ریزی ریاضی فازی و قطعی

در این بخش نیز ترکیب بهینه محصولات بر اساس رهیافت برنامه‌ریزی چندهدفی فازی و برنامه‌ریزی ریاضی چندهدفی قطعی ارایه شده است. همانند الگوهایی که با استفاده از رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی امکان ارایه شد در اینجا نیز ابتدا هدف مورد توجه شامل افزایش بازده ناخالص، کاهش ریسک یا واریانس بازده ناخالص و کاهش مصرف آب می باشد. در جدول (۳) یافته‌های حاصل از بهینه‌سازی با استفاده از رهیافت چندهدفی فازی ارایه شده است.

الگوی اول به حداکثرسازی هدف بازده ناخالص پرداخته است. ترکیب محصولات از نظر مساعدت تا حدودی مشابه الگوهای حاصل از رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی امکان است که تنها هدف افزایش بازده ناخالص را تأمین می‌نمودند. البته با این تفاوت که در الگوهای رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی امکان سطح‌زیرکشت برنج بالاتر از هندوانه بود اما در الگوهای برنامه‌ریزی چند هدفی فازی مساعدت هندوانه بالاتر از برنج ارزیابی شده است. گندم و خربزه نیز همانند الگوهای بهینه کننده بازده ناخالص حاصل از رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی امکان در الگوی بهینه فازی نیز دارای مساعدت بالا هستند. به ترتیب میزان مساعدت می توان گفت محصولات حایز اهمیت عبارتند از گندم، هندوانه، خربزه و برنج. لوبیا نیز با مساعدتی در سطح ۰/۲۸ هکتار در جایگاه بعدی قرار دارد. مقایسه مقادیر اهداف بازده ناخالص، آب و ریسک نیز نشان می‌دهد که الگوی بهینه فازی در مقایسه با الگوی بهینه حاصل از رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی امکان در کاهش مصرف آب برتری دارد اما در مجموع از نظر افزایش بازده ناخالص الگوهای حاصل از رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی امکان بر الگوی بهینه فازی برتری نسبی دارند. به بیان دیگر لحاظ کردن هدف افزایش بازده ناخالص در قالب سه هدف جزیی تر منجر به دست یابی به ترکیبی از محصولات شده است که هدف افزایش بازده ناخالص را در سطح بالاتری تأمین می‌کند. از نظر ریسک نیز میان آنها تفاوتی وجود ندارد. تابع عضویت الگوی فازی ۰/۵۱۳ به دست آمده است. در حالی که در الگوی بهینه متناظر رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی امکان که البته نتایج آن ارایه نشد این رقم برابر با ۰/۵۱۵ به دست آمد. این در حالی است که تعداد محدودیت ها و یا اهداف تحت تعقیب در الگوی رهیافت برنامه ریزی ریاضی امکان به مراتب بیشتر از الگوی فازی است. به این ترتیب که در رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی امکان افزون بر هدف افزایش بازده ناخالص متوسط دو هدف دیگر نیز شامل کاهش اختلاف میان بازده ناخالص متوسط و حداقل و همچنین افزایش فاصله میان بازده ناخالص حداکثر و متوسط نیز بطور همزمان مورد توجه قرار گرفته است. به این ترتیب بطور تلویحی و بر اساس مقادیر تابع عضویت می‌توان گفت الگوی رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی امکان دارای برتری خواهد بود. در الگوی فازی دیگر به هدف افزایش بازده ناخالص کاهش ریسک نیز اضافه شد که یافته‌های آن در جدول (۳) مشاهده می شود. اضافه کردن این هدف منجر به کاهش تنوع در الگوی کشت و محدود کردن آن به حضور گندم، برنج، هندوانه و خربزه شده است. همچنین نسبت به الگوی فازی اول که تنها هدف افزایش بازده ناخالص را تأمین می کند در این الگو سطح‌زیرکشت هندوانه و خربزه به نفع گندم و برنج کاهش یافته است. این تغییر می تواند ناشی از تفاوت در اهداف مورد تعقیب دو رهیافت باشد. به این معنی که رهیافت برنامه‌ریزی فازی تنها به افزایش بازده ناخالص متوسط توجه دارد در حالی که رهیافت برنامه‌ریزی امکان افزون بر این هدف به کاهش اختلاف بازده متوسط با بازده حداقل و افزایش اختلاف آن با بازده حداکثر نیز توجه دارد. بر حسب تغییرات الگوی کشت یاد شده نیز می توان گفت دست یابی به دو هدف اخیر با توسعه سطح زیرکشت گندم و برنج و کاهش سطح زیرکشت هندوانه و خربزه میسر خواهد شد. همانطور که پیش‌تر نیز عنوان شده بود در مورد گندم با توجه به موقعیت مطلوب آن به دلیل خرید حمایتی و تضمینی افزایش سطح زیرکشت آن در شرایطی که هدف کاهش ریسک است مبتنی بر انتظار است. مهمترین برتری این الگو در مقایسه با الگوی فازی اول که تنها هدف افزایش بازده ناخالص را مورد توجه قرار داد کاهش ریسک است اما از سوی دیگر در کاهش مصرف آب توفیق کمتری داشته است. در عین حال اضافه شدن هدف کاهش ریسک به کاهش تابع عضویت به سطح ۴۴ درصد منجر شده است. اضافه شدن هدف کاهش مصرف آب منجر به تنوع بیشتر در الگوی کشت و قرار گرفتن الگوی کشت در حدواسط دو الگوی فازی قبل شده است. به عبارتی تغییرات الگوی کشت که در اثر تعقیب هدف کاهش ریسک در کنار افزایش بازده ناخالص ایجاد شده بود مجدداً به سمت الگوی اول که تنها به هدف افزایش بازده ناخالص توجه داشت نزدیک‌تر شده است. به این ترتیب که سطح زیرکشت گندم و برنج کاهش و سطح زیرکشت خربزه و هندوانه افزایش یافته است و از سوی دیگر لوبیا نیز وارد الگوی کشت شده است. البته هنوز هم گندم سطح زیرکشت بالایی دارد و حدود ۳/۶ هکتار از ترکیب کشت به این محصول تعلق دارد. بر خلاف ترکیب محصولات کشت شده که دارای یک روند برگشتی بودند اما در مورد اهداف بازده ناخالص، ریسک و مصرف آب شرایط به گونه ای دیگر است. به این ترتیب که در این الگو نسبت به الگوی قبل تمرکز بیشتری بر روی کاهش مصرف آب بوده است و این منجر به توفیق کمتر الگو (بطور نسبی) در تعقیب دو هدف افزایش بازده ناخالص و کاهش ریسک در مقایسه با الگوهای قبل شده است. البته این تغییرات ممکن است در قالب ترکیب محصولات تفاوت کمی را نسبت به دو الگوی قبل نشان دهد اما آنچه که تابع عضویت به آن اشاره دارد حاکی از تفاوت گسترده است زیرا که تابع عضویت از ۴۴ درصد به ۳۱ درصد کاهش یافته است که مقدار کاهش بسیار بالا می باشد.

الگوی فازی سوم که بطور توأم هر سه هدف را تعقیب می کند در مقایسه با الگوی بهینه متناظر حاصل از رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی امکان (جدول ۱) دارای تفاوت هایی می‌باشد. از نظر اهداف مورد توجه می‌توان گفت الگوی فازی در کاهش مصرف آب در هر سه سطح بازده ناخالص دارای توفیق بیشتری است اما به افزایش بازده ناخالص در شرایط حداقل بازده ناخالص توجه بسیار کمتری دارد و در عین حال از نظر کاهش ریسک میان آنها تفاوت کمتری وجود دارد. از نظر ترکیب محصولات میان الگوهای متناظر حاصل از دو رهیافت تفاوت بسیار عمیقی دیده می شود. مهمترین تفاوت حضور گسترده گندم در الگوی فازی و حضور اندک یا عدم حضور آن در الگوی بهینه رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی امکان است. در مورد ذرت دانه‌ای نیز شرایط عکس دیده می‌شود. همچنین بر خلاف الگوی رهیافت فازی در الگوی رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی امکان برنج دارای سطح زیرکشت بالاتر است و یونجه نیز در الگو حضور دارد. همچنین سطح زیرکشت خربزه و هندوانه در الگوی فازی بالاتر از الگوی متناظر رهیافت برنامه ریزی ریاضی امکان است.

در جدول (۳) نیز همانند نتایج به دست آمده در جدول (۱) مشاهده می شود که الگوهای بهینه در مقایسه با الگوی فعلی در مورد برخی از محصولات دارای تفاوت زیاد می باشد. این تفاوت از بهبود همزمان در اهداف متعارض افزایش بازده ناخالص، کاهش مصرف آب و کاهش ریسک ناشی می‌شود (البته در الگوی اول میزان ریسک نسبت به الگوی فعلی تغییر نیافته است).

جدول ۳- ترکیب بهینه محصولات (بر حسب هکتار) در رهیافت برنامه ریزی ریاضی چند هدفی فازی

نام محصول		الگوی فعلی	الگوی بهینه چند هدفی فازی (شامل افزایش بازده ناخالص)		الگوی بهینه چندهدفی فازی (شامل افزایش بازده ناخالص و کاهش ریسک)		الگوی بهینه چند هدفی فازی(شامل افزایش بازده ناخالص وکاهش ریسک و مصرف آب)	
		سطح زیرکشت	سطح زیرکشت	تغییر نسبت به الگوی فعلی (٪)	سطح زیرکشت	تغییر نسبت به الگوی فعلی (٪)	سطح زیرکشت	تغییر نسبت به الگوی فعلی (٪)
ذرت دانه‌ای		۱/۱	–	–	–	–	–	–
برنج		۰/۳	۰/۶۹	۱۳۰	۱/۰۲	۲۴۰	۰/۷۲	۱۴۰
یونجه		۰/۲	–	–	–	–	–	–
لوبیا		۰/۱	۰/۲۸	۱۸۰	–	–	۰/۱۶	۶۰
هندوانه		۳/۲	۲/۲۵	-۳۰	۲/۰۹	-۳۵	۲/۱۷	-۳۲
گندم		۳/۲	۳/۲۳	۱	۴/۰۸	۲۸	۳/۵۹	۱۲
ذرت علوفه‌ای		۰/۱	–	–	–	–	–	–
خربزه		۰/۶	۱/۸۷	۲۱۲	۱/۶۱	۱۶۸	۱/۸۰	۲۰۰
بازدهی ناخالص (میلیون ریال)	بازده ناخالص حداکثر*	۲۹۳/۵	۳۱۶/۳	۷/۷۷	۳۱۱/۶	۶/۱۷	۳۰۸/۹	۵/۲۷
	بازده ناخالص متوسط	۲۰۶/۸	۲۱۷/۵	۵/۱۹	۲۱۶/۲	۴/۵۶	۲۱۳/۴	۳/۲۱
	بازده ناخالص حداقل	۹۰	۹۱/۸	۲/۰۳	۹۷/۹	۸/۷۴	۹۱/۷	۱/۸۷
مصرف آب (هزارمترمکعب)	بازده ناخالص حداکثر	۲۲۵/۲**	۱۶۷/۴	-۲۵/۶۷	۱۷۲	-۲۳/۶۳	۱۶۶/۱	-۲۶/۲۴
	بازده ناخالص متوسط	۱۶۵/۹	۱۳۸/۸	-۱۶/۳۳	۱۴۲/۸	-۱۳/۹۵	۱۳۷/۴	-۱۷/۱۹
	بازده ناخالص حداقل	۱۱۳/۳	۹۸/۸	-۱۲/۸۳	۱۰۴/۱	-۸/۱۹	۹۸/۲	-۱۳/۳۲
واریانس (ریسک)		۱۵۳۳	۱۵۳۳	–	۱۴۱۰	-۸/۰۱	۱۴۴۶	-۵/۷۰
تابع عضویت		–	–	۰/۵۱۳	۰/۴۴۱		۰/۳۱۱	

*مقادیر بازده ناخالص بر حسب میلیون ریال می باشد.

** مقادیر مصرف آب بر حسب هزار مترمکعب می باشد.

مأخذ: یافته های تحقیق

همچنین علت تفاوت میان خود سه الگوی فازی نیز به استدلال فوق مربوط می شود.

در جدول (۴) نیز الگوهای بهینه چندهدفی قطعی ارایه شده است. همانطور که در این جدول نیز دیده می شود سه الگوی بهینه قطعی ارایه شده است که بر اساس روش زیمرمن (۲۳)، مقادیر بهینه برای هر یک از اهداف مشروط بر حفظ سایر اهداف ارایه شده است. البته در ادامه با استفاده از روش پیشنهادی کائن (۹)، برای هر یک از اهداف در دامنه مقدار فعلی و مقدار بهینه یا ایده آل مثبت به دست آمده در جدول (۴) سه سطح دیگر نیز انتخاب گردید و الگوهای دیگری ارایه گردید که با توجه به حجم مطالب ارایه نگردید و تنها در فرآیند انتخاب الگوهای برتر از آنها استفاده شد.

در الگوی حداکثر بازده ناخالص متوسط، گندم دارای بالاترین سطح زیرکشت است و بیش از ۴۲ درصد از کل سطح زیرکشت را به خود اختصاص داده است. این در حالی است که محصولاتی مانند ذرت علوفه ای، یونجه و لوبیا از الگو خارج شده اند. مهمترین تفاوت این محصولات با سایر محصولات در مقادیر آب مصرفی و واریانس بازده ناخالص یا ریسک می باشد. به این ترتیب که ذرت علوفه‌ای و یونجه افزون بر ریسک نسبتاً بالا در مقایسه با سایر محصولات (به جز برنج)، دارای آب مصرفی بالاتری هستند. همچنین لوبیا هر چند دارای مصرف آب بالایی در منطقه نبوده است اما به دلیل واریانس بالای بازده ناخالص یا ریسک بالا از الگوی بهینه خارج شده است. لازم به ذکر است که هدف افزایش بازده ناخالص مشروط بر حفظ مقادیر ریسک و مصرف آب در سطح فعلی تعقیب شده است. البته در مورد ذرت‌علوفه ای لازم به ذکر است که علیرغم بازده ناخالص پایین، دارای ریسک یا نوسان بالایی نیز می باشد. یونجه نیز دارای نیاز آبی بالا و بازده ناخالص پایین است. از نظر سطح زیرکشت در الگوی حداکثرکننده بازده ناخالص پس از گندم، هندوانه، خربزه و برنج قرار دارد که مهمترین تفاوت آنها با سایر محصولات بازده ناخالص بالاتر آنها می باشد. این الگو قادر است در مقایسه با الگوی فعلی بهره برداران بازده ناخالص را بیش از ۱۰ درصد افزایش دهد و این در حالی است که مصرف آب نیز به میزان بیش از ۶ درصد قابل کاهش است.

الگوی حداقل ریسک با الگوی فعلی بهره‌برداران مشابهت نسبتاً بالایی دارد و این امر تلویحاً می‌تواند بیانگر ریسک‌گریز بودن بهره برداران باشد. اما به هرحال تعقیب هدف حداقل ریسک که نهایتاً نیز منجر به کاهش ریسک به میزان بیش از ۱۸ درصد در مقایسه با الگوی فعلی شده است با تقویت سطح زیرکشت خربزه و برنج و البته بطور بسیار اندک افزایش سطح زیرکشت گندم حاصل شده است. پیش تر مشاهده شد این دو محصول در تأمین هدف افزایش بازده ناخالص نیز مشارکت مطلوبی دارند. از سوی دیگر برای تأمین هدف کاهش ریسک سطح زیرکشت هندوانه و ذرت دانه‌ای کاهش و لوبیا، یونجه و ذرت علوفه ای از الگو حذف شده اند. تعیقب هدف حداقل ریسک هر چند منجر به تأمین بازده ناخالص متوسط و حداکثر تنها در سطح الگوی فعلی شده است اما از سوی دیگر بازده ناخالص حداقل را به میزان بیش از ۱۱/۸ درصد افزایش داده است. در عین حال میزان استفاده از آب نیز در هر سه سطح بازده ناخالص امکان کاهش دارد و در سه سطح بازده ناخالص حداکثر، متوسط و حداقل به ترتیب حدود ۲۴ درصد، ۱۳/۵ و حدود ۶ درصد امکان کاهش استفاده از آب وجود دارد. به این ترتیب مشاهده می شود کاهش ریسک الگو با کاهش بازده ناخالص فرآهم شده است.

در ستون های انتهایی جدول (۴) نیز الگوهای بهینه قطعی حداقل کننده مصرف آب ارایه شده است. در این الگو حدود ۳/۶ هکتار به گندم تعلق دارد و پس از آن هندوانه با سطح زیرکشت حدود ۲/۲ هکتار، خربزه با ۱/۸ و برنج حدود ۰/۷ هکتار قرار دارد. در مورد گندم افزون بر واریانس پایین بازده ناخالص یا ریسک پایین آن مصرف کم آب نیز حایز اهمیت است. به گونه ای که گندم در مقایسه با سایر محصولات مورد بررسی مطالعه در منطقه دارای کمترین مصرف آب می باشد که به تأمین هدف کاهش مصرف آب مساعدت بالایی می‌نماید. از نظر اهداف مورد نظر نیز کاهش مصرف آب بالاتر از الگوهای دیگر جدول (۴) است اما این کاهش متضمن عدم افزایش بازده ناخالص و عدم کاهش ریسک می باشد. بطور کلی هر یک از الگوهای بهینه قطعی در بهبود یکی از اهداف توفیق بیشتری داشته‌اند و مشخص شد که کاهش مصرف آب در تمامی الگوها بویژه در سطوح بازده ناخالص حداکثر و متوسط وجود دارد و ضمن کاهش ریسک و یا افزایش بازده ناخالص می توان مصرف آب را نیز کاهش داد که البته امکان کاهش در شرایطی که هدف افزایش بازده ناخالص تعقیب می‌گردد محدودتر از شرایطی است که هدف کاهش ریسک مورد توجه است. همانند الگوهای به دست آمده از دو رهیافت قبل در اینجا نیز تفاوت گسترده الگوهای بهینه با الگوی فعلی را می‌توان به بهبود حداقل دو هدف از سه هدف متعارض افزایش بازده ناخالص، کاهش مصرف آب و کاهش ریسک نسبت داد. تفاوت در توانایی الگوهای بهینه مختلف جدول (۴) را نیز می‌توان ناشی از تفاوت در توانایی آنها در بهبود اهداف یاد شده دانست.

تعیین اولویت الگوها

در تعیین اولویت الگوها از دو رویکرد استفاده شد در رویکرد اول اهداف هفت گانه مورد توجه در رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی امکان بعنوان معیار گروه‌بندی مورد توجه قرار گرفت در حالی که در رویکرد دوم تنها بر اساس اهداف مورد توجه رهیافت‌های چندهدفی فازی و قطعی نسبت به تعیین اولویت الگوها مبادرت شد که شامل مقادیر متوسط بازده ناخالص، ریسک و مصرف آب بود.

جدول ٤- ترکیب بهینه محصولات (بر حسب هکتار) در رهیافت برنامه ریزی ریاضی چند هدفی قطعی

نام محصول		الگوی فعلی	الگوی بهینه قطعی حداکثرکننده بازده ناخالص		الگوی بهینه قطعی حداقل کننده ریسک		الگوی بهینه قطعی حداقل کننده مصرف آب	
		سطح زیرکشت	سطح زیرکشت	تغییر نسبت به الگوی فعلی (٪)	سطح زیرکشت	تغییر نسبت به الگوی فعلی (٪)	سطح زیرکشت	تغییر نسبت به الگوی فعلی (٪)
ذرت دانه‌ای		۱/۱	۰/۶۱	-۴۵	۰/۸۵	-۲۳	-	-
برنج		۰/۳	۱/۲۱	۳۰۳	۱/۲۹	۳۰۳	۰/۷۲	۱۴۰
یونجه		۰/۲	-	-	-	-	-	-
لوبیا		۰/۱	-	-	-	-	۰/۱۶	۶۰
هندوانه		۳/۲	۲/۱۲	-۳۴	۱/۸۳	-۴۳	۲/۱۷	-۳۲
گندم		۳/۲	۳/۷۴	۱۷	۳/۳۰	۳	۳/۵۹	۱۲
ذرت علوفه‌ای		۰/۱	-	-	-	-	-	-
خربزه		۰/۶	۱/۵۵	۱۵۸	۱/۲۲	۱۰۳	۱/۸۰	۲۰۰
بازدهی ناخالص (میلیون ریال)	بازده ناخالص حداکثر*	۲۹۳/۵	۳۲۷/۲	۱۱/۴۸	۲۹۶/۵	۱/۰۴	۳۰۵/۴	۴/۰۵
	بازده ناخالص متوسط	۲۰۶/۸	۲۲۷/۹	۱۰/۲۲	۲۰۷	۰/۱۳	۲۰۷/۲	۰/۲۱
	بازده ناخالص حداقل	۹۰	۱۰۶/۵	۱۸/۳۴	۱۰۰/۷	۱۱/۸۲	۹۰/۲	۰/۲۱
مصرف آب (هزارمترمکعب)	بازده ناخالص حداکثر	**۲۲۵/۲	۱۸۵/۱	-۱۷/۷۹	۱۷۱/۳	-۲۳/۹۴	۱۵۷/۷	-۲۹/۹۷
	بازده ناخالص متوسط	۱۶۵/۹	۱۵۴/۴	-۶/۹۳	۱۴۳/۵	-۱۳/۴۹	۱۳۰/۷	-۲۱/۲۴
	بازده ناخالص حداقل	۱۱۳/۳	۱۱۳/۳	-	۱۰۶/۷	-۵/۸۴	۹۵/۳	-۱۵/۹۱
واریانس (ریسک)		۱۵۳۳	۱۵۳۳	-	۱۲۵۲	-۱۸/۳۳	۱۵۳۳	-

*مقادیر بازده ناخالص بر حسب میلیون ریال می باشد.

** مقادیر مصرف آب بر حسب هزار مترمکعب می باشد.

مأخذ: یافته های تحقیق

پیش از رتبه‌بندی الگوهای به دست آمده لازم است اهمیت آنها بر اساس وزن تعلق گرفته مورد بررسی قرار گیرد. در رویکرد اول نیمی از اهمیت الگوها به توان آنها در کاهش مصرف آب اختصاص یافت. از میان سه هدف جزیی مربوط به کاهش مصرف آب هدف کاهش اختلاف میان مصرف متوسط و حداقل دارای وزنی در حدود نصف دو هدف دیگر بود. در مجموع اهداف مربوط به بازده ناخالص کمتر از یک سوم از وزن را به خود اختصاص دادند و کمتر از یک پنجم آن نیز به هدف کاهش ریسک تعلق گرفت. با توجه به وزن‌های اختصاص یافته انتظار می‌رود طرح هدف کاهش مصرف آب منجر به تغییر قابل ملاحظه در اولویت الگوهای مبتنی بر اهداف بهره‌برداران شود. در رویکرد دوم وزن سه هدف افزایش بازده ناخالص، کاهش ریسک و کاهش مصرف آب به ترتیب ۲۴، ۴۱ و ۳۵ درصد به دست آمد.

همانطور که پیش‌تر نیز عنوان شد الگوهای متعددی به دست آمد که از میان آنها تنها چند الگو ارایه شد اما بمنظور انتخاب، تمامی آنها که حدود ۴۲ الگو بودند مورد توجه قرار گرفتند. بطور کلی الگوهای به دست آمده از سه رهیافت را می توان در قالب ۵ گروه ارایه کرد. گروه اول شامل الگوهای رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی امکان است که تنها اهداف مربوط به بازده ناخالص را تعقیب می نمایند و سایر اهداف در سطح فعلی آنها حفظ شده است. گروه دوم افزایش بازده ناخالص را در کنار کاهش ریسک مورد توجه قرار می دهند. گروه سوم نیز در قالب رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی امکان اهداف افزایش بازده ناخالص و کاهش ریسک را به همراه کاهش مصرف آب بررسی می‌کنند و نتایج آنها در جداول (۱) و (۲) ارایه شد.

جدول ۵- تعیین اولویت الگوهای متعدد بر اساس اهداف مورد توجه رهیافت برنامه ریزی ریاضی امکان (رویکرد اول)

نام الگوی بهینه	شاخص فازی	رتبه	چندهدفی امکان	چندهدفی فازی	چندهدفی قطعی
حداکثرکننده اختلاف بازده متوسط و حداکثر	۰/۴۶۶	۱	×		
حداقل کننده اختلاف مصرف متوسط و حداکثر آب	۰/۴۲۵	۲	×		
حداقل کننده متوسط مصرف آب	۰/۴۲۴	۳	×		
حداقل کننده ریسک	۰/۴۲۱	۴	×		
چند هدفی با ریسک هدف ۱۳۱۹	۰/۳۸۴	۵			×
حداکثرکننده بازده ناخالص متوسط و حداقل‌کننده ریسک	۰/۳۶۵	۶		×	
چندهدفی مرحله دوم (افزایش بازده ناخالص و کاهش ریسک) و توابع عضویت با وزن برابر	۰/۳۶۴	۷	×		
چندهدفی مرحله دوم(افزایش بازده ناخالص و کاهش ریسک)،وزن تابع عضویت سوم ۰/۷و سایر توابع ۰/۱	۰/۳۶۳	۸	×		
چند هدفی مرحله اول (افزایش بازده ناخالص و کاهش ریسک)	۰/۳۵۹	۹	×		
چندهدفی مرحله دوم، (افزایش بازده ناخالص و کاهش ریسک) وزن تابع عضویت چهارم ۰/۷و سایر توابع ۰/۱	۰/۳۵۸	۱۰	×		

مأخذ: یافته های تحقیق

گروه چهارم الگوهای بهینه رهیافت برنامه‌ریزی چندهدفی فازی را شامل می‌شود که بخشی از آنها در جدول (۳) ارایه شد و گروه پنج نیز الگوهای حاصل از برنامه‌ریزی چندهدفی قطعی را در بر می‌گیرد که برخی از آنها در جدول (۴) مشاهده شد. گروه‌بندی الگوها نیز بر اساس دو رویکرد صورت گرفت.

همانطور که در جدول (۵) دیده می شود در رویکرد اول ۴ الگوی دارای بالاترین شاخص فازی از رهیافت برنامه ریزی ریاضی امکان به دست آمده است که به ترتیب شاخص فازی آنها برابر با ۰/۴۶۶، ۰/۴۲۵، ۰/۴۲۴ و ۰/۴۲۱ است. نکته حایز اهمیت آن است که با توجه به وزن بالای اهداف مربوط به آب از میان ۴ الگوی اول دو الگو حداقل کننده مصرف آب است. البته الگوی دارای بالاترین شاخص فازی الگویی است که تلاش دارد بازده ناخالص را از طریق افزایش فاصله میان بازده ناخالص متوسط و حداکثر افزایش دهد. الگوی دارای رتبه چهارم نیز بر حداقل نمودن ریسک توجه بیشتری دارد. دو الگوی بعدی به رهیافت برنامه‌ریزی چندهدفی قطعی و فازی تعلق دارد که شاخص فازی آنها به ترتیب ۰/۳۸۴ و ۰/۳۶۵ می باشد. در الگوی برنامه ریزی چندهدفی قطعی کاهش ریسک و در الگوی فازی کاهش ریسک به همراه افزایش بازده ناخالص مورد توجه بوده است. چهار الگوی بعدی مجدداً به رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی امکان تعلق دارند که به دو هدف افزایش بازده ناخالص و کاهش ریسک توجه دارند و الگوهای بهینه سازی مرحله دوم با وزن‌های مختلف برای اهداف یاد شده می باشند. به عبارتی تلاش دارند توافقی متعادل میان افزایش بازده ناخالص و کاهش ریسک بطور همزمان ایجاد نمایند. به این ترتیب مشاهده می‌شود که در رویکرد اول در میان ۱۰ الگوی اول الگوهای به دست آمده از رهیافت برنامه ریزی ریاضی امکان دارای بالاترین سهم هستند. به جز دو الگوی دارای رتبه های دوم و سوم سایر الگوهای منتخب به کاهش مصرف آب توجه کمی دارند و این می تواند ناشی از تفاوت اندک الگوها از نظر توان کاهش مصرف آب باشد چرا که دیدیم که برای آب وزن بالایی تعیین شد. از سوی دیگر الگوهایی که به بطور توأم به افزایش بازده ناخالص و کاهش ریسک توجه بیشتری داشته‌اند از شاخص فازی بالاتری برخوردار شده‌اند. محصولات منتخب رویکرد اول به ترتیب اهمیت عبارت بودند از هندوانه، برنج و خربزه.

در رویکرد دوم کاهش ریسک به مراتب بیشتر از افزایش بازده ناخالص مورد توجه قرار گرفته است و در سه الگوی اول کاهش ریسک بشدت مورد توجه بوده است (جدول ۶). در حالی که در رتبه‌های میانی جدول کاهش مصرف آب و افزایش بازده ناخالص مطرح شده است. از نظر موفقیت روش های مورد استفاده نیز می‌توان گفت بر خلاف رویکرد اول میان آنها تفاوت اندک است. البته در این رویکرد نیز حتی با محدود شدن اهداف می‌توان رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی امکان را برتر دانست چرا که در الگوی اول شاخص فازی دارای تفاوت بالا با سایر الگوها می باشد و در حالی که تفاوت شاخص الگوی اول با الگوی دوم بیش از ۰/۰۷۲ است اما این تفاوت در ادامه در میان الگوهای دوم تا ششم دیده می شود. همچنین اختلاف میان ۹ الگوی بعدی حدود ۰/۱۰۰ است. هر چند الگوهای حاصل از رهیافت بهینه قطعی دارای سه الگو در حدواسط الگوهای دارای شاخص فازی بالا و پایین حاصل از رهیافت برنامه ریزی ریاضی امکان هستند اما در مجموع باید توان رهیافت برنامه ریزی ریاضی امکان را بالاتر از دو رهیافت دیگر دانست. در میان الگوهای منتخب رویکرد دوم گندم دارای بالاترین مشارکت در الگوی کشت است و همواره ۴-۳ هکتار را در اختیار دارد و پس از آن به ترتیب اهمیت هندوانه، خربزه و برنج قرار دارند. به نظر می‌رسد ریسک پایین گندم علت اصلی سهم بالای گندم در الگوی کشت در رویکرد دوم باشد.

جدول ٦- تعیین اولویت الگوهای متعدد بر اساس اهداف مورد توجه رهیافت برنامه ریزی ریاضی فازی و قطعی (رویکرد دوم)

نام الگوی بهینه	شاخص فازی	رتبه	چندهدفی امکان	چندهدفی فازی	چندهدفی قطعی
حداقل کننده ریسک	۰/۵۱۶	۱	×		
چند هدفی با ریسک ۱۳۱۷	۰/۴۴۴	۲			×
حداکثرکننده بازده ناخالص متوسط و حداقل‌کننده ریسک	۰/۴۳۹	۳		×	
حداقل کننده متوسط مصرف آب	۰/۴۲۳	۴	×		
چند هدفی با بازده ناخالص هدف۲۱۷/۱ میلیون ریال	۰/۳۷۷	۵			×
حداکثرکننده بازده ناخالص متوسط	۰/۳۶۵	۶		×	
چند هدفی با ریسک هدف ۱۳۹۱	۰/۳۶۱	۷			×
حداقل کننده مصرف آب	۰/۳۵۸	۸			×
چندهدفی مرحله دوم(اهداف توأم افزایش بازده ناخالص و کاهش ریسک)،وزن تابع عضویت اول ۰/۷و سایر توابع ۰/۱	۰/۳۴۳	۹	×		
چندهدفی مرحله دوم(اهداف توأم افزایش بازده ناخالص و کاهش ریسک)،وزن تابع عضویت چهارم ۰/۷و سایر توابع ۰/۱	۰/۳۴۲	۱۰	×		

مأخذ: یافته های تحقیق

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

علیرغم آنکه عدم قطعیت فعالیت های بخش کشاورزی بیش از بخش های دیگر است اما روش های نوین برنامه ریزی ریاضی در سایر بخش ها بیشتر مورد استفاده بوده است. هر چند استفاده از برنامه ریزی فازی در فعالیت های کشاورزی نیز رایج شده است اما استفاده از الگوی انطعاف‌پذیر رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی امکان که به نظر می‌رسد از انطباق بالایی با ماهیت فعالیت های کشاورزی دارد کمتر مورد توجه قرار گرفته است. مهمترین تناسب این رهیافت را می توان به استفاده آن از ضرایب فنی فازی در محدودیت ها و تابع هدف عنوان کرد. در این مطالعه نیز که کوشش شد تا این رهیافت بیشتر مورد سنجش قرار گیرد مشخص شد که در مقایسه با رهیافت ها برنامه ریزی چند هدفی قطعی و فازی از توان بالاتری برای تأمین توأم اهداف متعدد و متعارض برخوردار است که این برتری با افزایش تعداد اهداف بر دو رهیافت دیگر بسیار محسوس تر بود. یکی از موارد حایز اهمیت در این روش آن بود که علیرغم تمایل بیشتر آن به سمت یک هدف اما همواره سعی دارد میان تمامی اهداف تعادلی ایجاد نماید. همچنین مشخص گردید که با تلاش این رهیافت در جهت کاهش ریسک اختیار کردن مقادیر نامطلوب و افزایش احتمال دست یابی به مقادیر بهینه (به دلیل استفاده از مقادیر متوسط در دو هدف یاد شده) هموار سطح مطلوبی نیز برای مقادیر متوسط که دارای بالاترین احتمال وقوع هستند به دست خواهد آمد. در میان داده های مورد استفاده موفقیت رهیافت برنامه ریزی ریاضی امکان در کاهش اختلاف میان مقادیر متوسط و ایده آل منفی اهداف به مراتب بیشتر از دو رهیافت دیگر بود و این به معنی آن خواهد بود که در شرایط نامطلوب فعالیت که بهره برداران نیار مبرمی به انتخاب الگوی بهینه دارند این رهیافت رهنمون بسیار ارزنده‌تری ارایه خواهد نمود.

همچنین بر اساس شاخص فازی که در رتبه بندی الگوها مورد استفاده قرار گرفت مشخص شد که علیرغم آنکه هدف کاهش مصرف آب خود در قالب سه هدف مجزا وارد فرآیند تصمیم گیری می شود اما مقدار شاخص الگوهای برتر رهیافت برنامه ریزی ریاضی امکان در مجموع بسیار اندک کاهش پیدا می کند. و این حاکی از توانایی بالای رهیافت برنامه ریزی ریاضی امکان در شرایط افزایش تعداد اهداف است. استفاده از مرحله دوم بهینه سازی نیز که منجر به افزایش کارایی جواب های بهینه حاصل از فرآیند حل تک مرحله‌ای می شود (۱۸) از دیگر توانایی های این الگو می باشد. در خصوص الگوی کشت در استان کهگیلویه و بویراحمد می توان گفت تدوین الگوی کشت با مشارکت بالای هندوانه، برنج و خربزه می تواند میان اهداف متعدد و متعارض تعادل مطلوب تری ایجاد نماید. در صورتی که هدف کاهش مصرف آب مورد توجه نباشد کاهش ریسک دارای اولویت بالایی خواهد بود. اما با حضور هدف کاهش مصرف آب، ایجاد تعادل میان دو هدف کاهش ریسک و افزایش بازده ناخالص تمایل غالب الگوهای بهینه برتر می باشد. بر اساس یافته های این مطالعه می توان پیشنهادات زیر را ارایه نمود.

استفاده از رهیافت برنامه ریزی ریاضی امکان به جای برنامه ریزی چندهدفی فازی و قطعی بویژه در شرایطی که اهداف متعدد و متعارض وجود دارد.

بهره برداران با شرایط نامطلوب درآمدی مانند خشکسالی مواجه هستند.

اختصاص وزن بالا به هدف کاهش ریسک حاکی از نوسان بالا در بازده ناخالص می باشد که با تنظیم بازار و یا افزایش اطلاع رسانی در مورد قیمت‌ها می توان تمرکز الگوهای بهینه را بیش از پیش به سوی اهدافی مانند کاهش مصرف آب سوق داد.

افزایش بازده ناخالص که مورد توجه بالای بهره برداران است با اهدافی مانند کاهش مصرف آب در تعارض قرار دارد و تلاش در جهت حمایت از موقعیت درآمدی بهره برداران همانند بیمه یارانه‌ای می تواند گاهی در جهت کاهش فشار بر منابع آب باشد.

ترغیب بهره برداران به استفاده از هندوانه، برنج و خربزه در الگوی کشت.

منابع

۱- چیذری الف. و قاسمی ع. ۱۳۸۴. برنامه‌ریزی تولید محصولات کشاورزی در شرایط نبود قطعیت (رویکرد فازی: نظریه امکان). فصلنامه اقتصاد کشاورزی و توسعه، ویژه‌نامه بهره‌وری و کارایی، صفحات ۱۳۱ تا ۱۵۵.

۲- درویشی سلوکلایی د.، عامری ر.، تیموری یانسری الف.، یزدانی پرایی الف. و اکبری الف. ۱۳۸۵. کاربرد بهینه‌سازی فازی در تنظیم جیره خوراکی گاوهای شیری، مجموعه مقالات ششمین کنفراس سیستم‌های فازی ایران، دانشگاه آزاد اسلامی- واحد شیراز.

۳- وزارت جهادکشاورزی. پایگاه اطلاعاتی http://www.maj.ir

۴- یاقوتی م. و بخشوده م. ۱۳۸۷. تعیین ترکیب بهینه جیره غذایی گاوهای شیری با روش برنامه ریزی فازی: مطالعه موردی. مجله اقتصاد و کشاورزی، شماره ۱(۲)، صفحات ۱۰۳ تا ۱۱۸.

5- Basarir A. and Gillespie J. M. 2006. Multidimensional goals of beef and dairy producers: an inter-industry comparison. Agricultural Economics, 35: 103–114.

6- Berenger V. and Verdier-Chouchane A. 2007. Multidimensional measures of well-being: Standard of living quality of life across countries. World Development, 35(7): 1259-1276.

7- Cerioli A. and Zani S. 1990. A fuzzy approach to the measurement of poverty. In C. Dagum, & M. Zenga (Eds.), Income and wealth distribution. Inequality and Poverty, 272–284, Berlin: Springer-Verlag.

8- Chiappero Martinetti E. 1996. Standard of living evaluation based on Sen's approach: Some methodological suggestions. Notizie di Politeia, 12: 37–53.

9- Cohon J.L. 1978. Multi objective programming and planning. Academic Press, New York.

10- Food and Agriculture Organization. 2007. Statistical Database, http://www.fao.org.

11- Francisco S. R. and Mubarik A. 2006. Resource allocation tradeoffs in Manila's peri-urban vegetable production systems: An application of multiple objective programming. Agricultural System, 87: 147–168.

12- Gupta A. P., Harboe R. and Tabucanon M. T. 2000. Fuzzy multi-criteria decision making for crop area planning in Narmada river basin. Agricultural System, 63: 1-18.

13- Inuiguchif M. and Ramik J. 2000. Possibilistic linear programming: A brief review of fuzzy mathematic programming and a comparison with stochastic programming in portfolio selection problem. Fuzzy Sets and Systems, 111:3-28.

14- Jimenez M., Arenas M., Bilbao A. and Victoria Rodriguez M. 2005. Linear programming with fuzzy parameters: An interactive method rsolution. European Journal of Operational Research, 177(3): 1599-1609.

15- Kumar M., Vrat P. and Shankar R. 2006. A fuzzy programming approach for vendor selection problem in a supply chain. International Journal of Producction Economics, 101: 273-285.

16- Lai Y. and Hwang C. 1992. A new approach to some possibilistic linear programming problems. Fuzzy Sets and Systems, 49: 121–133.

17- Li X. Q., Zhang B. and Li H. 2006. Computing efficient solutions to fuzzy multiple objective linear programming problems. Fuzzy Sets and Systems, 157: 1328–1332.

18- Ozgen D., Onut S., Gulsun B., Tuzkaya U. R. and Tuzkaya G. 2008. A two-phase possibilistic linear programming methodology for multi-objective supplier evaluation and order allocation problems. Information Sciences, 178: 485-500.

19- Suresh K. R. and Mujumdar P. P. 2004. A fuzzy risk approach for performance evaluation of an irrigation reservoir system. Agricultural Water Management, 69: 159-177.

20- Torabi S. A. and Hassini E. 2008. An interactive possibilistic programming approach for multiple objective supply chain master planning. Fuzzy Sets and Systems, 159: 193–214.

21- Wang R. C. and Liang T. F. 2005. Applying possibilistic programming to aggregate production planning. International Journal of Production Function, 98: 328-341.

22- Zadeh L. A. 1965. Fuzzy sets. Information and Control, 8: 338-353.

23- Zimmerman H. J. 1978. Fuzzy programming and linear programming with several objective functions. Fuzzy Sets and Systems, 1: 45-56.