

تعیین الگوی بهینه ی کشت: کاربرد روش برنامه ریزی امکان

مهرداد باقری^۱ و فاطمه معززی^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۹/۱۵ تاریخ پذیرش: ۸۸/۱۱/۱۴

چکیده

از ویژگی های شاخص داده های فعالیت های کشاورزی، دقیق نبودن آن هاست، بنابراین استفاده از روش های مبتنی بر منطق فازی در برنامه ریزی تولید می تواند مناسب باشد. در این مطالعه روش برنامه ریزی امکان به عنوان یکی از روش های مبتنی بر منطق فازی مورد استفاده قرار گرفت. افزون بر این برنامه ریزی فازی و قطعی نیز در قالب برنامه ریزی ریاضی چندهدفی مورد استفاده قرار گرفت. داده های استفاده شده نیز از میان ۱۰۰ بهره بردار منتخب منطقه ی کهگیلویه و بویراحمد در سال ۱۳۷۸ گرد آوری شد. افزایش بازدهی ناخالص و کاهش ریسک به عنوان هدف در نظر گرفته شد. بمنظور انتخاب از میان الگوهای گوناگون نیز از منطق فازی استفاده شد. بر اساس نتایج مشخص شد که ریسک بازدهی ناخالص در تدوین الگوی بهینه از وزنی بالا برخوردار است. همچنین یافته های مطالعه نشان داد که در تأمین توأم هدف های یاد شده، روش برنامه ریزی امکان در مقایسه با روش های دیگر از توانی بالاتر برخوردار است و پیشنهاد می شود در شرایطی که بهره برداران با شرایط نا بهینه مواجه اند، از این روش استفاده شود. محصولات پیشنهادی الگوهای بهینه نیز شامل گندم، هندوانه، خربزه، و برنج بود.

واژه های کلیدی: برنامه ریزی امکان، برنامه ریزی فازی، برنامه ریزی قطعی، چند هدفی، الگوی کشت، استان کهگیلویه و بویر احمد.

^۱ - عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد یاسوج.

^۲ - عضو هیئت علمی دانشگاه پیام نور منجیل.

پیشگفتار

نوسان گسترده در داده های مورد استفاده در برنامه ریزی تولید از مهم ترین چالش های مدیر مزرعه است. در این راستا استفاده از روش هایی همچون توزیع احتمال، تابع فاصله ای اعداد فازی و انواع گوناگون روش های آستانه ای برای تعدیل در مدل سازی بکار گرفته شده است (Inuiguchif and Ramik, 2000). ماهیت نا دقیق و فازی مقادیر در برنامه ریزی تولید کشاورزی به گونه ی ویژه مورد تأکید بوده است، اما پس از شناسایی روش حل مناسب به وسیله ی Zimmermann (1976) امکان دخالت دادن داده های نا دقیق فراهم شد و اکنون نیز این روش استفاده ای گسترده دارد. باور کلی بر این است که بخش کشاورزی نسبت به سایر بخش های اقتصادی با ریسکی بالاتر مواجه است (Goodwin and Smith, 1995). کشاورزان به دلیل عدم توانایی در اداره ی شرایط آب و هوایی، سازمان بازار و محیط نهادی که در آن تولید می کنند، با ریسک تولید و قیمت مواجه اند (Dillon and Hardaker, 1993). مجموعه های فازی یکی از بهترین ابزار برای لحاظ کردن عدم قطعیت در پارامترهای تصمیم گیری است (Kumar et al. 2006). البته نادقیق بودن در رهیافت برنامه ریزی ریاضی می تواند مقادیر منابع، پارامترهای مورد استفاده و یا هر دو را در برگیرد. در صورتی که تنها مقادیر منابع در دسترس نادقیق باشند، با استفاده از دامنه ای از مقادیر محتمل در برنامه ریزی می توان این مشکل را تا حدود زیادی مرتفع نمود، اما آنچه معمول و البته در عین حال دارای اهمیت فراوان است، نادقیقی پارامترهاست که در واقع رابطه ی میان نهاده و ستاده را نشان می دهد. رهیافت برنامه ریزی امکان از چنین قابلیتی برخوردار است (Wang and Liang, 2005).

در سطح مزرعه، افزایش بازده ی ناخالص در تدوین الگوی کشت همواره مورد توجه بوده است، اما مطالعات متعدد نشان می دهد که کشاورزان ریسک گریزند (Torkamani and Hardaker, 1996; ترکمانی، ۱۳۷۵، احسان و همکاران، ۱۳۸۷). یافته های مطالعه ی یزدانی و فیض آبادی (۱۳۸۳) نیز در میان نمونه ای از مرعداران حاکی از ریسک گریزی اغلب بهره برداران بود، بنابراین چالشی که با آن رو به رو هستیم این است که باید به تمایل بهره برداران در جهت تأمین درآمد مطلوب با نگاه به پدیده ی ریسک توجه شود (Doppler et al., 2002). افزون بر این، به عنوان یک توصیه ی سیاست گذاری، لازم است به استفاده ی پایدار از منابع آبی یا به بیان دیگر، کاهش استفاده از آب نسبت به شرایط کنونی نیز توجه شود. به سخن دیگر، این دو هدف باید با هم مورد توجه قرار گیرند. البته میان آن ها تبادل وجود دارد (فرج زاده و همکاران، ۱۳۸۸; Francisco and Mubarik, 2006). طرح هدف هایی مانند کاهش ریسک به همراه ارایه ی روش های نوین منجر به بهبود در زمینه ی برنامه ریزی تولید شده است. از آن جمله روش های مبتنی بر منطق

فازی است. البته استفاده از رهیافت برنامه ریزی فازی در بخش کشاورزی بسیار محدود بوده است. برخی از مطالعات در این زمینه عبارتند از: تدوین الگوی بهینه ی کشت به وسیله ی Gupta et al., (2000) در هند، تعیین الگوی تخصیص آب به وسیله ی Suresh, and Mujumdar, (2004) در هند و تعیین اولویت های پرورش در واحدهای دامی در ایالات متحده (Basarir, and Gillespie, 2006). نمونه هایی از مطالعه های انجام شده با استفاده از رهیافت برنامه ریزی فازی در ایران نیز عبارتند از: چیذری و قاسمی (۱۳۸۴) که به تدوین الگوی بهینه ی کشت در استان فارس پرداختند. درویشی سلوکلابی و همکاران (۱۳۸۵) نیز با استفاده از این رهیافت به تنظیم جیره ی خوراکی در واحدهای پرورش گاو شیری پرداختند. همچنین یاقوتی و بخشوده (۱۳۸۷)، با استفاده از رهیافت برنامه ریزی فازی برای واحدهای پرورش گاو شیری تربیت حیدریه جیره غذایی ارائه کردند. بتازگی با استفاده از این منطق نوعی از برنامه ریزی مبتنی بر منطق فازی موسوم به برنامه ریزی ریاضی امکان ارائه شده است که در آن ضرایب فنی در تابع هدف و منابع یا محدودیت ها به صورت مقادیر فازی در نظر گرفته می شوند. در برخی از مطالعات مانند Ozgen et al., (2008) مشخص شده است که با استفاده از این رهیافت و بویژه با اجرای آن در دو مرحله می توان به پاسخهایی کارا تر از برنامه ریزی فازی که تنها بهینه سازی را در یک مرحله انجام می دهد، دست یافت. در ایران مطالعه ی چیذری و قاسمی (۱۳۸۴) از معدود مطالعات در حوزه ی کشاورزی است که با استفاده از رهیافت برنامه ریزی ریاضی امکان به تدوین الگوی بهینه ی فعالیت پرداخته است. در این مطالعه مشخص گردید با افزایش میزان قطعیت، سود نیز افزایش می یابد. این مطالعه با هدف ارائه ی الگوی کشت بهینه برای بهره برداران صورت گرفت ضمن این که معرفی بیش تر رهیافت برنامه ریزی امکان در حوزه ی فعالیت های کشاورزی نیز مورد توجه بوده است.

مواد و روش ها

نوسان های گسترده و نا دقیق بودن داده های مورد استفاده در فعالیتهای کشاورزی به عنوان یک ویژگی ذاتی بشمار می آید. از این رو، استفاده از روش هایی که از داده های نا دقیق و فازی بهره می گیرند، می تواند گامی در راستای افزایش توان کاربردی آن ها باشد. منطق فازی در قالب روش های گوناگون برنامه ریزی مورد استفاده قرار گرفته است. برنامه ریزی فازی و برنامه ریزی ریاضی امکان از جمله ی این روش ها هستند که در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفته است. برای منظور نیز داده های بدست آمده از نمونه ای از بهره برداران استان کهگیلویه و بویراحمد استفاده شده است. این استان دارای شرایط اقلیمی بسیار مناسب است و از پتانسیلی بالا برای تولیدات

کشاورزی برخوردار است. هم اکنون بخش کشاورزی از نظر ارزش افزوده سهم کمی در استان دارد، اما در دوره ی ۸۶-۱۳۸۰ بیش از ۳۰ درصد از اشتغال استان را در اختیار داشته است (استانداری کهگیلویه و بویر احمد، ۱۳۸۸) و برنامه ریزی تولید در این بخش از اهمیتی بالا برخوردار است.

رهیافت برنامه ریزی فازی

مدل سازی بر اساس تئوری فازی که به وسیله ی Zadeh(1965) ارایه شد را می توان به این صورت ارایه نمود. اگر یک مسئله ی برنامه ریزی خطی متعارف را به شکل زیر در نظر بگیریم:

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

subject to :

$$A_i X_i \leq b_j \quad (۲)$$

$$X \geq 0 \quad (۳)$$

محدودیت ها و b_j بردار منابع است. آنگاه الگوی فازی آن به صورت زیر خواهد بود (Kumar et al. 2006):

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

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

$$X \geq 0 \quad (۶)$$

که در آن علامت $\prec \approx$ در مجموعه ی قیود به معنی " لزوماً کوچکتر یا برابر با" است و امکان دست یابی به مقادیر دقیق را فراهم می کند. \tilde{A} و \tilde{C} نیز مقادیر نادقیق یا فازی هستند. در این رهیافت هدف ها و قیود به وسیله ی توابع عضویت تعریف می شوند و از این حیث میان این دو گروه هیچ تفاوتی وجود ندارد. تابع عضویت خطی در دامنه ی پارامتر دارای مقادیر پیوسته ی افزایشی یا کاهش است و به وسیله ی کران های قابل پذیرش بالا و پایین پارامتر تعریف می شود.

تابع هدف فازی $\bar{Z} \in X$ یک زیر مجموعه ی فازی از X است بگونه ای که X به وسیله ی تابع عضویت آن به صورت $\mu_Z(X): X \rightarrow [0,1]$ مشخص می شود. تابع عضویت خطی برای هدف های فازی کمینه سازی به صورت زیر است:

$$\mu_Z(x) = \left\{ \begin{array}{ll} 1 & \text{if } Z_j(x) \leq Z_j^{\min}, \\ \frac{[Z_j^{\max} - Z_j(x)]/[Z_j^{\max} - Z_j^{\min}]}{0} & \text{if } Z_j^{\min} \leq Z_j(x) \leq Z_j^{\max}, \\ 0 & \text{if } Z_j(x) \geq Z_j^{\max}, \end{array} \right\} \quad (۷)$$

که در آن $j = 1, 2, \dots, J$ در اینجا Z_j^{\max} و Z_j^{\min} به ترتیب کمینه و بیشینه $Z_j(x^*)$ و X^* پاسخ بهینه اند. همچنین برای حالت بیشینه سازی یک هدف می توان آن را به صورت زیر نوشت:

$$\mu_Z(x) = \begin{cases} 1 & \text{if } Z_j(x) \geq Z_j^{\max}, \\ \frac{[Z_j(x) - Z_j^{\min}] / [Z_j^{\max} - Z_j^{\min}]}{1} & \text{if } Z_j^{\min} \leq Z_j(x) \leq Z_j^{\max}, \\ 0 & \text{if } Z_j(x) \leq Z_j^{\min}, \end{cases} \quad (8)$$

قید فازی $\bar{C} \in X$ یک زیر مجموعه ی فازی از X است به گونه ای که X به وسیله ی تابع عضویت آن به صورت $[0,1] \rightarrow X: \mu_C(X)$ مشخص می شود. تابع عضویت خطی برای قید فازی به صورت زیر است:

$$\mu_C(x) = \begin{cases} 1 & \text{if } g_k(x) \leq b_k, \\ \frac{[1 - \{g_k(x) - b_k\} / b_d]}{1} & \text{if } b_k \leq g_k(x) \leq b_k + d_k, \\ 0 & \text{if } b_k + d_k(x) \leq g_k(x), \end{cases} \quad (9)$$

که در آن $k = 1, 2, \dots, K$ و بیانگر تمامی پارامترها است. d_k نیز فاصله ی نوسان های مجاز است. پاسخ فازی نتیجه ی حل توأم زیر مجموعه ی هدف ها و قیود فازی است که به تعیین فصل مشترک آن ها منجر می شود. تابع عضویت پاسخ فازی از رابطه ی زیر بدست می آید:

$$\mu_S(x) = \mu_Z(x) \cap \mu_C(x) = \min[\mu_Z(x); \mu_C(x)] \quad (10)$$

در رابطه ی بالا $\mu_Z(x)$ ، $\mu_C(x)$ و $\mu_S(x)$ به ترتیب توابع عضویت هدف های، قیود و پاسخ هستند. پاسخ بهینه پاسخی است که دارای بالاترین درجه ی مقدار عضویت باشد. معادله های بالا به صورت فازی بودند، اما برای حل باید به صورت معادله های قطعی زیر درآیند:

$$\text{Maximize } \lambda \quad (11)$$

Subject to

$$\lambda(Z_j^{\max} - Z_j^{\min}) + Z_j(x) \leq Z_j^{\max} \quad (12)$$

$$\lambda(Z_j^{\min} - Z_j^{\max}) - Z_j(x) \leq Z_j^{\min} \quad (13)$$

$$\lambda(d_x) + g_k(x) \leq b_k + d_k \quad (14)$$

$$Ax \leq b \quad (15)$$

$$x \geq 0 \quad (16)$$

$$0 \leq \lambda \leq 1 \quad (۱۷)$$

برای تعیین مقادیر کمینه یا بیشینه ی هر یک از هدف ها نیز بر اساس روش پیشنهادی (Zimmerman 1978) می توان هر یک از آن ها را به گونه ی مجزا و انفرادی حل و مقدار بهینه ی آن ها را بدست آورد. بر اساس این روش مقادیر کنونی هدف های به عنوان مقدار نابهینه و مقدار بدست آمده از الگوی بهینه سازی به عنوان مقدار بهینه مورد استفاده قرار می گیرد.

رهیافت برنامه ریزی ریاضی امکان

در عنوان این رهیافت نیز هر چند که واژه ی فازی دیده نمی شود، اما بر مفهوم فازی و توابع عضویت فازی متکی است که در ادامه شرح آن بیان شده است. روش های گوناگونی برای تدوین مدل و حل رهیافت برنامه ریزی ریاضی امکان وجود دارد که روش (Lai and Hwang 1992) از کاربرد زیادی برخوردار است. در این روش فرض می شود که می توان توزیع مقادیر ضرایب فازی را با استفاده از یک توزیع احتمال مثلثی بیان نمود که سه مقدار بالاترین، پایین ترین و محتمل ترین مقدار را اختیار می کند. به بیان دیگر ضرایب به صورت زیر است:

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

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

در روابط بالا، بالانویس های l ، m و h به ترتیب بیانگر مقادیر پایین، بالا و محتمل ترین برای ضرایب فازی است. i و j نیز بیانگر هدف ها و محدودیت های متعدد در الگوی برنامه ریزی هستند. در صورتی که هدف بشینه سازی باشد، باید کوشش نمود ترکیبی از فعالیت ها انتخاب شود که ضمن بیشینه سازی مقدار محتمل ترین موقعیت ($C_i^h - C_i^m$) بیشینه و مقدار ($C_i^m - C_i^l$) کمینه شود. بیشینه سازی هدف ($C_i^h - C_i^m$) به معنی افزایش احتمال دستیابی به الگوی کشت دارای بازده ی ناخالص بیشینه است در حالی که کمینه سازی جمله ($C_i^m - C_i^l$) در واقع ریسک اختیار کردن الگوی کشت دارای بازده ی ناخالص کمینه را کمینه می کند، بنابراین در قالب مجموعه ای از هدف ها شرط بالا را می توان بصورت زیر نوشت (Wang and Liang, 2005):

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

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

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

در روابط بالا پارامتر C نشان دهنده ی ضرایب تابع هدف، i بیانگر محصولات گوناگون و X سطح زیرکشت است. روابط بالا برای بیشینه سازی بازده ی ناخالص مورد استفاده قرار گرفت. برای هدف کمینه سازی روابط بالا به صورت زیر خواهد بود:

$$\min z_4 = (C_i^h - C_i^m) = \sum_{i=1}^n (c_i^h - c_i^m) X_i \quad (23)$$

$$\max z_5 = (C_i^m - C_i^l) = \sum_{i=1}^n (c_i^m - c_i^l) X_i \quad (24)$$

$$\min z_6 = (C_i^m) = \sum_{i=1}^n (c_i^m) X_i \quad (25)$$

مشابه روابط قبل، در این جا نیز هدف نخست ریسک اختیار الگوی کشت دارای مقدار هدف ناپهینه در سطح بالا را کمینه می کند، اما با توجه به این که مقادیر پایین تر مطلوبند، هدف دوم احتمال دست یافتن به مقدار هدف در سطوح پایین را بیشینه می کند. 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:

$$A_j^l = \sum_{j=1}^k a_{j\beta}^l X_j \leq b_{j\beta}^l \quad (26)$$

$$A_j^m = \sum_{j=1}^k a_{j\beta}^m X_j \leq b_{j\beta}^m \quad (27)$$

$$A_j^h = \sum_{j=1}^k a_{j\beta}^h X_j \leq b_{j\beta}^h \quad (28)$$

در این روابط نیز b بیانگر میزان منابع در دسترس است. β نیز به محدودیت ها اشاره دارد که در k محدودیت در نظر گرفته شده است. همچنین β کمینه ی احتمال قابل پذیرش است. به بیان دیگر، مقادیر ضرایب فنی و سمت راست محدودیت ها خود در سه سطح بیشینه، میانگین و کمینه مورد استفاده قرار می گیرند. در ادامه بررسی پس از تبدیل مقادیر بدست آمده با استفاده از توابع عضویت زیر و همچنین بیشینه سازی این توابع می توان الگوی بهینه را ارایه نمود. برای تبدیل مقادیر فازی به مقادیر قطعی در هدف بیشینه سازی، روابط تبدیل زیر مورد استفاده خواهد بود که تابع عضویت هدف های یاد شده برای هدف های بیشینه سازی و کمینه سازی به ترتیب به صورت روابط (۲۹) و (۳۰) خواهد بود: (Wang and Liang, 2005):

$$\mu_i(z_i) = \begin{cases} 1 & \text{if } z_i \geq z_i^{PIS} \\ z_i - z_i^{NIS} / z_i^{PIS} - z_i^{NIS} & \text{if } z_i^{NIS} \leq z_i \leq z_i^{PIS} \\ 0 & \text{if } z_i \leq z_i^{NIS} \end{cases} \quad (29)$$

$$\mu_i(z_i) = \begin{cases} 1 & \text{if } z_i \leq z_i^{NIS} \\ z_i^{NIS} - z_i / z_i^{NIS} - z_i^{PIS} & \text{if } z_i^{NIS} \leq z_i \leq z_i^{PIS} \\ 0 & \text{if } z_i \geq z_i^{PIS} \end{cases} \quad (30)$$

روابط بالا z_i^{NIS} و z_i^{PIS} به ترتیب مقادیر ایده آل مثبت و منفی هستند که مقادیر ایده آل مثبت بر اساس روش پیشنهادی (Zimmerman (1978) از راه اجرای الگوی برنامه ریزی ریاضی مجزا برای هر یک از هدف ها ضمن حفظ سایر هدف ها در شرایط جاری آن ها بدست می آید و مقادیر هدف ها در سطح کنونی نیز به عنوان مقدار ایده آل منفی مورد استفاده قرار می گیرد. الگوی بهینه سازی رهیافت برنامه ریزی ریاضی امکان بر اساس آنچه گفته شد، پس از تبدیل به حالت غیرفازی به صورت زیر خواهد بود:

$$\begin{aligned} & \text{Maximize } \lambda & (31) \\ & \text{Subject to} \\ & \lambda \leq z_k(x) - z_k^{NIS} / z_k^{PIS} - z_k^{NIS} & \text{برای تمامی } k=1,2,\dots,K, \square k \\ & \lambda \leq z_s^{NIS} - z_s(x) / z_s^{NIS} - z_s^{PIS} & \text{برای تمامی } s=1,2,\dots,S, \square s \\ & A_j^l = \sum_{j=1}^k a_{j\beta}^l X_j \leq b_{j\beta}^l & (32) \\ & A_j^m = \sum_{j=1}^k a_{j\beta}^m X_j \leq b_{j\beta}^m & (33) \\ & A_j^h = \sum_{j=1}^k a_{j\beta}^h X_j \leq b_{j\beta}^h & (34) \\ & \lambda \in [0,1] & (35) \end{aligned}$$

در روابط بالا مجموعه ی K هدف هایی را در بر می گیرد که هدف بیشینه سازی بر آن ها مترتب است و مجموعه ی S هدف های کمینه سازی را نشان می دهد. λ نیز تابع عضویت را نشان می دهد. این الگو به صورت یک عملگر «بیشینه کمینه ها» عمل می کند و از ارایه ی راه حل توافقی باز می ماند. از این رو می توان با اجرای مرحله ی دوم آن امکان دست یابی به الگوی

مطلوب تر را نیز بررسی نمود که در آن تابع عضویت مشروط بر محدودیت های مرحله ی نخست الگو و تأمین تابع عضویت کمینه در سطح الگوی مرحله ی نخست بیشینه می شود. یکی از روش های پرکاربرد برای اجرای مرحله ی دوم روش Li et al., (2006) به صورت زیر است:

$$\text{Maximize } \lambda(v) = \sum_z \theta_z \mu_z(v) \quad (36)$$

Subjectto

$$\lambda_z \leq \mu_z(v) \quad z = K + S \quad (37)$$

$$A_j^l = \sum_{j=1}^k a_{j\beta}^l X_j \leq b_{j\beta}^l \quad (38)$$

$$A_j^m = \sum_{j=1}^k a_{j\beta}^m X_j \leq b_{j\beta}^m \quad (39)$$

$$A_j^h = \sum_{j=1}^k a_{j\beta}^h X_j \leq b_{j\beta}^h \quad (40)$$

$$\lambda_z, \mu_z(v) \in [0,1] \quad (41)$$

در روابط بالا θ_z وزن اختصاص داده شده به تابع عضویت است و سایر متغیرها نیز پیش تر معرفی شد.

مشخص گردید که هدف های متعددی در این مطالعه مورد توجه است، لذا لازم است با استفاده از رهیافت برنامه ریزی چند هدفی نسبت به تأمین این هدف ها اقدام گردد. این رهیافت امکان بهینه سازی چند هدف را با هم مشروط بر محدودیت منابع فراهم می کند. البته اغلب به جای یک پاسخ بهینه مجموعه ای از پاسخ ها بدست می آید که این شرایط نیز امکان مبادله میان پاسخ ها را ممکن می سازد. روی هم رفته، سه روش برای حل الگوهای چند هدفی وجود دارد. این روش ها عبارتند از: روش وزنی، روش مقید و روش سیمپلکس چند معیاری. روش اعمال محدودیت از استفاده بیش تر برخوردار است (Francisco & Mubarik, 2006). در روش مقید h امین تابع هدف بهینه و k-1 هدف باقیمانده در قالب محدودیت گنجانده می شوند.

$$\text{Max } Z_h(x) \quad (42)$$

Subjectto:

$$Z_1(x_1, x_2, \dots, x_n) \leq b_1 \quad (43)$$

$$Z_{(h-1)}(x_1, x_2, \dots, x_n) \leq b_{(h-1)}$$

$$\begin{aligned} Z_{(h+1)}(x_1, x_2, \dots, x_n) &\leq b_{(h+1)} \\ X &\in F \\ X &\geq 0 \end{aligned} \quad (44)$$

که در آن bi مجموعه قید برای هر یک از محدودیت‌ها در بهینه‌سازی مقید مورد نظر است. مقادیر افزایشی در پارامتر bi از رابطه ی زیر بدست می‌آید (Cohon, 1978):

$$L_{ir} = n_i + t(r-1)^{-1}(M_j - n_i), \quad \begin{aligned} j &= 1, 2, \dots, h-1, h+1, \dots, p; \\ t &= 0, 1, 2, \dots, (r-1), \end{aligned} \quad (45)$$

Li مقادیر انتخاب شده bi از دامنه $t(r-1)^{-1}(M_j - n_i)$ است. M و 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 هدف های مورد نظر از میان آنها باید انتخاب نمود که برای این منظور نیز از منطق فازی بصورت زیر بهره گرفته شد.

اگر $i \in [1, N]$ و N تعداد الگوهای ارایه شده به وسیله ی رهیافت برنامه‌ریزی چند هدفی باشد و $j \in [1, M]$ که j نیز هدف های مورد استفاده است. همچنین اگر فرض کنیم که x_j مقداری است که هدف j برای الگوی i اختیار می‌کند در صورتی که مقادیر هدف های مورد استفاده را به صورت نزولی رتبه‌بندی کنیم که طی آن مقادیر بالاتر برای هدف یاد شده به معنی اولویت بیش تر باشد، آنگاه تابع عضویت شاخص j را می‌توان برای منطقه ی $\mu_j(i)$ به صورت زیر تعریف نمود: (Bernger & Verdier-Chouchane, 2007)

$$\mu_j(i) = \begin{cases} 1 & \text{if } x_j^i \leq x_j^{\min} \\ x_j^{\max} - x_j^i / x_j^{\max} - x_j^{\min} & \text{if } x_j^{\min} \leq x_j^i \leq x_j^{\max} \\ 0 & \text{if } x_j^i \geq x_j^{\max} \end{cases} \quad (46)$$

که در آن $x_j^{\min} = \text{Min}_i(x_j^i)$ و $x_j^{\max} = \text{Max}_i(x_j^i)$. تابع $\mu_j(i)$ درجه ی برخورداری آلمین الگو را نسبت به هدف j اندازه‌گیری می‌کند. برای فازی‌سازی هدف های کمینه‌سازی از این رابطه استفاده شد. به همین ترتیب اگر هدف ها را به صورت صعودی مرتب کنیم، تابع عضویت به صورت زیر تعریف خواهد شد:

$$\mu_j(i) = \begin{cases} 1 & \text{if } x_j^i \geq x_j^{\max} \\ x_j^i - x_j^{\min} / x_j^{\max} - x_j^{\min} & \text{if } x_j^{\min} \leq x_j^i \leq x_j^{\max} \\ 0 & \text{if } x_j^i \leq x_j^{\min} \end{cases} \quad (47)$$

توابع یاد شده توابعی افزایشی از درجه ی برخورداری الگو بوده و مقادیری بین صفر و یک اختیار می کنند. از این تابع عضویت نیز برای فازی سازی هدف های بیشینه سازی استفاده گردید. با توجه به اینکه هدف های مورد استفاده نامتجانسند، لذا با استفاده از روش پیشنهادی Cerioli and Zani (1990) برای تابع عضویت هدف های مورد استفاده، میانگین وزن هندسی به صورت زیر تعیین شد:

$$\mu(i) = \sum_{j=1}^M w_j \mu_j(i) \quad (48)$$

در رابطه ی بالا $w_j \geq 0$ و $\sum_{j=1}^M w_j = 1$ است. در این رابطه، w_j وزن هدف j است. Chiapero Martinetti (1996) بر این باورند که مقادیر وزن هدف ها باید بین بیشینه و کمینه باشد. این معیار برهمکنش میان هدف های را لحاظ می کند. بر این اساس وزن هدف های به صورت زیر تعریف می شود (Bernger & Verdier-Chouchane, 2007):

$$w_j = \ln(1/\mu_j) / \sum_{j=1}^M \ln(1/\mu_j) \quad (49)$$

در رابطه ی بالا w_j تابعی معکوس از میانگین سطح هدف های نسبت به هدف j است. محدودیت های الگو شامل محدودیت زمین (هکتار)، آب (مترمکعب)، نیروی کار (روز- نفر)، سرمایه (هزار ریال)، کودشیمیایی (کیلوگرم) و همچنین محدودیت آیش می باشد. گفتنی است که محدودیت کشت بار دیگر در طول یک دوره، در قالب محدودیت زمین مورد توجه قرار گرفته است. داده های مطالعه شامل دو بخش داده های مقطعی و داده های سری زمانی است. داده های مقطعی به صورت پیمایشی و با مراجعه به بهره برداران و تکمیل پرسشنامه در میان ۱۰۰ بهره بردار استان کهگیلویه و بویراحمد که به گونه ی تصادفی انتخاب شدند، گردآوری شد. این داده ها شامل مقادیر استفاده از نهاده ها و محصولات تولیدی و همچنین ارزش هر یک از آن ها در سال ۱۳۷۸ بود. البته داده های مقادیر بیشینه و کمینه ی متغیرهای مورد مطالعه نیز از بهره برداران دریافت شد. داده های سری زمانی نیز شامل مقادیر سری زمانی قیمت و عملکرد محصولات عمده ی منطقه ی منتخب بود که از پایگاه اطلاعاتی وزارت جهاد کشاورزی و FAO بدست آمد. البته داده های

قیمت مربوط به کل ایران بود. بمنظور ارایه ی الگوهای بهینه نیز از بسته ی نرم‌افزاری LINGO10 استفاده شد.

نتایج و بحث

همان گونه که مشخص شد، در این مطالعه از رهیافت های برنامه ریزی چند هدفی امکان، فازی و قطعی استفاده و یافته ها نیز برای هر یک از روش ها به تفکیک ارایه شده است. گفتنی است که در کنار هدف های افزایش بازده ی ناخالص و کاهش ریسک با توجه به اهمیت مصرف آب میزان استفاده از آب نیز در جداول ارایه شده است.

الگوهای بدست آمده از برنامه‌ریزی ریاضی امکان

پیش از آن که دو هدف افزایش بازده ی ناخالص و کاهش ریسک با هم مورد توجه قرار گیرند، دو گروه الگوی بهینه ارایه شد که به دلیل حجم بالای نتایج در این جا آورده نشده است. نخستین گروه از الگوهای بهینه ی بدست آمده از رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی امکان الگوهایی بودند که به بیشینه سازی میانگین بازده ی ناخالص، بیشینه سازی اختلاف میان میانگین و بیشینه ی بازده ی ناخالص یا افزایش احتمال دست یافتن به بیشینه ی بازده ناخالص و کمینه ی سازی اختلاف میان میانگین و کمینه ی بازده ی ناخالص یا کاهش ریسک وقوع کمینه ی بازده ی ناخالص پرداختند. بر اساس الگوی پیشنهادی (Zimmermann 1978) هر یک از این هدف ها در شرایطی که سایر هدف ها در سطح الگوی کنونی بهره برداران حفظ شده، تعقیب گردیده است. گروه دوم شامل الگوی بهینه ی کمینه‌کننده ی ریسک بود که توأم با تأمین سایر هدف ها در سطح ایده‌آل منفی آن ها تعقیب شد.

بمنظور رعایت اختصار، تنها الگوهایی ارایه شده است که به دو گروه یاد شده با هم پرداخته است. این دو گروه در مجموع شامل ۴ هدف می باشد که عبارتند از: بیشینه سازی میانگین بازده ی ناخالص (هدف نخست)، کمینه سازی اختلاف میان میانگین و کمینه ی بازده ی ناخالص (هدف دوم)، بیشینه سازی اختلاف میان میانگین و بیشینه ی بازده ی ناخالص (هدف سوم) و کاهش ریسک که به عنوان هدف چهارم مورد توجه قرار گرفته است (جدول ۱). همان گونه که در جدول ۱ دیده می شود، دو الگوی بهینه با استفاده از رهیافت برنامه ریزی ریاضی امکان ارایه شده است که الگوی دوم با استفاده از نتایج مرحله ی نخست بدست آمده است و در مرحله ی دوم هدف به صورت بیشینه سازی تابع عضویت ناشی از مرحله ی نخست تعریف شده است. البته

الگوهای دیگری از مرحله ی دوم نیز در جدول ۲ ارائه شده است که در ادامه مورد بررسی بیش تر قرار گرفته است.

استفاده از هدف کمینه سازی ریسک در قالب یک هدف فازی باعث شده است تا هدف های قبل ضمن کاهش ریسک تأمین شود. به گونه ای که واریانس الگو به ۱۴۰۶ کاهش یافته است. به بیان دیگر، در الگوی بهینه ی برنامه ریزی ریاضی امکان افزون بر این که مقدار واریانس کاهش یافته ، اما از سوی دیگر، مقادیر مطلوبی از افزایش در بازده ی ناخالص و کاهش در مصرف آب نیز دیده می شود. الگوی بهینه ی مرحله ی نخست در مقایسه با الگوی کنونی بهره برداران، از نظر ترکیب الگوی کشت دارای تفاوتی بسیار بالاست و به جز در مورد گندم در مورد سایر محصولات تغییر سطح زیرکشت محصولات بسیار بالاست. روی هم رفته، سطح زیرکشت برنج، گندم و خربزه افزایش یافته است و سطح زیرکشت سایر محصولات یا کاهش یافته است و یا از الگو خارج شده اند. تابع عضویت الگوی بهینه ی ناشی از اجرای مرحله ی نخست بهینه سازی برابر با ۰/۴۴۱ است. به بیان دیگر، الگوی بهینه ی بدست آمده تعادل را در سطحی ایجاد نماید که ۴۴ درصد از هدف های چهارگانه ی مطرح شده با هم بدست آید.

در بخش آخر جدول ۱ نیز الگوی بهینه بدست آمده از اجرای مرحله ی دوم بهینه سازی مبتنی بر رهیافت برنامه ریزی ریاضی امکان ارائه شده است. تغییر در ترکیب کشت این الگو نسبت به الگوی بهینه ی مرحله ی نخست به صورت تقویت جزیی سطح زیرکشت هندوانه و برنج و کاهش سطح زیرکشت سایر محصولات می باشد. البته همانند الگوی بهینه ی بدست آمده از مرحله ی نخست، محصولاتی همانند یونجه، لوبیا و ذرت علوفه ای در الگوی بهینه دارای اولویت نشده اند. همان گونه که تابع عضویت دو الگو نیز نشان می دهد، الگوی بهینه ی مرحله ی دوم بهبود بسیار اندکی را نشان می دهد. بر اساس متغیرهای بازده ی ناخالص، ریسک و مصرف آب نیز برتری نامحسوس الگوی بهینه ی مرحله ی دوم از نظر بازده ی ناخالص بر الگوی نخست و برتری بسیار محدود الگوی بهینه ی مرحله ی نخست از نظر مصرف آب و ریسک بر الگوی مرحله ی دوم مهم ترین تفاوت است. گفتنی است که در مرحله ی دوم برای تابع عضویت هدف های متعدد وزن هایی یکسان مورد استفاده قرار گرفته است، اما برای چهار هدف یاد شده می توان اهمیت متفاوتی نیز قابل شد. از این رو، برای توابع عضویت هدف ها وزن های متعددی اختصاص و الگوهای بهینه ی دیگری نیز بدست آمد که در جدول ۲ ارائه شده است.

در جدول ۲ گروهی دیگر از الگوهای بهینه ی مرحله ی دوم ارائه شده است. در نخستین الگو، وزن بالاتری به هدف کاهش ریسک داده شده است. این امر باعث شده تا یک الگوی بهینه ی بسیار نزدیک به الگوی بهینه بدست آمده از رهیافت برنامه ریزی ریاضی امکان در مرحله ی نخست بدست

آید که در جدول ۱ مورد بررسی قرار گرفت. از نظر ترکیب محصولات میان الگوی بهینه ی مرحله ی نخست جدول ۱ و الگوی بهینه ی سمت راست جدول ۲ که طی آن هدف کاهش ریسک مهم تر تلقی شده است، تفاوت بسیار اندکی دیده می شود. البته این تغییرات جزئی منجر به برتری جزئی الگوی دارای وزن بالاتر برای هدف کاهش ریسک در مقایسه با الگوی مرحله ی نخست آرایه شده در جدول ۱ شده است. به گونه ای که تابع عضویت آن در حدود ۱ درصد بالاتر بدست آمده است. مظاهر این بهبود، افزایش بیش تر بازده ی ناخالص و کاهش بیش تر استفاده از آب و ریسک در سطوح گوناگون بازده ناخالص است. به بیان دیگر، دادن اهمیت یا وزن بیش تر به هدف کاهش ریسک در مقایسه با الگوی مرحله ی نخست، تنها منجر به کاهش بسیار اندک در سطح ریسک شده است و این نشان دهنده ی حساسیت بسیار پایین الگوی برنامه ریزی نسبت به تغییرات در وزن یا اهمیت هدف کاهش ریسک است. البته از سوی دیگر، با وجود وزن بیش تر هدف کاهش ریسک، الگوی دارای وزن برابر برای تمامی توابع عضویت هر چند بسیار نامحسوس، دارای ریسک کم تر است. روی هم رفته، می توان تفاوت میان الگوی بهینه ی بدست آمده از رهیافت برنامه ریزی ریاضی امکان مرحله ی دوم با الگوی بهینه ی دارای وزن بالاتر برای کاهش ریسک را بسیار محدود تلقی نمود هر چند که بر اساس تابع عضویت، با دادن وزن بالاتر به هدف کاهش ریسک بهبودی بسیار کم ایجاد شده است.

اختصاص وزن ۷۰ درصد به هدف افزایش اختلاف میان بیشینه ی بازده ی ناخالص و میانگین بازده ناخالص منجر به بالاترین تابع عضویت شده است. البته میان تمامی الگوها تفاوت در تابع عضویت آن ها کم تر از ۱/۲ درصد است. این الگوی کشت نیز بسیار نزدیک به الگوی کشت بهینه ی بدست آمده از مرحله ی دوم است و تنها تفاوت اندک افزایش سطح زیرکشت ذرت دانه ای به گونه ی بسیار جزئی است. به این ترتیب می توان گفت افزایش تابع عضویت در مقایسه با الگوی مرحله ی دوم دارای وزن برابر تنها با اختصاص وزن بالاتر به هدف افزایش اختلاف میان بیشینه و میانگین بازده ی ناخالص امکان تحقق دارد.

در الگوی سوم که در جدول ۲ دیده می شود، به هدف کاهش اختلاف میان میانگین و کمینه ی بازده ناخالص، وزنی بالاتر اختصاص یافته است. از نظر ترکیب کشت این الگو بسیار شبیه به الگوی نخست این جدول است که در آن به کاهش ریسک وزنی بالاتر داده شد. از نظر ترکیب کشت، تفاوت عمده میان دو الگوی یاد شده، به افزایش سطح زیرکشت خربزه و کاهش سطح زیرکشت سایر محصولات مربوط می شود. البته الگوی کشت دارای وزن بالاتر برای هدف بازده ی ناخالص متوسط از نظر کاهش مصرف آب برتر از الگوی کشت نخست جدول ۲ است، اما از سوی

دیگر از نظر بازده ی ناخالص و ریسک دارای موقعیت نابهینه تری است و این تفاوت ها با کاهش تابع عضویت آن نیز مشخص شده است.

در ستون آخر جدول ۲ نیز وزن بالاتر به هدف افزایش میانگین بازده ی ناخالص اختصاص یافته است. این الگو از نظر ترکیب کشت در حد فاصل الگوهای دیگر این جدول قرار دارد. البته متمایل تر به الگویی است که در آن با هدف افزایش اختلاف میان میانگین و بیشینه ی بازده ی ناخالص، وزنی بالاتر اختصاص یافته است. این الگو نیز توجهی بیش تر به کاهش مصرف آب و کاهش ریسک دارد، اما در مقایسه با سایر الگوهای این جدول از نظر افزایش بازده ی ناخالص توفیقی کم تر را بدست آورده است.

روی هم رفته، بر اساس مقادیر تابع عضویت می توان گفت میان این الگوها تفاوتی بسیار محدود وجود دارد و استفاده از مرحله ی دوم بهینه سازی در قالب رهیافت برنامه ریزی ریاضی امکان منجر به بهبود چندانی در الگوی بهینه ی بدست آمده از مرحله ی نخست نشده است. همچنین مشخص گردید که الگوهای بدست آمده نسبت به وزن های اختصاص یافته به آن ها حساسیتی ندارند. به گونه ی تلویحی می توان گفت تعقیب هدف های یاد شده در چارچوب تنگناها به دلیل تفاوت گسترده میان هدف ها و یا تعارض بالا میان آن ها انعطاف کمی را در تعقیب توأم هدف ها ممکن می سازد. از این رو نسبت به ارایه ی الگوهای متعدد همت گمارده شد تا دامنه ی انتخابی بیش تر برای دست یابی به الگوی بهینه فراهم شود.

هدف نخست: بیشینه سازی میانگین بازده ی ناخالص.

هدف دوم: کمینه سازی اختلاف میان میانگین و کمینه ی بازده ی ناخالص.

هدف سوم: بیشینه سازی اختلاف میان میانگین و بیشینه ی بازده ی ناخالص.

هدف چهارم: کاهش ریسک.

الگوهای بدست آمده از برنامه ریزی ریاضی فازی و قطعی

در این بخش نیز ترکیب بهینه ی محصولات بر اساس رهیافت برنامه ریزی چند هدفی فازی (جدول ۳) و برنامه ریزی ریاضی چند هدفی قطعی (جدول ۴) ارایه شده است. همانند الگوهایی که با استفاده از رهیافت برنامه ریزی ریاضی امکان ارایه شد، در این جا نیز ابتدا افزایش بازده ی ناخالص مورد توجه قرار گرفته است و سپس هدف کاهش ریسک یا واریانس بازده ی ناخالص به آن اضافه شده است.

در جدول ۳ الگوی نخست به بیشینه سازی هدف بازده ی ناخالص پرداخته است. ترکیب محصولات در این الگو در مقایسه با الگوی کنونی از تنوعی کم تر برخوردار است زیرا ذرت دانه ای و

علوفه ای و همچنین یونجه از الگو حذف شده است. تغییر مهم دیگر در مقایسه با الگوی بهینه کنونی، به صورت کاهش سطح زیرکشت هندوانه و افزایش سطح زیرکشت خربزه و برنج است. به ترتیب میزان مساعدت می توان گفت محصولات دارای اهمیت عبارتند از: گندم، هندوانه، خربزه و برنج. لوبیا نیز با مساعدتی در سطح ۰/۲۸ هکتار در جایگاه بعدی قرار دارد. مقایسه ی مقادیر هدف های بازده ی ناخالص، آب و ریسک نیز نشان می دهد که الگوی بهینه ی فازی در مقایسه با الگوی کنونی در بیش تر موارد برتری دارد و تنها از نظر ریسک در سطح الگوی کنونی قرار دارد و در سایر هدف ها دارای برتری است. تابع عضویت الگوی فازی ۰/۵۱۳ بدست آمده است.

در الگوی فازی دیگر با هدف افزایش بازده ی ناخالص کاهش ریسک نیز اضافه شد که یافته های آن در جدول ۳ و در دو ستون انتهایی 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 نخست که تنها هدف افزایش بازده ی ناخالص را تأمین می کند، در این الگو سطح زیرکشت هندوانه و خربزه به نفع گندم و برنج کاهش یافته است. در مورد گندم با توجه به موقعیت بهینه ی آن به دلیل خرید حمایتی و تضمینی افزایش سطح زیرکشت آن در شرایطی که هدف کاهش ریسک است مبتنی بر انتظار است. اگر این الگو را با الگوی متناظر از رهیافت برنامه ریزی ریاضی امکان که در جدول ۱ ارائه شده است، مقایسه کنیم، مشخص می شود که این الگو در کاهش مصرف آب بویژه در شرایط کمینه ی بازده ی ناخالص دارای برتری است، اما از سوی دیگر، در افزایش بازده ی ناخالص بویژه کمینه ی بازده ی ناخالص دارای شرایط مناسب نیست. البته مهم ترین برتری این الگو در مقایسه با الگوی فازی نخست که تنها هدف افزایش بازده ناخالص را مورد توجه قرار داد، کاهش ریسک است، اما از سوی دیگر، در کاهش مصرف آب توفیق کم تری داشته است. با این حال، اضافه شدن هدف کاهش ریسک به کاهش تابع عضویت به سطح ۴۴ درصد منجر شده است. به بیان دیگر، در الگوی فازی تعقیب کننده توأم هدف های افزایش بازده ناخالص و کاهش ریسک تا سطح ۴۴ درصد این هدف ها قابل دست یابی است.

در جدول ۴ نیز الگوهای بهینه ی چندهدفی قطعی ارائه شده است. همان گونه که در این جدول نیز مشاهده می شود سه الگوی بهینه ی قطعی ارائه شده است که بر اساس روش Zimmermann (1978) مقادیر بهینه برای هر یک از هدف ها مشروط بر حفظ سایر هدف های ارائه شده است. البته در ادامه با استفاده از روش پیشنهادی (Cohon (1978) برای هر یک از هدف ها در دامنه ی مقدار کنونی و مقدار بهینه یا ایده آل مثبت بدست آمده در جدول ۴ سه سطح دیگر نیز انتخاب شد و الگوهای دیگری ارائه گردید که در جدول ۵ آمده است. در الگوی بهینه ی قطعی پیشینه کننده ی بازده ی ناخالص مشابه الگوی بهینه که تاکنون بدست آمده است،

یونجه و ذرت دانه ای در الگو قرار نگرفته است. البته مشابه الگوهای برنامه ریزی امکان و برخلاف الگوی فازی لوبیا از الگوی بهینه حذف شده است. الگوی بهینه ی قطعی دیگر الگویی است که ریسک یا واریانس بازده ی ناخالص را در حضور تأمین بازده ی ناخالص در سطح کنونی و استفاده از آب در شرایط کنونی تأمین می کند. تعقیب هدف کمینه سازی ریسک نیز با استفاده از رهیافت برنامه ریزی چندهدفی قطعی به همان الگویی منتج شد که رهیافت برنامه ریزی ریاضی امکان برای هدف های کمینه سازی ریسک در حضور تأمین هدف های مربوط به بازده ی ناخالص ارایه کرد.

در حدفاصل میان مقادیر کنونی و مقادیر بهینه یا ایده آل مثبت ارایه شده برای هدف های افزایش بازده ی ناخالص، کاهش ریسک و کاهش آب مصرفی سه مقدار برای هر یک از هدف های در نظر گرفته شد و الگوهای دیگری بدست آمد که در جدول ۵ ارایه شده است. گفتنی است که بازده ی ناخالص هدف در واقع همان میانگین بازده ی ناخالص است و تنها بمنظور امکان مقایسه ی الگوهای گوناگون بدست آمده از روش برنامه ریزی چندهدفی قطعی و رهیافت برنامه ریزی ریاضی امکان، برای هر الگوی کشت بهینه بدست آمده، مقادیر بیشینه و کمینه ی بازده ی ناخالص نیز ارایه شده است.

با کاهش بازده ی ناخالص هدف، سطح زیرکشت هندوانه و خربزه به تدریج کاهش یافته است، اما در مورد سایر محصولات روندی منظم در تغییر سطح زیرکشت دیده نمی شود. در الگوی کشت سطوح گوناگون، بازده ی ناخالص گندم دارای بالاترین مساعدت است و حدود ۳/۶-۳/۴ هکتار را به خود اختصاص داده است. سه محصول برنج، خربزه و هندوانه کم تر از ۱/۵ هکتار را به خود اختصاص داده اند. همچنین ۰/۹-۰/۸ هکتار از سطح زیرکشت را نیز ذرت دانه ای تشکیل می دهد. با کاهش بازده ی ناخالص هدف میزان کاهش در کمینه ی بازده ی ناخالص بسیار کم تر از میانگین و بیشینه ی بازده ی ناخالص است. به بیان دیگر، این الگوهای کشت هدف کاهش اختلاف میان میانگین و کمینه ی بازده ی ناخالص را که در رهیافت برنامه ریزی ریاضی امکان مورد تعقیب بود نیز تا حدود زیادی تأمین می کنند. در پی کاهش بازده ی ناخالص هدف، میزان مصرف آب نیز کاهش یافته است که البته کاهش در سطح کمینه ی بازده ی ناخالص بسیار ناچیز است، اما در سطح میانگین بازده ی ناخالص نزدیک به ۱۱-۸ درصد و در بیشینه ی بازده ی ناخالص ۲۲-۱۸/۸ درصد کاهش نشان می دهد. با کاهش بازده ی ناخالص هدف میزان استفاده از آب و با این حال، ریسک الگو نیز کاهش یافته است، اما بررسی بیش تر نشان داد که مقدار مطلق تغییرات آب کم تر از تغییرات بازده ی ناخالص است، ولی از سوی دیگر، روند کاهش ریسک سریع تر از روند کاهش

بازده ی ناخالص بوده است. به بیان دیگر، در پی کاهش بازده ی ناخالص به نسبت مشخص کاهش مصرف آب کم تر از کاهش بازده ی ناخالص و کاهش ریسک بیش تر از کاهش بازده ی ناخالص است.

گروه دیگر از الگوهای کشت در شرایطی ارایه شده اند که برای هدف ریسک سطوحی گوناگون انتخاب شده است. در پی کاهش سطح قابل تحمل ریسک، الگو توانسته است از راه کاهش بازده ی ناخالص این هدف را تأمین نماید. انتظار می رود هدف کاهش ریسک قابل تحمل از راه افزایش مصرف آب تأمین شود، اما در پی کاهش بازده ی ناخالص امکان کاهش مصرف آب در حالی که ریسک الگو کاهش یافته است، فراهم شده است. نکته ی دیگر آن است که در ازای یک درصد کاهش در ریسک قابل تحمل، بازده ی ناخالص کم تر از یک درصد کاهش یافته است. به بیان دیگر، برای افزایش یک درصد در بازده ی ناخالص ریسک بیش از یک درصد افزایش خواهد یافت. ترکیب محصولات در کشت نیز همانند الگوهای گروه قبل است و از نظر سطح زیرکشت نیز میان آن ها تفاوتی بسیار اندک مشاهده می شود.

تعیین اولویت الگوها

پیش از رتبه بندی الگوهای بدست آمده لازم است اهمیت آن ها بر اساس وزن تعلق گرفته مورد بررسی قرار گیرد. بر اساس روش ارایه شده در بخش روش پژوهش، بیش از یک سوم وزن مجموع هدف ها، به هدف کاهش ریسک یا واریانس بازده ی ناخالص تعلق گرفته است. این امر حکایت از فاصله ی فراوان میان دو مقدار ایده آل مثبت و منفی یا دو مقدار ریسک الگوی حاوی کم ترین ریسک و سطح کنونی ریسک در ترکیب محصولات بهره برداران دارد. اهمیت سه هدف مربوط به بازده ی ناخالص تقریباً با یکدیگر برابر است و در دامنه ی ۲۴-۲۰ درصد قرار دارد، بنابراین الگوهای بهینه ی مبتنی بر هدف های بهره برداران، به ریسک اهمیتی بیش تر داده اند و سه بخش بازده ی ناخالص تقریباً هم اهمیت هستند. به این ترتیب، می توان گفت الگوهای دارای اولویت بالا الگوهای هستند که به کاهش ریسک توجهی بالا دارند. در جدول ۶، ۱۰ الگوی دارای بالاترین اولویت بر اساس شاخص فازی ارایه شده است. از میان ۱۰ الگوی ارایه شده، ۸ الگو از رهیافت برنامه ریزی امکان و دو الگو از رهیافت های فازی و قطعی بدست آمده است که در رتبه های سوم و چهارم قرار دارند، اما نگاه دقیق تر به رتبه ها آن است که الگوها را از نظر شاخص فازی نیز با یکدیگر مقایسه نماییم. به گونه ی ساده، این شاخص توان الگوها را در تأمین توأم هدف های متعدد بررسی شده نشان می دهد. البته میزان مصرف آب نیز به دلیل اهمیت آن مورد توجه قرار گرفته است. دو الگوی نخست دارای شاخصی به ترتیب ۰/۵۱۶ و ۰/۴۸۳ می باشد در حالی که این

رقم برای تمامی سایر الگوها از جمله دو الگوی فازی و قطعی در دامنه ی ۰/۴۴۵-۰/۴۲۷ قرار دارد. به بیان دیگر، دو الگوی بدست آمده از برنامه ریزی امکان، به گونه ی شایان توجهی از توانی بالاتر نسبت به سایر الگوها برخوردارند. نکته ی دارای اهمیت دیگر آن که این شاخص برای الگوی کنونی تنها ۰/۲۳ بدست آمده است. از نظر تفاوت در ترکیب کشت، با افزایش شاخص فازی مشارکت هندوانه و ذرت دانه ای تقویت و مشارکت گندم و برنج کم تر می شود و محصولات یونجه، لوبیا و ذرت علوفه ای از اولویت برخوردار نشده اند.

نتیجه گیری و پیشنهادها

استفاده ی گسترده از روش های برنامه ریزی ریاضی برای تدوین الگوی بهینه ی فعالیت در حوزه ی فعالیت های کشاورزی حاکی از تناسب این روش هاست. در این مطالعه کوشش شد تا ضمن توجه به هدف های مهم بهره برداران شامل افزایش بازده ی ناخالص و کاهش ریسک که همواره در مطالعات متعدد مورد توجه بوده است، امکان استفاده از روش انعطاف پذیرتر با عنوان برنامه ریزی امکان نیز بررسی شود. البته با توجه به بحران آب در استان، به میزان مصرف آب نیز توجه شد. در این بررسی روش یاد شده در قالب برنامه ریزی چندهدفی اجرا و الگوهای بهینه ی متعددی بدست آمد که بمنظور انتخاب از میان آن ها از منطق فازی استفاده شد. شاخص فازی بدست آمده نشان داد که بر اساس هدف های ذکر شده، الگوی کشت کنونی در مقایسه با الگوهای بهینه ی بدست آمده در تأمین توأم هدف های از توانایی پایینی برخوردار است و با استفاده از برنامه ریزی چندهدفی می توان به الگوهایی دست یافت که هدف های متعدد و متعارض را در سطح بالایی تأمین می کنند، اما از میان الگوهای بهینه ی بدست آمده، مشخص شد که توانایی الگوهای بدست آمده از روش برنامه ریزی امکانی بالاتر از دو روش فازی و قطعی است. تمامی الگوهای بهینه قادرند برخی از هدف ها را در سطحی مطلوب تر از الگوی کنونی تأمین کنند و برخی دیگر از آن ها را دست کم در سطح کنونی حفظ کنند. البته میان هدف های متعدد تبادل نیز وجود دارد. نمونه ای از تبادل میان هدف ها در مطالعه ی فرج زاده و همکاران، (۱۳۸۸) و Francisco and Mubarik, (2006) نیز دیده می شود. کاهش ریسک را می توان از هدف های مورد تأکید الگوها برشمرد و وزنی بالاتر نیز به آن اختصاص یافت. بر اساس یافته ها مشخص شد موفقیت رهیافت برنامه ریزی ریاضی امکان در کاهش اختلاف میان مقادیر میانگین و ایده آل منفی هدف ها به مراتب بیش تر از دو رهیافت دیگر است و این بدان معنی خواهد بود که در شرایط نابهینه که بهره برداران نیازی مبرم به انتخاب الگوی بهینه دارند، این رهیافت رهنمونی بسیار ارزنده تر ارائه خواهد نمود. الگوی کشت بهینه که بتواند تعارض میان هدف ها را کاهش دهد

و مصالحه ای مناسب میان آن ها ایجاد کند، در بر گیرنده ی: گندم، هندوانه، خربزه، برنج و ذرت دانه ای است. البته در خصوص این گونه مطالعات به گونه ی معمول توصیه می شود با توجه به آن که نتایج برخاسته از یک نمونه ی مشخص است، در تعمیم نتایج به سایر مناطق جانب احتیاط رعایت شود. بر اساس یافته های مطالعه می توان پیشنهادهای زیر را ارائه نمود:

- استفاده از رهیافت برنامه ریزی ریاضی امکان به جای برنامه ریزی چندهدفی فازی و قطعی بویژه در شرایطی که بهره برداران با شرایط ناپهینه یا بد مواجه هستند.
- اختصاص وزن بالا به هدف کاهش ریسک حاکی از نوسان بالا در بازده ی ناخالص می باشد که با تنظیم بازار و یا افزایش اطلاع رسانی در مورد قیمت ها می توان الگوهای بهینه ی پیشنهادی را به سوی هدف کاهش ریسک سوق داد.
- ترغیب بهره برداران استان کهگیلویه و بویر احمد به استفاده از گندم، هندوانه، خربزه، برنج در الگوی کشت.

منابع

- ۱- احسان، ع. ر.، تهرانی، ر. و غ. ر. اسلامی بیگدلی ۱۳۸۷. بررسی ضریب ریسک گریزی و واریانس تولید در مدیریت ریسک مطالعه موردی گوجه فرنگی کاران دزفول. فصلنامه اقتصاد کشاورزی و توسعه، ۶۱: ۳۵ - ۱۷.
- ۲- استانداری استان کهگیلویه و بویر احمد. (۱۳۸۸). پایگاه اینترنتی -<http://www.ostan-kb.ir/state-fa.html>
- ۳- ترکمانی، ج. ۱۳۷۵. استفاده از برنامه ریزی توأم با ریسک در تعیین کارایی بهره برداران کشاورزی، مجله علوم کشاورزی ایران، شماره ۲۷.
- ۴- چیذری، ا. و خ. ع. قاسمی. ۱۳۸۴. برنامه ریزی تولید محصولات کشاورزی در شرایط نبود قطعیت (رویکرد فازی: نظریه امکان). فصلنامه اقتصاد کشاورزی و توسعه، ویژه نامه بهره وری و کارایی. ص ۱۵۵-۱۳۱.
- ۵- درویشی سلوکلابی، د. عامری، ر. تیموری یانسری، ا. یزدانی پرای، ا و ا، اکبری. ۱۳۸۵. کاربرد بهینه سازی فازی در تنظیم جیره خوراکی گاوهای شیری. مجموعه مقالات ششمین کنفرانس سیستم های فازی ایران، دانشگاه آزاد اسلامی- واحد شیراز.
- ۶- فرج زاده، ز. ترکمانی، ج و ع. نجاتی ۱۳۸۸. مطالعه ی تبادل میان هدف های بهره برداران و سیاست گذاران در مصرف آب: مطالعه ی موردی منطقه ی فسا. مجله ی اقتصاد و کشاورزی. شماره ی (۳)۲: ۱۸۴-۱۵۹.
- ۷- وزارت جهاد کشاورزی. پایگاه اطلاعاتی <http://www.maj.ir>
- ۸- یاقوتی، م و م. بخشوده ۱۳۸۷. تعیین ترکیب بهینه ی جیره ی غذایی گاوهای شیری با روش برنامه ریزی فازی: مطالعه ی موردی. مجله ی اقتصاد و کشاورزی. شماره ی (۲)۱: ۱۱۸-۱۰۳.

- ۹- یزدانی، س. و ی. فیض آبادی ۱۳۸۴. تعیین درجه ی ریسک گریزی مرغداران و مطالعه ی عوامل مؤثر بر آن: مطالعه ی موردی شهرستان سبزوار. علوم کشاورزی. ۱۱ (۲): ۲۴-۱۵.
- 10- Basarir, A. and Gillespie, J. M. (2006). Multidimensional goals of beef and dairy producers: an inter-industry comparison. *Agricultural Economics*, 35: 103-114.
- 11- Berenger, V. and Verdier-Chouchane, A. (2007). Multidimensional measures of well-being: Standard of living quality of life across countries, *World Development*, Article in Press.
- 12- 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.
- 13- Chiappero Martinetti, E. (1996). Standard of living evaluation based on Sen's Approach: Some methodological suggestions. *Notizie di Politeia*, 12: 37-53.
- 14- Cohon, J.L. (1978), *Multi objective Programming and Planning*. Academic Press, New York.
- 15- Dillon, J. L. and Hrdaker, J. B. (1993), *Farm management research for small farmer development*, FAO, Rome.
- 16- Doppler, W., Salman, A.Z., Al-Karablieh, E.K. and Wolf, H.P. (2002). The impact of water price strategies on the allocation of irrigation water: the case of the Jordan Valley. *Agricultural Water Management*. (55): 171-182.
- 17- Food and Agriculture Organization 2007. *Statistical Database*, <http://www.fao.org>.
- 18- Francisco, S. R and Mubarik, A. (2006). Resource allocation tradeoffs in Manila's peri-urban vegetable production systems: An application of multiple objective programming. *Agric. Sys.* 87, 147-168.
- 19- Goodwin, B. K. and Smith, V. H. (1995), *The economics of crop insurance and disaster aid*, The AEI Press, Washington, D. C.
- 20- 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.
- 21- Inuiguchif, M and J. Ramik (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.
- 22- Kumar, M., Vrat, P and R. Shankar (2006). A fuzzy programming approach for vendor selection problem in a supplt chain. *Int. J. of Produccion Economics*, 101:273-285.
- 23- Lai, Y. and Hwang, C. (1992). A new approach to some possibilistic linear programming problems, *Fuzzy Sets and Systems* 49: 121-133.

-
- 24- 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.
- 25- 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.
- 26- 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.
- 27- Torkamani, J. and Hardaker, J.B. (1996). A study of economic efficiency of Iranian farmers: An application of stochastic programming. *Agric. Econ.* 14: 73-83.
- 28- Wang, R. C. and Liang, T. F. (2005). Applying possibilistic programming to aggregate production planning, *International Journal of Production Function*, 98: 328-341.
- 29- Zadeh, L. A (1965). Fuzzy sets. *Information and Control* 8: 338-353.
- 30- Zimmerman, H. J. (1978). Fuzzy programming and linear programming with several objective functions. *Fuzzy Sets and Systems*, 1: 45-56.
- 31- Zimmermann, H. J. (1976). Description and optimization of fuzzy systems. *International Journal of General Systems* 2, 209–215.

پیوست ها

جدول ۱- سطح زیرکشت (هکتار) و مقادیر هدف های متعدد در الگوهای کنونی و بهینه ی برنامه

ریزی ریاضی امکان بهینه کننده توأم بازده ی ناخالص و ریسک

الگوی بهینه ی چند هدفی مرحله ی دوم با وزن برابر برای توابع عضویت		الگوی بهینه ی چند هدفی مرحله ی نخست		الگوی کنونی	نام محصول
تغییر نسبت به الگوی کنونی (%)		تغییر نسبت به الگوی کنونی (%)			
۴	۰/۰۵	۱۴	۰/۱۷	۱/۱	ذرت دانه‌ای
۱۹۷۸	۱/۷۸	۱۹۳۳	۱/۷۴	۰/۳	برنج
-	-	-	-	۰/۲	یونجه
-	-	-	-	۰/۱	لوبیا
۱۴	۱/۴۱	۱۳	۱/۳۵	۳/۲	هندوانه
۴۰	۴/۱۲	۴۱	۴/۱۵	۳/۲	گندم
-	-	-	-	۰/۱	ذرت علوفه‌ای
۴۱۴	۱/۴۹	۴۳۱	۱/۵۵	۰/۶	خریزه
		۶/۳۳	۳۱۲	۲۹۳/۵	بازدهی ناخالص (میلیون ریال)
۶/۵۹	۳۱۲/۸				بیشینه ی بازده ی ناخالص
		۴/۳۹	۲۱۵/۸	۲۰۶/۸	میانگین بازده ی ناخالص
۴/۴۷	۲۱۶				کمینه ی بازده ی ناخالص
۲۰/۱۹	۱۰۸/۲	۲۰/۲۲	۱۰۸/۲	۹۰	کمینه ی بازده ی ناخالص
-۲۱/۱۷	۱۷۶/۳	-۲۱/۴۹	۱۷۶/۸	۲۲۵/۲	بیشینه ی بازده ی ناخالص
-۱۰/۰۱	۱۴۹/۳	-۹/۹۲	۱۴۹/۵	۱۶۵/۹	میانگین بازده ی ناخالص
-۰/۰۵	۱۱۳/۳	-۰/۰۹	۱۱۳/۲	۱۱۳/۳	کمینه ی بازده ی ناخالص
-۸/۱	۱۴۰/۹	-۸/۳۱	۱۴۰/۶	۱۵۳۳	واریانس (ریسک)
۰/۴۴۵		۰/۴۴۱		-	تابع عضویت

مأخذ: یافته‌های پژوهش

جدول ۲- سطح زیرکشت و مقادیر هدف های متعدد در الگوهای بهینه ی برنامه ریزی ریاضی

امکان بهینه کننده ی توأم بازده ی ناخالص و ریسک

هدف نخست: ۰/۷: هدف دوم: ۰/۱: هدف سوم: ۰/۱: هدف چهارم: ۰/۱		هدف نخست: ۰/۱: هدف دوم: ۰/۷: هدف سوم: ۰/۱: هدف چهارم: ۰/۱		هدف نخست: ۰/۱: هدف دوم: ۰/۷: هدف سوم: ۰/۱: هدف چهارم: ۰/۱		هدف نخست: ۰/۱: هدف دوم: ۰/۷: هدف سوم: ۰/۱: هدف چهارم: ۰/۱			
ذرت دانه‌ای		۰/۱۵		۰/۰۶		۰/۱۴		۰/۰۸	
برنج		۱/۷۴		۱/۷۸		۱/۷۵		۱/۷۷	
یونجه		-		-		-		-	
لوبیا		-		-		-		-	
هندوانه		۱/۴۲		۱/۴۱		۱/۳۶		۱/۴	
گندم		۴/۱۶		۴/۱۲		۴/۱۵		۴/۱۳	
ذرت علوفه‌ای		-		-		-		-	
خربزه		۱/۴۹		۱/۴۹		۱/۵۵		۱/۵۰	
بازدهی ناخالص (میلیون ریال)	بیشینه ی بازده ی ناخالص	۳۱۲/۸	۶/۵۸	۳۱۲/۹	۶/۶۴	۳۱۲/۸	۶/۵۹	۳۱۲/۷	۶/۵۴
	میانگین بازده ی ناخالص	۲۱۶/۳	۴/۶۴	۲۱۶/۱	۴/۵۳	۲۱۶/۳	۴/۶۰	۲۱۶	۴/۴۷
	کمینه ی بازده ی ناخالص	۱۰۸/۴	۲۰/۴۲	۱۰۸/۳	۲۰/۲۹	۱۰۸/۳	۲۰/۳۷	۱۰۸/۲	۲۰/۲۳
مصرف آب (مترمکعب)	بیشینه ی بازده ی ناخالص	۱۷۷/۱	-۲۱/۳	۱۷۶/۵	-۲۱/۶۴	۱۷۷	-۲۱/۴۲	۱۷۶/۵	-۲۱/۶۳
	میانگین بازده ی ناخالص	۱۴۹/۸	-۹/۷۴	۱۴۹/۴	-۹/۹۳	۱۴۹/۷	-۹/۸۱	۱۴۹/۴	-۹/۹۷
	کمینه ی بازده ی ناخالص	۱۱۳/۳	-	۱۱۳/۳	-	۱۱۳/۳	-	۱۱۳/۳	-
واریانس (ریسک)		۱۴۰۸	-۸/۱۷	۱۴۱۰	-۸/۰۲	۱۴۱۲	-۷/۹۱	۱۴۰۸	-۸/۱۵
تابع عضویت		۰/۴۵۲	۰/۴۵۶	۰/۴۴۳	۰/۴۴۲	۰/۴۴۳	۰/۴۴۲	۰/۴۴۲	۰/۴۴۲

جدول ۳- ترکیب بهینه ی محصولات در رهیافت برنامه ریزی ریاضی چند هدفی فازی

نام محصول	الگوی کنونی	الگوی بهینه ی چند هدفی فازی (افزایش بازده ی ناخالص)		الگوی بهینه ی چند هدفی فازی (افزایش بازده ی ناخالص و کاهش ریسک)	
		سطح- زیرکشت	تغییر نسبت به الگوی کنونی (%)	سطح- زیرکشت	تغییر نسبت به الگوی کنونی (%)
ذرت دانه ای	۱/۱	-	-	-	-
برنج	۰/۳	۰/۶۹	۱۳۰	۱/۰۲	۲۴۰
یونجه	۰/۲	-	-	-	-
لوبیا	۰/۱	۰/۲۸	۱۸۰	-	-
هندوانه	۳/۲	۲/۲۵	-۳۰	۲/۰۹	-۳۵
گندم	۳/۲	۳/۲۳	۱	۴/۰۸	۲۸
ذرت علوفه ای	۰/۱	-	-	-	-
خربزه	۰/۶	۱/۸۷	۲۱۲	۱/۶۱	۱۶۸
بازدهی ناخالص (میلیون ریال)	بیشینه ی بازده ی ناخالص	۲۹۳/۵	۳۱۶/۳	۷/۷۷	۳۱۱/۶
	میانگین بازده ی ناخالص	۲۰۶/۸	۲۱۷/۵	۵/۱۹	۲۱۶/۲
	کمینه ی بازده ی ناخالص	۹۰	۹۱/۸	۲/۰۳	۹۷/۹
مصرف آب (مترمکعب)	بیشینه ی بازده ی ناخالص	۲۲۵/۲	۱۶۷/۴	-۲۵/۶۷	۱۷۲
	میانگین بازده ی ناخالص	۱۶۵/۹	۱۳۸/۸	-۱۶/۳۳	۱۴۲/۸
	کمینه ی بازده ی ناخالص	۱۱۳/۳	۹۸/۸	-۱۲/۸۳	۱۰۴/۱
وارianس (ریسک)	۱۵۳۳	۱۵۳۳	-	۱۴۱۰	-۸/۰۱
تابع عضویت	-	-	۰/۵۱۳	۰/۴۴۱	-

جدول ۴ - ترکیب بهینه ی محصولات در رهیافت برنامه ریزی ریاضی چند هدفی قطعی

الگوی بهینه ی قطعی کمینه کننده ی ریسک		الگوی بهینه ی قطعی بیشینه کننده ی بازده ی ناخالص		الگوی کنونی	نام محصول
تغییر نسبت به الگوی کنونی (%)		تغییر نسبت به الگوی کنونی (%)			
-۲۳	۰/۸۵	-۴۵	۰/۶۱	۱/۱	ذرت دانه‌ای
۳۰۳	۱/۲۹	۳۰۳	۱/۲۱	۰/۳	برنج
-	-	-	-	۰/۲	یونجه
-	-	-	-	۰/۱	لوبیا
-۴۳	۱/۸۲	-۳۴	۲/۱۲	۳/۲	هندوانه
۳	۳/۳۰	۱۷	۳/۷۴	۳/۲	گندم
-	-	-	-	۰/۱	ذرت علوفه‌ای
۱۰۳	۱/۲۲	۱۵۸	۱/۵۵	۰/۶	خریزه
۱/۰۴	۲۹۶/۵	۱۱/۴۸	۳۲۷/۲	۲۹۳/۵	بیشینه ی بازده ی ناخالص
۰/۱۳	۲۰۷	۱۰/۲۲	۲۲۷/۹	۳۰۶/۸	میانگین بازده ی ناخالص
۱۱/۸۲	۱۰۰/۷	۱۸/۳۴	۱۰۶/۵	۹۰	کمینه ی بازده ی ناخالص
-۲۳/۹۴	۱۷۱/۳	-۱۷/۷۹	۱۸۵/۱	۲۲۵/۲	بیشینه ی بازده ناخالص
-۱۳/۴۹	۱۴۳/۵	-۶/۹۳	۱۵۴/۴	۱۶۵/۹	میانگین بازده ناخالص
-۵/۸۴	۱۰۶/۷	-	۱۱۳/۳	۱۱۳/۳	کمینه ی بازده ناخالص
-۱۸/۳۳	۱۲۵۲	-	۱۵۳۳	۱۵۳۳	واریانس (ریسک)

بازدهی ناخالص
(میلیون ریال)مصرف آب
(مترمکعب)

جدول ۵- ترکیب بهینه ی محصولات در رهیافت برنامه ریزی ریاضی چند هدفی قطعی

ریسک هدف			بازده ی ناخالص هدف (میلیون ریال)						نام محصول					
۱۳۱۹	۱۳۹۱	۱۴۶۶	۲۱۲/۳	۲۱۷/۱	۲۲۲/۳									
۰/۸۷	۰/۹	۰/۷۷	۰/۸۷	۰/۸۹	۰/۸۱					ذرت دانه‌ای				
۱/۳۲	۱/۳۶	۱/۳۰	۱/۳۲	۱/۳۵	۱/۳۱					برنج				
-	-	-	-	-	-					یونجه				
-	-	-	-	-	-					لوبیا				
۱/۸۸	۱/۹۲	۲/۰۳	۱/۸۸	۱/۹۲	۲					هندوانه				
۳/۳۹	۳/۴۹	۳/۶۱	۳/۳۹	۳/۴۷	۳/۵۹					گندم				
-	-	-	-	-	-					ذرت علوفه‌ای				
۱/۲۵	۱/۲۸	۱/۴۱	۱/۲۵	۱/۲۸	۱/۳۸					خریزه				
۳/۶۱	۳۰۴/۱	۶/۴۸	۳۱۲/۵	۹/۳۶	۳۲۰/۹	۳/۶۱	۳۰۴/۱	۵/۹۵	۳۱۰/۹	۸/۵۵	۳۱۸/۶	بیشینه ی بازده ناخالص	بازدهی ناخالص (میلیون ریال)	
۲/۶۸	۲۱۲/۳	۵/۵۳	۲۱۸/۲	۸/۲۵	۱۸ ۲۲۳	۲/۶۸	۲۱۲/۳	۵	۲۱۷/۱	۷/۵۰	۲۲۲/۳	میانگین بازده ناخالص		
۱۴/۶۴	۱۰۳/۲	۱۷/۹۳	۱۰۶/۲	۱۸/۷۳	۱۰۶/۹	۱۴/۶۴	۱۰۳/۲	۱۷/۲۵	۱۰۵/۵	۱۸/۴۷	۱۰۶/۶	کمینه ی بازده ناخالص		
۲۲/۰۱	-	۱۷۵/۶	-۱۹/۸۱	۱۸۰/۶	-۱۸/۴۷	۱۸۳/۶	-۲۲/۰۱	۱۷۵/۶	-۲۰/۲۴	۱۷۹/۶	۱۸/۸۳	۱۸۲/۸	بیشینه ی بازده ناخالص	مصرف آب (مترمکعب)
-۱۱/۳۰	۱۴۷/۲	-۸/۸۰	۱۵۱/۳	-۷/۴۵	۱۵۳/۶	-۱۱/۳۰	۱۴۷/۲	-۹/۲۹	۱۵۰/۵	-۷/۸۴	۱۵۲/۹	میانگین بازده ناخالص		
-۳/۴۶	۱۰۹/۴	۰/۷۱	۱۱۲/۵	-	۱۱۳/۳	-۳/۴۶	۱۰۹/۴	-۱/۲۸	۱۱۱/۹	-۰/۱۴	۱۱۳/۲	کمینه ی بازده ناخالص		
-۱۴/۱۱	۱۳۱۷	-۹/۲۸	۱۳۹۱	-۴/۳۶	۱۴۶۶	-۱۴/۱۱	۱۳۱۷	-۱۰/۱۹	۱۳۷۷	-۵/۷۶	۱۴۴۸		واریانس (ریسک)	

جدول ۶ - تعیین اولویت الگوهای متعدد بر اساس هدف های مورد توجه در روش های چندهدفی

امکان، فازی و قطعی

نام الگوی بهینه	ذرت	ذرت	برنج	یونجه	لوبیا	هندوا نه	گندم	ذرت علوفه‌ای	خریزه	شاخص فازی	رتبه	امکان	فازی	قطعی
بیشینه کننده میانگین بازده	۰/۶۱	۱/۲۱	-	-	-	۲/۱۲	۳/۷۴	-	۱/۵۵	۰/۵۱۶	۱	×		
کمینه کننده ی ریسک	۰/۸۵	۱/۲۹	۱	-	-	۱/۸۳	۳/۳۰	-	۱/۲۹	۰/۴۸۳	۲	×		
بهینه کننده ی بازده ی ناخالص و ریسک	-	۱/۰۲	-	-	-	۲/۰۹	۴/۰۸	-	۱/۶۱	۰/۴۴۵	۳		×	
چند هدفی با بازده ی ناخالص هدف ۲۱۲/۳ میلیون ریال	۰/۸۷	۱/۳۲	۱	-	-	۱/۸۸	۳/۳۹	-	۱/۲۵	۰/۴۳۹	۴		×	
چندهدفی مرحله ی دوم و توابع عضویت با وزن برابر	۰/۰۵	۱/۷۸	۱	-	-	۱/۴۱	۴/۱۲	-	۱/۴۹	۰/۴۳۵	۵	×		
چندهدفی مرحله ی دوم، وزن تابع عضویت سوم ۰/۷ و سایر توابع ۰/۱	۰/۰۶	۱/۷۸	۱	-	-	۱/۴۱	۴/۱۲	-	۱/۴۹	۰/۴۳۴	۶	×		
چندهدفی مرحله ی دوم، وزن تابع عضویت نخست ۰/۷ و سایر توابع ۰/۱	۰/۰۸	۱/۷۷	۱	-	-	۱/۴	۴/۱۳	-	۱/۵۰	۰/۴۳۳	۷	×		
چند هدفی بهینه کننده ی بازده ی ناخالص و ریسک (مرحله ی نخست)	۰/۴۵	۱/۷۵	۱	-	۰/۰۵	۰/۵۹	۴/۱۱	-	۲/۳	۰/۴۲۸	۸	×		
چندهدفی مرحله ی دوم، وزن تابع عضویت چهارم ۰/۷ و سایر توابع ۰/۱	۰/۱۵	۱/۷۴	۱	-	-	۱/۴۲	۴/۱۶	-	۱/۴۹	۰/۴۲۷	۹	×		
چندهدفی مرحله ی دوم، وزن تابع عضویت دوم ۰/۷ و سایر توابع ۰/۱	۰/۱۴	۱/۷۵	۱	-	-	۱/۳۶	۴/۱۵	-	۱/۵۵	۰/۴۲۷	۱۰	×		
الگوی کنونی	۱/۱	۰/۳	۰/۲	۰/۱	۰/۱	۳/۲	۳/۲	۰/۱	۰/۶	۰/۲۳۰	-	-	-	-