

## کاربرد برنامه‌ریزی چند هدف فازی در بهینه‌سازی تولیدات زراعی در استان فارس: مطالعه موردی منطقه مرودشت

حمید محمدی<sup>۱</sup>، محمد نقشینه‌فرد<sup>۲</sup>، فردین بوستانی<sup>۳</sup> و سیامک پیش بین<sup>۲</sup>

### چکیده

این مطالعه با هدف ارایه الگوی بهینه فعالیت برای بهره برداران منطقه مرودشت صورت گرفت. در تعیین الگوی بهینه به‌طور هم‌زمان سه هدف کاهش واریانس یا ریسک فعالیت، کاهش مصرف آب و تأمین سطح مشخصی از بازده برنامه‌ای مورد نظر بود. با توجه به عدم قطعیت در ضرایب مورد استفاده در تابع هدف و محدودیت‌ها و غیردقیق بودن مقادیر، ضرایب به‌صورت فازی (دامنه‌ای) مورد استفاده قرار گرفت. تعقیب اهداف فوق و استفاده از مقادیر فازی در قالب برنامه‌ریزی چندهدفی فازی میسر شد. الگوی فعلی بهره‌برداران شامل برنج، گندم، جو، ذرت دانه‌ای، ذرت علوفه‌ای، گوجه‌فرنگی، چغندر قند و کلزا به ترتیب با سطح زیر کشت متوسط ۲، ۲/۸، ۰/۲، ۰/۳، ۱، ۰/۴، ۰/۲ و ۰/۲ هکتار و بازده ناخالص ۱۰۹/۴۴ میلیون ریال است. هم‌چنین واریانس بازده ناخالص و مصرف آب در این الگو به ترتیب برابر با  $1387 \times 10^{13}$  و  $142130$  مترمکعب است. در الگوی بهینه فازی محصولات حایز اولویت به ترتیب شامل برنج، گندم، گوجه‌فرنگی و کلزا با متوسط سطح زیر کشت ۰/۳، ۱/۳، ۱/۵ و ۴ هکتار است. بازده ناخالص، واریانس بازده ناخالص و مصرف آب در الگوی بهینه فازی نیز به ترتیب برابر با  $119/99$  میلیون ریال،  $916 \times 10^{13}$  و  $95784$  متر مکعب به دست آمد. هم‌چنین یافته‌ها نشان داد افزایش عدم قطعیت در سطح دسترسی به آب مصرفی منجر به کاهش سطح زیر کشت گندم و افزایش سطح زیر کشت دو محصول برنج و کلزا در الگوی فازی می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: الگوی بهینه، برنامه‌ریزی چندهدفی فازی، آب، ریسک، استان فارس

تاریخ دریافت مقاله: ۸۶/۷/۲۹ تاریخ پذیرش: ۸۷/۱/۲۸

۱- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت

۲- اعضای هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد جهرم

۳- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات فارس

### مقدمه و بررسی منابع

علی‌رغم مزایایی که رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی در تدوین الگوی بهینه بهره‌برداری دارد، اعتقاد بر این است که مدل‌های ریاضی ساده همانند برنامه‌ریزی خطی با توجه به تعدد اهداف و هم‌چنین تضاد آن‌ها با یکدیگر در دستیابی به هدف تعیین سطح فعالیت بهینه که از جنبه‌های مختلف مطلوب باشد از توانایی لازم برخوردار نیست (۱). این مسأله به‌ویژه با توجه به وجود ریسک و عدم قطعیت بالا در فعالیت‌های کشاورزی از نمود عینی بیشتری برخوردار است. عقیده کلی بر این است که بخش کشاورزی نسبت به سایر بخش‌های اقتصادی با ریسک و عدم اطمینان بالاتری مواجه است (۱۹). کشاورزان به دلیل عدم توانایی کنترل شرایط آب و هوایی، سازمان بازار و محیط نهادی که در آن تولید می‌کنند، معمولاً با ریسک تولید و قیمت و در نتیجه با نوسانات درآمدی مواجه‌اند (۱۶). به‌منظور کاهش ریسک کشاورزی، استفاده از طرح‌های حمایتی همواره مورد توجه بوده است. در سال‌های اخیر نیز طرح‌های هم‌چون بیمه، بازارهای آتی و اختیار معامله بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. اما تمامی ابزارهای مقابله با ریسک کشاورزی دچار نواقصی هستند (۱۰). افزون بر این روش‌های یاد شده برای مقابله با ریسک عمدتاً در سطح فرامنطقه‌ای و کلان مورد نظر هستند و نوعاً منجر به تحمیل هزینه به دولت نیز می‌شوند. در سطح یک منطقه و برنامه‌ریزی خرد می‌توان با نگاهی دقیق‌تر به ساختار منابع و الگوی تولید، امکان برنامه‌ریزی با ریسک پایین را فراهم نمود. برای این منظور روش برنامه‌ریزی ریاضی متعارف ابزاری مفید است، اما با توجه به ماهیت برنامه‌ریزی کشاورزی در سطح خرد این امر مبرا از نیاز به روش‌های بهتر

نمی‌باشد. نادقیق بودن اطلاعات مورد استفاده در روش‌های برنامه‌ریزی ریاضی از جمله مواردی است که به طرق مختلف در مدل‌بندی مورد توجه بوده است. 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 روش‌های آستانه‌ای برای تعدیل در مدل‌سازی به کار گرفته شده است (۲۰). در تصمیم‌گیری به‌ویژه وقتی که با حد بالایی از عدم قطعیت مواجه هستیم، به دلیل نواقص و پیچیدگی فرآیندهای اطلاعات تئوری مجموعه‌های فازی یکی از بهترین ابزار برای لحاظ کردن عدم قطعیت در پارامترهای تصمیم‌گیری است (۲۳). مسأله نادقیقی و عدم قطعیت در مورد متغیرهای دخیل در تصمیم‌های تولید کشاورزی کاملاً روشن است. بنابراین با استفاده از این رهیافت می‌توان به افزایش قابلیت کاربردی الگوهای تصمیم‌ارایه شده در تولید کشاورزی مساعدت نمود. قابلیت کاربردی برنامه‌ریزی ریاضی به میزان دقت و اطمینان به ضرایب مورد استفاده در تابع هدف و محدودیت‌ها بستگی دارد و با توجه به نادقیق بودن و وجود عدم قطعیت در در این ضرایب استفاده از مقادیر دامنه‌ای یا فازی مفید است (۲۱).

از مجموع ۷۶۱۲۶۰ هکتار از اراضی زراعی استان فارس حدود ۱۳ درصد آن در شهرستان مرودشت قرار دارد و از این حیث پس از شهرستان شیراز در مکان دوم استان قرار دارد (۳). این منطقه در تولید محصولاتی هم‌چون گندم و ذرت در سطح استان و حتی کشور دارای اهمیت خاصی است. با توجه به پتانسیل بالای منطقه مرودشت در تولید محصولات کشاورزی، تدوین الگوی بهینه تولید می‌تواند منجر به

برنامه‌های واقعی بهره‌برداران تفاوت دارد، به طوری که سطح زیرکشت محصولات تغییر کرده و در مورد بعضی از محصولات این تغییرات بسیار قابل ملاحظه بود. بازده برنامه‌ای اجرای الگوی بهینه برای بهره‌برداری‌های شش و کمتر از شش هکتار و بهره‌برداری‌های بیش از شش هکتار به ترتیب ۳۳ و ۲۱ درصد نسبت به الگوی فعلی آن‌ها افزایش نشان داد (۲).

ترکمانی و صداقت (۱۳۷۸) با استفاده از برنامه‌ریزی ایجاد گزینه‌ها<sup>۱</sup> به تعیین الگوی بهینه زراعت و باغداری پرداختند. داده‌های مورد استفاده در تعیین الگوی بهینه از بهره‌برداران پسته استان فارس جمع‌آوری گردید. نتایج این مطالعه نشان داد که سطح زیر کشت پسته در الگوی بهینه و تقریباً بهینه بهره‌بردار نماینده آب‌شیرین تفاوت معنی‌داری با وضعیت فعلی آن ندارد، اما در مورد بهره‌برداران دارای آب‌شور این سطح به طور معنی‌داری بیشتر از سطح زیر کشتی است که بهره‌برداران به پسته اختصاص داده‌اند (۵).

کرامت‌زاده و همکاران (۱۳۸۴) به بررسی مدیریت منابع آبی از طریق تخصیص بهینه آب بین اراضی زیر سد بارزو شیروان پرداختند. نتایج نشان داد که با حذف برخی از محصولات از الگوی فعلی و افزایش سطح زیرکشت محصولات دیگر، سود منطقه افزایش می‌یابد (۱۱).

وجود ریسک در کشاورزی بر تصمیمات کشاورزان اثر گذاشته و باعث بروز ناکارایی فنی و تخصیصی در به‌کارگیری عوامل تولید می‌شود، لذا لازم است در ارایه الگوهایی جهت تصمیم‌گیری به مسأله ریسک نیز پرداخته شود. با توجه به این که در

افزایش کارایی استفاده از منابع تولیدی در این منطقه شود. بر اساس همین اهمیت در مطالعه حاضر کوشش شده است با استفاده از رهیافت منطق فازی که امکان تدوین الگویی سازگارتر با ماهیت داده‌های مورد استفاده را فراهم می‌کند، ترکیب مطلوبی از فعالیت برای بهره‌برداران منطقه مرودشت ضمن دخالت دادن اهداف تأمین بازده ناخالص مشخص، کاهش مصرف آب و کاهش واریانس تولید ارایه شود.

در این مطالعه از روش برنامه‌ریزی ریاضی فازی استفاده گردید. این روش به منظور تدوین الگوی بهینه بهره‌برداری کشاورزی مورد استفاده قرار گرفت. لذا مطالعاتی که هدف تعیین الگوی بهینه را با استفاده از روش برنامه‌ریزی ریاضی تعقیب نموده‌اند مرور شده است. در این قسمت به تعدادی از مطالعات صورت‌گرفته در زمینه تعیین الگوی بهینه کشت صورت گرفته است، اشاره شده است.

داپلر<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۰۲) با استفاده از رهیافت برنامه‌ریزی خطی به ارایه الگوی بهینه توأم تخصیص آب و زمین برای دره اردن پرداختند. بر اساس الگوی بهینه ارایه شده مشخص شد که در صورت تبعیت از این الگو و در سطح قیمت ۰/۰۲۴ دلار از هر متر مکعب، می‌توان درآمد کشاورزان را به میزان ۲۱٪ افزایش داد. هم‌چنین این تحقیق نشان داد که با افزایش قیمت آب تا ۰/۱۷۵ دلار ساختار تولید بدون تغییر خواهد ماند (۱۷).

بیات (۱۳۷۸) به تعیین الگوی بهینه کشت تحت شرایط بهره‌برداری تلفیقی از منابع آب سطحی و زیرزمینی در دشت برازجان پرداخت. نتایج نشان داد که برنامه‌های بهره‌برداری بهینه تا حدودی با

ریسک نتایج هر سه مدل یکسان است. هم‌چنین با افزایش ریسک الگوهای برنامه‌ریزی توأم با ریسک به سمت جایگزینی محصولات دارای بازدهی بالا به جای دیگر محصولات در الگوی کشت تمایل دارند (۶).

فرانسیسکو و مبارک<sup>۱</sup> (۲۰۰۶) به تحلیل اثرات متقابل و پویای میان تکنولوژی‌های مختلف تولید، فعالیت‌ها و محدودیت‌ها در میان بهره‌برداران سبزیجات منطقه مانیل تایوان پرداختند. در این مطالعه از الگوی حداقل واریانس برای لحاظ کردن ریسک استفاده شد. یافته‌های این بررسی نشان داد که برخی از تکنوژی‌ها علی‌رغم درآمد بالقوه بالا اما به دلیل ریسک بالا از سوی بهره‌برداران مورد پذیرش قرار نمی‌گیرند (۱۸).

محمدیان و همکاران (۱۳۸۴) با استفاده از الگوی موتاد به ارزیابی اثر بازار بورس کالاهای کشاورزی بر سطح زیرکشت برنج در استان گلستان پرداختند. اثر بازار بورس به صورت کاهش نوسانات قیمت برنج از ۵ تا ۵۰ درصد لحاظ گردید. یافته‌های این تحقیق نشان داد که کاهش نوسانات قیمتی ابتدا منجر به افزایش سطح زیرکشت برنج می‌شود اما با کاهش بیشتر نوسانات قیمت مجدداً سطح زیرکشت آن کاهش می‌یابد (۱۲).

حسن‌شاهی (۱۳۸۵) به تدوین الگوی بهینه زراعی در شرایط توأم با ریسک پرداخت. داده‌های مورد استفاده در این مطالعه از میان بهره‌برداران منطقه ارسنجان استان فارس به دست آمد. یافته‌های این مطالعه نشان داد میان بازده ناخالص و ریسک رابطه مثبت وجود دارد. بر اساس الگوهای ارائه شده در این مطالعه مشخص شد با افزایش سطح ریسک

این مطالعه ریسک الگوهای ارائه شده نیز مورد نظر بود لذا در این قسمت برخی از مطالعات صورت گرفته در زمینه ریسک مرور شده است.

در تدوین الگوهای ریسکی مدل‌های موتاد و تارگت موتاد با توجه به سهولت تدوین و ارائه جواب‌های قابل قبول از کاربرد زیادی برخوردار بوده‌اند. کومار<sup>۱</sup> (۱۹۹۵)، با هدف ارائه الگوهای ریسکی برای یک مزرعه نماینده با ۱۲/۳ ایکر مساحت در ایالت هارایانای هند به مقایسه دو روش برنامه‌ریزی ریسکی موتاد و تارگت موتاد پرداخت. یافته‌ها حاکی از آن بود که نتایج دو مدل مشابه یکدیگر است (۲۲).

والدراما و انگل<sup>۲</sup> (۲۰۰۰) با استفاده از الگوی ریسکی تارگت موتاد به تدوین الگوی بهینه پرورش ماهی در هندوراس پرداختند. یافته‌های این مطالعه نشان داد که بهره‌برداران بدون تغییر در اندازه مزارع با تغییر در تراکم، طول دوره رشد و رژیم غذایی می‌توانند به سود بالاتر دست یابند (۲۷).

داپلر و همکاران (۲۰۰۲) با استفاده از رهیافت برنامه‌ریزی ریسکی موتاد به ارائه الگوی بهینه توأم تخصیص آب و زمین برای دره اردن پرداختند. بر اساس نتایج مشخص شد اگر ملاحظات ریسکی نیز وارد مدل گردد به دلیل عدم نوسانات قیمت غلات در الگوی ریسکی سهم غلات افزایش می‌یابد. اما بدون آن سطح زیرکشت سبزیجات بیشتر می‌شود (۱۷).

ترکمانی و کلایی (۱۳۷۸)، به مقایسه روش‌های برنامه‌ریزی ریاضی توأم با ریسک موتاد، تارگت موتاد و هم‌چنین مدل متعارف برنامه‌ریزی خطی پرداختند. مقایسه نتایج نشان داد در بالاترین سطح ممکن از

1. Francisco and Mubarik

1. Kumar  
2. Valderama and Engle

مورد استفاده قرار می‌گیرد نسبت به حالتی که ضرایب ریسک بطور قطعی مورد استفاده قرار می‌گیرند الگوی بهینه بطور گسترده و قابل ملاحظه دچار تغییر می‌شود (۲۶).

درویشی سلوکلابی و همکاران (۱۳۸۵) با استفاده از منطق فازی به تنظیم جیره خوراکی گاوهای شیری پرداختند. در این بررسی اقلام مورد نیاز خوراک دام به صورت روزانه و همچنین میزان مواد مغذی موجود در هر یک از اقلام خوراک در نظر گرفته شد. تابع هدف نیز به صورت تنظیم جیره حاوی حداقل هزینه، مشروط بر تأمین مواد مغذی در سطح مورد نیاز در نظر گرفته شد. بر اساس روش برنامه‌ریزی قطعی قیمت هر کیلو جیره برابر با ۱۳۳۶ ریال به دست آمد. در حالی که در رهیافت برنامه‌ریزی فازی جیره حاوی حداقل قیمت در دامنه ۱۴۷۷-۱۲۲۳ قرار داشت (۹).

#### روش تحقیق

#### مدل‌سازی فازی

تئوری فازی که توسط زاده<sup>۱</sup> (۱۹۶۵) ارائه شد، به عنوان یک روش می‌تواند موجب بهبود مدل‌سازی در الگوهای حاوی پارامترهای نادقیق شود (۲۸). از همین رو است که این تئوری اهمیت بیشتری یافته است. روش مدل‌سازی بر اساس این تئوری به صورت زیر است:

اگر یک مسأله برنامه ریزی خطی متعارف را به شکل زیر در نظر بگیریم:

$$\text{minimize } Z = C_i X_i$$

$$\text{subject to } : A_i X_i \leq b_j$$

$$X \geq 0$$

سطح زیرکشت ذرت به نفع دو محصول گندم و گوجه‌فرنگی تغییر می‌یابد. همچنین سه محصول دیگر این مطالعه شامل جو، چغندر قند و آفتابگردان در هیچ یک از الگوها وارد نشدند (۸).

در بخش انتهایی بررسی ادبیات موضوع نیز برخی از مطالعات که در تدوین الگوی بهینه از رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی فازی استفاده کرده‌اند مرور شده است.

کومار و همکاران (۲۰۰۶) به منظور بهینه‌سازی الگوی خرید محصول از میان تعدادی فروشنده از الگوی برنامه‌ریزی فازی استفاده کردند. در این مطالعه نمونه مورد مطالعه یک شرکت سازنده قطعات اتومبیل در هند بود که قطعات مختلف را از فروشندگان مختلف خریداری می‌نمود. اهداف مطالعه شامل حداقل‌سازی هزینه‌ها، دریافت بدون تأخیر قطعات و حداکثرسازی کیفیت قطعات دریافتی تعریف گردید. یافته‌های این مطالعه نشان داد با افزایش مقدار عدم قطعیت مقادیر عددی اهداف نامطلوب شامل هزینه‌های تولید و عدم پذیرش کالاهای ارسالی بیشتر می‌شود (۲۳).

سورش و ماجامدار<sup>۱</sup> (۲۰۰۴)، ریسک تولید کشاورزی را با استفاده از برنامه‌ریزی فازی مورد بررسی قرار دادند. این مطالعه که در هند انجام گرفت سیستمی از کشاورزی را در بر می‌گرفت که آب مورد نیاز از طریق مخزن تأمین می‌شد. در این مطالعه میزان عملکرد برای سطوح مختلف آب در دسترس با استفاده از الگوهای شبیه‌سازی مبتنی بر تبخیر و تعرق شبیه‌سازی شد. ریسک عملکرد نیز بصورت درجه عدم قطعیت یا میزان فازی بودن لحاظ گردید. یافته‌ها نشان داد که در حالتی که ریسک عملکرد بطور فازی

می‌شود. تابع عضویت خطی برای قید فازی به صورت زیر است:

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

که در آن  $k = 1, 2, \dots, K$  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:

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

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 عضویت باشد. فرول‌بندی فوق به صورت فازی بود. اما برای حل باید آن را به صورت معادلات قطعی درآوریم. شکل قطعی روابط یاد شده به صورت زیر است:

Maximize  $\lambda$

Subject to :

برای تمامی  $j$  ها،  $j = 1, 2, \dots, J$

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

$$\lambda(d_x) + g_k(x) \leq b_k + d_k \quad k=1, 2, \dots, K$$

برای تمامی قیدهای معین  $x \geq 0 \quad Ax \leq b$

$0 \leq \lambda \leq 1$  برای تعیین مقادیر حداقل یا حداکثر هر

یک از اهداف نیز می‌توان هر یک از آن‌ها را به طور

مجزا و انفرادی حل و مقدار بهینه آن‌ها را به دست

آورد.

در این مطالعه همان‌طور که عنوان شد علاوه بر

تأمین هدف حداقل ریسک، اهداف دیگری هم‌چون

تأمین سطح مشخصی از درآمد و هم‌چنین کاهش

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. آنگاه الگوی فازی آن بصورت زیر خواهد بود (۲۳):

$$\bar{C} X \pi \approx Z_0,$$

$$\bar{A} X \pi \approx b,$$

$$X \geq 0$$

که در آن علامت  $\pi \approx$  در مجموعه قیود به معنی "لزوماً کوچک‌تر یا برابر با" است و امکان دستیابی به مقادیر دقیق را فراهم می‌کند.  $\bar{A}$  و  $\bar{C}$  نیز مقادیر نادقیق یا فازی هستند. در این رهیافت اهداف و قیود به وسیله 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 به وسیله کران‌های قابل پذیرش بالا و پایین پارامتر تعریف می‌شود.

تابع هدف فازی  $\bar{Z} \in X$  یک زیرمجموعه فازی از  $X$  است به گونه‌ای که  $X$  به وسیله تابع عضویت آن به صورت  $\mu_Z(X): X \rightarrow [0, 1]$  مشخص می‌شود. تابع عضویت خطی برای اهداف فازی به صورت زیر است:

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

که در آن  $j = 1, 2, \dots, J$ . در اینجا  $Z_j^{\min}$  و  $Z_j^{\max}$

به ترتیب حداقل و حداکثر  $Z_j(x^*)$  و  $x^*$  جواب

بهینه است. قید فازی  $\bar{C} \in X$  یک زیرمجموعه فازی

از  $X$  است به گونه‌ای که  $X$  به وسیله تابع عضویت آن

به صورت  $\mu_C(X): X \rightarrow [0, 1]$  مشخص

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

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

:

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

$$X \in F, X \geq 0$$

که در آن  $b_i$  مجموعه قید برای هر یک از محدودیت‌ها در بهینه‌سازی مقید مورد نظر است. در روش مقید تعداد متعددی جواب به دست می‌آید که می‌توان از میان آن‌ها انتخاب نمود.

### ریسک

وجود ریسک در کشاورزی بر تصمیمات کشاورزان اثر گذاشته و باعث بروز ناکارایی فنی و تخصیصی در به کارگیری عوامل تولید می‌شود (۴). لذا لازم است در ارایه الگوهای تصمیم‌گیری به مسئله ریسک نیز پرداخته شود. ایده استفاده از واریانس درآمد به‌عنوان 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 به‌صورت زیر نوشت (۱۸):

$$V(I) = \sum \sum \sigma_{ij} X_i X_j \quad i, j = 1, 2, \dots, n$$

که در آن  $\sigma_{ij}$  ماتریس واریانس-کوواریانس بازده حاصل از تولید محصول  $i$  و  $X_i$  سطح فعالیت محصول  $i$  است. در الگوی مورد استفاده تابع هدف به‌صورت حداقل‌سازی معادله فوق تعریف می‌گردد. در این بررسی با استفاده از رهیافت برنامه‌ریزی چند هدفی سعی گردید هدف کاهش ریسک در کنار دو هدف تأمین بازده ناخالص و کاهش مصرف آب تعقیب گردد.

مصرف آب نیز مورد نظر بود. لذا از رهیافت برنامه‌ریزی چند هدفی استفاده گردید این رهیافت امکان بهینه‌سازی چند هدف را به‌طور توأم مشروط بر محدودیت منابع فراهم می‌نماید. البته اغلب به جای یک جواب بهینه یک مجموعه از جواب‌ها حاصل می‌شود. این امر امکان مبادله میان جواب‌ها را ممکن می‌سازد.

### برنامه‌ریزی چند هدفی

شکل ریاضی الگوی برنامه‌ریزی چند هدف را می‌توان به‌صورت زیر نوشت (۱۸):

$$\text{Max } Z(x) = (Z_1(x), Z_2(x), \dots, Z_h(x), \dots, Z_k(x)),$$

$$Z_1(x) = Z1(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

:

$$Z_h(x) = Zh(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

:

$$Z_k(x) = Zk(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

$$\text{Subject to: } X \in F, X \geq 0$$

که در آن  $Z = (Z_1, Z_2, \dots, Z_k)$  بردار توابع هدف با اجزای  $Z_i$  ( $i=1, 2, \dots, k$ ) توابع هدف انفرادی و  $X_i$  ( $i=1, 2, \dots, n$ ) سطح زیرکشت اختصاص داده شده به محصول  $i$  است. به‌طور 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 بیشتری برخوردار است (۱۸). در روش مقید تابع هدف  $h$  امین تابع هدف بهینه می‌شود در حالی که  $k-1$  هدف باقی‌مانده در قالب محدودیت گنجانده می‌شوند. یعنی برای حالت حداقل‌سازی خواهیم داشت:

$$\text{Min } Z(x) = (Z_1(x), Z_2(x), \dots, Z_h(x), \dots, Z_k(x)),$$

$$\text{Subjet to:}$$

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

:

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

توابع یاد شده توابعی افزایشی از درجه برخورداری الگو بوده و مقادیری بین صفر و یک اختیار می‌کنند. از این تابع عضویت نیز برای رتبه‌بندی سطح بازدهی الگوها استفاده گردید. با توجه به این‌که اهداف مورد استفاده نامتجانس هستند لذا لازم است به‌گونه‌ای متجانس گردند. در این مطالعه با استفاده از روش پیشنهادی سریولی و زانی<sup>۱</sup> (۱۹۹۰) برای تابع عضویت اهداف مورد استفاده، میانگین وزن هندسی به‌صورت زیر تعیین گردید (۱۴):

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

در رابطه فوق  $w_j \geq 0$  و  $\sum_{j=1}^M w_j = 1$ . در این رابطه  $w_j$  وزن هدف  $j$  است. چاچیرومارتینی<sup>۲</sup> (۱۹۹۶) معتقد است مقادیر وزن اهداف باید بین حداکثر و حداقل باشد (۱۵). این معیار برهمکنش میان اهداف را لحاظ می‌کند. بر این اساس وزن اهداف به‌صورت زیر تعریف می‌گردد (۱۳):

$$w_j = \frac{\ln(\frac{1}{\mu_j})}{\sum_{j=1}^M \ln(\frac{1}{\mu_j})} \quad \text{و} \quad \bar{\mu} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \mu_j(i)$$

در رابطه فوق  $w_j$  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. در این

### اولویت بندی فازی الگوها

همان‌طور که عنوان شد در روش برنامه‌ریزی چندهدفی الگوهای متعددی به دست می‌آید که باید از میان آن‌ها انتخاب نمود. برای انتخاب روش‌های متعددی وجود دارد. تحلیل خوشه‌ای برای این منظور قابل استفاده است (۲۴). هم‌چنین می‌توان الگوها را با استفاده از رهیافت برنامه‌ریزی فازی اولویت‌بندی نمود (۱۳). روش مورد استفاده در این مطالعه به صورت زیر است.

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 هدف  $j$  برای الگوی  $i$  اختیار می‌کند. اگر مقادیر اهداف مورد استفاده را به‌صورت 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 به‌صورت زیر تعریف (۱۳):

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

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 برخورداری  $i$  امین الگو را نسبت به هدف  $j$  اندازه‌گیری می‌کند. برای فازی سازی اهداف مطالعه شامل آب مصرفی و ریسک یا واریانس بازدهی الگوها می‌توان از تابع عضویت فوق استفاده نمود. به همین ترتیب اگر اهداف را به‌صورت صعودی مرتب کنیم تابع عضویت  $\mu_j(i)$  به‌صورت زیر تعریف خواهد شد:

1. Cerioli and Zani  
2. Chiappero Martinetti



روش حل مقید برنامه‌ریزی چند هدفی (شامل محدودیت سطح بازده مشخص و میزان معین از مصرف آب) است. اطلاعات مورد نیاز از طریق مصاحبه حضوری و تکمیل پرسش‌نامه از میان بهره‌برداران منتخب مرودشت به دست آمد. نمونه مورد نظر نیز به صورت تصادفی انتخاب شد. داده‌های مربوط به قیمت و عملکرد محصولات مختلف برای برنامه‌ریزی توأم با ریسک نیز از سال‌نامه‌های آماری استان فارس و برای دوره ۸۴-۱۳۷۵ استخراج شد (۳).

### نتایج و بحث

#### الگوی فعلی و الگوهای بهینه قطعی و فازی

همان‌طور که عنوان شد نمونه مورد مطالعه شامل بهره‌برداران منطقه مرودشت است. به‌طور معمول در استفاده از الگوهای برنامه‌ریزی ریاضی با توجه به این‌که امکان ارزیابی الگویی مطلوب برای تمامی واحدها به صورت انفرادی وجود ندارد لذا برای یک گروه از بهره‌برداران، یک بهره‌بردار با شرایط مشخص به‌عنوان بهره‌بردار نماینده مورد استفاده قرار می‌گیرد. این تلاش ضمن توجه به همگن بودن بهره‌برداران صورت می‌گیرد. در این بررسی علی‌رغم این‌که بهره‌برداران منتخب از شرایط نسبتاً همگنی برخوردار بودند، اما امکان تقسیم به گروه‌های همگن‌تر بر اساس مقیاس فعالیت جهت انتخاب بهره‌بردار نماینده بررسی گردید. بر این اساس بهره‌برداران منتخب در یک گروه جای گرفتند. مقیاس و الگوی فعالیت بهره‌بردار نماینده در ستون دوم جدول (۱) آمده است. همان‌طور که در این جدول مشاهده می‌شود متوسط مقیاس فعالیت بهره‌برداران ۷/۱ هکتار و بازده ناخالص بهره‌بردار نماینده ۱۰۹/۴۴ میلیون ریال

روش مقدار بحرانی هدف  $J$  به صورت زیر تعریف می‌شود (۱۳):

$$F(\mu, \text{crit}) = 1 - \bar{\mu}$$

که در آن  $F$  تابع توزیع تجمعی و  $\bar{\mu}$  مقدار میانگین هدف  $J$  است.

به منظور تقسیم بهره‌برداران به گروه‌های همگن از رهیافت تحلیل خوشه‌ای دو مرحله‌ای استفاده شد. در این رهیافت بهره‌برداران بر اساس مقیاس فعالیت تقسیم شدند. در رهیافت تحلیل خوشه‌ای دو مرحله‌ای ابتدا تعداد گروه‌ها مشخص و سپس با استفاده از روش  $k$ - میانگین گروه‌بندی می‌شوند. این روش برای دسته‌بندی مشاهدات، ابتدا هر قلم را به خوشه‌ای نسبت می‌دهد که دارای نزدیک‌ترین فاصله به مشاهده مرکزی (میانگین) است. سپس فاصله اقلیدسی هر مشاهده را از مرکز دسته‌ها محاسبه و آن را مجدداً به نزدیک‌ترین دسته دوباره تخصیص می‌دهد. فاصله اقلیدسی بین دو مشاهده نیز به شکل زیر است:

$$d(x, y) = \sqrt{(x - y)'A(x - y)}$$

که در آن  $A = S^{-1}$  و  $S$  ماتریس واریانس‌ها و کواریانس‌های نمونه است. در مقایسه با روش‌های رقیب برای خوشه‌ای کردن این روش ترجیح داده می‌شود جانسون و ویچرن (۲۰۰۰). مزیت این روش در آن است که بدون نیاز به اطلاع از تعداد خوشه‌های قابل تقسیم می‌توان مشاهدات را تقسیم‌بندی نمود که برای این کار از برنامه آماری SPSS استفاده شد (۲۵).

محدودیت‌های الگو شامل محدودیت زمین، آب، نیروی کار، سرمایه، کودشیمیایی، تناوب زراعی و محدودیت‌های ریسکی و محدودیت‌های خاص

خریدرای می‌شود و این امر باعث ریسک پایین این محصول شده است. علاوه بر این نیاز آبی آن در میان محصولات منتخب تنها از جو بیشتر است در حالی که بازدهی آن بسیار بالاتر از جو می‌باشد. پس از کلزا نیز گوجه‌فرنگی تنها محصولی است که در هر سه الگوی حاوی حداکثر بازدهی، حداقل ریسک و حداقل مصرف آب قرار دارد. سطح زیرکشت گوجه‌فرنگی در الگوی حاوی حداکثر بازدهی حداقل مصرف آب به ترتیب  $1/3$  و  $1/2$  هکتار است در حالی که در الگوی حاوی حداقل ریسک سطح زیرکشت آن در حدود  $0/9$  هکتار است. برنج نیز در دو الگوی حاوی حداکثر بازدهی و حداقل ریسک حایز اولویت است که البته سطح زیرکشت آن در این دو الگو دارای تفاوت زیادی با یکدیگر است. به این ترتیب که در الگوی حاوی حداکثر بازده برنامه‌ای سطح زیرکشت این محصول  $2/5$  هکتار است که بیش از  $35$  درصد از کل سطح زیرکشت را شامل می‌شود. در حالی که در الگوی حاوی حداقل ریسک این مقدار تنها برابر با  $0/5$  هکتار است. دو محصول گندم و چغندر قند نیز تنها در الگوی حداقل کننده ریسک حایز اولویت شده‌اند. در مورد این محصول نیز گفتنی است که خرید تضمینی باعث پایین آمدن ریسک تولید شده است. محصول گندم در سطح ملی به صورت تضمینی خریداری می‌شود و چغندر قند نیز در سطح محلی و عمدتاً از سوی کارخانه قند مرودشت به صورت تضمینی خریداری می‌گردد. سه محصول ذرت دانه‌ای، ذرت علوفه‌ای و جو نیز در هیچ یک از سه الگو حایز اولویت نبوده‌اند. قرار گرفتن سه محصول گندم، کلزا و چغندر قند در الگوی بهینه حاکی از ریسکی بودن فعالیت بهره‌برداران منتخب بوده و در عین حال نشان می‌دهد که

است. حال نتایج مربوط به الگوهای عنوان شده در بخش روش‌شناسی ارایه شده است. همان‌طور که در بخش روش تحقیق نیز اشاره شد اهداف مورد تعقیب در این مطالعه حداکثرسازی بازده برنامه‌ای، حداقل‌سازی آب مصرفی و حداقل‌سازی ریسک یا واریانس الگوی کشت می‌باشد. برای ارایه الگوی فازی حاوی سه هدف یاد شده ابتدا باید مقادیر بهینه برای هر یک از اهداف انفرادی را تعیین نمود. منظور از مقدار بهینه، حداکثر بازده برنامه‌ای، حداقل مصرف آب و حداقل ریسک است. البته حداکثر بازده برنامه‌ای مشروط بر سطح فعلی آب و سایر نهاده‌های در دسترس حاصل شد. حداکثر واریانس یا ریسک نیز مشروط بر سطح فعلی بکارگیری نهاده‌ها و همچنین تأمین سطح فعلی بازده برنامه‌ای به دست آمد. حداقل مصرف آب نیز مشروط بر تأمین سطح فعلی بازده برنامه‌ای ارایه شد. برای تعیین مقدار بهینه اهداف انفرادی جهت تعیین دامنه فازی، هر یک از اهداف به‌طور انفرادی مورد توجه قرار می‌گیرد. سطح فعلی بازدهی بهره‌بردار نماینده نیز به‌عنوان بازده برنامه‌ای حداقل مقدار مورد استفاده قرار گرفت. ریسک معادل با حداکثر بازدهی نیز به‌عنوان حداکثر مقدار ریسک در نظر گرفته شد. حداکثر آب در دسترس نیز معادل سطح فعلی در نظر گرفته شد. نتایج حاصل از الگوهای انفرادی در جدول (۱) آمده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود در هر سه الگو کلزا دارای بالاترین سطح زیرکشت است. سهم کلزا در سه الگوی حاوی حداکثر بازده برنامه‌ای، حداقل ریسک و حداقل مصرف آب به ترتیب  $3/3$ ،  $2$  و  $5/9$  هکتار است. این ترکیب از کشت حاکی از مطلوب بودن کلزا در الگوی کشت می‌باشد. کلزا در حال حاضر به صورت تضمینی

الگوی بهینه قطعی به صورت حداکثر بازدهی مشروط بر سطح فعلی واریانس بازدهی، سطح فعلی دسترسی به آب و سایر نهاده‌ها حاصل شده است. الگوی بهینه قطعی با استفاده از تقریباً تمام آب در دسترس و همچنین سطح ریسک فعلی قادر است بازدهی را بیش از ۲۸ درصد افزایش دهد مضافاً این که این الگو در مقایسه با الگوی فعلی از کود شیمیایی نیز به میزان ۲۷ درصد کمتر استفاده می‌کند. الگوی فازی در واقع حالتی بهینه میان دو الگوی بهینه قطعی و الگوی فعلی است به گونه‌ای که این الگو ضمن این که از آب کمتری نسبت به الگوی فعلی استفاده می‌کند، ریسک را نیز تا حدود قابل توجهی کاهش می‌دهد. الگوی بهینه فازی در مقایسه با الگوی فعلی بازدهی را به میزان ۹/۶ درصد افزایش، ریسک را به میزان ۳۴ درصد کاهش و همچنین تنها از ۶۸ درصد کل آب در دسترس استفاده می‌کند. به عبارت دیگر در مقایسه با الگوی بهینه قطعی ریسک و آب کمتر را با بازدهی کمتر مبادله می‌کند در حالی که در مقایسه با الگوی فعلی تمامی سه هدف بازدهی، ریسک و مصرف آب را نسبت به سطح فعلی آن‌ها به طور توأم بهبود می‌بخشد. در الگوی بهینه قطعی سطح زیرکشت محصولات حایز اولویت شامل برنج، گوجه‌فرنگی، چغندر قند و کلزا به ترتیب برابر با ۲/۱، ۱/۲۳، ۰/۴ و ۳/۳۸ هکتار است که به ترتیب معادل ۲۹/۶، ۱۷/۳۲، ۵/۶ و ۴۷/۶ درصد از کل سطح زیرکشت را شامل می‌شود. در الگوی کشت بهینه فازی ابن الگو به نفع سه محصول گندم، گوجه‌فرنگی و کلزا تغییر نموده است. به گونه‌ای که سطح زیرکشت گندم که در الگوی بهینه قطعی حایز اولویت نبوده است به ۱/۳ افزایش یافته است و سطح زیرکشت گوجه‌فرنگی نیز از ۱/۲۳ هکتار به ۱/۵ هکتار افزایش یافته است. کلزا

سیاست‌های دولت بر الگوی کشت بهره‌برداران اثر مشهودی دارد. بازده ناخالص الگوی حداکثرکننده بازدهی نسبت به الگوی فعلی ۳۳/۸۴ درصد بالاتر است و بالغ بر ۱۴۶/۵ میلیون ریال می‌باشد. این الگو همان‌طور که مطالعه ترکمانی و کلایی (۱۳۷۸) نیز نشان داد متضمن بالاترین ریسک است (۱۳۷۸). بازده ناخالص دو الگوی حداقل کننده مصرف آب و ریسک تقریباً با یکدیگر برابر و تنها اندکی بالاتر از الگوی فعلی است. دو الگوی یاد شده علی‌رغم این که به اندازه الگوی فعلی بازدهی ایجاد می‌نمایند اما از سوی دیگر در مقایسه با الگوی فعلی هم آب کمتری مصرف می‌کنند و هم این که متضمن واریانس بازدهی پایین‌تری هستند. الگوی حداقل کننده واریانس یا ریسک از ۹۳ درصد آب مورد استفاده الگوی فعلی استفاده می‌کند و به همان میزان بازدهی تولید می‌کند اما از سوی دیگر میزان ریسک را به کمتر از نصف مقدار فعلی آن کاهش می‌دهد. همچنین الگوی حداقل کننده مصرف آب با استفاده از تنها ۵۴ درصد از آب در دسترس الگوی فعلی، همان میزان بازدهی را با واریانس کمتر تولید می‌کند. واریانس یا ریسک این الگو  $۹۱۱ \times ۱۰۱۳$  است در حالی که این رقم برای الگوی فعلی برابر با  $۱۳۷۸ \times ۱۰۱۳$  است. از نظر میزان استفاده از نهاده کود شیمیایی نیز میان الگوها تفاوت گسترده مشاهده می‌شود. به این ترتیب که در الگوی فعلی ۱۱۰ واحد کود (هر واحد معادل ۵۰ کیلوگرم است) استفاده می‌شود در حالی که در الگوی حداکثرکننده بازدهی این رقم معادل با ۷۵ واحد است. در دو الگوی حداقل کننده ریسک و آب میزان استفاده از کود شیمیایی به ترتیب ۹۴ و ۸۰ واحد است. در جدول (۲) الگوی کشت فعلی با دو الگوی کشت بهینه قطعی و بهینه فازی مقایسه شده است.

به ۵ هکتار افزایش یافته است. سطح زیرکشت گوجه‌فرنگی نیز در کل دامنه یاد شده تنها کمتر از ۰/۰۲ درصد تغییر یافته است. سه محصول ذرت دانه‌ای، ذرت علوفه‌ای و جو نیز همانند الگوهای قبل در هیچ سطحی از عدم قطعیت وارد مدل نشده‌اند. به دنبال افزایش عدم قطعیت در میزان آب در دسترس واریانس بازدهی یا ریسک الگو از رقم  $۹۳۳ \times ۱۰۱۳$  به  $۱۰۶۶ \times ۱۰۱۳$  به‌طور پیوسته افزایش یافته است. البته که افزایش ریسک الگو افزایش بازدهی را نیز به همراه داشته است و بازدهی الگو نیز از  $۱۲۰/۶۰$  میلیون ریال تا  $۱۲۵/۲۳$  میلیون ریال به‌طور پیوسته افزایش یافته است. با توجه به افزایش سطح زیرکشت برنج در الگو افزایش میزان آب مورد استفاده در الگو کاملاً مبتنی بر انتظار است. زیرا با جایگزینی کلزا به جای گندم کاهش قابل ملاحظه‌ای در مصرف آب رخ نمی‌دهد اما از سوی دیگر با افزایش سطح زیرکشت برنج میزان آب مورد استفاده به سرعت رو به افزایش می‌گذارد. میزان استفاده از نهاده کودشیمیایی تنها کمتر از یک واحد افزایش می‌یابد. و در نهایت به  $۸۰/۶$  واحد افزایش می‌یابد که از مقدار فعلی آن پایین تر است.

رابطه میان افزایش عدم قطعیت میان دسترسی به آب و هم‌چنین مقادیر اهداف و نهاده‌ها و هم‌چنین حداکثر درجه عضویت میان اهداف و محدودیت‌ها نیز با استفاده از تکنیک رگرسیون مورد سنجش قرار گرفت. به‌منظور انتخاب بهترین برازش سه تصریح لگاریتمی، خطی و درجه دو برآورد گردید. از میان تصریح‌های یاد شده نتایج حاصل از بهترین تصریح که ضمن تأمین فروض کلاسیک اقتصاد سنجی از معیارهای یک تصریح مطلوب برخوردار بود در جدول (۴) آمده است. همان‌طور که در جدول (۴)

نیز با حدود  $۰/۶$  هکتار رشد ۴ هکتار از مجموع  $۷/۱$  هکتار زمین را به خود اختصاص داده است. سطح زیرکشت برنج نیز از  $۲/۱$  هکتار با کاهشی زیاد به  $۰/۳$  تقلیل یافته است. حداکثر درجه عضویت تأمین‌کننده اهداف و محدودیت‌ها نیز برابر با  $۰/۷۱۴$  است. در صورتی که اهداف به مقادیر غایی خود نزدیک شوند مقدار تابع عضویت رو به کاهش خواهد گذاشت.

### اثر عدم قطعیت در آب در دسترس بر روی

#### اهداف و عوامل تولید

به‌منظور بررسی اثر تغییر در عدم قطعیت یا افزایش درجه فازی بودن مقادیر اهداف بر روی الگوی کشت و هم‌چنین مصرف برخی از نهاده‌ها اثر تغییر میزان عدم قطعیت یا میزان فازی بودن مصرف آب بررسی شد. اثر تغییر عدم قطعیت آب به‌صورت افزایش عدم قطعیت مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از افزایش عدم قطعیت در آب در دسترس در جدول (۳) ارایه شده است. میزان اختلاف میان حداکثر و حداقل آب مورد استفاده در الگو برابر با  $۶۸۵۴۰$  مترمکعب می‌باشد. به‌منظور بررسی نحوه واکنش مقادیر اهداف در مقابل تغییر عدم قطعیت آب در دسترس مقادیر مختلف میان  $۷۰-۸۲$  هزار مترمکعب در نظر گرفته شد.

تغییر الگوی کشت را می‌توان به‌صورت کاهش سطح زیرکشت گندم به نفع دو محصول برنج و کلزا عنوان نمود. سطح زیرکشت گندم از  $۱/۲۲$  هکتار نهایتاً به صفر رسیده است. از مقدار یاد شده حدود ۱ هکتار به سطح زیرکشت کلزا و باقی‌مانده آن به سطح زیرکشت برنج اضافه شده است. سطح زیرکشت برنج از حدود  $۰/۳$  هکتار به  $۰/۵$  هکتار رسیده است. سطح زیرکشت کلزا نیز در دامنه یاد شده از حدود ۴ هکتار

ناخالص، ریسک یا واریانس بازده ناخالص و میزان مصرف آب مورد استفاده قرار گرفت. بر اساس همین محاسبه مقدار تابع عضویت برای الگوی بهینه فازی برابر با ۰/۶۹ به دست آمد که مشاهده می‌شود در مقایسه با تمامی الگوها در رتبه بالاتری قرار دارد. الگوی شماره ۳ در مقایسه با الگوی شماره ۲ از مقادیر آب بیشتر استفاده نموده و الگوی ریسکی‌تری را پیشنهاد می‌دهد و به همین ترتیب مقدار بازده ناخالص بالاتری نیز ایجاد می‌نماید. محصولات الگوهای ۲ و ۳ شامل برنج، گندم، گوجه‌فرنگی و کلزا می‌باشد. سطح زیرکشت این محصولات در الگوی شماره ۲ به ترتیب ۰/۲۹، ۱/۲۰، ۱/۵۳ و ۴/۰۸ هکتار است. ارقام متناظر برای الگوی شماره ۳ نیز به ترتیب برابر با ۰/۲۸، ۱/۱۷، ۱/۵۳ و ۴/۱۰ هکتار بود.

### نتیجه‌گیری کلی

استفاده از رهیافت فازی توانست الگویی مطلوب ارائه کند. به‌گونه‌ای که این الگو در مقایسه با الگوی فعلی بهره‌برداران قادر است میزان ریسک و مصرف آب را در حدود بیش از ۳۰ درصد و میزان بازده ناخالص را در حدود ۱۰ درصد به‌طور توأم بهبود دهد که تغییرات بسیار گسترده‌ای محسوب می‌شود. به‌طور کلی در مورد الگوی کشت نیز می‌توان گفت از میان محصولات در حال تولید سه محصول جو، ذرت دانه‌ای و ذرت علوفه‌ای از اولویت مناسبی برخوردار نیستند. در مطالعه حسن‌شاهی (۱۳۸۵)، در منطقه ارسنجان (همجوار با منطقه مرودشت) نیز جو در الگوی بهینه جای نگرفت (۸). وجود محصولات دارای ریسک پایین در الگوی بهینه همانند مطالعه ترکمانی (۱۳۷۹) حاکی از ریسک‌گریزی بهره‌برداران است (۴). مطالعه داپلر و همکاران (۲۰۰۲) نیز در

در تمامی تصریح‌ها ضرایب برآورد شده در سطح اطمینان بسیار بالایی معنی‌دار هستند. تورش تصریح با استفاده از آزمون ریست رمزی و همچنین نرمال بودن توزیع جملات اخلاص نیز با استفاده از آزمون جارکو- برا مورد آزمون قرار گرفت. به جز در مورد تصریح لگاریتمی معادله ریسک یا واریانس که در آن تصریح مطلوب توسط شکل لگاریتمی حاصل شده است در سایر معادلات تصریح تأمین‌کننده فروض کلاسیک توسط شکل درجه دوم ارائه شده است. در تمامی تصریح‌های معادله آب مصرفی، ضریب خوبی برآزش بیش از ۹۹ درصد است. به این ترتیب مشاهده می‌شود که رابطه میان عدم قطعیت و متغیرهای مذکور یک رابطه غیرخطی است. در معادله بازده ناخالص با افزایش عدم قطعیت، میزان بازده ناخالص به‌طور خطی افزایش می‌یابد اما از سوی دیگر این افزایش در عدم قطعیت یک روند نزولی درجه دو را به معادله تحمیل می‌نماید. البته بر اساس ضریب جمله درجه دوم انحنا در منحنی رابطه میان عدم قطعیت و بازده ناخالص بسیار اندک است.

### رتبه‌بندی الگوها بر اساس منطق فازی

در جدول (۵) مقداری فازی و رتبه هر یک از الگوهای برآورد شده در سطوح مختلف عدم قطعیت ارائه شده است. لازم به ذکر است که در کنار الگوهای ارائه شده الگوی فازی بهینه نیز مورد مقایسه قرار گرفت. همان‌طور که در این جدول مشخص شده است. در الگوهای دارای سطوح مختلف عدم قطعیت در میزان آب در دسترس که تعداد ۲۵ الگو می‌باشد بالاترین مقدار تابع عضویت حاصل از روش فازی برابر با ۰/۶۶ است که به الگوهای شماره ۲ و ۳ تعلق دارد. در محاسبه رتبه الگوها بر اساس منطق فازی سه هدف، میزان بازده

۱- حمایت قیمتی از محصولات دارای نیاز آب پایین همانند کلزا به منظور کاهش استفاده از آب.  
 ۲- تدوین الگوی کشت منطقه‌ای مبتنی بر بهبود کارایی استفاده از منابع کمیاب آب.  
 ۳- توجه به آثار ساسیت‌های اعمال شده بر روی محصولات منطقه، به دلیل وجود رابطه تبادلی میان اهداف متعدد.  
 ۴- با توجه به مساعدت کلزا در تأمین اهداف یادشده لازم است بر روی حمایت برنامه‌ریزی شده از این محصول تمرکز بیشتری صورت گیرد.  
 ۵- با توجه به نقش ذرت دانه‌ای و علوفه‌ای در تأمین صنعت دامپروری، کاهش سطح زیرکشت این محصولات در منطقه مستلزم احتیاط زیاد است و مطلوب آن است که در جهت افزایش کارایی استفاده از آب این محصولات توجه بیشتری صورت گیرد.

لبنان نشان داد که در الگوی حاوی حداقل ریسک سهم محصولات دارای نوسان پایین همانند غلات افزایش می‌یابد. هم‌چنین مشخص گردید که میان سه هدف تحت تعقیب شامل بازده ناخالص، مصرف آب و واریانس یا ریسک تولید مبادله وجود دارد. به‌گونه‌ای که کشاورزان از نهاده حایز اهمیت آب به‌منظور کاهش ریسک تولید خود در سطح بالا استفاده می‌کنند (۱۷). در این خصوص استفاده از سیاست‌های حمایتی کاهنده ریسک می‌تواند به‌عنوان یک جایگزین برای نهاده آب نیز تلقی گردد. کاهش دسترسی به آب باعث افزایش ریسک می‌گردد. از این رو افزایش راندمان آبیاری از طریق کاهش نیاز به آب می‌تواند باعث کاهش ریسک تولید گردد. با توجه به یافته‌های این مطالعه می‌توان پیشنهادات زیر را مطرح کرد:

جدول ۱- سطح زیرکشت و بازدهی الگوهای فعلی، بهینه حداکثر بازدهی، حداقل ریسک و حداقل مصرف آب

| نام محصول                   | فعلی   | بهینه حداکثر بازدهی | بهینه حداقل ریسک | بهینه حداقل مصرف آب |
|-----------------------------|--------|---------------------|------------------|---------------------|
| برنج                        | ۲      | ۲/۵                 | ۰/۵              | -                   |
| گندم                        | ۲/۸    | -                   | ۱/۹              | -                   |
| جو                          | ۰/۲    | -                   | -                | -                   |
| ذرت دانه‌ای                 | ۰/۳    | -                   | -                | -                   |
| ذرت علوفه‌ای                | ۱      | -                   | -                | -                   |
| گوجه فرنگی                  | ۰/۴    | ۱/۳                 | ۰/۹              | ۱/۲                 |
| چغندر قند                   | ۰/۲    | -                   | ۱/۸              | -                   |
| کلزا                        | ۰/۲    | ۳/۳                 | ۲                | ۵/۹                 |
| بازدهی ناخالص (میلیون ریال) | ۱۰۹/۴۴ | ۱۴۶/۴۸              | ۱۰۹/۹۶           | ۱۰۹/۹۸              |
| واریانس (ریسک)              | ۱۳۸۷   | ۱۶۲۹                | ۶۳۴              | ۹۱۱                 |
| مصرف آب (مترمکعب)           | ۱۴۲۱۳۰ | ۱۴۲۱۳۰              | ۱۳۲۳۸۷           | ۷۶۱۵۳               |
| مصرف کود شیمیایی            | ۱۱۰    | ۷۵                  | ۹۴               | ۸۰                  |

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ۲- سطح زیرکشت و بازدهی الگوهای فعلی، بهینه قطعی و بهینه فازی بهره‌بردار نماینده

| نام محصول  | برنج | گندم | جو  | ذرت دانه‌ای | ذرت علوفه‌ای | گوجه فرنگی | چغندر رقند | کلزا | بازدهی ناخالص (میلیون ریال) | ریسک | مصرف آب | مصرف کود شیمیایی |
|------------|------|------|-----|-------------|--------------|------------|------------|------|-----------------------------|------|---------|------------------|
| الگوی فعلی | ۲    | ۲/۸  | ۰/۲ | ۰/۳         | ۱            | ۰/۴        | ۰/۲        | ۰/۲  | ۱۰۹/۴۴                      | ۱۳۸۷ | ۱۴۲۱۳۰  | ۱۱۰              |
| بهینه قطعی | ۲/۱  | -    | -   | -           | -            | ۱/۲۳       | ۰/۴        | ۳/۳۸ | ۱۴۰/۲۲                      | ۱۳۸۲ | ۱۴۲۰۸۸  | ۷۹/۳۷            |
| بهینه فازی | ۰/۳  | ۱/۳  | -   | -           | -            | ۱/۵        | -          | ۴    | ۱۱۹/۹۹                      | ۹۱۶  | ۹۵۷۸۴   | ۸۰               |
| ۰/۷۱۴      |      |      |     |             |              |            |            |      |                             |      |         |                  |
| λ          |      |      |     |             |              |            |            |      |                             |      |         |                  |

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ۳- تغییرات الگو ناشی از تغییر عدم قطعیت در آب در دسترس

| نام محصول                   | ۷۰     | ۷۰/۵   | ۷۱     | ۷۱/۵   | ۷۲     | ۷۲/۵   | ۷۳     | ۷۳/۵   | ۷۴     | ۷۴/۵   | ۷۵     | ۷۵/۵   |
|-----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| برنج                        | ۰/۲۹   | ۰/۲۹   | ۰/۲۸   | ۰/۳۰   | ۰/۳    | ۰/۳۱   | ۰/۳۲   | ۰/۳۳   | ۰/۳۴   | ۰/۳۵   | ۰/۳۶   | ۰/۳۷   |
| گندم                        | ۱/۲۲   | ۱/۲    | ۱/۱۷   | ۱/۱۱   | ۱/۰۵   | ۰/۹۹   | ۰/۹۴   | ۰/۸۸   | ۰/۸۲   | ۰/۷۷   | ۰/۷۲   | ۰/۶۶   |
| جو                          | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      |
| ذرت دانه‌ای                 | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      |
| ذرت علوفه‌ای                | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      |
| گوجه فرنگی                  | ۱/۵۲   | ۱/۵۳   | ۱/۵۳   | ۱/۵۳   | ۱/۵۳   | ۱/۵۳   | ۱/۵۳   | ۱/۵۳   | ۱/۵۳   | ۱/۵۳   | ۱/۵۳   | ۱/۵۳   |
| چغندر رقند                  | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      |
| کلزا                        | ۴/۰۶   | ۴/۰۸   | ۴/۱    | ۴/۱۶   | ۴/۲۱   | ۴/۲۶   | ۴/۳۱   | ۴/۳۶   | ۴/۴۱   | ۴/۴۵   | ۴/۵۰   | ۴/۵۴   |
| بازدهی ناخالص (میلیون ریال) | ۱۲۰/۶۰ | ۱۲۰/۷۷ | ۱۲۰/۹۱ | ۱۲۱/۲۳ | ۱۲۱/۴۲ | ۱۲۱/۶۱ | ۱۲۱/۸۱ | ۱۲۲/۰۵ | ۱۲۲/۲۵ | ۱۲۲/۴۸ | ۱۲۲/۷۱ | ۱۲۲/۹۰ |
| واریانس (ریسک)              | ۹۳۳    | ۹۳۸    | ۹۴۲    | ۹۵۰    | ۹۵۵    | ۹۶۱    | ۹۶۶    | ۹۷۲    | ۹۷۸    | ۹۸۴    | ۹۹۰    | ۹۹۵    |
| مصرف آب (متر مکعب)          | ۹۵۸۸۰  | ۹۵۸۹۹  | ۹۵۹۰۵  | ۹۶۰۳۰  | ۹۶۰۶۹  | ۹۶۱۲۶  | ۹۶۱۸۷  | ۹۶۲۹۸  | ۹۶۳۸۷  | ۹۶۵۱۱  | ۹۶۶۱۶  | ۹۶۷۲۲  |
| مصرف کود شیمیایی            | ۷۹/۸۰  | ۷۹/۸۹  | ۸۰/۰۲  | ۸۰/۱۱  | ۸۰/۱   | ۸۰/۲۱  | ۸۰/۲۶  | ۸۰/۳۳  | ۸۰/۳۸  | ۸۰/۴۴  | ۸۰/۵۱  | ۸۰/۵۴  |
| ۰/۶۳۶                       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| λ                           |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |

مأخذ: یافته‌های تحقیق

ادامه جدول (۳)

| واریانس مصرف آب (هزار مترمکعب) |        |        |        |        |       |        |        |        |        |        |        |        | نام محصول     |
|--------------------------------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------------|
| ۸۲                             | ۸۱/۵   | ۸۱     | ۸۰/۵   | ۸۰     | ۷۹/۵  | ۷۹     | ۷۸/۵   | ۷۸     | ۷۷/۵   | ۷۷     | ۷۶/۵   | ۷۶     |               |
| ۰/۵۱                           | ۰/۵    | ۰/۴۷   | ۰/۴۷   | ۰/۴۶   | ۰/۴۵  | ۰/۴۴   | ۰/۴۳   | ۴/۲    | ۰/۴۱   | ۰/۴    | ۰/۳۹   | ۰/۳۸   | برنج          |
| -                              |        | ۰/۱۳   | ۰/۱۷۷  | ۰/۲۲   | ۰/۲۷  | ۰/۳۱   | ۰/۳۶   | ۰/۴۱   | ۰/۴۶   | ۰/۵۱   | ۰/۵۶   | ۰/۶۱   | گندم          |
| -                              |        |        |        |        |       |        |        |        |        |        |        |        | جو            |
|                                |        |        |        |        |       |        |        |        |        |        |        |        | ذرت دانه‌ای   |
|                                |        |        |        |        |       |        |        |        |        |        |        |        | ذرت علوفه‌ای  |
| ۱/۵۱                           | ۱/۵۱   | ۱/۵۱   | ۱/۵۲   | ۱/۵۲   | ۱/۵۲  | ۱/۵۲   | ۱/۵۲   | ۱/۵۲   | ۱/۵۲   | ۱/۵۲   | ۱/۵۳   | ۱/۵۳   | گوجه فرنگی    |
|                                |        |        |        |        |       |        |        |        |        |        |        |        | چغندر قند     |
| ۵/۰۳                           | ۵      | ۴/۹۶   | ۴/۹۳   | ۴/۹    | ۴/۸۶  | ۴/۸۲   | ۴/۷۹   | ۴/۷۵   | ۴/۷۱   | ۴/۶۷   | ۴/۶۳   | ۴/۵۸   | کلزا          |
|                                |        |        |        |        |       |        |        |        |        |        |        |        | بازدهی        |
| ۱۲۵/۲۳                         | ۱۲۴/۶۰ | ۱۲۵/۲۵ | ۱۲۵/۰۵ | ۱۲۴/۸۱ | ۱۲۴/۶ | ۱۲۴/۳۴ | ۱۲۴/۱۷ | ۱۲۳/۸۹ | ۱۲۳/۷۵ | ۱۲۳/۵۵ | ۱۲۳/۳۳ | ۱۲۳/۱۱ | ناخالص        |
|                                |        |        |        |        |       |        |        |        |        |        |        |        | (میلیون ریال) |
| ۱۰۶۶                           | ۱۰۵۶   | ۱۰۵۹   | ۱۰۵۳   | ۱۰۴۷   | ۱۰۴۱  | ۱۰۳۵   | ۱۰۳۰   | ۱۰۲۳   | ۱۰۱۸   | ۱۰۱۳   | ۱۰۰۷   | ۱۰۰۱   | واریانس       |
|                                |        |        |        |        |       |        |        |        |        |        |        |        | (ریسک)        |
| ۹۸۳۰۸                          | ۹۷۷۳۲  | ۹۸۳۵۹  | ۹۸۱۹۴  | ۹۷۹۹۹  | ۹۷۸۴۵ | ۹۷۶۵۲  | ۹۷۵۲۰  | ۹۷۳۰۶  | ۹۷۲۳۵  | ۹۷۱۱۵  | ۹۶۹۶۶  | ۹۶۸۳۵  | مصرف آب       |
|                                |        |        |        |        |       |        |        |        |        |        |        |        | (مترمکعب)     |
| ۸۰/۵۹                          | ۸۰/۱۹  | ۸۰/۹۴  | ۸۰/۹۲  | ۸۰/۸۸  | ۸۰/۸۵ | ۸۰/۷۷  | ۸۰/۷۷  | ۸۰/۷۱  | ۸۰/۷۱  | ۸۰/۶۷  | ۸۰/۶۳  | ۸۰/۶۰  | مصرف          |
|                                |        |        |        |        |       |        |        |        |        |        |        |        | کودشیمیایی    |
| ۰/۵۶۱                          | ۰/۵۶۶  | ۰/۵۷۲  | ۰/۵۷۸  | ۰/۵۸۴  | ۰/۵۸۹ | ۰/۵۹۵  | ۰/۶۰۱  | ۰/۶۰۷  | ۰/۶۱۳  | ۰/۶۱۸  | ۰/۶۲۴  | ۰/۶۳   | $\lambda$     |

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ۴- نتایج حاصل از تصریح اثر عدم قطعیت بر متغیرهای بازده ناخالص، ریسک، آب مصرفی و حداکثر درجه عضویت

| آماره‌ها و آزمون‌ها |                | ضرایب                     |                           |                    |              |                |          |                           |  |
|---------------------|----------------|---------------------------|---------------------------|--------------------|--------------|----------------|----------|---------------------------|--|
| F                   | R <sup>2</sup> | تورش تصریح<br>(ریست رمزی) | نرمال بودن<br>(جارکو-برا) | مجذور عدم<br>قطعیت | عدم قطعیت    | عرض از<br>مبدأ | تصریح    | معادله                    |  |
| ۲۸۳۹***             | ۰/۹۹۵          | ۰/۰۲۹                     | ۲/۴۲۰                     | -۰/۰۰۶***          | ۱/۴۱۹***     | ۵۳/۱۷۹***      | درجه دوم | بازده ناخالص              |  |
| ۹۱۹۹۰***            | ۰/۹۹۹          | ۲/۴۷۸                     | ۱/۹۳۴                     | -                  | ۰/۸۷۱***     | ۳/۱۳۵***       | لگاریتمی | واریانس<br>(ریسک)         |  |
| ۱۲۲۲۱***            | ۰/۹۹۹          | ۰/۴۵۳                     | ۳/۴۰۲                     | ۱۳/۰۸۷***          | -۱۷۴۷/۶۵۵*** | ۱۵۴۰۵۳**<br>*  | درجه دوم | آب مصرفی                  |  |
| ۱۷۵۷۵۶***           | ۰/۹۹۹          | ۲/۴۵۷                     | ۱/۶۵۰                     | -۰***              | -۰/۰۰۶***    | ۱/۳۰۷***       | درجه دوم | ضریب حداکثر<br>درجه عضویت |  |

مأخذ: یافته‌های تحقیق، \*\*\* معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد



جدول ۵- مقادیر فازی اهداف مورد تعقیب و شاخص ترکیبی کل در الگوهای مختلف ارایه شده در جدول (۳)

| شماره الگو                       | ۱      | ۲      | ۳      | ۴      | ۵      | ۶      | ۷      | ۸      | ۹      | ۱۰     | ۱۱     | ۱۲     |
|----------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| عدم قطعیت مصرف آب (هزار مترمکعب) | ۷۰     | ۷۰/۵   | ۷۱     | ۷۱/۵   | ۷۲     | ۷۲/۵   | ۷۳     | ۷۳/۵   | ۷۴     | ۷۴/۵   | ۷۵     | ۷۵/۵   |
| بازدهی ناخالص (میلیون ریال)      | ۱۲۰/۶۰ | ۱۲۰/۷۷ | ۱۲۰/۹۱ | ۱۲۱/۲۳ | ۱۲۱/۴۲ | ۱۲۱/۶۱ | ۱۲۱/۸۱ | ۱۲۲/۰۵ | ۱۲۲/۲۵ | ۱۲۲/۴۸ | ۱۲۲/۷۱ | ۱۲۲/۹۰ |
| واریانس (ریسک)                   | ۹۳۳    | ۹۳۸    | ۹۴۲    | ۹۵۰    | ۹۵۵    | ۹۶۱    | ۹۶۶    | ۹۷۲    | ۹۷۸    | ۹۸۴    | ۹۹۰    | ۹۹۵    |
| مصرف آب (مترمکعب)                | ۹۵۸۸۰  | ۹۵۸۹۹  | ۹۵۹۰۵  | ۹۶۰۳۰  | ۹۶۰۶۹  | ۹۶۱۲۶  | ۹۶۱۸۷  | ۹۶۲۹۸  | ۹۶۳۸۷  | ۹۶۵۱۱  | ۹۶۶۱۶  | ۹۶۷۲۲  |
| مصرف کودشیمیایی                  | ۷۹/۸۰  | ۷۹/۸۹  | ۸۰/۰۲  | ۸۰/۱۱  | ۸۰/۱   | ۸۰/۲۱  | ۸۰/۲۶  | ۸۰/۳۳  | ۸۰/۳۸  | ۸۰/۴۴  | ۸۰/۵۱  | ۸۰/۵۴  |
| $\lambda$                        | ۰/۶۹۷  | ۰/۶۹۲  | ۰/۶۸۶  | ۰/۶۸۱  | ۰/۶۷۵  | ۰/۶۷۰  | ۰/۶۶۴  | ۰/۶۵۸  | ۰/۶۵۳  | ۰/۶۴۷  | ۰/۶۴۱  | ۰/۶۳۶  |
| شاخص ارزش                        | ۰/۶۴   | ۰/۶۶   | ۰/۶۶   | ۰/۶۴   | ۰/۶۴   | ۰/۶۲   | ۰/۶۲   | ۰/۶۰   | ۰/۵۹   | ۰/۵۷   | ۰/۵۵   | ۰/۵۴   |
| ترکیبی اهداف رتبه                | ۲      | ۱      | ۱      | ۲      | ۲      | ۳      | ۳      | ۴      | ۵      | ۶      | ۷      | ۸      |

مأخذ: یافته‌های تحقیق

ادامه جدول (۵)

| شماره الگو                       | ۱۳     | ۱۴     | ۱۵     | ۱۶     | ۱۷     | ۱۸     | ۱۹     | ۲۰    | ۲۱     | ۲۲     | ۲۳    | ۲۴     | ۲۵    |
|----------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|-------|--------|-------|
| عدم قطعیت مصرف آب (هزار مترمکعب) | ۷۶     | ۷۶/۵   | ۷۷     | ۷۷/۵   | ۷۸     | ۷۸/۵   | ۷۹     | ۷۹/۵  | ۸۰     | ۸۰/۵   | ۸۱    | ۸۱/۵   | ۸۲    |
| بازدهی ناخالص (میلیون ریال)      | ۱۲۳/۱۱ | ۱۲۳/۳۳ | ۱۲۳/۵۵ | ۱۲۳/۷۵ | ۱۲۳/۸۹ | ۱۲۴/۱۷ | ۱۲۴/۳۴ | ۱۲۴/۶ | ۱۲۴/۸۱ | ۱۲۵/۰۵ | ۱۲۴/۶ | ۱۲۵/۲۳ | ۱۲۴/۶ |
| واریانس (ریسک)                   | ۱۰۰۱   | ۱۰۰۷   | ۱۰۱۳   | ۱۰۱۸   | ۱۰۲۳   | ۱۰۳۰   | ۱۰۳۵   | ۱۰۴۱  | ۱۰۴۷   | ۱۰۵۳   | ۱۰۵۶  | ۱۰۶۶   | ۱۰۵۶  |
| مصرف آب (مترمکعب)                | ۹۶۸۳۵  | ۹۶۹۶۶  | ۹۷۱۱۵  | ۹۷۲۳۵  | ۹۷۳۰۶  | ۹۷۵۲۰  | ۹۷۶۵۲  | ۹۷۸۴۵ | ۹۷۹۹۹  | ۹۸۱۹۴  | ۹۷۷۳۲ | ۹۸۳۰۸  | ۹۷۷۳۲ |
| مصرف کودشیمیایی                  | ۸۰/۶۰  | ۸۰/۶۳  | ۸۰/۶۷  | ۸۰/۷۱  | ۸۰/۷۱  | ۸۰/۷۷  | ۸۰/۷۷  | ۸۰/۸۵ | ۸۰/۸۸  | ۸۰/۹۲  | ۸۰/۱۹ | ۸۰/۵۹  | ۸۰/۱۹ |
| $\lambda$                        | ۰/۶۳   | ۰/۶۲۴  | ۰/۶۱۸  | ۰/۶۱۳  | ۰/۶۰۷  | ۰/۶۰۱  | ۰/۵۹۵  | ۰/۵۸۹ | ۰/۵۸۴  | ۰/۵۷۸  | ۰/۵۶۶ | ۰/۵۶۱  | ۰/۵۶۶ |
| شاخص ترکیبی ارزش                 | ۰/۵۲   | ۰/۵۰   | ۰/۴۸   | ۰/۴۷   | ۰/۴۶   | ۰/۴۳   | ۰/۴۱   | ۰/۳۹  | ۰/۳۷   | ۰/۳۴   | ۰/۳۲  | ۰/۳۶   | ۰/۳۰  |
| اهداف رتبه                       | ۹      | ۱۰     | ۱۱     | ۱۲     | ۱۳     | ۱۴     | ۱۵     | ۱۶    | ۱۷     | ۱۹     | ۲۰    | ۱۸     | ۲۱    |

مأخذ: یافته‌های تحقیق

## منابع

- اسدپور، ا. ۱۳۸۴. نظریه و کاربرد مدل برنامه‌ریزی فازی در تولید محصولات زراعی. فصل‌نامه اقتصاد کشاورزی و توسعه، ویژه‌نامه بهره‌وری و کارایی، ص. ۳۰۷-۳۲۸.
- بیات، پ. ۱۳۷۸. تعیین الگوی بهینه کشت با بهره‌برداری تلفیقی از منابع آب سطحی و زیرزمینی: مطالعه موردی دشت برازجان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد اقتصاد کشاورزی، دانشگاه شیراز.

- ۳- بی‌نام. ۱۳۸۴. سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی فارس. سال‌نامه آماری استان فارس.
- ۴- ترکمانی، ج. ۱۳۷۹. تحلیل اقتصادی تغییر در سطح زیرکشت آفتابگردان: کاربرد روش مدل‌سازی ایجاد گزینه‌ها. فصل‌نامه اقتصاد کشاورزی و توسعه، سال هشتم، شماره ۳۰، ص. ۶۴-۴۳.
- ۵- ترکمانی، ج. و ر. صداقت. ۱۳۷۸. تعیین الگوی بهینه تلفیق باغداری و زراعت: کاربرد روش مدل‌سازی ایجاد گزینه‌ها، فصل‌نامه اقتصاد کشاورزی و توسعه، سال هفتم، شماره ۲۸، ص. ۳۴-۷.
- ۶- ترکمانی، ج. و ع. کلایی. ۱۳۷۸. تأثیر ریسک بر الگوی بهینه بهره‌برداران کشاورزی: مقایسه روش‌های برنامه‌ریزی توأم با ریسک موتاد و تارگت موتاد. فصل‌نامه پژوهشی اقتصاد کشاورزی و توسعه، سال هفتم، شماره ۲۵، ص. ۲۸-۷.
- ۷- جانسون، ر. آ. و د. د. ویچرن. ۲۰۰۰. تحلیل آماری چند متغیری کاربردی. ترجمه حسینعلی نیرومند. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ص. ۳۳۸-۳۴۵.
- ۸- حسن‌شاهی، م. ۱۳۸۵. تصمیم‌گیری زراعی تحت شرایط مخاطره: مطالعه موردی شهرستان ارسنجان. فصل‌نامه اقتصاد کشاورزی و توسعه، سال چهاردهم، شماره ۵۴، ص. ۱۶۱-۱۷۸.
- ۹- درویشی سلوکلائی، ب.، د. عامری، ر. تیموری یانسری، ا. یزدانی پرابی، و ا. اکبری. ۱۳۸۵. کاربرد بهینه‌سازی فازی در تنظیم جیره خوراکی گاوهای شیری. مجموعه مقالات ششمین کنفرانس سیستم‌های فازی ایران، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شیراز. ص. ۱-۱۲.
- ۱۰- عبدالهی عزت‌آبادی، م. ۱۳۸۵. مطالعه نوسانات درآمدی پسته‌کاران ایران: بسوی سیستمی از بیمه محصول و ایجاد بازار آبی و اختیار معامله. پایان‌نامه دوره دکتری، دانشگاه شیراز.
- ۱۱- کرامت‌زاده، ع.، ا. ح. چیدری، و ح. موسوی. ۱۳۸۴. مدیریت منابع آبی از طریق تخصیص بهینه بین اراضی زیرسدها: مطالعه موردی سد بازرو شیروان. مجموعه مقالات پنجمین کنفرانس اقتصاد کشاورزی ایران، دانشگاه سیستان و بلوچستان.
- ۱۲- محمدیان، م.، ا. ح. چیدری و س. ا. مرتضوی. ۱۳۸۴. تأثیر کنترلی ریسک قیمتی برنج در شرایط بورس کالا بر الگوی کشت بهینه: مطالعه موردی استان گلستان منطقه گنبد-مینودشت. فصل‌نامه اقتصاد کشاورزی و توسعه، سال سیزدهم، شماره ۴۹، ص. ۱۶۸-۱۹۴.
13. 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.
14. Cerioli, A., and Zani, S. 1990. A fuzzy approach to the measurement of poverty. In: Dagum, C., and Zenga, M. (Eds.): *Income and wealth distribution, inequality and poverty*. Berlin: Springer-Verlag, Pp. 272-284.
15. Chiappero Martinetti, E. 1996. Standard of living evaluation based on Sen's Approach: Some methodological suggestions. *Notizie di Politeia*, 12(43/44): 37-53.
16. Dillon, J. L., and Hrdaker, J. B. 1993. *Farm management research for small farmer development*, FAO, Rome.
17. 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.

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. *Agriculture Systems* 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. Inuiguchif, M., and Ramik, J. 2000. Possibilistic linear programming: a brief review of fuzzy mathematic programming and a comparission with stochastic programming in portfolio selection problem. *Fuzzy Sets and Systems* 111: 3-28
21. Jimenez, M., Arenas. M., Bilbao, A., and Victoria Rodriguez, M. 2007. Linear programming with fuzzy parameters: an interactive method rsolution. *European Journal of Operational Research* 3: 1599-1609.
22. Kumar, B. 1995. Trade-off between return and risk in farm planing: MOTAD and Target MOTAD Approach, *Indian Journal of Agricultural Economics* 50: 193-199.
23. Kumar, M., Vrat, P., and Shankar, R. 2006. A fuzzy programming approach for vendor selection problem in a supplt chain. *International Journal of Production Economics* 101: 273-285.
24. Raju, K. S., and Kumar, D. N. 1999. Multicriterion decision making in irrigation planning. *Agriculture Systems* 62: 117-129.
25. SPSS Inc. 2002. *SPSS 11.0 guid to data analysis*, Prentice Hall, NJ.
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. Valderama, D., and Engle, C. 2000. A risk programming model for shrimp farming in Honduras. Tenth Biennial Conference of the International Institute of Fisheries Economics and Trade (IIFET), Oregon.
28. Zadeh, L. A. 1965. Fuzzy sets. *Information and Control* 8: 338-353.