

## تعیین استراتژی‌های غالب (Non - Inferior Set) با لحاظ کردن ریسک در روش برنامه‌ریزی چندهدفه: مطالعه موردی زارعین شهرستان فسا

جواد ترکمانی<sup>۱</sup> و محمود صبوحی<sup>۲</sup>

### چکیده

در تعیین مجموعه کارا-ریسک (Risk - Efficient)، انتخاب و تعیین سطح بازده برنامه به‌صورت درونزا از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. لذا، در این مطالعه با استفاده از روش برنامه‌ریزی چند هدفه، مدل مواتد هدف در قالب دو الگوی میانگین انحرافات مطلق جزئی و تحلیل پارامتریک حداکثر\_حداقل (Maximin) برای تعیین درونزای برنامه بازده هدف تبیین شد. برای تعیین مجموعه استراتژی‌های غالب برای زارعین مورد مطالعه، ابتدا ماتریس بازده‌ها از حداکثر کردن اهداف مدل شامل حداکثر کردن بازده انتظاری، حداکثر کردن کمترین بازده سالانه و حداقل کردن احتمال سقوط بازده از یک سطح بحرانی یا نامطلوب تخمین زده شد. سپس، با استفاده از تکنیک برآورد مجموعه غالب (Non - Inferior set estimation) مرزهای بالا و پایین مجموعه استراتژی‌های غالب تعیین گردید. نتایج حاصل از حداکثر نمودن الگوی حداکثر\_حداقل نشان داد که حداکثر و حداکثر بازده به ترتیب ۲۷۰۲۵۲ و ۲۱۷۷۵۳ هزار ریال است. افزون بر آن، با استفاده از سطوح مختلف تابع هدف، زیر مجموعه‌ای از استراتژی‌های غالب تعیین گردید. نتایج حاصل از مقایسه الگوی کشت فعلی زارعین با الگوهای زراعی پیشنهاد شده به‌وسیله الگو نشان داد که سطوح زیر کشت فعلی محصولات مختلف زارعین به استثنای چغندر قند تقریباً در دامنه‌ای است که به‌وسیله الگو تعیین شده است. افزون بر آن، نتایج نشان داد که الگوی کشت فعلی زارعین می‌تواند یکی از استراتژی‌های غالب باشد. با توجه به اهمیت آب و کمبود شدید آن در منطقه مورد مطالعه، بازده متوسط آب در الگوی کشت فعلی زارعین با بازده متوسط آب در مجموعه استراتژی‌های غالبی که مرز بالا و پایین کلیه استراتژی‌های غالب را تشکیل می‌دهند، مقایسه گردید. نتایج نشان داد که زارعین بازده‌ای معادل ۱۸/۱۵ هزار ریال به ازای هر ساعت آب مصرفی به‌دست می‌آورند. با این حال، بازده متوسط آب در دامنه ۱۹/۱ و ۳۰/۲ هزار ریال در مجموعه استراتژی‌های غالب تغییر می‌کند که این امر نمایانگر آن است که زارعین می‌توانند از آب به نحو مناسب‌تری استفاده کنند. با توجه به نتایج به‌دست آمده، می‌توان گفت که تغییر الگوی کشت زارعین، جهت استفاده بهتر از منابع، امری کاملاً پیچیده است و صرفاً با اتخاذ سیاست‌های جامع نگر می‌توان به موفقیت‌هایی در این زمینه دست یافت.

واژه‌های کلیدی: بهینه‌سازی، روش برنامه‌ریزی چندهدفه توأم با ریسک، استراتژی‌های غالب

### مقدمه

آن، تغییرپذیری و مخاطراتی که در اداره و مدیریت آنها وجود دارند، توصیف و تشریح می‌گردند (۱، ۲، ۹ و ۲۳). درآمدهای

نظام‌های کشاورزی معمولاً با پیچیدگی‌ها، ارتباط متقابل اجزای

۱. دانشیار اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

۲. دانشجوی سابق دکتری اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز و در حال حاضر استادیار اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل

سالانه زارعین از ثبات لازم برخوردار نبوده و دائماً تغییر می‌کند. علت نوسانات درآمدی ممکن است تغییر در شرایط آب و هوایی، بیماری‌ها و آفات، تغییر در قیمت‌ها و شرایط بازار و یا ترکیبی از این عوامل باشد (۱۰، ۱۸ و ۲۰). لذا، در تعیین برنامه بهینه زراعی به‌ویژه در هنگام تصمیم‌گیری در مورد استفاده از فن آوری نوین و برنامه جدید زراعی، لازم است به تأثیر مخاطرات احتمالی توجه شود. به عبارت دیگر برنامه تعیین شده بایستی کارا- ریسک باشد (۳، ۴ و ۱۸).

در دهه‌های اخیر تلاش گسترده‌ای برای دخالت دادن مخاطرات و پیامدهای احتمالی آن در برنامه ریزی و تحلیل تصمیم‌گیری‌ها شده است (۱، ۱۸ و ۱۹). این امر بیشتر از طریق استفاده از معیار میانگین - واریانس مارکویتز (Mean-variance Markowitz's) و یا تکنیک‌های غالب تصادفی (Stochastic Dominance Technique) صورت گرفته است (۱۱ و ۲۰). با این حال، تحلیل ریسک مناسب‌تر است با استفاده از روش‌های تصمیم‌سازی چند معیاره (Multiple-Criterion Decision Making) مورد توجه قرارگیرد (۱۳). دلیل این امر آن است که ریسک در ماهیت خود یک مسأله چند بعدی است چرا که در برخورد با ریسک همواره مبادله‌ای بین سطح تحقق آن و اهداف دیگر وجود دارد (۱۳ و ۲۱). یکی از شکل‌های مختلف تصمیم‌سازی چند معیاره که در تحلیل مسائل مربوط به مخاطرات کشاورزی به‌طور گسترده‌ای مورد توجه قرار گرفته برنامه ریزی چند هدفه (Multi - Objective Programming) است (۷، ۸ و ۹).

تحلیل ریسک - بازده در مدل‌های دو معیاری می‌تواند شامل معیار حداکثرکردن بازده انتظاری و یا هر شاخص دیگری از درآمد و معیاری از شاخص تغییرپذیری (ریسک) از جمله انحرافات مطلق از یک سطح هدف و یا برآورد احتمال شکست از یک سطح بحرانی یا نامطلوب باشد (۱۵ و ۲۲). یکی از روش‌هایی که به‌طور گسترده جهت لحاظ کردن ریسک در تحلیل نظام‌های کشاورزی و تخصیص منابع مورد استفاده قرار گرفته است، روش موتاد هدف (Target MOTAD) می‌باشد که به وسیله تویر مطرح گردید

(۱ و ۱۷). این روش به دلیل قابلیت حل با نرم افزارهای ساده و توجه به ریسک به‌صورت قدر مطلق انحرافات منفی و هم‌چنین مجموعه‌ای از جواب‌های موجه که تأمین‌کننده معیار تصادفی غالب درجه دوم (Second Degree Stochastic Dominance) هستند، نسبت به روش‌های پیشین تحلیل ریسک، بیشتر مورد توجه محققین می‌باشد (۱۶ و ۲۳).

هدف اصلی این مطالعه نشان دادن کاربرد مدلی است که می‌تواند به‌طور جامع موضوع برنامه‌ریزی در کشاورزی را انجام داده و در این رابطه برنامه‌ریزان کشاورزی را یاری نماید. لذا، در این مرحله بیشتر تأکید بر معرفی و ارائه کاربرد یک روش مناسب و جامع و هم‌چنین نشان دادن نقاط ضعف احتمالی متدهای متداول تک بعدی، که به‌طور معمول مورد استفاده قرار می‌گیرند، است. در مطالعه حاضر سعی شد که با استفاده از مدل موتاد هدف، در چارچوب روش برنامه ریزی چند هدفه، مجموعه استراتژی‌های غالب برای زارعین نمونه مورد مطالعه از شهرستان فسا تعیین گردد. استراتژی‌های غالب یا مجموعه بهینه پارتو شامل اهدافی است که بهبودی یک یا تعدادی از اهداف تنها در صورت نامناسب شدن وضعیت یک یا تعدادی بیشتر از دیگر اهداف امکان‌پذیر می‌باشد (۵ و ۲۰).

در این مطالعه در برنامه‌ریزی چند هدفه، سه هدف حداکثر کردن بازده انتظاری، حداکثر کردن کمترین بازده سالانه (تحلیل پارامتریک حداکثر - حداقل) و حداقل کردن احتمال سقوط بازده از یک سطح بحرانی یا نامطلوب مد نظر قرار گرفته است. این اهداف در قالب الگوهای حداکثر کردن بازده انتظاری و حداقل کردن میانگین انحرافات مطلق جزیی (Mean Partial Absolute Deviation) و هم‌چنین حداکثر کردن بازده انتظاری کمترین بازده سالانه صورت‌بندی شدند. مجموعه استراتژی‌های غالبی که از حل این مدل‌ها به‌دست می‌آید بیانگر استراتژی‌هایی است که باوجود تأمین هدف حداکثر بازده انتظاری ترکیب فعالیت‌ها، هم‌زمان قادر به حداقل کردن ریسک نیز می‌باشند. به باور هیزل (۱۲) این شیوه عمل به رفتار زارعین کشورهای در حال توسعه بسیار نزدیک

گشتاور مرتبه  $k$  ام سطح زیر پارامتر  $t$  است و به صورت زیر تعریف می‌گردد:

$$Q(k, t) = \left[ \int_{-\infty}^t (t-x)^k f(x) dx \right]^{1/k} \quad [3]$$

گشتاور اول  $t$ ،  $Q(1, t)$  به راحتی در یک مدل برنامه‌ریزی خطی می‌تواند لحاظ شود. باریل (۹)، جهت برآورد احتمال شکست، سطح آستانه  $g$  را برای  $k=1$  به صورت زیر تعریف می‌کند:

$$g = t - [P.Q(1, t)] \quad [4]$$

از رابطه ۴، می‌توان  $P$  را به صورت زیر به دست آورد:

$$P = (t-g)/Q(k, t) \quad [5]$$

با قراردادن رابطه ۵ در ۲، رابطه زیر حاصل می‌شود:

$$\Pr(x \leq g) \leq [Q(k, t)/(t-g)]^k \quad [6]$$

اگر در رابطه ۶، گشتاور اول ( $k=1$ ) در نظر گرفته شود می‌توان به صورت زیر آن را در یک مدل برنامه‌ریزی خطی لحاظ کرد:

$$\Pr(x \leq g) \leq Q(1, t)/(t-g) \quad [7]$$

رابطه ۷ فقط با تعریف گشتاور جزئی می‌تواند به دست آید. باریل  $Q(1, t)$  را انحراف مطلق جزئی نام گذاری کرد (Partial Absolute Deviation (PAD)) (۹).

با استفاده از مفهوم انحراف مطلق جزئی می‌توان مدل موتاد هدف را، که به وسیله تویر (۱۷) به عنوان یک مدل برنامه‌ریزی ریسکی ارائه شد، به صورت زیر و بر اساس برنامه ریزی چند هدفه نشان داد (۹):

$$\text{Maximize} \quad Z_1 = \sum_{j=1}^n C_j X_j \quad [8]$$

$$\text{Minimize} \quad Z_r = \sum_{r=1}^n n_r \quad [9]$$

Subject to:

$$\sum_{j=1}^n C_{rj} X_j + n_r - P_r = t \quad r = 1 \dots s \quad [10]$$

$$\sum_{k=1}^m a_{kj} X_j \leq b_k \quad k = 1 \dots m \quad [11]$$

که  $x_{jk}$  سطح فعالیت  $j$ ،  $C_{rj}$  بازده فعالیت  $j$  در حالت  $t$  سطح بازده مرجع که انحرافات از آن اندازه گیری می‌شوند.  $n_r$  سطح پایین تر تحقق بازده نسبت به هدف  $t$  در حالت  $r$  سطح بالاتر

است و در نتیجه، لازم است که در هنگام برنامه ریزی مورد توجه قرارگیرد. از اهداف دیگر این مطالعه، تعیین بازده متوسط هر ساعت آب مصرفی و مقایسه آن با بازده انتظاری بهترین و بدترین سطح بازده براساس نتایج الگوهای مورد مطالعه بود. اضافه بر آن، در این مطالعه سعی شد کاربرد الگوهای میانگین انحرافات مطلق جزئی و تحلیل پارامتریک حداکثر - حداقل نیز نشان داده شود.

## مواد و روش‌ها

روش‌های مورد استفاده در این مطالعه شامل مدل میانگین انحرافات مطلق جزئی و هم‌چنین روش تحلیل پارامتریک حداکثر - حداقل است که با استفاده از آنها به ترتیب احتمال سقوط از یک سطح بحرانی حداقل و کمترین بازده سالانه حداکثر گردید. این مدلها در قالب برنامه ریزی چند هدفه‌ای صورت‌بندی شدند که در آن ریسک بر اساس مفهوم مدل موتاد هدف لحاظ شده بود.

مدل‌های اول اطمینان (Safety-First (SF)) یکی از روش‌های متعارف در تحلیل بازده-ریسک می‌باشد. این روش‌ها نیاز به برآورد احتمالات برای دنباله پایین توزیع مربوطه دارند که نمایانگر این است که بازده به یک سطح نامطلوب از پیش تعیین شده نخواهد رسید. این مدل را می‌توان با استفاده از رابطه زیر برآورد نمود:

$$[|X - E(x)| > KS] \leq 1/K^2 \quad [1]$$

که  $E(X)$  ارزش انتظاری بازده،  $S$  انحراف معیار و  $k$  عامل یا فاکتوری است که حد احتمال را مشخص می‌کند. مرزهای احتمالی که از رابطه ۱ به دست می‌آید، محافظه کارانه است. آتود (۵) جهت تعیین مرزهای احتمالی، استفاده از گشتاورهای جزئی مرتبه پایین تر را پیشنهاد کرد و نشان داد که رابطه ۱ را می‌توان به صورت زیر باز نویسی کرد:

$$\Pr(X < g) = \Pr[X < t - PQ(k, t)] \leq \frac{1}{P^k} \quad [2]$$

که  $g$  سطح آستانه اطمینان،  $t$  پارامتر اختیاری برای برآورد احتمال شکست ( $t > g$ )،  $P$  پارامتری مثبت و  $Q(t, k)$  جذر

اهداف (E-PAD) مرزی بین نقاط اکستریم (E\*, PAD\*) و (E\*, PAD\*) است. علامت ستاره در بالا بهترین و در پایین کمترین ارزش برای هر یک از اهداف می‌باشد. مجموعه کارا بین هر دو نقطه با استفاده از تکنیک برآورد مجموعه غالب توسعه یافته به وسیله کوهن (۱۰) می‌تواند به دست آید. جهت تعیین  $t = \maximin$  می‌توان از برنامه ریزی پارامتری حداکثر - حداقل در قالب یک مدل برنامه ریزی چند هدفه به صورت زیر استفاده کرد (۹):

$$\text{Maximise } Z_1 = \sum_{j=1}^n c_j x_j \quad [13]$$

$$\text{Maximise } Z_2 = V \quad [14]$$

Subject to:

$$\sum_{r=1}^s c_{rj} x_r \geq V \quad r=1..s \quad [15]$$

$$\sum_{j=1}^n a_{kj} x_j \leq b_k \quad k=1..m$$

که  $V$  حداکثر حداقل بازده سالانه است. مجموعه کارا در فضای اهداف (E-V) مرزی بین نقطه اکستریم (E\*, V\*) که از حداکثر کردن بازده انتظاری (معادله ۱۳) و محاسبه مقدار  $V$  مربوط به آن و نقطه اکستریم (E\*, V\*) که از حداکثر کردن حداقل بازده سالانه (معادله ۱۴) و محاسبه مقدار  $E_*$  مربوط به آن به دست می‌آید. نقطه اکستریم (E\*, V\*) حداکثر-حداقل است که با حذف معادله ۱۳ در رابطه بالا به دست می‌آید. مجموعه کارای پارامتریک حداکثر - حداقل (E, V) را می‌توان با استفاده از تکنیک برآورد مجموعه غالب به دست آورد.

در مطالعه حاضر سعی گردید، با استفاده از روش مطرح شده، مجموعه استراتژی‌های غالب برای زارعین بخش شیب‌کوه واقع در شهرستان فسا تعیین گردد. اطلاعات مورد نیاز با تهیه پرسشنامه و مصاحبه حضوری با ۳۰ زارع، که با استفاده از روش وینک و همکاران (۲۱) و براساس نسبت میزان نهاده‌های محدود، از جمله آب کشاورزی و سرمایه قابل دسترس، به سطح زیرکشت همگن شده بودند، به دست آمد. در این رابطه، الگوهای مورد استفاده با توجه به محدودیت‌های عمده آب و سرمایه در جدول ۱ نشان داده شده است.

تحقق بازده نسبت به هدف  $t$  در حالت  $x$  نیازهای فنی فعالیت  $j$  به منبع  $k$  مقدار در دسترس منبع  $k$   $C_j$  بازده انتظاری فعالیت  $j$ ، تعداد حالات مشاهدات و  $m$  تعداد منابع است.

تابع هدف  $Z_2$  در معادله ۹ مجموع متغیرهای انحراف منفی را حداقل می‌کند، که باربل (۶) آن را انحراف مطلق جزئی نام‌گذاری کرد. صورت‌بندی اصلی تویر (۱۷) با ساختن معادله ۱۱ به صورت یک محدودیت و پارامتری کردن سمت راست آن به دست می‌آید. حل این صورت‌بندی جدید، مجموعه کارایی به دست می‌دهد که بر اساس دو ویژگی بازده و انحراف مطلق جزئی شکل گرفته است.

باربل (۶) مدل میانگین انحرافات مطلق جزئی را جهت صورت‌بندی مدل مواتد هدف بسط و توسعه داد. مدل پیشنهادی وی برآورد دقیقی از احتمال شکست و ایجاد مجموعه کارا با تکنیک‌های برنامه‌ریزی چند هدفه را، یکجا در نظر می‌گیرد. معادله ۹ به راحتی می‌تواند به برآورد احتمال شکست (بازده کمتر از سطح آستانه،  $g$ ) به صورت تابعی از انحرافات مطلق جزئی،  $t$  و  $g$  به صورت زیرنوشته شود (۹).

$$\Pr[\text{returns} \leq g] \leq \text{PAD} / (t-g).S \quad [112]$$

در این رابطه  $t$  پارامتر درون‌زایی است که به تحلیل‌گر آزادی بیشتری جهت تعیین سطوح آن می‌دهد. به علاوه چون یک رابطه خطی بین احتمال شکست و انحرافات مطلق جزئی وجود دارد، اهداف در مدل میانگین انحرافات مطلق جزئی می‌توانند به صورت خود انحرافات مطلق جزئی و یا احتمال شکست بیان گردند (۹).

در استفاده از مدل مواتد هدف یکی از مهم‌ترین تصمیماتی که تحلیل‌گر می‌بایستی بگیرد تعیین سطح بازده هدف است. چون، منحنی کارای میانگین - مطلق انحرافات جزئی (E-PAD) به آن وابسته است (۹). باربل (۸) استفاده از هدف مرجع ثابت را پیشنهاد کرد و نشان داد که چگونه استفاده از مرجع هدف مساوی با حداکثر - حداقل ( $t = \maximin$ ) اندازه مجموعه کارا را بهبود می‌بخشد. ارزش حداکثر - حداقل از حل برنامه‌ریزی تئوری بازی‌ها (Game Theory) با استفاده از برنامه‌ریزی خطی به دست می‌آید (۱۴). مجموعه کارا در فضای

جدول ۱. مدل موتاد هدف در قالب میانگین انحرافات مطلق حزیی و پارامتریک حداکثر - حداقل

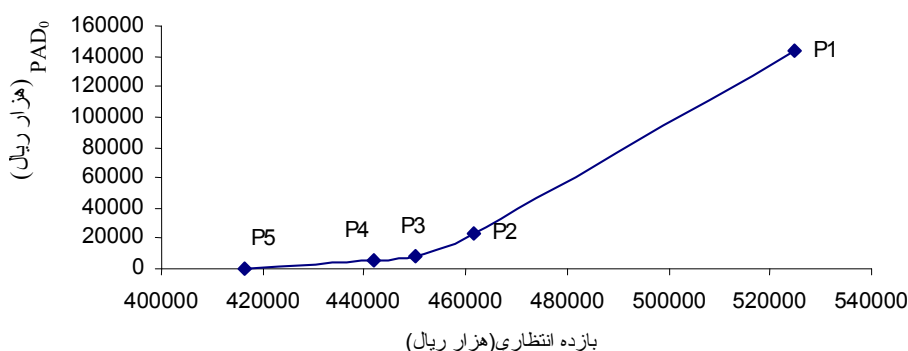
|                                  | $X_1$ | $X_2$ | $X_3$ | $X_4$ | $X_5$ | N<br>1 | N<br>2 | N<br>3 | N<br>4 | N<br>5 | N<br>6 | V  |               |
|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----|---------------|
| PAD (هزار ریال)                  |       |       |       |       |       | ۱      | ۱      | ۱      | ۱      | ۱      | ۱      |    | حداقل         |
| بازده ناخالص انتظاری (هزار ریال) | ۲۰۵۰  | ۵۳۳۶  | ۵۷۰۸  | ۶۸۱۰  | ۶۵۱۰  |        |        |        |        |        |        |    | حداکثر        |
| حداقل بازده (هزار ریال)          |       |       |       |       |       |        |        |        |        |        |        | ۱  | حداکثر        |
| زمین                             | ۱     | ۱     | ۱     | ۱     | ۱     |        |        |        |        |        |        |    | $163.7 \leq$  |
| آب                               | ۳۹,۳  | ۱۱۸,۸ | ۱۳,۶۵ | ۱۶۰   |       |        |        |        |        |        |        |    | $60.53 \leq$  |
| بهار                             |       |       |       |       |       |        |        |        |        |        |        |    |               |
| تابستان                          |       | ۶۵,۶۲ | ۱۰۷,۱ | ۲۱۶   | ۱۳۰,۷ |        |        |        |        |        |        |    | $60.53 \leq$  |
| پاییز                            | ۲۸,۴۲ |       | ۵۸,۸  | ۱۲۴   | ۱۷۵   |        |        |        |        |        |        |    | $60.53 \leq$  |
| زمستان                           | ۲۷,۷  |       |       |       |       |        |        |        |        |        |        |    | $2017.7 \leq$ |
| سرمایه                           | ۱۶۷۲  | ۲۰۱۳  | ۲۲۱۱  | ۲۰۴۰  | ۱۸۸۱  |        |        |        |        |        |        |    | $388648 \leq$ |
| ردیف‌های ریسک                    |       |       |       |       |       |        |        |        |        |        |        |    |               |
|                                  | ۱۰۵۱  | ۵۲۷۰  | ۵۵۵۹  | ۴۲۸۵  | ۴۶۵۱  | ۱      |        |        |        |        |        |    | $\geq t$      |
|                                  | ۸۲۳,۳ | ۴۴۲۷  | ۲۰۲۵  | ۲۲۱۲  | ۲۱۹۷  |        | ۱      |        |        |        |        |    | $\geq t$      |
|                                  | ۵۵۴,۵ | ۴۸۱۸  | ۱۹۵۴  | ۸۲۹,۹ | ۱۲۲۶  |        |        | ۱      |        |        |        |    | $\geq t$      |
|                                  | ۴۱۴,۴ | ۵۱۱۲  | ۱۶۹۱  | ۶۲۸,۱ | ۱۱۲۶  |        |        |        | ۱      |        |        |    | $\geq t$      |
|                                  | ۳۰۷,۴ | ۴۵۶۸  | ۲۵۷۷  | ۵۱۵۴  | ۹۶۷,۹ |        |        |        |        | ۱      |        |    | $\geq t$      |
|                                  | ۴۳۲,۵ | ۴۳۴۰  | ۳۴۱۴  | ۸۷۳,۸ | ۱۱۰۷  |        |        |        |        |        | ۱      |    | $\geq t$      |
| ردیف‌های حداکثر حداقل            |       |       |       |       |       |        |        |        |        |        |        |    |               |
|                                  | ۱۰۵۱  | ۵۲۷۰  | ۵۵۵۹  | ۴۲۸۵  | ۴۶۵۱  |        |        |        |        |        |        | -۱ | $\geq 0$      |
|                                  | ۸۲۳,۳ | ۴۴۲۷  | ۲۰۲۵  | ۲۲۱۲  | ۲۱۹۷  |        |        |        |        |        |        | -۱ | $\geq 0$      |
|                                  | ۵۵۴,۵ | ۴۸۱۸  | ۱۹۵۴  | ۸۲۹,۹ | ۱۲۲۶  |        |        |        |        |        |        | -۱ | $\geq 0$      |
|                                  | ۴۱۴,۴ | ۵۱۱۲  | ۱۶۹۱  | ۶۲۸,۱ | ۱۱۲۶  |        |        |        |        |        |        | -۱ | $\geq 0$      |
|                                  | ۳۰۷,۴ | ۴۵۶۸  | ۲۵۷۷  | ۵۱۵۴  | ۹۶۷,۹ |        |        |        |        |        |        | -۱ | $\geq 0$      |
|                                  | ۴۳۲,۵ | ۴۳۴۰  | ۳۴۱۴  | ۸۷۳,۸ | ۱۱۰۷  |        |        |        |        |        |        | -۱ | $\geq 0$      |

ماخذ: داده‌های مورد بررسی

جدول ۲. ماتریس بازده برای سه هدف مورد مطالعه (هزارریال)

| حداکثر بازده      | حداقل PAD | حداکثر - حداقل |
|-------------------|-----------|----------------|
| بازده انتظاری (E) | ۵۲۴۷۹۱    | ۴۱۶۵۵۳         |
| PAD               | ۱۴۳۱۲۵    | ۰              |
| حداقل بازده (V)   | ۲۱۷۷۵۸    | ۲۷۰۲۵۲         |

مأخذ: داده های مورد بررسی



شکل ۱. مجموعه کارایی mean-PAD

و حداقل انحرافات مطلق جزیی (PAD) دارای یک جواب می باشند. در جدول ۲ بازده های به دست آمده برای توابع هدف نشان داده شده است.

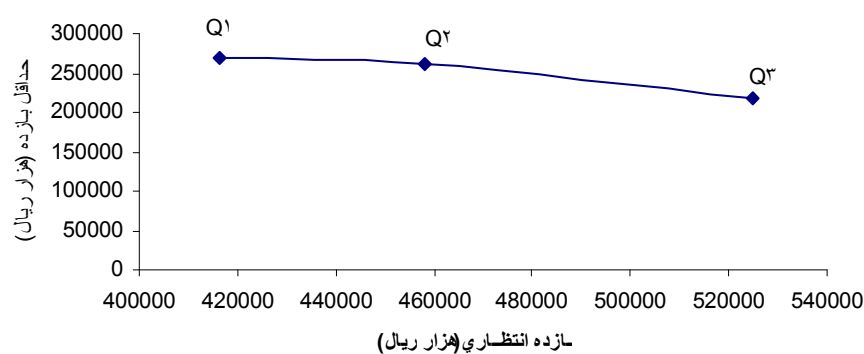
همان طور که از جدول ۲ ملاحظه می گردد، حداکثر و حداقل بازده به ترتیب ۵۲۴۷۹۱ و ۲۱۷۷۵۸ هزار ریال می باشد. بازده هایی که زیر آنها خط کشیده شده از حداکثر کردن تابع هدف مربوطه به دست آمده است. سایر عناصر ماتریس فوق از طریق محاسبه سایر اهداف وقتی که هدف دیگر حداکثر شده، به دست آمده است.

در شکل ۱ و ۲ مرزهای به دست آمده در فضای اهداف تبیین شده در مدل نشان داده شده اند. شکل ۱ مرز به دست آمده در فضای اهداف (E-PAD) و شکل ۲ مرز به دست آمده در فضای اهداف (E-V) را نشان می دهند. متغیرهای تصمیم به دست آمده مربوط به این نقاط در فضای اهداف در جدول ۳ و ۴ آورده شده است. متغیرهای تصمیم و بازده مربوط به آنها

محصولات به ترتیب گندم ( $X_1$ )، خربزه ( $X_2$ )، پنبه ( $X_3$ )، چغندر قند ( $X_4$ ) و ذرت دانه ای ( $X_5$ ) می باشند. الگوها دارای یک محدودیت برای زمین، ۴ محدودیت برای آب (برحسب ساعت در هکتار در فصل)، یک محدودیت برای سرمایه (برحسب هزار ریال) می باشند. ردیف های ریسک و حداکثر حداقل بازده و اهداف نیز در جدول ۱ نشان داده شده اند.

## نتایج و بحث

یکی از روش های معمول در برنامه ریزی چند هدفه ساختن ماتریس بازده ها است. عناصر این ماتریس از حداکثر کردن هر هدف با توجه به محدودیت ها و محاسبه مقدار سایر اهداف به دست می آید. ماتریس بازده ها برای نشان دادن درجه تقابل اهداف لحاظ شده در مدل بسیار سودمند است. در این مطالعه چون مقدار بازده هدف مساوی حداکثر - حداقل ( $t = \maximin$ ) در نظر گرفته شد، دو هدف حداکثر - حداقل



شکل ۲. مجموعه کارایی پارامتریک ماکسیمین

جدول ۳. مقادیر اهداف و متغیرهای تصمیم در فضای بازده انتظاری و انحرافات مطلق جزئی (E-PAD)

| نقاط  | اهداف هزارریال |        |        | متغیرهای تصمیم (هکتار) |       |       |       |       |
|-------|----------------|--------|--------|------------------------|-------|-------|-------|-------|
|       | E              | PAD    | V      | $x_1$                  | $x_2$ | $x_3$ | $x_4$ | $x_5$ |
| $P_1$ | ۵۲۴۷۹۱         | ۱۴۳۱۲۵ | ۲۱۷۷۵۸ | ۷۲/۴                   | ۲۱/۶۲ | ۴۵/۵۶ | -     | -     |
| $P_2$ | ۴۶۱۴۴۳         | ۲۳۴۳۱  | ۲۶۰۵۹۶ | ۲۹/۴                   | ۳۷/۱۱ | ۳۵/۵۷ | -     | -     |
| $P_3$ | ۴۵۰۰۸۹         | ۷۵۶۵   | ۲۶۲۸۷۵ | ۲۱/۶۷                  | ۳۹/۹۰ | ۳۳/۷  | -     | -     |
| $P_4$ | ۴۴۱۹۸۷         | ۵۴۶۶   | ۲۶۴۷۸۶ | ۱۶/۶۹                  | ۴۲/۴۷ | ۲۵/۷۲ | -     | ۴/۹۷  |
| $P_5$ | ۴۱۶۵۵۳         | ۰      | ۲۷۰۲۵۲ | -                      | ۴۹/۴۷ | ۱۲/۸۷ | -     | ۱۱/۴۵ |

مأخذ: یافته‌های تحقیق

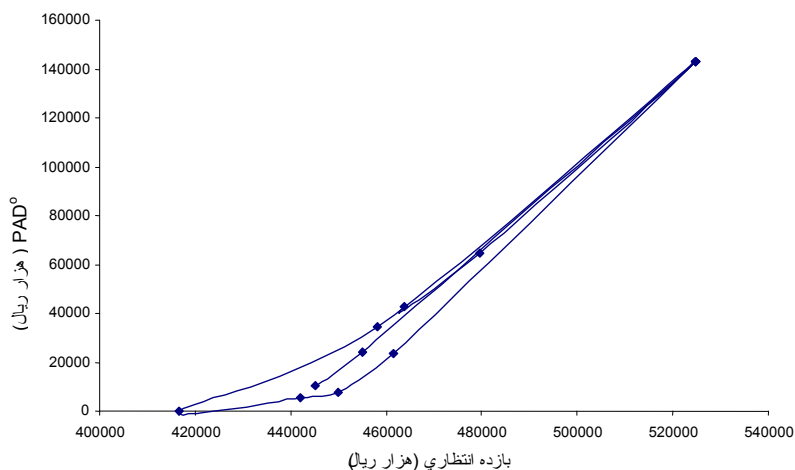
جدول ۴. مقادیر اهداف و متغیرهای تصمیم در فضای بازده انتظاری و حداکثر-حد اقل (E-V)

| نقاط  | اهداف هزارریال |       |        | متغیرهای تصمیم (هکتار) |       |       |       |       |
|-------|----------------|-------|--------|------------------------|-------|-------|-------|-------|
|       | E              | PAD   | V      | $x_1$                  | $x_2$ | $x_3$ | $x_4$ | $x_5$ |
| $Q_1$ | ۵۲۴۷۹۱         | ۱۴۳۱۵ | ۲۱۷۷۵۸ | ۷۲/۸۴                  | ۲۱/۶۲ | ۴۵/۵۶ | -     | -     |
| $Q_2$ | ۴۵۸۲۸۹         | ۳۴۴۱۵ | ۲۶۱۵۳۰ | ۲۷/۹۴                  | ۳۸/۴۹ | ۲۷/۹۴ | -     | ۵/۲۳  |
| $Q_3$ | ۴۱۶۵۵۳         | ۰     | ۲۷۰۲۵۲ | -                      | ۴۹/۴۷ | ۱۲/۸۷ | -     | ۱۱/۴۵ |

مأخذ: یافته‌های تحقیق

حداکثر - حد اقل  $V^*$  در نظر گرفته می‌شود. هم‌چنین ملاحظه می‌گردد در هر دو فضای اهداف متغیر تصمیم  $x_4$  (چغندر قند) وارد الگو نگردیده است که علت آن به احتمال قوی نیاز آبی بیشتر این محصول نسبت به سایر محصولات درالگو می‌باشد. بیشترین سطح زیرکشت مربوط به گندم با ۷۲/۸۴ هکتار در

با استفاده از تکنیک برآورد مجموعه غالب به‌دست آمده‌است. در جداول ۳ و ۴ نقطه  $P_1$  مساوی  $Q_1$  است چون هر دو از حداکثر کردن بازده انتظاری به‌دست آمده‌اند. نقاط  $Q_3$  و  $P_5$  نیز مساوی می‌باشند چون این نقاط برای هر دو منحنی زمانی اتفاق می‌افتد که سطح بازده مرجع هدف،  $t$  مساوی با



شکل ۳. مجموعه‌های کارا پارامتریک حداقل - حداکثر و mean-PAD

جدول ۵. مقادیر اهداف و متغیرهای تصمیم زمانی که  $t = 261000$

| متغیرهای تصمیم (هکتار) |       |       |       |       | اهداف هزار ریال |        |        | نقاط  |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|-----------------|--------|--------|-------|
| $x_5$                  | $x_4$ | $x_3$ | $x_2$ | $x_1$ | V               | PAD    | E      |       |
| -                      | -     | ۴۵/۵۱ | ۲۱/۶۲ | ۷۲/۸۴ | ۲۱۷۷۵۸          | ۱۴۳۱۲۵ | ۵۲۴۷۹۱ | $R_1$ |
| -                      | -     | ۳۷/۹  | ۲۹/۴  | ۵۱/۷  | ۲۳۶۳۶۶          | ۶۴۴۰۸  | ۴۷۹۴۸۲ | $R_2$ |
| -                      | -     | ۳۵/۲۸ | ۳۲/۱۶ | ۴۴/۴۹ | ۲۴۲۷۵۱          | ۴۹۷۹۱  | ۴۶۳۷۸۸ | $R_3$ |

مأخذ: یافته‌های تحقیق

می‌گردد. همچنین برای هر  $t$  که در این دامنه قرار گیرد جواب‌های به‌دست آمده در نهایت به یکی از نقاط منحنی پارامتریک حداکثر - حداقل ختم می‌گردد. این مسئله برای  $t = 261000$  مورد بررسی قرار گرفت و نتایج آن در جدول ۵ آمده است. نقاط به‌دست آمده به ازای این سطح از  $t$  در نمودار ۳ نشان داده شده است. همچنین می‌توان نشان داد که برای هر  $t$  که بیشتر از حداکثر پارامتریک حداکثر - حداقل قرار می‌گیرد، منحنی به‌دست آمده در داخل سطح نشان داده شده در شکل ۳ قرار می‌گیرد. این مسأله برای سطح  $t = 273500$  مورد بررسی قرار گرفت که نتایج حاصل در جدول ۶ آمده است. با نگاهی به جداول ۵ و ۶ ملاحظه می‌گردد که با توجه به سطوح بازده در نظر گرفته شده در هیچ کدام از مجموعه‌های استراتژی غالب چغندرقت و ذرت دانه‌ای وارد الگو نگردیده است. دلیل احتمالی

هر دو الگو و کمترین  $4/97$  هکتار و  $5/23$  هکتار به ترتیب در فضای اهداف E-PAD و E-V مربوط به ذرت دانه‌ای می‌باشد. با در نظر گرفتن PAD در استراتژی‌های غالب E-V و لحاظ کردن آن در فضای اهداف E-PAD سطحی به‌دست می‌آید که نشان دهنده مجموعه استراتژی‌های غالب برای واحدهای زراعی مورد مطالعه با توجه به سطح بازده مرجع انتخابی می‌باشند. این سطح در شکل ۳ نشان داده شده است. در واقع هر نقطه در داخل این سطح جواب قابل قبول برای تصمیم گیرنده‌ای است که به‌طور هم‌زمان تمایل به حداقل کردن ریسک و حداکثر کردن بازده انتظاری دارد.

با توجه به جدول ۳ ملاحظه می‌گردد که مقدار  $V$  در دامنه  $[217758 - 270252]$  قرار می‌گیرد. برای هر  $t$ ، سطح هدف، کمتر از  $217758$  جواب منجر به حداکثر پارامتریک حداکثر - حداقل

جدول ۶. مقادیر اهداف و متغیرهای تصمیم زمانی که  $t = 273500$

| نقاط  | اهداف  |        |        | هزارریال |       |       |       |       | متغیرهای تصمیم |  |  |  |  | هکتار |
|-------|--------|--------|--------|----------|-------|-------|-------|-------|----------------|--|--|--|--|-------|
|       | E      | PAD    | V      | $x_1$    | $x_2$ | $x_3$ | $x_4$ | $x_5$ |                |  |  |  |  |       |
| $S_1$ | ۵۲۴۷۹۱ | ۱۴۳۱۲۵ | ۲۱۷۷۵۸ | ۷۲/۲۴    | ۲۱/۶۲ | ۴۵/۵۶ | —     | —     |                |  |  |  |  |       |
| $S_2$ | ۴۵۴۹۳۶ | ۲۴۱۵۰  | ۲۶۱۸۹۲ | ۲۵/۰۴    | ۳۸/۶۹ | ۳۴/۵۳ | —     | —     |                |  |  |  |  |       |
| $S_3$ | ۴۴۵۱۵۲ | ۱۰۴۸۴  | ۲۷۲۶۶۰ | ۱۸/۳۱    | ۴۱/۱۰ | ۳۳/۹۹ | —     | —     |                |  |  |  |  |       |

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ۷. مقایسه الگوی کشت فعلی زارعین با مجموعه استراتژی‌های غالب زمانی که  $t = 270252$  است.

| الگوی کشت  | بازده (هزارریال) E | متغیرهای تصمیم (هکتار) |       |       |       |       | کل<br>سطح زیرکشت |
|------------|--------------------|------------------------|-------|-------|-------|-------|------------------|
|            |                    | $x_1$                  | $x_2$ | $x_3$ | $x_4$ | $x_5$ |                  |
| فعلی       | ۴۶۶۲۰۶             | ۷۵/۸                   | ۱۸    | ۳۳/۲۵ | ۳     | ۵     | ۱۳۵/۰۵           |
| $P_1^*$    | ۵۲۴۷۹۱             | ۷۲/۸۴                  | ۲۱/۶۲ | ۴۵/۵۱ | -     | -     | ۱۳۹/۹۷           |
| $P_5^{**}$ | ۴۱۶۵۵۳             | -                      | ۴۹/۴۷ | ۱۲/۸۷ | -     | ۱۱/۴۵ | ۷۳/۷۹            |

مأخذ: یافته‌های تحقیق و داده‌های جمع‌آوری شده

$P_1^*$ : حداکثر بازده انتظاری

$P_5^{**}$ : حداکثر بازده در حالت حداکثر پارامتریک حداکثر - حداقل

این امر شاید مصرف آب بالای این دو نسبت به سایر فعالیت‌های در نظر گرفته شده در الگو باشد.

جهت درک روشن‌تری از استراتژی‌های مجموعه غالب به نظر رسید، لازم است مقایسه‌ای بین این استراتژی‌ها و الگوی فعلی زارعین صورت گیرد. در جدول ۷ این مقایسه نشان داده شده است.

با توجه به جدول ۷، ملاحظه می‌گردد که الگوی کشت  $P_1$  حدود ۱/۱۲ برابر الگوی کشت فعلی زارعین ایجاد درآمد می‌کند. مقایسه الگوی کشت فعلی و الگوی کشت  $P_5$  نشان می‌دهد که در شرایطی که بدترین بازده سالانه حداکثر می‌گردد درآمدی معادل ۸۹٪ الگوی کشت فعلی زارعین ایجاد می‌کند. با این حال، اگر بازده به ازای واحد سطح مقایسه گردد در الگوی کشت فعلی بازده متوسط هر هکتار زمین ۳۴۵۲، در حالت  $P_1$  ۳۷۴۹ و در حالت  $P_5$  ۵۶۴۵ هزارریال می‌باشد که ملاحظه می‌گردد در هر دو حالت  $P_1$  و  $P_5$  بازده متوسط بیشتر

است. با توجه به آن‌که  $P_5$  بدترین بازده سالانه را حداکثر می‌کند انتظار معقولی است که زارعین در شرایطی که مناسب رشد محصولات کشاورزی نیست مثل حالت کمبود آب بعثت بارندگی کم از منابع خود بیشترین بازده را حاصل کنند. مقایسه متغیرهای تصمیم با سطوح زیرکشت فعلی محصولات مختلف با آنچه که از مجموعه استراتژی‌های غالب به دست آمده (جدول ۷)، نشان می‌دهد که سطوح زیر کشت فعلی محصولات مختلف تقریباً در دامنه متغیرهای تصمیم به دست آمده می‌باشد به استثنای سطح زیر کشت چغندر قند که در الگوی فعلی زارعین ۳ هکتار و در تمامی استراتژی‌های غالب صفر می‌باشد. دلیل عمده آن به نظر می‌رسد مصرف بالای آب در این محصول باشد. با توجه به آن‌که سطح بازده در الگوی کشت فعلی زارعین (۴۶۶۲۰۶ هزار ریال) در دامنه سطح بازده  $P_1$  و  $P_5$  قرار می‌گیرد، می‌توان انتظار داشت که الگوی کشت فعلی زارعین یکی از استراتژی‌های غالب باشد.

جدول ۸. مقایسه بازده مصرف آب در واحد سطح بین الگوی فعلی و الگوی  $P_1$  و  $P_5$ 

| الگو  | کل ساعت آب مصرفی در سال | کل بازده انتظاری<br>(هزارریال) | بازده هر ساعت آب مصرفی<br>(هزارریال) |
|-------|-------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|
| فعلی  | ۲۵۶۸۱                   | ۴۶۶۲۰۶                         | ۱۸/۱۵                                |
| $P_1$ | ۲۷۵۰۰                   | ۵۲۴۷۹۱                         | ۱۹/۱                                 |
| $P_2$ | ۱۳۷۵۸                   | ۴۱۶۵۵۳                         | ۳۰/۲                                 |

مأخذ: یافته‌های تحقیق و داده‌های جمع آوری شده

نظر به این که محدود کننده ترین عامل تولید در کشور آب انگاشته می شود. بازده مصرف آب به ازای واحد سطح (هکتار) نیز بین الگوی فعلی زارعین و حالت حداکثر بازده انتظاری به ازای  $t = ۲۷۰۲۵۲$  هزار ریال و حداکثر پارامتریک حداکثر - حداقل مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این بررسی در جدول ۸ نشان داده شده است.

با توجه به جدول ۸ ملاحظه می گردد که بازده هر ساعت آب مصرفی در الگوی فعلی کشت زارعین ۱۸/۱۵ هزارریال و در الگوی  $P_1$ ، ۱۹/۱ هزارریال است. اختلاف این دو ۰/۹۵ هزارریال می باشد. در الگوی  $P_5$  حالتی که بدترین بازده سالانه حداکثر می گردد، ملاحظه می شود که بازده آب چیزی حدود ۱/۶ برابر الگوی فعلی زارعین می باشد. لذا می توان انتظار داشت زارعین در شرایطی که با محدودیت آب مواجه شوند، الگوی کشت خود را به نحوی انتخاب کنند که از آن حداکثر بهره برداری را بکنند. این امر منعکس کننده آن است که کمپاب ترین عامل تولید حرکت به سمت بهره برداری کارآمدتر از آن را تشویق می کند. چون کمیابی اثر خود را در قیمت نشان می دهد، احتمالاً می توان به این نتیجه رسید که سیاست قیمت گذاری مناسب آب در جهت بهره برداری کارآمد از آب مؤثر خواهد بود.

### نتیجه گیری

در این مطالعه مدل موتاد هدف با استفاده از برنامه ریزی چند هدفه در قالب الگوی میانگین انحرافات مطلق جزیی و تحلیل

پارامتریک حداکثر - حداقل معرفی گردید. بدین طریق سطح بازده هدف یا سطح بازده مرجع به طور درون زا از حداکثر کردن الگوی تحلیل پارامتریک حداکثر - حداقل معادل  $۲۷۰۲۵۲$  هزارریال به دست آمد. سپس ماتریس بازده ها از حداکثر کردن هر هدف (حداکثر کردن بازده انتظاری، حداقل کردن احتمال سقوط از یک سطح بحرانی، حداکثر کردن کمترین بازده سالانه) و محاسبه اهداف دیگر به دست آمد. با استفاده از این ماتریس و تکنیک برآورد مجموعه غالب، سطحی به دست آمد که نشان دهنده مجموعه استراتژی های غالب برای زارعین مورد مطالعه می باشد. ماتریس بازده ها سطح بهترین و بدترین وضعیت هر هدف را نشان می دهد. نظر به این که مجموعه استراتژی های غالب به سطح بازده هدف حساس می باشند دو سطح بازده هدف دیگر  $۲۶۱۰۰۰$  و  $۲۷۳۵۰۰$  هزار ریال که به ترتیب در داخل و خارج دامنه مربوط به بهترین و بدترین سطح هدف الگوی تحلیل پارامتریک حداکثر - حداقل قرار می گیرند، انتخاب شدند. نتایج نشان داد برای  $t = ۲۶۱۰۰۰$  مجموعه کارا در نهایت به یکی از نقاط مرز بالای سطح استراتژی های غالب ختم می گردد و برای  $t = ۲۷۳۵۰۰$  مجموعه کارای به دست آمده در داخل سطح مجموعه استراتژی های غالب قرار می گیرد.

مقایسه الگوی کشت فعلی زارعین با مجموعه استراتژی های غالب نشان داد که الگوی کشت فعلی زارعین خود می توان د یک استراتژی غالب یا یک مجموعه کارا باشد. هم چنین مقایسه سطوح زیر کشت محصولات مختلف الگوی کشت زارعین با سطوح زیر کشت مجموعه الگوهای زراعی به دست آمده

باشد، می‌توان گفت که تغییر الگوی کشت زارعین، جهت استفاده بهتر از منابع، امری کاملاً پیچیده است و صرفاً با اتخاذ سیاست‌های جزءنگر و یا به بیانی سازمانی نمی‌توان به موفقیت‌هایی قابل توجه‌ای در این زمینه دست یافت. نکته دیگر آن‌که الگوی کشت فعلی زارعین که معمولاً در بین بیشتر متخصصین اقتصاد کشاورزی یک الگوی نامناسب در نظر گرفته می‌شود و لذا در اکثر مدل‌های مطرح شده در سطح کشور متغیر تصمیم اندازه سطح زیر کشت در نظر گرفته می‌شود، چندان قابل دفاع نبوده و لذا، لازم است علاوه بر سطح زیر کشت متغیرهای تصمیم دیگر از جمله مقدار آب آبیاری نیز در بهینه‌سازی الگوهای کشت در نظر گرفته شود.

به‌وسیله الگو نشان داد که سطح زیر کشت هر یک از محصولات زارعین به جز چغندر قند تقریباً در دامنه سطوح زیر کشت مجموعه استراتژی‌های غالب قرار می‌گیرد.

به دلیل اهمیت آب و کمبود آن در منطقه مورد مطالعه بازده متوسط هر ساعت آب مصرفی در الگوی کشت فعلی زارعین محاسبه گردید که ۱۸/۱۵ هزارریال به‌دست آمد. علاوه بر این، بازده متوسط آب در حالت حداکثر و حداقل بازده به‌دست آمده به‌وسیله الگو نیز محاسبه شد که به ترتیب ۱۹/۱ و ۳۰/۲ هزارریال به‌دست آمد. مقایسه این سطوح از بازده آب با بازده آب در الگوی کشت فعلی زارعین نمایانگر آن است که زارعین می‌توانند از آب به نحو مناسب‌تری استفاده کنند. نظر به آن‌که الگوی کشت فعلی زارعین می‌تواند یکی از استراتژی‌های غالب

## منابع مورد استفاده

۱. ترکمانی، ج. ۱۳۷۵. استفاده از برنامه ریزی ریاضی توأم باریسک در تعیین کارایی بهره‌برداران کشاورزی. مجله علوم کشاورزی ایران ۲۷: ۹۵ - ۱۰۳.
۲. کرباسی، ع.ر.، م. سالارپور، و م.ر. گزین ۱۳۸۱. مدلسازی و اندازه‌گیری اقتصادی در شرایط توأم با ریسک. اقتصاد کشاورزی و توسعه ۴۰: ۴۷ - ۶۶.
۳. کهنخا، ا. و غ.ر. سلطانی ۱۳۷۵. تعیین ضریب ریسک‌گریزی زارعین استان فارس. مجموعه مقالات اولین کنفرانس اقتصاد کشاورزی ایران ۱۵ تا ۱۷ فروردین ۱۳۷۵، زابل.
۴. نیکوئی، ع.ر. و ج. ترکمانی ۱۳۸۰. سیاست‌گذاری کشاورزی با نگاهی بر گرایش کشاورزان به مخاطره و مصرف نهاده‌ها. دانش کشاورزی ۱۱: ۲۳ - ۳۹.
5. Atwood, J. 1985. Lower partial moments and probability limits. Amer. J. Agric. Econ. 67: 787-792.
6. Barbel, J. 1988. Target returns within risk programming model: A multiobjective approach. J. Agric. Econ. 39: 263-270.
7. Barbel, J. 1989. Analysis of protected cropping: An application of multi-objective programming techniques to Spanish horticulture. European Rev. Agric. Econ. 16: 303-317.
8. Barbel, J. 1990. A comparison of target MOTAD efficient set and the choice of a target. Canadian J. Agric. Econ. 38: 149-158.
9. Barbel, J. 1993. Risk programming in agricultural systems: A multicriteria analysis. Agric. Sys. 41: 275-288.
10. Cohon, J.L. 1979. Generating multiobjective trade-offs: An algorithm for bicriteria problems. Water Resour. Res. 15: 1001-1010.
11. Debrah, S. 1989. Data aggregation and farm risk analysis. Agric. Sys. 31: 239-245.
12. Hazell, P.B. 1970. Game theory: An extension of its application to farm planning under uncertainty. J. Agric. Econ. 21: 239-252.
13. Lowenberg, D.B. and J.H. Ghernet. 1989. Biophysical simulation for evaluating new crop: The case of switegrass for biomass energy feedstock. Agric. Sys. 31: 233-247.
14. McInerney, J.P. 1967. Maximin programming: An approach to farm programming under uncertainty. J. Agric. Econ. 18: 279-289.

15. Remero, C. and T. Rehman. 1989. Multiple Criteria Analysis for Agricultural Decision, Elsevier, Amsterdam.
16. Remero, C., F. Amador and A. Barco. 1987. Multiple objectives in agricultural planning: A compromise programming application. *Amer. J. Agric. Econ.* 69: 78-86.
17. Tauer, L.M. 1983. Target MOTAD. *Amer. J. Agric. Econ.* 65: 606-610.
18. Torkamani, J. 2005. Using a whole-farm modelling approach to assess prospective technologies under uncertainty. *Agric. Sys.* 85: 138-154.
19. Torkamani, J. and J.B. Hardaker. 1996. A study of economic efficiency of Iranian farmers: An application of stochastic programming. *Agric. Econ.* 14: 73-83.
20. Voget, S. and M. Kolonko. 2002. Multidimensional optimization with a multi-objective algorithm. *J. Heuristics* 14: 221-244.
21. Wienke, P.B., C. Lucasius and G. Kateman. 2003. Multicriteria target optimization of analytical procedures using a generalized algorithm in agriculture. *J. Anal. Methods* 65: 211-225.
22. Yapo, P.O., H.V. Gupta and S. Sorooshian. 2004. Multi-Objective global optimization for hydrologic models. *J. Hydrol.* 42: 83-97.
23. Yeh, C.H. and J.W. Labadie. 2003. Multiobjective planning for agricultural decision: An application. *J. Agric. Planning and Manag.* 23: 336-343.