

## 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 به صورت درونزا از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. لذا، در این مطالعه باستفاده از روش برنامه‌ریزی چند هدفه، مدل موتأد هدف در قالب دو الگوی میانگین انحرافات مطلق جزیی و تحلیل پارامتریک حداقل\_حداقل (Maximin) برای تعیین درونزا برنامه بازده هدف تبیین شد. برای تعیین مجموعه استراتژی‌های غالب برای زارعین مورد مطالعه، ابتدا ماتریس بازده‌ها از حداقل کردن اهداف مدل شامل حداقل کردن بازده انتظاری، حداقل کردن کمترین بازده سالانه و حداقل کردن احتمال سقوط بازده از یک سطح بحرانی یا نامطلوب تخمين 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 حداقل نمودن الگوی حداقل\_حداقل نشان داد که حداقل و حداقل بازده به ترتیب ۲۷۰۲۵۲ و ۲۱۷۷۵۳ هزار ریال است. افزون برآن، با استفاده از سطوح مختلف تابع هدف، زیر مجموعه‌های از استراتژی‌های غالب تعیین گردید. نتایج حاصل از مقایسه الگوی کشت فعلی زارعین با الگوهای زراعی پیشنهاد شده به وسیله الگو نشان داد که سطوح زیر کشت فعلی مخصوصات مختلف زارعین به استثنای چندرقند تقریباً در دامنه‌ای است که به وسیله الگو تعیین شده است. افزون برآن، 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 غالبي 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 به دست 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 به دست 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

(۱۷). این روش به دلیل قابلیت حل با نرم افزارهای ساده و توجه به ریسک به صورت قدر مطلق انحرافات منفی و همچنین مجموعه‌ای از جواب‌های موجه که تأمین کننده معیار تصادفی (Second Degree Stochastic Dominance) غالب درجه دوم (Second Degree Stochastic Dominance) است، 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 به طور 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 متداول تک بعدی، که به طور معمول مورد استفاده قرار می‌گیرند، است. در مطالعه حاضر سعی شد که با استفاده از مدل MOTAD هدف، در چارچوب روش برنامه‌ریزی 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 جزئی (Mean Partial Absolute Deviation) و همچنین حداکثر کردن بازده انتظاری کمترین بازده سالانه صورت‌بندی شدند. مجموعه استراتژی‌های غالی که از حل این مدل‌ها به دست می‌آید بیانگر استراتژی‌هایی است که با وجود 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 یسیار نزدیک

سالانه زارعین از ثبات لازم برخوردار نبوده و دائمًا 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 گسترهای برای دخالت دادن مخاطرات و پیامدهای احتمالی آن در برنامه ریزی و تحلیل تصمیم‌گیری‌ها شده است (۱۸، ۱۹ و ۲۰). 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 قرار گیرد (۱۳). دلیل این امر آن است که ریسک در ماهیت خود یک مسئله 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 به طور گسترهای مورد توجه قرار گرفته برنامه ریزی چند هدفه است (Multi – Objective Programming).

تحلیل ریسک - بازده در مدل‌های دو معیاری می‌تواند شامل معیار حداکثر کردن 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 به طور گسترده جهت لحاظ کردن ریسک در تحلیل نظام‌های کشاورزی و تخصیص منابع مورد استفاده قرار گرفته است، روش MOTAD هدف (Target MOTAD) می‌باشد که به وسیله توییر مطرح گردید

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

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

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

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

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 جزیی می‌تواند به دست آید. باریل  $Q(1,t)$  را انحراف مطلق جزیی نام گذاری کرد (Partial Absolute Deviation (PAD)).

با استفاده از مفهوم انحراف مطلق جزیی می‌توان مدل مواد 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  $j$  بازده فعالیت  $j$  در حالت  $r$  سطح بازده مرجع که انحرافات از آن اندازه‌گیری می‌شوند.  $n_r$  سطح پایین‌تر تحقق بازده نسبت به هدف  $t$  در حالت  $r$  سطح بالاتر

است و در نتیجه، لازم است که در هنگام برنامه‌ریزی مورد توجه قرار گیرد. 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 جزیی و تحلیل پارامتریک حداقل - حداقل نیز نشان داده شود.

## مواد و روش‌ها

روش‌های مورد استفاده در این مطالعه شامل مدل میانگین انحرافات مطلق جزیی و همچنین روش تحلیل پارامتریک حداقل - حداقل است که با استفاده از آنها به ترتیب احتمال سقوط از یک سطح بحرانی حداقل و کمترین بازده سالانه حداقل 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. آنود (۵) جهت تعیین مرزهای احتمالی، استفاده از گشتاورهای جزیی مرتبه پایین‌تر را پیشنهاد کرد و نشان داد که رابطه ۱ را می‌توان به صورت زیر باز نویسی کرد:

$$\Pr(X < g) = \Pr[X < t - PQ(k, t)] \leq \sqrt[p]{k} \quad [2]$$

که  $g$  سطح آستانه اطمینان،  $t$  پارامتر اختیاری برای برآورد احتمال شکست ( $t > g$ )،  $P$  پارامتری مثبت و  $(t, k)$  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 تکیک برآورد مجموعه غالب توسعه یافته به وسیله کوهن (۱۰) می‌تواند به دست آید.

جهت تعیین  $t = \text{maximin}$  می‌توان از برنامه ریزی پارامتری حداقل - 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:

$$\begin{aligned} \sum c_{rj} x_r &\geq V & r = 1..S \\ \sum_{j=1}^n a_{kj} x_j &\leq b_k & k = 1..m \end{aligned} \quad [15]$$

که  $V$  حداقل حداقل بازده سالانه است. مجموعه کارا در فضای اهداف (E-V) مرزی بین نقطه اکستریم ( $V^+$ , E $^+$ ) که از حداقل کردن بازده انتظاری (معادله ۱۳) و محاسبه مقدار  $V$  مربوط به آن و نقطه اکستریم ( $V_-$ , E $_-$ ) که از حداقل کردن حداقل بازده سالانه (معادله ۱۴) و محاسبه مقدار  $E_-$  مربوط به آن به دست می‌آید. نقطه اکستریم ( $V^*$ , E $^*$ ) حداقل-حداقل است که با حذف معادله ۱۳ در رابطه بالا به دست می‌آید. مجموعه کارای پارامتریک حداقل - 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 شیب کوه 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.

تحقیق بازده نسبت به هدف  $t$  در حالت  $a_{kj}$  نیازهای فنی فعالیت  $j$  به منبع  $b_k$  مقدار در دسترس منبع  $c_j$  بازده انتظاری فعالیت  $s$ ، تعداد حالات مشاهدات و  $m$  تعداد منابع است.

تابع هدف  $Z_2$  در معادله ۹ مجموع متغیرهای انحراف منفی را حداقل می‌کند، که باریل (۶) آن را انحراف مطلق جزیی 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 جزیی شکل گرفته است.

باریل (۶) مدل میانگین انحرافات مطلق جزیی را جهت صورت‌بندی مدل موتاد هدف بسط و توسعه داد. مدل پیشنهادی وی برآورد دقیقی از احتمال شکست و ایجاد مجموعه کارا با تکنیک‌های برنامه ریزی چند هدفه را، یکجا در نظر می‌گیرد. معادله ۹ به راحتی می‌توان د به برآورد احتمال شکست (بازده کمتر از سطح آستانه، g) به صورت تابعی از انحرافات مطلق جزیی،  $t$  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 جزیی وجود دارد، اهداف در مدل میانگین انحرافات مطلق جزیی می‌توانند به صورت خود انحرافات مطلق جزیی و یا احتمال شکست بیان گردند (۹).

در استفاده از مدل موتاد هدف یکی از مهم‌ترین تصمیماتی که تحلیل گر می‌بایستی بگیرد تعیین سطح بازده هدف است. چون، منحنی کارایی میانگین - مطلق انحرافات جزیی (E-PAD) به آن وابسته است (۹). باریل (۸) استفاده از هدف مرجع ثابت را پیشنهاد کرد و نشان داد که چگونه استفاده از مرجع هدف مساوی با حداقل - حداقل (t = maximin) اندازه مجموعه کارا را بهبود می‌بخشد. ارزش حداقل - حداقل از حل برنامه ریزی تئوری بازی‌ها (Game Theory) با استفاده از برنامه ریزی خطی به دست می‌آید (۱۴). مجموعه کارا در فضای

جدول ۱ . مدل مواد هدف در قالب میانگین انحرافات مطلق حزبی و پارامتریک حداقل - حداقل

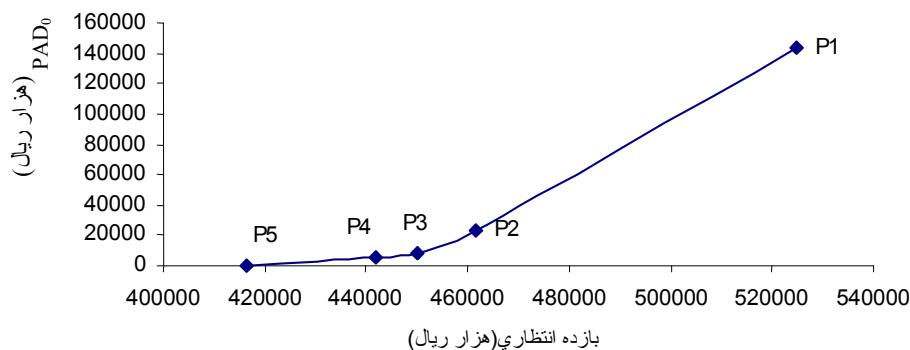
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	N 1	N 2	N 3	N 4	N 5	N 6	V	
(هزار ریال) PAD						۱	۱	۱	۱	۱	۱		حداقل
بازده ناخالص انتظازی(هزار ریال)	۲۰۵۰	۵۳۲۶	۵۷۰۸	۶۸۱۰	۶۵۱۰								حداکثر
حداقل بازده (هزار ریال)												۱	حداکثر
زمین	۱	۱	۱	۱	۱								۱۶۳,۷<=
اب	۳۹,۳	۱۱۸,۸	۱۳,۶۵	۱۶۰									۶۰۵۳<=
بهار													
تابستان		۶۵,۶۲	۱۰۷,۱	۲۱۶	۱۳۰,۷								۶۰۵۳<=
پاییز	۲۸,۴۲		۵۸,۸	۱۲۴	۱۷۵								۶۰۵۳<=
زمستان	۲۷,۷												۲۰۱۷,۷<=
سرمایه	۱۶۷۲	۲۰۱۳	۲۲۱۱	۲۰۴۰	۱۸۸۱								۳۸۸۶۴۸<=
ردیف‌های ریسک													
	۱۰۵۱	۵۲۷۰	۵۰۵۹	۴۲۸۵	۴۶۰۱	۱							>= t
	۸۲۳,۳	۴۴۲۷	۲۰۲۵	۲۲۱۲	۲۱۹۷		۱						>= t
	۵۵۴,۵	۴۸۱۸	۱۹۰۴	۸۲۹,۹	۱۲۲۶			۱					>= t
	۴۱۴,۴	۵۱۱۲	۱۶۹۱	۶۲۸,۱	۱۱۲۶				۱				>= t
	۳۰۷,۴	۴۵۶۸	۲۰۵۷۷	۵۱۵۴	۹۶۷,۹					۱			>= t
	۴۳۲,۵	۴۳۴۰	۳۴۱۴	۸۷۳,۸	۱۱۰۷						۱		>= t
ردیف‌های حداقل حداقل													
	۱۰۵۱	۵۲۷۰	۵۰۵۹	۴۲۸۵	۴۶۰۱						-1		>= 0
	۸۲۳,۳	۴۴۲۷	۲۰۲۵	۲۲۱۲	۲۱۹۷						-1		>= 0
	۵۵۴,۵	۴۸۱۸	۱۹۰۴	۸۲۹,۹	۱۲۲۶						-1		>= 0
	۴۱۴,۴	۵۱۱۲	۱۶۹۱	۶۲۸,۱	۱۱۲۶						-1		>= 0
	۳۰۷,۴	۴۵۶۸	۲۰۵۷۷	۵۱۵۴	۹۶۷,۹						-1		>= 0
	۴۳۲,۵	۴۳۴۰	۳۴۱۴	۸۷۳,۸	۱۱۰۷						-1		>= 0

ماخذ: داده‌های مورد بررسی

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

حداکثر_حداقل	PAD	حداکثر بازده	
۴۱۶۵۵۳	۴۱۶۵۵۳	۵۲۴۷۹۱	بازده انتظاری (E)
۰	۰	۱۴۳۱۲۵	PAD
<u>۲۷۰۲۵۲</u>	<u>۲۷۰۲۵۲</u>	<u>۲۱۷۷۵۸</u>	حداقل بازده (V)

مأخذ: داده های مورد بررسی



شکل ۱. مجموعه کارایی mean-PAD

و حداقل انحرفات مطلق جزیی (PAD) دارای یک جواب می‌باشند. در جدول ۲ بازده‌های به دست آمده برای توابع هدف نشان داده شده است.

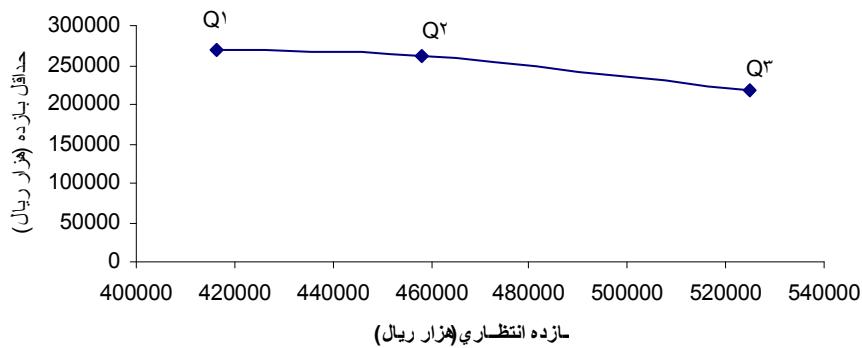
همان طور که از جدول ۲ ملاحظه می‌گردد، حداکثر و حداقل بازده به ترتیب ۵۲۴۷۹۱ و ۲۱۷۷۵۸ هزار ریال می‌باشد. بازده‌هایی که زیر آنها خط کشیده شده از حداکثر کردن تابع هدف مربوطه به دست آمده است. سایر عناصر ماتریس فوق از طریق محاسبه سایر اهداف وقتی که هدف دیگر حداکثر شده، به دست آمده است.

در شکل ۱ و ۲ مرزهای به دست آمده در فضای اهداف تبیین شده در مدل نشان داده شده‌اند. 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 می‌دهند. 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 دانه‌ای ( $X_5$ ) می‌باشند. الگوهای دارای یک محدودیت برای زمین، ۴ محدودیت برای آب (بر حسب ساعت در هکتار در فصل)، یک محدودیت برای سرمایه (بر حسب هزار ریال) می‌باشند. ردیفهای ریسک و حداقل حداقل بازده اهداف نیز در جدول ۱ نشان داده شده‌اند.

## نتایج و بحث

یکی از روش‌های معمول در برنامه‌ریزی چند هدفه ساختن ماتریس بازده‌ها است. عناصر این ماتریس از حداکثر کردن هر هدف با توجه به محدودیتها و محاسبه مقدار سایر اهداف به دست می‌آید. ماتریس بازده‌ها برای نشان دادن درجه تقابل اهداف لحاظ شده در مدل بسیار سودمند است. در این مطالعه چون مقدار بازده هدف مساوی حداکثر-حداقل ( $t = \text{maximin}$ ) 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 جزیی (E-PAD)

متغیرهای تصمیم (هکتار)					اهداف هزار ریال			نقاط
X <sub>5</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>1</sub>	V	PAD	E	
-	-	۴۵/۵۶	۲۱/۶۲	۷۲/۴	۲۱۷۷۵۸	۱۴۳۱۲۵	۵۲۴۷۹۱	P <sub>1</sub>
-	-	۳۵/۵۷	۳۷/۱۱	۲۹/۴	۲۶۰۵۹۶	۲۳۴۴۳۱	۴۶۱۴۴۳	P <sub>2</sub>
-	-	۳۳/۷	۳۹/۹۰	۲۱/۶۷	۲۶۲۸۷۵	۷۵۶۵	۴۵۰۰۸۹	P <sub>3</sub>
۴/۹۷	-	۲۵/۷۲	۴۲/۴۷	۱۶/۶۹	۲۶۴۷۸۶	۵۴۶۶	۴۴۱۹۸۷	P <sub>4</sub>
۱۱/۴۵	-	۱۲/۸۷	۴۹/۴۷	-	۲۷۰۲۵۲	۰	۴۱۶۵۵۳	P <sub>5</sub>

مأخذ: یافته های تحقیق

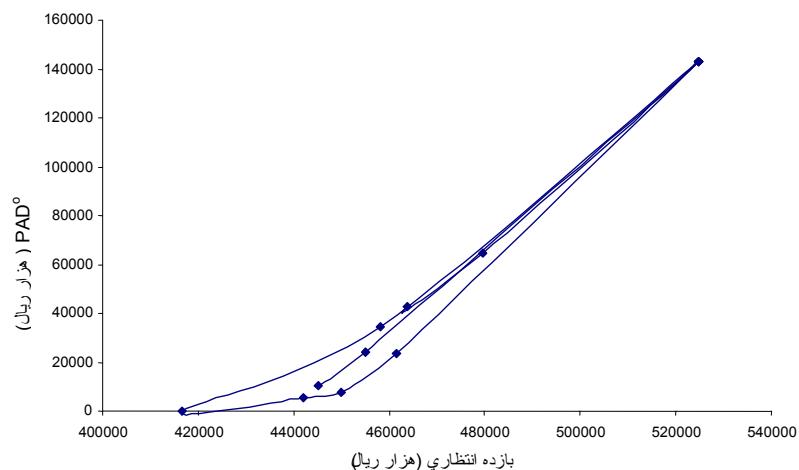
جدول ۴. مقادیر اهداف و متغیرهای تصمیم در فضای بازده انتظاری و حداقل\_حداکثر (E-V)

متغیرهای تصمیم (هکتار)					اهداف هزار ریال			نقاط
X <sub>5</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>1</sub>	V	PAD	E	
-	-	۴۵/۵۶	۲۱/۶۲	۷۲/۸۴	۲۱۷۷۵۸	۱۴۳۱۵	۵۲۴۷۹۱	Q <sub>1</sub>
۵/۲۳	-	۲۷/۹۴	۳۸/۴۹	۲۷/۹۴	۲۶۱۵۳۰	۳۴۴۱۵	۴۵۸۲۸۹	Q <sub>2</sub>
۱۱/۴۵	-	۱۲/۸۷	۴۹/۴۷	-	۲۷۰۲۵۲	۰	۴۱۶۵۵۳	Q <sub>3</sub>

مأخذ: یافته های تحقیق

حداکثر - حداقل V در نظر گرفته می شود. همچنین ملاحظه می گردد در هر دو فضای اهداف متغیر تصمیم  $x_4$  (چنان رقند) وارد الگو نگردیده است که علت آن به احتمال قوی نیاز آبی بیشتر این محصول نسبت به سایر محصولات در الگو می باشد. بیشترین سطح زیرکشت مربوط به گندم با ۷۲/۸۴ هکتار در

با استفاده از تکنیک برآورد مجموعه غالب به دست آمده است. در جداول ۳ و ۴ نقطه P<sub>1</sub> مساوی Q<sub>1</sub> است چون هر دو از حداقل کردن بازده انتظاری به دست آمده اند. نقاط P<sub>5</sub> و Q<sub>3</sub> نیز مساوی می باشند چون این نقاط برای هر دو منحنی زمانی اتفاق می افتد که سطح بازده مرجع هدف، t مساوی با



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

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

متغیرهای تصمیم					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 <sub>1</sub>
-	-	۳۷/۹	۲۹/۴	۵۱/۷	۲۲۶۳۶۶	۶۴۴۰۸	۴۷۹۴۸۲	R <sub>2</sub>
-	-	۳۵/۲۸	۳۲/۱۶	۴۴/۴۹	۲۴۲۷۵۱	۴۹۷۹۱	۴۶۳۷۸۸	R <sub>3</sub>

مأخذ: یافته‌های تحقیق

می‌گردد. همچنین برای هر  $t$  که در این دامنه قرار گیرد جواب‌های به دست آمده در نهایت به یکی از نقاط منحنی پارامتریک حداقل - حداقل ختم می‌گردد. این مسئله برای  $t = 261000$  مورد بررسی قرار گرفت و نتایج آن در جدول ۵ آمده است. نقاط به دست 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 حداقل پارامتریک حداقل - حداقل قرار می‌گیرد، منحنی به دست آمده در داخل سطح نشان داده شده در شکل ۳ قرار می‌گیرد. این مسئله 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 چندرقند و ذرت دانه‌ای وارد الگو نگردیده است. دلیل احتمالی

هر دو الگو و کمترین  $4/۹۷$  هکتار و  $۵/۲۳$  هکتار به ترتیب در فضای اهداف E-PAD و E-V مربوط به ذرت دانه‌ای می‌باشد. با در نظر گرفتن PAD دراستراتژی‌های غالب E-V و لحاظ کردن آن در فضای اهداف E-PAD سطحی به دست 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 به طور همزمان تمايل به حداقل کردن ريسک و حداقل 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 حداقل پارامتریک حداقل - حداقل

جدول ۶. مقادیر اهداف و متغیرهای تصمیم زمانی که  $t = ۲۷۳۵۰۰$ 

متغیرهای تصمیم هکتار					اهداف هزارریال			نقاط
X <sub>5</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>1</sub>	V	PAD	E	
-	-	۴۵/۵۶	۲۱/۶۲	۷۲/۲۴	۲۱۷۷۵۸	۱۴۳۱۲۵	۵۲۴۷۹۱	S <sub>1</sub>
-	-	۳۴/۵۳	۳۸/۶۹	۲۵/۰۴	۲۶۱۸۹۲	۲۴۱۵۰	۴۵۴۹۳۶	S <sub>2</sub>
-	-	۳۳/۹۹	۴۱/۱۰	۱۸/۳۱	۲۷۲۶۶۰	۱۰۴۸۴	۴۴۵۱۵۲	S <sub>3</sub>

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ۷. مقایسه الگوی کشت فعلی زارعین با مجموعه استراتژی‌های غالب زمانی که  $t = ۲۷۰۲۵۲$  است.

سطح زیرکشت	متغیرهای تصمیم (هکتار)					بازده (هزارریال) E	الگوی کشت
	X <sub>5</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>1</sub>		
۱۳۵/۰۵	۵	۳	۳۳/۲۵	۱۸	۷۵/۸	۴۶۶۲۰۶	فعلی
۱۳۹/۹۷	-	-	۴۵/۰۱	۲۱/۶۲	۷۲/۸۴	۵۲۴۷۹۱	P <sub>1</sub> *
۷۳/۷۹	۱۱/۴۵	-	۱۲/۸۷	۴۹/۴۷	-	۴۱۶۵۵۳	P <sub>5</sub> **

مأخذ: یافته‌های تحقیق و داده‌های جمع آوری شده

P1\*: حداکثر بازده انتظاری

P5\*\*: حداکثر بازده در حالت حداکثر پارامتریک حداکثر - حداقل

است. با توجه به آنکه P<sub>5</sub> بدترین بازده سالانه را حداکثر می‌کند انتظار معقولی است که زارعین در شرایطی که مناسب رشد محصولات کشاورزی نیست مثل حالت کمبود آب بعلت 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 ۲)، نشان می‌دهد که سطوح زیرکشت فعلی محصولات مختلف تقریباً در دامنه متغیرهای تصمیم به دست آمده می‌باشد به استثنای سطح زیرکشت چند رقد که در الگوی فعلی زارعین ۳ هکتار و در تمامی استراتژی‌های غالب صفر می‌باشد. دلیل عده 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<sub>1</sub> و P<sub>5</sub> قرار می‌گیرد، می‌توان انتظار داشت که الگوی کشت فعلی زارعین یکی از استراتژی‌های غالب باشد.

این امر شاید مصرف آب بالای این دو نسبت به سایر فعالیت‌های درنظر 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<sub>1</sub> حدود ۱/۱۲ برابر الگوی کشت فعلی زارعین ایجاد درآمد می‌کند. مقایسه الگوی کشت فعلی و الگوی کشت P<sub>5</sub> 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<sub>1</sub> ۳۷۴۹ و در حالت P<sub>5</sub> ۵۶۴۵ هزار ریال می‌باشد که ملاحظه می‌گردد در هر دو حالت P<sub>1</sub> و P<sub>5</sub> بازده متوسط بیشتر

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 (هزارریال)	بازده هر ساعت آب مصرفی (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

پارامتریک حداکثر - حداقل معرفی گردید. بدین طبق سطح بازده هدف یا سطح بازده مرجع به طور درون زا از حداکثر کردن الگوی تحلیل پارامتریک حداکثر - حداقل معادل  $270252 = 270252$  هزار ریال وحدات حداکثر پارامتریک حداکثر - حداقل مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این بررسی در جدول ۸ نشان داده شده است.

با توجه به جدول ۸ ملاحظه می‌گردد که بازده هر ساعت آب مصرفی در الگوی فعلی کشت زارعین  $18/15$  هزارریال و در الگوی  $P_1$   $19/1$  هزارریال است. اختلاف این دو  $0/95$  هزارریال می‌باشد. در الگوی  $P_5$  که بدترین بازده سالانه حداکثر می‌گردد، ملاحظه می‌شود که بازده آب چیزی حدود  $1/6$  برابر الگوی فعلی زارعین می‌باشد. لذا می‌توان انتظار داشت زارعین در شرایطی که با محدودیت آب مواجه شوند، الگوی کشت خود را به نحوی انتخاب کنند که از آن حداکثر بهره‌برداری را بکنند. این امر منعکس کننده آن است که کمیاب‌ترین عامل تولید حرکت به سمت بهره‌برداری کارآمدتر از آن را تشویق می‌کند. چون کمیابی اثر خود را در قیمت نشان می‌دهد، احتمالاً می‌توان به این نتیجه رسید که سیاست قیمت‌گذاری مناسب آب در جهت بهره‌برداری کارآمد از آب مؤثر خواهد بود.

مقایسه الگوی کشت فعلی زارعین با مجموعه استراتژی‌های غالب نشان داد که الگوی کشت فعلی زارعین خود می‌تواند یک استراتژی غالب یا یک مجموعه کارا باشد. هم‌چنین مقایسه سطوح زیر کشت محصولات مختلف الگوی کشت زارعین با سطوح زیر کشت مجموعه الگوهای زراعی به دست آمده در داخل سطح مجموعه استراتژی‌های غالب قرار می‌گیرد.

نظر به این که محدود کننده ترین عامل تولید در کشور آب انگاشته می‌شود. بازده مصرف آب به ازای واحد سطح (هکتار) نیز بین الگوی فعلی زارعین و حالت حداکثر بازده انتظاری به ازای  $270252$  هزار ریال وحدات حداکثر پارامتریک حداکثر - حداقل مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این بررسی در جدول ۸ نشان داده شده است.

با توجه به جدول ۸ ملاحظه می‌گردد که بازده هر ساعت آب مصرفی در الگوی فعلی کشت زارعین  $18/15$  هزارریال و در الگوی  $P_1$   $19/1$  هزارریال است. اختلاف این دو  $0/95$  هزارریال می‌باشد. در الگوی  $P_5$  که بدترین بازده سالانه حداکثر می‌گردد، ملاحظه می‌شود که بازده آب چیزی حدود  $1/6$  برابر الگوی فعلی زارعین می‌باشد. لذا می‌توان انتظار داشت زارعین در شرایطی که با محدودیت آب مواجه شوند، الگوی کشت خود را به نحوی انتخاب کنند که از آن حداکثر بهره‌برداری را بکنند. این امر منعکس کننده آن است که کمیاب‌ترین عامل تولید حرکت به سمت بهره‌برداری کارآمدتر از آن را تشویق می‌کند. چون کمیابی اثر خود را در قیمت نشان می‌دهد، احتمالاً می‌توان به این نتیجه رسید که سیاست قیمت‌گذاری مناسب آب در جهت بهره‌برداری کارآمد از آب مؤثر خواهد بود.

## نتیجه‌گیری

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

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 موفقیت‌های 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، چنان‌دان 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.

به وسیله 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  $18/15$  هزار ریال به دست آمد. علاوه بر این، بازده متوسط آب در حالت حداکثر و حداقل بازده به دست آمده به وسیله الگو نیز محاسبه شد که به ترتیب  $19/1$  و  $30/2$  هزار ریال به دست آمد. مقایسه این سطوح از بازده آب در الگوی کشت فعلی زارعین نمایانگر آن است که زارعین می‌توانند از آب به نحو مناسب تری 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 توام باریسک در تعیین کارائی 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. کهخا، 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.