

کاربرد تصمیم‌گیری چند معیاره تعاملی در برنامه‌ریزی زراعی مطالعه موردی: استان فارس

محسن الوانچی و محمود صبوچی^{*۱}

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۶/۹/۲۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۷/۱۲/۲۴)

چکیده

در فعالیت‌های زراعی وجود اهداف متعدد مسأله تخصیص بهینه نهاده‌ها را دشوار می‌سازد. برای این منظور استفاده از روش‌هایی که بتوان چندین هدف را هم‌زمان به نقطه مطلوب نزدیک کرد، ضروری می‌باشد. افزون بر آن، عدم توجه به ترجیحات زارعین در فرایند برنامه‌ریزی زراعی پذیرش برنامه زراعی را از طرف زارعین با مشکل مواجه می‌سازد. لذا، با استفاده از مدل تصمیم‌گیری چند معیاره تعاملی در برنامه زراعی مزارع استان فارس تلاش شد به این امر توجه گردد. حداکثر کردن بازده ناخالص، حداقل کردن آب آبیاری و ریسک به‌عنوان اهداف برنامه انتخاب شد. نتایج نشان داد که الگوی کشت روش تعاملی نسبت به توافقی نزدیکی بیشتری به الگوی کشت فعلی زارعین دارد. در الگوی کشت روش تعاملی مقدار ریسک نسبت به الگوی کشت توافقی و فعلی کاهش یافت که نشان‌دهنده تمایل به کاهش ریسک در زارعین منطقه مورد مطالعه بود. افزون بر آن، نتایج نشان داد که مدل‌های تعاملی به دلیل مورد توجه قرار دادن ترجیحات زارعین در برنامه‌ریزی زراعی نسبت به مدل برنامه‌ریزی توافقی دارای نتایج بهتری می‌باشند. با توجه به یافته‌ها می‌توان گفت امکان بهبود ارزش سه هدف حداکثر کردن بازده ناخالص، حداقل کردن ریسک و حداقل کردن آب آبیاری نسبت به الگوی کشت موجود به‌طور هم‌زمان وجود دارد.

واژه‌های کلیدی: برنامه‌ریزی زراعی، تصمیم‌گیری چند معیاره تعاملی، فارس

مقدمه

برنامه‌ریزان کشاورزی باشد. در تخصیص منابع بین فعالیت‌های مختلف زراعی در سطح مزرعه، توجه به مسأله کمیابی عوامل تولید بسیار حائز اهمیت است. از مشکلات اساسی که مناطق خشک و نیمه خشک با آن مواجه‌اند کمبود آب آبیاری است. ایران نیز یک کشور خشک است و آب عامل محدود کننده توسعه کشاورزی در اغلب نقاط کشور است. از این‌رو، استفاده کارا تر از آب در بخش کشاورزی می‌تواند یکی از اهداف اصلی برنامه‌ریزی در سطح مزرعه باشد (۳).

افزایش روزافزون تقاضا برای محصولات کشاورزی از یک سو و کمبود منابع برای تولید از سوی دیگر باعث شده به امر بهینه‌سازی و بهینه‌یابی در کاربرد منابع تولید بسیار توجه شود. در واقع، یکی از عمده‌ترین محدودیت‌های توسعه کشاورزی تخصیص نامطلوب نهاده‌های تولید بین فعالیت‌های مختلف است. لذا، توجه به تخصیص مناسب نهاده‌های تولید در فعالیت‌های متنوع مزارع می‌تواند یکی از اهداف اصلی

۱. به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استادیار اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: msabuhi39@yahoo.com

کشاورزان با توجه به منابع و محدودیت‌های خود مایل به حداکثر کردن درآمد مزرعه می‌باشند. لذا، هدف حداکثر کردن درآمد را می‌توان به‌عنوان یکی از اهداف اصلی زارعین در نظر گرفت. در سطح خرد ریسک و عدم حتمیت نیز تصمیمات زارعین را تحت تأثیر قرار می‌دهد و اغلب به سطحی از ناکارایی تخصیصی و فنی زارعین از منابع منجر می‌گردد (۲). در نتیجه، توجه به ریسک در برنامه‌ریزی زراعی ضروری به نظر می‌رسد و کاهش آن از دیگر اهدافی است که زارعین در برنامه‌ریزی‌های خود به آن توجه می‌کنند.

امروزه مدل‌های ریاضی در تعیین فعالیت‌های مناسب زراعی با توجه به اهداف زارع و تخصیص مطلوب نهاده‌ها، در بخش کشاورزی به‌طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد. یکی از مدل‌های ریاضی که به‌منظور تعیین الگوی بهینه کشت با توجه به محدودیت منابع و نهاده‌ها توسط برنامه‌ریزان زراعی به‌طور گسترده مورد استفاده قرار گرفته، برنامه‌ریزی خطی است. در مدل‌های برنامه‌ریزی خطی تنها یک هدف را می‌توان در مدل وارد و آن را مورد بررسی قرار داد. این مسأله از نقاط ضعف مدل‌های تک هدف می‌باشد. زیرا، در دنیای واقعی برنامه‌ریزان و کشاورزان علاوه بر هدف حداکثر کردن سود اهداف دیگری را نیز دنبال می‌کنند که می‌توان به حداقل کردن هزینه‌های تولید، کاهش ریسک، حفظ سهم بازار، توزیع مناسب در آمد، توازن در ترکیب تولید محصولات مختلف، کاهش استفاده از نیروی کار و حفظ محیط زیست اشاره کرد. با توجه به این که رسیدن به سطح مطلوب تمام این اهداف به‌طور هم‌زمان امکان‌پذیر نیست لذا، استفاده از روشی که بتوان مجموعه این اهداف را هم‌زمان به سطح مطلوب نزدیک کرد، ضروری است. روش‌های متعددی برای تصمیم‌گیری در شرایط وجود اهداف چندگانه پیشنهاد شده است (۱). در این میان برنامه‌ریزی چند هدف (Multi objective programming) جهت لحاظ نمودن چند هدف به‌طور هم‌زمان در تصمیم‌گیری توسط محققین پیشنهاد و مورد استفاده قرار گرفته است. یکی از اساسی‌ترین مشکلات روش برنامه‌ریزی چند منظوره افزایش

تعداد جواب‌های کارا با افزایش اهداف مورد بررسی است. روش برنامه‌ریزی توافقی (Compromise programming) تا حدی مشکل بزرگی مجموعه کارا را کاهش و به‌عبارتی دامنه مجموعه کارا با استفاده از آن می‌توان محدود کرد. روش برنامه‌ریزی چند منظوره و توافقی بدون توجه به ترجیحات تصمیم‌گیرنده و تنها توسط برنامه‌ریز طراحی می‌شود. برای توجه به ترجیحات تصمیم‌گیرنده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره تعاملی (Interactive Multiple Criteria Decision Making Approach) می‌توان استفاده کرد. این روش یک ارزیابی پیشرفته از ترجیحات تصمیم‌گیرنده (Decision maker) است که از تعامل بین تصمیم‌گیرنده و نتایج به‌دست آمده از حل مسأله به‌دست می‌آید. در این روش سعی می‌شود با توجه به مجموعه کارا و ترجیحات تصمیم‌گیرنده، راه حل بهینه (بهترین توافق) تعیین شود.

علی‌رغم این که روش‌های تعاملی حدود سه دهه است که در خارج از ایران مورد استفاده قرار می‌گیرد اما، هنوز مطالعه‌ای برای استفاده این روش در برنامه‌ریزی زراعی در داخل کشور صورت نگرفته است.

کابالرو و همکاران در برنامه‌ریزی آرمانی متا (Meta goal programming) از روش تعاملی سود جستند. در برنامه‌ریزی آرمانی متا، مقادیر هدف (Target values) به‌وسیله توابع فردی تصمیم‌گیرنده ایجاد می‌شود. نتایج نشان داد که استفاده از روش تعاملی باعث می‌شود که تصمیم‌گیرنده توابع رفتاری مختلف را مورد آزمون قرار دهد و از یک تابع رفتاری به تابع دیگر حرکت کند و در نتیجه، نتایج به‌دست آمده نسبت به روش‌های غیرتعاملی در اولویت قرار گیرد. نوواک روش تعاملی جدیدی برای تصمیم‌گیری چند معیاره تعاملی تصادفی پیشنهاد کرد (۵). در این روش دو مفهوم تصادفی و تعاملی با یکدیگر ترکیب شدند. محدودیت‌های تصمیم‌گیرنده به‌وسیله مقادیر حداکثر و حداقل پیامدهای مورد انتظار تعریف شد. در این مدل مقادیر محدودیت‌ها، از تعامل میان تصمیم‌گیرنده و مدل در یک

مجموعه طرح‌های زراعی کارا میانگین - واریانس ($E-V$) را می‌توان به کمک برنامه‌ریزی درجه دوم به دست آورد. در یک برنامه‌ریزی کوتاه مدت با ضرایب تصادفی تابع هدف، توزیع درامدی یک طرح زراعی به وسیله بازده ناخالص کل تعیین می‌شود. اگر فرض شود که X_j سطح زمین فعالیت زراعی و S_{jk} کوواریانس بازده‌های ناخالص فعالیت‌های k و j است واریانس بازده ناخالص کل عبارت خواهد بود (۳):

$$V = \sum_j \sum_k X_j X_k S_{jk} \quad [1]$$

این معادله نشان می‌دهد که واریانس بازده ناخالص کل برابر با مجموع تغییرپذیری بازده فعالیت‌ها به طور منفرد و نسبت‌های کوواریانس میان آنها می‌باشد (۳).

برای به دست آوردن مجموعه کارا $E-V$ لازم است تا واریانس را برای هر سطح از درآمد مورد انتظار (تا جایکه محدودیت‌های منابع تولید اجازه می‌دهند) حداقل کرد (۹). مدل برنامه‌ریزی ریسکی درجه دوم به صورت زیر فرمول بندی می‌شود (۸):

$$\begin{aligned} \text{Min } V &= x'Qx \\ \text{Subject to:} \\ Ax &\leq b \\ E &= cx - f \\ \text{and } x &\geq 0 \end{aligned} \quad [2]$$

Q ماتریس واریانس - کوواریانس $n \times n$ بازده ناخالص فعالیت‌ها و E درآمد مورد انتظار فعالیت‌ها که بر اساس محدوده امکان‌پذیر تغییر می‌کند (۸).

به دلیل ماهیت خاص محاسبه ریسک نیاز به اطلاعات ثانویه‌ای است که امکان دسترسی آنها به صورت مستقیم از زارعین نیست. در این تحقیق فرض می‌شود که تنها عملکرد و قیمت محصول (و در نتیجه درآمد مزرعه) ریسکی است. این فرض امکان استفاده از معیار میانگین - واریانس ($E-V$) را فراهم می‌کند. همان‌طور که پیشتر بیان شد، ریسک در این نوع مدل‌ها به عنوان واریانس یک طرح زراعی معین (درآمد مزرعه) در نظر گرفته می‌شود. از این رو برای محاسبه واریانس درآمد مزرعه، دانستن واریانس و کوواریانس درآمد محصولات

فرایند تکراری ایجاد می‌شود. نتایج نشان داد که انگیزه‌های مختلفی برای استفاده از روش تعاملی در مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره وجود دارد. این روش‌ها از این ویژگی برخوردارند که نظر تصمیم‌گیرنده به طور محسوس در فرایند حل مسئله وارد و راه حل نهایی از شانس بیشتری برای عملیاتی شدن برخوردار است (۱۱). جیان بو و همکاران (۱۰) در مطالعه‌ای در منطقه جنوب چین با استفاده از روش برنامه‌ریزی چند منظوره تعاملی به تعیین برنامه‌ای مناسب جهت کاهش هم‌زمان فقر کشاورزان و رعایت مسائل زیست محیطی پرداختند. در منطقه مورد مطالعه، کشاورزان بسیار فقیر، مقدار تولید کم و فرسایش خاک بسیار بالا بود. بر همین اساس بانک جهانی در سال ۱۹۹۴ به همراه سازمان فائو طرحی به منظور جایگزین کردن کشت مناسب و پرورش استخری شیلات برای منطقه تهیه و اجرا کردند. آنها سعی کردند با استفاده از برنامه‌ریزی چند هدف تعاملی این طرح را مورد بررسی قرار دهند. در این طرح دو هدف اقتصادی و اجتماعی (حداکثر کردن درآمد خالص و استخدام نیروی کار) دو هدف کشاورزی (حداکثر استفاده از زمین و آب) و سه هدف زیست محیطی (حداقل کردن فرسایش خاک، استفاده از مواد مغذی و کود شیمیایی) در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که طرح، ساختار کشاورزی منطقه را با توجه به علائق گروه‌های مختلف به سطح مطلوب نزدیک کرده است.

در مطالعه حاضر با توجه به آنچه بیان شد، برنامه‌ریزی زراعی در استان فارس با سه هدف حداکثر کردن بازده ناخالص، حداقل کردن آب آبیاری و ریسک با استفاده از برنامه‌ریزی چند معیاره تعاملی مورد توجه قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

در این قسمت به ترتیب به اهداف، مدل چندهدف، توافقی و تعاملی و نحوه جمع‌آوری داده‌ها پرداخته شده است. برای لحاظ کردن ریسک از برنامه‌ریزی درجه دوم استفاده شد که شرح مختصری از آن به صورت زیر است.

منظوره را به صورت زیر می توان نشان داد (۶):

$$\begin{aligned} \text{Max } Z(X) &= (Z_1(X), Z_2(X), \dots, Z_K(X)) \\ Z_1(X) &= Z_1(x_1, x_2, \dots, x_n), \\ Z_2(X) &= Z_2(x_1, x_2, \dots, x_n), \\ &\vdots \\ Z_k(X) &= Z_k(x_1, x_2, \dots, x_n) \end{aligned} \quad [3]$$

Subject to

$$\begin{aligned} x &\in F \\ x &\geq 0 \end{aligned}$$

که $Z = [Z_1, Z_2, \dots, Z_k]$ بردار تابع هدف چند منظوره، Z_k تابع هدف منفرد k ام، x_n متغییر تصمیم n ام و F مجموعه موجه است. باید این نکته را مورد توجه قرار داد که توابع منفرد به هیچ وجه با هم جمع، ضرب و یا ترکیب نمی شوند (۶). زمانی که اهداف حداقل کردن در مدل وارد می شود با ضرب کردن ضرایب آنها در عدد ۱- اهداف به حداکثر کردن تبدیل می شوند تا تمام اهداف به شکل حداکثر کردن در مدل لحاظ شوند (۱۳). روش های متعددی برای ایجاد مجموعه جواب های کارا در یک مدل برنامه ریزی چند منظوره وجود دارد. این روش ها عبارتند از: ۱) روش وزنی (Weighting Method) ۲) روش مقید (Constraint Method) ۳) روش برآورد مجموعه غالب (Non Inferior Set Estimation Method) ۴) الگوریتم سیمپلکس چند منظوره (Multi Objective Simplex Algorithm). روش الگوریتم سیمپلکس چند منظوره به علت پیچیدگی محاسبات ریاضی در تحقیقات عملی مورد استفاده قرار نمی گیرد (۷). روش تخمین مجموعه غالب بیشتر برای زمانی مناسب است که بیش از دو هدف در مدل وجود نداشته باشد (۱۴). اکثر محققین روش مقید را به دلیل کنترل بر تغییرات پارامتریکی اهداف، امکان مقایسه رابطه مبادله ای بین اهداف و سادگی محاسبات بر روش وزنی ترجیح می دهند (۶). در مطالعه حاضر نیز از روش مقید برای به دست آوردن مجموعه کارا استفاده شد.

روش مقید کاربردی ترین روش برای حل مدل های برنامه ریزی چند منظوره است (۶). ایده اصلی این روش بهینه سازی یک هدف، زمانی که اهداف دیگر به صورت

مختلف ضروری است. اگر چه از روش های آماری امکان محاسبه واریانس درآمد هر محصول با استفاده از اطلاعات ذهنی به دست آمده از زارعین وجود دارد اما، به دلیل عدم امکان دستیابی به اطلاعات مربوط به تغییرات عملکرد و قیمت انواع محصولات (و در نتیجه درآمد هر محصول) در طول زمان، امکان محاسبه کواریانس ها با استفاده از اطلاعات ذهنی زارعین وجود ندارد (۳). بنابراین در کاربرد مدل های برنامه ریزی ریسکی بایستی در ابتدا به دنبال راهی بود که از طریق آن با لحاظ نمودن سوابق ذهنی زارعین در مورد تغییر درآمد محصولات مختلف در مدل های برنامه ریزی ریسکی، فرایند تصمیم گیری را بهتر به تصویر کشید. برای این امر نیاز به اطلاعات مربوط به میانگین و واریانس داده های ذهنی زارعین می باشد. روش های مختلفی برای تعیین باور ذهنی زارعین در دسترس می باشد. باور ذهنی زارعین را می توان با برآورد احتمالات شخصی یا ذهنی آنها تعیین کرد. در این راستا سه روش اثرات چشمی یا عینی (Visual Impact Method)، قضاوت برپایه اجزاء کوچک (Judgment Fractal Method) و توزیع مثلثی (Triangular Distribution Method) استفاده می شود. در مطالعه حاضر از توزیع مثلثی به دلیل سادگی استفاده می شود.

برنامه ریزی چند منظوره یا تکنیک بهینه سازی برداری جهت بهینه سازی هم زمان چند هدف که مشروط به یک مجموعه معینی از محدودیت هاست، مورد استفاده قرار می گیرد. چون یک جواب بهینه را نمی توان به طور هم زمان برای چند هدف تعریف نمود، برنامه ریزی چند منظوره مجموعه ای را جستجو می کند که جواب های کارا یا بهینه پارتو (Pareto Optimum) نامیده می شود. عناصر اصلی این مجموعه کارا، جواب های موجه ای (Feasible Solutions) است به طوری که جواب های موجه دیگر نمی توانند به همان سطح از تحقق اهداف و یا بیشتر برسند و یا حداقل یک هدف را بهبود بخشند (۴). مجموعه کارا می تواند چگونگی رسیدن به بهینه هر کدام از اهداف و تبادل بین اهداف را نشان دهد. یک برنامه ریزی چند

به‌صورت جداگانه با توجه به محدودیت‌های منابع به‌دست می‌آید. نقطه ایدال معمولاً به‌دلیل تقابل بین اهداف غیرقابل دسترس است. هنگامی که رسیدن به نقطه ایدال امکان‌پذیر نیست، عناصر بهینه یا جواب‌های توافقی به‌وسیله جواب‌هایی که به نقطه ایدال نزدیک‌تر است، داده می‌شود. مجموعه جواب‌های توافقی بسته به شاخص فاصله می‌تواند تعیین گردد (۱۴، ۱۵ و ۱۶).

در یک برنامه‌ریزی توافقی درجه نزدیکی (d_j) بین هدف j ام و نقطه ایدال به‌صورت زیر تعریف می‌شود (۷):

$$d_i = z_j^* - z_j(x) \quad [6]$$

برای زمانی که تابع هدف حداکثر کردن و

$$d_j = z_j(x) - z_j^* \quad [7]$$

زمانی که تابع هدف حداقل کردن است، Z_j^* ارزش بهینه (ایدال) هدف j ام است.

زمانی که واحدهای اندازه‌گیری متفاوت باشند، انحرافات نسبی به انحرافات مطلق ترجیح داده می‌شود. بنابراین درجه نزدیکی به‌صورت زیر تعریف می‌شود (۷):

$$d_j = \frac{Z_j^* - Z_j(x)}{Z_j^* - Z_{*j}} \quad [8]$$

در اینجا Z_{*j} نقطه مقابل ارزش ایدال (بهترین ارزش) هدف j ام است.

در برنامه‌ریزی توافقی برای اندازه‌گیری فاصله هر هدف و نقطه بهینه، تابع فاصله زیر برآورد می‌شود (۷):

$$L_p(\alpha, k) = \left[\left(\sum_{j=1}^k \alpha_j d_j \right)^p \right]^{\frac{1}{p}} \quad [9]$$

که α_j نشان‌دهنده اهمیت وزن فاصله بین هدف j ام و مقدار بهینه آن است.

برای مقیاس L_p بهترین توافق یا نزدیک‌ترین جواب به نقطه ایدال باحل مسأله برنامه‌ریزی غیرخطی زیر به‌دست می‌آید (۷):

محدودیت وارد مدل شده، می‌باشد. مجموعه کارا به‌وسیله تغییر پارامتریک طرف راست محدودیت‌های ساخته شده توسط اهداف به‌دست می‌آید (۱۴).

برای یک مدل برنامه‌ریزی چند منظوره با k هدف روش مقید به‌صورت زیر نشان داده می‌شود (۶):

$$\begin{aligned} \text{Max } Z_h(X) &= (x_1, x_2, \dots, x_n) \frac{\pi}{4} \\ \text{subject to} \\ Z_1(x_1, x_2, \dots, x_n) &\geq b_1 \\ &\vdots \\ Z_{h-1}(x_1, x_2, \dots, x_n) &\geq b_{h-1} \\ Z_{h+1}(x_1, x_2, \dots, x_n) &\geq b_{h+1} \\ &\vdots \\ Z_k(x_1, x_2, \dots, x_n) &\geq b_k \\ x &\in F \\ x &\geq 0 \end{aligned} \quad [4]$$

که b_j نشان‌دهنده حد پایین بر روی $k-1$ هدف تحت بررسی است و مجموعه کارا توسط اختلاف مقادیر پارامتریک b_j به دست می‌آید. مقدار b_j از فرمول زیر که توسط کوهن (۱۹۷۸) پیشنهاد شد، به‌دست می‌آید (۷).

$$L_{jr} = n_j + (r-1)^{-1} (m_j - n_j), \quad [5]$$

$$j=1, 2, \dots, h-1, h+1, \dots, k$$

$$t=1, 2, \dots, (r-1)$$

که L_{jr} نشان‌دهنده ارزش پارامتریک فرض شده b_j در فاصله مورد نظر، r تعداد فاصله برای b_j و m_j و n_j به‌ترتیب بهترین و بدترین مقدار ارزش هدف j ام است (۷).

یکی از ضعف‌های روش برنامه‌ریزی چند منظوره وجود مجموعه جواب‌های کارایی است که انتخاب را برای تصمیم‌گیرنده از بین آنها مشکل می‌سازد. روش برنامه‌ریزی توافقی با ایجاد مجموعه توافقی تا حدودی این مشکل برنامه‌ریزی چند منظوره را حل می‌کند.

زلنی و یو برای کمک به تصمیم‌گیرنده برنامه‌ریزی توافقی را ارائه کردند. اولین قدم در یک برنامه‌ریزی توافقی تعیین نقطه ایدال است. این نقطه به‌وسیله بهینه کردن هر کدام از اهداف

به هر هدف اطلاعاتی را بیان کند بلکه تنها ترجیحات خود را با توجه به جوابی که توسط تحلیل گر به او نشان داده شده، ابراز می کند. بعد از آشکار شدن ترجیحات تصمیم گیرنده، تحلیل گر مدل را با استفاده از این ترجیحات تعدیل کرده و جواب جدیدی را ارائه می کند. این جواب دوباره مورد ارزیابی تصمیم گیرنده قرار گرفته و ترجیحات خود را درباره آن بیان می کند. این فرایند در مسیر تعامل و تکرار ادامه می یابد تا این که به جوابی رسید که از نظر تصمیم گیرنده به اندازه کافی مناسب است (۱۴).

به طور معمول روش های تعاملی مطابق با دو معیار اطلاعات مربوط به تصمیم گیرنده و استراتژی حل مسئله طبقه بندی می شوند (۵). در این مطالعه از روش مرحله ای (Stem method or STEM) به دلیل سادگی محاسبات آن استفاده می شود که در ادامه به اختصار توضیح داده شده است.

روش مرحله ای یکی از قدیمی ترین و در عین حال رایج ترین روش هایی است که در تصمیم گیری چند معیاره تعاملی مورد استفاده قرار می گیرد. این روش در حل مدل های برنامه ریزی چند منظوره به کار گرفته می شود و به تصمیم گیرنده در حین عملیات، فرصت یادگیری و تشخیص راه حل های مناسب را می دهد (۱۰).

روش مرحله ای در دو فاز محاسباتی و تصمیم پیش می رود. تعامل بین تصمیم گیرنده و مدل تنها در فاز تصمیم صورت می گیرد (۱۴). اولین مرحله در فاز محاسباتی تعیین ماتریس بازده به منظور به دست آوردن ارزش ایدال Z_j^* و ضد ایدال Z_j^- برای هر هدف در مدل می باشد. سپس، اولین تخمین که نزدیک ترین فاصله به نقطه ایدال را دارد از حل برنامه ریزی خطی زیر در فضای حداقل کردن حداکثر (Minimax)، (مطابق با معیار L_∞) به دست می آید (۱۴):

$$\begin{aligned} & \text{Min } d \pm \\ & \text{subject to} \\ & W_j [Z_j^* - Z_j(x)] \leq d \quad j = 1, 2, \dots, q \\ & x \in F \end{aligned} \quad [12]$$

$$\begin{aligned} & \text{Min } L_p(\alpha_j, k) = \left[\sum (\alpha_j d_j)^p \right]^{1/p} \\ & \text{subject to} \\ & x \in F \end{aligned} \quad [10]$$

که $p = 1, 2, \dots$ می باشد.

برای مقیاس L_∞ ماکزیمم انحرافات جداگانه مینیمم می شود. بهترین راه حل توافقی در این حالت با حل مسئله برنامه ریزی خطی زیر به دست می آید (۷):

$$\begin{aligned} & \text{Min } L_\infty = d_\infty \\ & \text{subject to} \\ & \frac{\alpha_1 (Z_1^* - Z_1(x))}{Z_1^* - Z_{*1}} \leq d_\infty \\ & \vdots \\ & \frac{\alpha_k (Z_k^* - Z_k(x))}{Z_k^* - Z_{*k}} \leq d_\infty \\ & X \in F \end{aligned} \quad [11]$$

یو نشان داد که فاصله L_I و L_∞ زیر مجموعه ای از مجموعه کارا را تعریف می کنند که زلنی آنها را مجموعه توافقی نامید. بر این اساس بهترین راه حل توافقی بین دو راه حل L_I و L_∞ با توجه به اهمیت اختلاف بین ارزش هدف و نقطه ایدال، قرار می گیرد (۱۵) و (۱۶).

مدل برنامه ریزی چند منظوره و توافقی بدون توجه به ترجیحات تصمیم گیرنده الگوی مناسب را تعیین می کند. برای در نظر گرفتن ترجیحات تصمیم گیرنده از روش تصمیم گیری چند معیاره تعاملی استفاده شد.

به طور کلی یک فرایند تعاملی شامل سه نهاد، تصمیم گیرنده، تحلیل گر و مدل عملیاتی است. در این فرایند، تحلیل گر رابط میان مدل و تصمیم گیرنده است. فرایند تعاملی در هر مسیر می تواند به صورت زیر خلاصه شود (۱۴).

تحلیل گر ابتدا جواب اولیه ای از مدل به تصمیم گیرنده نشان می دهد تا وی آن را با توجه به ترجیحات خود مورد ارزیابی قرار دهد. تصمیم گیرنده لازم نیست درباره ترجیحات مطلق خود از قبیل وزن های نهایی نسبی مربوط

مقدار ممکن کاهش را برای آن اهدافی که رضایت‌بخش است، بیان کند. این اطلاعات محدودیت‌های اضافی زیر را قبل از این که منطقه موجه جدیدی ایجاد شود به مدل تحمیل می‌کند (۱۴):

$$z_k \geq z_k^1 - \Delta z_k \quad [16]$$

$$z_j(x) \geq z_j^1 \quad j=1,2,\dots,k-1,k+1,\dots,q$$

Z_k نشان‌دهنده اهدافی است که مقادیر آنها رضایت‌بخش است. حداکثر مقدار اصلاح شده هدف توسط تصمیم‌گیرنده و بردار $[z_1^1, \dots, z_q^1]$ راه حل در فضای اهداف می‌باشد برای تکرار بعد $W_k = 0$ و $v_k = 0$ است و وزن‌های نرمال دیگری باید محاسبه شود. با توجه به W_j و منطقه موجه جدید و محدودیت‌های اضافه شده، راه حل دیگری از حل مدل به دست می‌آید که توسط تصمیم‌گیرنده بایستی مورد ارزیابی قرار گیرد. این فرایند تا زمانی که تصمیم‌گیرنده از مقدار اهداف مورد نظر رضایت دارد، ادامه می‌یابد (۱۴).

یکی از سودمندترین مزایای روش مرحله‌ای، سادگی محاسبات آن است. تنها لازم است که حداکثر تعداد q (تعداد اهداف) برنامه‌ریزی خطی حل شود. این روش احتیاج به ایجاد مجموعه کارا از قبل ندارد. در هر فاز محاسباتی تنها یک جواب کارا به دست می‌آید. به علاوه، عدم فرض‌های محدود کننده درباره ترجیحات مطلق مصرف کننده و شکل تابع مطلوبیت وی یک سودمندی کاربردی است. این روش تنها نیاز دارد که تصمیم‌گیرنده ترجیحات موضعی خود را به طور جزئی در هر فاز تصمیم‌گیری برای به دست آوردن نقطه‌ای تقریبی از حداکثر مطلوبیت خود بیان کند (۱۴).

زمان و مکان مطالعه

به دلیل این که شهرستان زرقان نقش مهمی در تولید محصولات کشاورزی استان فارس بر عهده دارد و حدود یک سوم از کل محصولات کشاورزی استان فارس را تهیه می‌کند به عنوان منطقه مورد مطالعه انتخاب شد. جهت رسیدن به اهداف تحقیق، آمار و اطلاعات مورد نیاز با استفاده از روش تحقیق

$Z_j(x)$ تابع هدف نرمال می‌باشد و نرمال کردن وزن‌های w_j در روش مرحله‌ای به صورت زیر است (۱۴):

$$W_j = \frac{V_j}{\sum_{j=1}^q V_j} \quad [13]$$

و v_j از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$v_j = \left[\frac{Z_j^* - Z_{*j}}{Z_j^*} \right] \cdot \left[\frac{1}{\sqrt{\sum_{k=1}^m c_{kj}^2}} \right] \quad [14]$$

اگر تابع هدف نرمال حداکثر کردن و

$$v_j = \left[\frac{Z_{*j} - Z_j^*}{Z_{*j}} \right] \cdot \left[\frac{1}{\sqrt{\sum_{k=1}^m c_{kj}^2}} \right] \quad [15]$$

اگر تابع هدف نرمال حداقل کردن باشد.

در روابط فوق c_{kj} نشان‌دهنده ضرایب تابع هدف نرمال است. این نوع فرایند نرمال کردن دارای ویژگی‌هایی است. اول این که وزن‌های W_j نرمال شده هستند و ترجیحات واقعی تصمیم‌گیرنده را نشان نمی‌دهند. در ثانی، رابطه (۱۳) تضمین می‌کند که مجموع W_j ها برابر با یک است و این یک ضرورت عملی برای مقایسه استراتژی‌های مختلف است. سوم آن که، قسمت اول روابط (۱۴) و (۱۵) به طور نسبی وزن‌های بزرگ‌تری برای آن اهدافی که انحراف بیشتری از مقدار ایدال خود دارند (نفاوت میان مقدار ایدال و ضد ایدال آن بزرگ‌تر است) در نظر می‌گیرد و بالاخره قسمت دوم روابط (۱۴) و (۱۵) نرمال کردن اهداف مطابق با فضای اقلیدسی است (۱۴).

فاز تصمیم، با نشان دادن مجموعه کارا به تصمیم‌گیرنده شروع می‌شود. اگر تصمیم‌گیرنده این راه حل را بپذیرد، فرایند به پایان می‌رسد. اگر راه حل پذیرفته نشود تصمیم‌گیرنده باید بیان کند کدام نسبت یا نسبت‌های راه حل ارائه شده در فاز محاسباتی به طور نسبی پست‌تر است و باید قبل از دیگری اصلاح شوند. در این صورت، تصمیم‌گیرنده بایستی حداکثر

میانگین - واریانس و مدل برنامه‌ریزی درجه دوم استفاده گردید. جدول ۲ طرح‌های زراعی کارا $E - V$ را برای مزارع متوسط نشان می‌دهد.

سطوح پایین بازده ناخالص مورد انتظار همراه با سطوح پایین ریسک (واریانس) است. در بین جواب‌های کارا $E - V$ ، جواب کارایی که دارای بیشترین بازده ناخالص مورد انتظار بود به‌عنوان نقطه ایدال در تشکیل ماتریس بازده، مورد استفاده قرار گرفت.

نمودار ۱ مرز کارا $E - V$ را برای مزارع متوسط نشان می‌دهد. مرز کارا در ابتدا دارای شیب تند است که نشان می‌دهد E (ارزش مورد انتظار بازده ناخالص) بدون افزایش زیاد در واریانس (ریسک) می‌تواند اضافه گردد. اما همچنان که مقادیری بیشتری از بازده ناخالص کسب می‌شود شیب مرز کاهش می‌یابد و افزایش در بازده ناخالص با افزایش بیشتر در ریسک همراه است.

یکی از ابزارهایی که به‌طور گسترده در حیطه کار برنامه‌ریزی چند منظوره مورد استفاده قرار می‌گیرد، ماتریس بازده (Payoff matrix) است. ماتریس بازده جهت بیان درجه تضاد بین اهداف مورد نظر بسیار مهم می‌باشد. جدول ۳ ماتریس بازده برای سه هدف مورد نظر را نشان می‌دهد. عناصر موجود در اولین ردیف ماتریس به معنی جواب حداکثر سود (۵۳۹۸۰۹۱۰ ریال) بوده و مطابق آن ۷۸۶۸۳ مترمکعب آب آبیاری و واریانس بازده ناخالص $10^1 \times 319/93$ است. در هر ردیف یک هدف بهینه و مقادیر هدف دیگر به‌صورت پارامتری محاسبه شده است.

از جدول ۳ می‌توان تضاد بین اهداف را مشاهده کرد. افزایش بازده ناخالص و کاهش آب آبیاری با افزایش ریسک بیشتر همراه است. عناصر قطر فرعی ماتریس بازده، بیانگر نقطه ایدال است، یعنی نقطه‌ای که هر هدف به ارزش بهینه خود می‌رسد. نقطه ایدال برابر با ۵۳۹۸۰۹۱۰ ریال بازده ناخالص، ۷۵۳۷۰/۳۸ مترمکعب مصرف آب آبیاری و $10^1 \times 267/53$ (ریال) واریانس بازده ناخالص (ریسک) به‌دست می‌آید.

پیمایشی (Survey research) جمع‌آوری شد. به همین منظور اطلاعات مورد نیاز از طریق تهیه پرسش‌نامه و مصاحبه حضوری با زارعین در سال زراعی ۸۵-۸۴ تهیه گردید. بر این اساس از ۲۰۰ زارع اطلاعات مورد نیاز جمع‌آوری گردید. افزون بر آن، از داده‌های بازده ناخالص سال‌های ۱۳۷۶-۱۳۸۵ نیز استفاده گردید. این داده‌ها از طریق مراجعه به اداره جهاد کشاورزی استان فارس تهیه شد.

از آنجا که تهیه الگوی برنامه‌ریزی برای تمام بهره‌برداران نمونه کار بسیار وقت‌گیر و نتایج حاصل نیز از کارایی لازم برخوردار نیست لذا، لازم است که بهره‌برداران نمونه را به گروه‌های همگن طبقه‌بندی و برای هر گروه یک بهره‌بردار نماینده ساخته شود (۲). با استفاده از تحلیل خوشه‌ای (Cluster analysis)، مزارع به سه گروه کوچک، متوسط و بزرگ طبقه‌بندی شدند. بعد از مشخص نمودن گروه‌های همگن، ضرایب داده - ستاده و میانگین منابع موجود هر گروه به‌دست آمد و براساس آن برای هر گروه یک مزرعه نماینده ساخته شد و تجزیه و تحلیل داده‌ها بر اساس مزرعه نمونه صورت گرفت.

نتایج و بحث

در این قسمت ویژگی‌های داده‌های جمع‌آوری شده مزارع نماینده بیان می‌گردد. به‌علت طولانی و حجیم شدن این بحث فقط به ویژگی‌های مزارع متوسط اشاره شده است.

در جداول ۱ ماتریس داده - ستاده مزارع متوسط نشان داده شده است.

با نگاهی به جدول ۱ ملاحظه می‌شود که بیشترین و کمترین بازده ناخالص در هر هکتار به ترتیب متعلق به محصول پیاز (۱۷۴۸۱۲۳۰ ریال) و چغندر قند (۵۰۵۶۳۱۰ ریال) است. کمترین و بیشترین آب مصرفی در هر هکتار مربوط به محصول گندم (۷۸۷۹ مترمکعب) و گوجه‌فرنگی (۱۷۷۹۳ مترمکعب) است.

برای لحاظ کردن ریسک از قاعده تصمیم

جدول ۱. ماتریس داده- ستاده مزارع متوسط

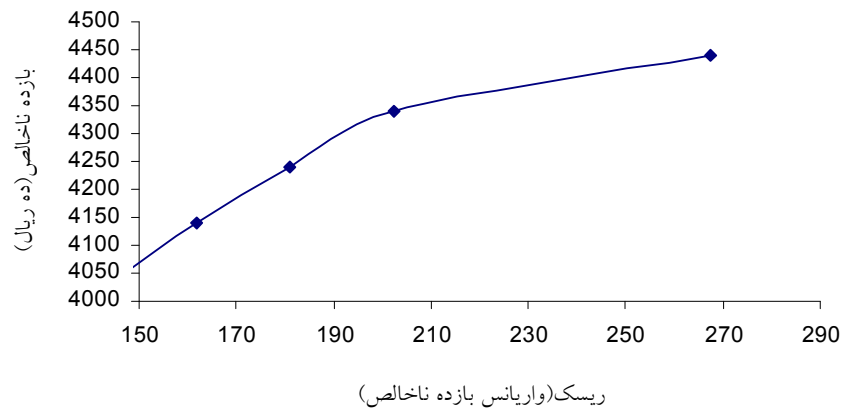
شرح	فعالیتها					RHS*
	گندم	چغندر قند	ذرت	گوچه فرنگی	پیاز	
اهداف:						
حداکثر کردن بازده ناخالص (ده ریال/ هکتار)	۵۱۶۱۶۲	۵۰۵۶۳۱	۶۶۶۸۳۷	۱۶۵۰۱۵۶	۱۷۴۸۱۲۳	
حداقل کردن آب آبیاری (مترمکعب/ هکتار)	۷۸۷۹	۱۵۰۸۱	۱۲۱۲۸	۱۷۷۹۳	۱۷۶۵۳	
حداقل کردن ریسک						ماتریس واریانس - کوواریانس بازده ناخالص
محدودیتها:						
زمین (هکتار)	۱	۱	۱	۱	۱	۸/۱
نیروی کار در آماده سازی زمین (نفر روز/ هکتار)	۲/۰۱	۲/۷۴	۱/۶۵	۴/۱۸	۶/۲۳	۱۸/۷۸
نیروی کار در مرحله کاشت (نفر روز/ هکتار)	۱/۰۱	۱/۵۷	۰/۷۷	۶/۲۰	۸/۳۰	۱۲/۵۲
نیروی کار در مرحله داشت (نفر روز/ هکتار)	۵/۶۲	۴۷/۴۸	۱۱/۴۱	۲۵/۶۰	۵۵/۵۰	۱۳۶/۴۷
نیروی کار در مرحله برداشت (نفر روز/ هکتار)	۰/۷۲	۱۸/۲۰	۰/۷۸	۸۱/۶۰	۶۵/۷۰	۷۴/۹۸
کود ازت (کیلوگرم/ هکتار)	۳۱۵/۵۰	۴۲۰/۸۰	۶۴۲/۵۰	۷۲۵/۸۰	۳۵۰/۵۰	۳۳۶۳/۹۲
کود فسفات (کیلوگرم/ هکتار)	۲۲۱/۳۰	۲۶۰/۳۰	۲۱۷/۲۰	۲۲۵/۵۰	۲۳۰/۲۰	۱۸۴۴/۶۵
کود پتاس (کیلوگرم/ هکتار)	۱۵/۴۰	۲۱/۴۰	۱۵/۴۰	۴/۹۰	۰	۱۲۴/۹۲
کود حیوانی (تن/ هکتار)	۰/۲۷	۰/۸۰	۰/۰۴	۶/۷۴	۱۰/۲۰	۷/۷۵
خدمات ماشینی (ساعت/ هکتار)	۸/۷۸	۱۱/۳۱	۹/۰۴	۶/۶۶	۶/۸۷	۷۳/۸۵

مأخذ: یافته‌های تحقیق، RHS* نشان‌دهنده سمت راست محدودیت‌ها در برنامه‌ریزی ریاضی است.

جدول ۲. تغییر راه حل پایه برای برنامه‌ریزی ریسکی درجه دوم

شرح	طرح زراعی				
	۱	۲	۳	۴	۵
بازده ناخالص مورد انتظار (ده ریال)	۴۴۳۹۳۳۳	۴۳۳۹۳۳۳	۴۲۳۹۳۳۳	۴۱۳۹۳۳۳	۴۰۳۹۳۳۳
واریانس (۱۰ ^{۱۰})	۲۶۷/۵۳	۲۰۲/۳۶	۱۸۰/۹۵	۱۶۱/۹۴	۱۴۵/۳۴
محصولات (هکتار)					
گندم	۵/۳۷	۳/۴۹	۲/۹۰	۲/۳۳	۱/۷۵
چغندر قند	۰	۰	۰	۰	۰
ذرت	۱/۹۶	۲/۶۹	۲/۹۵	۳/۲	۳/۴۵
گوچه فرنگی	۰/۳۷	۰/۵۴	۰/۶۰	۰/۶۶	۰/۷۲
پیاز	۰/۴۰	۰/۴۱	۰/۳۳	۰/۲۶	۰/۱۸

مأخذ: یافته‌های تحقیق



نمودار ۱. مرز کارا E-V در مزارع متوسط

جدول ۳. ماتریس بازده مزارع متوسط

تابع هدف	بازده ناخالص (ده ریال)	مصرف آب (متر مکعب)	وارینانس بازده ناخالص (ریسک) (۱۰ ^۱)
حداکثر کردن بازده ناخالص	۵۳۹۸۰۹۱	۷۸۶۸۳	۳۱۹/۹۳
حداقل کردن آب آبیاری	۵۰۱۳۶۹۵	۷۵۳۷۰	۲۹۷/۶۴
حداقل کردن ریسک	۵۳۸۸۶۰۲	۷۹۷۲۹	۲۶۷/۵۳

مأخذ: یافته‌های تحقیق

باعث مشکلاتی برای تصمیم‌گیرنده به‌منظور انتخاب برنامه مناسب می‌شود. برنامه‌ریزی توافقی یک روش مناسب برای تعیین مجموعه توافقی از راه حل‌های کارا است. راه حل‌های L_1 و L_∞ مربوط به برنامه‌ریزی توافقی مزارع متوسط در جدول ۵ نشان داده شده است. این دو راه حل مجموعه توافقی ایجاد می‌کنند که راه حل‌هایی که در این مجموعه قرار می‌گیرند به‌عنوان راه حل‌های توافقی نام‌گذاری می‌شوند.

با توجه به جدول ۵ مشاهده می‌شود که در این مزارع بازده ناخالص بین ۵۳۸۲۹۸۹۰ و ۵۱۲۷۸۳۴۰ ریال، آب آبیاری بین ۷۴۱۹۴ و ۷۹۴۹۴ مترمکعب آب و وارینانس (ریسک) بین $۱۰^{\circ} \times ۲۶۸/۹۶$ و $۱۰^{\circ} \times ۳۰۶/۷۹$ قرار گرفته است. در راه حل L_1 سطح زیرکشت گندم کمتر از راه حل L_∞ و سطح زیرکشت ذرت، گوجه‌فرنگی و پیاز بیشتر می‌باشد. در راه حل L_1 چغندر قند از مدل حذف گردید.

با مقایسه جدول ۴ با ۵ راه حل ۵ در مجموعه توافقی قرار

مجموعه کارا در جدول ۴ نشان داده شده است. ارقام این جدول مربوط به حالتی است که حداقل کردن ریسک به‌عنوان تابع هدف و اهداف دیگر به‌عنوان محدودیت پارامتریک در نظر گرفته شده‌اند. مجموعه کارا به‌وسیله تغییرات پارامتریک سمت راست محدودیت بازده ناخالص و آب ایجاد شده است. حل برنامه‌ریزی ریاضی مربوط به مزارع متوسط، ۱۲ راه حل کارا ایجاد نمود.

در گروه مزارع متوسط بیشترین بازده ناخالص مربوط به راه حل ۵۱۲ با ۵۳۹۷۸۰۱۰ ریال است. کمترین مقدار آب مصرفی در راه حل ۵۷ به مقدار ۷۵۴۵۷/۰۶ مترمکعب و کمترین مقدار وارینانس در راه حل ۵۱ به میزان $۱۰^{\circ} \times ۲۶۷/۵۳$ به‌دست آمد. محصول چغندر قند به‌دلیل مصرف بالای آب، پایین بودن بازده ناخالص در هر هکتار نسبت به دیگر محصولات و ریسک بیشتر نسبت به ذرت و گندم از مدل حذف گردید.

همان‌طور که پیشتر بیان شد وجود راه حل‌های متعدد گاهاً

جدول ۴. مجموعه کارا در مزارع متوسط

O _{۱۲}	O _{۱۱}	O _{۱۰}	O _۹	O _۸	O _۷	O _۶	O _۵	O _۴	O _۳	O _۲	O _۱	
۵۳۹۷۸۰۱	۵۳۰۸۴۸۵	۵۲۹۶۰۴۶	۵۳۰۰۵۲۱	۵۳۰۱۳۹۲	۵۲۱۷۳۵۵	۵۲۰۵۱۰۳	۵۱۲۷۱۵۷	۵۱۷۱۳۴۴	۵۲۳۲۰۳۳	۵۲۹۲۷۲۲	۵۳۸۸۶۰۲	بازده ناخالص (ده ریال)
۷۸۶۸۱	۷۶۵۶۶	۷۷۵۱۳	۷۸۶۲۶	۷۹۲۲۵	۷۵۴۵۷	۷۶۴۵۲	۷۵۵۱۱	۷۶۴۴۱	۷۷۵۴۸	۷۸۶۵۶	۷۹۷۲۸	آب آبیاری (متر مکعب)
۳۱۸/۰۷	۳۴۳/۸۲	۳۷۸/۹۹	۳۷۰/۵۰	۳۶۸/۸۶	۳۹۱/۸۵	۳۷۸/۶۰	۳۸۲/۷۴	۳۷۸/۳۴	۳۷۴/۲۵	۳۷۰/۶۴	۳۶۷/۵۳	واریانس بازده ناخالص (ریسک) (۱۰ ^۱)
۵/۷۶	۶/۲۶	۵/۸۸	۵/۵۵	۵/۳۹	۶/۳۵	۶/۰۲	۶/۱۹	۵/۹۷	۵/۷۵	۵/۵۳	۵/۳۷	سطح زیر کشت (هکتار)
۰	۰	۰	۰	۰/۰۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	گندم
۱/۴۷	۱/۰۰	۱/۴۶	۱/۸۴	۲/۰۱	۱/۰۰	۱/۴۰	۱/۳۰	۱/۴۹	۱/۶۸	۱/۸۷	۱/۹۶	چغندر قند
۰/۷۸	۰/۷۷	۰/۴۲	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۳۹	۰/۲۵	۰/۱۹	۰/۲۳	۰/۲۸	۰/۳۳	۰/۳۷	ذرت
۰/۰۹	۰/۰۸	۰/۳۴	۰/۳۸	۰/۳۶	۰/۳۶	۰/۴۳	۰/۴۳	۰/۴۱	۰/۳۹	۰/۳۷	۰/۴۰	گوجه فرنگی
												پیاز

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ۵. مجموعه توافقی با فرض وزن یکسان اهداف

L _∞	L _۱	شرح
۶/۶۲	۵/۴۴	گندم (هکتار)
۰/۰۸	۰	چغندر قند (هکتار)
۰/۶۵	۱/۸۸	ذرت (هکتار)
۰/۴	۰/۴۳	گوجه فرنگی (هکتار)
۰/۳۳	۰/۳۵	پیاز (هکتار)
		توابع هدف
۵۱۲۷۸۳۴	۵۳۸۲۹۸۹	حداکثر کردن بازده ناخالص (ده ریال)
۷۴۱۹۴	۷۹۴۹۴	حداقل کردن آب آبیاری (متر مکعب)
۳۰۶/۷۹	۳۶۸/۹۶	حداقل کردن واریانس بازده ناخالص (ریسک) (۱۰ ^۱)

مأخذ: یافته‌های تحقیق

همیشه زارعینی وجود دارند که سایر کشاورزان از تصمیمات آنان پیروی می‌کنند. این زارعین به کشاورزان پیشرو معروفند و می‌توانند به‌عنوان نماینده قابل قبولی از کشاورزان نمونه انتخاب شوند. در این مطالعه سعی شد از این گروه زارعین نمونه به‌عنوان نماینده برای فاز تصمیم‌روشن تعاملی استفاده شود. در ضمن به‌علت عدم اطلاع دقیق زارعین از مقدار آب آبیاری مناسب برای کشت محصولات در سال زراعی سعی شد برای اصلاح هدف آب آبیاری هم‌زمان با استفاده از نظر

می‌گیرد. در این راه حل محصول چغندر قند از برنامه حذف شده است. حذف محصول چغندر قند می‌تواند به این دلیل باشد که نسبت به دو محصول گوجه فرنگی و پیاز در هر هکتار بازده ناخالص کمتر و نسبت به ذرت و گندم آب مصرفی بیشتر و ریسک بالاتری دارد.

در جدول ۶ راه حل‌های فاز محاسباتی روش تعاملی برای مزارع متوسط نشان داده شده است.

در فاز تصمیم‌ریزی تعاملی بایستی برای هر گروه زارع نماینده را انتخاب کرد. در مناطق روستایی

جدول ۶. جواب محاسباتی روش تعاملی

شرح	مزارع متوسط
بازده ناخالص (ده ریال)	۴۷۴۴۵۰۱
آب آبیاری (متر مکعب)	۷۶۷۰۴
واریانس بازده ناخالص (ریسک) (۱۰ ^۱)	۳۱۷/۴۹
محصولات (هکتار)	
گندم	۶/۰۰
چغندر قند	۱/۰۱
ذرت	۰/۴۷
گوجه فرنگی	۰/۱۶
پیاز	۰/۳۳
جمع	۷/۹۷

مأخذ: یافته‌های تحقیق

در این جواب نسبت به راه حل اولیه در جدول ۶ بازده ناخالص افزایش، ریسک کاهش و سطح زیر کشت گندم، ذرت و پیاز کاهش و ذرت و گوجه‌فرنگی افزایش یافت. این جواب به زارع نماینده دوباره ارائه گردید و از وی خواسته شد که نظر خود را درباره آن بیان کند. زارع پس از بررسی ارزش اهداف بیان کرد که هنوز هدف بازده ناخالص برای وی راضی کننده نیست و خواستار افزایش آن می‌باشد. اما، دو ارزش هدف دیگر رضایت بخش است. وی تمایل به افزایش حدود ۲۰۰۰۰۰ ریال در انحراف از متوسط بازده ناخالص (انحراف معیار بازده ناخالص) و ۵۰۰ متر مکعب آب آبیاری در صورت اصلاح بازده ناخالص داشت. مدل براساس این اطلاعات جدید دوباره تعدیل گردید. در جدول ۸ راه حل جدید نشان داده شده است. در این جواب نسبت به جواب جدول ۷ سطح زیر کشت گندم و ذرت کاهش و سطح زیر کشت چغندر قند، گوجه‌فرنگی و پیاز افزایش یافت. به دلیل این که هر سه هدف مدل مقادیر آنها اصلاح و تعدیل گشت، راه حل نشان داده شده در جدول ۸، جواب نهایی روش تعاملی در مزارع متوسط در نظر گرفته شد.

زارعین از نظر کارشناس اداره آبیاری منطقه به صورت حضوری استفاده شود. بعد از تعیین زارع نماینده و ارائه راه حل فاز محاسباتی به وی، فاز تصمیم روش تعاملی آغاز می‌شود. پس از ارائه راه حل به زارع نماینده از وی خواسته شد که نظر خود را درباره این راه حل و مقدار اهداف بیان کند. لازم بود این نکته مورد توجه قرار گیرد که زارعین برای اصلاح مقدار اهداف بایستی به نقطه ایدال (ماتریس بازده) اهداف توجه کنند. افزایش بیش از ارزش ایدال هر هدف امکان‌پذیر نیست. ابتدا راه حل ارائه شده در جدول ۶ به زارع نماینده نشان داده شد و از وی درخواست گردید که نظر خود را درباره این راه حل بیان کند. زارع نماینده پس از بررسی ارزش اهداف اعلام کرد که از مقدار آب مصرفی راضی است و حاضر است ۲۰۰۰ متر مکعب آب بیشتر استفاده کند تا ارزش اهداف بازده ناخالص و ریسک اصلاح گردد. پس از تعدیل روابط و اضافه کردن محدودیت‌های جدید به مدل راه حل جدیدی به دست آمد که در جدول ۷ نشان داده شده است.

جدول ۷. اصلاح جواب محاسباتی

سطح زیر کشت (هکتار)						اهداف	
پياز	گوجه فرنگی	ذرت	چغندر قند	گندم	وارینانس بازده ناخالص (ریسک) (۱۰ ^۰)	آب آبیاری (مترمکعب)	بازده ناخالص (ده ریال)
۰/۲۰	۰/۶۱	۱/۶۳	۰/۲۱	۵/۲۴	۲۷۴/۱۵	۷۸۴۰۸	۵۲۵۴۰۴۰

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ۸. دومین اصلاح جواب محاسباتی

سطح زیر کشت (هکتار)						اهداف	
پياز	گوجه فرنگی	ذرت	چغندر قند	گندم	وارینانس بازده ناخالص (ریسک) (۱۰ ^۰)	آب آبیاری (مترمکعب)	بازده ناخالص (ده ریال)
۰/۳۷	۰/۷۹	۱/۱۱	۰/۴۳	۴/۵۶۰	۲۷۶/۱۳	۷۶۴۶۵	۵۳۶۱۷۴۱

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ۹. مقایسه جواب توافقی و تعاملی با الگوی کشت موجود مزارع متوسط

جواب تعاملی	جواب توافقی	کشت فعلی	
۵۳۶۱۷۴۱	۵۱۲۷۱۵۷	۵۱۵۰۶۴۵	بازده ناخالص (ده ریال)
۷۶۴۶۵	۷۵۵۱۱	۸۶۹۷۱	آب آبیاری (مترمکعب)
۲۷۶/۱۳	۲۸۲/۷۴	۳۱۸/۲۰	وارینانس بازده ناخالص (ریسک) (۱۰ ^۰)
			سطح زیر کشت (هکتار)
۴/۵۶	۶/۱۹	۴/۴۴	گندم
۰/۴۳	۰	۱/۴۰	چغندر قند
۱/۱۱	۱/۳۰	۱/۶۴	ذرت
۰/۷۹	۰/۱۹	۰/۲۷	گوجه فرنگی
۰/۳۷	۰/۴۳	۰/۳۵	پياز
۷/۲۶	۸/۱۰	۸/۱۰	جمع

مأخذ: یافته‌های تحقیق

مکعب، $10^0 \times 276/13$ است. در جواب توافقی نسبت به کشت فعلی، بازده ناخالص تنها ۵٪ کاهش یافته اما، آب آبیاری و ریسک به ترتیب ۱۳٪ و ۱۱٪ کاهش یافته است. در روش تعاملی نتایج به دست آمده نسبت به کشت فعلی زارعین دارای بازده ناخالص بالاتر و آب آبیاری و ریسک کمتری می‌باشد. این مورد نشان می‌دهد که در این گروه مزارع امکان افزایش بازده ناخالص، کاهش آب آبیاری و ریسک به‌طور

جدول ۹ کشت فعلی زارعین و کشت پیشنهادی توسط برنامه‌ریزی توافقی و روش تعاملی را نشان می‌دهد.

با توجه به جدول ۹ بازده ناخالص، آب آبیاری و ریسک جواب توافقی به ترتیب ۵۱۲۷۱۵۷۰ ریال، ۷۵۵۱۱/۹۲ متر مکعب و $10^0 \times 282/74$ است. این ارقام در مورد کشت فعلی و راه حل تعاملی به ترتیب ۵۱۵۰۶۴۵۰ ریال، ۸۶۹۷۱/۶۲ متر مکعب، $10^0 \times 318/20$ و ۵۳۶۱۷۴۱۰ ریال، ۷۶۴۶۵/۷۹ متر

و ریسک وجود دارد. به علاوه، نتایج روش تعاملی نسبت به توافقی، نزدیکی بیشتری به الگوی کشت فعلی زارعین نشان داد. این امر پذیرش الگوهای کشت پیشنهادی را توسط زارعین آسان تر می کند. می توان گفت با توجه به تمایل زارعین به کاهش ریسک، در الگوهای کشت پیشنهادی برای منطقه باید به سمت محصولاتی که ریسک را کاهش می دهند، حرکت کرد. افزون بر آن، نتایج نشان داد که با استفاده از یک برنامه ریزی تعاملی می توان مقدار هر سه هدف را نسبت به کشت فعلی زارعین ارتقا داد. با توجه به نتایج به دست آمده، پیشنهاد می گردد به دلیل واقعی تر بودن نتایج مدل تصمیم گیری چند معیاره تعاملی در آینده برای تعیین الگوی زراعی مناسب مزارع به این روش بیشتر توجه گردد. هم چنین با توجه به این که مشخص شد که با تغییرات در الگوی کشت موجود امکان بهبود هم زمان در سه هدف حداکثر کردن بازده ناخالص و حداقل کردن آب آبیاری و ریسک وجود دارد بنابراین لازم است که در سیاست های بهینه سازی الگوهای کشت مزارع به بهبود در مقدار این اهداف بیشتر توجه شود.

هم زمان و در صورت استفاده بهینه تر از منابع وجود دارد. در این گروه مزارع نیز در روش تعاملی ریسک کمتری نسبت به کشت فعلی و جواب توافقی به دست آمد. سطح زیر کشت جواب روش تعاملی نسبت به راه حل توافقی، شباهت بیشتری به سطح زیر کشت فعلی زارعین دارد که می تواند به دلیل لحاظ کردن ترجیحات آنها در روش تعاملی باشد.

نتیجه گیری

در مطالعه حاضر، بهینه سازی الگوهای کشت با استفاده از روش برنامه ریزی چند هدف تعاملی در استان فارس، شهرستان زرقان مورد بررسی قرار گرفت. با نگاهی به نتایج به دست آمده ملاحظه می شود که در روش تعاملی مقدار ریسک نسبت به روش توافقی و الگوی کشت موجود کمتر است. در روش تعاملی ترجیحات زارعین وارد مدل می گردد و کاهش ریسک در راه حل نهایی روش تعاملی بیانگر این مطلب می تواند باشد که زارعین مورد مطالعه ریسک گریز هستند. با استفاده از روش های مناسب برنامه ریزی زراعی امکان حفظ درآمد فعلی زارعین (و حتی در مواردی افزایش آن) و کاهش آب آبیاری

منابع مورد استفاده

۱. اصغر پور، م. ۱۳۸۳. تصمیم گیری های چند معیاره. چاپ چهارم، انتشارات دانشگاه تهران.
۲. ترکمانی، ج. و م. صبوچی. ۱۳۸۳. مطالعه گرایش به مخاطره کشاورزان با استفاده از برنامه ریزی ریسکی - توافقی. مجله علوم کشاورزی ایران ۳: ۵۸۷-۵۹۳.
۳. سلطانی، غ.، م. زیبایی و ا. کهخا. ۱۳۷۸. کاربرد برنامه ریزی ریاضی در کشاورزی. چاپ اول، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران.
۴. صبوچی، م. و م. بخشوده. ۱۳۸۳. تعیین رابطه بین هزینه فرصت آب و سطح ریسک گریزی زارعین با استفاده از برنامه ریزی چند منظوره. مجله علمی پژوهشی علوم و صنایع کشاورزی ۱: ۳۸-۴۷.
5. Caballero, R., F. Ruiz, M. V. Rodriguez Uria and C. Romero. 2006. Interactive meta-goal programming. *Europ. J. Operational Res.* 175: 135-154.
6. Cohon, J. L. 1978. *Multi Objective Programming and Planning*. Academic Press Inc., New York.
7. Francisco, S. and M. Ali. 2006. Resource allocation trade off in Manil's peri- urban production systems: an application of multi objective programming. *Agric. Sys.* 87: 147-168.
8. Hardaker, J. B., R. B. M. Hurine, J. R. Andeson and G. Lien. 2004. *Coping with Risk in Agriculture*. 2nd ed., CAB. Pub., Washington.
9. Hazell, P. B. R. and R. D. Norton. 1986. *Mathematical Programming for Economic Analysis in Agriculture*. MacMillan Pub. Co., New York.

10. Jianbo, L., W. Zhaoqion and F. W. T. Penning Del Vries. 2002. Application of interactive multiple goal programming for red soil watershed development: a case study of Qingshishan watershed. *Agric. Sys.* 73: 313-324.
11. Nowak, M. 2006. INSDECM- an interactive procedure for stochastic multi criteria decision problems. *Europ. J. Operational Res.* 175: 1413-1430.
12. Romero, C. and T. Rehman. 2003. *Multiple Criteria Analysis for Agricultural Decisions*. 2nd ed., Elsevier Sci., Amsterdam.
13. Romero, C. and T. Rehman. 1985. Goal programming and multiple criteria decision- making in farm planning: some extensions. *J. Agric. Econ.* 36: 171-185.
14. Romero, C., F. Amador and J. Domingo. 1988. Compromise risk programming for agricultural resource allocation problem: an illustration. *J. Agric. Econ.* 39: 271-276.
15. Yu, P.L. 1973. A class of solutions for group decision problems. *Manag. Sci.* 19: 936-946.
16. Zelney, M. 1973. *Compromise Programming*. University of South Carolina Press, Columbia.