

کاربرد تصمیم‌گیری چند معیاره تعاملی در برنامه‌ریزی زراعی

مطالعه موردی: استان فارس

محسن الونچی^{*} و محمود صبوحی^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 به عنوان 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 به طور 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 غالب نقاط کشور است. از این‌رو، استفاده کارتر 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. درواقع، 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، دانشگاه زابل

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

تعداد جواب‌های کارا با افزایش اهداف مورد بررسی است. روش برنامه‌ریزی توافقی (Compromise programming) تا حدی مشکل بزرگی مجموعه کارا را کاهش و به عبارتی دامنه مجموعه کارا با استفاده از آن می‌توان محدود کرد. روش برنامه‌ریزی چندمنظوره 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 به دست آمده از حل مسئله به دست می‌آید. در این روش سعی می‌شود با توجه به مجموعه کارا و ترجیحات تصمیم‌گیرنده، راه حل بهینه (بهترین توافق) تعیین شود.

على رغم 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 برنامه‌ریزی آرمانی متا، مقادیر هدف (Target values) به وسیله توابع فردی تصمیم‌گیرنده ایجاد می‌شد. 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 به دست 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 به وسیله مقادیر حداکثر و حداقل پیامدهای مورد انتظار تعریف شد. در این مدل مقادیر محدودیت‌ها، از تعامل میان تصمیم‌گیرنده و مدل در یک

کشاورزان با توجه به منابع و محدودیت‌های خود مایل به حداکثر کردن درامد مزروعه می‌باشند. لذا، هدف حداکثر کردن درامد را می‌توان به عنوان 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 تخصصی 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 تحصیص مطلوب نهاده‌ها، در بخش کشاورزی به طور گسترشده مورد استفاده قرار می‌گیرد. یکی از مدل‌های ریاضی که به منظور تعیین الگوی بهینه کشت با توجه به محدودیت منابع و نهاده‌ها توسط برنامه‌ریزان زراعی به طور 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 مسئله 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 به طور 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 به طور همزمان در تصمیم‌گیری توسط محققین پیشنهاد و مورد استفاده قرار گرفته است. یکی از اساسی‌ترین مشکلات روش برنامه‌ریزی چند منظوره افزایش

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 زمین 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 درامد مورد انتظار (تا جاییکه محدودیت‌های منابع تولید اجازه می‌دهند) حداقل کرد(۹). مدل برنامه‌ریزی ریسکی درجه دوم به صورت زیر فرمول بندی می‌شود(۸):

$$\text{Min } V = x' Q x$$

Subject to :

$$Ax \leq b \quad [2]$$

$$E = cx - f$$

$$\text{and } x \geq 0.$$

Q ماتریس واریانس – کوواریانس $n \times n$ بازده ناخالص فعالیت‌ها و E درامد مورد انتظار فعالیت‌ها که براساس محدوده امکان‌پذیر تغییر می‌کند (۸).

به دلیل ماهیت خاص محاسبه ریسک نیاز به اطلاعات تأثیرهایی 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 درامد 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 (DRAMD MZRUEH) در نظر گرفته می‌شود. از این رو برای محاسبه واریانس درامد مزرعه، دانستن واریانس و کوواریانس درامد محصولات

فرایند تکراری ایجاد می‌شد. 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 محسوسی در فرایند حل مسئله وارد و راه حل نهایی از شناسنی‌تری 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 هزمند 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 استخراجی 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 درامد خالص و استخدام نیروی کار) دو هدف کشاورزی (حداکثر استفاده از زمین و آب) و سه هدف زیست محیطی (حداکثر 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 جداکثر 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 چند هدف، توافقی و تعاملی و نحوه جمع‌آوری دادها پرداخته شده است. برای لحاظ کردن ریسک از برنامه‌ریزی درجه دوم استفاده شد که شرح مختصری از آن به صورت زیر است.

$$\begin{aligned} \text{منظوره را به صورت زیر می‌توان نشان داد (۶):} \\ \text{Max } Z(X) = (Z_1(X), Z_2(X), \dots, Z_K(X)) \\ Z_1(X) = Z_1(x_1, x_2, \dots, x_n), \\ Z_2(X) = Z_2(x_1, x_2, \dots, x_n), \\ \vdots \\ Z_k(X) = Z_k(x_1, x_2, \dots, x_n) \end{aligned} \quad [۳]$$

Subject to

$$x \in F$$

$$x \geq 0$$

که $Z = [Z_1, Z_2, \dots, Z_k]$ بردار تابع هدف چند منظوره، Z_k تابع هدف منفرد k ام، x_n متغیر 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 نمی‌شوند(۶). زمانی که اهداف حداقل کردن در مدل وارد می‌شود با ضرب کردن ضرایب آنها در عدد ۱ - اهداف به حداقل کردن تبدیل می‌شوند(۱۳). تا تمام اهداف به شکل حداقل کردن در مدل لحاظ شوند(۱۳). روش‌های متعددی برای ایجاد مجموعه جواب‌های کارا در یک مدل برنامه‌ریزی چند منظوره وجود دارد. این روش‌ها عبارت‌داز: ۱) روش وزنی (Weighting Method) ۲) روش مقید (Constraint Method) ۳) روش برآورد مجموعه غالب (Non Inferior Set Estimation Method) سیمپلکس چند منظوره (Multi Objective Simplex Algorithm). روش الگوریتم سیمپلکس چند منظوره به علت پیچیدگی محاسبات ریاضی در تحقیقات عملی مورد استفاده قرار نمی‌گیرد(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 مبادله‌ای بین اهداف و سادگی محاسبات بر روش وزنی ترجیح می‌دهند(۶). در مطالعه حاضر نیز از روش مقید برای به دست آوردن مجموعه کارا استفاده شد.

روش مقید کاربردی ترین روش برای حل مدل‌های برنامه‌ریزی چند منظوره است(۶). ایده اصلی این روش بهینه‌سازی یک هدف، زمانی که اهداف دیگر به صورت

مختلف ضروری است. اگر چه از روش‌های آماری امکان محاسبه واریانس درامد 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 درامد هر محصول) در طول زمان، امکان محاسبه کوواریانس‌ها با استفاده از اطلاعات ذهنی زارعین وجود ندارد(۳). بنابراین در کاربرد مدل‌های برنامه‌ریزی ریسکی بایستی در ابتدا به دنبال راهی بود که از طریق آن با لحاظ نمودن سوابق ذهنی زارعین در مورد تغییر درامد محصولات مختلف در مدل‌های برنامه‌ریزی ریسکی، فرایند تصمیم‌گیری را بهتر به تصویر کشید. برای این امر نیاز به اطلاعات مربوط به میانگین و واریانس داده‌های ذهنی زارعین می‌باشد. روش‌های مختلفی برای تعیین باور ذهنی زارعین در دسترس می‌باشد. باور ذهنی زارعین را می‌توان با برآورد احتمالات شخصی یا ذهنی آنها تعیین کرد. در این راستا سه روش اثرات چشمی یا عینی (Visual Impact Method)، قضاویت بر پایه اجزاء کوچک (Judgment Fractal Method) و توزیع مثلثی (Triangular Distribution Method) استفاده می‌شود. در مطالعه حاضر از توزیع مثلثی به دلیل سادگی استفاده می‌شود.

برنامه‌ریزی چند منظوره یا تکنیک بهینه‌سازی برداری جهت بهینه‌سازی هم‌زمان چند هدف که مشروط به یک مجموعه معینی از محدودیت‌های است، مورد استفاده قرار می‌گیرد. چون یک جواب بهینه را نمی‌توان به طور هم‌زمان برای چند هدف تعریف نمود، برنامه‌ریزی چند منظوره مجموعه‌ای را جستجو می‌کند که جواب‌های کارا یا بهینه پارتول (Pareto Optimum) نامیده می‌شود. عناصر اصلی این مجموعه کارا، جواب‌های موجه‌های (Feasible Solutions) است به طوری که جواب‌های موجه دیگر نمی‌توانند به همان سطح از تحقق اهداف و یا بیشتر بررسند و یا حداقل یک هدف را بهبود ببخشند(۴). مجموعه کارا می‌تواند چگونگی رسیدن به بهینه هر کدام از اهداف و تبادل بین اهداف را نشان دهد. یک برنامه‌ریزی چند

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

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

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

برای زمانی که تابع هدف حداقل کردن و

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

زمانی که تابع هدف حداقل کردن است، Z^* ارزش بهینه (ایdal) هدف زام است.

زمانی که واحدهای اندازه‌گیری متفاوت باشند، انحرافات نسبی به انحرافات مطلق ترجیح داده می‌شود. بنابراین درجه نزدیکی به صورت 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 زام 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 زام و مقدار بهینه آن است.

برای مقیاس L_p بهترین توافق یا نزدیک‌ترین جواب به نقطه ایدال با حل مسئله برنامه‌ریزی غیرخطی زیر به دست می‌آید(۷):

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

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

$$\text{Max } Z_h(X) = (x_1, x_2, \dots, x_n)^{\frac{\pi}{4}}$$

subject to

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

⋮

$$Z_{h-1}(x_1, x_2, \dots, x_n) \geq b_{h-1} \quad [4]$$

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

⋮

$$Z_k(x_1, x_2, \dots, x_n) \geq b_k$$

$$x \in F$$

$$x \geq 0$$

که b_j نشان‌دهنده حد پایین بر روی k -I 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، به دست می‌آید(۷):

$$L_{jt} = n_j + t(r-j)^{-1}(m_j - n_j), \quad j=1, 2, \dots, h-1, h+1, \dots, k \quad [5]$$

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

که L_{jt} نشان‌دهنده ارزش پارامتریک فرض شده b_j در فاصله مورد نظر، r تعداد فاصله برای b_j و m_j و n_j به ترتیب بهترین و بدترین مقدار ارزش هدف زام 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.

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

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

به طور معمول روش‌های تعاملی مطابق با دو معیار اطلاعات مربوط به تصمیم‌گیرنده و استراتژی حل مسئله طبقه‌بندی می‌شوند (۵). در این مطالعه از روش مرحله‌ای (Stem method or sTEM) به دلیل سادگی محاسبات آن استفاده می‌شود که در ادامه به اختصار توضیح داده شده است.

روش مرحله‌ای یکی از قدیمی‌ترین و در عین حال رایج‌ترین روش‌هایی است که در تصمیم‌گیری چند معیاره تعاملی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این روش در حل مدل‌های برنامه‌ریزی چند منظوره به کار گرفته می‌شود و به تصمیم‌گیرنده در حین عملیات، فرصت یادگیری و تشخیص راه حل‌های مناسب را می‌دهد (۱۰).

روش مرحله‌ای در دو فاز محاسباتی و تصمیم پیش می‌رود. تعامل بین تصمیم‌گیرنده و مدل تنها در فاز تصمیم صورت می‌گیرد (۱۴). اولین مرحله در فاز محاسباتی تعیین ماتریس Z^* بازده بهمنظور به دست آوردن ارزش ایدال rZ^* و ضد ایدال rZ^* برای هر هدف در مدل می‌باشد. سپس، اولین تخمین که نزدیک‌ترین فاصله به نقطه ایدال را دارد از حل برنامه‌ریزی خطی زیر در فضای حداقل کردن حداقل (Minimax)، (مطابق با معیار L_∞) به دست می‌آید (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... و $2 \leq p \leq 1$ می‌باشد.

برای مقیاس L_∞ ماکریم انحرافات جداگانه مینیمم می‌شود. بهترین راه حل توافقی در این حالت با حل مسئله برنامه‌ریزی خطی زیر به دست می‌آید (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_1 و L_∞ زیر مجموعه‌ای از مجموعه کارا را تعریف می‌کنند که زلنج آنها را مجموعه توافقی نامید. بر این اساس بهترین راه حل توافقی بین دو راه حل L_1 و L_∞ با توجه به اهمیت اختلاف بین ارزش هدف و نقطه ایدال، قرار می‌گیرد (۱۵) و (۱۶).

مدل برنامه‌ریزی چند منظوره و توافقی بدون توجه به ترجیحات تصمیم‌گیرنده الگوی مناسب را تعیین می‌کند. برای در نظر گرفتن ترجیحات تصمیم‌گیرنده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره تعاملی استفاده شد.

به طور کلی یک فرایند تعاملی شامل سه نهاد، تصمیم‌گیرنده، تحلیل‌گر و مدل عملیاتی است. در این فرایند، تحلیل‌گر رابط میان مدل و تصمیم‌گیرنده است. فرایند تعاملی در هر مسیر می‌تواند به صورت زیر خلاصه شود (۱۴).

تحلیل‌گر ابتدا جواب اولیه‌ای از مدل به تصمیم‌گیرنده نشان می‌دهد تا وی آن را با توجه به ترجیحات خود مورد ارزیابی قرار دهد. تصمیم‌گیرنده لازم نیست درباره ترجیحات مطلق خود از قبیل وزن‌های نهایی نسبی مربوط

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

$$\begin{aligned} z_k &\geq z_k^1 - \Delta z_k \\ z_j(x) &\geq z_j^1 \quad j=1,2,\dots,k-1,k+1,\dots,q \end{aligned} \quad [16]$$

Z_k نشان‌دهنده اهدافی است که مقادیر آنها رضایت‌بخش است. Δz_k 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 ۰ 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 به‌دست می‌آید که توسط تصمیم‌گیرنده باقی‌مانده باقی‌ماند. 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 قبیل ندارد. در هر فاز محاسباتی تنها یک جواب کارا به‌دست 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 به‌طور جزئی در هر فاز تصمیم برای به‌دست آوردن نقطه‌ای تقریبی از حداکثر مطلوبیت خود بیان کند(۱۴).

زمان و مکان مطالعه

به‌دلیل این‌که شهرستان زرگان 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 زام 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 ۷ از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

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

اگر تابع هدف زام حداکثر کردن و

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

اگر تابع هدف زام حداقل کردن باشد.

در روابط فوق c_{kj} نشان‌دهنده ضرایب تابع هدف زام است. این نوع فرایند نرمال کردن دارای ویژگی‌هایی است. اول این‌که وزن‌های W_j نرمال شده هستند و ترجیحات واقعی تصمیم‌گیرنده را نشان نمی‌دهند. در ثانی، رابطه (۱۳) تصمیم می‌کند که مجموع W_j ‌ها برابر با یک است و این یک ضرورت عملی برای مقایسه استراتژی‌های مختلف است. سوم آن‌که، قسمت اول روابط (۱۴) و (۱۵) به‌طور 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 پذیرد، فرایند به پایان می‌رسد. اگر راه حل پذیرفته نشود تصمیم‌گیرنده باید بیان کند کدام نسبت یا نسبت‌های راه حل ارائه شده در فاز محاسباتی به‌طور نسبی پست‌تر است و باید قبل از دیگری اصلاح شوند. در این صورت، تصمیم‌گیرنده باقی‌مانده باقی‌ماند. در این صورت، تصمیم‌گیرنده باقی‌مانده باقی‌ماند

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

سطح 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 به عنوان 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 شبیه تندری است که نشان می‌دهد E (ارزش مورد انتظار بازده ناخالص) بدون افزایش زیاد در واریانس (ریسک) می‌تواند اضافه گردد. اما همچنان‌که مقادیری بیشتری از بازده ناخالص کسب می‌شود شبیه 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 حداقل سود (۵۳۹۸۰۹۱۰ ریال) بوده و مطابق آن ۷۸۶۸۳ مترمکعب آب آبیاری و واریانس بازده ناخالص $10^{\circ} \times 10^{\circ} / ۹۳$ است. در هر ردیف یک هدف بهینه و مقادیر هدف دیگر به صورت 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، بینگر نقطه ایدال است، یعنی نقطه‌ای که هر هدف به ارزش بهینه خود می‌رسد. نقطه ایدال برابر با 53980910 ریال بازده ناخالص، $75370/38$ مترمکعب مصرف آب آبیاری و $10^{\circ} \times 10^{\circ} / ۹۳$ (ریال) واریانس بازده ناخالص (ریسک) به‌دست می‌آید.

پیمایشی (Survey research) جمع‌اوری شد. به همین منظور اطلاعات مورد نیاز از طریق تهیه پرسشنامه و مصاحبه حضوری با زارعین در سال زراعی ۸۴-۸۵ تهیه گردید. بر این اساس از ۲۰۰ زارع اطلاعات مورد نیاز جمع‌اوری گردید. افرون برآن، از داده‌های بازده ناخالص سال‌های ۱۳۷۶-۱۳۸۵ استفاده گردید. این دادها 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.

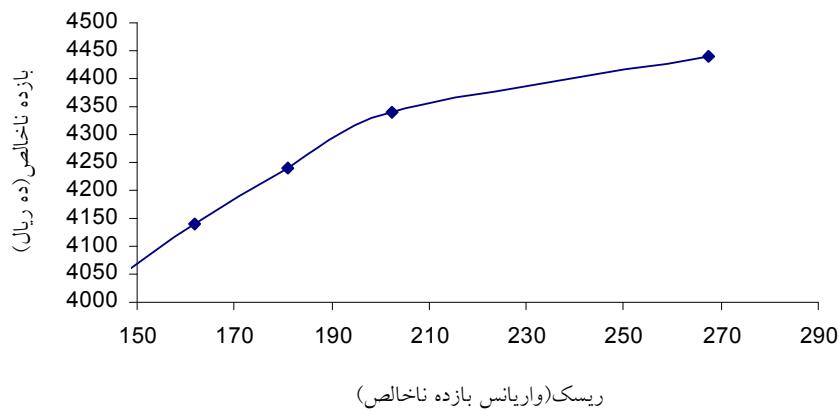
نتایج و بحث

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

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

بانگاهی به جدول ۱ ملاحظه می‌شود که بیشترین و کمترین بازده ناخالص در هر هکتار به ترتیب متعلق به محصول پیاز (۱۷۴۸۱۲۳۰ ریال) و چغندرقند (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



نمودار ۱. مرز کارا E-V در مزارع متوسط

جدول ۳. ماتریس بازده مزارع متوسط

تابع هدف	بازده ناخالص (ده ریال)	صرف آب (متر مکعب)	واریانس بازده ناخالص (ریسک) (۱۰٪)
حداکثر کردن بازده ناخالص	۵۳۹۸۰۹۱	۷۸۶۸۳	۳۱۹/۹۳
حداقل کردن آب آبیاری	۵۰۱۳۶۹۵	۷۵۳۷۰	۲۹۷/۶۴
حداقل کردن ریسک	۵۳۸۸۶۰۲	۷۹۷۷۲۹	۲۶۷/۵۳

مأخذ: یافته‌های تحقیق

باعث مشکلاتی برای تصمیم‌گیرنده به منظور انتخاب برنامه مناسب می‌شود. برنامه‌ریزی توافقی یک روش مناسب برای تعیین جموعه 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 به عنوان راه حل‌های توافقی نام‌گذاری می‌شوند.

با توجه به جدول ۵ مشاهده می‌شود که در این مزارع بازده ناخالص بین ۵۱۲۷۸۳۴۰ و ۵۳۸۲۹۸۹۰ ریال، آب آبیاری بین ۷۹۴۹۴ و ۷۴۱۹۴ مترمکعب آب و واریانس (ریسک) بین $10^1 \times 10^0$ و $10^0 \times 10^1$ 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 چندرقد 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 به عنوان تابع هدف و اهداف دیگر به عنوان محدودیت پارامتریک در نظر گرفته شده‌اند. مجموعه کارا به وسیله 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 ۰۱۲ با ۵۳۹۷۸۰۱۰ ریال است. کمترین مقدار آب مصرفی در راه حل ۰۷ به مقدار ۷۵۴۵۷/۰۶ مترمکعب و کمترین مقدار واریانس در راه حل ۰۱ به میزان $10^1 \times 10^0$ بود. محصول چغندر قند به دلیل 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 گهاً

جدول ۶. جواب محاسباتی روشنامه

شرح	مزارع متوسط
بازدۀ ناخالص (ده ریال)	۴۷۴۴۵۰۱
آب آبیاری (متر مکعب)	۷۶۷۰۴
واریانس بازدۀ ناخالص(ریسک) (۱۰٪)	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 بازدۀ ناخالص افزایش، ریسک کاهش و سطح زیر کشت گندم، ذرت و پیاز کاهش و ذرت و گوجه فرنگی 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 بازدۀ 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 بازدۀ ناخالص (انحراف معیار بازدۀ ناخالص) و ۵۰۰ متر مکعب آب آبیاری در صورت اصلاح بازدۀ ناخالص داشت. مدل براساس این اطلاعات جدید دوباره تعديل 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، گوجه فرنگی و پیاز افزایش یافت. بدلیل این که هر سه هدف مدل مقادیر آنها اصلاح و تعديل گشت، راه حل نشان داده شده در جدول ۸ جواب نهایی روشنامه 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 محاسبتی 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 بازدۀ) 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 بازدۀ ناخالص و ریسک اصلاح گردد. پس از تعديل 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

اهداف	سطح زیر کشت (هکتار)
بازده ناخالص (ده ریال) آب آبیاری (مترمکعب) واریانس بازده ناخالص(ریسک) (۱۰٪) پیاز	گندم چغندر قند ذرت گوجه فرنگی ۰/۲۰ ۰/۶۱ ۱/۶۳ ۰/۲۱ ۵/۲۴ ۲۷۴/۱۵ ۷۸۶۰۸ ۵۲۵۴۰۴۰
۰/۲۰ ۰/۶۱ ۱/۶۳ ۰/۲۱ ۵/۲۴ ۲۷۴/۱۵ ۷۸۶۰۸ ۵۲۵۴۰۴۰	

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ۸ دومین اصلاح جواب محاسباتی

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

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

مأخذ: یافته‌های تحقیق

مکعب، $10^{\circ} \times 276/13$ است. در جواب توافقی نسبت به کشت فعلی، بازده ناخالص تنها ۰/۵٪ 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 به طور

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 51271570 ریال، $51511/92$ متر مکعب و $10^{\circ} \times 282/74$ است. این ارقام در مورد کشت فعلی و راه حل تعاملی به ترتیب 51506450 ریال، $86971/62$ متر مکعب، $10^{\circ} \times 318/2$ و 53617410 ریال، $76465/79$ 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 آسان‌تر می‌کند. می‌توان گفت با توجه به تمایل زارعین به کاهش ریسک، در الگوهای کشت پیشنهادی برای منطقه باید به‌سمت محصولاتی که ریسک را کاهش می‌دهند، حرکت کرد. افزون بر آن، نتایج نشان داد که با استفاده از یک برنامه‌ریزی تعاملی می‌توان مقدار هر سه هدف را نسبت به کشت فعلی زارعین ارتقا داد. با توجه به نتایج به‌دست آمده، پیشنهاد می‌گردد به‌دلیل واقعی‌تر بودن نتایج مدل تصمیم‌گیری چند معیاره تعاملی در آینده برای تعیین الگوی زراعی مناسب مزارع به این روش بیشتر توجه گردد. هم‌چنین با توجه به این‌که مشخص شد که با تغییرات در الگوی کشت موجود امکان بهبود هم‌زمان در سه هدف حداکثر کردن بازده ناخالص و حداقل کردن آب آبیاری و ریسک وجود دارد بنابراین لازم است که درسیاست‌های بهینه‌سازی الگوهای کشت مزارع به بهبود در مقدار این اهداف بیشتر توجه شود.

هم‌زمان و در صورت استفاده بهینه‌تر از منابع وجود دارد. در این گروه مزارع نیز در روش تعاملی ریسک کمتری نسبت به کشت فعلی و جواب توافقی به‌دست آمد. سطح زیر کشت جواب روش تعاملی نسبت به راه حل توافقی، شباهت بیشتری به سطح زیر کشت فعلی زارعین دارد که می‌تواند به‌دلیل لحاظ کردن ترجیحات آنها در روش تعاملی باشد.

نتیجه‌گیری

در مطالعه حاضر، بهینه‌سازی الگوهای کشت با استفاده از روش برنامه‌ریزی چند هدف تعاملی در استان فارس، شهرستان زرگان مورد بررسی قرار گرفت. با نگاهی به نتایج به‌دست آمده ملاحظه می‌شود که در روش تعاملی مقدار ریسک نسبت به روش توافقی و الگوی کشت موجود کمتر است. در روش تعاملی ترجیحات زارعین وارد مدل می‌گردد و کاهش ریسک در راه حل نهایی روش تعاملی بیانگر این مطلب می‌تواند باشد که زارعین مورد مطالعه ریسک گریز هستند. با استفاده از روش‌های مناسب برنامه‌ریزی زراعی امکان حفظ درامد فعلی زارعین (و حتی در مواردی افزایش آن) و کاهش آب آبیاری

منابع مورد استفاده

۱. اصغر پور، م. ۱۳۸۳. تصمیم‌گیری‌های چند معیاره. چاپ چهارم، انتشارات دانشگاه تهران.
۲. ترکمانی، ج. و. م. صبوحی. ۱۳۸۳. مطالعه گرایش به مخاطره کشاورزان با استفاده از برنامه‌ریزی ریسکی - توافقی. مجله علوم کشاورزی ایران ۳: ۵۸۷-۵۹۳.
۳. سلطانی، غ.، م. زیبایی و ا. کهخا. ۱۳۷۸. کاربرد برنامه‌ریزی ریاضی در کشاورزی. چاپ اول، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران.
۴. صبوحی، م. و. م. بخشوده. ۱۳۸۳. تعیین رابطه بین هزینه فرصت آب و سطح ریسک گریزی زارعین با استفاده از برنامه‌ریزی 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. INSDEC- 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.