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

محسن الوانچی 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 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 به‌دلیل 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

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 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 دراغلب نقاط کشوراست. از این‌رو، استفاده کاراتر از آب در بخش کشاورزی می‌تواند یکی از اهداف اصلی برنامه‌ریزی در سطح مزرعه باشد (۳).

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

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

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1388.13.47.31.4]

کشاورزان با توجه به منابع و محدودیت‌های خود مایل به حداکثرکردن درامد مزرعه می‌باشند. لذا، هدف حداکثر کردن درامد را می‌توان به‌عنوان یکی از اهداف اصلی زارعین درنظرگرفت. درسطح 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 به‌نظر 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 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 قرارگرفته، 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 به‌طورهم‌زمان در تصمیم‌گیری توسط محققین پیشنهاد و مورد استفاده قرارگرفته 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 ازروش‌های 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 می‌شد. نتایج نشان داد که استفاده از روش تعاملی باعث می‌شود که تصمیم‌گیرنده توابع رفتاری مختلف را مورد آزمون قراردهد و از یک تابع رفتاری به تابع دیگر حرکت کند و در نتیجه، نتایج به‌دست آمده نسبت به روش‌های غیرتعاملی در اولویت قرارگیرد. 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

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1388.13.47.31.4]

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 به‌طور محسوسی در فرایند حل مسأله 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 بسیارفقیر، مقدار تولید کم و فرسایش خاک بسیار بالا بود. بر همین اساس بانک جهانی در سال ۱۹۹۴ به‌همراه سازمان فائو طرحی به‌منظور 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 درامد 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 نظرگرفته 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 حداکثرکردن بازده ناخالص، حداقل کردن آب آبیاری و ریسک بااستفاده از برنامه‌ریزی چند معیاره تعاملی مورد توجه قرارگرفته است.

مواد و روش‌ها

در این قسمت به‌ترتیب به اهداف، مدل چندهدف، توافقی و تعاملی و نحوه جمع‌اوری دادها پرداخته شده است.

برای لحاظ کردن ریسک از برنامه‌ریزی درجه دوم استفاده شد که شرح مختصری از آن به‌صورت زیر است.

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

$$V = \sum_{j}\sum_{k} X_j X_k S_{jk} \qquad [۱]$$

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

برای به‌دست 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 به‌صورت زیر فرمول بندی می شود (۸):

$$\begin{aligned} &\text{Min} \quad V = x'Qx \\ &\text{Subject to :} \\ &\quad Ax \le b \qquad [۲] \\ &\quad E = cx - f \\ &\quad \text{and } x \ge ۰ \end{aligned}$$

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

به‌دلیل ماهیت خاص محاسبه ریسک نیاز به اطلاعات ثانویه‌ای است که امکان دسترسی آنها به‌صورت 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 به‌عنوان واریانس یک طرح زراعی معین (درامد مزرعه) در نظرگرفته می‌شود. از این رو برای محاسبه واریانس درامد مزرعه، دانستن واریانس و کوواریانس درامد محصولات

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1388.13.47.31.4]

مختلف ضروری است. اگر چه از روش‌های آماری امکان محاسبه واریانس درامد هر محصول بااستفاده از اطلاعات ذهنی به‌دست آمده از زارعین وجود دارد اما، به‌دلیل عدم امکان دستیابی به اطلاعات مربوط به تغیرات عملکرد و قیمت انواع محصولات (ودر 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 به‌دنبال 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. باورذهنی زارعین را می‌توان با براورد 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) وتوزیع مثلثی (Triangular Distribution Method) استفاده می‌شود. در مطالعه حاضرازتوزیع مثلثی به‌دلیل سادگی استفاده می‌شود.

برنامه‌ریزی چندمنظوره یا تکنیک بهینه‌سازی برداری جهت بهینه‌سازی هم‌زمان چند هدف که مشروط به یک مجموعه معینی از محدودیت‌هاست، مورد استفاده قرار می‌گیرد. چون یک جواب بهینه را نمی‌توان به‌طور هم زمان برای چند هدف تعریف نمود، برنامه‌ریزی چند منظوره مجموعه‌ای را جستجو می‌کند که جواب‌های کارا یا بهینه پارتو (Pareto Optimum) نامیده می‌شود. عناصر اصلی این مجموعه کارا، جواب‌های موجه‌ای(Feasible Solutions) است به‌طوری که جواب‌های موجه دیگر نمی‌توانند به همان سطح از تحقق اهداف و یا بیشتر برسند 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 منظوره را به‌صورت زیر می‌توان نشان داد (۶):

$$
\begin{aligned}
&\text{Max}\quad Z(X) = \left(Z_1(X), Z_2(X) \ldots, Z_K(X)\right) \\
&\quad Z_1(X) = Z_1(x_1, x_2, \ldots, x_n), \\
&\quad Z_2(X) = Z_2(x_1, x_2, \ldots, x_n), \\
&\quad \vdots \\
&\quad Z_k(X) = Z_k(x_1, x_2, \ldots x_n) \qquad [3] \\
&\text{Subject to} \\
&\quad x \in F \\
&\quad x \geq 0
\end{aligned}
$$

که $Z= [Z_1, Z_2, \ldots , Z_k]$ 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 نمی‌شوند(۶). زمانی که اهداف حداقل کردن در مدل وارد می‌شود با ضرب کردن ضرایب آنها درعدد ۱- اهداف به حداکثر کردن تبدیل می‌شوند تا تمام اهداف به شکل حداکثر کردن در مدل لحاظ شوند (۱۳).

روش‌های متعددی برای ایجاد مجموعه جواب‌های کارا در یک مدل برنامه‌ریزی چند منظوره وجود دارد. این روش‌ها عبارتند از: ۱) روش وزنی (Weighting Method) ۲) روش مقید (Constraint Method) ۳) روش براورد مجموعه غالب (Non Inferior Set Estimation Method) ۴) الگوریتم سیمپلکس چند منظوره (Multi Objective Simplex Algorithm). روش الگوریتم سیمپلکس چند منظوره به‌علت 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 به‌دلیل کنترل برتغییرات 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 به‌دست آوردن مجموعه کارا استفاده شد.

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

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1388.13.47.31.4]

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):

$$\begin{aligned} \text{Max} \quad & Z_h(X) = (x_1, x_2, ..., x_n)\frac{\pi}{4} \\ \text{subject to} \quad & \\ & Z_1(x_1, x_2, ..., x_n) \geq b_1 \\ & \vdots \\ & Z_{h-1}(x_1, x_2, ..., x_n) \geq b_{h-1} \\ & Z_{h+1}(x_1, x_2, ..., x_n) \geq b_{h+1} \\ & \vdots \\ & Z_k(x_1, x_2, ...x_n) \geq b_k \\ & x \in F \\ & x \geq 0 \end{aligned} \qquad [۴]$$

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).

$$L_{jr} = n_j + t(r-1)^{-1}(m_j - n_j), \quad j = 1,2,...,h-1,h+1,...,k \qquad [۵]$$

$$t = 0,1,2,...,(r-1)$$

که L_{jr} نشان‌دهنده ارزش پارامتریک فرض شده b_j درفاصله مورد نظر، r تعداد فاصله برای b_j و m_j و n_j به‌ترتیب بهترین و بدترین مقدار ارزش هدف jام 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 هرکدام از اهداف 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):

$$d_i = z_j^* - z_j(x) \qquad [۶]$$

برای زمانی که تابع هدف حداکثر کردن و

$$d_j = z_j(x) - z_j^* \qquad [۷]$$

زمانی که تابع هدف حداقل کردن است، Z^*_jارزش بهینه (ایدال) هدف jام است.

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

$$d_j = \frac{Z_j^* - Z_j(x)}{Z_j^* - Z_{*j}} \qquad [۸]$$

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

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

$$L_p(\alpha, k) = \left[\left(\sum_{j=1}^{k} \alpha_j d_j\right)^p\right]^{\frac{1}{p}} \qquad [۹]$$

که α_j نشان‌دهنده اهمیت وزن فاصله بین هدف jام 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):

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1388.13.47.31.4]

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

که...و۲و۱ = p می‌باشد.

برای مقیاس L_∞ ماکزیمم انحرافات جداگانه مینیمم می‌شود. بهترین راه حل توافقی در این حالت با حل مسأله برنامه‌ریزی خطی زیر به‌دست می‌آید(۷):

$$\begin{aligned} &\text{Min} \quad L_\infty = d_\infty \\ &\text{subject to} \\ &\frac{\alpha_1\left(z_1^* - z_1(x)\right)}{z_1^* - z_{*1}} \le d_\infty \\ &\qquad \vdots \\ &\frac{\alpha_k\left(z_k^* - z_k(x)\right)}{z_k^* - z_{*k}} \le d_\infty \\ &X \in F \end{aligned} \qquad [11]$$

یو نشان داد که فاصله L_1 و L_∞ زیر مجموعه‌ای از مجموعه کارا را تعریف می‌کنند که زلنی 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.

به‌طور 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 به‌صورت 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 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 قرارگرفته و ترجیحات خود را درباره آن بیان می‌کند. این فرایند در مسیر تعامل و تکرار ادامه می‌یابد تا این‌که به جوابی رسید که از نظر تصمیم‌گیرنده به اندازه کافی مناسب است (۱۴).

به‌طور معمول روش‌های تعاملی مطابق با دو معیار اطلاعات مربوط به تصمیم‌گیرنده و استراتژی حل مسأله طبقه‌بندی می‌شوند(۵). در این مطالعه از روش مرحله‌ای (Stem method or sTEM) به‌دلیل 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 قرارمی گیرد. این روش در حل مدل‌های برنامه‌ریزی چند منظوره به‌کار 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 بازده به‌منظور به‌دست آوردن ارزش ایدال Z_j^* و ضد ایدال Z_{*j} 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 حداکثر (*Minimax*)، (مطابق با معیار L_∞) به‌دست می‌آید(۱۴):

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

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1388.13.47.31.4]

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

$$W_j = \frac{V_J}{\sum_{J=1}^{q} V_J} \qquad [13]$$

و v_j از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

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

اگر تابع هدف jام حداکثر کردن و

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

اگر تابع هدف jام حداقل کردن باشد.

در روابط فوق c_{kj} نشان‌دهنده ضرایب تابع هدف jام است. این توع 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) تضمین می‌کند که مجموع W_jها 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 نظرمی گیرد 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 به‌طور نسبی پست‌تر است و باید قبل از دیگری اصلاح شوند. در این صورت، تصمیم‌گیرنده بایستی حداکثر 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):

$$z_k \geq z_k^l - \Delta z_k$$
$$z_j(x) \geq z_j^l \qquad j = 1,2,...,k-1,k+1,...,q \qquad [16]$$

Z_k نشان‌دهنده اهدافی است که مقادیر آنها رضایت‌بخش است. Δz_k حداکثرمقدار اصلاح شده هدف توسط تصمیم‌گیرنده و بردار $[z_1^l,...z_q^l]$ راه حل در فضای اهداف می‌باشد برای تکرار بعد $v_k = 0$ و $W_k = 0$ 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 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 هرفاز محاسباتی تنها یک جواب کارا به‌دست می‌آید. به‌علاوه، 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 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 به‌عنوان منطقه مورد مطالعه انتخاب شد. جهت رسیدن به اهداف تحقیق، آمار و اطلاعات مورد نیاز با استفاده از روش تحقیق

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1388.13.47.31.4]

پیمایشی(Survey research) جمع‌اوری 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 جمع‌اوری گردید. افزون برآن، از دادهای بازده ناخالص سال‌های ۱۳۷۶-۱۳۸۵ نیز 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 حجیم شدن این بحث فقط به ویژگی‌های مزارع متوسط اشاره شده است.

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

با نگاهی به جدول ۱ ملاحظه می‌شود که بیشترین و کمترین بازده ناخالص در هر هکتار به‌ترتیب 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 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 قرارگرفت.

نمودار ۱ مرز کارا E-V را برای مزارع متوسط نشان می‌دهد. مرز کارا در ابتدا دارای شیب تندی 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 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 به‌معنی جواب حداکثر سود (۵۳۹۸۰۹۱۰ ریال) بوده و مطابق آن ۷۸۶۸۳ مترمکعب آب آبیاری و واریانس بازده ناخالص $۳۱۹/۹۳ \times ۱۰^{۱۰}$ 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 $۲۶۷/۵۳ \times ۱۰^{۱۰}$ (ریال^{۲}) واریانس بازده ناخالص (ریسک) به‌دست می‌آید.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1388.13.47.31.4]

جدول۱. ماتریس داده- ستاده مزارع متوسط

شرح	فعالیتها					RHS*
	گندم	چغندر قند	ذرت	گوجه 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 کاردر آماده سازی زمین (نفر روز/ هکتار)	۲/۰۱	۲/۷۴	۱/۶۵	۴/۱۸	۶/۲۳	۱۸/۷۸
نیروی کاردر 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 (کیلو گرم/ 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.

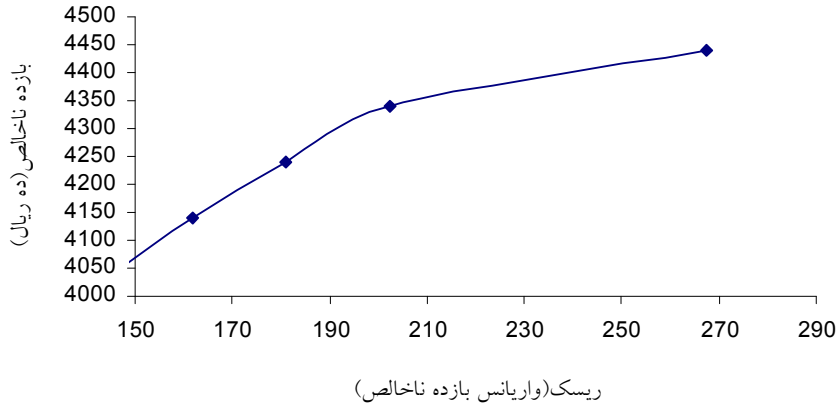
جدول۲. تغییر راه حل پایه برای برنامه‌ریزی ریسکی درجه دوم

شرح	طرح زراعی				
	۱	۲	۳	۴	۵
بازده ناخالص مورد انتظار (ده ریال)	۴۴۳۹۳۳۳	۴۳۳۹۳۳۳	۴۲۳۹۳۳۳	۴۱۳۹۳۳۳	۴۰۳۹۳۳۳
واریانس (10^{10})	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
گوجه 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

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1388.13.47.31.4]



نمودار۱. مرز کارا E-V در مزارع متوسط

جدول۳. ماتریس بازده مزارع متوسط

تابع هدف	بازده ناخالص(ده ریال)	مصرف آب (متر مکعب)	واریانس بازده ناخالص(ریسک) (10^{10})
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

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 نظرگرفته 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 بیشرین بازده ناخالص مربوط به راه حل $o_{۱۲}$ با ۵۳۹۷۸۰۱۰ ریال است. کمترین مقدار آب مصرفی در راه حل $o_{۷}$ به مقدار ۷۵۴۵۷/۰۶ مترمکعب و کمترین مقدار واریانس در راه حل $o_{۱}$ به‌میزان $۱۰^{۱۰} \times ۲۶۷/۵۳$ به‌دست آمد. محصول چغندرقند 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 باعث مشکلاتی برای تصمیم‌گیرنده به‌منظور 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 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 واریانس(ریسک) بین $۱۰^{۱۰} \times ۲۶۸/۹۶$ و $۱۰^{۱۰} \times ۳۰۶/۷۹$ قرارگرفته 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 چغندرقند از مدل حذف گردید.

با مقایسه جدول ۴ با ۵ راه حل $o_{۵}$ در مجموعه توافقی قرار

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1388.13.47.31.4]

جدول۴. مجموعه کارا در مزارع متوسط

	O_1	O_2	O_3	O_4	O_5	O_6	O_7	O_8	O_9	O_{10}	O_{11}	O_{12}
بازده ناخالص(ده ریال)	۵۳۸۸۶۰۲	۵۲۹۲۷۲۲	۵۲۳۲۰۳۳	۵۱۷۱۳۴۴	۵۱۲۷۱۵۷	۵۲۰۵۱۰۳	۵۲۱۷۳۵۵	۵۳۰۱۳۹۲	۵۳۰۰۵۲۱	۵۲۹۶۰۴۶	۵۳۰۸۴۸۵	۵۳۹۷۸۰۱
آب آبیاری (متر مکعب)	۷۹۷۲۸	۷۸۶۵۶	۷۷۵۴۸	۷۶۴۴۱	۷۵۵۱۱	۷۶۴۵۲	۷۵۴۵۷	۷۹۲۲۵	۷۸۶۲۶	۷۷۵۱۳	۷۶۵۶۶	۷۸۶۸۱
واریانس بازده ناخالص(ریسک) (10^{1})	۲۶۷/۵۳	۲۷۰/۶۴	۲۷۴/۲۵	۲۷۸/۳۴	۲۸۲/۷۴	۲۷۸/۶۰	۲۹۱/۸۵	۲۶۸/۸۶	۲۷۰/۵۰	۲۷۸/۹۹	۳۴۳/۸۲	۳۱۸/۰۷
سطح زیر کشت (هکتار)												
گندم	۵/۳۷	۵/۵۳	۵/۷۵	۵/۹۷	۶/۱۹	۶/۰۲	۶/۳۵	۵/۳۹	۵/۵۵	۵/۸۸	۶/۲۶	۵/۷۶
چغندر قند	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۱	۰	۰	۰	۰
ذرت	۱/۹۶	۱/۸۷	۱/۶۸	۱/۴۹	۱/۳۰	۱/۴۰	۱/۰۰	۲/۰۱	۱/۸۴	۱/۴۶	۱/۰۰	۱/۴۷
گوجه فرنگی	۰/۳۷	۰/۳۳	۰/۲۸	۰/۲۳	۰/۱۹	۰/۲۵	۰/۳۹	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۴۲	۰/۷۷	۰/۷۸
پیاز	۰/۴۰	۰/۳۷	۰/۳۹	۰/۴۱	۰/۴۳	۰/۴۳	۰/۳۶	۰/۳۶	۰/۳۸	۰/۳۴	۰/۰۸	۰/۰۹

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول۵. مجموعه توافقی با فرض وزن یکسان اهداف

شرح	L_1	L_∞
گندم (هکتار)	۵/۴۴	۶/۶۲
چغندر قند (هکتار)	۰	۰/۰۸
ذرت (هکتار)	۱/۸۸	۰/۶۵
گوجه فرنگی (هکتار)	۰/۴۳	۰/۴
پیاز (هکتار)	۰/۳۵	۰/۳۳
توابع هدف		
حداکثر کردن بازده ناخالص (ده ریال)	۵۳۸۲۹۸۹	۵۱۲۷۸۳۴
حداقل کردن آب آبیاری(متر مکعب)	۷۹۴۹۴	۷۴۱۹۴
حداقل کردن واریانس بازده ناخالص(ریسک) (10^{1})	۲۶۸/۹۶	۳۰۶/۷۹

مأخذ: یافته‌های تحقیق

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

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

در فاز تصمیم برنامه‌ریزی تعاملی بایستی برای هر گروه زارع نماینده را انتخاب کرد. در مناطق روستایی 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 تصمیم روش 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

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1388.13.47.31.4]

جدول۶. جواب محاسباتی روش تعاملی

شرح	مزارع متوسط
بازده ناخالص (ده ریال)	۴۷۴۴۵۰۱
آب آبیاری (متر مکعب)	۷۶۷۰۴
واریانس بازده ناخالص(ریسک) ($۱۰^{۱۰}$)	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

زارعین از نظرکارشناس اداره آبیاری منطقه به‌صورت حضوری استفاده شود.

بعد از تعیین زارع نماینده و ارائه راه حل فاز محاسبتی به وی، فاز تصمیم روش تعاملی آغازمی شود. 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 به‌دست آمد که در جدول ۷ نشان داده شده است.

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 چغندرقند، گوجه‌فرنگی و پیاز افزایش یافت. به‌دلیل این‌که هر سه هدف مدل مقادیر آنها اصلاح و تعدیل گشت، راه حل نشان داه شده در جدول ۸، جواب نهایی روش تعاملی در مزارع متوسط در نظر گرفته شد.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1388.13.47.31.4]

جدول۷. اصلاح جواب محاسباتی

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

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول۸. دومین اصلاح جواب محاسباتی

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

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول۹. مقایسه جواب توافقی و تعاملی با الگوی کشت موجود مزارع متوسط

	کشت فعلی	جواب توافقی	جواب تعاملی
بازده ناخالص (ده ریال)	۵۱۵۰۶۴۵	۵۱۲۷۱۵۷	۵۳۶۱۷۴۱
آب آبیاری (متر مکعب)	۸۶۹۷۱	۷۵۵۱۱	۷۶۴۶۵
واریانس بازده ناخالص(ریسک) ($۱۰^{۱۰}$)	۳۱۸/۲۰	۲۸۲/۷۴	۲۷۶/۱۳
سطح زیر کشت (هکتار)			
گندم	۴/۴۴	۶/۱۹	۴/۵۶
چغندر قند	۱/۴۰	۰	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

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 به‌ترتیب ۵۱۲۷۱۵۷۰ ریال، ۷۵۵۱۱/۹۲ متر مکعب و $۲۸۲/۷۴ \times ۱۰^{۱۰}$ است. این ارقام در مورد کشت فعلی و راه حل تعاملی به‌ترتیب ۵۱۵۰۶۴۵۰ ریال، ۸۶۹۷۱/۶۲ متر مکعب، $۳۱۸/۲ \times ۱۰^{۱۰}$ و ۵۳۶۱۷۴۱۰ ریال، ۷۶۴۶۵/۷۹ متر مکعب، $۲۷۶/۱۳ \times ۱۰^{۱۰}$ است. در جواب توافقی نسبت به کشت فعلی، بازده ناخالص تنها ۰/۵ ٪ کاهش یافته اما، آب آبیاری و ریسک به‌ترتیب ۱۳٪ و ۱۱٪ کاهش یافته است. در روش تعاملی نتایج به‌دست 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

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1388.13.47.31.4]

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 زرقان مورد بررسی قرارگرفت. با نگاهی به نتایج به‌دست آمده ملاحظه می‌شود که در روش تعاملی مقدار ریسک نسبت به‌روش 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 و ریسک وجود دارد. به‌علاوه، 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.

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.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1388.13.47.31.4]

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.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1388.13.47.31.4]