کاربرد برنامه‌ریزی چند هدفه و پارامترهای کنترل کننده میزان محافظه‌کاری در برنامه‌ریزی زراعی مطالعه موردی: شهرستان مشهد

مصطفی مردانی[۱] ، حسن سخدری[۱] ، محمود صبوحی*[۱]

تاریخ دریافت:۹۰/۳/۲۲ تاریخ پذیرش:۹۰/۵/۷

چکیده

تصمیم‌گیری در مورد طرح‌های کشاورزی بدون توجه به عدم حتمیت باعث بروز مشکلات فراوانی برای کشاورزان و مدیران اجرایی خواهد شد. در مطالعه حاضر، با استفاده از برنامه‌ریزی چند منظوره در شرایط عدم حتمیت به تعیین الگوی بهینه کشت در شهرستان مشهد پرداخته شد. برای حل مدل مورد مطالعه از روش مجموعه غیر پست استفاده و براین اساس، ماتریس بازده نهایی برای تعیین وزن اهداف، حداکثر کردن درآمد ناخالص و حداقل کردن هزینه محاسبه شد. برای اعمال شرایط عدم حتمیت در مدل از بهینه‌سازی با پارامترهای کنترل کننده میزان محافظه‌کاری استفاده شد. داده‌های مورد نیاز مطالعه از جهاد کشاورزی شهرستان مشهد برای سال زراعی ۱۳۸۶ اخذ گردید و یافته‌ها نشان داد که با کاهش میزان عدم حتمیت، سطح زیرکشت کل و درآمد ناخالص کشاورزان افزایش می‌یابد. با توجه به یافته‌ها، سیاست‌های بیمه‌ای در جهت کاهش ریسک قیمتی یا تولیدی و سیاست قیمت تضمینی برای محصولاتی که با افزایش میزان عدم حتمیت در مدل، الگوهای بهینه کشت را تحت تأثیر قرار می‌دهند، توصیه می‌شود.

طبقه‌بندی *JEL: C6 , R14 , Q1*

واژه های کلیدی:

برنامه‌ریزی چند هدفه، مجموعه غیر پست ، عدم حتمیت، شهرستان مشهد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

۱- به ترتیب دانشجویان کارشناسی ارشد و دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه زابل.
* نویسنده ی مسئول: saboohi@uoz.ac.ir

پیشگفتار

یکی از راههای افزایش تولید محصولات کشاورزی افزودن سطح زیر کشت این محصولات است(شارما و همکاران، ۲۰۰۷). افزایش سطح زیرکشت این محصولات بدون توجه به عوامل محدود کننده‌ای مانند آب قابل دسترس، نقدینگی و غیره باعث استفاده غیر بهینه از منابع موجود در زمین‌های کشاورزی و در نهایت شکست برنامه‌ریزی زراعی می‌شود. در کشورهایی نظیر ایران با توجه به کمبود منابع تولید کشاورزی بخصوص زمین‌های حاصلخیز و آب تهیه الگوی بهینه کشت برای انجام عملیات زراعی در مناطق مختلف ضروری به نظر می‌رسد. علاوه بر وجود محدودیت در منابع تولید کشاورزی، مسئله عدم حتمیت در تأمین این منابع از مسائل بسیار مهم در تعیین الگوی بهینه کشت می‌باشد.

پیشگامان تصمیم‌گیری در شرایط عدم حتمیت در دهه‌ی ۱۹۵۰ دانتزینگ (۱۹۵۵) در برنامه‌ریزی تصادفی و چارنس و کوپر (۱۹۵۹) در برنامه‌ریزی تحت محدودیت‌های تصادفی بودند. در اواسط دهه‌ی ۱۹۹۰ مبحث ایجاد محافظه‌کاری (در مقابل عدم حتمیت) در مدل‌ها به وسیله محدود کردن پارامترهای نامطمئن مطرح شد (بن-تال و نمیروسکی ۱۹۹۸، ۱۹۹۹، ۲۰۰۰، القوای و لبرت، ۱۹۹۷ و القوای و همکاران، ۱۹۹۸). چهارچوب محاسبات موجود در مدل‌های مطرح شده در این زمان درجه دوم مخروطی بود. همین امر موجب شد که برتسیماس و سیم (۲۰۰۳ و ۲۰۰۴) روش بهینه‌سازی با پارامترهای کنترل کننده میزان محافظه‌کاری (میزان عدم حتمیت) و یا بهینه‌سازی قوی را ابداع کنند. نمونه‌های کاربردی متعددی از روش بهینه‌سازی با پارامترهای کنترل کننده میزان محافظه‌کاری در زمینه‌های مسائل مدیریتی از جمله تئوری کوله‌پشتی (برتسیماس و سیم، ۲۰۰۴) و تئوری انبار(ثیل، ۲۰۰۴) بیان شده است.

برای بهینه‌سازی تخصیص زمین‌های قابل کشت در مناطق مختلف دنیا مطالعات فراوانی صورت پذیرفته‌است(الشیشینی، ۱۹۹۸ و اولیویرا و همکاران، ۲۰۰۳). در بسیاری از این مطالعات از مدل‌های برنامه‌ریزی چند هدفه(یه و لابادی، ۲۰۰۳) و یا برنامه‌ریزی چند هدفه فازی (زنگ و همکاران، ۲۰۱۰) استفاده شده‌است.

کمال و التین (۲۰۰۴)، با هدف تعیین الگوی بهینه کشت مطالعاتی را انجام دادند. آنها الگوی کشتی شامل گندم، جو، پنبه، هندوانه، فلفل و بادنجان را مورد بررسی و بهترین الگوی کشت با استفاده از برنامه‌ریزی خطی را با هدف حداکثر کردن درآمد در شرایطی که منبع آب با ظرفیت های ۰، ۲۰٪، ۴۰٪، ۶۰٪، ۸۰٪ و ۱۰۰٪ و عمق آبیاری ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد تعیین کردند. نتایج نشان داد که در شرایط عمق آبیاری زیاد و ظرفیت کم منابع آب، درآمد خالص بدست آمده بسیار کاهش می‌یابد.

سشی و همکاران (۲۰۰۶)، به بهینه‌سازی تخصیص منابع آب و الگوی کشت بـه صـورت تـوأم در منطقه بالاسور در کشور هند پرداختند. برای اتخاذ سیاست‌های بلند مدت برای مـدیریت پایـدار زمین‌های کشاورزی و منابع آب موجود در منطقه از دو نوع برنامه‌ریزی خطی محـدودیت تصـادفی (CCLP) و برنامه‌ریزی قطعی استفاده و سه سناریوی متفاوت برای الگـوی کشـت (۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد انحراف از الگوی کشت فعلی) و چهار سناریو برای ترکیب آب سطحی و زیرزمینـی بـا سـطح ریسک متفاوت (۱۰،۲۰،۳۰ و۴۰ درصد) در نظرگرفته شد. نتایج تحلیـل حساسـیت نشـان داد کـه ۲۰٪ آب سـطحی و ۳۰٪ آب زیرزمینـی قابـل دسـترس، سـطوح بهینـه تخصـیص آب را تشـکیل می‌دهند. همچنین ۴۰ درصد انحراف از الگوی کشت فعلی برای ارضای حداقل نیـاز غـذایی بهینـه است.

در ایران نیز مطالعاتی در زمینه تعیین الگوی بهینـه کشـت انجـام پذیرفتـه‌اسـت(چیـذری و همکاران(۱۳۸۴)، کهنسال و زارع(۱۳۸۷)، شاه کرمی و همکارن(۱۳۸۵)).

رستگاری‌پور و صبوحی(۱۳۸۸)، از برنامه‌ریزی فازی خاکسـتری بـرای تعیـین الگـوی بهینـه کشت در بخش مرکزی شهرستان قوچان استفاده کرده و نتایج نشان داد که سطح زیرکشـت فعلـی گندم آبی، جو آبی و یونجه بیش از حد بالای بازه سطح زیرکشت آنها و جو دیم، کمتر از حد پایین باز سطح زیر کشت آن است. سطح زیر کشت فعلی گندم دیم و چغندرقنـد در بـازه درنظـر گرفتـه شده قرار داشت. افزون بـر آن، درجـه خاکسـتری بـودن مجموعـه جـواب حاصـل از برنامـه‌ریـزی خاکستری با استفاده از راه‌کار برنامه‌ریزی خاکستری به میزان ۴۸ درصد کاهش یافت.

میرزائی و همکاران در سال ۱۳۸۶ در مطالعه‌ای بـه تجزیـه و تحلیـل تخصـیص بهینـه آب و الگوهای کشت در دشت تجن با توجـه بـه تغییـرات درآمـدهای انتظـاری محصـولات کشـاورزی و افزایش قیمت آب با استفاده از برنامه‌ریزی خطی پرداخته و نتایج نشان داد که بهینه‌سـازی الگـوی کشت و تخصیص آب آبیاری به افزایش سود در بخـش کشـاورزی کمـک قابـل تـوجهی مـی‌کنـد. جواب‌های بهینه با در نظر گرفتن ریسک در سـودهای ناخـالص نشـان داد کـه تقاضـای آب نسـبتاً کشش‌پذیر است.

ترکمـانی و صـبوحی(۱۳۸۶)، بـا اسـتفاده از روش برنامـه‌ریـزی چنـد هدفـه بـه تعیـین استراتژی‌های غالب برای انتخاب و تعیین بازده‌برنامه زارعین شهرستان فسا پرداختند. برای تعیـین مجموعه استراتژی‌های غالب برای زارعین مورد مطالعه، ابتدا مـاتریس بـازده‌هـا از حـداکثر کـردن اهداف مدل شامل حداکثر کردن بازده انتظاری، حداکثر کردن کمترین بازده سالانه و حداقل کردن احتمال سقوط بازده از یک سطح بحرانی تخمین زده شد. نتـایج نشـان داد کـه حـداقل و حـداکثر بازده به ترتیب ۲۷۰۲۵۲ و ۲۱۷۷۵۳ هزار ریال است. همچنـین، نتـایج حاصـل از مقایسـه الگـوی

کشت فعلی زارعین و الگوی زراعی پیشنهاد شده توسط مدل نشان داد که سطوح زیرکشت فعلی محصولات مختلف زارعین به استثنای چغندرقند تقریباً در دامنه‌ای است که به وسیله الگو تعیین شده است.

تدوین یک الگوی کشت مناسب برای مناطق مختلف با شرایط متفاوت دسترسی به منابع تولید و عدم اطمینان در تأمین این منابع می‌تواند موجبات ایجاد گزینه‌های متفاوت اقتصادی را برای تصمیم‌گیرندگان در این زمینه فراهم آورد. هدف اصلی در مطالعه حاضر تعیین الگوی بهینه کشت برای اراضی کشاورزی شهرستان مشهد می‌باشد. به این منظور از مدل برنامه‌ریزی چند هدفه استفاده شده است. برای حل مدل مذکور از روش برآورد مجموعه غیر پست (NISE) استفاده شده است. به دلیل وجود عدم اطمینان در برخی از پارامترهای مدل برنامه‌ریزی، از بهینه‌سازی با پارامترهای کنترل کننده میزان محافظه‌کاری (میزان عدم حتمیت) استفاده شده است. استفاده از این بهینه‌سازی موجب ایجاد گزینه‌های متفاوت برای شرایط متفاوت عدم حتمیت خواهد شد.

منطقه مورد مطالعه شهرستان مشهد است که واقع در پهنه جغرافیایی استان خراسان رضوی با وسعت تقریبی ۱۰۴۵ کیلومتر مربع می‌باشد. اقلیم طبیعی شهرستان مشهد دارای آب و هوای معتدل است. دشت مشهد که جزو حوضه آبریز کشف رود بوده وسعتی بالغ بر ۱۶۵۰۰ کیلومتر مربع داشته که از این وسعت ۵۰۰۰ کیلومتر مربع آن را دشت و بقیه را ارتفاعات تشکیل می‌دهد.

میزان نزولات جوی در ارتفاع و سطح دشت تفاوت زیادی دارد، بطوریکه در ارتفاعات هزارمسجد ۸۰۰ میلی‌متر و در سطح دشت مشهد متوسط ۲۵۰ میلی‌متر گزارش شده است. از جمله منابع آب سطحی این دشت نیز می‌توان به خود رودخانه کشف رود اشاره کرد. (سالنامه آماری استان خراسان رضوی، ۱۳۸۷).

مواد وروش‌ها

جزئیات علائم و پارامترهای مورد استفاده در مطالعه حاضر در جدول شماره(۱) آورده شده است.

فرم کلی یک برنامه‌ریزی چندهدفه به صورت زیر می‌باشد (رومرو و رهمان، ۲۰۰۳):

$$\begin{aligned} & Eff \quad Z(x) = \left[z_1, z_2, \ldots, z_q(x)\right] \\ & s.t. \\ & x \in F \end{aligned} \qquad (۱)$$

که در آن Eff بیانگر جستجو برای جواب‌های کارا، برای حداکثر و یا حداقل کردن هر یک از $z_q(x)$ است. F نیز نشان دهنده مجموعه امکان‌پذیر برای جواب‌های کارا است. به عبارت دیگر،

$x \in F$ محدودیت‌های فنی موجود در مسئله را بیان می‌کند. در مطالعه حاضر از روش برآورد مجموعه‌های غیر پست (NISE) برای برآورد جواب‌های بهینه در برنامه‌ریزی چند هدفه استفاده شده و در ادامه به شرح آن پرداخته می‌شود.

روش برآورد مجموعه های غیر پست برای اولین بار توسط کوهن و همکاران(۱۹۷۹) ارائه شد. این روش برآوردی سریع و مناسب از مجموعه جواب‌های امکان‌پذیر، در مواقعی که دو هدف در برنامه‌ریزی چند هدفه وجود داشته باشد، ارائه می‌دهد(رومرو و رحمان، ۲۰۰۳). در مطالعه حاضر نیز دو هدف حداکثر کردن درآمد ناخالص و حداقل کردن هزینه‌های تولید در نظرگرفته شده‌است. درنظر گرفتن توأم این دو هدف علاوه بر حداکثر کردن سود ناخالص کل کشاورزان باعث افزایش بهره‌وری استفاده از نهاده‌های تولید (بدلیل حداقل کردن هزینه تولید) می‌شود. بنابراین، از این روش برای دستیابی به جواب‌های بهینه استفاده می‌شود. برای رسیدن به جواب‌های بهینه نهایی در این روش، تشکیل ماتریس بازده یا ماتریس نتیجه نهایی ضروری است.

جدول شماره(۲) ماتریس نتیجه نهایی برای برنامه‌ریزی چندهدفه که در آن دو هدف مد نظر است را نشان می‌دهد. سطر اول این ماتریس با حداکثر کردن درآمد ناخالص به عنوان هدف و در نظرگرفتن هزینه تولید محصولات به عنوان محدودیت به همراه سایر محدودیت‌ها بدست می‌آید (N_1 و C_1). سطر دوم این ماتریس از حداقل کردن هزینه تولید محصولات به عنوان هدف و در نظرگرفتن درآمد ناخالص به عنوان محدودیت به همراه سایر محدودیت‌ها بدست می‌آید (N_2 و C_2). در این ماتریس، N_1 و C_2 (عناصر قطر فرعی) نقاط ایده‌آل و N_2 و C_1 (عناصر قطر اصلی) نقاط غیر ایده‌آل را نشان می‌دهند (رومرو و رهمان، ۲۰۰۳). بنابراین با محاسبه ماتریس نتیجه نهایی حدود مجموعه‌های کارا مشخص می‌شود. در اصل، روش NISE با استفاده از ایجاد وزن برای هر هدف، برنامه‌ریزی چند هدفه را به یک برنامه‌ریزی خطی تبدیل می‌کند. مدل مورد نظر در این روش برای برنامه‌ریزی چندهدفه با وجود دو هدف حداکثر کردن درآمد ناخالص و حداقل کردن هزینه تولید محصولات به صورت زیر است:

$$\begin{aligned} &Max \quad Z = \omega_1 z_1 + \omega_2 z_2 \\ &s.t. \\ &x \in F \\ &\omega_1, \omega_2 > 0 \end{aligned} \qquad (۲)$$

که ω_1 و ω_2 به ترتیب وزن‌ها مربوط به اهدف z_1 و z_2 می‌باشند.

نکته حائز اهمیت در اینجا بدست آوردن وزن‌های مناسب برای اهداف است. پیشنهاد روش NISE استفاده از ماتریس نتیجه نهایی به صورت است:

$$\frac{\omega_1}{\omega_2}=\frac{C_1-C_2}{N_1-N_2} \qquad (۳)$$

با قرار دادن یک وزن اختیاری برای ω_2، می‌توان ω_1 را محاسبه کرد. سپس از مدل برنامه‌ریزی(۲) برای پیدا کردن جواب بهینه استفاده می‌شود. مدل(۲) در شرایط قطعیت به سادگی قابل محاسبه و برآورد می‌باشد.

اکنون فرض کنید برخی از پارامترهای موجود در مدل(۲) جزء پارامترهای نامطمئن باشند. در این صورت استفاده از برنامه‌ریزی خطی جواب‌های کارایی را به دست نمی‌دهند. یکی از روش‌های اعمال مسئله عدم حتمیت در مدل‌های برنامه‌ریزی خطی، بهینه‌سازی با پارامترهای کنترل کننده میزان محافظه‌کاری یا بهینه‌سازی قوی است که در ادامه به توضیح آن پرداخته شده است.

مسئله بهینه‌یابی زیر را در نظر بگیرید(برتسیماس و سیم، ۲۰۰۴):

$$\begin{aligned} &Maximize \quad cx \\ &subject \quad to \quad \sum_{j=1}^{n}\tilde{a}_{ij}x_j \le b, \qquad \forall i, j \in J_j \\ &l \le X \le u. \end{aligned} \qquad (۴)$$

J_i زیرمجموعه‌ای از شاخص‌های مرتبط با پارامتر نامطمئن $\tilde{a}_{ij}$ است که برای هر محدودیت i مشخص می‌شود. در زیر، مدل (۲) به صورت بهینه‌سازی با پارامترهای کنترل کننده میزان محافظه‌کاری بازنویسی شده که باعث بهبود قابلیت اعتماد به سیستم‌ها در شرایط عدم حتمیت می‌گردد (برتسیماس و سیم، ۲۰۰۴):

$$\begin{aligned} &Maximize \quad cx \\ &subject \quad to \quad \sum_i \bar{a}_{ij}x_j + \max_{\{S_i\cup\{t_i\}\mid S_i\subseteq J_i, |S_i|=\lfloor\Gamma_i\rfloor, t_i\in J_i\setminus S_i\}}\left\{\sum_{j\in S_i}\hat{a}_{ij}y_j + (\Gamma_i-\lfloor\Gamma_i\rfloor)\hat{a}_{it_i}y_t\right\} \le b_i, \qquad \forall i \\ &-y_j \le x_j \le y_j, \qquad \forall j \in J_j \\ &l \le X \le u, \\ &y \ge 0 \end{aligned} \qquad (۵)$$

که در آن برای هر j ، $y_j=\left|x_j^*\right|$. $\bar{a}_{ij}$ مقدار ارزش اسمی پارامتر نامطمئن، $\hat{a}_{ij}$ از ضرب مقدار ارزش اسمی متغیر ($\bar{a}_{ij}$) در سطح عدم اطمینان معین (ε) بدست می‌آید. بنابراین، متغیر $\tilde{a}_{ij}$ دارای توزیع متقارن و کراندار در محدوده $\left[\bar{a}_{ij}-\hat{a}_{ij}, \bar{a}_{ij}+\hat{a}_{ij}\right]$ می‌باشد. برای کنترل میزان محافظه‌کاری، پارامتر Γ_i تعریف می‌شود که می‌تواند عدد حقیقی در دامنه‌ی $[\,0\,,\,J_i\,]$ را به آن نسبت داد. در مدل (۵)، $\sum\bar{a}_{ij}x_j \le b_i$ معرف محدودیت iام در شرایط حتمیت است. میزان اطمینان مدل در

مقابل عدم حتمیت به مقدار پارامترهای Γ_i بستگی دارد. هرگاه $\Gamma_i = 0$ باشد، جمله حداکثر کننده از مدل حذف شده و محدودیت در شرایط عدم حتمیت به محدودیت در شرایط حتمیت تبدیل می‌گردد. هرگاه $\Gamma_i = |J_i|$ باشد، میزان حفاظت مدل در مقابل عدم حتمیت به حداکثر خود می‌رسد و بطور کامل انجام می‌شود. در این روش، یک ارزیابی بین میزان محافظه‌کاری سیستم در مقابل عدم حتمیت(Γ_i) و ظرفیت سیستم(x_i) انجام می‌گیرد.

مدل(۵) به وسیله‌ی برنامه‌ریزی خطی قابل حل است و از پیچیدگی‌های محاسباتی در آن جلوگیری شده‌است. همچنین جمله‌ی حداکثرکننده در این مدل‌ها می‌تواند خارج از مدل محاسبه شود. پارامترهای (Γ_i) ابزاری مناسب برای بررسی قدرتمند بودن سیستم در مقابل پارامترهای نامطمئن و یا ناتوانی آن در مقابل این پارامترها می‌باشد. برای پارامترهای Γ_i مقادیر متفاوتی وجود داشته و این به احتمال انحراف محدودیت iام از کران خود و همچنین به تعداد پارامترهای نامطمئن در آن محدودیت بستگی دارد. با جاگذاری x^* در مدل (۵) بعنوان جواب بهینه، احتمال انحراف محدودیت iام از کران خود، به صورت زیر تعریف می‌شود (برتسیماس و سیم، ۲۰۰۴):

$$pr\left(\sum_j \tilde{a}_{ij} x^*{}_j > b_i\right) \le B(n,\Gamma_i) \qquad (۶)$$

به طوری که:

$$B(n,\Gamma_i) \le (1-\mu)C(n,\lfloor\nu\rfloor) + \sum_{l=\lfloor\nu\rfloor+1} C(n,l) \qquad (۷)$$

که در آن

$$n = |K_i|, \quad \nu = (\Gamma_i + n)/2, \quad \mu = \nu - \lfloor\nu\rfloor$$

$$C(n,l) = \begin{cases} \dfrac{1}{2^n}, & if \quad l = 0 \quad or \quad l = n \\ \dfrac{1}{\sqrt{2\pi}} \sqrt{\dfrac{n}{(n-1)n}} \exp\left(n\log\left(\dfrac{n}{2(n-l)}\right) + l\log\left(\dfrac{n-l}{l}\right)\right), & otherwise \end{cases} \qquad (۸)$$

برای محاسبه Γ_i، یک سطح مطلوب احتمال انحراف محدودیت iام از کران آن محدودیت در نظر گرفته می‌شود و با توجه به تعداد پارامترهای نامطمئن در آن محدودیت از رابطه (۶) برای

محاسبه‌ی آن استفاده می‌گردد. با فرض اینکه رابطه (۷) ثابت[1] است، می‌توان مستقیماً از رابطه (۸) برای محاسبه Γ_i استفاده کرد.

جدول شماره (۳) مقادیر متفاوت پارامتر Γ_i را با مقادیر متفاوت احتمال انحراف محدودیت از کران خود (p) و همچنین تعداد متفاوت پارامترهای نامطمئن در هر محدودیت (n) نشان می‌دهد (مقادیر مورد نیاز در مطالعه حاضر).

به علت پیش بینی برخی از پارامترهای موجود در مدل‌های تعیین الگوی کشت بهینه، عدم اطمینان در مورد این نوع پارامترها جزء ذات مدل می‌باشد. پارامترهای نامطمئن مورد نظر در مدل مورد مطالعه عبارتند از: مقدار متوسط آب موجود در ماه i از فصل s ($\widetilde{W}_{s,i}$)، مقدار نقدینگی در دسترس در فصل s ($\widetilde{C}_s$)، تعداد نیروی کار موجود در منطقه در فصل s ($\widetilde{L}_s$)، مقدار ساعات کار ماشین‌آلات موجود در منطقه در فصل s ($\widetilde{M}_s$)، مقدار کود موجود از نوع t در فصل s ($\widetilde{F}_{s,t}$) و مقدار آفت‌کش موجود از نوع z در فصل s ($P\widetilde{E}_{s,z}$). اکنون به بیان محدودیت‌های موجود در مدل پرداخته می‌شود.

مجموع آب مصرف شده برای تمام محصولات در فصلs نباید از مجموع آب قابل دسترس در ماه i از فصلs بیشتر شود:

$$\sum_{j=1}^{J} w_{s,i} x_{s,j} \le \sum_{i=1}^{I} \widetilde{W}_{s,i} , \qquad \forall s \tag{۹}$$

آب موجود در ماه i از فصل s جزء پارامترهای نامطمئن محسوب می‌گردد. به عبارت دیگر آب موجود در هر ماه یک پارامتر نامطمئن محسوب می‌شود. پس در یک فصل، شش پارامتر نامطمئن وجود دارد. می توان با استفاده از تعریف پارامترهای محافظه‌کاری $\Gamma_1 \ge 1$ و $\Gamma_2 \ge 1$، محدودیت (۹) رابه صورت محدودیت با پارامترهای کنترل کننده میزان محافظه‌کاری(مدل (۵)) برای فصل اول (از مهر تا اسفند) و فصل دوم (از فروردین تا شهریور) بازنویسی کرد:

$$\sum_{j=1}^{J} w_{1,i} x_{1,j} - \sum_{i=1}^{6} \overline{W}_{1,i} + (\Gamma_1 - 1) \sum_{i=1}^{6} \left| - \hat{W}_{1,i} \right| \le 0 \tag{۱۰}$$

$$\sum_{j=1}^{J} w_{2,i} x_{2,j} - \sum_{i=7}^{12} \overline{W}_{2,i} + (\Gamma_2 - 1) \sum_{i=7}^{12} \left| - \hat{W}_{2,i} \right| \le 0 \tag{۱۱}$$

و برای $\Gamma_1 < 1$ و $\Gamma_2 < 1$ به صورت زیر بازنویسی می‌شود:

$$\sum_{j=1}^{J} w_{1,i} x_{1,j} - \sum_{i=1}^{6} \overline{W}_{1,i} + \Gamma_1 \sum_{i=1}^{6} \left| - \hat{W}_{1,i} \right| \le 0 \tag{۱۲}$$

$$\sum_{j=1}^{J} w_{2,i} x_{2,j} - \sum_{i=7}^{12} \overline{W}_{2,i} + \Gamma_2 \sum_{i=7}^{12} \left| - \hat{W}_{2,i} \right| \le 0 \tag{۱۳}$$

سایر محدودیت‌های مورد استفاده در مطالعه حاضر نیز به همین ترتیب به محدودیت با پارامترهای کنترل کننده میزان محافظه‌کاری تبدیل می‌گردد. شکل نهایی این محدودیت‌ها به صورت زیر است:

$$\sum_{j=1}^{J} l_{s,j} x_{s,j} - \overline{L}_s + \Gamma_3 \left| - \hat{L}_s \right| \le 0, \quad \forall s \tag{۱۴}$$

$$\Gamma_3 \in [0,1]$$

$$\sum_{j=1}^{J} m_{s,j} x_{s,j} - \overline{M}_s + \Gamma_4 \left| - \hat{M}_s \right| \le 0, \quad \forall s \tag{۱۵}$$

$$\Gamma_4 \in [0,1]$$

$$\sum_{j=1}^{J} c_{s,j} x_{s,j} - \overline{C}_s + \Gamma_5 \left| - \hat{C}_s \right| \le 0, \quad \forall s \tag{۱۶}$$

$$\Gamma_5 \in [0,1]$$

$$\sum_{t=1}^{T} \sum_{j=1}^{J} f_{s,t,j} x_{s,j} - \sum_{j=1}^{J} \overline{F}_{s,t} + \Gamma_{t+5} \left| - \hat{F}_{s,t} \right| \le 0, \quad \forall s \tag{۱۷}$$

$$\Gamma_{t+5} \in [0,1]$$

$$\sum_{z=1}^{Z} \sum_{j=1}^{J} pe_{s,z,j} x_{s,j} - \sum_{j=1}^{J} P\overline{E}_{s,z} + \Gamma_{z+9} \left| - P\hat{E}_{s,z} \right| \le 0, \quad \forall s \tag{۱۸}$$

$$\Gamma_{z+9} \in [0,1]$$

محدودیت مربوط به زمین که جزء محدویت‌های نامطمئن نیست به صورت زیر می‌باشد:

$$\forall s \sum_{j=1}^{J} x_{s,j} \le A \tag{۱۹}$$

کلیه داده‌های مورد نیاز در مطالعه حاضر از سازمان جهاد کشاورزی شهرستان مشهد برای سال زراعی ۱۳۸۸ اخذ گردیده و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

نتایج و بحث

مدل برنامه‌ریزی ریاضی استفاده شده در مطالعه حاضر برای تعیین الگوی بهینه کشت محصولات مورد نظر (گندم، جو، آفتابگردان، گوجه‌فرنگی، چغندر قند، کلزا، سیب زمینی، خیار، پیاز و ذرت دانه‌ای) در شهرستان مشهد، یک مدل برنامه‌ریزی چند هدفه در شرایط عدم حتمیت بود. تعداد ۱۰ متغیر تصمیم که هر یک از آنها مربوط به سطح زیرکشت محصولی خاص است، در نظرگرفته شد. همچنین محدودیت‌ها شامل محدویت با پارامترهای نامطمئن(شامل محدودیت‌های مربوط به آب، ماشین آلات کشاورزی، نیروی کار، هزینه تولید، کود و آفت‌کش) و محدودیت بدون پارامترهای نامطمئن (محدودیت زمین) در نظرگرفته شد. برای تعیین الگوی بهینه کشت با

برنامه‌ریزی چند هدفه طبق روش NISE نیاز است که ماتریس بازده نهایی مربوط به شهرستان مشهد(برای محصولات مورد مطالعه)تعیین شود.

جدول شماره (۴) ماتریس بازده نهایی مربوط به مدل مورد مطالعه در شهرستان مشهد را نشان می‌دهد. در مرحله اول با حداکثر کردن مقدار درآمد ناخالص (به عنوان تابع هدف) و در نظرگرفتن هزینه تولید محصولات به عنوان محدودیت به همراه سایر محدودیت‌ها سطر اول این ماتریس ساخته شد. مقدار تابع هدف (حداکثر کردن درآمد ناخالص) $۱/۲۸\times۱۰^{۱۲}$ و مقدار نهایی مربوط به محدودیت هزینه $۴/۱۶\times۱۰^{۱۱}$ برآورد شد. در مرحله بعد با حداقل کردن هزینه تولید محصولات به عنوان تابع هدف و در نظرگرفتن درآمد ناخالص به عنوان محدودیت به همراه سایر محدودیت‌ها، سطر دوم این ماتریس ساخته شد. مقدار تابع هدف (حداقل کردن هزینه تولید) $۹/۱۷\times۱۰^{۱۰}$ و مقدار نهایی مربوط به محدودیت درآمد ناخالص $۳/۳\times۱۰^{۱۱}$ برآورد شد. برای جلوگیری از صفر شدن سطر دوم این ماتریس، مقدار سمت راست محدودیت زمین در این مرحله مساوی با مقدار سمت راست مرحله قبل (سطر اول ماتریس) قرار گرفت (رومرو و رهمان، ۲۰۰۳).

با استفاده از ماتریس نتیجه نهایی و در نظرگرفتن عدد فرضی ۱ برای ω_2 (وزن مربوط به هدف حداقل کردن هزینه) (جدول شماره (۴))، طبق معادله (۳) ω_1 (وزن مربوط به هدف حداکثر کردن سود) به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\omega_1 = 1\times\left(\frac{4.16\times10^{11}-9.17\times10^{10}}{1.28\times10^{12}-3.3\times10^{11}}\right)=0.340612$$

در این صورت وزن مربوط به هدف حداقل کردن هزینه بیشتر بوده و باعث افزایش سود ناخالص کشاورزان ناشی از کاهش هزینه تولید می‌شود.

در جدول شماره (۵) چهار الگوی کشت متفاوت در شرایط عدم حتمیت با سطوح مختلف احتمال انحراف هر محدودیت از کران آن($p=0.01$ ، $p=0.2$ ، $p=0.5$ و $p=1$) و همچنین یک الگوی کشت در شرایط قطعیت نشان داده شده است. این الگوها با توجه به اطلاعات و ضرایب فنی مربوط به شهرستان مشهد و با استفاده از برنامه‌ریزی چند هدفه و حل آن به روش NISE بدست آمده است. ملاحظه می‌شود که الگوی بهینه کشت در شرایط عدم حتمیت با سطح احتمال $p=0.01$ تنها شامل دو محصول خیار و پیاز به ترتیب با سطح زیر کشت‌های ۸۹۱۱ و ۹۵۴۹ هکتار می‌باشد. با افزایش سطح احتمال انحراف هر محدودیت از کران آن از $p=0.01$ به $p=1$ (کاهش میزان عدم حتمیت) سطح زیر کشت کل از ۱۸۴۶۰ به ۴۳۲۹۹ هکتار افزایش می‌یابد. البته، این افزایش با نوسان همراه است(شکل شماره (۱)). ولی در مجموع دارای سیری صعودی است. همچنین، در این شرایط تعداد محصولاتی که در الگوی کشت قرار دارند و از دو

محصول به هفت محصول افزایش می‌یابد. دلیل افزایش سطح زیرکشت کل این است که با افـزایش سطح احتمال p مقدار پارامتر کنترل کننده میزان محافظـه‌کـاری کـاهش مـی‌یابـد و ایـن باعـث افزایش مقادیر سمت راست محدودیت‌ها شده و در نهایت سطح زیرکشت کل را افـزایش مـی‌دهـد. دلیل نوسان داشتن افزایش سطح زیرکشت نیز مربوط به متفاوت بودن پارامترهـای کنتـرل کننـده میزان محافظه‌کاری در هر محدودیت بعلت تفاوت در تعداد پارامترهـای نـامطمئن (n) مـی‌باشـد. سطح زیرکشت کل محاسبه شده برای شـرایط عـدم حتمیـت در سـطوح مختلـف p کـوچکتر یـا مساوی شرایط قطعیت بدست آمده‌است. همچنین الگوی بهینـه کشـت در شـرایط قطعیـت دقیقـاً مانند این الگو در شرایط عدم حتمیت با سطح احتمال $p=1$ می‌باشد. دلیل این امـر صـفر شـدن تمام پارامترهای کنترل کننده میزان محافظه‌کاری ($\Gamma_i = 0$) در سطح احتمال $p=1$ است. سـه محصول چغندر قند، کلزا و آفتابگردان در تمام الگوهای بهینه کشت حذف شـده‌انـد. همچنـین، دو محصول خیار و پیاز در تمام الگوهای برآوردی وجود دارند. با افزایش احتمال انحراف هر محدودیت از کران خود از $p=0.01$ به $p=1$ سطح زیر کشت محصول گنـدم از صـفر بـه ۷۱۷۴ هکتـار افزایش یافته‌است.

جدول شماره (۶) مقادیر برآورد شده Z_1 (هدف مربوط به حداکثر کردن درآمـد ناخـالص)، Z_2 (هدف مربوط به حداقل کردن هزینه تولید) و Z (تابع هدف کل) در شرایط عدم حتمیـت بـا سطوح مختلف p و همچنین شرایط قطعیت را نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود که با افزایش سطوح احتمال از $p=0.01$ به $p=1$ مقدار تابع هدف کل (Z) به طور پیوسـته از ۴۷/۵۸ بـه ۷۶/۵۱ میلیارد ریال افزایش می‌یابد. هدف مربوط به حداکثر کردن درآمد ناخـالص نیـز بـا ایـن شـرایط از ۸۹۴/۴۱ به ۱۴۶۰/۶۳ میلیارد ریال افزایش می‌یابد. نکته قابل توجه در ایـن جـدول تسـاوی توابـع هدف (Z_1، Z_2 و Z) برآورد شده در دو شرایط قطعیت و عدم حتمیت با سـطح احتمـال انحـراف هر محدودیت از کران خود به مقدار ۱ ($p=1$) است. دلیل این امر همانطور کـه قـبلاً بیـان شـد، صفر شدن پارامترهای کنترل کننده میزان محافظه‌کاری در $p=1$ است.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در مطالعه حاضر به تعیین الگوی بهینه کشت با استفاده از برنامه‌ریزی چند هدفه با اسـتفاده از روش NISE پرداخته شد. اهداف مورد نظر حداقل کـردن هزینـه تولیـد محصـولات و حـداکثر کردن درآمد خالص کشاورزان بود. برای اعمال شرایط عدم حتیمت در مدل برنامه‌ریزی چند هدفـه از مدل بهینه‌سازی با پارامترهای کنترل کننده میزان محافظه‌کاری اسـتفاده شـد. اسـتفاده از ایـن مدل باعث ایجاد گزینه‌هـای متفـاوت الگـوی بهینـه کشـت در شـرایط مختلـف عـدم اطمینـان از

دسترسی منابع می‌باشد. چهار الگوی بهینه کشت با استفاده از چهار سطح احتمال انحراف از کران آن محدودیت (۰/۰۱، ۰/۲، ۰/۵ و ۱) در شرایط عدم حتمیت برآورد شد. با توجه به اینکه با افزایش سطح احتمال انحراف هر محدودیت از کران آن محدودیت، درآمد ناخالص و تابع هدف کل افزایش می‌یابد، اتخاذ سیاست‌های کشاورزی در جهت کاهش ریسک و افزایش درآمد ناخالص پیشنهاد می‌شود. این سیاست‌ها می‌تواند شامل سیاست‌های بیمه‌ای در جهت کاهش ریسک‌های قیمتی یا تولیدی باشد. همچنین، استفاده از سیاست قیمت تضمینی برای محصولاتی (مانند گندم در مطالعه حاضر) که با تغییر میزان عدم حتمیت در مدل، الگوهای بهینه کشت را تحت تأثیر قرار می‌دهند، توصیه می‌شود.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

Refrences:

1. Tourkamani, J. and Sabouhi, M. 2007. Determination of Non-Inferior Sets With respect to risk in the multi- objective programming approach: case study, Fasa city farmers. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, 1: 461-472.(in Persian)
2. Chizari, A., Sharzei, GH. And Keramatzade, A. 2005. Determination of water economic value with goal programming approach: case study, Barzu Shirvan dam. Journal of Economic Research, 71: 39-66. (in Persian)
3. Statistical Yearbook of Khorasan Razavi province. 2009. Agriculture Organization of Khorasan Razavi province, Deputy Planning and Economic Affairs. (in Persian)
4. Shahkarami, N., morid, S. and rahimi Jamani, M. 2006. Optimization of cropped area based on forecasted stream flows: A case study Sofichay irrigation system. Journal of Agricultural Engineering Research, 39:1-18. (in Persian)
5. Kohansal, M.R. and Firooz Zarea, A. 2008. Determining optimal cultivation model corresponding with organic agriculture Application of Multiple-objective Linear Fuzzy Fractional Programming, Case study: North Khorasan province. 62:1-33. (in Persian)
6. Rastegaripour, F. and Sabouhi, M. 2009. Determination of cropping pattern using grey fuzzy programming case study: Ghochan province. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, 48: 405-413. (in Persian)
7. Mirzaei, A., Kopaei, M. and Keramatzade. 2007. Effect of water price strategies on the allocation of irrigation water, Case study: Tajan Plain in Mazandaran province. Proceedings of the Sixth Conference of Iranian Agricultural Economics, Mashhad University. (in Persian)
8. Ben-Tal A. and Nemirovski A. 1998 Robust convex optimization. Journal of Mathematics of Operations Research. 23(4):769-805.
9. Ben-Tal A. and Nemirovski A. 1999. Robust solutions of uncertain linear programs. Journal of Operations Research. 25: 1–13.

10. Ben-Tal A. and Nemirovski A. 2000. Robust solutions of linear programming problems contaminated with uncertain data. Journal of Mathematical Programming. 88: 411–424.
11. Bertsimas D. and Sim M. 2003. Robust discrete optimization and network flows. Journal of Mathematical Programming. 98:49-71.
12. Bertsimas D. and Sim M. 2004. The price of robustness. Journal of Operations Research. 52 (1): 35–53.
13. Charnes A. and Cooper W.1959. Chance-constrained programming. Journal of Management Science. 6(1):73-79.
14. Cohon J.L. Church R.L. and Sheer D.P. 1979. Generating multi-objective trade-offs: An algoritm for bicriterion problems. Journal of Water Resources Research. 15:1001-1010.
15. Dantzig G. 1955. Linear programming under uncertainty. Journal of Management Science. 1(3-4):197-206.
16. El-Ghaoui L. and Lebret H. 1997. Robust solutions to least-square problems to uncertain data matrices. Journal on Matrix Analysis and Applications. 18:1035-1064.
17. El-Ghaoui L. Oustry F. and Lebret H. 1998. Robust solutions to uncertain semidefnite programs. Journal of Optimization. 9:33-52.
18. El-Shishiny H. 1988. A goal programming model for planning the development of newly reclaimed lands. Journal of Agricultural Systems. 26(4):245-261.
19. Oliveira F. Volpi N.M.P. and Sanquetta C.R. 2003. Goal programming in a planning problem. Journal of Applied Mathematics and Computation. 140(1):165-178.
20. Romero C. and Rehman T. 2003. Multiple Criteria Analysis for Agricultural Decisions. 2th Edition, Developments in Agricultural Economics. 11:47-61.
21. Sharma D.K., Jana R.K. and Gaur A. 2007. Fuzzy goal programming for agriculture land allocation problems. Journal of Operations Research. 17(1):31-42.
22. Thiele A. 2004. A robust optimization approach to supply chain and revenue management. PhD thesis, Massachusetts Institute of Technology.
23. Yeh C.H. and Labadie J.W. 2003. Multi-objective planning for agricultural decision: An application. Journal of Agriculture Planning and Management. 23:336-343.

24. Zeng X. Kang S. Li F. Zhang L. and Guo P. 2010. Fuzzy multi-objective linear programming applying to crop area planning. Journal of Agricultural Water Management. In Press, Corrected Proof, Available online 16 September, doi:10.1016/j.agwat.
25. Kemal S.F. and Altin M. 2004. Irrigation scheduling and optimum cropping pattern with adequente and deficit water supply for mid-size farm of Harran Plain. Pakistan Journal of Biological Sciences, 7(8): 1414-1418.
26. Sethi, L.N., Panda, S.N. and Nayak, M.K. 2006. Optimal crop planning and water resources allocation in a coastal groundwater basin, Orissa, India. Journal of agricultural water management, 83:209-220

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پیوست ها:

جدول ۱- فهرست علائم و پارامترها

مجموعه‌ها:

j : مجموعه مربوط به محصول j ، $j \in \{1,2,...,J\}$

s : مجموعه مربوط به فصل s ، $s \in \{1,2,...,S\}$

i : مجموعه مربوط به ماه i، $i \in \{1,2,...,I\}$

t : مجموعه مربوط به نوع کود t، $t \in \{1,2,...,T\}$

z : مجموعه مربوط به نوع آفت‌کش z ، $z \in \{1,2,...,Z\}$

پارامترها:

A : مقدار زمین قابل دسترس برای کلیه محصولات

$w_{s,i}$: مقدار آب مورد نیاز برای تولید هر هکتار از محصول j در فصل s (هکتار /متر مکعب)

$l_{s,j}$: مقدار نیروی کار مورد نیاز برای تولید هر هکتار از محصول j در فصل s (هکتار /نفر)

$f_{s,t,j}$: مقدار کود مورد نیاز از نوع t برای تولید هر هکتار از محصول j در فصل s (هکتار /تن)

$c_{s,j}$: هزینه تولید یک هکتار از محصول j در فصل s

$m_{s,j}$: مقدار ساعات کار ماشین‌آلات کشاورزی مورد نیاز برای تولید هر هکتار از محصول j در فصل s

$pe_{s,z,j}$: مقدار آفت کش مورد نیاز از نوع z برای تولید هر هکتار از محصول j در فصل s (هکتار/ تن)

$a_{s,j}$: درآمد ناخالص حاصل از تولید یک هکتار از محصول j در فصل s

$\tilde{L}_s$: تعداد نیروی کار موجود در منطقه در فصل s

داده‌های تصادفی:

$\tilde{W}_{s,i}$: متوسط مقدار آب موجود در ماه i از فصل s

$\tilde{F}_{s,z}$: مقدار کل کود موجود، از نوع t در فصل s

$\tilde{M}_s$: مقدار ساعات کار ماشین‌آلات قابل دسترس در منطقه در فصل s

$\tilde{C}_s$: نقدینگی موجود برای تولید محصولات در فصل s

$\tilde{PE}_{s,z}$: مقدار آفت‌کش موجود از نوع z در فصل s

متغیر تصمیم:

$x_{s,j}$: سطح زیر کشت محصول j در فصل s

متغیرهای مدل:

Γ_i : پارامتر کنترل کننده میزان محافظه‌کاری

b_i : مقادیر سمت راست محدودیت i

ε : سطح عدم اطمینان معین

$\bar{a}_i$: مقدار اسمی داده نامطمئن در محدودیت i

$\hat{a}_i$: مقدار اسمی داده نامطمئن ضربدر سطح عدم اطمینان معین ($\bar{a}_i\varepsilon$)

$\tilde{a}_i$: مقدار تصادفی داده نامطمئن در محدودیت i

F : مجموعه امکان‌پذیر برای جواب‌های کارا است.

$z_q(x)$: مجموعه اهداف

ω_l : وزن‌های مربوط به تابع هدف برای هدف l

جدول ۲- ماتریس نتیجه نهایی با دو هدف حداکثر کردن سود و حداقل کردن هزینه

شرح	درآمد ناخالص	هزینه تولید
حداکثر درآمد ناخالص با درنظر گرفتن هزینه تولید به عنوان محدودیت	N_1	C_1
حداقل هزینه تولید با در نظر گرفتن درآمد ناخالص به عنوان محدودیت	N_2	C_2

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول۳- مقادیر متفاوت پارامتر کنترل کننده میزان محافظه‌کاری با سطوح متفاوت p و n

	احتمال انحراف محدودیت از کران خودش (p)											
n	۰,۰۱	۰,۰۲	۰,۱	۰,۲	۰,۳	۰,۴	۰,۵	۰,۶	۰,۷	۰,۸	۰,۹	۱
۶	۶	۵/۹۱	۴/۳۴	۳/۳۳	۲/۵۱	۱/۷۷	۰/۵۴	۰	۰	۰	۰	۰
۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰,۶	۰,۲	۰	۰	۰

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول ۴- ماتریس نتیجه نهایی برای مدل مربوط به شهرستان مشهد (واحد-ریال)

شرح	درآمد ناخالص	هزینه
حداکثر درآمد ناخالص با درنظر گرفتن هزینه تولید به عنوان محدودیت	$۱/۲۸\times۱۰^{۱۲}$	$۴/۱۶\times۱۰^{۱۱}$
حداقل هزینه تولید با در نظر گرفتن درآمد ناخالص به عنوان محدودیت	$۳/۳\times۱۰^{۱۱}$	$۹/۱۷\times۱۰^{۱۰}$

جدول ۵- نتایج مربوط به برآورد مدل برنامه‌ریزی چند هدفه در شرایط متفاوت عدم حتمیت

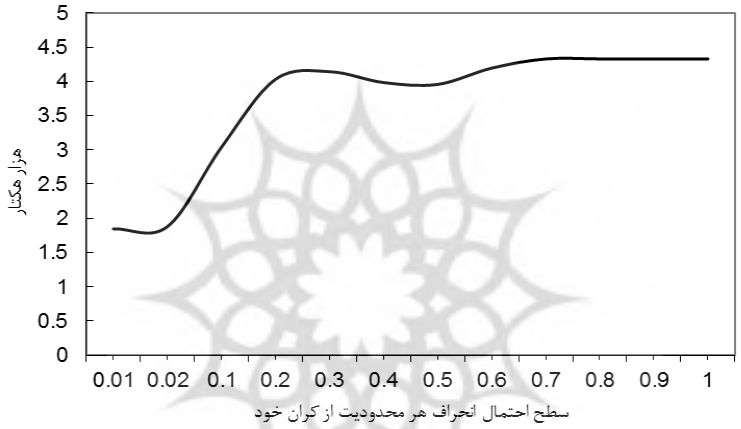
		سطح زیر کشت (هکتار)				
		شرایط قطعیت	شرایط عدم حتمیت			
محصول	متغیر		$p=0.01$	$p=0.2$	$p=0.5$	$p=1$
گندم	$x_{1,1}$	۷۱۷۴	–	۴۶۶۳	۱۱۷۷۱	۷۱۷۴
جو	$x_{1,2}$	۵۷۰۰	–	۱۴۷۱۴	–	۵۷۰۰
آفتابگردان	$x_{2,4}$	–	–	–	–	–
گوجه فرنگی	$x_{2,5}$	۹۲۴	–	–	۵۸۳	۹۲۴
چغندر قند	$x_{2,6}$	–	–	–	–	–
کلزا	$x_{2,7}$	–	–	–	–	–
سیب زمینی	$x_{2,8}$	۲۹۲	–	–	۶۳۶	۲۹۲
خیار	$x_{2,9}$	۱۰۱۸۴	۸۹۱۱	۱۲۷۵۴	۹۸۰۷	۱۰۱۸۴
پیاز	$x_{1,3}$	۱۳۹۷۸	۹۵۴۹	۷۴۱۹	۱۱۷۲۰	۱۳۹۷۸
ذرت دانه ای	$x_{2,10}$	۵۰۴۷	–	۷۷۳	۵۰۵۵	۵۰۴۷
سطح زیر کشت کل	A	۴۳۲۹۹	۱۸۴۶۰	۴۰۳۲۳	۳۹۵۷۲	۴۳۲۹۹

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول ۶- مقادیر متفاوت z_1 ، z_2 و Z در شرایط متفاوت (واحد- میلیارد ریال)

شرح	متغیر	شرایط قطعیت	شرایط عدم حتمیت			
			$p=0.01$	$p=0.2$	$p=0.5$	$p=1$
هدف مربوط به حداکثر کردن درآمد ناخالص	z_1	۱۴۶۰/۶۳	۸۹۴/۴۱	۱۰۸۴/۶۵	۱۳۱۵/۰۳	۱۴۶۰/۶۳
هدف مربوط به حداقل کردن هزینه	z_2	۴۲۱	۲۵۷/۰۷	۳۰۲/۶۸	۳۷۷/۶۵	۴۲۱
تابع هدف کل	Z	۷۶/۵۱	۴۷/۵۸	۶۶/۷۷	۷۰/۲۶	۷۶/۵۱

منبع: یافته‌های تحقیق



شکل ۱- سطح زیر کشت کل محصولات مورد مطالعه با سطوح احتمال متفاوت P

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی