اقتصاد کشاورزی/ جلد ۵/ شماره‌ی ۳/ صفحه‌های ۲۲۸-۲۰۹

# بررسی اثر بارندگی بر الگوی کشت و درآمد ناخالص کل در محدوده‌ی شبکه‌ی آبیاری سمت راست سد انحرافی نکوآباد

محمود صبوحی و مصطفی مردانی *

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۰۸/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۰۷/۰۸


## چکیده

یکی از عوامل محدودکننده‌ی توسعه‌ی بخش کشاورزی آب در دسترس است که با میزان بارندگی هم‌بستگی شدیدی دارد. در نظرگرفتن بارندگی به عنوان یکی از عوامل مهم عدم حتمیت در تعیین الگوی بهینه کشت، از مواردی است که مورد غفلت قرار گرفته است. در مطالعه‌ی حاضر، تاثیر عامل بارندگی بر الگوی بهینه‌ی کشت و درآمد ناخالص کل در شبکه‌ی آبیاری سمت راست سد انحرافی نکوآباد واقع در استان اصفهان بررسی شد. مدل مورد استفاده، مدل بهینه‌سازی با عواملی کنترل کننده‌ی میزان محافظه‌کاری بود. داده‌های مورد نیاز مطالعه از سازمان جهاد کشاورزی و شرکت میراب زاینده‌رود استان اصفهان برای سال کشاورزی ۱۳۸۸ گرفته شد. یافته‌ها نشان داد که عامل بارندگی بر سطح زیرکشت و درآمد ناخالص کل تاثیری مثبت دارد. در سطح احتمال انحراف هر محدودیت از کران خود به مقدار ۰/۱ (p=۰/۱) درآمد ناخالص کل از ۱۹۷ به ۲۳۳ میلیارد ریال و سطح زیرکشت از ۷۲۴۱ به ۱۰۷۲۶ هکتار افزایش می‌یابد. بنابراین، با توجه به نقش تاثیرگذار بارندگی بر تصمیم‌گیری کشاورزان در تعیین ترکیب محصولات کشاورزی، توصیه می‌شود به این عامل در سطح سیاست‌گزاری بیش‌تر توجه شود.


**طبقه‌بندی JEL**: N5, C61 ,Q1

**واژه‌های کلیدی:** بارندگی، عدم حتمیت، الگوی بهینه‌ی کشت، شبکه‌ی آبیاری

* **بترتیب دانشیار اقتصاد کشاورزی و دانش آموخته کارشناسی ارشد اقتصاد کشاورزی دانشگاه زابل**

**Email:** msabuhi39@yahoo.com mostafa.korg@yahoo.com

مقدمه

با افزایش جمعیت، تقاضا برای تولیدات کشاورزی روز به روز افزایش می‌یابد. یکی از راه‌های افزایش تولیدات کشاورزی افزودن سطح زیرکشت محصولات کشاورزی است. در این میان، مساله‌ی عدم حتمیت و خطرپذیری (ریسک) از نکات قابل توجهی است که بر درآمد کشاورزان و الگوی بهینه‌ی کشت انتخابی تاثیرگذار است (شارما و همکاران، ۲۰۰۷). در اواسط دهه‌ی ۱۹۹۰ مبحث ایجاد محافظه‌کاری (در مقابل عدم حتمیت) در مدل‌ها به وسیله‌ی محدود کردن عوامل نامطمئن مطرح شد (بن-تال و نمیرفسکی ۱۹۹۸، ۱۹۹۹، ۲۰۰۰، القوای و لبرت، ۱۹۹۷ و القوای و همکاران، ۱۹۹۸). چهارچوب محاسبات موجود در مدل‌های مطرح شده در این زمان درجه‌ی دوم مخروطی بود. همین امر موجب نوآوری یک روش بهینه‌سازی با عوامل تنظیم کننده‌ی میزان محافظه‌کاری (میزان عدم حتمیت) و یا بهینه‌سازی قوی ( Robust optimization) شد (برتسیماس و سیم ۲۰۰۳، ۲۰۰٤). در این روش، بهینه‌سازی بر اساس دو اصل از اصول مدیریت کاربردی در شرایط عدم حتمیت توصیف می‌شود. اصل اول بیان‌گر آن است که پیش‌بینی‌های نقطه‌یی بی‌معنی است و باید با پیش‌بینی‌های دامنه‌یی جای‌گزین شود. اصل دوم آن است که مجموعه‌ی پیش‌بینی‌ها دقیق‌تر از تک‌تک آن‌ها است (ناهیماس، ۲۰۰۵، سیمچی-لوی، ۲۰۰٤ و شفی، ۲۰۰۵). نمونه‌های کاربردی متعددی از روش بهینه‌سازی با عواملی تنظیم کننده میزان محافظه‌کاری در زمینه‌های مسایل مدیریتی از جمله تئوری کوله-پشتی (Portfolio Theorem) (برتسیماس و سیم ۲۰۰٤) و تئوری انبار ( Inventory Theorem) (سیل، ۲۰۰٤) بازگو شده است. هم‌چونین در زمینه‌ی مدیریت منابع آب چانگ و همکاران (۲۰۰۹) یک سیستم عرضه‌ی آب در منطقه‌یی فرضی در شرایط عدم قطعیت طراحی کردند. آن‌ها برای اعمال شرایط عدم قطعیت در مدل، از بهینه‌سازی با عواملی تنظیم کننده‌ی میزان محافظه‌کاری استفاده کردند. نتایج نشان داد که با افزایش میزان محافظه‌کاری (کاهش احتمال انحراف هر محدودیت از کران خود) در مدل، هزینه‌های مربوط به طرح افزایش می‌یابد.

برای بهینه‌سازی تخصیص زمین‌های قابل کشت در مناطق مختلف دنیا مطالعات فراوانی انجام پذیرفته است (ریویرا و همکاران ۲۰۰۸ و شارما و جانا ۲۰۰۹). در بسیاری از این مطالعات از مدل‌های برنامه‌ریزی آرمانی (الشیشینی، ۱۹۹۸ و اولیویرا و همکاران، ۲۰۰۳)، برنامه‌ریزی آرمانی فازی (بیسواس و پال، ۲۰۰۵)، برنامه‌ریزی چند هدفه (یه و لابادی، ۲۰۰۳) و یا برنامه‌ریزی چند هدفه‌ی فازی (زنگ و همکاران، ۲۰۱۰) استفاده شده است. سثی و همکاران (۲۰۰٦)، به بهینه‌سازی تخصیص منابع آب و الگوی‌کشت به صورت هم‌گام در منطقه‌ی بالاسور در کشور هند پرداختند. برای اتخاذ سیاست‌های بلندمدت برای مدیریت پایدار زمین‌های کشاورزی و منابع آب موجود در منطقه از دو نوع برنامه‌ریزی خطی با محدودیت‌های تصادفی و برنامه‌ریزی قطعی استفاده شد. چهار سناریوی متفاوت در سطوح ریسک ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ٤۰٪ تعریف شد. نتایج نشان داد که با کاهش سطح ریسک از ۹۰ به ٦۰٪ ، سود خالص سالانه برای این منطقه از ۸۱۲ به ۹۱۰ میلیون روپیه افزایش می‌یابد. در ایران نیز مطالعاتی در زمینه‌ی تعیین الگوی بهینه‌ی کشت انجام پذیرفته است (صبوحی و الوانچی، ۱۳۸۷، چیذری و همکاران، ۱۳۸٤، کهنسال و زارع، ۱۳۸۷، شاه کرمی و همکاران، ۱۳۸۵ و صبوحی و سلطانی، ۱۳۸۷). در این مطالعات هر یک از محققان روش‌های متفاوتی را برای اعمال مخاطرات موجود در تولیدات کشاورزی و محاسبه‌ی خطرپذیری موجود در این بخش انتخاب کردند.

منطقه‌ی مورد نظر در مطالعه‌ی حاضر شبکه‌ی آبیاری سمت راست سد انحرافی نکوآباد است. این سد بر رودخانه‌ی زاینده‌رود در دهکده‌ی نکوآباد ساخته شده است که در فاصله ٤۵ کیلومتری شهر اصفهان قرار دارد. در سمت راست این سد یک رشته کانال اصلی برای برداشت آب ساخته شده است، که در بیش‌ترین مقدار ۱۵ مترمکعب در ثانیه آب برای آبیاری زمین‌هایی به وسعت ۱۵۰۰۰ هکتار در طرف راست زاینده‌رود تامین می‌کند (حسینی ابری، ۱۳۷۹). متوسط بارندگی در دراز مدت در حوضه‌ی آب‌ریز این رودخانه (حوضه‌ی آب‌ریز گاوخونی) سالانه ۲٦۸ میلی‌متر است (شرکت مدیریت منابع آب ایران، ۱۳۸۸). هم‌چونین، بیش‌ترین و کم‌ترین میزان بارندگی در ایستگاه اصفهان در یک دوره‌ی ۱۰۳ ساله از سال ۱۲۷۳

تا ۱۳۷۵ به‌ترتیب ۲۳۷ و ۳۲ میلی‌متر بوده است (کاویانی و عساکره، ۱۳۸٤). با توجه به نوسانات شدید بارندگی در این حوضه، انتخاب منطقه‌ی مورد مطالعه برای بررسی تاثیر عامل بارندگی بر الگوی کشت و درآمد ناخالص کشاورزان منطقی به نظر می‌رسد.

در نظر گرفتن عامل بارندگی به عنوان یکی از عوامل مهم عدم حتمیت در مدل‌های تعیین الگوی کشت، موضوعی است که در مطالعات داخلی مورد بی‌توجهی بسیار قرار گرفته‌است. برای تعیین الگوی بهینه‌ی کشت در منطقه‌ی مورد مطالعه از مدل بهینه‌سازی با عواملی کنترل کننده‌ی میزان محافظه‌کاری استفاده شده است. هدف مطالعه مقایسه‌ی الگوهای بهینه‌ی کشت در شرایط عدم حتمیت و تاثیر عامل بارندگی بر تعیین این الگوی بهینه‌ی کشت است.

## روش تحقیق

جدول (۱) فهرستی از نشانه‌ها و شاخص‌های مورد استفاده در این مطالعه را برای تشریح مدل نشان می‌دهد.

جدول (۱). فهرست نشانه‌ها

| | |
|---|---|
| مجموعه‌ها: | $\widetilde{W}_{s,i}$: متوسط مقدار آب موجود در ماه $i$ از فصل $s$ |
| $j$ : مجموعه‌ی مربوط به محصول $j$ ، $j \in \{1,2,...,J\}$ | $\widetilde{L}_s$ : تعداد نیروی کار موجود در منطقه |
| $s$ : مجموعه‌ی مربوط به فصل $s$ ، $s \in \{1,2,...,S\}$ | $\widetilde{F}_{s,t}$ : مقدار کل کود موجود، از نوع $t$ |
| $i$ : مجموعه‌ی مربوط به ماه $i$ ، $i \in \{1,2,...,I\}$ | $\widetilde{M}_s$ : تعداد ساعت کار ماشین‌آلات در دست‌رس در منطقه |
| $t$ : مجموعه‌ی مربوط به نوع کود $t$ ، $t \in \{1,2,...,T\}$ | $\widetilde{C}_s$ : نقدینگی موجود برای تولید محصولات |
| $z$ : مجموعه‌ی مربوط به نوع آفت‌کش $z$ ، $z \in \{1,2,...,Z\}$ | $\widetilde{PE}_{s,z}$ : مقدار آفت‌کش موجود از نوع $z$ |
| عوامل: | متغیر تصمیم: |
| $A$ : مقدار زمین در دست‌رس برای همه‌ی محصولات | $x_{s,j}$ : سطح زیر کشت محصول $j$ در فصل $s$ |
| $w_{s,j}$ : مقدار آب مورد نیاز برای تولید هر هکتار از محصول $j$ در فصل $s$ (متر مکعب / هکتار ) | متغیرهای مدل: |

ادامه جدول (۱)

| | |
|---|---|
| $l_j$: مقدار نیروی کار مورد نیاز برای تولید هر هکتار از محصول $j$ (نفر /هکتار) | $\Gamma_i$: عامل تنظیم‌کننده‌ی میزان محافظه‌کاری |
| $f_{t,j}$ : مقدار کود مورد نیاز از نوع $t$ برای تولید هر هکتار از محصول $j$ (تن / هکتار) | $\tilde{\eta}_i$: متغیر تصادفی برای محدودیت $i$ |
| $c_j$: هزینه‌ی تولید یک هکتار از محصول $j$ | $b_i$: مقادیر سمت راست محدودیت $i$ |
| $m_j$: تعداد ساعت کار ماشین‌آلات کشاورزی مورد نیاز برای تولید هر هکتار از محصول $j$ | $\bar{g}_{ki}$: سطح بیش‌ترین تاثیر $k$ منبع عدم قطعیت بر یک‌دیگر در محدودیت $i$ |
| $pe_{z,j}$ : مقدار آفت کش مورد نیاز از نوع z برای تولید هر هکتار از محصول $j$ | $\varepsilon$: سطح عدم اطمینان معین |
| $a_j$: درآمد ناخالص تولید محصول $j$ در یک هکتار | $\bar{a}_i$: مقدار اسمی داده‌ی نامطمئن در محدودیت $i$ |
| داده‌های تصادفی: | $\hat{a}_i$: مقدار اسمی داده‌ی نامطمئن ضرب در سطح عدم اطمینان معین ( $\bar{a}_i\varepsilon$ ) |
| $\tilde{P}_s$ : میزان بارش در فصل $s$ | $\tilde{a}_i$: مقدار تصادفی داده‌ی نامطمئن در محدودیت $i$ |

ماخذ: انتخاب نویسندگان

روش‌های متفاوتی برای لحاظ نمودن عدم قطعیت در مساله بیان شده است. می‌توان برای متغیرهای ناهمبسته، عوامل نامطمئن را به صورت اختلال‌های تصادفی بیان کرد (بن-تال و نمیرفسکی، ۱۹۹۹و ۲۰۰۰):

$$\tilde{a}_{ij} = \bar{a}_{ij} + \tilde{\eta}_{ij}\varepsilon\bar{a}_{ij} = \bar{a}_{ij} + \tilde{\eta}_{ij}\hat{a}_{ij} \qquad (۱)$$

برای تنظیم میزان محافظه‌کاری، عامل $\Gamma_i$ تعریف می‌شود که می‌تواند عدد حقیقی در دامنه‌ی $[\,۰\ ,\ J_i\,]$ را به آن نسبت داد. در زیر، مدل (۲) به صورت بهینه‌سازی با عوامل تنظیم کننده‌ی میزان محافظه‌کاری نوشته شده است که باعث بهبود توانایی اعتماد به سیستم‌ها در شرایط عدم حتمیت می‌گردد (برتسیماس و سیم، ۲۰۰٤):

$$
\begin{aligned}
&\textit{Maximize} \quad cx \\
&\textit{subject to} \quad \sum_i \bar{a}_{ij} x_j + \max_{\{S_i \cup \{t_i\} \mid S_i \subseteq J_i, |S_i| = \lfloor \Gamma_i \rfloor, t_i \in J_i \setminus S_i\}} \left\{ \sum_{j \in S_i} \hat{a}_{ij} y_j + (\Gamma_i - \lfloor \Gamma_i \rfloor) \hat{a}_{it_i} y_t \right\} \le b_i, \qquad \forall i \\
&-y_j \le x_j \le y_j, \qquad \forall j \in J_j \\
&l \le X \le u, \\
&y \ge 0
\end{aligned}
\tag{۲}
$$

که در آن برای هر $j$، $y_j = |x_j^*|$. در مدل (۲)، $\sum \bar{a}_{ij} x_j \le b_i$ معرف محدودیت $i$ام در شرایط حتمیت است. هرگاه $\Gamma_i = ۰$ باشد، جمله‌ی بیش‌ترین کننده از مدل حذف 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 بیش‌ترین خود می‌رسد و به‌طور کامل انجام می‌شود. در مدل (۲) فرض بر این است که ضریب‌ها عوامل دارای عدم حتمیت مستقل است. با توجه به این که میان عوامل میزان بارندگی و مقدار آب موجود در ماه $i$ از فصل $s$ ارتباط وجود دارد و با افزایش میزان بارندگی این مقدار آب افزایش می‌یابد، این فرض در سیستم‌های عرضه‌ی آب منطقی به نظر نمی‌رسد. بنابراین، این روش برای متغیرهای تصادفی غیرمستقل نیز توسعه داده شد. فرض کنید که تعدادی از منابع عدم حتمیت بر سیستم تاثیر می‌گذارند. $i$امین محدودیت در این سیستم‌ها به صورت زیر تعریف می‌شود (برتسیماس و سیم ۲۰۰٤):

$$
\tilde{a}_{ij} = \bar{a}_{ij} + \sum_{k \in K_i} \tilde{\eta}_{ik} \bar{g}_{kj}, \qquad \forall j \in J_i \tag{۳}
$$

بنابراین، مدل بهینه‌سازی با عوامل تنظیم‌کننده‌ی میزان محافظه‌کاری را برای ضریب‌های نامطمئن هم‌بسته می‌توان به صورت زیر تعریف کرد (برتسیماس و سیم ۲۰۰٤

$$\text{Maximize} cx$$

$$\text{subject to} \sum_i \bar{a}_{ij} x_i + \max_{\{S_i \cup \{t_i\} | S_i \subseteq k_i, |S_i| = \lceil \Gamma_i \rceil, t_i \in k_i \setminus S_i\}} \left\{ \{ \sum_{k \in S_i} \left| \sum_{j \in J_i} g_{kj} x_j \right| + (\Gamma_i - \lceil \Gamma_i \rceil) \left| \sum_{j \in J_i} g_{t_i j} x_j \right| \} \right\} \le b_i, \quad \forall i \qquad (٤)$$

$$l \le X \le u,$$

هر دو مدل (۲) و (٤) به وسیله‌ی برنامه‌ریزی خطی قابل حل هستند و از پیچیدگی‌های به‌دست‌آمده در آن جلوگیری شده است (برتسیماس و سیم ۲۰۰٤). عوامل ( $\Gamma_i$ ) ابزاری مناسب برای بررسی قدرتمند بودن سیستم در مقابل عوامل نامطمئن و یا ناتوانی آن در مقابل این عوامل است. برای عوامل $\Gamma_i$ مقادیر متفاوتی وجود دارد و این به احتمال انحراف محدودیت $i$ام از کران خود (p) و هم‌چونین به تعداد عوامل نامطمئن در آن محدودیت بستگی دارد. با جاگذاری $x^*$ در معادله‌ی (۳) به‌عنوان پاسخ بهینه، احتمال انحراف محدودیت $i$ام از کران خود، به صورت زیر تعریف می‌شود (برتسیماس و سیم ۲۰۰٤):

$$pr\left( \sum_j \tilde{a}_{ij} x^*_j > b_i \right) \le B(n, \Gamma_i) \qquad (٥)$$

برای محاسبه‌ی $\Gamma_i$، یک سطح مطلوب احتمال انحراف محدودیت $i$ از کران آن محدودیت در نظرگرفته می‌شود و با توجه به تعداد عوامل نامطمئن ( $n$ ) در آن محدودیت، عامل $\Gamma_i$ محاسبه می‌شود. روش محاسبه‌ی این عامل به‌طور کامل توسط برتسیماس و سیم (۲۰۰٤) داده شده است.

تابع هدف در مطالعه‌ی حاضر بیش‌ترین کردن درآمد ناخالص کل است و به صورت زیر بیان می‌شود:

$$\textit{Maximize} \qquad Z = \sum_i^j a_{s,j} x_{s,j}, \qquad \forall S \qquad (٦)$$

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

که $Z$: درآمد ناخالص کل، $a_{s,j}$: درآمد ناخالص حاصل از تولید یک هکتار از محصول $j$ که در فصل $s$ تولید شده‌است، $x_{s,j}$: سطح زیر کشت محصول $j$ در فصل $s$، است. تعداد ۱۰ محصول که معمولا در منطقه‌ی مورد مطالعه بیش‌تر کشت می‌شود در نظر گرفته شده است. این محصولات و نشانه‌های مربوط به متغیرهای آن‌ها عبارت است از: $x_{1,1}$: گندم، $x_{1,2}$: جو، $x_{1,3}$: ذرت دانه‌یی، $x_{2,5}$: پیاز $x_{2,6}$: سیب زمینی، $x_{2,7}$: گوجه‌فرنگی، $x_{2,8}$: آفتاب‌گردان، $x_{2,4}$: چغندر قند، $x_{2,9}$: کلزا، $x_{2,10}$: خیار. به‌علت وجود برخی از عوامل نامطمئن موجود در مدل-های تعیین الگوی بهینه‌ی کشت، عدم اطمینان در مورد این نوع عوامل جزو ذات مدل است. عوامل نامطمئن مورد نظر در مدل مورد مطالعه عبارت است از: میزان بارش در فصل $s$ ($\tilde{P}_s$)، مقدار متوسط آب موجود در ماه $i$ از فصل $s$ ($\tilde{W}_{s,i}$)، مقدار نقدینگی موجود در منطقه برای تولید محصولات در فصل $s$ ($\tilde{C}_s$)، تعداد نیروی کار موجود در منطقه در فصل $s$ ($\tilde{L}_s$)، تعداد ساعت کار ماشین‌آلات موجود در منطقه در فصل $s$ ($\tilde{M}_s$)، مقدار کود موجود از نوع $t$ در فصل $s$ ($\tilde{F}_{s,t}$) و مقدار آفت‌کش موجود از نوع $z$ در فصل $s$ ($P\tilde{E}_{s,z}$). با استفاده از معادله‌ی (۱) می‌توان شکل تصادفی این عوامل را به صورت زیر نوشت:

$$\tilde{P}_s = \overline{P}_s + \tilde{\eta}_1 \hat{P}_s \quad (۷)$$

$$\tilde{W}_{s,i} = \overline{W}_{s,i} + \tilde{\eta}_{s,i} \hat{W}_{s,i} \quad (۸)$$

$$\tilde{L}_s = \overline{L}_s + \tilde{\eta}_2 \hat{L}_s \quad (۹)$$

$$\tilde{M}_s = \overline{M}_s + \tilde{\eta}_3 \hat{M}_s \quad (۱۰)$$

$$\tilde{C}_s = \overline{C}_s + \tilde{\eta}_4 \hat{C}_s \quad (۱۱)$$

$$\tilde{F}_{s,t} = \overline{F}_{s,t} + \eta_{t+4} \hat{F}_{s,t} \quad (۱۲)$$

$$P\tilde{E}_{s,z} = P\overline{E}_{s,z} + \tilde{\eta}_{z+8} P\hat{E}_{s,z} \quad (۱۳)$$

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

معادله‌ی (۷) مربوط به عامل نامطمئن بارندگی است که در آن $\tilde{P}_s$ مقدار کل بارندگی در فصل $s$، $\overline{P}_s$ میزان بارندگی اسمی در فصل $s$ (متوسط بارندگی درازمدت) و $\hat{P}_s$ برابر با ۱۰٪

میزان بارندگی اسمی ($\varepsilon = ۰/۱$) است. معادله‌ی (۸) مربوط به عامل نامطمئن متوسط آب در دست‌رس است که در آن $\widetilde{W}_{s,i}$ مقدار کل آب موجود در ماه $i$ از فصل $s$، $\overline{W}_{s,i}$ مقدار اسمی $\widetilde{W}_{s,i}$ و $\hat{W}_{s,i}$ برابر ٪۱۰ میزان $\overline{W}_{s,i}$ است. معادله‌ی (۹) تا (۱۳) نیز به همین صورت تفسیر می‌شود. $\widetilde{\eta}_1$، $\widetilde{\eta}_{s,i}$، $\widetilde{\eta}_3$، $\widetilde{\eta}_4$، $\widetilde{\eta}_{t+4}$ و $\widetilde{\eta}_{z+8}$ متغیرهای تصادفی در فاصله [۱,۱-] است. با توجه به هدف اصلی مطالعه، محدودیت آب به دو صورت مجزا اعمال می‌شود: الف- محدودیت آب بدون در نظرگرفتن تاثیر عامل بارندگی در فصل $s$ : در این محدودیت مجموع آب مصرف شده برای تمام محصولات در فصل $s$ نباید از مجموع آب در دست‌رس در ماه $i$ از فصل $s$ بیش‌تر شود:

$$\sum_{j=1}^{J} w_{s,j} x_{s,j} \le \sum_{i=1}^{I} \widetilde{W}_{s,i} \qquad (۱٤)$$

آب در دست‌رس در ماه $i$ از فصل $s$ جزو عوامل نامطمئن است. پس در یک فصل شش عامل نامطمئن برای مقدار آب در دست‌رس وجود دارد. بنابراین، شکل تصادفی محدودیت (۱٤) با توجه به معادله‌ی (۸) برای فصل اول (از مهر تا اسفند) و فصل دوم (از اسفند تا شهریور) به‌ترتیب به صورت زیر است:

$$\sum_{j=1}^{J} w_{1,j} x_{1.j} \le \sum_{i=1}^{6} (\overline{w}_{1,i} + \widetilde{\eta}_{1.i} \hat{w}_{1,i}) \qquad (۱۵)$$

$$\sum_{j=1}^{J} w_{2,j} x_{2.j} \le \sum_{i=7}^{12} (\overline{w}_{2,i} + \widetilde{\eta}_{2.i} \hat{w}_{2,i}) \qquad (۱٦)$$

محدودیت‌های تصادفی (۱۵) و (۱٦) را می‌توان با تعریف عوامل $\Gamma_1 \ge 1$ و $\Gamma_2 \ge 1$ به صورت محدودیت با عوامل تنظیم‌کننده‌ی میزان محافظه‌کاری (مدل (۲)) بازنویسی کرد:

$$\sum_{j=1}^{J} w_{1,i} x_{1,j} - \sum_{i=1}^{6} \overline{W}_{1,i} + (\Gamma_1 - 1) \sum_{i=1}^{6} \left| -\hat{W}_{1,i} \right| \le 0 \qquad (۱۷)$$

$$\sum_{j=1}^{J} w_{2,i} x_{2,j} - \sum_{i=7}^{12} \overline{W}_{2,i} + (\Gamma_2 - 1) \sum_{i=7}^{12} \left| - \hat{W}_{2,i} \right| \le 0 \qquad (۱۸)$$

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

$$\sum_{j=1}^{J} w_{1,i} x_{1,j} - \sum_{i=1}^{6} \overline{W}_{1,i} + (\Gamma_1 - 1) \sum_{i=1}^{6} \left| - \hat{W}_{1,i} \right| \le 0 \qquad (۱۹)$$

$$\sum_{j=1}^{J} w_{2,i} x_{2,j} - \sum_{i=7}^{12} \overline{W}_{2,i} + (\Gamma_2 - 1) \sum_{i=7}^{12} \left| - \hat{W}_{2,i} \right| \le 0 \qquad (۲۰)$$

به‌دلیل وجود شش عامل نامطمئن در هریک از محدودیت‌های (۱۷) تا (۲۰) دو عامل $\Gamma_1$ و $\Gamma_2$ در فاصله‌ی [۰,٦] قرار می‌گیرند. ب- محدودیت آب با در نظر گرفتن تاثیر عامل بارندگی در فصل s: مقدار آب در دست‌رس و میزان بارندگی جزو عوامل نامطمئن است. هم‌چونین، این دو عامل نسبت به هم غیر مستقل اند (با افزایش میزان بارندگی میزان آب در دست‌رس در ماه $i$ از فصل $s$، افزایش می‌یابد). مزیت مدل بهینه‌سازی با عوامل کنترل کننده‌ی میزان محافظه‌کاری نسبت به دیگر مدل‌های اعمال کننده‌ی عدم حتمیت در این است که می‌توان اثر دو یا چند عامل هم‌بسته را در مدل بازگو کرد. علت انتخاب این مدل برای بهینه‌سازی وجود هم‌بستگی میان بارندگی و میزان آب در دست‌رس منابع تامین آب در مدل مورد مطالعه است. بنابراین، می‌توان از معادله‌های (۷) و (۸) برای تعیین محدودیت‌های تصادفی دو فصل استفاده کرد. این محدودیت‌ها به صورت زیر است:

$$\sum_{j=1}^{J} w_{1,j} x_{1,j} \le \sum_{i=1}^{6} (\overline{w}_{1,i} + \tilde{\eta}_{1,i} \hat{W}_{1,i}) + A(\underbrace{\overline{P}_1 + \tilde{\eta}_1 \hat{P}_1}_{\tilde{P}_1}) + A(\tilde{\eta}_1 \rho_1 \hat{P}_1) \qquad (۲۱)$$

$$\sum_{j=1}^{J} w_{2,j} x_{1,j} \le \sum_{i=7}^{12} (\overline{w}_{2,i} + \tilde{\eta}_{1,i} \hat{W}_{1,i}) + A(\underbrace{\overline{P}_1 + \tilde{\eta}_1 \hat{P}_1}_{\tilde{P}_1}) + A(\tilde{\eta}_1 \rho_1 \hat{P}_1) \qquad (۲۲)$$

در این معادله‌ها، $A$ مربوط به سطح زیرکشت محصولات، و $\rho_1$ و $\rho_2$ به‌ترتیب ضریب هم‌بستگی میان میزان بارش و مقدار آب در دست‌رس ماه $i$ در فصل‌های اول و دوم است. با

تعریف عوامل $\Gamma_3 \geq 1$ و $\Gamma_4 \geq 1$، محدودیت‌های (۲۱) و (۲۲) به صورت محدودیت با عوامل تنظیم‌کننده‌ی میزان محافظه‌کاری (مدل (۵)) بازنویسی می‌شود:

$$\sum_{j=1}^{J} w_{1,i} x_{1,j} - \sum_{i=1}^{6} \overline{W}_{1,i} - A\overline{P}_1 + \max\left\{\sum_{i=1}^{6} \hat{W}_{1,i} + (\Gamma_3 - 1)\left|- A\hat{P}_1(1+\rho_1)\right|; (\Gamma_3 - 1)\sum_{i=1}^{6} \hat{W}_{1,i} + \left|- A\hat{P}_1(1+\rho_1)\right|\right\} \leq 0 \qquad (۲۳)$$

$$\sum_{j=1}^{J} w_{2,i} x_{2,j} - \sum_{i=7}^{12} \overline{W}_{2,i} - A\overline{P}_2 + \max\left\{\sum_{i=7}^{12} \hat{W}_{2,i} + (\Gamma_4 - 1)\left|- A\hat{P}_2(1+\rho_2)\right|; (\Gamma_4 - 1)\sum_{i=7}^{12} \hat{W}_{2,i} + \left|- A\hat{P}_2(1+\rho_2)\right|\right\} \leq 0 \qquad (۲٤)$$

و برای $\Gamma_3 < 1$ و $\Gamma_4 < 1$ نیز به صورت زیر بازنویسی می‌شود:

$$\sum_{j=1}^{J} w_{1,i} x_{1,j} - \sum_{i=1}^{6} \overline{W}_{1,i} - A\overline{P}_1 + \max\left\{\Gamma_3 \sum_{i=1}^{6} \hat{W}_{1,i}; \Gamma_3\left|- A\hat{P}_1(1+\rho_1)\right|\right\} \leq 0 \qquad (۲۵)$$

$$\sum_{j=1}^{J} w_{2,i} x_{2,j} - \sum_{i=7}^{12} \overline{W}_{2,i} - A\overline{P}_2 + \max\left\{\Gamma_4 \sum_{i=7}^{12} \hat{W}_{2,i}; \Gamma_4\left|- A\hat{P}_2(1+\rho_2)\right|\right\} \leq 0 \qquad (۲٦)$$

به‌دلیل وجود هفت عامل نامطمئن (میزان بارش و مقدار آب در دست‌رس در هر ماه) در هر یک از این محدودیت‌ها، $\Gamma_3$ و $\Gamma_4$ در فاصله [۰,۷] قرار می‌گیرد. مجموع تعداد نیروی کار به‌کار گرفته شده برای تولید محصولات در هر فصل نباید از تعداد نیروی کار در دست‌رس در آن بیش‌تر شود:

$$\sum_{j=1}^{J} l_j x_{s,j} \leq \tilde{L}_s \quad \forall s \qquad (۲۷)$$

شکل تصادفی محدودیت (۲۷) طبق معادله‌ی (۹) به صورت زیر است:

$$\sum_{j=1}^{J} l_j x_{s,j} \leq \tilde{L}_s + \tilde{\eta}_2 \hat{L}_s \quad \forall s \qquad (۲۸)$$

محدودیت تصادفی (۲۸) با تعریف عامل $\Gamma_5$ به صورت زیر بازنویسی می‌شود:

$$\sum_{j=1}^{J} l_j x_{s,j} - \overline{L} + \Gamma_5 \left| - \hat{L} \right| \le 0, \quad \forall s \qquad (۲۹)$$
$$\Gamma_5 \in [0,1]$$

دیگر محدودیت‌های مورد استفاده در مطالعه‌ی حاضر نیز به همین ترتیب به محدودیت با عوامل کنترل کننده‌ی میزان محافظه‌کاری تبدیل می‌گردد. شکل نهایی این محدودیت‌ها به صورت زیر است:

$$\sum_{j=1}^{J} m_j x_{s,j} - \overline{M} + \Gamma_6 \left| - \hat{M} \right| \le 0, \quad \forall s \qquad (۳۰)$$
$$\Gamma_7 \in [0,1]$$

$$\sum_{j=1}^{J} c_j x_{s,j} - \overline{C} + \Gamma_7 \left| - \hat{C} \right| \le 0, \quad \forall s \qquad (۳۱)$$
$$\Gamma_7 \in [0,1]$$

$$\sum_{t=1}^{T} \sum_{j=1}^{J} f_{t,j} x_{s,j} - \sum_{j=1}^{J} \overline{F}_{t,j} + \Gamma_{t+7} \left| - \hat{F}_{t,j} \right| \le 0, \quad \forall s \qquad (۳۲)$$
$$\Gamma_{t+7} \in [0,1]$$

$$\sum_{z=1}^{Z} \sum_{j=1}^{J} pe_{z,j} x_{s,j} - \sum_{j=1}^{J} P\overline{E}_{z,j} + \Gamma_{z+11} \left| - P\hat{E}_{z,j} \right| \le 0, \quad \forall s \qquad (۳۳)$$
$$\Gamma_{z+11} \in [0,1]$$

محدودیت‌های (۳۰)، (۳۱)، (۳۲) و (۳۳) به‌ترتیب مربوط به ساعت‌های کار ماشین‌آلات، نقدینگی، کود و آفت‌کش است. محدودیت (۳۲) با تعریف عوامل $\Gamma_8$، $\Gamma_9$، $\Gamma_{10}$ و $\Gamma_{11}$ به ترتیب برای چهار نوع کود پتاس، ازته، فسفاته و حیوانی و محدودیت تصادفی (۳۳) با تعریف عوامل $\Gamma_{12}$، $\Gamma_{13}$ و $\Gamma_{14}$ برای سه نوع آفت‌کش از جمله حشره‌کش، علف‌کش و قارچ‌کش است. محدودیت مربوط به زمین که جزو محدویت‌های نامطمئن نیست به صورت زیر است:

$$\sum_{j=1}^{J} x_{s,j} \le A \qquad (۳٤)$$

تمامی داده‌های مورد نیاز مطالعه از جهاد کشاورزی و شرکت میراب زاینده‌رود استان اصفهان (شرکت بهره‌برداری و مدیریت شبکه‌های آبیاری استان اصفهان) برای سال کشاورزی ۱۳۸۸ گرفته شد.

## نتایج و بحث

جدول (۲) الگوی بهینه‌ی کشت این منطقه در سه موقعیت (شرایط قطعیت، شرایط عدم حتمیت با در نظر گرفتن تاثیر عامل بارندگی و شرایط عدم حتمیت بدون در نظر گرفتن تاثیر عامل بارندگی) را نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود که در شرایط قطعیت ( $\Gamma_i = 0$ ) محصولات گندم، جو، ذرت دانه‌یی، پیاز، سیب زمینی، گوجه فرنگی و آفتاب‌گردان در الگوی بهینه‌ی کشت قرار دارد. در شرایط عدم حتمیت بدون در نظر گرفتن تاثیر عامل بارندگی، با افزایش احتمال انحراف هر محدودیت از کران خودش (p)، سطح زیر کشت کل از ۷۲٤۱ هکتار به ۱٤۹۲٤ هکتار افزایش یافت. دلیل این امر کاهش مقدار عوامل تنظیم‌کننده‌ی میزان محافظه-کاری با افزایش p است. در شرایط عدم حتمیت با در نظر گرفتن تاثیر عامل بارندگی نیز با افزایش p کل، سطح زیرکشت از ۱۰۷۲٦ هکتار به ۱٤۹٦٤ هکتار افزایش یافته است. سه محصول چغندر قند، کلزا و خیار در هیچ یک از الگوهای بهینه‌ی کشت مشاهده نشد.

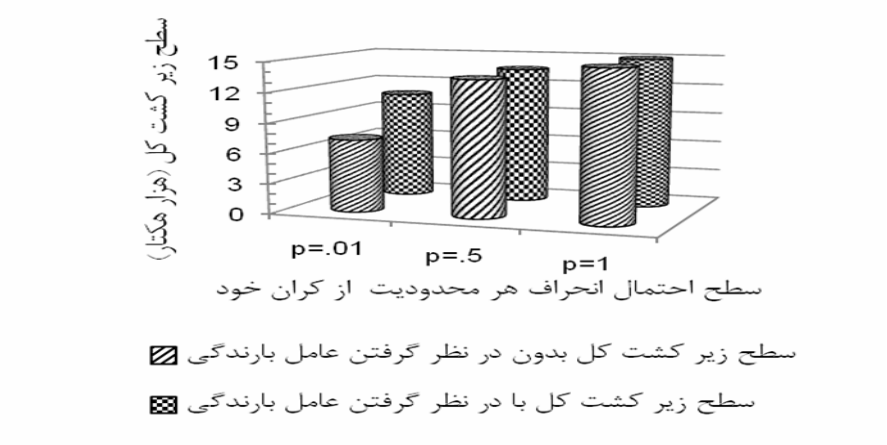
پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول (۲). الگوی کشت بهینه برای زمین‌های سمت راست شبکه‌ی آبیاری سد انحرافی نکوآباد در سه موقعیت مختلف

| محصول | متغیر | سطح زیر کشت (هکتار) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | شرایط قطعیت | شرایط عدم حتمیت بدون در نظر گرفتن عامل بارندگی | | | شرایط عدم حتمیت با در نظر گرفتن عامل بارندگی | |
| | | | p=۰/۰۱ | p=۰/۵ | p=۱ | p=۰/۰۱ | p=۰/۵ | p=۱ |
| گندم | $x_{1,1}$ | ۵۰۴۷ | – | ۶۱۴۴ | ۶۰۴۷ | ۱۶۰۸ | ۷۵۳۶ | ۸۲۷۸ |
| جو | $x_{1,2}$ | ۳۵۱۸ | ۴۰۲۵ | ۳۲۰۴ | ۴۵۱۸ | ۵۴۳۴ | ۹۵۵ | ۱۲۹۰ |
| ذرت دانه‌یی | $x_{2,4}$ | ۴۲۹ | – | ۳۴۳ | ۴۲۹ | ۴۲۷ | – | ۳۴ |
| پیاز | $x_{1,3}$ | ۹۶۴ | ۱۵۰۱ | ۸۲۲ | ۹۶۴ | ۱۱۷۸ | ۶۹۲ | ۷۸۱ |
| سیب زمینی | $x_{2,5}$ | ۱۱۷۶ | ۱۷۱۵ | ۱۵۲۷ | ۱۷۸۰ | ۲۰۷۹ | ۱۶۴۹ | ۱۶۲۵ |
| گوجه فرنگی | $x_{2,6}$ | ۲۳۹ | – | ۲۸۶ | ۲۳۹ | – | ۵۱۵ | ۵۴۱ |
| آفتاب‌گردان | $x_{2,7}$ | ۹۴۷ | – | ۱۱۹۳ | ۹۴۷ | – | ۲۳۰۵ | ۲۴۱۵ |
| چغندر قند | $x_{2,8}$ | – | – | – | – | – | – | – |
| کلزا | $x_{2,9}$ | – | – | – | – | – | – | – |
| خیار | $x_{2,10}$ | – | – | – | – | – | – | – |
| کل | | ۱۲۳۲۰ | ۷۲۴۱ | ۱۳۵۱۹ | ۱۴۹۲۴ | ۱۰۷۲۶ | ۱۳۶۵۲ | ۱۴۹۶۴ |

ماخذ: یافته‌های تحقیق

نکته‌ی مهم در این جا مقایسه‌ی دو شرایط عدم حتمیت با یک‌دیگر است. ملاحظه می‌شود که در سطوح احتمال انحراف هر محدودیت از کران آن محدودیت (p) ثابت، کل سطح زیرکشت در شرایط در نظر گرفتن تاثیر عامل بارندگی بیش‌تر از کل سطح زیر کشت در شرایط بدون در نظر گرفتن تاثیر عامل بارندگی است. البته این شرایط در سطوح احتمال p پایین‌تر بیش‌تر مشخص است. نگاره‌ی (۱) این موضوع را نشان می‌دهد.




شکل (۱). سطح زیر کشت کل در دو شرایط عدم حتمیت با و بدون در نظر گرفتن تاثیر عامل بارندگی

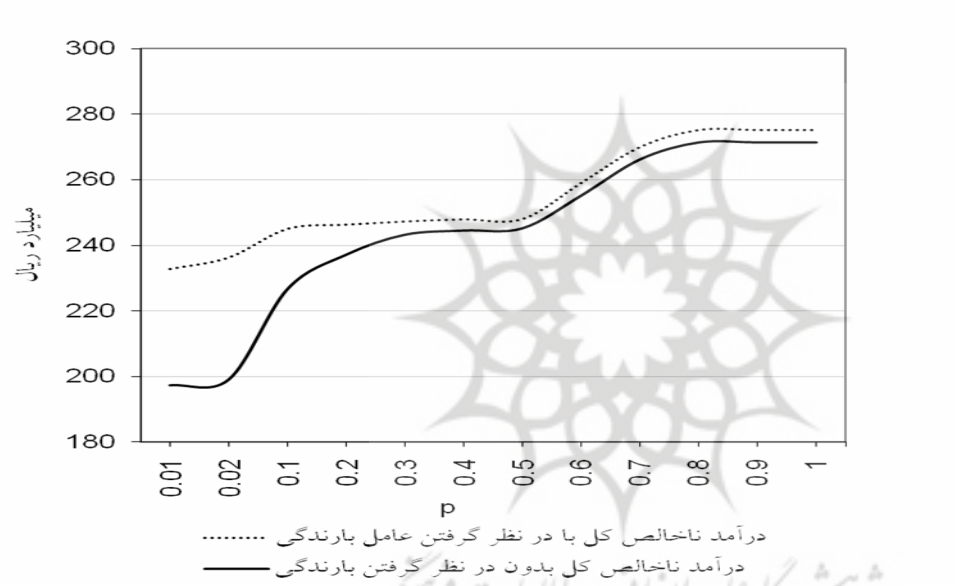
جدول (۳) درآمد ناخالص کل و هزینه‌ی تولید کل مربوط به سه موقعیت مورد نظر با سطوح مختلف p را نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود که با افزایش p و به عبارت دیگر، کاهش مقدار عامل تنظیم‌کننده‌ی میزان محافظه‌کاری، درآمد ناخالص کل در هر دو شرایط عدم حتمیت با در نظر گرفتن و بدون در نظر گرفتن تاثیر عامل بارندگی افزایش یافته‌است. هزینه‌ی تولید کل نیز در این شرایط، به‌علت بالا رفتن سطح زیر کشت، افزایش یافته است.

جدول (۳). درآمد ناخالص کل و هزینه‌ی تولید کل در سه موقعیت مختلف (میلیارد ریال)

| شرح | شرایط قطعیت | شرایط عدم حتمیت بدون در نظر گرفتن عامل بارندگی | | | شرایط عدم حتمیت با در نظر گرفتن عامل بارندگی | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | p=۰/۰۱ | p=۰/۵ | p=۱ | p=۰/۰۱ | p=۰/۵ | p=۱ |
| درآمد ناخالص کل | ۲۷۱ | ۱۹۷ | ۲۴۵ | ۲۷۱ | ۲۳۳ | ۲۴۸ | ۲۷۵ |
| هزینه‌ی تولید کل | ۱۸۳ | ۱۲۷ | ۱۶۵ | ۱۸۳ | ۱۵۵ | ۱۶۵ | ۱۸۳ |

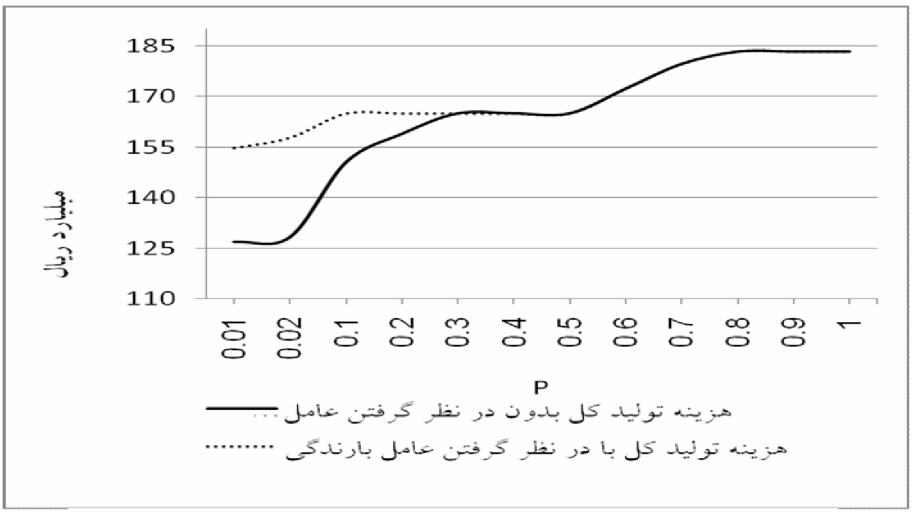
ماخذ: یافته‌های تحقیق

نگاره‌های (۲) و (۳) به‌ترتیب درآمد ناخالص کل و هزینه‌ی تولید کل در سطوح مختلف p در دو شرایط عدم حتمیت با و بدون در نظر گرفتن تاثیر عامل بارندگی را نشان می‌دهد. با توجه به نگاره‌ی (۲) درآمد ناخالص کل با در نظر گرفتن تاثیر عامل بارندگی به مراتب بیش از درآمد ناخالص کل بدون در نظر گرفتن تاثیر عامل بارندگی است. در سطوح احتمال بالاتر از p=۰/۵ تفاوت میان این دو شرایط کاهش می‌یابد. نگاره‌ی (۳) نشان می‌دهد که با افزایش سطح p تا p=۰/۳، هزینه‌ی تولید کل افزایش می‌یابد، و این هزینه در شرایط عدم حتمیت با در نظر گرفتن تاثیر عامل بارندگی بیش‌تر از شرایط عدم حتمیت بدون در نظر گرفتن تاثیر عامل بارندگی است. اما، از p=۰/۳ به بالا هر دو شرایط هزینه‌ی یک‌سانی داشته است (در نمودار دو خط هزینه بر هم منطبق شده است).




شکل (۲). درآمد ناخالص کل در شرایط متفاوت با سطوح مختلف

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی




**شکل (۳). هزینه‌ی تولید کل در شرایط متفاوت با سطوح مختلف**

## نتیجه‌گیری و پیش‌نهادها

کاربرد مدل بهینه‌سازی با عوامل تنظیم کننده‌ی میزان محافظه‌کاری باعث ایجاد گزینه‌های متفاوت اقتصادی برای تصمیم‌گیرندگان و سیاست‌گزاران کشاورزی می‌شود. در مطالعه‌ی حاضر به بررسی تاثیر عامل بارندگی بر الگوی کشت و درآمد ناخالص کل در شرایط عدم حتمیت برای شبکه‌ی آبیاری سمت راست سد انحرافی نکوآباد پرداخته شد. تعداد ۱۰ متغیر تصمیم برای ۱۰ محصول مورد مطالعه وجود داشت که در شرایط متفاوت برآورد گردید. نتایج نشان داد که در شرایط ثابت با افزایش احتمال انحراف هر محدودیت از کران خود (کاهش عدم حتمیت)، در آمد ناخالص کل افزایش می‌یابد. به عنوان مثال در شرایط عدم حتمیت بدون در نظر گرفتن عامل بارندگی با افزایش p از ۰/۰۱ به ۱ مقدار درآمد ناخالص کل از ۱۹۷ به ۲۷۱ میلیارد ریال افزایش می‌یابد. این نتیجه با نتیجه‌ی مطالعه سثی و همکاران (۲۰۰۶) هم‌سان است که در آن با کاهش میزان خطرپذیری در مدل محدودیت تصادفی مقدار سود خالص در منطقه‌ی مطالعه‌ی آن‌ها افزایش یافت. هم‌چونین، مشاهده شد که با افزایش سطح p، مقدار هزینه‌ی کل از ۱۲۷ به ۱۸۳ میلیارد ریال افزایش می‌یابد (هم‌سان با نتیجه‌ی مطالعه‌ی چانگ و

همکاران، ۲۰۰۹). پیش‌نهاد می‌شود که با توجه به شرایط مختلف اقتصادی، سیاسی، اقلیمی و اجتماعی از گزینه‌های متفاوت الگوی بهینه‌ی کشت در شرایط عدم حتمیت استفاده شود. با بالا رفتن میزان عدم حتمیت در منطقه‌ی مطالعه می‌توان از الگوهای بهینه‌ی کشت با سطوح p پایین و به عبارت دیگر، از مقادیر بالای Γ ( محافظه‌کاری بیش‌تر) استفاده نمود. با توجه به این که عامل بارندگی در درآمد ناخالص اثری مثبت را نشان می‌دهد، لحاظ نمودن تاثیر این عامل در تصمیم‌گیری برای طرح‌های کشاورزی این منطقه امری مهم به نظر می‌رسد.

## منابع


پایگاه اطلاعاتی شرکت مدیریت منابع آب ایران، بخش مطالعات پایه‌ی منابع آب. (۱۳۸۸).

چیذری، ا.، شرزه‌ای، غ. و کرامت‌زاده، ع. (۱۳۸٤). تعیین ارزش اقتصادی آب با رویکرد برنامه‌ریزی آرمانی (مطالعه‌ی موردی: سد بارزو شیروان). *تحقیقات اقتصادی*، ۷۱: ٦٦-۳۹.

حسینی ابری، س.ح. (۱۳۷۹). زاینده‌رود از سرچشمه تا مرداب. اصفهان، نشر گل‌ها.

شاه کرمی، ن.، مرید، س. و رحیمی جمانی، م. (۱۳۸۵). بهینه‌سازی الگوی کشت بر اساس مقادیر پیش‌بینی شده‌ی جریان رودخانه (مطالعه‌ی موردی رودخانه‌ی صوفی‌چای و شبکه‌ی آبیاری پایین دست). *تحقیقات مهندسی کشاورزی*، ۳۹: ۱۸-۱.

صبوحی، م. و الوانچی، م. (۱۳۸۷). کاربرد برنامه‌ریزی چند منظوره و توافقی در برنامه‌ریزی کشاورزی: مطالعه‌ی موردی خراسان رضوی. *مجله‌ی علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی*، ۱۵: ۱۳۲-۱۱۲.

صبوحی، م. و سلطانی، غ. (۱۳۸۷). بهینه‌سازی الگوهای کشت در سطح حوضه‌ی آب‌ریز با تاکید بر منافع اجتماعی و واردات خالص آب مجازی: مطالعه‌ی موردی منطقه‌ی خراسان. *علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی*، ٤۳: ۳۱۳-۲۹۷.

کاویانی، م. و عساکره، ح. (۱۳۸٤). بررسی آماری روند بلند مدت بارش سالانه‌ی اصفهان. *مجله‌ی پژوهشی دانشگاه اصفهان (علوم انسانی)*، ۱۸: ۱٦۲-۱٤۳.

کهنسال، م. و زارع، ع. (۱۳۸۷). تعیین الگوی بهینه‌ی کشت هم‌سو با کشاورزی پایدار با استفاده از برنامه‌ریزی فازی کسری با اهداف چندگانه. مطالعه‌ی موردی استان خراسان شمالی. *اقتصاد کشاورزی و توسعه*، ۶۲: ۳۳-۱.

Ben-Tal, A. and Nemirovski, A. (1998). Robust convex optimization, *Journal of Mathematics of Operations Research*, 23(4):769-805.

Ben-Tal, A. and Nemirovski, A. (1999). Robust solutions to uncertain programs, *Journal of Operations Research Letters*, 25:1-13.

Ben-Tal, A. and Nemirovski, A. (2000). Robust solutions of linear programming problems contaminated with uncertain data, *Journal of Mathematical Programming*, 88: 411-424.

Bertsimas, D. and Sim, M. (2003). Robust discrete optimization and network flows, *Journal of Mathematical Programming*, 98:49-71.

Bertsimas, D. and Sim, M. (2004). The price of robustness, *Journal of Operations Research*, 52 (1): 35–53.

Biswas, A. and Pal, B.B. (2005). Application of fuzzy goal programming technique to land use planning in agricultural system, J*ournal of Omega*, 33(5): 391-398.

Chung, G., Lansey, K. and Bayraksan, G. (2009). Reliable water supply system design under uncertainty, *Journal of Environmental Modelling and Software*, 24(4): 449–462.

El-Ghaoui, L. and Lebret. H. (1997). Robust solutions to least-square problems to uncertain data matrices, SIAM Journal on Matrix Analysis and Applications, 18:1035-1064.

El-Ghaoui, L., Oustry, F. and Lebret, H. (1998). Robust solutions to uncertain semidefnite programs, SIAM Journal on Optimization, 9: 33-52.

El-Shishiny, H. (1988). A goal programming model for planning the development of newly reclaimed lands, Journal of Agricultural Systems, 26(4): 245-261.

Nahmias, S. (2005). Production and operations analysis, McGraw-Hill, 5th edition.

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.

Riveira, I.S., Magan, M.B., Maseda, R.C. and Barros, D.M. (2008) Algorithm based on simulated annealing for land-use allocation, *Journal of Computers & Geosciences*, 34(3): 259-268.

Sharma D.K., Jana, R.K. and Gaur, A. (2007). Fuzzy goal programming for agriculture land allocation problems, *Journal of Yugoslav Journal of Operations Research*, 17(1): 31-42.

Sharma, D.K. and Jana, R.K. (2009). Fuzzy goal programming based genetic algorithm approach to nutrient management for rice crop planning, *Journal of International Journal of Production Economics*, 121(1): 224-232.

Sheffi, Y. (2005). The resilient enterprise: overcoming vulnerability for competitive advantage. MIT Press.

Simchi-Levi, D., Kaminsky, P. and Simchi-Levi, E. (2004). Managing the supply chain: the de nitiveguide for the business professional, McGraw-Hill.

Thiele, A. (2004). A robust optimization approach to supply chain and revenue management, PhD thesis, Massachusetts Institute of Technology.

Yeh, C.H. and Labadie, J.W. (2003). Multiobjective planning for agricultural decision: An application, *Journal of Agric.Planning and Manag*, 23: 336-343.

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.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی