

اقتصاد کشاورزی و توسعه، سال بیست و سوم، شماره ۸۹، بهار ۱۳۹۴

## پیامد افزایش قیمت آب و کاهش آب آبیاری در مزارع مصرف کننده آب سطحی استان کرمان با استفاده از رهیافت برنامه‌ریزی مثبت تصحیح شده

زینب معین الدینی<sup>۱</sup>، ماشاءالله سالارپور<sup>۲</sup>، حمید محمدی<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۲/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۹/۲۳

### چکیده

در دهه‌های اخیر، به دلیل بحران آب، اتخاذ سیاست‌های نو در زمینه مدیریت تقاضای آب از اهمیت زیادی برخوردار شده است. آب مهم‌ترین عامل در توسعه اقتصادی کشورها و مهم‌ترین عامل محدود کننده کشور به شمار می‌رود. هدف پژوهش حاضر ارزیابی آثار سیاست‌های کاهش میزان آب آبیاری در دسترس و افزایش قیمت آب بر الگوی کشت منطقه است. داده‌های مورد بررسی با استفاده از تکمیل ۲۵۰ پرسش‌نامه و جمع‌آوری اطلاعات از سازمان جهاد کشاورزی و سازمان مطالعات آب استان در سال ۱۳۸۹ به دست آمد. روش مورد استفاده، برنامه‌ریزی ریاضی مثبت تصحیح شده است. با استفاده از این روش سیاست‌های مورد

۱. دانشجوی دکتری اقتصاد کشاورزی دانشگاه زابل

۲. استادیار گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه زابل

۳. استادیار و عضو هیئت علمی گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه زابل (نویسنده مسئول)

اقتصاد کشاورزی و توسعه - سال بیست و سوم، شماره ۸۹

بررسی در سه حالت بدون کم آبیاری، با کم آبیاری ۵٪ و ۱۰٪ اعمال شد و تغییرات الگوی کشت مزارع نمونه در استان کرمان بررسی شد. سیاست‌های کاهش آب در دسترس به میزان ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۵ درصد و افزایش قیمت به میزان ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۳۰ درصد اعمال شد. نتایج نشان داد که در سناریوهای افزایش قیمت، در هر سه گروه مزارع بزرگ، متوسط و کوچک، روند افزایشی سطح زیرکشت در حالات کم آبیاری قابل مشاهده است. سناریوهای کاهش آب در دسترس تا میزان ۱۵٪ باعث افزایش سطح زیرکشت محصولات کم آبیاری شده است. با کاهش بیشتر آب در دسترس به میزان ۲۵ درصد، سطح زیر کشت کاهش چشمگیری می‌یابد و این سطح زیرکشت اندک به شرایط آبیاری کامل اختصاص داده می‌شود به جز مزارع کوچک که در شرایط کاهش آب در دسترس ۲۵ درصدی آب آبیاری هنوز مقداری از سطح زیرکشت خود را به کشت کم آبیاری اختصاص داده‌اند. افزایش سطح زیرکشت کم آبیاری به صورت نسبی بوده و به صورت مطلق کاهش یافته است.

طبقه بندی JEL : Q18, Q28, O21

#### کلیدواژه‌ها:

کم آبیاری، سیاست قیمت آب، آب‌های سطحی، برنامه ریزی ریاضی مثبت، کرمان

#### مقدمه

آب تخصیص یافته به بخش کشاورزی در بسیاری از مناطق به علت تغییرات آب و هوایی - که منجر به افزایش درجه حرارت و کاهش بارندگی و کمیابی فزاینده آب شده است - و نیز رقابت رو به رشد استفاده از آب برای مصارف غیر کشاورزی رو به کاهش است (Farre and Faci, 2009; Blanco et al., 2004). بررسی توزیع زمانی بارندگی در ماه‌های مختلف سال نشان‌دهنده مدیترانه‌ای بودن رژیم بارندگی استان است و به طور معمول از اواخر مهر ماه بارندگی‌های منظم در استان آغاز شده و روند افزایشی آن تا اواخر دی ماه ادامه یافته و

پیامد افزایش قیمت.....

در بعضی مناطق این روند تا اسفند ماه تداوم دارد و بالاخره در اردیبهشت ماه بارندگی منظم خاتمه می‌یابد. به طور کلی، در مقیاس منطقه‌ای، حداکثر بارندگی در اسفند ماه و حداقل آن در شهریور ماه گزارش شده است. بارندگی در استان کرمان سالانه حدود ۱۴۵ میلیمتر بوده که این مقدار ۵۸٪ بارش کشور (بارش سالانه کشور ۲۵۱ میلیمتر) و حدود ۱۹ درصد میانگین بارش جهانی یعنی ۷۵۰ میلیمتر بوده است (سازمان مطالعات آب کرمان، ۸۹). با توجه به پتانسیل کم تولید جریان‌های سطحی و تغییرات شدید بارندگی از سالی به سال دیگر، ذخیره آبی ناچیز است. کمبود منابع آب سطحی و استفاده از آن برای مصارف کشاورزی اهمیت کاربرد استراتژی‌های بهینه‌سازی مصرف آب به خصوص در شرایط کم‌آبی و خشکسالی را بیان می‌کند از جمله سیاست‌هایی که می‌تواند به این موضوع کمک کند، سیاست‌های قیمت‌گذاری آب آبیاری و محدود کردن میزان آب در دسترس است. در این زمینه تحقیقاتی در ایران و سایر کشورها صورت گرفته که در ادامه اشاره مختصری به آن‌ها می‌شود.

اکبری و بخشوده (۱۳۷۳) با استفاده از برنامه ریزی خطی در مطالعه‌ای تحت عنوان " تعیین ترکیب بهینه محصولات زراعی در اراضی زیر سد جیرفت " به تعیین ترکیب بهینه محصولات و بررسی اثر تغییرات احتمالی در قیمت و مقدار برخی از محصولات و عوامل تولید روی ترکیب بهینه اراضی زیر سد جیرفت استان کرمان پرداختند. نتایج نشان داد که الگوی کشت منطقه بهینه نیست. همچنین در این مطالعه قیمت سایه‌ای یک متر مکعب و یک هکتار زمین به ترتیب ۰/۰۱۶۵ و ۸۰۵/۹ ریال برآورد شد.

بنلی و کودل (۲۰۰۳) برای تعیین الگوی بهینه کشت بر حسب تکنیک آبیاری کافی در شرایط کمبود عرضه آب در منطقه جنوب شرقی ترکیه، از مدل برنامه ریزی غیرخطی استفاده کردند. نتایج این مدل سطح زیر کشت بهینه نیاز آبی بهینه محصولات و سود کل مزرعه را در شرایط عرضه آب کافی و محدود تعیین کرد. این مسئله همچنین با مدل برنامه ریزی خطی نیز حل شد تا اینکه اختلاف بین این دو روش را بیان نماید. نتایج نشان داد که درآمد مزرعه حاصل از مدل برنامه ریزی غیرخطی بر حسب تکنیک کم آبیاری، بیشتر از مدل برنامه ریزی خطی بوده و برای تعیین برنامه‌های آبیاری، بهتر از مدل برنامه ریزی خطی جواب می‌دهد.

اقتصاد کشاورزی و توسعه - سال بیست و سوم، شماره ۸۹

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

گمز و ریزوگ (۲۰۰۴) به بررسی اثر سیاست‌های مختلف قیمت گذاری آب آبیاری در مزارع آبی با استفاده از روش‌های برنامه‌ریزی ریاضی پرداختند. نتایج نشان داد که افزایش قیمت آب آبیاری برای گروه‌های مختلف کشاورزان، از طریق جبران قسمتی از هزینه‌ها توسط دولت، افزایش اشتغال کشاورزی و مصرف مواد شیمیایی باعث ایجاد رشد معنی‌داری در درآمد کشاورزان خواهد شد.

صبوحی و همکاران در (۱۳۸۶) با استفاده از الگوی برنامه‌ریزی ریاضی مثبت تأثیر تغییر قیمت آب و کاهش مقدار آب در دسترس بر منافع خصوصی و اجتماعی را در استان خراسان مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد کشاورزان به افزایش قیمت آب آبیاری از راه تغییر الگوی کشت خود پاسخ می‌دهند و در نتیجه افزایش قیمت آب آبیاری به کاهش مصرف آن در سطح مزرعه منجر نمی‌شود.

محسنی و زیبایی (۱۳۸۸) به تحلیل پیامدهای افزایش سطح زیر کشت کلزا بر دشت نمدان استان فارس پرداختند. نتایج نشان داد که با وارد شدن کلزا به الگوی کشت مطلوبیت کشاورزان افزایش می‌یابد. افزون بر این، مشخص شد با اینکه مصرف آب واحد سطح کلزا کمتر است، جایگزینی این محصول موجب مصرف بیشتر آب می‌شود.

نیکویی و زیبایی (۱۳۸۸) در مطالعه‌ای تحت عنوان "سیستم حمایت تصمیم در مدیریت بحران آب کشاورزی با تأکید بر کم آبیاری: مطالعه موردی حوضه آبخیز زاینده‌رود" با اعمال سناریوهای مختلف کاهش عرضه آب به شبیه‌سازی و ارزیابی این

پیامد افزایش قیمت.....

سیاست‌ها با استفاده از روش برنامه‌ریزی ریاضی مثبت پرداختند. نتایج نشان داد که اعمال محدودیت‌های کم و متوسط (۲۰ و ۴۰ درصدی موجودی منابع آب) حداقل کاهش در بازده منطقه‌ای را داشت و با بروز بحران‌های شدیدتر (۶۰ درصد کاهش موجودی منابع آب) کم آبیاری می‌تواند تا کاهش ۵۰ درصد برای بعضی محصولات نیز صورت پذیرد.

کوتیگنانی و سورینی (۲۰۰۹) سیاست‌های کم آبیاری را با استفاده از مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت بررسی کردند. نتایج نشان داد که اعمال سیاست‌های کاهش آب در دسترس به میزان ۵ و ۱۰ درصد و افزایش قیمت آب به میزان ۲۰۰ و ۳۰۰ درصد بر کاهش مقدار مصرف آب مؤثر است.

مطالعات در مجموع نشان می‌دهند که به علت مزایای مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP) استفاده از این روش در حال گسترش می‌باشد. با این حال، اکثر مطالعات انجام شده با استفاده از PMP مربوط به تحلیل سیاست‌های اروپاست و این مدل هنوز جایگاه واقعی خود را در کشورها پیدا نکرده است. مطالعات انجام شده در اتحادیه اروپا نیز عمدتاً مربوط به بررسی سیاست‌هایی همچون تغییر یارانه نهاده‌ها و تغییر نرخ تعرفه‌هاست. در مطالعه حاضر سعی شده است با استفاده از یک روش جدید PMP و برنامه‌ریزی ریاضی مثبت تصحیح شده، سیاست‌های کم آبیاری، سیاست‌های کاهش مقدار آب در دسترس، افزایش قیمت آب و ترکیبی از این سیاست‌ها مورد بررسی قرار گیرد.

## روش تحقیق

### تکنیک کم آبیاری

کم آبیاری با صرفه جویی در مصرف آب می‌تواند به عنوان مدیریت آب در مزرعه به منظور افزایش سطح زیر کشت و نیز به تعیین الگوی کشت بهینه کمک نماید. کم آبیاری به عنوان یک استراتژی سودمند اقتصادی در وضعیت محدودیت آب و با هدف حداکثر استفاده از واحد حجم آب مصرفی (فرداد و گلکار، ۱۳۸۱). به هر حال، تکنیک‌های کم آبیاری در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفت. این تکنیک‌ها با استفاده از مدل‌های کشاورزی، که فائو

اقتصاد کشاورزی و توسعه - سال بیست و سوم، شماره ۸۹

توسعه داده است، محاسبه و اعمال می‌شود. این مدل بر اساس داده‌های آب و هوایی و کشاورزی، تأثیر کاهش آب آبیاری را بر محصول پیش بینی می‌کند (Clarke et al., 1998).

تأثیر کاهش آب در محصولات بر اساس رابطه محاسبه می‌شود:

$$\left(1 - \frac{y_a}{y_m}\right) = k_y \left(1 - \frac{ET_a}{ET_m}\right) \quad (1)$$

که در آن،  $y_a$  عملکرد واقعی،  $y_m$  عملکرد پتانسیل،  $ET_a$  تبخیر و تعرق،  $ET_m$  تبخیر و تعرق پتانسیل و  $k_y$  عامل ارتباط بین تبخیر و تعرق و محصول است (Cortignani and Severini, 2009). مهم‌ترین عامل تبخیر و تعرق، راندمان آبیاری است که به یکنواختی و عمق آبیاری بستگی دارد. در نتیجه، رابطه بین آب مصرفی و تبخیر و تعرق به طور کلی خطی نیست (Reca et al., 2004).

### برنامه‌ریزی ریاضی مثبت

در حال حاضر، مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی تبدیل به یک ابزار مهم و با کاربرد وسیع در تحلیل سیاست‌های کشاورزی شده‌اند. یک مزیت مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی در تحلیل سیاست‌های کشاورزی توانایی این مدل‌ها در بررسی جزئی‌تر تأثیر سیاست‌ها در سطح مزرعه می‌باشد (Paris and Howitt, 1998). مدل PMP برای اولین بار توسط هاویت در سال ۱۹۹۵ معرفی شد. ایده کلی در PMP استفاده از اطلاعات موجود در متغیرهای دوگان<sup>۱</sup> محدودیت‌های واسنجی است که جواب مسئله برنامه‌ریزی خطی به سطح فعالیت‌های موجود محدود می‌شود. این مقادیر دوگان برای تصریح تابع هدف غیرخطی‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرند که سطح فعالیت‌های مشاهده شده را مجدداً از طریق جواب بهینه مسئله برنامه‌ریزی جدیدی که فاقد محدودیت واسنجی است بازسازی می‌کند (Cortignani and Severini, 2009). در این پژوهش، برای تحلیل سیاست، از الگوی برنامه‌ریزی ریاضی مثبت استفاده شد.

پیامد افزایش قیمت.....

### روش برنامه ریزی ریاضی مثبت استاندارد

مدل برنامه ریزی درجه دو می تواند به صورت زیر نوشته شود ( Cortignani and Severini, 2009 ):

$$\begin{aligned} \max z &= \sum_j (r_j - Ac_j(x_j))x_j \\ s.t \quad &\sum_j a_{ij}x_j \leq b_i \\ &x_j \geq 0 \end{aligned} \quad (2)$$

که در آن،  $z$  محصول،  $z$  ارزش تابع هدف،  $x_j$  سطح فعالیت در تکنیک آبیاری  $j$ ،  $r$  در آمد متوسط در هکتار،  $a_{ij}$  عناصر ماتریس ضرایب فنی و  $b_i$  مقدار منابع در دسترس می باشد.

تابع هزینه متغیر هر واحد فعالیت ( $Ac_j(x_j)$ ) در این مدل به صورت رابطه ۳ تعریف می شود:

$$Ac_j = \alpha_j + \frac{1}{2}\beta_j x_j \quad (3)$$

که  $\alpha$  و  $\beta$  پارامترهایی هستند که تخمین زده می شوند.

مجموعه ضرایب تابع هزینه نهایتاً مسئله ۲ را حل می کند. یکی از شرایط برای به دست آوردن این پارامترها به صورت رابطه ۴ است (Paris and Arfini, 2000):

$$\alpha_i = c_j, \quad \beta_j = \frac{\mu_j}{x_j^0} \quad (4)$$

که در آن،  $C_j$  هزینه های محاسبه شده فعالیت  $j$  براساس داده های سال پایه  $\mu_j$  متغیر مربوط به محدودیت های واسنجی است که این محدودیت به صورت رابطه ۵ است:

$$x_j \leq x_j^0 (1 + \varepsilon_0) \quad [\mu_j] \quad (5)$$

که در آن،  $x_j^0$  سطوح فعالیت مشاهده شده و  $\varepsilon$  یک عدد مثبت خیلی کوچک است (Howitt, 1995).

در روش استاندارد، پارامترهای تابع هزینه هر فعالیت به صورت جداگانه تعیین می شوند. در این روش، تکنولوژی های مختلف آبیاری تولید برای محصولات مشابه

اقتصاد کشاورزی و توسعه - سال بیست و سوم، شماره ۸۹

(تکنیک‌های آبیاری) به صورت فعالیت‌های جداگانه در نظر گرفته می‌شوند. در این حالت، تکنیک‌های آبیاری، که دارای ویژگی‌های فنی - اقتصادی - کشاورزی مشابهی هستند و در مرحله شبیه‌سازی باعث ایجاد همبستگی می‌شوند، مورد توجه قرار نگرفتند (Cortignani and Severini, 2009).

با توجه به مطالب ذکر شده، می‌توان گفت این روش سه فرایند اصلی زیر را طی می‌کند:

۱) حل یک برنامه‌ریزی ریاضی معمولی شامل یک مدل MP با این تفاوت که به محدودیت‌های منابع، محدودیت‌های واسنجی که فعالیت‌ها را به سطوح مشاهده شده در دوره مرجع محدود می‌کند، افزوده شده است. ۲) استفاده از متغیر دوگان برای تعیین پارامترهای تابع هدف غیر خطی که معمولاً نوعی فرم تابع درجه دوم چند محصولی است. ۳) به کارگیری تابع هدف غیرخطی واسنجی شده در یک برنامه غیر خطی با همان محدودیت‌های اصلی به جز محدودیت‌های واسنجی (Howitt, 1995).

#### روش برنامه‌ریزی ریاضی مثبت ارائه شده رام و دابرت

رام و دابرت (۲۰۰۳) مدل متفاوتی را پیشنهاد کردند. آنان فرض نمودند که کشش جانشینی بین وارته‌های محصولات مشابه بیشتر از محصولات متفاوت است. در این حالت، مدل برنامه‌ریزی درجه دو می‌تواند به صورت رابطه ۶ نوشته شود:

$$\begin{aligned} \max z &= \sum_j \sum_v (r_{j,v} - Ac_{j,v}(x_{j,v}))x_{j,v} \\ s.t \quad & \sum_j \sum_v a_{i,j,v}x_{j,v} \leq b_i \\ & x_{j,v} \geq 0 \end{aligned} \quad (6)$$

و تابع هزینه متغیر هر واحد فعالیت به صورت رابطه ۷:

$$Ac_{j,v}(x_{j,v}) = \alpha_{j,v} + \frac{1}{2} \beta_{j,v} x_{j,v} + \frac{1}{2} \gamma_j \sum_v x_{j,v} \quad (7)$$



پیامد افزایش قیمت.....

این روش یک پارامتر شیب اضافی را معرفی می کند که در معادله ۴ نیامده و برای همه واریته های محصولات مشابه مشترک است. بنابراین، دو مجموعه از پارامترها یکی برای هر محصول  $(\gamma_{j,v})$  و دیگری برای واریته های یک محصول  $(\beta)$  شیب وجود دارد. مشابه روش استاندارد، مجموعه ضرایب تابع هزینه شرایط نهایی را ایجاد می کند. اصلاح پارامترها به صورت رابطه ۸ است:

$$\alpha_{j,v} = c_{j,v}, \quad \beta_{j,v} = \frac{\mu_{j,v}}{x_{j,v}^0}, \quad \gamma_j = \frac{\mu_j}{\sum_v x_{j,v}^0} \quad (8)$$

که در آن،  $c_{j,v}$  هزینه هایی است که بر اساس داده های سال پایه محاسبه می شود و پارامترهای دیگر  $(\beta, \gamma_{j,v})$  بر اساس فرمول های ذکر شده و در نهایت، نتایج حل مسئله اصلی با دو مجموعه از محدودیت های واسنجی کننده اضافی از روابط ۹ به دست می آیند:

$$\sum_v x_{j,v} \leq \sum_v x_{j,v}^0 (1 + \varepsilon_1) \quad [\mu_j]$$

$$x_{j,v} \leq x_{j,v}^0 (1 + \varepsilon_2) \quad [\mu_{j,v}] \quad (9)$$

که در آن،  $\varepsilon_1, \varepsilon_2$  اعداد مثبت کوچک هستند،  $\mu_j$  ارزش دوگان وابسته به محصول و  $\mu_{j,v}$  ارزش دوگان وابسته به تکنیک های آبیاری است.

#### روش برنامه ریاضی مثبت تصحیح شده

روش مورد استفاده در این مطالعه، تعمیم روش رام و دابرت است که توسط کورتیگنایی و سورینی (۲۰۰۹) تعمیم داده شده است. در این روش، امکان در نظر گرفتن فعالیت های که در دوره مرجع موجود نبوده وجود دارد. در مقایسه با معادلات ۹ و ۱۰، محدودیت های واسنجی کننده به صورت رابطه ۱۰ است:

$$\sum_v x_{j,v} \leq \sum_v x_{j,v}^0 (1 + \varepsilon) + \varepsilon_3 \quad [\mu_j]$$

$$x_{j,v} \leq x_{j,v}^0 (1 + \varepsilon) + \varepsilon_3 \quad [\mu_{j,v}] \quad (10)$$

اقتصاد کشاورزی و توسعه - سال بیست و سوم، شماره ۸۹

که در آن،  $\varepsilon_3$  عدد مثبت و به اندازه کافی کوچک است ( $\varepsilon_1 < \varepsilon_2 < \varepsilon_3$ ). برای تعیین متغیر دوگان در این روش، تابع هزینه متغیر به صورت رابطه ۱۱ تعریف می‌شود (Cortignani and Severini, 2009):

$$Ac_{j,v}(x_{j,v}) = \alpha_{j,v} + \frac{1}{2}\beta_{j,v}x_{j,v} + \frac{1}{2}\gamma_j \sum_v x_{j,v} + v_{j,v} \quad (11)$$

$$\alpha_{j,v} = c_{j,v}, \quad \beta_{j,v} = \frac{\mu_{j,v}}{x_{j,v}^0}, \quad \gamma_j = \frac{\mu_j}{\sum_v x_{j,v}^0}, \quad v_{j,v} = \mu_{j,v} \left( 1 - \frac{x_{j,v}^0}{\sum_v x_{j,v}^0} \right) \quad (12)$$

که در آن،  $v_{j,v}$  پارامترهای خطی هستند که  $v$  وزن نسبی تکنیک آبیاری محصول  $j$  را نشان می‌دهد.

در مقایسه با دو روش اصلی، این روش این امکان را می‌دهد که بتوان حتی زمانی که وابسته‌ها در دوره مرجع مشاهده نشده است، ضرایب شیب آن‌ها را بهینه کرد. الگوی نهایی مورد استفاده در این مطالعه به صورت زیر می‌باشد:

$$\max z = \sum_j \sum_v (r_{j,v} - Ac_{j,v}(x_{j,v}))x_{j,v}$$

St.

$$\sum_j \sum_v A_{j,v}x_{j,v} \leq TA$$

$$\sum_j \sum_v W_{j,v}x_{j,v} \leq TW$$

$$\sum_j \sum_v L_{j,v}x_{j,v} \leq TL$$

$$\sum_j \sum_v N_{j,v}x_{j,v} \leq TN$$

$$\sum_j \sum_v PH_{j,v}x_{j,v} \leq TPH$$

$$\sum_j \sum_v P_{j,v}x_{j,v} \leq TP$$

$$\sum_j \sum_v Ma_{j,v}x_{j,v} \leq TMa$$

پیامد افزایش قیمت.....

که در آن،  $P_{j,v}$  مقدار کود ازته مورد نیاز فعالیت زام با تکنیک آبیاری  $v$  ام در هر هکتار، TP کود ازته در دسترس،  $PH_{j,v}$  مقدار کود ازته مورد نیاز فعالیت زام با تکنیک آبیاری  $v$  ام در هر هکتار، TPH کود ازته در دسترس،  $N_{j,v}$  مقدار کود ازته مورد نیاز فعالیت زام با تکنیک آبیاری  $v$  ام در هر هکتار، TN کود ازته در دسترس،  $L_{j,v}$  مقدار کارگر مورد نیاز فعالیت زام با تکنیک آبیاری  $v$  ام در هر هکتار (بر حسب نفر-روز)، TL نیروی انسانی در دسترس (بر حسب نفر-روز)،  $W_{j,v}$  مقدار آب آبیاری محصول زام با تکنیک آبیاری  $v$  در مزرعه نماینده (بر حسب متر مکعب)، TW مقدار آب آبیاری در دسترس (بر حسب متر مکعب)،  $A_{j,v}$  سطح زیر کشت زامین (۵ و ... و ۱) محصول با تکنیک آبیاری  $v$  (بر حسب هکتار)، TA کل اراضی موجود در مزرعه نماینده (بر حسب هکتار)،  $Ma_{j,v}$  ماشین آلات مورد نیاز فعالیت زام با تکنیک آبیاری  $v$  ام در هر هکتار و TMA کل ماشین آلات در دسترس (ساعت در هکتار) می باشد.

روش برنامه ریزی ریاضی مثبت تعدیل شده - که در این مطالعه استفاده شد- روشی تکامل یافته از همان برنامه ریزی مثبت اولیه می باشد. با استفاده از این مدل اعمال سیاست های کاهش ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۵ درصدی در مقدار آب آبیاری در دسترس و افزایش ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۳۰ درصدی در قیمت آب آبیاری بررسی شد. با استفاده از روش آماری نمونه گیری خوشه ای، نمونه مورد بررسی شامل ۲۵۰ مزرعه مصرف کننده آب سطحی است که در سال ۸۹ انتخاب شدند و سپس با توجه به سطح اراضی مورد کشت به سه زیر گروه مزارع کوچک با سطح زیر کشت کمتر از ۹ هکتار، مزارع متوسط با سطح زیر کشت ۹ تا ۱۸ هکتار و مزارع بزرگ با مساحت بیشتر از ۱۸ هکتار تقسیم می شوند. این کار با استفاده از نرم افزار SPSS.16 صورت گرفته است. سپس با استفاده از نرم افزار GAMZ مدل برنامه ریزی ریاضی مثبت برای هر یک از این گروه ها به صورت جداگانه تخمین زده شد.

## نتایج و بحث

نتایج به دست آمده از الگوی کشت اولیه با استفاده از روش برنامه ریزی ریاضی مثبت تصحیح شده در جدول ۱ نشان می دهد که سطح زیر کشت کم آبیاری در مزارع متوسط نسبت

## اقتصاد کشاورزی و توسعه - سال بیست و سوم، شماره ۸۹

به مزارع کوچک افزایش و در مزارع بزرگ کاهش داشت. برای این کار پنج محصول عمده منطقه، شامل گندم، جو، ذرت، چغندر قند سیب‌زمینی بررسی شدند. گندم و جو هر دو از غلات مهم هستند و خصوصیات گیاهی آن‌ها شبیه به هم است، ولی از لحاظ میزان مصرف آب، آب مصرفی برای گندم بیشتر است. ذرت نیز یکی از غلات مهم است که میزان آب مصرفی آن از گندم بیشتر است، چرا که برگ‌های پهن‌تر و کشیده دارد و سطح تبخیر آن بیشتر است. چغندر و سیب‌زمینی هر دو گیاه غده‌ای هستند و میزان مصرف آب در آن‌ها به نسبت بیشتر می‌باشد. گفتنی است چغندر قند نیز برگ‌های پهن و بزرگی دارد.

جدول ۱. نتایج تعیین الگوی کشت با استفاده از روش برنامه ریزی ریاضی مثبت تصحیح شده

(هکتار)

محصول	مزارع کوچک	مزارع متوسط	مزارع بزرگ
ذرت ۱	۴۶/۰	۴۳/۷	۷۱/۵
ذرت ۲	۱۷/۰	۱۹/۳	۲۲/۵
ذرت ۳			
گندم ۱	۴۲/۰	۴۸/۰	۴۲/۸
گندم ۲	۷/۰	۱۰/۸	
گندم ۳	۷/۳	۳/۲	۴/۲
جو ۱	۵۶/۲	۶۵/۰	۵۱/۸
جو ۲	۸/۰	۷/۳	۸/۲
جو ۳	۶/۴	۴/۰	۶/۲
چغندر قند ۱	۶۳/۰	۵۴/۵	۵۴/۶
چغندر قند ۲		۱۶/۴	۳/۵
چغندر قند ۳	۷/۴	۲/۳	۸/۲
سیب زمینی ۱	۲/۰	۱۳/۰	۸۹/۰

پیامد افزایش قیمت.....

	۵/۸		سیب زمینی ۲
	۴/۷	۴/۸	سیب زمینی ۳
۳۰۹/۷	۲۲۴/۲	۲۰۹/۲	آبیاری کامل
۵۲/۶	۷۳/۸	۵۷/۷	کم آبیاری
۳۶۲/۳	۲۹۸/۰	۲۶۷/۰	کل زمین
۸۵/۵	۷۵/۲	۷۸/۴	درصد آبیاری کامل
۱۴/۵	۲۴/۸	۲۱/۶	درصد کم آبیاری

منبع: یافته‌های تحقیق (محصول ۱: بدون کم آبیاری، محصول ۲: با اعمال کم آبیاری ۵٪ و محصول ۳: با اعمال کم آبیاری ۱۰٪ است)

پس از در نظر گرفتن فعالیت جدید، یعنی فعالیت‌هایی که در سال پایه مشاهده نشده است، مدل برای آن‌ها یک سطح زیر کشت اولیه در نظر می‌گیرد. بنابراین، به هنگام اعمال کم آبیاری، تمام یا بعضی از محصولات (در تکنیک کم آبیاری ۱۰ درصد) سطح زیر کشتی به آن‌ها تعلق می‌گیرد. لذا دو ردیف آخر جدول ۱ نشان می‌دهد که پس از اعمال کم آبیاری با بزرگ‌تر شدن اندازه سطح زیر کشت، بر محصولات جدید افزوده شده است ولی با وجود افزایش سطح نسبی این محصولات سطح زیر کشت مطلق کاهش پیدا کرده است. این میزان از ۲۱/۶ به ۲۴/۸ و ۱۴/۵ درصد تغییر یافته و تنها در حالت مزارع بزرگ کاهش یافته و از دلایل این امر می‌توان به ضعف مدیریتی مزارع بزرگ اشاره کرد که بر میزان پذیرش محصولات جدید اثر دارد.

#### نتایج سیاست‌های افزایش قیمت و کاهش آب در دسترس

سیاست‌های کاهش آب در دسترس و افزایش قیمت آب آبیاری در گروه‌هایی شامل افزایش ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۳۰ درصد در قیمت آب آبیاری و کاهش ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۵ درصد در

## اقتصاد کشاورزی و توسعه - سال بیست و سوم، شماره ۸۹

مقدار آب در دسترس بررسی شد. نتایج شبیه سازی سناریوهای افزایش قیمت آب آبیاری و کاهش آب در دسترس برای گروه‌های مصرف کننده آب سطحی بیان شده است. در جدول ۲ نتایج گروه مزارع کوچک نشان داده شده است. ملاحظه می‌شود که زارعان برای محصولاتی مانند گندم، سیب‌زمینی و چغندر قند تکنیک‌های کم آبیاری را بیشتر و برای ذرت و جو کمتر پذیرفته‌اند. گندم یک محصول استراتژیک به شمار می‌رود و همچنین محصولی پر کاربرد در جامعه می‌باشد، لذا در تکنیک‌های کم آبیاری نیز توسط زارعان کشت می‌شود. افزون بر آن، با توجه به اینکه کشاورز از محصولاتی مثل سیب‌زمینی و چغندر قند درآمد بیشتری بدست می‌آورد، زارعین در شرایط کم آبیاری تمایل بیشتر به کاشت این محصولات دارند.

با توجه به دو ردیف انتهایی جداول ۲ تا ۴، که نشان‌دهنده درصد سطح زیر کشت آبیاری کامل و کم آبیاری است، بعد از اجرای سیاست‌ها، سطح زیر کشت به طور نسبی در آبیاری کامل نسبت به حالت اولیه کاهش و در تکنیک‌های کم آبیاری افزایش داشت و به طور مطلق در هر دو حالت کاهش نشان داد. در مقایسه سه گروه مزارع کوچک، متوسط و بزرگ، بعد از اجرای سیاست کاهش آب در دسترس به میزان ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۵ درصد، سطح زیر کشت کم آبیاری در مزارع متوسط از ۷۳/۸ هکتار به ۱۱۱/۹، ۱۴۶/۷، ۱۰۱/۲ و صفر هکتار؛ در مزارع کوچک از ۵۷/۷ به ترتیب به ۸۹/۹، ۱۳۷/۷، ۹۹ و ۲۱ هکتار و برای مزارع بزرگ از ۵۲/۶ به ۷۶/۶، ۹۴، ۵۲/۵ و صفر هکتار تغییر کرد. سطح زیر کشت ابتدا افزایش و سپس کاهش داشته و برای سه گروه مشابه است. با کاهش آب در دسترس بیش از ۱۵٪ سطح زیر کشت کم آبیاری کاهش داشت که ممکن است به این دلیل باشد که حداقل آب مورد نیاز گیاه پس از ۱۵٪ کاهش آب در دسترس تأمین نشده و گیاه آب مورد نیاز برای رشد مناسب را در اختیار نداشته باشد و هر گیاه متناسب با سیستم رشد خود کاهش آب را تا حدی می‌تواند تحمل کند و از آن به بعد نسبت به کاهش آب واکنش نشان می‌دهد. کاهش سطح زیر کشت در حالت آبیاری کامل نیز در مزارع متوسط از ۲۲۴/۲ به ۱۴۲/۱، ۱۰۸/۵، ۵۸/۹ و ۱۷/۲ هکتار؛ در مزارع کوچک از ۲۰۹/۲ به ۱۵۳/۹، ۱۱۰/۶، ۷۷/۶ و ۲۶/۷ هکتار؛ برای مزارع بزرگ از ۳۰۹/۷ به

## پیامد افزایش قیمت.....

۲۴۸/۱، ۲۱۶/۱، ۱۰۷/۳ و ۱۱ هکتار رسید که برای هر سه گروه روند مشابه دارد. سیاست‌های افزایش قیمت ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۳۰ درصد، سطح زیرکشت آبیاری کامل را برای مزارع کوچک به ۲۱۸، ۱۸۳/۹، ۱۳۲/۲، ۸۴/۸ و ۳۸/۴؛ برای مزارع متوسط به ۱۹۷/۹، ۱۴۶/۶، ۱۳۵/۷، ۱۱۸/۵ و ۹۵/۳؛ برای مزارع بزرگ به ۳۰۵/۱، ۲۷۳، ۲۳۴/۲، ۱۹۳/۱ و ۱۵۲/۷ هکتار تغییر داد. سطح زیرکشت کم آبیاری نیز در مزارع کوچک به ۴۸/۳، ۷۷/۲، ۱۰۴، ۱۳۱/۵ و ۱۰۷/۵، و برای مزارع متوسط به ۸۹/۱، ۱۱۴/۷، ۱۴۱، ۱۶۴/۸ و ۱۹۵ و در نهایت برای مزارع بزرگ به ۴۹/۸، ۷۲/۱، ۸۲/۷، ۱۰۵/۸ و ۱۱۹/۸ هکتار تغییر کرده است که روند افزایشی را نشان می‌دهد. با توجه به افزایش قیمت آب سعی شده از بذره‌های بهتری جهت کاشت محصول استفاده شود تا در نهایت جبران افزایش قیمت نهاده آب توسط افزایش محصول صورت گیرد. با توجه به این نتایج می‌توان بیان کرد بعد از اعمال کم آبیاری، اثر سیاست‌های کاهش مقدار آب دسترس بر محصولات بیشتر به صورت کاهش محصول بوده است در حالی که اثر سیاست افزایش قیمت بیشتر به شکل افزایش سطح زیر کشت محصولات می‌باشد.

در سناریوهای کاهش آب در دسترس به میزان ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد در هر گروه، پذیرش کشاورزان برای کشت در تکنیک‌های کم آبیاری افزایش یافت، این در حالی بود که با افزایش درصد کاهش آب در دسترس به میزان ۲۵٪، سطح زیر کشت محصولات کاهش یافت. پس این سناریوها تمایل کشاورز را برای کشت در حالت آبیاری کامل کاهش داده است؛ برای مثال، در کاهش آب در دسترس به میزان ۱۰ درصد، سطح زیر کشت آبیاری کامل از ۲۰۹ به ۱۱۰ هکتار برای مزارع کوچک، از ۲۲۴/۲ به ۱۰۸/۵ هکتار برای مزارع متوسط و در مزارع بزرگ نیز ۳۰۹/۷ به ۲۱۶/۱ هکتار کاهش داشته است و این در حالی می‌باشد که در حالت کم آبیاری برای مزارع کوچک از ۵۷/۷ به ۱۳۷/۷ هکتار، مزارع متوسط از ۷۳/۸ به ۱۴۶/۷ و برای مزارع بزرگ از ۵۲/۶ به ۹۴ افزایش سطح زیر کشت مشاهده شده است. کاهش آب در دسترس به میزان ۲۵ درصدی سطح زیر کشت آبیاری کامل را برای مزارع کوچک از ۲۰۹/۲ به ۲۶/۷ هکتار، مزارع متوسط از ۲۲۴/۲ به ۱۷/۳ هکتار و در مزارع بزرگ از ۳۰۹/۷ هکتار به ۱۱ هکتار کاهش و میزان سطح زیر کشت کم آبیاری برای مزارع کوچک از ۵۷/۷ به ۲۱

## اقتصاد کشاورزی و توسعه - سال بیست و سوم، شماره ۸۹

هکتار، مزارع متوسط از ۷۳/۸ به صفر و برای مزارع بزرگ از ۵۲/۶ به صفر کاهش داده است. این موضوع نشان دهنده این است که کاهش آب در دسترس آب تا حدودی می‌تواند اعمال شود، زیرا کاهش آب در دسترس تا سطح ۱۵٪ باعث افزایش سطح زیر کشت کم‌آبیاری شده و افزایش بیشتر به میزان ۲۵٪ در سیاست کاهش آب در دسترس، سطح زیر کشت کم‌آبیاری را کاهش خواهد داد، چرا که بعد از آن نمی‌توان حداقل نیاز آبی محصولات در دوره رشدشان را فراهم کرد.

در همه گروه‌ها افزایش قیمت آب آبیاری به میزان ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۳۰ درصد، سطح زیر کشت آبیاری کامل را کاهش می‌دهد. کاهش سطح زیر کشت با افزایش قیمت آب آبیاری برای هر گروه بیشتر می‌شود و این روند ادامه دارد. همان‌طور که در جداول ۲ تا ۴ نشان داده شده است، سطح زیر کشت آبیاری کامل برای مزارع کوچک، متوسط و بزرگ به ترتیب به ۲۰۹/۲، ۲۲۴/۲ و ۳۰۹/۷ هکتار بوده و پس از افزایش قیمت به میزان ۱۰ درصد به ترتیب به ۱۸۳/۹، ۱۴۶/۶ و ۲۷۳ هکتار کاهش یافته، در حالی که کاهش ۱۰ درصدی آب آبیاری در دسترس سطح زیر کشت را به ۱۱۰/۶، ۱۰۸/۵ و ۲۱۶/۱ هکتار کاهش داده است. بنابراین، با مقایسه کاهش ۱۰٪ آب آبیاری در دسترس و افزایش ۱۰٪ قیمت آب آبیاری ملاحظه می‌شود که کاهش مقدار آب در دسترس سطح زیر کشت را به میزان بیشتری کاهش می‌دهد. سطح کم‌آبیاری برای مزارع کوچک، متوسط و بزرگ به ترتیب ۵۷/۷، ۷۳/۸ و ۵۲/۶ است که پس از اعمال سیاست افزایش ۱۰ درصدی در قیمت آب به ۷۷/۲، ۱۱۴/۷ و ۷۲/۱ هکتار و پس از اعمال سیاست کاهش آب در دسترس به میزان ۱۰ درصد به ۱۳۷/۷، ۱۴۶/۷ و ۹۴ هکتار افزایش یافت. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، اثر سیاست کاهش آب در دسترس در افزایش سطح زیر کشت کم‌آبیاری نیز بیشتر است. سطح زیر کشت کلی محصولات در این سیاست‌ها از ۲۹۸، ۲۶۷ و ۳۶۲/۳ به ۲۴۸/۳، ۲۵۵/۲ و ۳۱۰/۱ هکتار کاهش یافته است. با توجه به مطالب گفته شده می‌توان گفت که سطح زیر کشت نسبی کم‌آبیاری افزایش داشته ولی با توجه به کاهش سطح زیر کشت کلی این افزایش به صورت مطلق نبوده است.



پیامد افزایش قیمت.....

جدول ۲. الگوی کشت مزارع کوچک (آب‌های سطحی) در سیاست‌های مورد مطالعه

محصول	حالت اولیه	درصد کاهش آب در دسترس								درصد افزایش قیمت				
		%۵	%۱۰	%۱۵	%۲۵	%۵	%۱۰	%۱۵	%۲۰	%۳۰				
ذرت ۱	۴۶/۰	۴۲/۷	۴۰/۳	۲۴/۰	۴/۰	۴۷/۰	۴۲/۷	۲۳/۳	۱۸/۱	۱۲/۰				
ذرت ۲	۱۷/۰	۲۷/۳	۳۷/۷	۲۱/۰	۴/۰	۱۱/۰	۲۰/۳	۲۸/۷	۳۲/۹	۳۳/۵				
ذرت ۳														
گندم ۱	۴۲/۰	۳۲/۰	۲۰/۰	۱۰/۶	۳/۰	۴۸/۰	۴۲/۰	۳۰/۰	۱۲/۰	۲/۰				
گندم ۲	۷/۰	۸/۲	۱۵/۰	۱۶/۰	۱۷/۰									
گندم ۳	۷/۳	۸/۰	۱۴/۰			۵/۶	۸/۴	۹/۳	۱۰/۲	۱۴/۰				
جو ۱	۵۶/۲	۳۷/۲	۱۶/۲	۱۲/۰	۶/۰	۵۷/۰	۳۷/۲	۲۳/۹	۱۷/۱	۷/۲				
جو ۲	۸/۰	۹/۳	۱۷/۳	۱۸/۰		۲/۴	۵/۴	۷/۴	۹/۰	۱۱/۰				
جو ۳	۶/۴	۷/۳	۷/۳			۷/۴	۸/۰	۱۱/۰	۱۳/۰	۱۶/۰				
چغندر قند ۱	۶۳/۰	۴۰/۰	۳۲/۰	۲۹/۱	۱۲/۰	۶۴/۰	۶۰/۰	۵۳/۰	۳۶/۰	۱۶/۰				
چغندر قند ۲		۷/۵	۱۳/۰	۱۵/۰		۱۲/۰	۱۵/۴	۱۶/۲	۲۳/۸					
چغندر قند ۳	۷/۴	۷/۵	۱۲/۰	۱۸/۰		۵/۹	۱۱/۰	۱۷/۴	۲۲/۳					
سیب زمینی ۱	۲/۰	۲/۰	۲/۰	۱/۸	۱/۷	۲/۰	۲/۰	۲/۰	۱/۶	۱/۲				
سیب زمینی ۲		۷/۴	۹/۳	۱۱/۰		۱/۰	۳/۵	۶/۴	۸/۴	۱۷/۴				
سیب زمینی ۳	۴/۸	۷/۳	۱۲/۰			۳/۰	۵/۱	۷/۵	۱۲/۰	۱۵/۷				
آبیاری کامل	۲۰۹/۲	۱۵۳/۹	۱۱۰/۶	۷۷/۶	۲۶/۷	۲۱۸/۰	۱۸۳/۹	۱۳۲/۲	۸۴/۸	۳۸/۴				
کم آبیاری	۵۷/۷	۸۹/۹	۱۳۷/۷	۹۹/۰	۲۱/۰	۴۸/۳	۷۷/۲	۱۰۴/۰	۱۳۱/۵	۱۰۷/۵				
کل زمین	۲۶۷/۰	۲۴۳/۸	۲۴۸/۳	۱۷۶/۶	۴۷/۷	۲۶۶/۳	۲۶۱/۱	۲۳۶/۱	۲۱۶/۳	۱۴۵/۹				
درصد آبیاری کامل	۷۸/۴	۶۳/۱	۴۴/۵	۴۳/۹	۵۵/۹	۸۱/۹	۷۰/۴	۵۶/۰	۳۹/۲	۲۶/۳				
درصد کم آبیاری	۲۱/۶	۳۶/۹	۵۵/۵	۵۶/۱	۴۴/۱	۱۸/۱	۲۹/۶	۴۴/۰	۶۰/۸	۷۳/۷				

منبع: یافته‌های تحقیق

## اقتصاد کشاورزی و توسعه - سال بیست و سوم، شماره ۸۹

جدول ۳. الگوی کشت مزارع متوسط (آب‌های سطحی) در سیاست‌های مورد مطالعه

محصول	حالت اولیه	درصد کاهش آب در دسترس								درصد افزایش قیمت		
		%۵	%۱۰	%۱۵	%۲۵	%۵	%۱۰	%۱۵	%۲۰	%۳۰		
ذرت ۱	۴۳/۷	۴۳/۹	۳۴/۱	۲۱/۴	۱۳/۵	۴۴/۸	۳۵/۱	۳۱/۵	۲۵/۷	۱۵/۰		
ذرت ۲	۱۹/۳	۲۰/۱	۲۹/۹	۳۳/۱	۲۸/۳	۲۹/۹	۲۹/۹	۳۰/۵	۳۰/۴	۳۸/۰		
ذرت ۳												
گندم ۱	۴۸/۰	۴۱/۰	۳۳/۰	۱۶/۲	۴۸/۱	۴۴/۵	۴۱/۷	۳۹/۹	۳۵/۹			
گندم ۲	۱۰/۸	۱۵/۸	۱۷/۵	۱۹/۰	۷/۸	۷/۸	۱۰/۸	۱۳/۸	۱۴/۸			
گندم ۳	۳/۲	۱۰/۸	۱۰/۸		۱۰/۵	۱۲/۸	۱۶/۸	۱۸/۸	۲۰/۸			
جو ۱	۶۵/۰	۲۳/۴	۱۰/۵	۶/۹	۴۰/۲	۳۸/۳	۳۷/۲	۳۴/۲	۳۰/۳			
جو ۲	۷/۳	۱۰/۸	۱۰/۸		۶/۴	۷/۵	۹/۸	۱۰/۸	۱۵/۸			
جو ۳	۴/۰	۱۰/۸	۱۰/۸		۵/۸	۷/۸	۱۱/۸	۱۶/۸	۲۰/۸			
چغندر قند ۱	۵۴/۵	۲۲/۷	۲۳/۰	۸/۷	۵۱/۸	۱۹/۸	۱۷/۱	۱۳/۲	۱۰/۷			
چغندر قند ۲	۱۶/۴	۲۰/۱	۲۶/۰	۲۹/۵	۹/۱	۹/۱	۱۴/۰	۱۷/۹	۱۹/۷			
چغندر قند ۳	۲/۳	۶/۱	۱۶/۵	۱۹/۵	۱۵/۱	۲۰/۱	۲۳/۸	۲۶/۳	۳۰/۷			
سیب زمینی ۱	۱۳/۰	۱۱/۰	۸/۰	۵/۸	۳/۷	۱۳/۰	۹/۰	۸/۳	۳/۴			
سیب زمینی ۲	۵/۸	۱۰/۸	۱۲/۸		۵/۸	۷/۹	۱۰/۸	۱۳/۱	۱۵/۸			
سیب زمینی ۳	۴/۷	۶/۸	۱۱/۸		۸/۱	۱۰/۸	۱۲/۷	۱۷/۰	۱۸/۸			
آبیاری کامل	۲۲۴/۲	۱۴۲/۱	۱۰۸/۵	۵۸/۹	۱۷/۲	۱۹۷/۹	۱۴۶/۶	۱۳۵/۷	۱۱۸/۵	۹۵/۳		
کم آبیاری	۷۳/۸	۱۱۱/۹	۱۴۶/۷	۱۰۱/۲	۰/۰	۸۹/۱	۱۱۴/۷	۱۴۱/۰	۱۶۴/۸	۱۹۵/۰		
کل زمین	۲۹۸/۰	۲۵۴/۰	۲۵۵/۲	۱۶۰/۱	۱۷/۲	۲۸۶/۹	۲۶۱/۳	۲۷۶/۷	۲۸۳/۳	۲۹۰/۳		
درصد آبیاری کامل	۷۵/۲	۵۵/۹	۴۲/۵	۳۶/۸	۱۰۰/۰	۶۹/۰	۵۶/۱	۴۹/۱	۴۱/۸	۳۲/۸		
درصد کم آبیاری	۲۴/۸	۴۴/۱	۵۷/۵	۶۳/۲	۰/۰	۳۱/۰	۴۳/۹	۵۰/۹	۵۸/۲	۶۷/۲		

منبع: یافته‌های تحقیق

پیامد افزایش قیمت.....

**جدول ۴. الگوی کشت مزارع بزرگ (آب‌های سطحی) در سیاست‌های مورد مطالعه**

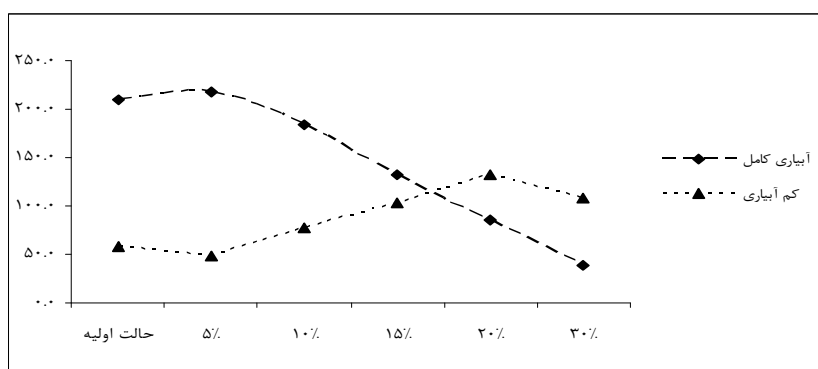
حالت اولیه	درصد کاهش آب در دسترس				درصد افزایش قیمت				محصول
	%۵	%۱۰	%۱۵	%۲۵	%۵	%۱۰	%۱۵	%۲۰	
۷۱/۵	۳۴/۰	۲۸/۹	۷/۴	۷۰/۴	۷۰/۹	۶۹/۹	۵۸/۷	۵۸/۲	ذرت ۱
۲۲/۵	۲۶/۰	۳۰/۱	۳۷/۱	۲۳/۶	۲۳/۱	۲۴/۱	۱۷/۷	۱۷/۹	ذرت ۲
							۱۷/۶	۱۷/۹	ذرت ۳
۴۲/۸	۳۸/۰	۳۳/۰	۲۴/۰	۴۳/۰	۴۰/۳	۳۸/۶	۳۵/۸	۲۳/۴	گندم ۱
	۵/۱	۷/۲		۲/۲	۵/۱	۶/۱	۸/۱	۱۰/۱	گندم ۲
۴/۲	۶/۱	۸/۱		۸/۲	۸/۱	۸/۱	۸/۱	۸/۱	گندم ۳
۵۱/۸	۴۸/۱	۳۸/۱		۴۷/۸	۳۸/۲	۳۳/۲	۲۸/۴	۱۵/۴	جو ۱
۸/۲	۱۳/۱	۱۵/۱		۳/۴	۶/۱	۷/۱	۱۰/۱	۱۴/۱	جو ۲
۶/۲	۸/۲	۱۰/۱	۱۵/۴	۵/۰	۵/۱	۷/۳	۸/۲	۹/۱	جو ۳
۵۴/۶	۴۷/۰	۴۱/۰	۱۳/۴	۵۵/۰	۴۷/۰	۳۲/۰	۱۷/۰	۱۱/۰	چغندر قند ۱
۳/۵	۵/۵	۸/۱		۳/۲	۴/۹	۶/۲	۸/۲	۱۱/۱	چغندر قند ۲
۸/۲	۱۲/۴	۱۵/۱		۴/۲	۶/۴	۸/۲	۹/۱	۱۱/۱	چغندر قند ۳
۸۹/۰	۸۱/۰	۷۵/۰	۶۲/۵	۱۱/۰	۸۹/۰	۷۶/۷	۶۰/۴	۴۴/۷	سیب زمینی ۱
								۲۰/۳	سیب زمینی ۲
									سیب زمینی ۳
۳۰۹/۷	۲۴۸/۱	۲۱۶/۱	۱۰۷/۳	۳۰۵/۱	۲۷۳/۰	۲۳۴/۲	۱۹۳/۱	۱۵۲/۷	آبیاری کامل
۵۲/۶	۷۶/۶	۹۴/۰	۵۲/۵	۴۹/۸	۷۲/۱	۸۲/۷	۱۰۵/۸	۱۱۹/۸	کم آبیاری
۳۶۲/۳	۳۲۴/۷	۳۱۰/۱	۱۵۹/۸	۳۵۵/۰	۳۴۵/۲	۳۱۶/۹	۲۹۸/۹	۲۷۲/۵	کل زمین
۸۵/۵	۷۶/۴	۶۹/۷	۶۷/۲	۱۰۰/۰	۸۶/۰	۷۹/۱	۷۳/۹	۵۶/۰	درصد آبیاری کامل
۱۴/۵	۲۳/۶	۳۰/۳	۳۲/۸	۰/۰	۱۴/۰	۲۰/۹	۲۶/۱	۴۴/۰	درصد کم آبیاری

منبع: یافته‌های تحقیق

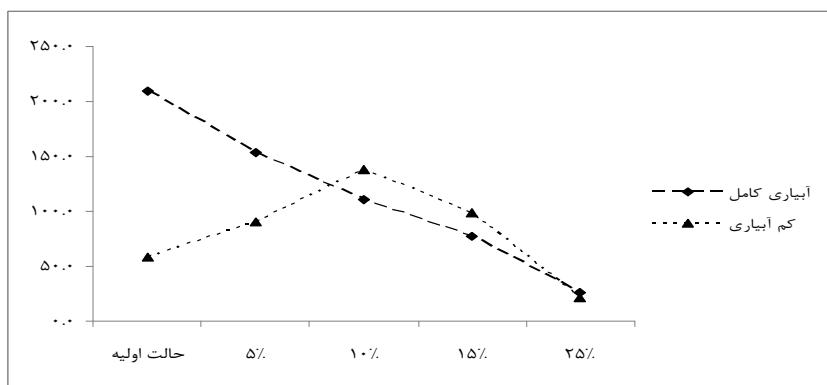
با توجه به نمودارهای ۱ تا ۶ می‌توان به مقایسه سطح زیرکشت در مزارع پرداخت. در سناریوهای افزایش قیمت، در هر سه گروه مزارع بزرگ، متوسط و کوچک، روند افزایشی سطح زیرکشت در حالات کم آبیاری قابل مشاهده است. در مورد سناریوهای کاهش آب

اقتصاد کشاورزی و توسعه - سال بیست و سوم، شماره ۸۹

دردسترس تا میزان ۱۵٪ باعث افزایش سطح زیرکشت محصولات کم آبیاری شده است. با کاهش بیشتر آب دردسترس به میزان ۲۵ درصد سطح زیرکشت کلی کاهش می‌یابد و این سطح زیرکشت اندک به شرایط آبیاری کامل اختصاص داده می‌شود به جز مزارع کوچک که در شرایط کاهش آب دردسترس ۲۵ درصدی آب آبیاری هنوز مقداری از سطح زیرکشت خود را به کشت کم آبیاری اختصاص داده است. افزایش سطح زیرکشت کم آبیاری به صورت نسبی خواهد بود و به صورت مطلق کاهش یافته است.



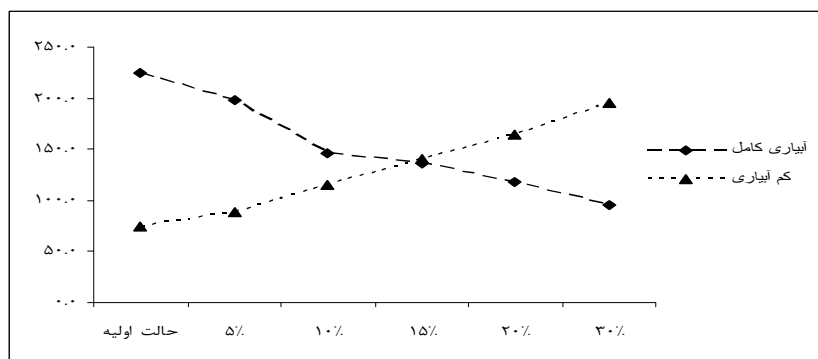
نمودار ۱. تغییر سطح زیر کشت در شبیه سازی سناریوهای قیمت مزارع کوچک



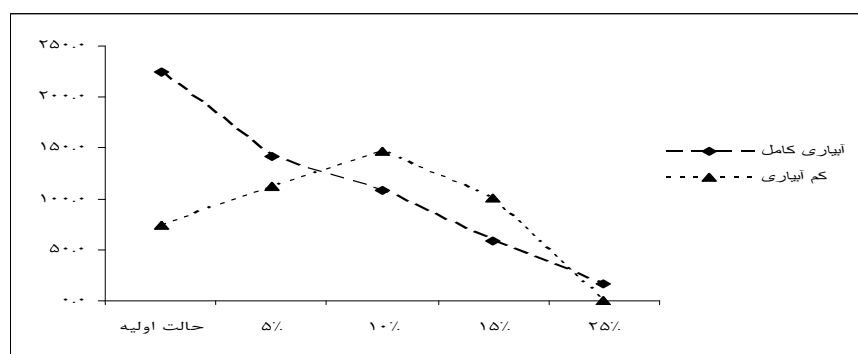
نمودار ۲. تغییر سطح زیر کشت در شبیه سازی سناریوهای کاهش آب دردسترس

مزارع کوچک

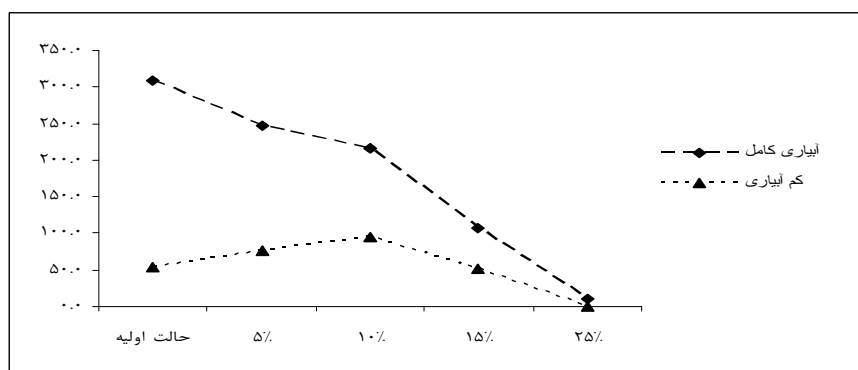
پيامد افزايش قيمت.....



نمودار ۳. تغییر سطح زیر کشت در شبیه سازی سناریوهای قیمت مزارع متوسط



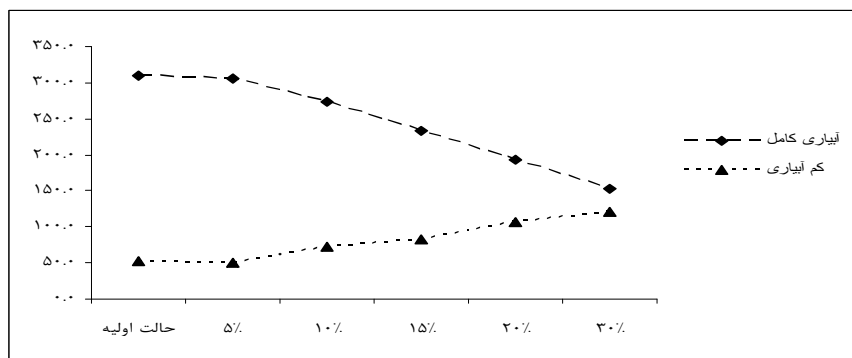
نمودار ۴. تغییر سطح زیر کشت در شبیه سازی سناریوهای کاهش آب در دسترس مزارع متوسط



نمودار ۵. تغییر سطح زیر کشت در شبیه سازی سناریوهای کاهش آب در دسترس

مزارع بزرگ

## اقتصاد کشاورزی و توسعه - سال بیست و سوم، شماره ۸۹



## نمودار ۶. تغییر سطح زیر کشت در شبیه سازی سناریوهای قیمت مزارع بزرگ

## نتیجه گیری و پیشنهادها

نتیجه کلی مطالعه حاضر این است که بعد از اجرای سیاست‌ها، سطح زیر کشت به طور نسبی در آبیاری کامل کاهش و در تکنیک‌های کم آبیاری افزایش داشت و به طور مطلق در هر دو حالت کاهش داشت. سطح زیر کشت در حالت‌های مختلف سیاست‌ها در تکنیک کم آبیاری افزایش یافت و این افزایش روند تقریباً ثابتی داشت. با کاهش آب در دسترس، زارع با شرایط مشابه با شرایط خشکسالی مواجه است، لذا با استفاده از سیاست‌های کاهش آب در دسترس واکنش کشاورزان در سال‌های کم آب نیز سنجیده شده است.

با توجه به نتایج به دست آمده از شبیه‌سازی سناریوهای کم آبیاری، افزایش قیمت آب و کاهش آب در دسترس و نظر به اهمیت آب و کمبود آن در کشور پیشنهادهای زیر را می‌توان مطرح کرد:

- بعد از اعمال سناریوهای افزایش قیمت در هر سه گروه مزارع بزرگ، متوسط و کوچک، روند افزایشی سطح زیر کشت در حالات کم آبیاری قابل مشاهده است، پس سیاست‌های افزایش قیمت آب می‌تواند ضمن افزایش سطح زیر کشت کم آبیاری، کاهش سطح آبیاری کامل را به همراه داشته باشد. لذا پیشنهاد می‌شود با توجه به قیمت کم آب آبیاری، از این سیاست به عنوان ابزاری برای کاهش میزان مصرف آب استفاده شود.

پیامد افزایش قیمت.....

- سناریوهای کاهش آب در دسترس تا میزان ۱۵٪ باعث افزایش سطح زیر کشت محصولات کم آبیاری شده است. با کاهش بیشتر آب در دسترس به میزان ۲۵ درصد، سطح زیر کشت کاهش چشمگیری می‌یابد و این سطح زیر کشت اندک به شرایط آبیاری کامل اختصاص داده می‌شود، لذا سیاست‌های کاهش آب در دسترس، ضمن کاهش میزان آب کشاورزان را به مدیریت صحیح منابع آب تشویق می‌کند. از این سیاست‌ها برای ذخیره منابع آبی در فصول پر آب برای فصول کم آب می‌توان استفاده کرد.

- مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت تصحیح شده می‌تواند برای مواردی غیر از بررسی اثر سیاست‌ها به کار برده شود. لذا کاربرد این روش برای سایر کارها پیشنهاد می‌شود.

#### منابع

- اکبری، ا. و بخشوده، م. ۱۳۷۳. تعیین ترکیب بهینه زراعی در اراضی زیر دست سد جیرفت: مطالعه موردی مزارع زیر سد جیرفت. مجموعه مقالات دومین سمپوزیوم سیاست کشاورزی ایران، ۲۳۹-۳۵۲.
- سازمان مطالعات آب کرمان. ۱۳۸۸. آمارنامه آب کرمان. دفتر آمار و فناوری اطلاعات.
- صبحی، م.، سلطانی، غ. ر. و زیبایی، م. ۱۳۸۶. بررسی اثر تغییر قیمت آب آبیاری بر منافع خصوصی و اجتماعی با استفاده از الگوی برنامه‌ریزی ریاضی مثبت. مجله علوم و صنایع کشاورزی، (۲۱): ۵۳-۷۱.
- فرداد، ح. و گلکار، ح. ر. ۱۳۸۱. تحلیل اقتصادی کم آبیاری گندم در شرایط کرج. مجله علوم کشاورزی ایران، ۳۳: ۳۰۵-۳۱۲.
- محسنی، ا. و زیبایی، م. ۱۳۸۸. تحلیل پیامدهای افزایش سطح زیر کشت کلزا در دشت نمدان فارس: کاربرد مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۴۷ (ب): ۷۷۳-۷۸۴.

اقتصاد کشاورزی و توسعه - سال بیست و سوم، شماره ۸۹

نیکویی، ع. ر. و زیبایی، م. ۱۳۸۸. سیستم حمایت تصمیم در مدیریت بحران آب کشاورزی با تأکید بر کم آبیاری: مطالعه موردی حوضه آبخیز زاینده‌رود. هفتمین کنفرانس اقتصاد کشاورزی، کرج.

Arfini, F. and Paris, Q. 1995. A positive mathematical programming model for regional analysis of agricultural policies. In: Sotte, F. (eds), *The Regional Dimension in Agricultural Economics and Policies*. EAAE, Proceedings of the 40th Seminar, June 26–28, Ancona, Italy. Pp: 17–35.

Benli, B. and Kodul, S. 2003. A non-linear model for farm optimization with adequate and limited water supplies application to the south-east Anatolain project (GAP) region. *Agricultural Water Management*, 62: 187-203.

Blanco, M., Iglesias, E. and Sumpsi, J.M. 2004. Environmental and socioeconomic effect of water pricing policies: key issues in the implementation of the water framework directive. In: 138 Annual EAERE Conference, Budapest. Pp: 128-141.

Clarke, D., Smith, M. and El-Askari, K. 1998. Cropwat for windows: user guide. University of Southampton, Pp: 200-246.

Cortignani, R. and Severini, S. 2008. Introducing deficit irrigation crop techniques derived by crop growth into a positive mathematical programming model. In: Paper prepared for presentation at the XIIth EAAE congress. People, Food and Environments: Global Trends and European Strategies. Ghent, Pp: 98-120.



پیامد افزایش قیمت.....

- Cortignani, R. and Severini, S. 2009. Modeling farm-level adoption deficit irrigation using Positive Mathematical Programming. *Agricultural Water Management*, 96:1785-1791.
- Farre, I. and Faci, J.M. 2009. Deficit irrigation in maize for reducing agricultural water use in a Mediterranean environment. *Agricultural Water Management* , 96: 383–394.
- Gomez, J.A. and Risog, L. 2004. Irrigation water pricing: differentials impact on irrigation impact on irrigated farms. *Agricultural Economics*, 31:47-66.
- Howitt, R.E. 1995. Positive mathematical programming. *American Journal of Agricultural Economics*, 77: 329–342.
- Howitt, R.E. 2005. PMP based production models- development and integration. EAAE. *The Ffuture of Rrural Europe in the Global Agri-Food system*. Denmark. August 23-27.
- Kemal Sonmez, F. and Altin, M. 2004. Irrigation scheduling and optimum cropping pattern with adequate and deficit water supply for mid-size farm of Harran Plain. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 7(8): 1414-1418.
- Paris, Q. and Arfini, F. 2000. Frontier cost functions, self-selection, price risk, PMP and Agenda 2000. *Euro Tools Working Papers Series*, 20:34-56 .
- Paris, Q. and Howitt, R.E. 1998. Analysis of Ill-Posed production problems using maximum entropy . *American Journal of Agricultural Economics*, 80: 124-138.

اقتصاد کشاورزی و توسعه - سال بیست و سوم، شماره ۸۹

- Reca, J., Roldan, J., Alcaide, M., Lopez, R. and Camacho, E. 2004. Optimisation model for water allocation in deficit irrigation system. Description of the model. *Agricultural Water Management*, 48: 103-116.
- Rohm, O. and Dabbert, S. 2003. Integrating agri-environmental programs into regional production models: an extension of Positive Mathematical Programming. *American Journal of Agricultural Economics*, 85(1): 254-265.