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

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

زینب معین الدینی[۱]، ماشاءالله سالارپور[۲]، حمید محمدی[۳]

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

چکیده

در دهه‌های اخیر، به دلیل بحران آب، اتخاذ سیاست‌های نو در زمینهٔ مدیریت تقاضای آب از اهمیت زیادی برخوردار شده است. آب مهم‌ترین عامل در توسعهٔ اقتصادی کشورها و مهم‌ترین عامل محدود کنندهٔ کشور به شمار می‌رود. هدف پژوهش حاضر ارزیابی آثار سیاست‌های کاهش میزان آب آبیاری دردسترس و افزایش قیمت آب بر الگوی کشت منطقه است. داده های 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، برنامه‌ریزی‌ریاضی 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 (نویسندهٔ مسئول)

e-mail:hamidmohammadi@uoz.ac.ir

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 دردسترس 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 دردسترس تا میزان ۱۵٪ باعث افزایش سطح زیرکشت محصولات کم آبیاری شده است. با کاهش بیشتر آب دردسترس 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 دردسترس ۲۵ درصدی آب آبیاری هنوز مقداری از سطح زیرکشت خود را به کشت کم‌آبیاری اختصاص داده‌اند. افزایش سطح زیرکشت کم‌آبیاری 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 ریزی‌ریاضی 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

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 مطالعه ای 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 سایه ای 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 می دهد.

کمال و آلیتن (۲۰۰۴) با هدف تعیین الگوی بهینه کشت در منطقه‌ای در جنوب شهر سنلاینرفا 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 دادکه 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 سیاست های مختلف قیمت گذاری آب آبیاری در مزارع آبی با استفاده از روش های برنامه ریزی ریاضی پرداختند. نتایج نشان داد که افزایش قیمت آب آبیاری برای گروه های مختلف کشاورزان، از طریق جبران قسمتی از هزینه ها توسط دولت، افزایش اشتغال کشاورزی و مصرف مواد شیمیایی باعث ایجاد رشد معنی داری 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 شبیه سازی و ارزیابی این

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 برنامه ریزی 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، تکنیک های کم آبیاری در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفت. این تکنیک‌ها با استفاده از مدل‌های کشاورزی، که فائو

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 ۱محاسبه می‌شود:

$$\left(1-\frac{y_a}{y_m}\right)=k_y\left(1-\frac{ET_a}{ET_m}\right) \qquad (۱)$$

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، مدل های برنامه ریزی ریاضی تبدیل به یک ابزار مهم و با کاربرد وسیع در تحلیل سیاست های کشاورزی شده اند. یک مزیت مدل های برنامه‌ریزی ریاضی در تحلیل سیاست‌های کشاورزی توانایی این مدل‌ها در بررسی جزئی‌تر تأثیر سیاست‌ها در سطح مزرعه می باشد (Paris and Howitt, 1998). مدل PMP برای اولین بار توسط هاویت در سال ۱۹۹۵ معرفی‌شد. ایده‌کلی در PMP استفاده از اطلاعات موجود در متغیرهای دوگان[1] 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 برنامه ریزی 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.

1. Dual Variable

روش برنامه ریزی ریاضی مثبت استاندارد

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

$$\begin{aligned} &\max\ z = \sum_j (r_j - Ac_j(x_j))x_j \\ &s.t \qquad \sum_j a_{ij}x_j \le b_i \\ &x_j \ge 0 \end{aligned} \qquad (۲)$$

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

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

$$Ac_j = \alpha_j + \frac{1}{2}\beta_j x_j \qquad (۳)$$

که β و α پارامتر هایی هستند که تخمین زده می‌شوند.

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

$$\alpha_i = c_j \qquad ,\beta_j = \frac{\mu_j}{x_j^0} \qquad (۴)$$

که در آن، C_j هزینه‌های محاسبه شده فعالیت j براساس داده‌های سال پایه μ_j متغیر مربوط به محدودیت‌های واسنجی است که این محدودیت به صورت رابطه ۵ است:

$$x_j \le x_j^0(1+\varepsilon_0) \qquad [\mu_j] \qquad (۵)$$

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

در روش استاندارد، پارامترهای تابع هزینه هر فعالیت به صورت جداگانه تعیین می‌شوند. در این روش، تکنولوژی‌های مختلف آبیاری تولید برای محصولات مشابه

(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 برنامه ریزی ریاضی مثبت ارائه شدهٔ رام و دابرت

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

$$\begin{aligned} &\max z = \sum_j \sum_v (r_{j,v} - Ac_{j,v}(x_{j,v}))x_{j,v} \\ &s.t \qquad \sum_j \sum_v a_{i,j,v} x_{j,v} \le b_i \\ &x_{j,v} \ge 0 \end{aligned} \qquad (۶)$$

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

$$Ac_{j,v}(x_{j,v}) = \alpha_{j,v} + \frac{1}{2}\beta_{j,v} x_{j,v} + \frac{1}{2}\gamma_j \sum_v x_{j,v} \qquad (۷)$$

این روش یک پارامتر شیب اضافی را معرفی می‌کند 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 (β) شیب وجود دارد. مشابه روش استاندارد، مجموعه ضرایب تابع هزینه شرایط نهایی را ایجاد می‌کند. اصلاح پارامترها به صورت رابطه ۸ است:

$$\alpha_{j,v} = c_{j,v} \qquad ,\beta_{j,v} = \frac{\mu_{j,v}}{x^0_{j,v}} \qquad ,\gamma_j = \frac{\mu_j}{\sum_v x^0_{j,v}} \tag{۸}$$

که در آن، $c_{j,v}$ هزینه هایی است که بر اساس داده‌های سال پایه محاسبه می‌شود و پارامترهای دیگر(β , $\gamma_{j,v}$) بر اساس فرمول‌های ذکر شده و در نهایت، نتایج حل مسئله اصلی با دو مجموعه از محدودیت‌های واسنجی کننده اضافی از روابط ۹ به دست می‌آیند:

$$\begin{aligned} &\sum_v x_{j,v} \le \sum_v x^0_{j,v}(1+\varepsilon_1) \qquad [\mu_j] \\ &x_{j,v} \le x^0_{j,v}(1+\varepsilon_2) \qquad [\mu_{j,v}] \end{aligned} \tag{۹}$$

که در آن، ε_1 , ε_2 اعداد مثبت کوچک هستند، μ_j ارزش دوگان وابسته به محصول و $\mu_{j,v}$ ارزش دوگان وابسته به تکنیک‌های آبیاری است.

روش برنامه ریاضی مثبت تصحیح شده

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

$$\begin{aligned} &\sum_v x_{j,v} \le \sum_v x^0_{j,v}(1+\varepsilon)+\varepsilon_3 \qquad [\mu_j] \\ &x_{j,v} \le x^0_{j,v}(1+\varepsilon)+\varepsilon_3 \qquad [\mu_{j,v}] \end{aligned} \tag{۱۰}$$

که در آن، ε_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):

$$Ac_{j,v}(x_{j,v}) = \alpha_{j,v} + \frac{1}{2}\beta_{j,v}x_{j,v} + \frac{1}{2}\gamma_j \sum_v x_{j,v} + \upsilon_{j,v} \qquad (۱۱)$$

$$\alpha_{j,v} = c_{j,v} \quad ,\beta_{j,v} = \frac{\mu_{j,v}}{x^0_{j,v}} \quad ,\gamma_j = \frac{\mu_j}{\sum_v x^0_{j,v}} \quad ,\upsilon_{j,v} = \mu_{j,v}\left(1 - \frac{x^0_{j,v}}{\sum_v x^0_{j,v}}\right) \qquad (۱۲)$$

که در آن، $\upsilon_{j,v}$ 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 واریته‌ها 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.

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

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

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

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

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

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

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

که در آن، $P_{j,v}$ مقدار کود ازته مورد نیاز فعالیت j ام با تکنیک آبیاری v ام در هر هکتار، TP کود ازته دردسترس، $PH_{j,v}$ مقدار کود ازته مورد نیاز فعالیت j ام با تکنیک آبیاری v ام در هر هکتار، TPH کود ازته دردسترس، $N_{j,v}$ مقدار کود ازته مورد نیاز فعالیت j ام با تکنیک آبیاری v ام در هر هکتار، TN کود ازته دردسترس، $L_{j,v}$ مقدار کارگر مورد نیاز فعالیت j ام با تکنیک آبیاری v ام در هر هکتار(بر حسب نفر- روز)، TL نیروی انسانی دردسترس (بر حسب نفر-روز)، $W_{j,v}$ مقدار آب آبیاری محصول j ام با تکنیک آبیاری v در مزرعه نماینده (بر حسب متر مکعب، TW مقدار آب آبیاری دردسترس (بر حسب متر مکعب)، $A_{j,v}$ سطح زیر کشت j امین (۵و ... و۱=j) محصول با تکنیک آبیاری v (بر حسب هکتار)، TA کل اراضی موجود در مزرعه نماینده (بر حسب هکتار)، $Ma_{j,v}$ ماشین‌آلات مورد نیاز فعالیت j ام با تکنیک آبیاری v ام در هر هکتار و TMa کل ماشین‌آلات در دسترس (ساعت در هکتار) می‌باشد.

روش برنامه ریزی ریاضی مثبت تعدیل شده - که در این مطالعه استفاده شد- روشی تکامل یافته از همان برنامه ریزی مثبت اولیه می‌باشد. با استفاده از این مدل اعمال سیاست‌های 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 نمونه‌گیری خوشه‌ای، 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 زیرکشت کمتر از ۹ هکتار، مزارع متوسط با سطح زیرکشت ۹ تا ۱۸ هکتار و مزارع بزرگ با مساحت بیشتر از ۱۸ هکتار تقسیم می‌شوند. این کار با استفاده از نرم‌افزار SPSS.16 صورت گرفته است. سپس با استفاده از نرم افزار GAMZ مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت برای هر یک از این گروه‌ها 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 می‌دهد که سطح زیرکشت کم‌آبیاری در مزارع متوسط نسبت

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 چغندرقند 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
ذرت۱	۴۶/۰	۴۳/۷	۷۱/۵
ذرت۲	۱۷/۰	۱۹/۳	۲۲/۵
ذرت۳			
گندم ۱	۴۲/۰	۴۸/۰	۴۲/۸
گندم ۲	۷/۰	۱۰/۸	
گندم ۳	۷/۳	۳/۲	۴/۲
جو۱	۵۶/۲	۶۵/۰	۵۱/۸
جو۲	۸/۰	۷/۳	۸/۲
جو۳	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

ادامه جدول ۱

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

منبع: یافته‌های تحقیق (محصول۱: بدون کم آبیاری، محصول۲:با اعمال کم آبیاری ۵٪ و محصول۳: 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 کم‌آبیاری، تمام یا بعضی از محصولات (در تکنیک کم‌آبیاری 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 زیرکشت، بر محصولات جدید افزوده شده است ولی با وجود افزایش سطح نسبی این محصولات سطح زیرکشت 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 دردسترس

سیاست‌های کاهش آب دردسترس 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

مقدار آب دردسترس بررسی شد. نتایج شبیه سازی سناریوهای افزایش قیمت آب آبیاری و کاهش آب دردسترس برای گروه‌های مصرف کنندهٔ 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 چغندرقند تکنیک‌های کم‌آبیاری 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 کم‌آبیاری نیز توسط زارعان کشت می‌شود. افزون بر آن، با توجه به اینکه کشاورز از محصولاتی مثل سیب‌زمینی و چغندرقند درآمد بیشتری بدست می‌آورد، زارعین در شرایط کم‌آبیاری 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 زیرکشت به طور نسبی در آبیاری کامل نسبت به حالت اولیه کاهش و در تکنیک‌های کم‌آبیاری 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 دردسترس به میزان ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۵ درصد، سطح زیرکشت کم‌آبیاری 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 دردسترس 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 دردسترس 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 زیرکشت 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

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 مزراع کوچک به ۲۱۸، ۱۸۳/۹، ۱۳۲/۲، ۸۴/۸ و ۳۸/۴؛ برای مزارع متوسط به ۱۹۷/۹، ۱۴۶/۶، ۱۳۵/۷، ۱۱۸/۵و 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 بذرهای 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 دردسترس به میزان ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد در هر گروه، پذیرش کشاورزان برای کشت درتکنیک‌های کم‌آبیاری افزایش یافت، این در حالی بود که با افزایش درصد کاهش آب دردسترس 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 دردسترس به میزان ۱۰درصد، سطح زیرکشت 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 هکتارکاهش داشته است و این در حالی می‌باشد که در حالت کم‌آبیاری برای مزارع کوچک از۵۷/۷ 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 کم‌آبیاری برای مزارع کوچک از ۵۷/۷ به ۲۱

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 دردسترس آب تا حدودی می‌تواند اعمال شود، زیرا کاهش آب دردسترس تا سطح ۱۵٪ باعث افزایش سطح زیرکشت کم‌آبیاری شده و افزایش بیشتر به میزان ۲۵٪ در سیاست کاهش آب دردسترس، سطح زیرکشت 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 زیرکشت آبیاری کامل را کاهش می‌دهد. کاهش سطح زیرکشت با افزایش قیمت آب آبیاری برای هر گروه بیشتر می‌شود و این روند ادامه دارد. همان طور که در جداول ۲ تا ۴ نشان داده شده است، سطح زیرکشت آبیاری کامل برای مزارع کوچک، متوسط و بزرگ به ترتیب 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 کاهش۱۰ درصدی آب آبیاری دردسترس سطح زیرکشت را به ۱۱۰/۶، ۱۰۸/۵ و ۲۱۶/۱هکتار کاهش داده است. بنابراین، با مقایسه کاهش ۱۰٪ آب آبیاری دردسترس و افزایش ۱۰٪ قیمت آب آبیاری ملاحظه می‌شود که کاهش مقدار آب دردسترس سطح زیرکشت 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 دردسترس به میزان ۱۰ درصد به ۱۳۷/۷، ۱۴۶/۷ و ۹۴ هکتار افزایش یافت. همان طور که ملاحظه می‌شود، اثر سیاست کاهش آب دردسترس در افزایش سطح زیرکشت کم‌آبیاری نیز بیشتر است. سطح زیرکشت کلی محصولات در این سیاست‌ها از ۲۶۷، ۲۹۸ 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 زیرکشت نسبی کم‌آبیاری افزایش داشته ولی با توجه به کاهش سطح زیرکشت کلی این افزایش به صورت مطلق نبوده است.

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

	حالت	درصد کاهش آب در دسترس				درصد افزایش قیمت				
محصول	اولیه	٪۵	٪۱۰	٪۱۵	٪۲۵	٪۵	٪۱۰	٪۱۵	٪۲۰	٪۳۰
ذرت۱	۴۶/۰	۴۲/۷	۴۰/۳	۲۴/۰	۴/۰	۴۷/۰	۴۲/۷	۲۳/۳	۱۸/۱	۱۲/۰
ذرت۲	۱۷/۰	۲۷/۳	۳۷/۷	۲۱/۰	۴/۰	۱۱/۰	۲۰/۳	۲۸/۷	۳۲/۹	۳۳/۵
ذرت۳										
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
جو۱	۵۶/۲	۳۷/۲	۱۶/۲	۱۲/۰	۶/۰	۵۷/۰	۳۷/۲	۲۳/۹	۱۷/۱	۷/۲
جو۲	۸/۰	۹/۳	۱۷/۳	۱۸/۰		۲/۴	۵/۴	۷/۴	۹/۰	۱۱/۰
جو۳	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

جدول۳. 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
ذرت۱	۴۳/۷	۴۳/۹	۳۴/۱	۲۱/۴	۱۳/۵	۴۴/۸	۳۵/۱	۳۱/۵	۲۵/۷	۱۵/۰
ذرت۲	۱۹/۳	۲۰/۱	۲۹/۹	۳۳/۱		۲۸/۳	۲۹/۹	۳۰/۵	۳۰/۴	۳۸/۰
ذرت۳										
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	۱۰/۸	۱۳/۸	۱۴/۸
گندم ۳	۳/۲	۱۰/۸	۱۰/۸			۱۰/۵	۱۲/۸	۱۶/۸	۱۸/۸	۲۰/۸
جو۱	۶۵/۰	۲۳/۴	۱۰/۵	۶/۹		۴۰/۲	۳۸/۳	۳۷/۲	۳۴/۲	۳۰/۳
جو۲	۷/۳	۱۰/۸	۱۰/۸			۶/۴	۷/۵	۹/۸	۱۰/۸	۱۵/۸
جو۳	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	۱۰/۱	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	۵/۶	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

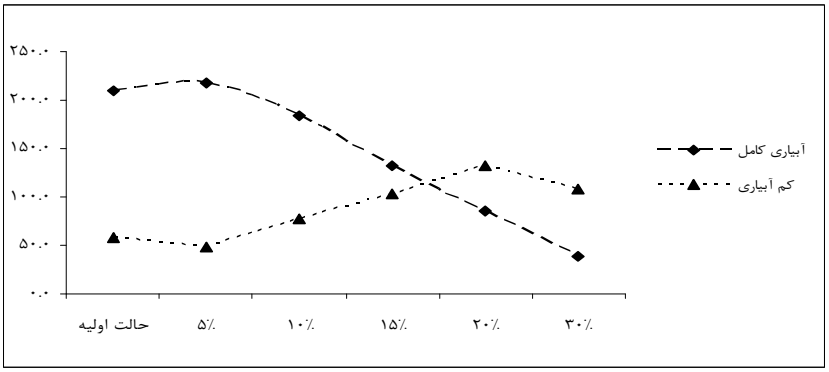
جدول ۴. الگوی کشت مزارع بزرگ (آب‌های سطحی) در سیاست‌های مورد مطالعه

محصول	حالت اولیه	درصد کاهش آب در دسترس				درصد افزایش قیمت				
		٪۵	٪۱۰	٪۱۵	٪۲۵	٪۵	٪۱۰	٪۱۵	٪۲۰	٪۳۰
ذرت۱	۷۱/۵	۳۴/۰	۲۸/۹	۷/۴		۷۰/۴	۷۰/۹	۶۹/۹	۵۸/۷	۵۸/۲
ذرت۲	۲۲/۵	۲۶/۰	۳۰/۱	۳۷/۱		۲۳/۶	۲۳/۱	۲۴/۱	۱۷/۷	۱۷/۹
ذرت۳									۱۷/۶	۱۷/۹
گندم ۱	۴۲/۸	۳۸/۰	۳۳/۰	۲۴/۰		۴۳/۰	۴۰/۳	۳۸/۶	۳۵/۸	۲۳/۴
گندم ۲		۵/۱	۷/۲			۲/۲	۵/۱	۶/۱	۸/۱	۱۰/۱
گندم ۳	۴/۲	۶/۱	۸/۱			۸/۲	۸/۱	۸/۱	۸/۱	۸/۱
جو۱	۵۱/۸	۴۸/۱	۳۸/۱			۴۷/۸	۳۸/۲	۳۳/۲	۲۸/۴	۱۵/۴
جو۲	۸/۲	۱۳/۱	۱۵/۱			۳/۴	۶/۱	۷/۱	۱۰/۱	۱۴/۱
جو۳	۶/۲	۸/۲	۱۰/۱	۱۵/۴		۵/۰	۵/۱	۷/۳	۸/۲	۹/۱
چغندر قند ۱	۵۴/۶	۴۷/۰	۴۱/۰	۱۳/۴		۵۵/۰	۴۷/۰	۳۲/۰	۱۷/۰	۱۱/۰
چغندر قند ۲	۳/۵	۵/۵	۸/۱			۳/۲	۴/۹	۶/۲	۸/۲	۱۱/۱
چغندر قند ۳	۸/۲	۱۲/۴	۱۵/۱			۴/۲	۶/۴	۸/۲	۹/۱	۱۱/۱
سیب زمینی ۱	۸۹/۰	۸۱/۰	۷۵/۰	۶۲/۵	۱۱/۰	۸۹/۰	۷۶/۷	۶۰/۴	۵۳/۳	۴۴/۷
سیب زمینی ۲							۱۳/۳	۱۵/۶	۱۸/۷	۲۰/۳
سیب زمینی ۳										
آبیاری کامل	۳۰۹/۷	۲۴۸/۱	۲۱۶/۱	۱۰۷/۳	۱۱/۰	۳۰۵/۱	۲۷۳/۰	۲۳۴/۲	۱۹۳/۱	۱۵۲/۷
کم آبیاری	۵۲/۶	۷۶/۶	۹۴/۰	۵۲/۵	۰/۰	۴۹/۸	۷۲/۱	۸۲/۷	۱۰۵/۸	۱۱۹/۸
کل زمین	۳۶۲/۳	۳۲۴/۷	۳۱۰/۱	۱۵۹/۸	۱۱/۰	۳۵۵/۰	۳۴۵/۲	۳۱۶/۹	۲۹۸/۹	۲۷۲/۵
درصد آبیاری کامل	۸۵/۵	۷۶/۴	۶۹/۷	۶۷/۲	۱۰۰/۰	۸۶/۰	۷۹/۱	۷۳/۹	۶۴/۶	۵۶/۰
درصد کم آبیاری	۱۴/۵	۲۳/۶	۳۰/۳	۳۲/۸	۰/۰	۱۴/۰	۲۰/۹	۲۶/۱	۳۵/۴	۴۴/۰

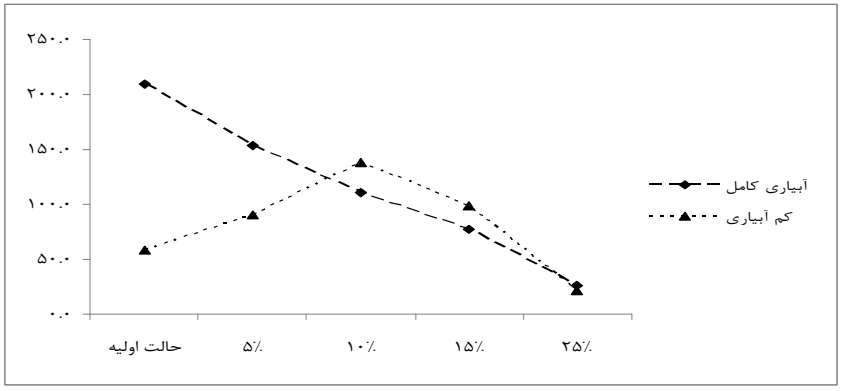
منبع: یافته‌های تحقیق

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

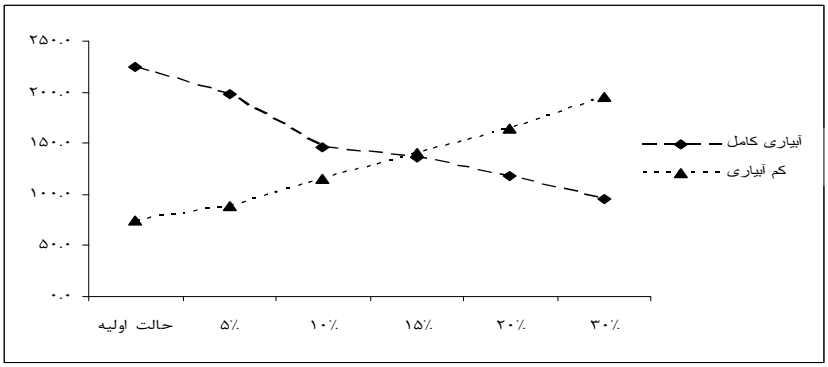
دردسترس تا میزان ۱۵٪ باعث افزایش سطح زیرکشت محصولات کم آبیاری شده است. با کاهش بیشتر آب دردسترس به میزان ۲۵ درصد سطح زیرکشت کلی کاهش می‌یابد و این سطح زیرکشت اندک به شرایط آبیاری کامل اختصاص داده می‌شود به جز مزارع کوچک که در شرایط کاهش آب دردسترس ۲۵ درصدی آب آبیاری هنوز مقداری از سطح زیرکشت خود را به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



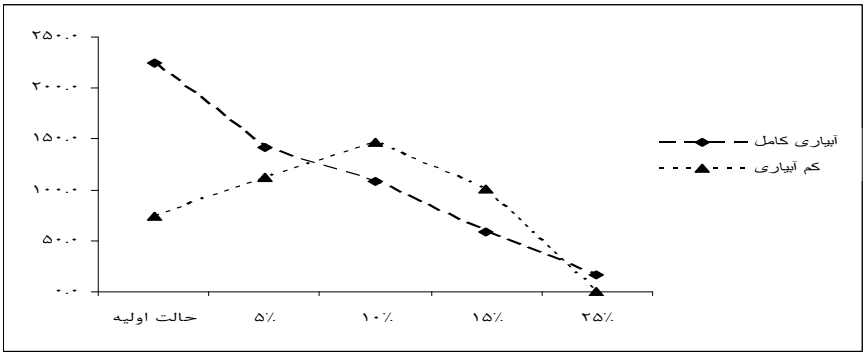
نمودار۱. تغییر سطح زیر کشت در شبیه سازی سناریوهای قیمت مزارع کوچک



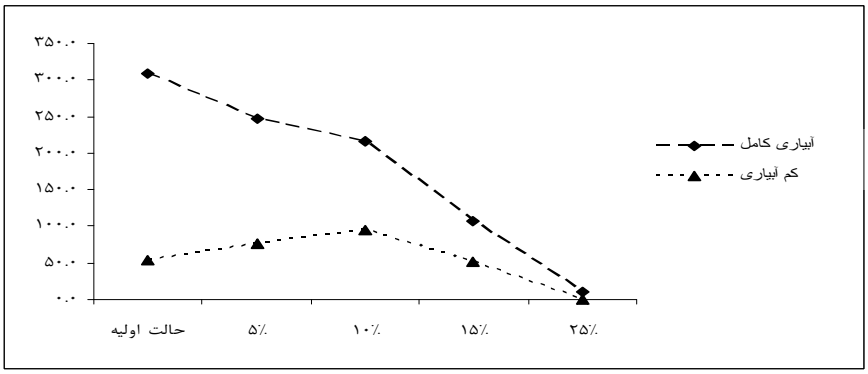
نمودار ۲. تغییر سطح زیر کشت در شبیه سازی سناریوهای کاهش آب دردسترس مزارع کوچک



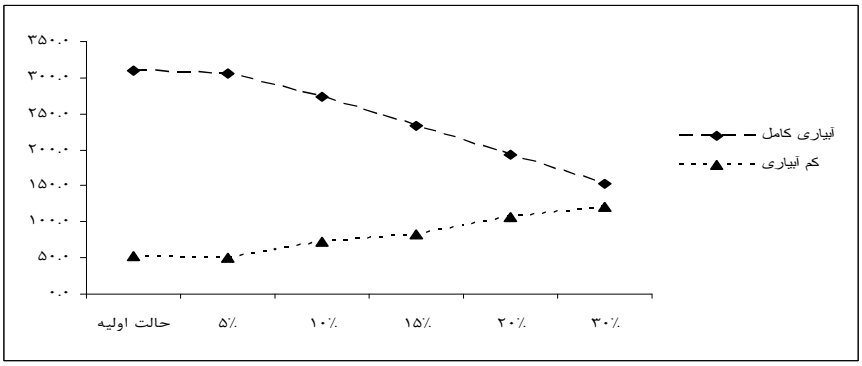
نمودار ۳. تغییر سطح زیر کشت در شبیه سازی سناریوهای قیمت مزارع متوسط



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



نمودار۵. تغییر سطح زیر کشت در شبیه سازی سناریوهای کاهش آب در دسترس مزارع بزرگ



نمودار۶. تغییر سطح زیر کشت در شبیه سازی سناریوهای قیمت مزارع بزرگ

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

نتیجه کلی مطالعه حاضر این است که بعد از اجرای سیاست‌ها، سطح زیرکشت به طور نسبی در آبیاری کامل کاهش و در تکنیک‌های کم‌آبیاری 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 دردسترس، زارع با شرایط مشابه با شرایط خشکسالی مواجه است، لذا با استفاده از سیاست‌های کاهش آب دردسترس واکنش کشاورزان در سال‌های کم آب نیز سنجیده شده است.

با توجه به نتایج به دست آمده از شبیه‌سازی سناریوهای کم‌آبیاری، افزایش قیمت آب و کاهش آب دردسترس 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 بزگ، متوسط و کوچک، روند افزایشی سطح زیرکشت در حالات کم آبیاری قابل مشاهده است، پس سیاست‌های افزایش قیمت آب می‌تواند ضمن افزایش سطح زیرکشت کم‌آبیاری، 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.

- سناریوهای کاهش آب دردسترس تا میزان ۱۵٪ باعث افزایش سطح زیرکشت محصولات کم آبیاری شده است. با کاهش بیشتر آب دردسترس به میزان ۲۵ درصد، سطح زیر کشت کاهش چشمگیری می‌یابد و این سطح زیرکشت اندک به شرایط آبیاری کامل اختصاص داده می‌شود، لذا سیاست‌های کاهش آب دردسترس ، 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.

صبوحی، 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)۱: 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 پیامد های افزایش سطح زیر کشت کلزا در دشت نمدان فارس: کاربرد مدل برنامه ریزی ریاضی مثبت. *مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی*، ۴۷ (ب): ۷۷۳-۷۸۴.

نیکویی، ع. ر. و زیبائی، 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.

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 adequente 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.

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.