

مقاله علمی-ترویجی

تأثیر سیاست کاهش یارانه آب آبیاری بر تقاضای آب کشاورزان و سطح زیر کشت محصولات زراعی

شجاع موسی پور^۱، سید مهدی حسینی^{۲*}، محمود احمدپور^۳ و محمد نوروزیان^۴

چکیده

بخش کشاورزی بزرگ‌ترین مصرف‌کننده آب در کشور است که با توجه به خشکسالی‌های دهه‌های اخیر، امنیت غذایی و مدیریت صحیح منابع آب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است؛ بنابراین، ارائه روش‌های صحیح مدیریتی برای صرفه‌جویی مصرف آب و کاهش خسارات ذخایر آبی ضروری است. بدین منظور، برای مصرف بهینه این نهاد از سیاست کاهش یارانه آب آبیاری کشاورزی بخش مرکزی شهرستان بافت با استفاده از مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت استفاده شد. داده‌های تحقیق با به‌کارگیری روش نمونه‌گیری تصادفی با تکمیل ۱۵۰ پرسشنامه و داده‌های اداره جهاد کشاورزی شهرستان بافت برای سال زراعی ۹۸-۹۷ گردآوری شد و برای تخمین داده‌های (مانند سطح زیر کشت، نهاده آب و عملکرد) محصولات زراعی منطقه از نرم‌افزار گمز استفاده شد. نتایج نشان داد که با افزایش قیمت نهاده آب آبیاری سطح زیر کشت محصولات جو و گندم با شیب تند و محصول یونجه با شیب ملایم کاهش می‌شوند و سطح زیر کشت محصول ارزن افزایش پیدا می‌کند. همچنین، درآمد ناخالص و مصرف آب آبیاری منطقه تحت اعمال سیاست‌های کاهش یارانه آب کاهش پیدا می‌کند. الگوی کشت کشاورزان به نفع محصولاتی که میزان درآمد بیشتری را به ازای هر واحد آب مصرفی تولید می‌کنند، تغییر می‌کند. از این رو، در اولویت قرار دادن سیاست کاهش یارانه آب آبیاری، در تصمیم‌گیری و برنامه‌های سیاستی به‌عنوان راهبردی مناسب و کاربردی جهت افزایش ذخایر منابع آبی منطقه توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آب آبیاری، مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت، یارانه آب

مقدمه

مناسب آبیاری برای تشویق به حفظ و نگهداری آب اتخاذ شود. پژوهش سازمان بین‌المللی مدیریت، نشان داد که تا سال ۲۰۲۵ بسیاری از نواحی با مشکل کمبود آب شیرین روبه‌رو هستند (کلبعلی و همکاران، ۱۳۹۵). رشد روزافزون جمعیت جهان و نیاز فزاینده به مواد غذایی، استفاده پایدار از منابع آب را برای تولید محصولات کشاورزی ضروری می‌سازد. در ایران نیز با توجه به اقلیم خشک و پراکنش نامناسب بارش، تولید مواد غذایی و کشاورزی پایدار، منوط به استفاده صحیح و منطقی از منابع آب و مدیریت صحیح و منطقی مصرف آن است. با این حال، مصرف بیش از منابع آب، به دلیل عدم استفاده از فناوری‌های پیشرفته به هدر می‌رود (کلبعلی و همکاران، ۱۳۹۵). تعدادی از کارشناسان معتقدند وضعیت مدیریت در کشور در شرایط فعلی مدیریت مناسبی نیست و موجب کاهش شدید و سطح زیر کشت کشاورزی در برخی مناطق شده است. مدیریت آب در کشور، راهکار مناسب و بهینه‌ای را می‌طلبد و نیازمند تحولی بزرگ است

آب مهم‌ترین عامل محدودکننده توسعه اقتصادی و نیز مهم‌ترین نهاده‌ی کشاورزی در ایران است. طی دو دهه گذشته، به دلیل تغییر و تحولات در جمعیت، اقلیم و افزایش رفاه نسبی میزان سرانه‌ی تجدید پذیر آب افزایش یافته است. کمپایی آب به‌عنوان بحران رو به افزایش در بیشتر کشورهای در حال توسعه باعث شده تا مصرف خردمندان‌ی منابع آبی و سیاست‌های

^۱ دانشجوی دکتری گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده اقتصاد، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران

^۲ استادیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده اقتصاد، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران (نویسنده مسئول: hosseini@eco.usb.ac.ir)

^۳ استادیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، ایران

^۴ دانشجوی دکتری گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده اقتصاد، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۱۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۹/۴

اروپا در منطقه‌ای از مدیترانه به بررسی سیاست‌های آب آبیاری با استفاده از مدل برنامه ریزی ریاضی مثبت پرداختند. نتایج نشان داد که اعمال سیاست‌های کاهش آب در دسترس به میزان ۵ و ۱۰ درصد و افزایش قیمت آب به میزان ۲ و ۳ برابر بر کاهش مقدار آب آبیاری مؤثر است (Cortignani and Severini, 2009). هاویت و همکاران به منظور واسنجی مدل‌های اقتصادی و تحلیل سیاست‌های کاربردی در زمینه مدیریت منابع آب در کالیفرنیا، از مدل برنامه ریزی مثبت و تابع تولید با کاهش جانشینی ثابت استفاده کردند. نتایج نشان داد که انعطاف بیشتر بازار آب هم‌زمان با به‌کارگیری سیاست‌های قیمت‌گذاری آب آبیاری می‌تواند زیان‌های درآمدی حاصل از خشک‌سالی را تا ۳۰ درصد کاهش دهد (Howitt et al., 2012). ال انصاری و همکاران در تحقیقی بیان کردند مدیریت تقاضای آب، کاهش بیشتر در مصرف آب را تضمین خواهد کرد. علاوه بر این، این امر کمک خواهد کرد دفع آب در طبیعت به حداقل رسیده و منجر به استفاده کارآمد از منابع آب در دسترس گردد (Al-Ansari et al., 2014). آیدام اثر سیاست قیمت‌گذاری آب بر تقاضای منابع آب را برای کشاورزان غنا مورد بررسی قرار داد. نتایج مطالعه نشان دادند که سیاست قیمت‌گذاری آب تأثیر منفی بر تقاضای منابع آب در غنا دارد، اما این‌زمانی اتفاق می‌افتد که قیمت آب به‌گونه‌ای شایان توجه افزایش یابد. باین‌حال، اگر قیمت آب بالا باشد، تأثیر منفی بر فعالیت‌های کشت، درآمد کشاورزان، اشتغال و تنوع محصول دارد. از این رو، به منظور حداقل سازی و کاهش تلفات در بخش، پیشنهاد شد که اطلاع‌رسانی‌های لازم در زمینه کمبود آب به کشاورزان داده شود تا ضمن آگاهی یافتن از کمبود منابع آب نسبت به به‌کارگیری فناوری‌های صرفه‌جویی در مصرف آب بهتر متقاعد شوند (Aidam, 2015). ساینو و همکاران به یک آزمایش گروهی از مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی برای ارزیابی تأثیرات اقتصادی-اجتماعی اصلاح قیمت‌گذاری آب کشاورزی در منطقه پیمونت ایتالیا با استفاده از مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت و مدل برنامه‌ریزی چند هدفی پرداختند. تحقیق نشان داد چالش اصلی اصلاحات در مدیریت مزارع برنج نهفته است؛ زیرا برنج محصولی آب‌طلب و

(Fall Suleiman & Chakosh, 2011). حدود ۹۰ درصد تولیدات بخش کشاورزی در کشور از کشته‌ای آبی به دست می‌آید درحالی‌که محدودیت آب موجب شده تا از ۳۷ میلیون هکتار اراضی مستعد کشاورزی فقط ۷/۸ میلیون هکتار به صورت آبی کشت شود و از سوی دیگر، از ۱۳۰ میلیارد مترمکعب عرضه آب تجدید پذیر از منابع سطحی و زیرزمینی، بیش از ۹۰ درصد آن در بخش کشاورزی مصرف می‌شود (جلیل پیران، ۱۳۹۱). شهرستان بافت به مختصات جغرافیایی $28^{\circ}06'$ تا $29^{\circ}36'$ عرض شمالی و $55^{\circ}56'$ تا $57^{\circ}15'$ طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ در جنوب غربی استان کرمان واقع شده است. توزیع زمانی بارندگی شهرستان بافت در ماهه‌ای مختلف سال از اواخر مهرماه شروع می‌شود و تا پایان اردیبهشت ادامه دارد؛ اما بیشترین بهابازارها در ماه‌های بهمن، اسفند و اوایل فروردین است که به‌طور میانگین بارش سالانه ۲۵۰ میلی‌متر است که تقریباً با میانگین بارش کشور که ۲۵۱ میلی‌متر است برابر است اما تقریباً ۶۷ درصد از میانگین بارش جهانی (۷۵۰ میلی‌متر) کمتر است (سازمان مطالعات آب استان کرمان، ۱۳۸۹). طی دوره‌های گذشته محققان با استفاده از فن‌های برنامه‌ریزی ریاضی، موضوعات مربوط به عرضه و تقاضای نهاده آب آبیاری و سیاست‌های مختلف را بررسی کرده‌اند. یکی از مدل‌های توانمند در بحث اعمال سیاست‌های بخش کشاورزی و منابع آبی، مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت است. در این تحقیق برای اعمال سیاست‌های کاهش یارانه نهاده آب آبیاری از مدل شبیه‌سازی برنامه‌ریزی ریاضی مثبت استفاده شد. در این زمینه مطالعاتی در ایران و دیگر کشورها انجام شده که در ادامه به صوت مختصر به آن‌ها اشاره می‌شود. هی و همکاران به منظور بهبود کارایی تخصیص آب در سطح مزارع و اتخاذ سیاست‌های جایگزین قیمت‌گذاری آب آبیاری در مصر و مراکش از مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت استفاده کردند. نتایج نشان داد که مالیات بر محصول در هر دو کشور می‌تواند یک سیاست جایگزین برای قیمت‌گذاری آب آبیاری باشد (He et al., 2006). کارتیگنایی و سورینی برای حفاظت از منابع آبی اتحادیه

چهار محصول گندم، جو، یونجه و ارزن از محصولات کشت ثابت (مکرر) و عمده کشاورزان منطقه است که بیش از ۲۰۰۰ هکتار از اراضی زراعی منطقه را پوشش می‌دهند. عمده منابع آبی مورد استفاده کشاورزان منابع آبی چاه‌ها، چشمه‌ها و قنات‌ها است که با توجه به کاهش ذخایر آبی و نزولات آسمانی در چند دهه اخیر و روش ناصحیح آبیاری سنتی (جوی پشته و غرقابی)، باعث مصرف بی‌رویه بهره‌برداران از این نهاده شده که کشاورزی منطقه را با کمبود منابع آبی و کاهش سطح زیر کشت اراضی زراعی روبه‌رو کرده است. هدف این تحقیق این است با استفاده از یک سیستم مدل‌سازی اقتصادی مشتمل بر مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت، اثر سیاست کاهش یارانه (افزایش قیمت) نهاده آب آبیاری را برای مدیریت تقاضای کشاورزان و الگوی کشت منطقه بررسی و راهکارهای مناسب ارائه شود.

مواد و روش‌ها

روش برنامه‌ریزی ریاضی مثبت یک روش تحلیل تجربی است که از تمام داده‌های موجود بدون توجه به این که چه مقدار کمیاب هستند، استفاده می‌کند و در تحلیل‌های سیاستی منطقه‌ای و بخشی اهمیتی ویژه دارد کارشناسان و برنامه‌ریزان بخش کشاورزی بر این باورند که شبیه‌سازی واکنش احتمالی کشاورزان در شرایط اجرای سیاست‌های گوناگون می‌تواند کمکی مؤثر در راستای گرفتن تصمیم‌های درست‌تر قلمداد شود (هاشمی تبار و همکاران، ۱۳۹۸).

رویکرد PMP به گونه معمول مستلزم تغییر تابع هدف با استفاده از مقادیر دوگان محدودیت‌های واسنجی است، به طوری که فعالیت‌های مشاهده‌شده، داده‌های سال پایه را به دست دهد (Howitt et al., 2012). مراحل اجرای روش برنامه‌ریزی ریاضی مثبت به صورت زیر است.

مرحله نخست: تدوین الگوی برنامه‌ریزی خطی

واسنجی شده

رابطه (۱)، تابع هدف اولیه برای برنامه‌ریزی خطی را نشان می‌دهد که بیانگر بیشینه‌سازی سود کشاورزی با استفاده از بهینه-

با ارزش نسبتاً کم است. با اعمال سیاست‌های اصلاحی قیمت آب، سطح زیر کشت برنج، مصرف آب و سود کشاورزان کاهش پیدا می‌کند (Sapino et al., 2020).

میتز و اشمید به بررسی اطلاع از سیاست‌های آب زیرزمینی در مناطق تولید کشاورزی نیمه خشک تحت تأثیر سناریوی تصادفی، برای تعاملات بین شرایط آب و هوایی، زراعی، هیدرولوژیکی و اقتصادی-اجتماعی منطقه نیمه خشک سوینکل (Seewinkel) اثریش با استفاده از مدل برنامه ریزی مثبت پرداختند. نتایج مدل نشان داد، با محدودیت‌های اعمال شده بر آب‌های زیرزمینی، تغییر کاربری زمین از باغ‌های انگور آبی به گیاهان زراعی بیشتر دیم تغییر الگوی کشت می‌دهد. همچنین، سبب کاهش منافع خالص منطقه‌ای تولید کشاورزی و کاهش مصرف آب‌های زیرزمینی می‌شود (Mitter and Schmid, 2021).

معینی الدینی (۱۳۸۹) به بررسی واکنش زارعین به سیاست‌های قیمتی و سهمیه‌بندی آب آبیاری در استان کرمان با استفاده از مدل PMP پرداخت. نتایج نشان داد با کاهش یارانه آب آبیاری سطح زیر کشت محصولات کاهش پیدا می‌کند و همچنین، تغییر الگوی کشت به سمت محصولاتی که درآمد بیشتر و مصرف آبی کمتری دارد سوق پیدا می‌کند. رهنما و همکاران (۱۳۹۱) در مطالعه‌ای روی بهره‌برداران زراعی شهرستان قوچان با استفاده از مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت به این نتیجه رسیدند که کاهش در منابع آب و افزایش قیمت آب آبیاری باعث تغییرات در سطح زیر کشت محصولات زراعی می‌شود.

شیرزادی و همکاران (۱۳۹۷) اثر سیاست قیمت‌گذاری آب آبیاری بر سطح تراز آب زیرزمینی حوضه آبریز نیشابور با استفاده از مدل PMP پرداختند. با اعمال سناریوهای افزایش قیمت آب آبیاری نتایج نشان داد افزایش قیمت آب آبیاری تأثیر بسزایی بر تغییر الگوی کشت، کاهش سود، کاهش مصرف آب آبیاری و در نتیجه بر بهبود سطح تراز آب زیرزمینی دارد. همچنین، در این زمینه می‌توان به مدل برنامه‌ریزی مثبت (Frija et al., 2011) اشاره کرد.

تخمین زده شده است. بر اساس ویژگی‌های تابع تولید CES و در نظر گرفتن مدل منطقه در این مطالعه و مطالعه (Howitt et al., 2009) تابع تولید با کشش جانشینی ثابت در این پژوهش در نظر گرفته شده است که در این پژوهش به صورت رابطه ۷ ارائه شده است.

$$y_i = \tau_i [\beta_{i1} x_{i1}^{\rho_1} + \beta_{i2} x_{i2}^{\rho_2} + \dots + \beta_{ij} x_{ij}^{\rho_j}]^{v/\rho_i} \quad (7)$$

در این رابطه y_i : مقدار تولید هر محصول T_i : پارامتر مقیاس برای هر محصول، β_{ij} : سهم استفاده از نهاده در تولید هر محصول، x_{ij} : مقدار استفاده از نهاده‌ها در تولید هر محصول به‌غیر از نهاده آب آبیاری، v : ضریب بازده ثابت نسبت به مقیاس در تابع تولید CES و ρ متغیری است که بر اساس کشش محصول تعریف می‌شود که به صورت $\rho = \sigma - 1/\sigma$ مورد محاسبه قرار گرفت (Howitt et al., 2012). با تخمین تابع تولید و محاسبه مشتق نخست از تابع تولید، پارامترهای β_i بر اساس روابط زیر به دست می‌آید. گفتنی است که بر اساس بازدهی ثابت نسبت به مقیاس در تابع تولید CES، v برابر یک است و رابطه ۸ نیز برقرار است.

$$\sum_{j=1}^3 \beta_j = 1 \quad (8)$$

$$\beta_1 = \frac{1}{1 + \frac{x_1^{-1/a}}{w_1}} \cdot \frac{1}{\left(\sum_i \frac{w_i}{x_i^{-1/a}} \right)} \quad (9)$$

در روابط بالا X_L : مقدار نهاده تولید L ام و W_L هزینه نهاده تولید L ام می‌باشد. پارامتر مقیاس برای هر محصول در هر منطقه نیز از رابطه ۱۰ قابل محاسبه است (Howitt et al., 2012).

$$Y = \frac{(y^L d_1 / x_{iand}^{\sim}) \cdot x_{iand}^{\sim}}{[\sum_j \beta_{ij} x_{ij}^{\rho_j}]^{v/\rho_i}} \quad (10)$$

در رابطه بالا، β_{ij} سهم استفاده از نهاده‌ها در تولید هر محصول، x_{ij} : مقدار استفاده از نهاده‌ها در تولید هر محصول به‌غیر از نهاده

سازی استفاده از نهاده‌های زمین و آب می‌باشند. روابط ۲، ۳، ۴، ۵ و ۶ محدودیت‌های مدل می‌باشند. سطح زیر کشت منطقه مورد نظر محدودیت آب مورد استفاده را برای واسنجی مدل نشان می‌دهد.

$$\text{Max: } \sum_{i=1}^4 \left(P_i Y_i - \sum_{j=1}^2 C_{ij} a_{ij} \right) X_i - \left(\sum_w^2 (W_w C W_w) \right) \quad (1)$$

$$a_{ij} = \frac{m_{ij}}{x_i^{\sim}} \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^4 x_i \leq X \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^4 a w_i x_i \leq \sum_{w=1}^2 W_w \quad (4)$$

$$\sum_{w=1}^2 W_w \leq \sum_{w=1}^2 W S_w \quad (5)$$

$$X_i = x_i^{\sim} + \varepsilon \quad (6)$$

در روابط بالا، a_i محصولات کشاورزی، Z_i نهاده‌های کشاورزی، P_i : قیمت هر محصول، Y_i : عملکرد هر محصول، C_{ij} : قیمت هر نهاده در تولید هر محصول، a_{ij} (ضریب لئونتیف) نسبت استفاده از نهاده‌ها برای تولید هر محصول به سطح زیر کشت همان محصول در رابطه یک، X_i : سطح زیر کشت هر محصول، WW : مقدار استفاده از آب، CWW : قیمت آب، X : کل سطح زیر کشت، aww : نیاز آبی هر محصول، WSw : مقدار آب عرضه شده، X_i^{\sim} : مقدار مشاهده شده فعالیت مورد استفاده در سال پایه و ε مقدار مثبت بسیار کوچکی را نشان می‌دهد.

مرحله دوم: تخمین تابع تولید CES و تابع هزینه

غیرخطی

در این مرحله از روش برنامه‌ریزی ریاضی مثبت، مقادیر دوگان به دست آمده از مرحله نخست برای واسنجی تابع هزینه نمایی بکار برده می‌شود. پس از برآورد ضرایب تابع هزینه، تابع تولید منطقه با توجه به ثابت بودن کشش جانشینی بین نهاده‌ها

آب آبیاری، y_{id} : عملکرد هر محصول می‌باشند.

محدودیت‌های مدل نیز به صورت رابطه زیر در نظر گرفته شد.

$$\sum_{i=1}^4 x_i \leq b_j \quad (16)$$

نخستین عبارت در تابع هدف رابطه ۱۵، مجموع درآمد ناخالص و مازاد مصرف‌کننده برای محصولات منطقه است که بر اساس قیمت‌های سال پایه محصولات اندازه‌گیری شد. دومین عبارت درآمد ناخالص منطقه را از راه انحرافات در قیمت‌های منطقه‌ای از قیمت‌های سال پایه بیان می‌کند. سومین عبارت هزینه مربوط به زمین زراعی در منطقه است.

الگوی برنامه‌ریزی بالا به منظور تجزیه و تحلیل سیاست قیمتی بر مقدار درآمد ناخالص، الگوی کشت و مقدار مصرف آب آبیاری در منطقه مورد نظر با استفاده از نرم افزار NETWAT به دست آمد. داده‌های مورد نیاز پرسشنامه از راه تکمیل ۱۵۰ پرسشنامه با استفاده از نمونه‌گیری تصادفی از کشاورزان منطقه مورد مطالعه و جهاد کشاورزی شهرستان بافت جمع‌آوری شد و برای تجزیه و تحلیل داده‌های مدل از نرم‌افزار GAMS استفاده شد.

نتایج و بحث

در این بخش با استفاده از مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت به تجزیه و تحلیل خروجی مدل پرداخته شده است. ابتدا به بررسی آزادسازی افزایش قیمت نهاده آب آبیاری و تأثیرات افزایش قیمت این نهاده را بر الگوی کشت، آب مصرفی و درآمد ناخالص منطقه بررسی شده است.

جدول ۱، نشان‌دهنده خلاصه ویژگی‌هایی آماری پاسخ‌دهندگان است. پاسخ‌دهنده‌ها در درجه اول آقایان ۹۰ درصد و خانم‌ها ۱۰ درصد را تشکیل می‌دهند. سن اکثریت کشاورزان بالای ۴۰ سال است و همچنین، اکثریت کشاورزان متأهل و تحصیلات دیپلم به پایین دارند. با توجه به داده‌های آماری ارائه شده جدول ۲، ملاحظه می‌شود که محصولات یونجه و ارزن به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار مصرف آب در هکتار را دارند و محصولات گندم و ارزن به ترتیب بیشترین و کمترین سطح زیر کشت را دارا می‌باشند.

سهام تولید منطقه و انعطاف‌پذیری قیمت تقاضا، به واسنجی توابع تقاضا نیاز دارد. تابع معکوس تقاضا با دو پارامتر برای تولید محصولات در منطقه به صورت زیر تعریف شد (Howitt et al., 2012).

$$P_i = \xi \alpha_i^1 - \alpha_i^2 \left(\sum_j y_j \right) \quad (11)$$

ξ پارامتر انتقال موازی در مقدار تقاضا با توجه به تغییر در فاکتورهای برونزا و α_i^1 و α_i^2 به ترتیب عرض از مبدأ و شیب منحنی معکوس تقاضا برای محصول است که بر اساس روابط زیر قابل محاسبه می‌باشند.

$$\alpha_i^2 = \frac{x_i w p_i}{y_i} \quad (12)$$

$$\alpha_i^1 = w p_i - \alpha_i^2 y_i \quad (13)$$

Y_i مقدار تولید هر محصول در سال پایه، $w p$ قیمت وزنی محصول و $r m c$ هزینه بازاریابی محصول منطقه بر اساس اختلاف بین قیمت بازاری و قیمت وزنی محصول است که بر اساس روابط زیر قابل محاسبه می‌باشند که با جایگذاری روابط محاسبه شده در پارامتر شیب و عرض از مبدأ و در نهایت در رابطه ۱۵، تابع تقاضا به دست خواهد آمد (Howitt et al., 2012).

$$r m c_i = v_i - w p_i \quad (14)$$

مرحله سوم: واسنجی برنامه نهایی بهینه‌سازی

غیرخطی

در این مرحله با استفاده از تابع هزینه غیرخطی واسنجی شده، تابع تولید منطقه تخمین زده شده و محدودیت‌های منابع و مدل برنامه‌ریزی غیرخطی به صورت زیر ساخته شد.

$$\begin{aligned} \text{MAX}_{x_{ij}, water} = PS + CS = & \sum_i (\xi \alpha_i^1 y_i + \\ & 1/2 \alpha_i^2 y_i^2) + \sum_i (r m_i(y_i)) - \\ & \sum_i (\delta_i \exp(y_i x_{i, land})) - \\ & \sum_i (w_{i, supply} x_{i, supply} + w_{i, labor} x_{i, labor}) - \\ & \sum_w (w_w w a t_w) \end{aligned} \quad (15)$$

جدول ۱- خلاصه آماری متغیرهای اجتماعی کشاورزان

متغیرها	طبقه بندی	فراوانی	درصد
جنسیت	مرد	۱۳۵	۹۰
	زن	۱۵	۱۰
تحصیلات	سیکل و پایین تر	۶۹	۴۶
	سیکل و بالاتر تا دیپلم	۵۱	۳۴
	دانشگاهی	۳۰	۲۰
سن	کمتر از ۳۰ سال	۲۸	۱۹
	۳۰ تا ۴۰ سال	۳۷	۲۵
	۴۱ تا ۵۰ سال	۴۵	۳۰
وضعیت تأهل	۵۰ سال به بالا	۴۰	۲۷
	مجرد	۲۸	۲۵
	متاهل	۱۱۲	۷۵

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول ۲- محصولات منتخب زراعی شهرستان بافت در سال ۱۳۹۸

محصولات منتخب زراعی	سطح زیر کشت (هکتار)	عملکرد (تن)	قیمت محصول (کیلوگرم-ریال)	نیاز خالص آبی (هزار مترمکعب در هکتار)*	سرمایه (هزار تومان در (روز-نفر)	نیروی کار
گندم	۱۰۰۰	۴/۵	۱۷۰۰۰	۴/۳	۱۶۸۷	۱۹
جو	۱۱۰۰	۳/۵	۱۵۵۰۰	۳/۹	۱۴۶۸	۱۷
یونجه	۱۳۰	۸	۱۴۵۰۰	۸/۳	۵۹۵۰	۲۷
ارزن	۷۰	۲	۵۵۰۰۰	۲/۷	۶۷۲	۱۲

منبع: اداره جهاد کشاورزی شهرستان بافت* با استفاده از نرم افزار NETWAT

آب با یک شیب ملایم کاهش میابد تا با اعمال سیاست ۴۰ درصد به ۱۱۰ هکتار می‌رسد. این میزان، تغییر سطح زیر کشت معادل با ۶۵ تا ۴۴/۲۸ درصد در هکتار است. به‌طور کلی، نتایج این بخش حاکی از آن است که با آزادسازی قیمت آب، الگوی کشت به نفع محصولاتی که میزان درآمد بیشتری را به ازای هر واحد آب تولید می‌کنند، تغییر می‌کند. محصول ارزن با توجه به درآمد بالاتر نسبت به جو و گندم و نیاز آبی کمتر نسبت به جو و گندم، نسبت به این دو محصول مناسب کشت است. در شرایط اعمال سیاست آزادسازی قیمت نسبت به سال پایه همراه با افزایش سطح زیر کشت است. محصول یونجه با توجه با نیاز آبی بالاتر نسبت به جو آبی و گندم آبی دارد، ولی به علت اینکه با درآمد بالایی در واحد سطح حاصل می‌نماید و با افزایش قیمت آب با درصد کمی کاهش پیدا می‌کند و در نتیجه تغییر الگوی کشت به محصول یونجه نسبت به محصولات جو و گندم مطلوب‌تر است. علاوه بر این، نتایج نشان‌دهنده آن است که با

در جدول ۳، به بررسی سناریوهای تحقیق پرداخته شد. سناریوهای تحقیق برگرفته از مطالعات داخلی گذشته و نظرات کارشناسان است. در این بخش قیمت سایه‌ای آب در منطقه مورد مطالعه ۳۳/۵ تومان و با اجرای قانون هدفمندسازی یارانه‌ها و آزادسازی کامل یارانه آب به ۲۱۵ تومان می‌رسد که به دلیل غیرقابل توجهی و اقتصادی نبودن تولید در هزینه بیش از ۴۰ درصد افزایش هزینه‌های آب در این مطالعه پیشنهاد داده شد. اعمال سناریوهای مختلف آزادسازی قیمت نهاده آب از ۵ درصد تا ۴۰ درصد، سطح زیر کشت گندم از ۱۰۰۰ به ۵۵۰ هکتار، جو از ۱۱۰۰ به ۳۶۰ هکتار، یونجه از ۱۳۰ به ۱۲۰ هکتار کاهش می‌یابد. این مقدار، کاهش سطح زیر کشت معادل با ۵/۵ تا ۴۵ درصد را برای گندم آبی، ۹/۵ تا ۶۷ درصد برای جو آبی و ۱/۵ تا ۷/۶۹ درصد برای یونجه به همراه دارد. اعمال سیاست آزادسازی قیمت آب از ۵ درصد تا ۴۰ درصد، سطح زیر کشت ارزن را ابتدا از ۷۰ به ۱۱۶ هکتار افزایش می‌دهد و سپس با افزایش قیمت

ارزن و یونجه متمایل می‌شوند. این نتایج با نتایج معین‌الدینی (۱۳۸۹) و شیرزادی و همکاران، (۱۳۹۷) منطبق است. آن‌ها در مطالعات خود به این نتیجه رسیدند که اعمال سیاست افزایش قیمت آب آبیاری منجر به تغییر الگوی کشت در جهت کاهش سطح زیر کشت محصولات آب‌بر و توسعه سطح زیر کشت محصولات کم آب‌بر سوق پیدا می‌کند.

آزادسازی افزایش قیمت آب، محصولات جو و گندم نسبت به سال پایه بیشترین میزان کاهش سطح زیر کشت را نشان می‌دهند و حساس‌ترین محصولات تحت اعمال آزادسازی افزایش قیمت آب آبیاری می‌باشند.

این نتایج بیانگر این است که کشاورزان حوضه شهرستان بافت با آزادسازی افزایش قیمت آب آبیاری تمایلی به کاشت محصولات گندم و جو ندارند و به سمت توسعه سطح زیر کشت

جدول ۳- میزان و درصد تغییرات سطح زیر کشت محصولات منتخب تحت شرایط کاهش یارانه (افزایش قیمت) آب آبیاری

سناریوهای آزادسازی افزایش قیمت (کاهش یارانه) نهاده آب (برحسب درصد)					میزان تغییرات	الگوی سال پایه (هکتار)	محصولات منتخب
۴۰٪	۳۰٪	۲۰٪	۱۰٪	۵٪			
۵۵۰	۶۶۲	۷۷۵	۸۹۰	۹۴۵	هکتار	۱۰۰۰	گندم
-۴۵	-۳۳/۸	-۲۲/۵	-۱۱	-۵/۵	درصد		
۳۶۰	۴۶۹	۶۷۵	۸۹۱	۹۹۵	هکتار	۱۱۰۰	جو
-۶۷	-۵۷/۳۶	-۳۸	-۱۳	-۹/۵	درصد		
۱۲۰	۱۲۲	۱۲۵	۱۲۷	۱۲۸	هکتار	۱۳۰	یونجه
-۷/۶۹	-۶	-۳/۸	-۲/۳	-۱/۵	درصد		
۱۰۱	۱۰۶	۱۱۰	۱۱۴	۱۱۶	هکتار	۷۰	ارزن
۴۴/۲۸	۵۱/۴۲	۵۷	۶۲/۸۵	۶۵	درصد		

منبع: یافته‌های تحقیق

میزان نیاز آبی برای کشت هر یک از محصولات منتخب، مجموع نیاز آبی محصولات در الگوی کشت تحت آزادسازی افزایش قیمت از ۵ درصد تا ۴۰ درصد نهاده آب از ۹/۸۵۸ به ۵/۰۳۷ میلیون مترمکعب کاهش پیدا می‌کند. همچنین، درآمد ناخالص تحت اعمال سناریوها مختلف افزایش قیمت آب از ۱۵۹/۵۰۲ هزار میلیون ریال به ۸۶/۳۵۳ هزار میلیون ریال کاهش پیدا می‌کند. نتایج نشان‌دهنده آن است که اعمال سیاست‌های آزادسازی آب آبیاری از طریق اثرگذاری بر میزان تقاضای آب، کشاورزان حوضه بخش مرکزی شهرستان بافت را در جهت صرفه‌جویی منابع آب مصرفی در سطح مزارع و تخصیص حجم آب صرفه‌جویی شده برای توسعه سطح زیر کشت محصولات اقتصادی‌تر در منطقه موردنظر را تشویق می‌کند.

این نتایج با نتایج مطالعات معینی‌الدینی (۱۳۸۹) و Aidam (2015) مطابقت دارد. آن‌ها در مطالعات خود به این نتیجه رسیدند که اعمال آزادسازی افزایش قیمت آب آبیاری بر

با توجه به نتایج جدول ۴، حاکی از آن است که با کاهش شدید سطح زیر کشت محصولات جو و گندم و کاهش ملایم محصول یونجه پس از اجرای آزادسازی افزایش قیمت آب آبیاری، میزان تخصیص برای محصولات جو و گندم با یک شیب تند و برای محصول یونجه با یک شیب ملایم سطح زیر کشت کاهش پیدا می‌کند. این میزان کاهش آب مصرفی در الگوی کشت محصولات منتخب در سناریوهای بالاتر آزادسازی افزایش قیمت آب آبیاری برای محصولات بیشتر است. این در حالی است که میزان آب مصرفی برای تولید ارزن که تحت سناریوهای مختلف ابتدا ۶۵ درصد سطح زیر کشت افزایش پیدا کرد و در شرایط سناریو ۴۰ درصد سطح زیر کشت نسبت به سال پایه ۴۴ درصد بیشتر است.

در نتیجه، میزان تغییرات آب مصرفی در منطقه مورد مطالعه متناسب با سطح زیر کشت محصولات منتخب تغییر می‌کند. نتایج جدول نشان‌دهنده آن است که پس از تغییرات ایجادشده در

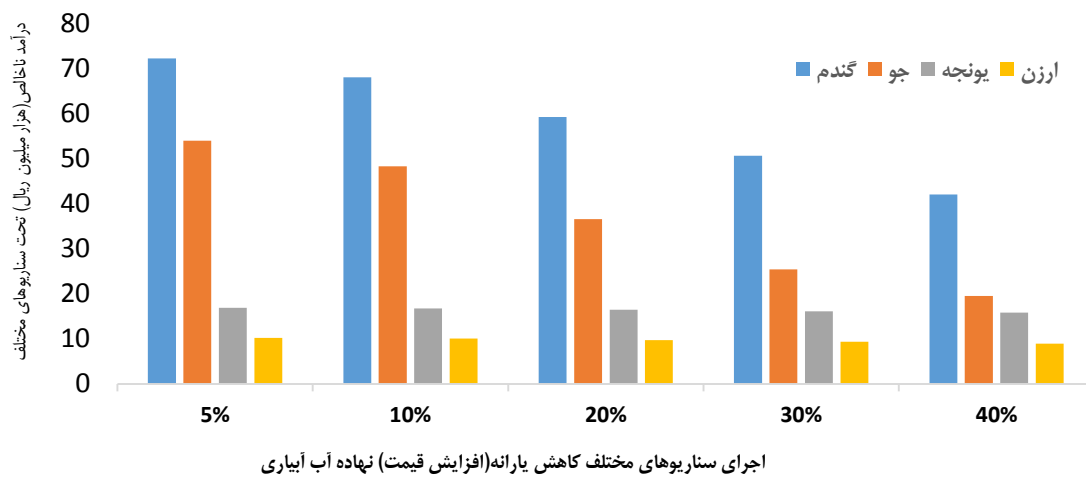
کشاورزان محصول ارزن است. در شکل ۱، به بررسی درآمد ناخالص کشاورزان تحت سناریوهای مختلف پرداخته شد. همچنین، در شکل ۱، مشاهده می‌شود با افزایش قیمت آب درآمد ناخالص کشاورزان در همه محصولات به جزء محصول ارزن کاهش پیدا می‌کند.

میزان آب مصرفی کشاورزان در واحد سطح اراضی مؤثر بوده و در جهت استفاده بهینه از منابع آب سطحی و استحصال کمتر منابع آب زیرزمینی تشویق می‌کند. با افزایش قیمت آب درآمد ناخالص کشاورزان از محصولات جو و گندم کاهش شدیدی پیدا می‌کند و بهترین محصول برای کسب درآمد و کاهش هزینه‌های

جدول ۴- تغییرات میزان آب مصرفی (میلیون مترمکعب) منطقه در الگوی کشت محصولات منتخب تحت شرایط آزادسازی کاهش یارانه (افزایش قیمت) آب آبیاری و تغییرات درآمد ناخالص (هزار میلیون ریال) تحت سناریوهای اجرای شده

محصولات منتخب	مقدار مصرف آب در سال پایه	سناریوهای مختلف کاهش یارانه (افزایش قیمت) نهاده آب (برحسب درصد)				
		۵٪	۱۰٪	۲۰٪	۳۰٪	۴۰٪
گندم	۴/۳	۴/۰۶۳	۳/۸۲۷	۳/۳۳۲	۲/۸۴۶	۲/۳۶۵
جو	۴/۲۹	۳/۸۸۰	۳/۴۷۴	۲/۶۳۲	۱/۸۲۹	۱/۴۰۴
یونجه	۱/۰۷۹	۱/۰۶۲	۱/۰۵۴	۱/۰۳۷	۱/۰۱۲	۰/۹۶۹
ارزن	-/۱۸۹	-/۳۱۳	-/۳۰۷	-/۲۹۷	-/۲۸۶	-/۲۷۲
مجموعه آب مصرفی	۹/۸۵۸	۹/۳۱۸	۸/۶۶۲	۷/۲۹۸	۵/۹۷۳	۵/۰۳۷
مجموع درآمد ناخالص	۱۵۹/۵۰۲	۱۵۳/۳۹۷	۱۴۲/۲۳۹	۱۲۲/۱۰۷	۱۰۱/۵۳۶	۸۶/۳۵۳

منبع: یافته‌های تحقیق



شکل ۱- مقایسه درآمد ناخالص کشاورزان پس از اجرای سناریوهای آزادسازی افزایش قیمت (کاهش یارانه) نهاده آب آبیاری

محصول یونجه تحت اعمال سناریوهای مختلف با شیب کم سطح زیر کشت روند کاهشی پیدا کرد (عملکرد بالا و قیمت پایین) و به دو محصول جو و گندم ترجیح داده می‌شود. محصول ارزن تحت اعمال افزایش قیمت سطح زیر کشت نسبت به سال پایه بیشتر ملاحظه شد که این نشان‌دهنده این است که این محصول می‌تواند الگوی کشت ایده آلی برای منطقه مورد مطالعه

نتیجه‌گیری

در این تحقیق آب مصرفی بخش زراعی کشاورزان بخش مرکزی شهرستان بافت تحت اعمال سناریوهای کاهش یارانه (افزایش قیمت) نهاده آب بررسی شد. به‌طورکلی، با افزایش قیمت نهاده آب آبیاری سطح زیر کشت دو محصول جو و گندم آبی کاهش شدیدی (به علت عملکرد و قیمت پایین) داشتند ولی

حوضه آبریز نیشابور. تحقیقات اقتصاد کشاورزی. ۱۰(۳): ۲۲۰-۱۸۷.

کلبعلی، ا.، صبوچی صابونی، م. و احمدپور، م. ۱۳۹۵. راهبردهای تخصیص بهینه آب سد وشمگیر با استفاده از روش برنامه‌ریزی تصادفی دومرحله‌ای. آب و خاک ۶۶(۳۰): ۱۸۳۲-۱۸۴۷.

معین‌الدینی، ز. ۱۳۸۹. بررسی واکنش زارعین به سیاست‌های قیمتی و سهمیه‌بندی آب آبیاری در استان کرمان. پایان‌نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی. دانشگاه زابل.

هاشمی‌تبار، م.، بدیع برزین، ح. و حسینی، م. ۱۳۹۸. اثر روش‌های قیمت‌گذاری و سهمیه‌بندی آب آبیاری بر الگوی کشت و تقاضای آب در دشت سیستان. پژوهش آب در کشاورزی. ۳۳(۳): ۴۶۳-۴۷۶.

Al-Ansari, N., Alibrahiem, N., Alsaman, M. and Knutsson, S. 2014. Water demand management in Jordan. Engineering. 6(1): 19-26.

Aidam, P.W. 2015. The impact of water-pricing policy on the demand for water resources by farmers in Ghana. Agricultural Water Management. 158(12): 10-16.

Cortignani, R. and Severini, S. 2009. Modeling farm-level adoption deficit irrigation using positive mathematical programming. Agricultural Water Management. 96(1): 1785-1791.

Fall Suleiman, M. and Chakoshi, B. 2011. The role of optimal management of agriculture water use to increase the productivity and sustainability of waterresources in arid plains of iran case study west plains Birjand. Journal of Geography and Regional Development. 16: 199-218.

Frija, A., Wossink, A., Buysse, J., Speelman, S. and Van Huylenbroeck, G. 2011. Irrigation pricing policies and its impact on agricultural inputs demand in Tunisia: A DEA-based methodology. Journal of Environmental Management. 92(9): 2109-2118.

He, L., Tyner, W.E., Doukkali, R. and Siam, G. 2006. Policy options to improve water allocation efficiency: analysis on Egypt and morocco. Water International. 31(2):320-337.

داشته باشد. نتایج حاصل از اعمال سیاست‌های افزایش قیمت آب آبیاری در محدوده مطالعاتی موردنظر بیانگر آن است که با افزایش قیمت نهاده آب (کاهش یارانه نهاده آب در بخش کشاورزی)، الگوی کشت کشاورزان به نفع محصولاتی که میزان درآمد بیشتری را به ازای هر واحد آب مصرفی تولید می‌کنند، تغییر می‌کند. به‌طور کلی، این تغییر الگوی کشت اگرچه درآمد کشاورزان منطقه را کاهش می‌دهد اما بدون تردید کمک شایانی برای داشتن توسعه پایدار، افزایش ذخایر آبی و کاهش مشکلات زیست‌محیطی را برای آینده منطقه به همراه خواهد داشت. پیشنهاد می‌شود که کارشناسان سازمان تحقیقات جهاد کشاورزی دو محصول جو و گندم آبی را از الگوی کشت منطقه حذف یا کمینه کنند و برای جایگزین تدریجی این دو محصول، تحقیقات لازم را با توجه به شرایط آب و هوایی منطقه، نوع خاک و... بررسی کنند.

تشکر و قدردانی

از داوران محترم با نظرات مفیدشان جهت بهبود کیفیت این تحقیق و اداره جهاد کشاورزی شهرستان بافت جهت همکاری در جمع‌آوری داده‌ها و نظرات کارشناسان مربوطه، نهایت سپاسگزاری می‌شود.

منابع

جلیل پیران، ح. ۱۳۹۱. نقش قیمت‌گذاری آب در بخش کشاورزی بر تعادل منابع آب. مجله اقتصادی - ماهنامه بررسی مسائل و سیاست‌های اقتصادی. ۱۲(۲): ۱۲۸-۱۱۹.

رهنما، ع.، کهن‌سال، م. ر. و دوراندیش، آ. ۱۳۹۱. برآورد ارزش اقتصادی آب با استفاده از رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی مثبت در شهرستان قوچان. مجله اقتصاد کشاورزی. ۶(۴): ۱۵۰-۱۳۳.

سازمان مطالعات آب کرمان. ۱۳۸۹. آمارنامه آب کرمان. دفتر آمار و فناوری اطلاعات.

شیرزادی، س.، صبوچی، م.، داوری، ک. و کیخا، ا. ع. ۱۳۹۷. اثر سیاست قیمت‌گذاری آب آبیاری بر سطح تراز آب زیرزمینی

- Howitt, R.E., Medellin-Azuara, J. and MacEwan, D. 2009. Estimating the economic impacts of agricultural yieldrelated changes for California. Final Paper, A Paper From California Climate Change Center. 26: 95-115.
- Howitt, R., Medellin-Azuara, J., MacEwan, D. and Lund, R. 2012. Calibrating disaggregate economic models of agricultural production and water management. *Environmental Modelling and Software*. 38: 244-258.
- Mitter, H. and Schmid, E. 2021. Informing groundwater policies in semi-arid agricultural production regions under stochastic climate scenario impacts. *Ecological Economics*. 180: 1-17.
- Sapino, F., Perez-Blanco, C. D., Gutierrez-Martin, C. and Frontuto, V. 2020. An ensemble experiment of mathematical programming models to assess socio-economic effects of agricultural water pricing reform in the Piedmont Region, Italy. *Journal of Environmental Management*. 267: 1-13.

Effect of Irrigation Water Subsidy Reduction Policy on Farmers' Water Demand and Area under Cultivation of Agricultural Crops

Sh.Mousapour¹, S. M. Hosseini^{2*}, M. Ahmadpour³ and M. Nurouzian⁴

Abstract

The agricultural sector is the largest consumer of water in the country, which is of particular importance due to the droughts of recent decades, food security, and proper management of water resources. Therefore, it is necessary to provide proper management methods to saving water resources and reduce damage to water resources. For this purpose, for the optimal use of this input, the policy of reducing agricultural irrigation water subsidies in the central part of Baft county was used using a positive mathematical planning model. The research data were collected using random sampling method by completing 150 questionnaires and data of Agricultural Jihad Organization of Baft county for the 2019-2018 crop year and to estimate the data (area under cultivation, water, yield, etc) of the region's crops from GAMS software was used. The results showed that with increasing the price of irrigation water input, the area under cultivation of barley and wheat crops with a steep slope and alfalfa crop with a gentle slope decrease and the area under cultivation of millet crop increases. Also, the gross income and irrigation water consumption of the region will be reduced under the policies of reducing water subsidies. Farmers' cropping patterns change in favor of crops that produce more revenue per unit of water consumed. Therefore, prioritizing the policy of reducing irrigation water subsidies is recommended in decision-making and policy programs as an appropriate and practical strategy to increase the region's water resources.

Keywords: Irrigation water, Positive mathematical programming model, Water subsid

¹ Ph.D student, Department of Agricultural Economics, Faculty of Economics, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran

² Assistant Professor, Department of Agricultural Economics, Faculty of Economics, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran (*Corresponding Author Email: hosseini@eco.usb.ac.ir)

³ Assistant Professor, Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran

⁴ Ph.D student, Department of Agricultural Economics, Faculty of Economics, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran

Received: 4 March 2021

Accepted: 30 June 2021