تحقیقات منابع آب ایران
Iran-Water Resources Research

سال بیستم، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۳
Volume 20, No. 2, Summer 2024 (IR-WRR)
۱۰۵-۱۲۰

اثر اصلاح نظام قیمت‌گذاری بر بهره‌وری آب در بخش کشاورزی از منظر توسعه پایدار (مطالعه موردی: دشت عجب‌شیر)

مریم جعفری ثانی[۱]، مهدی ضرغامی[۲]، علیرضا شکاری[۳*]، حسین اصغرپور[۴]، سهیل صفری[۵] و علی مهدیلو[۶]

چکیده

آب یکی از عوامل محدود کننده توسعه اقتصاد کشاورزی کشور است و نحوه صحیح تخصیص این نهاده در بین فعالیت‌های مختلف کشاورزی به منظور بهبود کارایی آن، از اهداف اصلی سیاست‌گذاران بخش کشاورزی است. بهبود بهره‌وری آب می‌تواند معیار مناسبی برای شناسایی سیاست مناسب تخصیص آب در هر منطقه باشد. در این تحقیق از تکنیک برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP) برای تحلیل اثرات مختلف کاربرد سیاست‌های قیمت‌گذاری آب در دشت عجب‌شیر بهره گرفته شده است. برای جمع‌آوری اطلاعات از روش نمونه‌گیری تصادفی ساده و مصاحبه حضوری از زارعان در سال زراعی (۱۴۰۰-۱۳۹۹) استفاده شد. چهار سناریو در رابطه با قیمت و مقدار آب مصرفی برای مدیریت تقاضای آب کشاورزی برای محصولات عمده زراعی شامل گندم، جو، سیب‌زمینی و پیاز، محصولات عمده باغی شامل انگور، بادام و گردو اعمال شد. نتایج نشان داد که برای همه محصولات منتخب با افزایش قیمت آب در اکثر سناریوهای اعمالی، سطح زیرکشت کاهش و بهره‌وری آب افزایش می‌یابد. همچنین، بر اساس شاخص میانگین سود خالص به ازای هر قطره (NBPD) محصولات انتخابی، گردو با ۱۸۷۹۱۰ ریال به ازای هر متر مکعب آب، بادام با ۱۸۰۲۴۷ ریال به ازای هر متر مکعب آب و سیب‌زمینی با ۸۳۸۲۷ ریال در هر متر مکعب آب بالاترین مقدار شاخص را دارند. طبق این مطالعه، افزایش قیمت آب و اصلاح الگوی کشت با درنظر گرفتن ارکان توسعه پایدار از اقدامات مؤثر برای افزایش بهره‌وری آب است و مدیریت بهینه تقاضای آب می‌تواند از اتلاف و هدر رفتن آن جلوگیری کند.

کلمات کلیدی: بهره‌وری، توسعه پایدار، مدیریت منابع آب، مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت، نظام قیمت‌گذاری.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۲/۲۱

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۵/۹

۱- استادیار بخش تحقیقات اقتصادی، اجتماعی و ترویج کشاورزی، مرکز تحقیقات، آموزش، کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران.

۲- استاد دانشکده حکمرانی، دانشگاه تهران، تهران، ایران، آزمایشگاه خط مشی و حکمرانی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

۳- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی عمران- مهندسی محیط زیست، دانشکده فنی مهندسی عمران، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

۴- استاد دانشکده اقتصاد و مدیریت، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

۵- دانشجوی دکتری مهندسی محیط زیست، دانشکده عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران و پژوهشگر پژوهشکده محیط زیست دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

۶- دانش‌آموخته دکتری اقتصاد و مدیریت، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

*- نویسنده مسئول

بحث و مناظره (Discussion) در مورد این مقاله تا پایان پائیز ۱۴۰۳ امکانپذیر است.

Effect of Pricing System Reform on Water Productivity in Agricultural Sector from the Perspective of Sustainable Development (Case Study: Ajabshir Plain, Iran)

M. Jafari Sani [1] , M. Zarghami[2], A. Shekaari[3], H. Asgharpur[4], S. Safari[5], and A. Mahdiloo[6]*

Abstract

Water is one of the limiting factors for the development of the country's agricultural economy and one of the main goals of policymakers in the agricultural sector is to allocate this input among different agricultural activities in a correct way in order to improve its efficiency. Improving water efficiency can be a suitable criterion for identifying an appropriate water allocation policy in each region. This study utilized the Positive Mathematical Programming (PMP) technique to investigate the effects of various water-pricing policies in Ajabshir Plain. Data was collected through simple random sampling and face-to-face interviews with farmers during the agricultural year of 1399-1400 (Iranian calendar). Four scenarios were implemented regarding the price and quantity of water consumed for major agricultural products, such as wheat, barley, potato, and onion, as well as major horticultural products, including grape, apple, almond, and walnut. The results indicated that, for all selected products, increasing the water price led to a decrease in cultivation area and an increase in water productivity for the majority of the scenarios. Based on the Net Benefit per Drop (NBPD) index, walnut with 187,910 Rials per cubic meter of water, almond with 180,247 Rials per cubic meter of water, and potato with 83,827 Rials per cubic meter of water had the highest index values. According to this study, increasing the price of water and modifying cultivation patterns while considering the principles of sustainable development are effective strategies to enhance water productivity. Additionally, efficient water demand management can help to prevent waste.

Keywords: Productivity, Sustainable Development, Water Resources Management, Positive Mathematical Programming, Pricing System.

Received: May 10, 2024

Accepted: July 30, 2024

1- Assistant Professor, Economic, Social and Extension Research Department, East Azarbaijan Agricultural and Natural Recourses Research and Education Center, AREEO, Tabriz, Iran.

2- Professor, Faculty of Governance, University of Tehran, Tehran, Iran. Policy and Governance Laboratory, University of Tehran, Tehran, Iran.

3- M.Sc. Graduate of Civil Engineering-Environmental Engineering, Faculty of Civil Engineering, University of Tabriz, Tabriz, Iran. Email: shekaari7@yahoo.com

4- Professor, Faculty of Economics and Management, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

5- Ph.D. Student in Environmental Engineering, Faculty of Civil Engineering, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran. And Researcher at the Environmental Research Institute of University of Tabriz, Tabriz, Iran.

6- Ph.D. Graduate of Economics, Faculty of Economics and Management, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

*- Corresponding Author

Doi: 10.22034/IWRR.2024.456636.2757

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

۱- مقدمه

امروزه رشد اقتصادی و افزایش جمعیت باعث افزایش تقاضا برای محصولات کشاورزی شده است که مصرف بیشتر آب در این بخش را درپی دارد و آب نقشی حیاتی در بهبود امنیت غذایی و توسعه اقتصادی- اجتماعی دارد (Singh, 2014). در ایران به‌دلیل سوء مدیریت در کنترل و تخصیص بهینه منابع آبی کشور و از سوی دیگر پایین بودن قیمت این نهاده ارزشمند، بهره‌وری آب در قسمت‌های مختلف اقتصادی از جمله بخش کشاورزی که مصرف عمده منابع آب دارا است، به‌طور قابل توجهی نسبت به سایر کشورهای پیشرفته کمتر است. همچنین، می‌توان پیش‌بینی کرد که در سال‌های آتی، آب به‌عنوان منبع قدرت کشورها به‌شمار خواهد رفت و کشورهای قدرتمند، کشورهایی باشند که ذخایر آبی فراوان دارند یا در زمینه مدیریت آب پیشرفته‌اند (Bahrami Nasab et al., 2015). بنابراین با توجه به پایین بودن قیمت آب در کشور؛ قیمت‌گذاری اصولی بر مبنای مطالعات علمی با درنظر گرفتن ارکان اصلی توسعه پایدار برای هر منطقه، می‌تواند منجر به افزایش بهره‌وری آب شود.

Dinar and Mody (2004) به بررسی سیاست‌های مدیریت آب آبیاری، اصول تخصیص و قیمت‌گذاری و تجربه اجرا پرداختند. بر اساس این مطالعه، امنیت غذایی و توسعه پایدار مستلزم استفاده کارآمد از منابع آب، به ویژه در آبیاری است و قیمت‌گذاری آب ابزاری جذاب برای دستیابی به بهره وری در مصرف آب و پایداری مالی سازمان‌های تامین آب است. قیمت‌گذاری اقتصادی می‌تواند ابزاری موثر برای دستیابی به مصرف بهینه آب باشد، مشروط بر اینکه در اجرای سیاست‌های دیگر نیز پشتیبانی شود. به این ترتیب، کارایی قیمت‌گذاری آب برای صرفه‌جویی در آب را نمی‌توان بدیهی تلقی کرد و باید در زمینه منطقه جغرافیایی خاص، الگوی کشت، ترتیبات نهادی موجود و سیاست‌های کشاورزی مکمل ارزیابی شود. همچنین، یافته‌های این مقاله حاکی از آن است که با افزایش قیمت آب، کشاورزان به سمت محصولات جدید با ارزش بالا و پر مصرف‌تر روی آوردند. اگرچه قیمت‌گذاری و بازیابی هزینه‌های آب آبیاری از اهداف مهم سیاستی است، اما باید در چارچوب محدودیت‌های نهادی، سیاسی و اجتماعی محلی اجرا شود، زیرا قیمت‌های بالاتر می‌تواند تنش‌های سیاسی را به‌ویژه زمانی که درآمدهای ایجاد شده به نفع کشاورزان استفاده مجدد نمی‌شود افزایش دهد. به این ترتیب، قیمت‌گذاری آب تنها زمانی می‌تواند ابزار مؤثری در مدیریت تقاضا باشد که به طور مناسب اجرا و تنظیم شود. اصلاحات سازمانی باید قابل اعتماد بوده و بازار فروش را تضمین کند تا قیمت‌گذاری آب برای کشاورزان قابل پذیرش باشد. همچنین، اصلاح نظام قیمت‌گذاری آب نیز باید با اصلاحات مناسب دیگر (به عنوان مثال، سایر نهاده‌ها، قیمت‌های حمایتی محصول) در بخش کشاورزی ادغام و حمایت شود تا حداکثر سود حاصل از تغییرات در آب در بخش کشاورزی به دست آید. در همین راستا پیوند فناوری و زیرساخت با اصلاح قیمت‌گذاری از اهمیت بالایی برخوردار است و اجرای موثر روش‌های قیمت‌گذاری خاص به فناوری صحیح آبیاری بستگی دارد (به عنوان مثال، فناوری که امکان تقسیم و انتقال آب را به صورت عادلانه و مناسب فراهم کند).

He et al. (2004) در تحقیقی با عنوان بهبود کارایی تخصیص آب آبیاری به تحلیل تأثیر گزینه‌های مختلف سیاستی شامل قیمت‌گذاری آب در بخش کشاورزی بر حفظ منابع آبی در کشورهای مصر و مراکش پرداختند. در این تحقیق از الگوی تعادل جزئی برای تشکیل مدل بخش کشاورزی دو کشور برای تحلیل سیاست‌های مرتبط با آب استفاده شد. در هر دو مدل مازاد رفاه مصرف‌کننده و تولیدکننده محصولات کشاورزی با توجه به محدودیت‌های تعادلی، منابع، تکنولوژی و سیاستی حداکثر شد. نتایج این تحقیق دلالت بر معنی‌دار بودن تاثیر سیاست قیمت‌گذاری آب بر بهره‌برداری این منابع در کشور مراکش و غیرحساس بودن تقاضای آب آبیاری نسبت به قیمت آب در کشور مصر دارند. Tsur et al. (2004) روش‌های متداول قیمت‌گذاری آب کشاورزی را در کشورهای مختلف جهان مورد بررسی قرار دادند و کارایی روش‌های مختلف را با توجه به هزینه‌های اجرایی در هر روش، با یکدیگر مقایسه کردند. طبق این مطالعه روش‌های قیمت‌گذاری حجمی آب، روش ستانده‌ای، روش نهاده‌ای، روش مساحتی، روش قیمت‌گذاری پلکانی، روش تعرفه دومرحله‌ای، روش تحلیل اصلاحات و بازارهای آب، روش‌هایی بودند که از منظر نوع کارایی (کوتاه‌مدت یا بلندمدت، بهینه درجه اول و یا درجه دوم بودن) متفاوت بودند. بود. همچنین، نوع آمار و اطلاعات مورد نیاز و یا هزینه‌های اداری هر یک از روش‌ها نیز، وسایل و تجهیزاتی که برای اجرای هر روشی مورد نیاز بودند نیز یکسان نبود. در صورتی که هزینه‌های اجرایی روش‌های مختلف صفر درنظر گرفته می‌شدند، روش قیمت‌گذاری حجمی آب و یا یکی از روش‌های وابسته به آن (چندمرحله‌ای پلکانی و هزینه دومرحله‌ای) بالاترین کارایی را ایجاد کرد (بیشترین میزان سود خالص معیار کارایی برای ارزیابی این روش‌ها محسوب می‌شد). بر اساس این مطالعه محققین با ارائه مثال‌های عددی حاصل از مطالعات تجربی، نشان دادند که گاهی وجود هزینه‌های اجرایی باعث می‌شود که روش قیمت‌گذاری غیرکارا ولی ساده (مانند روش مساحتی که هزینه آب را براساس مقدار زمین تحت پوشش آبیاری درنظر گرفته می‌شود) بر روش‌های دیگری که کارا ولی پیچیده و دارای هزینه‌های اجرایی بالا هستند، ترجیح داده شود. Singh (2007) در مطالعه خود به بررسی قیمت‌گذاری منطقی آب به

عنوان ابزاری برای بهبود کارایی استفاده از آب در بخش کشاورزی پرداخت. عدم قیمت‌گذاری منطقی آب از منظر تقاضا و عرضه در منطقه مورد مطالعه در هند (گجرات)، منجر به هدر رفت و سوء استفاده از آن و در نتیجه کاهش راندمان مصرف آب و مشکلات مرتبط با آن شده بود. طبق این مطالعه قیمت‌گذاری منطقی آب منجر به افزایش بهره‌وری در استفاده از آب، کاهش بروز مشکلاتی اعم از آبیاری به روش غرقابی، شوری خاک و همچنین کاهش هزینه‌های عمومی شد. همچنین، این مطالعه نشان داد که کشاورزان هنگام تصمیم‌گیری در مورد سطح زیر کشت آبی، سود نسبی محصولات مختلف را در نظر می‌گیرند و از این رو نسبت به تغییرات قیمت آب بسیار حساس بودند و علی‌رغم اینکه افزایش قیمت آب یک تصمیم سیاسی حساس و خطرناک بود، دولت قبلا قیمت آب کانال را به شدت افزایش داده بود و مقرر کرده بود که قیمت آب را هر سال به میزان ۱۵ درصد افزایش دهد. در نهایت با توجه به این موضوع، آنچه در منطقه مورد مطالعه و حتی هند مورد نیاز بود، اجماع سیاسی همه حزبی در مورد نیاز به قیمت‌گذاری منطقی آب برای همه مصارف و حذف انواع یارانه‌های مستقیم و پنهان به صورت مرحله ای بود. Latinopoulos (2008) تأثیرات بالقوه قیمت‌گذاری آب آبیاری با استفاده از مدل‌سازی تصمیم‌گیری چند معیاره برای یونان شمالی را مورد بررسی قرار داد. هدف کلی تحقیق، ایجاد روشی برای تخمین تأثیرات بالقوه زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی قیمت‌گذاری آب آبیاری مناسب بود. بدین منظور، نظریه مطلوبیت چند صفتی برای شبیه‌سازی تصمیم‌گیری کشاورزی در سناریوهای مختلف قیمت‌گذاری آب، اجرا و سپس توابع تقاضای آب با استفاده از بهترین تخصیص محصول و آب (تصمیمات کشاورزان) در هر سناریو استخراج شد. تأثیرات مختلف قیمت‌گذاری آب به عنوان یک ابزار سیاستی در هر منطقه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و سه نتیجه‌گیری اصلی از روش به کار گرفته شده در قالب پیامدهای زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی مطرح شد. (۱) حفظ منابع آب؛ کشاورزان الگوی کشت خود را تغییر دادند که باعث صرفه‌جویی در مصرف آب، برابر با ۱۴ درصد در سطح حوضه رودخانه شد. (۲) از بین رفتن درآمد کشاورزان؛ درآمد مزرعه ۱۲ درصد کاهش یافت (به عنوان مثال ٪۳۵ هدر رفت درآمد) که پیامدهای اقتصادی جدی برای بخش کشاورزی در میان مدت و بلند مدت ایجاد کرد. (۳) کاهش اشتغال کشاورزان؛ بدین ترتیب که هزینه‌های آب بیشتر باعث زیان در اشتغال کشاورزان شد. همچنین، نتیجه‌گیری دیگری که این مطالعه به ارمغان آورد این بود که سیاست‌گذارانی که قصد داشتند قیمت‌های حجمی آب آبیاری را اعمال کنند، باید تمام نابرابری‌های مکانیسم قیمت‌گذاری را درنظر می‌گرفتند. از این نظر، استفاده از تابع تقاضای آب افزایشی در سطح حوضه رودخانه توصیه شد که ترکیبی از تصمیم‌گیری کشاورزی منطقه‌ای برای چندین سیاست قیمت‌گذاری را ارائه می‌کرد. در نهایت طبق سناریوهای قیمت‌گذاری، به نظر رسید که آبیاری با آب کم بهترین راه حل بود، زیرا کمتر از هر تغییر بالقوه در ترکیب محصول، از سود ناخالص کشاورزان کم می‌کرد.

Stijn et al. (2009) با استفاده از روش باقی مانده به برآورد تاثیر قیمت‌گذاری آب بر خرده مالکان آبیار در ایالت نورث‌وست آفریقای جنوبی پرداختند و نشان دادند که تقاضای آب حتی با کوچکترین تغییر در قیمت آب کاملا واکنش‌پذیر است. علاوه بر آن قیمت‌های بالاتر برای آب به طور چشمگیری سود مزرعه را کاهش می‌داد که باعث ایجاد مشکلات اولیه‌ای برای کشاورزان فقیر می‌شد. Teklay and Ayana (2015) در مطالعه خود به بررسی تأثیر سیاست قیمت‌گذاری آب آبیاری بر روی سطح بهره‌وری آب در حوزه رودخانه آواش در اتیوپی پرداختند (حوضه آواش تنها حوضه‌ای با مفهوم مدیریت حوضه رودخانه و قیمت‌گذاری آب آبیاری در اتیوپی بود). بر اساس معیارهای انتخاب سیستماتیک، ۲۹ کاربر آب آبیاری از آواش میانی و فوقانی انتخاب شدند. داده‌های مورد نیاز طرح مانند سطح زیر کشت، مقدار آب منحرف در هر سال، هزینه آب، هزینه خدمات و بهره برداری و هزینه نگهداری کانال‌های آبیاری اولیه هر کاربر قانونی آب در حوضه برای پنج سال تولید متوالی (۲۰۰۵–۲۰۰۹) جمع‌آوری شدند. بهره‌وری آب برای محصولات پنبه، نیشکر و پیاز محاسبه شد و نتایج حاصل نشان داد قیمت فعلی آب آبیاری در حوضه آواش پایین است و کشاورزان را در بهبود بهره‌وری آب تشویق نمی‌کند. همین امر منجر به بهره‌وری کم آب محصولات شد. طبق نتیجه حاصله از این مطالعه هزینه آب آبیاری در حوضه آواش با یک هدف (های) قیمت‌گذاری مشخص، اصلاح شد و حداکثر میزان استحصال آب آبیاری برای کشاورزان بالادست بر اساس نوع محصول و زمین آبی همه کاربران تعیین شد تا در طول دوره‌های تقاضای آبیاری بالا، آب کافی برای کاربران آبیاری پایین دست باقی بماند.

Ghaderzadeh et al. (2017) به بررسی اثرات سیاست قیمت‌گذاری آب آبیاری بر الگوی کشت و بهره‌وری مصرف آب در منطقه دشت قروه–دهگلان در استان کردستان پرداخته است. در مطالعه مذکور، روش برنامه‌ریزی ریاضی مثبت و ماکزیمم آنتروپی برای تحلیل داده‌ها استفاده شد. تعداد ۳۶۰ مزرعه به عنوان نمونه از طریق روش نمونه‌گیری تصادفی طبقه‌بندی شده برای سال زراعی (۱۳۹۲–۱۳۹۱) انتخاب شد که داده‌های مورد نیاز از طریق مصاحبه و پرسشنامه جمع‌آوری شد. برای تجزیه و تحلیل اطلاعات تحقیق مذکور از بسته نرم‌افزاری GAMS استفاده شدند. نتایج اعمال سیاست افزایش قیمت آب بر الگوی کشت نشان داد، سطح زیر کشت محصولات با درآمد

بالا، افزایش یافت. همچنین، نتایج بررسی سیاست قیمت‌گذاری آب بر شاخص‌های بهره‌وری مصرف آب (اشتغال به ازای واحد حجم آب، تولید به ازای واحد حجم آب و سود ناخالص به ازای واحد حجم آب) نشان داد که بهره‌وری مصرف آب افزایش یافت. لازم به ذکر است که اعمال این سیاست، شاخص سود خالص به ازای واحد حجم آب را درمحصولات سیر، کلزا و پیاز افزایش و برای سایر محصولات کاهش داد. Lalehzari (2017) در تحقیقی بیان کرد قیمت آب در کشاورزی نقش مهمی در مدیریت تخصیص آب دارد. از این رو استراتژی‌های بهینه الگوی کشت هنگامی می‌تواند طراحی شود که تحلیل بهای قیمت آب در یک چهارچوب اقتصادی از پیش تعیین شده مورد توجه قرار گیرد. در مطالعه مذکور، یک مدل برنامه‌ریزی تخصیص بهینه آب در شمال شرقی استان خوزستان که با کمبود آب مواجه بود با استفاده از الگوریتم ژنتیک توسعه یافت. بیشینه‌سازی نسبت سود به هزینه به عنوان تابع هدف توسط یک معادله خطی تعریف شد و فضای امکانپذیر مسأله به وسیله قیود منابع آب، اراضی تحت کشت، سیستم‌های آبیاری و پارامترهای اقتصادی محدود شد. در برنامه‌ریزی بهینه توسعه یافته، دسته‌ای از پاسخ‌ها جستجو شد که قابلیت افزایش درآمد خالص الگوی کشت را در شرایط کمبود آب داشتند. سه سناریو از قیمت آب شامل ۰، ۲۰۰ و ۵۰۰ ریال در هرمتر مکعب برای مقایسه شاخص‌های سود خالص به ازای واحد آب مصرفی، کارایی مصرف آب و آب اختصاص یافته به هر محصول درنظر گرفته شد. نتایج نشان داد با اعمال کم آبیاری و افزایش قیمت آب، حجم آب تخصیص یافته و کارایی مصرف آب برای محصول گوجه فرنگی ۷ درصد افزایش یافت. علاوه بر آن، این شرایط موجب افزایش سطح زیر کشت گندم و ذرت شده است. تحلیل شاخص‌های ارزیابی نشان داد با افزایش قیمت آب، حجم آب اختصاص یافته به سبزیجات کاهش و در مقابل کارایی مصرف آب و نسبت سود به هزینه حبوبات افزایش یافت.

Tarafdar et al. (2018) در تحقیقی ارتقاء بهره‌وری بخش کشاورزی در ایران ازطریق افزایش قیمت آب آبیاری (مطالعه موردی: منطقه کاشان) بررسی کردند. بر اساس مطالعه ذکر شده، کمبود آب کشاورزی یکی از مهم‌ترین مشکلاتی است که کشور ایران با آن روبه‌رو است و قیمت‌گذاری آب کشاورزی یکی از روش‌های اقتصادی به منظور مدیریت مصرف آب و استفاده کارآ از آن است. هدف از تحقیق مذکور، ارتقاء بهره‌وری بخش کشاورزی در ایران از طریق افزایش قیمت آب آبیاری بود. این تحقیق از نظر هدف کاربردی- توسعه‌ای و از نظر طرح تحقیق پس رویدادی و از نظر نتیجه، توصیفی بود. با توجه به وجود حدود ۳۵۰۰ کشاورز در منطقه که بیش از یک هکتار زمین زراعی یا باغی داشتند، تعداد جامعه نمونه با استفاده از فرمول کوکران ۹۳ نفر تعیین شد که از طریق پرسشنامه و مصاحبه حضوری از آنها اطلاعات مورد نیاز جمع‌آوری شد. نتایج تحقیق نشان داد که طی دوره تحقیق (۱۳۹۰-۱۳۸۶) با وجود آنکه قیمت آب کشاورزی در منطقه کاشان افزایش یافت اما بهره‌وری محصولات زراعی و باغی نیز زیاد شد. علاوه بر این، محصولات کشاورزی دارای بهره‌وری متفاوتی بودند، به طوری که شوید و قیسی بالاترین بهره‌وری را در محصولات زراعی و باغی در منطقه، به خود اختصاص دادند. Dehghani et al. (2020) در پژوهشی به بررسی تأثیر سیاست‌های افزایش قیمت آب آبیاری (از طریق افزایش هزینه استحصال) و کاهش آب در دسترس (از طریق مسدود کردن چاه‌های غیرمجاز و نصب کنتور بر چاه‌های کشاورزی) بر شاخص بهره‌وری اقتصادی آب محصولات عمده زراعی بخش شهداد واقع در شهرستان کرمان برای سال زراعی (۱۳۹۶-۱۳۹۵) پرداختند. محصولات منتخب برنامه گندم آبی، جو آبی، سیر و یونجه بوده و جهت بررسی آثار سیاست‌های مدیریت منابع آب، از مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت و برای محاسبه بهره‌وری اقتصادی آب محصولات کشاورزی از شاخص NPBD[1] استفاده شد. نتایج حاصل از محاسبه شاخص NPBD نشان داد که در بین محصولات منتخب، محصول سیر بیشترین بهره‌وری اقتصادی آب را به میزان ۱۰۰۲۵ ریال بر مترمکعب، داشت. همچنین، سیاست کاهش آب در دسترس، کمترین تأثیر را بر شاخص بهره‌وری اقتصادی آب محصول سیر، به میزان ۱۸/۶۴ درصد داشت. علاوه بر این، سیاست مذکور در تحقیق کمترین ضرر اقتصادی را به زراعت کاران منطقه تحمیل می‌کرد. در این راستا پیشنهاد شد که قبل از اعمال سیاست‌های افزایش قیمت آب آبیاری و کاهش آب در دسترس، به آثار این سیاست‌ها بر بهروه‌وری آب محصولات زراعی منطقه توجه شود.

با توجه به مطالعات انجام یافته به منظور افزایش بهره‌وری آب و بهبود تخصیص آن، استفاده از مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی و تحلیل آثار ناشی از سیاست‌های پیشنهادی، یکی از مطلوب‌ترین راه‌کارهای موجود است. در این مطالعه از مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP[2]) و سه شاخص مهم بهره‌وری برای محاسبه بهره‌وری اقتصادی آب بهره گرفته شده است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

استان آذربایجان‌شرقی یکی از استان‌های منطقه شمال‌غرب ایران است که در حدود ۵ درصد از کل جمعیت و ۲/۸ درصد از کل مساحت کشور را به خود اختصاص داده است. دشت عجب‌شیر با وسعت ۷۳۸ کیلومتر مربع (۱/۶ درصد مساحت استان آذربایجان شرقی) در ۹۵ کیلومتری تبریز واقع شده و از سمت شمال با شهرستان‌های اسکو و

آذرشهر، از سمت شرق با شهرستان مراغه، از سمت غرب با دریاچه ارومیه و از سمت جنوب با شهرستان بناب هم مرز و جزء حوضه آبریز دریاچه ارومیه است (شکل ۱). گستره جغرافیایی این دشت از طول شرقی ′۵۰ ،°۴۵ تا ′۰۲ ،°۴۶ و از عرض شمالی ′۳۰ ،°۳۷ تا ′۳۲ ،°۳۷ است. متوسط ارتفاع این دشت از سطح دریا برابر با ۱۲۹۴ متر است. میانگین بارش سالانه در این منطقه با استفاده از اطلاعات به دست آمده از ایستگاه‌های هواشناسی و باران‌سنجی منطقه طی سالهای (۱۳۹۸-۱۳۸۴) در حدود ۳۰۰ میلی‌متر و میانگین دمای روزانه ۱۱/۶ درجه سانتی‌گراد است.

طبق مطالعات میدانی انجام یافته، کشاورزی در شهرستان عجب‌شیر را می‌توان به ۳ الگوی توسعه کشاورزی در سه منطقه همانند شکل ۲ تعریف کرد. منطقه اول که عمدتاً مناطق کوهستانی با شیب زیاد است که کشاورزی در این بخش به صورت باغداری سنتی است. درختان در زمین‌های نامناسب با شیب زیاد و فواصل کم کاشته شده اند و وضعیت بهره‌برداری از باغات در این بخش چندان اقتصادی نیست. در این بخش بیشتر از آنکه عامل محدود کننده کشاورزی آب باشد، نبود اراضی کم شیب و مستعد برای کشاورزی است. منطقه دوم شامل دشت‌های حاصلخیزی است که ترکیبی از باغات و زمین‌های زراعی است. این بخش از ابتدای سد قلعه چای تا شرق جاده تبریز- بناب را شامل می‌شود. منطقه سوم نواحی پست مجاور دریاچه ارومیه است که در حدود سه دهه قبل زمینهای زه‌دار و باتلاقی بوده‌اند. کشاورزی در این بخش به دلیل وجود دشت‌های هموار و وسیع با سرعت زیادی توسعه یافت. در سال‌های اخیر با افزایش بی رویه مصرف آب و تخلیه آبخوان در برخی روستاهای این بخش، کمبود آب مناسب برای کشاورزی به وجود آمده است. این منطقه از غرب جاده تبریز- بناب تا سواحل دریاچه ارومیه ادامه دارد.

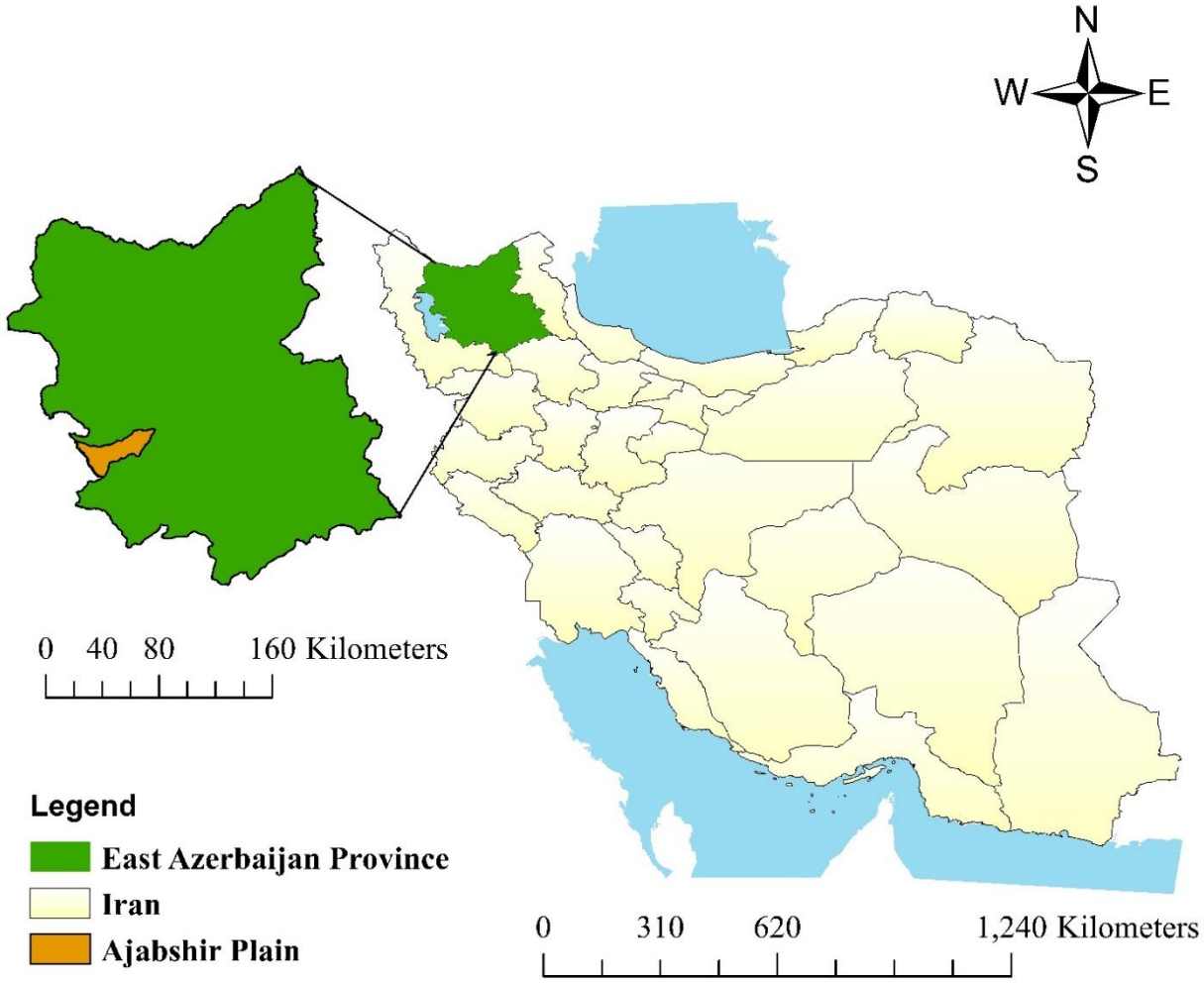

Fig. 1- Location of AjabShir plain

شکل ۱- موقعیت جغرافیایی دشت عجب‌شیر

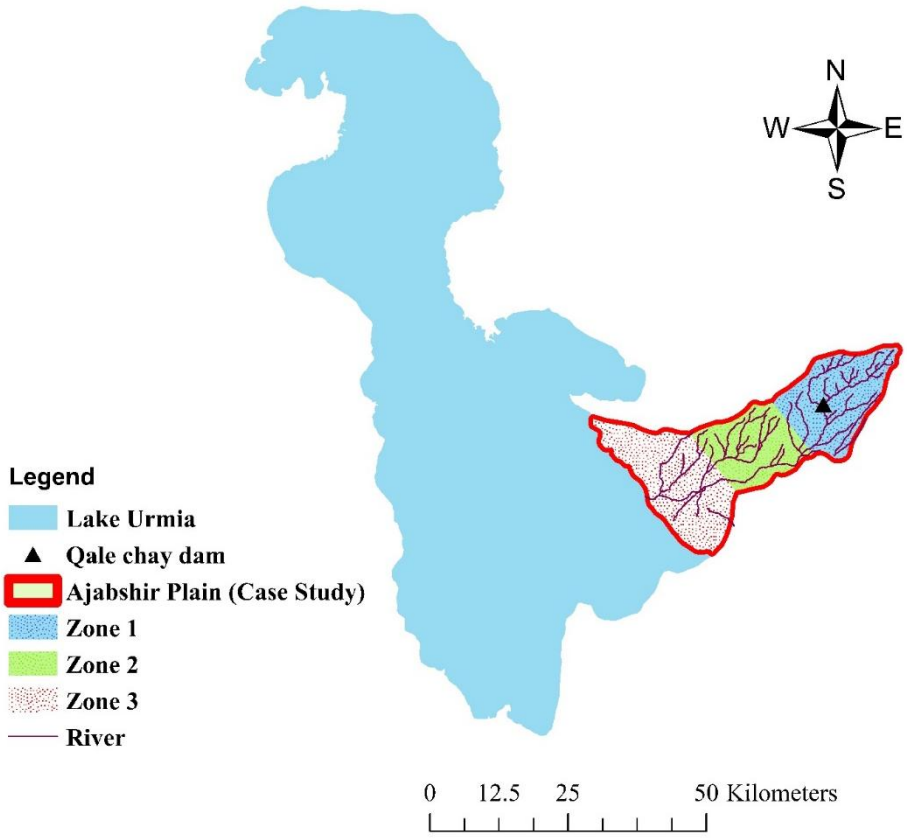

Fig. 2- Agricultural pattern of AjabShir plain (zone 1- zone 2- zone 3)
شکل ۲- الگوی کشاورزی در دشت عجب‌شیر (منطقه ۱- منطقه ۲- منطقه ۳)

محصولات عمده تولیدی بخش کشاورزی شهرستان عجب‌شیر شامل دو قسمت محصولات باغی و زراعی هستند. از جمله محصولات تولیدی در این محدوده مطالعاتی عبارت‌اند از؛ سیب، انگور، گردو، بادام، سیب، هلو، گندم، جو، یونجه، سیب‌زمینی، پیاز و برخی از حبوبات که بر حسب سطح زیر کشت و سطح پراکندگی در دشت عجب‌شیر در شکل ۳ نمایش داده شده است. در محدوده مطالعاتی منابع آب مورد استفاده برای کشاورزی شامل شبکه آبیاری قلعه چای، آب زیرزمینی چاه‌های سطحی، عمیق و نیمه عمیق، قنات و چشمه است. منبع آب کشاورزی در منطقه اول عمدتاً از رودخانه و چشمه، در منطقه دوم ترکیبی از شبکه آبیاری قلعه چای و چاه و در منطقه سوم عمدتاً از شبکه آبیاری قلعه‌چای تأمین می‌شود.

۲-۲- شاخص‌های مهم بهره‌وری

شاخص بهره‌وری فیزیکی یا عملکرد به ازای واحد حجم آب[۳] CPD یکی از شاخص‌های مطرح در خصوص سنجش میزان بهره‌وری آب کشاورزی است. این شاخص در واقع نسبت مقدار محصول تولید شده به حجم آب مصرف شده است، بنابراین هرچه این نسبت بیشتر باشد نشان دهنده مصرف صحیح‌تر آب است. در رابطه مذکور قیمت آب از طریق مصرف آب برمخرج کسر تاثیرگذار خواهد بود. همچنین، با توجه به آنکه آب به عنوان یکی از نهاده‌های تولید کشاورزی قلمداد می‌شود، تغییر قیمت آب از طریق مصرف آن بر میزان محصول تولیدی تاثیرگذار خواهد بود. در مورد این شاخص باید توجه داشت که اگر تعداد محصولات زیاد باشد، با توجه به الگوی کشت و تنوع محصولات نتایج حاصل از این شاخص دقت کمی خواهد داشت. برای مثال ممکن است CPD سیب‌زمینی بیشتر از پسته باشد، اما در واقع مقدار سود حاصل از پسته بسیار بیشتر از سیب‌زمینی است. بنابراین هنگام استفاده، مقایسه و تحلیل این شاخص باید به منابع خطای این شاخص توجه کافی داشت.

سود ناخالص به ازای واحد حجم آب[۴] BPD یکی دیگر از شاخص‌های سنجش میزان بهره‌وری است که در این شاخص میزان سود ناخالص نسبت به مقدار آب مصرف شده درنظر گرفته می‌شود.

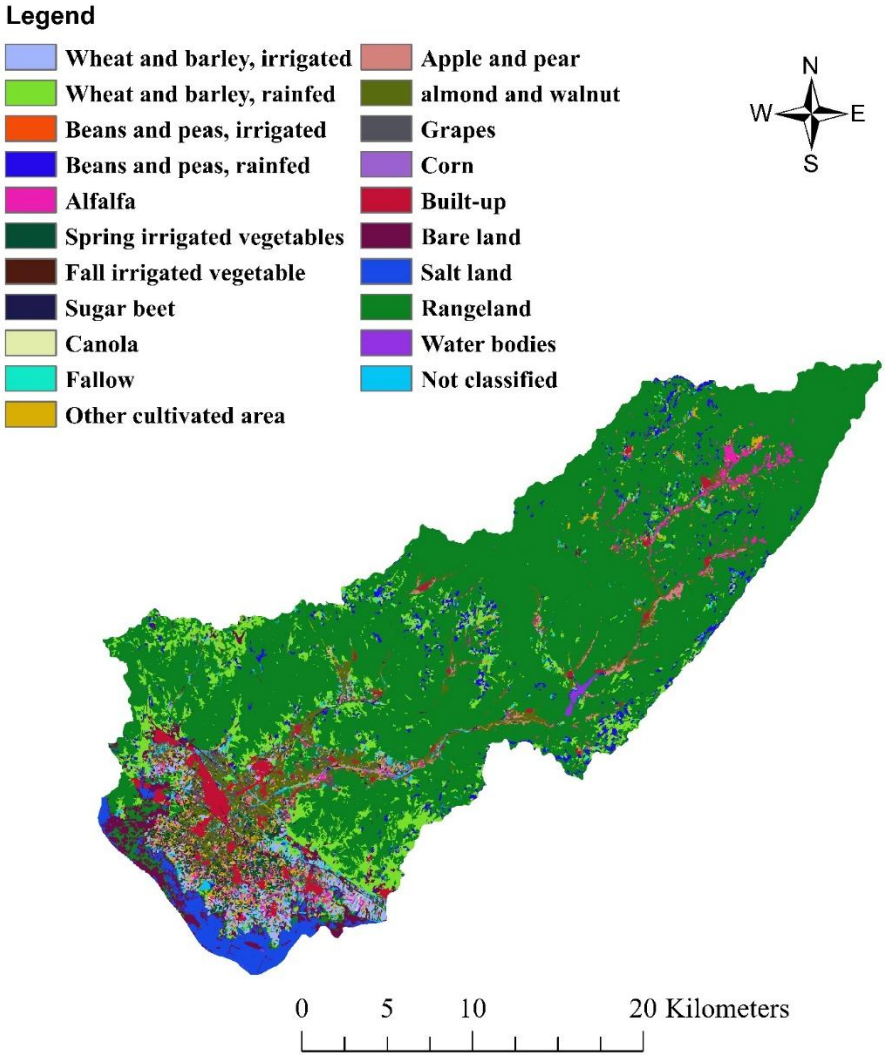

Fig. 3- Distribution of caltivated crops in Ajabshir plain

شکل ۳- پراکندگی محصولات زیرکشت در دشت عجب‌شیر

این شاخص براساس ریال بر متر مکعب یا به صورت کلی تر «واحد پول / واحد حجم آب» بیان می‌شود. در این رابطه نیز قیمت آب علاوه بر اینکه بر مخرج کسر تأثیرگذار است، از طریق تأثیر بر میزان محصول تولیدی بر صورت کسر نیز تأثیرگذار خواهد بود. همچنین، سود خالص به ازای واحد حجم آب NBPD یکی از بهترین شاخص‌ها برای سنجش بهره‌وری آب کشاورزی است که در این روش برخلاف روش قبل، سود خالص جایگزین سود ناخالص در صورت کسر می‌شود. بنابراین، اگر منظور افزایش بهره‌وری مصرف آب از منظر اقتصادی باشد، می‌توان گفت که این شاخص برای سنجش بهره‌وری آب کشاورزی، روشی مناسب‌تر است. از آنجایی که شاخص NBPD نسبت به دو شاخص دیگر کامل‌تر است، در تحلیل نتایج بر آن تمرکز بیشتری خواهد شد. در این شاخص، قیمت آب بر میزان هزینه تولید محصول و از این طریق نیز بر بهره‌وری آب تاثیرگذار خواهد بود (Nazari and Liaghat, 2019).

شاخص‌ها با استفاده از نتایج حاصل از برنامه‌ریزی ریاضی محاسبه شده‌اند که در تابع هدف آن هزینه‌ها وارد شده‌اند. با تغییرات قیمت آب در مدل، الگوی کشت (عملکرد محصولات و ترکیب محصولات) و مقدار استفاده از آب در محصولات تغییر می‌کند که نهایتاً باعث تغییر بهره‌وری آب می‌شود. (W، Y و GM به ترتیب نمایانگر مصرف آب، میزان تولید محصول، بازده برنامه‌ای محصول است). نحوه تأثیرگذاری سیاست قیمت آب بر بهره‌وری آن در نمودار شکل ۴ نشان داده شده است.

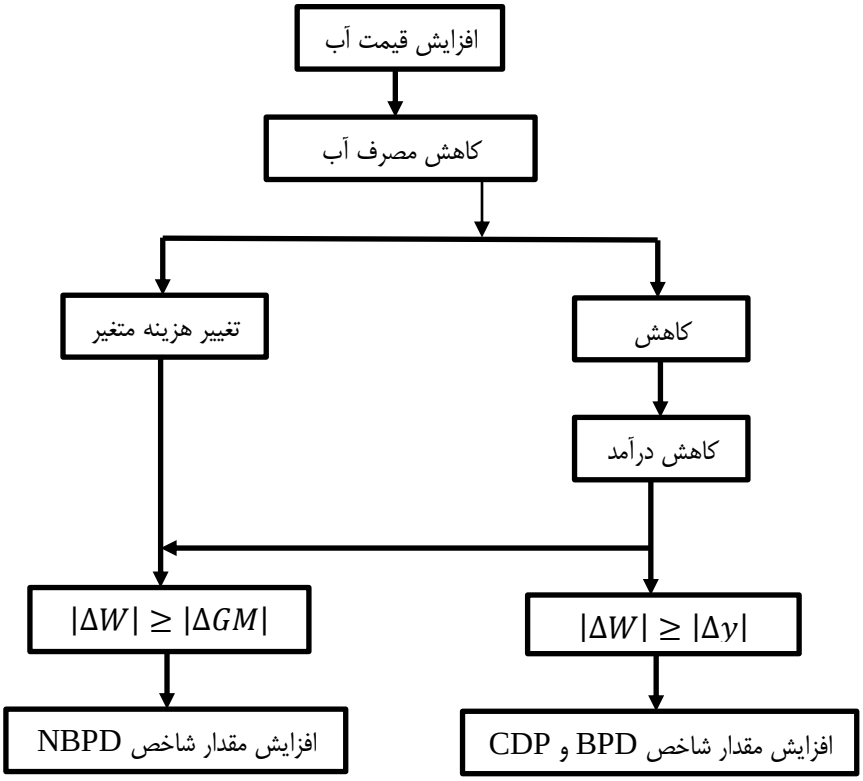

Fig. 4- The effect of water price policy on productivity indicators
شکل ۴- تأثیر سیاست قیمت آب بر شاخص‌های بهره‌وری

۲-۳- رویکرد استاندارد PMP[2]

امروزه پیش‌بینی و شبیه‌سازی رفتار احتمالی کشاورزان در برابر اجرای سیاست‌های مختلف می‌تواند کمک مؤثری در جهت اتخاذ تصمیمات متناسب با شرایط مناطق مورد مطالعه انجام دهد. روش برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP) یک روش مرسوم برای بهینه‌سازی تصمیمات کشاورزان است به طوری که الگویی را که محدودیت‌ها، فرصت‌ها و اهداف شرایط موجود را منعکس می‌کند، ایجاد نموده و سپس تحت فروض ناشی از اجرای سیاست موردنظر حل می‌کند. PMP روشی برای کالیبره کردن مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی به رفتار مشاهده شده در طول یک دوره مرجع با استفاده از اطلاعات ارائه شده توسط متغیرهای دوگانه محدودیت‌های کالیبراسیون است (Henry De Frahan et al., 2007).

مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP) که توسط هاویت (Howitt, 1995a) رسمیت یافته است یک روش را در سه مرحله دنبال می‌کند. در مرحله نخست، یک مدل برنامه‌ریزی خطی معمول LP با تابع حداکثرسازی سود کشاورزان منطقه و محدودیت‌های کالیبراسیون به همراه محدودیت‌های منابع با هدف برآورد قیمت‌های سایه‌ای سطح زیرکشت محصولات، تشکیل می‌شود. با فرض حداکثرسازی بازده برنامه‌ای، در مرحله نخست، الگوی اولیه به صورت رابطه (۱) تصریح می‌شود (Paris and Howitt, 1998).

$$\begin{aligned} &\text{Max } Z = p'x - c'x \\ &\text{St:} \\ &\quad Icx \leq m \quad [\lambda] \\ &\quad x \leq \bar{x} + \varepsilon \quad [\rho] \\ &\quad x \geq 0 \end{aligned} \qquad (۱)$$

که Z ارزش تابع هدف، p ماتریس $(n \times 1)$ متشکل از قیمت‌های محصول، x ماتریس (n×1) سطوح فعالیت‌های تولیدی، c ماتریس (n×1) هزینه حسابداری هر واحد از فعالیت‌ها، lc ماتریس (m×n) ضرایب در محدودیت‌های منابع، m ماتریس (m×۱) از مقادیر منابع در دسترس، $\bar{x}$ ماتریس (n×1) از سطوح مشاهده شده فعالیت‌های تولیدی، ε شامل اعداد مثبت کوچک برای جلوگیری از وابستگی خطی بین محدودیت‌های ساختاری و کالیبراسیون، λ ماتریس (m×۱) از متغیرهای دوگان مربوط به محدودیت‌های منابع، ρ ماتریس (n×1) از متغیرهای دوگان مربوط به محدودیت‌های کالیبراسیون است. با فرض اینکه تمام سطوح فعالیت کاملاً مثبت هستند و همه محدودیت‌های منابع قابل تخصیص در راه حل بهینه الزام‌آور هستند، شرایط مرتبه اول مدل (۱) مقادیر دوگانه را ارائه می‌دهد (Wolff and Heckelei et al., 2003). در گام دوم، مقادیر دوگانه بدست آمده از مرحله اول برای تخمین پارامترهای تابع هدف غیر خطی مورد استفاده قرار

می‌گیرند، به گونه‌ای که سطوح فعالیت مشاهده شده در دوره پایه توسط الگوی غیرخطی مذکور و بدون استفاده از محدودیت‌های کالیبراسیون باز تولید شود. تابع هدف غیرخطی در مرحله دوم از طریق قراردادن یک تابع تولید غیرخطی و یا یک تابع هزینه غیرخطی در تابع هدف مدل مرحله اول مطابق رابطه (۲) بدست می‌آید.

$$C'(x) = d'x + x'Q_x/2 \qquad (۲)$$

در رابطه (۲)، d بردار (n×۱) از پارامترهای جزء خطی تابع هزینه، Q ماتریس مثبت، نیمه معین و متقارن با اعداد (n×n) از پارامترهای جزء درجه دوم تابع هزینه است. همچنین، بردار هزینه نهایی متغیر (MC) مربوط به تابع هزینه فوق برابر با مجموع بردار هزینه حسابداری c و بردار متغیر دوگان مربوط به محدودیت‌های کالیبراسیون است که از رابطه (۳) قابل محاسبه است، که $\nabla C^V(x)$ بردار گرادیان (1×n) از مشتقات مرتبه اول $C^V(x)$ برای $x = x_0$ است. (Howitt, 1995b).

$$MC^V = \nabla C^V(x)'_{x_0} = d + Q_{x_0} = C + \rho \qquad (۳)$$

در گام سوم، تابع هزینه غیرخطی برآورد شده در مرحله قبل در تابع هدف مسأله مورد استفاده قرار می‌گیرد و تابع هدف غیرخطی مذکور در یک مسأله برنامه‌ریزی غیرخطی شبیه به مسأله اولیه به استثناء محدودیت‌های کالیبراسیون ولی همراه با سایر محدودیت‌های سیستمی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در رابطه (۴) بردار $\hat{d}'$ و ماتریس $\hat{Q}$ پارامترهای کالیبره شده تابع هدف غیرخطی را نشان می‌دهند (Heckelei et al., 2003). اکنون الگوی غیرخطی کالیبره شده فوق به طور صحیح سطوح فعالیت‌های مشاهده شده در سال پایه و مقادیر دوگان محدودیت‌های منابع را باز تولید می‌کند و جهت شبیه‌سازی تغییرات در پارامترهای مطلوب آماده است.

$$\begin{aligned} &\text{Max} \quad Z = p'x - \hat{d}'x + x'\hat{Q}_x/2 \\ &\text{St:} \\ &\quad Icx \le m \quad [\lambda] \\ &\quad x \ge 0 \end{aligned} \qquad (۴)$$

۲-۴- مدل تجربی

هدف اصلی این تحقیق بررسی تأثیر قیمت‌گذاری بر بهره‌وری مصرف آب در بخش کشاورزی است. به این منظور از مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت استفاده شده است که رفتار احتمالی کشاورزان منطقه مطابق سناریوهای مد نظر مدل‌سازی شده است. تابع هدف شامل حداکثر سازی بازده ناخالص سالانه حاصل از فعالیتهای کشاورزی غالب در منطقه مورد مطالعه است. Howitt (1995) تابع هدف به کار رفته در مطالعه در مرحله اول به صورت رابطه (۱) ارائه شده است و از نتایج کالیبره در مراحل بعد استفاده می‌شود. سپس با استفاده از مدل و توابع عملکرد به دست آمده، تأثیر سناریوهای قیمت آب بر مصرف آن در بخش کشاورزی منطقه محاسبه شده و در نهایت با استفاده از خروجی مدل برنامه‌ریزی و شاخص بهره‌وری آب به بررسی سیاست قیمت آب بر بهره‌وری آب کشاورزی در منطقه مورد مطالعه پرداخته می‌شود. مدل تجربی PMP در روابط (۹) – (۱۰) نشان داده شده است که در روابط (۹)، (۹a) و (۹b)، Z درآمد خالص مزرعه؛ X متغیر تصمیم؛ b_i، موجودی نهاده؛ a_{ij}، ماتریس ضرائب فنی؛ R_j، درآمد محصول (از حاصل‌ضرب قیمت هر محصول در عملکرد آن در واحد سطح به دست آمده است)؛ AC_j، هزینه‌های نهاده (از حاصل ضرب قیمت هر نهاده در مقدار آن به دست می‌آید؛ تابع هزینه به کار رفته شامل هزینه نهاده‌های تولید نظیر نیروی کار، کود شیمیایی، ماشین آلات، سرمایه است) هستند. در ادامه ارزش‌های سایه‌ای حاصل از رابطه (۹) در محاسبه تابع به صورت روابط (۱۰)، (۱۰a) و (۱۰b) نشان داده می‌شود (Henry De Frahan et al. 2007).

$$\begin{aligned} \text{Max } Z &= \sum_{j=1}^{n}(R_j - C_j).X_j \\ &= \sum_{j=1}^{n}(MR_j - AC_j) \end{aligned} \qquad (۹)$$

$$\text{St:} \qquad (۹\text{–a})$$

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij}X_j \le b_i \quad [\lambda_i]$$

$$X_j \le X_0 + \varepsilon \quad [\rho_i] \qquad (۹\text{–b})$$

$$\begin{aligned} \text{Max } Z = &\sum_{j=1}^{n}(R_j - C_j).X_j \\ &- \sum_{j=1}^{n} ac_j x_j \\ &- \frac{1}{2}\sum_{j=1}^{n} bc_j x_j^2 - c_w \end{aligned} \qquad (۱۰)$$

$$\text{St:} \qquad (۱۰\text{–a})$$

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij}X_j \le b_i \quad [\lambda_i]$$

$$X_j \ge 0 \quad [\gamma_i] \qquad (۱۰\text{–b})$$

به طور کلی مراحل مختلف متدولوژی تحقیق بر اساس روش‌های برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP) به صورت نمودار شکل ۵ است.

۲-۵- داده‌ها

جامعه آماری تحقیق شامل کشاورزان دشت عجب‌شیر است. کل محدوده مورد بررسی دربرگیرنده ۲۹ روستا با اراضی زراعی و باغی حدود ۶۳۷۶/۵ هکتار است (مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان عجب‌شیر، ۱۳۹۴). ناحیه مورد مطالعه، جایگاه بسیار مهمی در تولیدات کشاورزی استان و در مورد برخی محصولات نقش عمده‌ای در سطح کشور داراست.

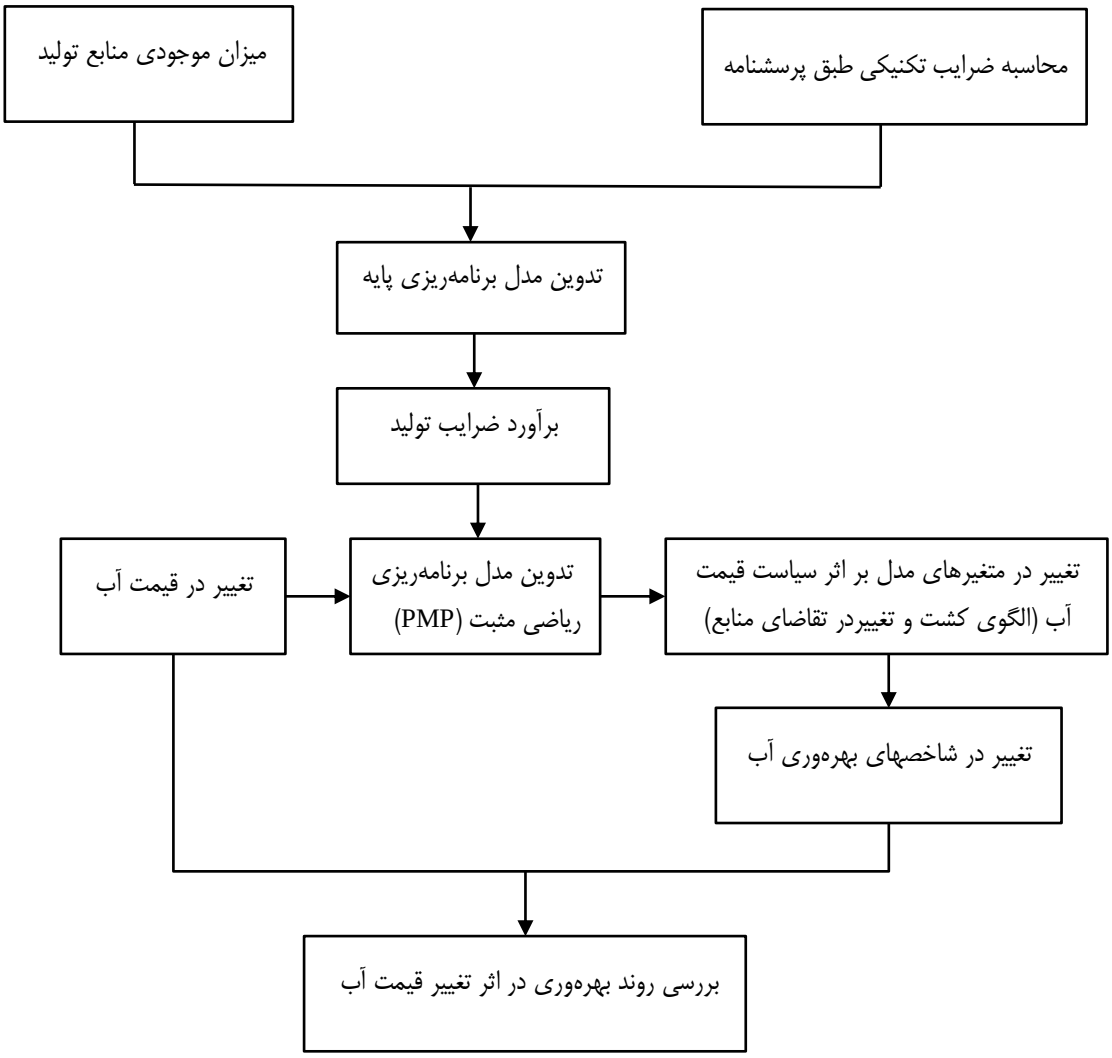

Fig. 5- Research methodology
شکل ۵- متدولوژی تحقیق

در این تحقیق داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز از طریق تنظیم پرسشنامه و تکمیل آن توسط مصاحبه با کشاورزان منطقه در سال زراعی (۱۴۰۰-۱۳۹۹) و همچنین مراجعه به سازمان‌ها و نهادهای مربوطه جمع‌آوری شد. با توجه به اینکه هدف این مطالعه بررسی سیاست قیمت آب بر بهره‌وری آن در دشت عجب‌شیر است، لازم بود که داده‌های مستخرج از پرسشنامه‌های مربوط به عمده محصولات زراعی و باغی موجود منطقه اعم از گندم، جو، سیب‌زمینی، پیاز، انگور، سیب، بادام و گردو وارد مدل برنامه‌ریزی شد. این امر به آن منظور است که دامنه انتخاب محصول جهت نیل به اهداف موردنظر تحقیق بالاتر رود. بر اساس موارد ذکر شده، از کل منطقه مورد مطالعه تعداد ۲۶۱ پرسشنامه از کشاورزان هدف جمع‌آوری و اطلاعاتی شامل مقادیر مربوط به بذر، نحوه کاشت و هزینه‌های مربوط به آن؛ آبیاری، منبع آب زراعت و میزان استفاده از منابع آب به تفکیک، تعداد دفعات آبیاری و هزینه‌های زیربنایی مربوط به آب زراعی به تفکیک منابع آبی مورد استفاده؛ مساحت قابل بهره‌برداری، سطح کل مزرعه و سطح زیر کشت؛ انواع کود، تعداد دفعات کود پاشی و هزینه‌های مربوط به آن؛ انواع سموم جهت دفع آفات و هزینه‌های مربوط به آن؛ ماشین آلات و نیروی انسانی، ساعات کار و هزینه‌های مربوط به شخم‌زنی و نگهداری ماشین‌آلات؛ هزینه‌های کاشت و برداشت؛ درآمد زارع به تفکیک محصولات و سایر سوالات متفرقه استخراج شد. محاسبه این مدل برنامه‌ریزی با استفاده از نرم‌افزار GAMS که یک سیستم مدل‌سازی و بهینه‌سازی یکپارچه برای حل مدل‌های پیچیده ریاضی با مقیاس بالا است، است. سیستم مدل‌سازی جبر عمومی می‌تواند مدل‌های خطی، غیر خطی، مختلط و غیره را با روش‌ها و الگوریتم‌های متنوع حل کند.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- تأثیر سیاست قیمت آب بر بهره‌وری محصول

به منظور تشریح مناسب‌تر نتایج به‌دست آمده در ارتباط با محصولات عمده زراعی و باغی دشت عجب‌شیر برای سال زراعی (۱۴۰۰-۱۳۹۹) اطلاعات آماری مربوط به داده‌های جمع‌آوری شده میانگین عملکرد، مصرف نهاده‌های آب، نیروی کار، کود شیمیایی، کود حیوانی، سم و ماشین‌آلات برای محصولات منتخب به تفکیک در جدول ۱ نشان داده شده است که با توجه به آن، در بین محصولات زراعی بیشترین مقدار مصرف آب مربوط به پیاز و در بین محصولات باغی مربوط به بادام است. بالاترین نرخ بکارگیری نیروی کار مربوط به محصولات باغی است. همچنین، سیب‌زمینی و پیاز نیز بیشترین میزان مصرف کودهای شیمیایی و حیوانی ا دارا می‌باشند.

در این مطالعه تأثیر سیاست قیمت‌گذاری آب بر بهره‌وری آن در زمینه کشاورزی مبتنی بر شاخص‌های بیان شده محاسبه شده است و نرم‌افزار GAMS برای پیش‌بینی رفتار کشاورزان در اثر افزایش قیمت نهاده آب مورد استفاده قرار گرفته است. در این مطالعه چهارسناریو مورد بررسی قرار گرفت که شامل افزایش ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد قیمت آب برای محصولات زراعی، شامل گندم، جو، سیب‌زمینی، پیاز و محصولات باغی شامل انگور، سیب، بادام و گردو و نحوه برخورد کشاورزان در برابر تغییر قیمت آب در منطقه مورد مطالعه است.

مطابق جدول ۲ با افزایش قیمت آب، سطح زیرکشت محصول گندم علی‌رغم افزایش سود خالص به ازای واحد حجم آب به شدت کاهش می‌یابد به طوری که با ادامه روند افزایش قیمت آب می‌توان ادعا کرد که تقریباً از الگوی کشت منطقه حذف می‌شود. در واقع بهره‌برداران با افزایش قیمت آب اقدام به کاهش سطح زیرکشت کم سودترین محصول در الگوی کشت می‌کنند. بر اساس نتایج جدول ۳ با افزایش قیمت آب، سطح زیر کشت برای محصول جو در تمام سناریوها کاهش، بهره‌وری فیزیکی تقریباً ثابت، سود ناخالص به ازای واحد حجم آب افزایش و سود خالص به ازای واحد حجم آب بسته به سطح زیر کشت افزایش یا کاهش می‌یابد.

Table 1- Statistical information on the crops of Ajabshir plain
جدول ۱- اطلاعات آماری مربوط به محصولات کشاورزی دشت عجب‌شیر

Crop name	Cultivation area (ha)	Average actual yield (kg/ha)	Water consumption (m^3/ha)	Labor force (per day)	Manure (kg)	Chemical fertilizer (kg)	Pesticide (L)	Agricultural machinery (hr)
Wheat	2300	3391	4769	12	4000	375	2	23
Barley	410	3180	4523	6	3000	204	2	14
Potato	1784	32174	11500	10	20000	803	3	16
Onion	502	37586	17300	13	20000	289	2	15
Grape	1084	14629	5814	21	15000	177	4	11
Apple	218	20000	8712	18	20000	127	2	11
Almond	695	13350	8952	16	10000	179	3	11
Walnut	855	1800	8639	14	15000	338	3	15

Table 2- Impact of changing water price on water productivity for wheat
جدول ۲- تغییر در بهره‌وری آب در نتیجه تغییر قیمت آب برای محصول گندم

Water price increase (percent)	Cultivation pattern change (percent)	CPD	BPD	NBPD
10	-50.62	0.78	52251	28127
20	-71.84	1.38	91554	67710
30	-72.31	1.40	93128	69529
40	-76.02	1.62	107532	83199

Table 3- Impact of changing water price on water productivity for barley
جدول ۳- تغییر در بهره‌وری آب در نتیجه تغییر قیمت آب برای محصول جو

Water price increase (percent)	Cultivation pattern change (percent)	CPD	BPD	NBPD
10	-0.42	1.42	106361	70652
20	-2.35	1.45	107891	72402
30	-1.84	1.44	108463	71477
40	-0.95	1.43	109627	70160

در جداول ۴ و ۵، با افزایش قیمت آب، سطح زیر کشت برای هر دو محصول ابتدا مقداری افزایش و سپس همانند سایر محصولات به صورت نوسانی کاهش می‌یابد، همچنین، بهره‌وری فیزیکی به صورت محسوس افزایش، سود ناخالص به ازای واحد حجم آب افزایش و سود خالص به ازای واحد حجم آب بسته به سطح زیر کشت افزایش یا کاهش می‌یابند.

طبق نتایج به‌دست آمده از جدول ۶، با افزایش قیمت آب، برای محصول انگور در سناریوهای ۱۰، ۲۰، ۳۰ درصد افزایش قیمت آب سطح زیرکشت روند ملایم کاهشی و در سناریو ۴۰ درصد افزایش قیمت آب شیب تند کاهشی را داشته است. در ادامه با افزایش قیمت آب در تمامی سناریوها هر سه شاخص روند افزایشی در پیش گرفته‌اند. بر اساس نتایج جدول ۷، با افزایش قیمت آب، سطح زیر کشت برای محصول سیب در تمام سناریوها کاهش چشم‌گیری نسبت به سایر محصولات دارد. همچنین، هر سه شاخص بهره‌وری با افزایش قیمت نهاده آب روند افزایشی دارند.

نتایج بدست آمده در جدولهای ۸ و ۹ به‌ترتیب برای محصولات بادام و گردو، تقریبا یکسان است و با افزایش قیمت نهاده آب، سطح زیر کشت به میزان نامحسوس کاهش و سه شاخص بهره‌وری روند افزایشی مشابهی را دنبال می‌کنند. اعداد و ارقام حاصل شده برای این دو محصول نشانگر سود بیشتر این محصولات نسبت به سایر محصولات برای کشاورزان منطقه است.

در جدول ۱۰ میانگین شاخص‌های بهره‌وری بر پایه شاخص‌های CPD، BPD و NBPD آورده شده است. شاخص CPD نشان‌دهنده مقدار تولید یا عملکرد محصول در قبال میزان آب مصرفی است که پایین بودن مقدار شاخص، بیانگر ناچیز بودن محصول تولید شده در ازاء آب مصرفی است.

Table 4- Impact of changing water price on water productivity for potato
جدول ۴- تغییر در بهره‌وری آب در نتیجه تغییر قیمت آب برای محصول سیب‌زمینی

Water price increase (percent)	Cultivation pattern change (percent)	CPD	BPD	NBPD
10	0.20	4.97	123257	82668
20	0.23	4.96	123296	82379
30	-2.07	5.07	126142	84765
40	-2.44	5.09	126623	85495

Table 5- Impact of changing water price on water productivity for onion
جدول ۵- تغییر در بهره‌وری آب در نتیجه تغییر قیمت آب برای محصول پیاز

Water price increase (percent)	Cultivation pattern change (percent)	CPD	BPD	NBPD
10	0.04	3.48	98289	78004
20	-1.43	3.54	99766	79211
30	-2.52	3.57	100875	80455
40	-2.89	3.59	101269	81119

Table 6- Impact of changing water price on water productivity for grape
جدول ۶- تغییر در بهره‌وری آب در نتیجه تغییر قیمت آب برای محصول انگور

Water price increase (percent)	Cultivation pattern change (percent)	CPD	BPD	NBPD
10	-0.65	2.29	92668	70357
20	-1.96	2.32	93912	71225
30	-3.68	2.36	95588	72150
40	-12.28	2.59	104955	81893

Table 7- Impact of changing water price on water productivity for apple
جدول ۷- تغییر در بهره‌وری آب در نتیجه تغییر قیمت آب برای محصول سیب

Water price increase (percent)	Cultivation pattern change (percent)	CPD	BPD	NBPD
10	-24.42	1.74	59213	30063
20	-26.30	1.78	60721	31945
30	-27.24	1.81	61508	33106
40	-29.11	1.85	63127	33230

Table 8- Impact of changing water price on water productivity for almond
جدول ۸- تغییر در بهره‌وری آب در نتیجه تغییر قیمت آب برای محصول بادام

Water price increase (percent)	Cultivation pattern change (percent)	CPD	BPD	NBPD
10	1.58-	0.33	244564	179361
20	1.30-	0.32	245232	180776
30	1.18-	0.34	245533	179876
40	1.04-	0.36	245863	180973

Table 9- Impact of changing water price on water productivity for walnut
جدول ۹- تغییر در بهره‌وری آب در نتیجه تغییر قیمت آب برای محصول گردو

Water price increase (percent)	Cultivation pattern change (percent)	CPD	BPD	NBPD
10	-1.01	0.28	216342	188481
20	-1.05	0.29	224588	188126
30	-1.08	0.30	228964	187745
40	-1.07	0.31	233435	187288

بر اساس این شاخص محصولات سیب‌زمینی، پیاز و انگور در اولویت‌های اول تا سوم برای کشت در منطقه قرار می‌گیرند. شاخص BPD بالاترین ارزش ناخالص تولیدی را به ازاء واحد آب مصرفی نشان می‌دهد و بر این اساس محصولات بادام، گردو و سیب‌زمینی در اولویت‌های اول تا سوم کشت در منطقه قرار می‌گیرند. نتایج حاصل از محاسبه شاخص NBPD که مهم‌ترین شاخص برای بررسی بهره‌وری آب کشاورزی از منظر اقتصادی است نشان می‌دهد که کشت محصولاتی مانند گردو و بادام علی‌رغم مصرف آب زیاد، به علت قیمت بالای فروش و بازده اقتصادی بهتر، درآمد بالایی را برای کشاورزان ایجاد می‌کند. بنابراین سیاست‌گذاران در برنامه‌ریزی‌ها برای بالا بردن کارایی سیاست‌ها باید به این نکته توجه نمایند. طبق نتایج حاصل از محاسبه این شاخص، محصولات گردو، بادام و سیب‌زمینی در اولویت‌های اول تا سوم کشت در این منطقه قرار می‌گیرند. همچنین، اشاره به این نکته حائز اهمیت است که با افزایش قیمت نهاده آب و

در ادامه بالا رفتن بهره‌وری آب؛ لزوماً مصرف آب کاهش نمی‌یابد و این امر همیشه همراه با کم آبیاری نیست. بلکه مصرف آب به محصولاتی اختصاص پیدا می‌کند که در واحد سطح، درآمد یا سود بیشتری عاید کشاورز کند و الگوی کشت به سمت محصولاتی هدایت شود که درآمد بالاتری داشته باشد و این مسئله در سیاست‌گذاری‌ها باید مدنظر سیاست‌گذاران قرار گیرد.

۴- خلاصه و جمع‌بندی

این مطالعه با هدف بررسی اثر اصلاح نظام قیمت‌گذاری بر بهره‌وری آب در بخش کشاورزی در دشت عجب‌شیر انجام شده است. طبق مطالعه انجام یافته، یکی از دلایل پایین بودن بهره‌وری آب در تولیدات کشاورزی منطقه مورد مطالعه، پایین بودن قیمت این نهاده محدود است. بر اساس مطالعات Varziri et al. (2016)، Najafi et al. (2014)، Gharaghani et al. (2009) و Asadi and Torkammani (2007) افزایش هزینه کاربرد و استفاده از این نهاده از راه ابزارهای سیاستی نظیر وضع قیمت آب می‌تواند نقشی موثر در کنترل بهره‌برداری از منبع آب را داشته باشد. با توجه به این مهم، پیشنهاد می‌شود که قیمت‌گذاری و دریافت آب بها با درنظر گرفتن ارزش اقتصادی آن و پوشش هزینه کامل در منطقه صورت گیرد. البته توجه به این نکته ضروری است که افزایش تدریجی قیمت آب به منظور ایجاد تعادل بین منافع و هزینه‌های ناشی از اعمال سیاست اثرات اجتماعی و اقتصادی مطلوب‌تری به همراه دارد. همچنین، با اعمال سیاست‌های قیمت‌گذاری، اصلاح الگوی کشت نیز به سمت محصولات با بازده اقتصادی بالا برای این منطقه خواهد بود. لذا در حالت کلی افزایش قیمت نهاده آب در قالب سناریوهای پیش‌بینی شده یک راهکار مناسب برای افزایش بهره‌وری آب از منظر توسعه پایدار است که می‌تواند به عنوان یک راهکار مدیریتی با درنظر گرفتن اهداف سیاسی و اقتصادی کشور، امنیت شغلی، خودکفایی و مواردی از این دست در جهت کاهش مصرف آب و اصلاح الگوی کشت، مد نظر مسئولان و برنامه‌ریزان در این زمینه قرار گیرد. بر اساس شاخص NBDP، محصول بادام، گردو و سیب‌زمینی دارای بیشترین بهره‌وری آب در منطقه هستند، لذا پیشنهاد می‌شود که با اعمال سیاست‌های تشویقی به ویژه با ایجاد شرایط مناسب جهت عرضه این محصولات در بازارهای منطقه‌ای و خارجی، سطح زیرکشت این محصولات در منطقه افزایش یابد. همچنین، سناریو منتخب یا تعادلی، سناریویی خواهد بود که در چارچوب محدودیت‌های سیاسی و با درنظر گرفتن ارکان توسعه پایدار در جهت رشد اقتصاد کشاورزی؛ موجب افزایش بهره‌وری آب و در عین حال سودآوری برای ذی‌نفعان شود. بدین ترتیب با توجه به نتایج جداول برای تمام محصولات جهت جلوگیری از ایجاد تنش‌های احتمالی در اثر افزایش ناگهانی قیمت آب، سیاست‌گذاران با استفاده از نتایج، بسته به اهدافی که درنظر دارند می‌توانند استراتژی مورد نظر را برای رسیدن به هدف منتخب خودشان انتخاب نمایند.

Table 10- Average agricultural water productivity indicators for key crops in Ajabshir
جدول ۱۰- محاسبه متوسط شاخص‌های بهره‌وری آب کشاورزی برای محصولات مهم زراعی شهرستان عجب‌شیر

Parameter	Crop							
	Wheat	Barley	Potato	Onion	Grape	Apple	Almond	Walnut
CPD	1.30	1.43	5.02	3.55	2.39	1.79	0.34	0.29
BPD	86107	107411	124830	10050	96781	61142	245298	225832
NBPD	62141	73395	83827	79697	73906	32086	180247	187910

۵- تقدیر و تشکر

همچنین بدینوسیله از دفتر تحقیقات شرکت آب منطقه‌ای استان آذربایجان شرقی به جهت حمایت از این پژوهش و نیز همراهی در تهیه داده‌های مورد نیاز، اداره آب و شبکه آبیاری شهرستان عجب‌شیر به جهت راهنمایی و همراهی مؤثر در منطقه، شرکت آب و فاضلاب آذربایجان‌شرقی، تیم تحقیقات میدانی و پرسشنامه (سرکار خانم خدابخش و تیم همراهشان) و تمام افرادی که در انجام این پروژه همراه و یاری‌گر بودن تشکر و قدردانی می‌شود.

پی‌نوشت‌ها

1- Net Benefit Per Drop
2- Positive Mathematical Programming
3- Crop Per Drop
4- Benefit Per Drop

۵- مراجع

Asadi H and Torkammani J (2007) Irrigation water pricing in Iran A case study on land downstream of Taleghan dam. Agricultural Economics and Development. Agricultural Planning, Economics and Rural Development Research Institute (APERDRI) 15(2):61–91

Bahrami Nasab M, Dourandish A, Shahnoushi N and Kohansal MR (2015) Determine the optimal cropping pattern of Esfarayen county (Application of interval-valued fuzzy programming based on infinite alpha-cuts). Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research 46(1):61-73 (In Persian)

Dinar A and Mody J (2004) Irrigation water management policies: Allocation and pricing principles and implementation experience. Natural Resources Forum. John Wiley & Sons, Ltd 28(2):112–122

Ghaderzadeh H, Shayanmehr S, and Hezareh R (2017) Investigate the effects of pricing policy of water irrigation on cropping pattern and water consumption productivity (Case study: Ghorveh-Dehgolan plain at Kurdistan province). Iranian Journal of Irrigation & Drainage 11(4):609-617

Gharaghani F, Boostani F, & Soltani G (2009). Assessing the Impact of Reducing Irrigation Water and Increasing its Price on Cropping Pattern by Positive Mathematical Programming Model: A Case Study of Eghlid in Fars Province. Agricultural Economics Research 1(1):57–74 (In Persian)

He L, Tyner WE, and Siam G (2004) Improving irrigation water allocation efficiency using alternative policy options in EGYPT. Available at: https://ageconsearch.umn.edu/record/20034

Heckelei T, Wolff H, Heckelei T and Wolff H (2003) Estimation of constrained optimisation models for agricultural supply analysis based on generalised maximum entropy. European Review of Agricultural Economics, Oxford University Press and the European Agricultural and Applied Economics Publications Foundation 30(1):27–50

Henry De Frahan B, Buysse J, Polomé P, Fernagut B, Harmignie O, Lauwers L, Van Huylenbroeck G, and Van Meense J (2007) Positive mathematical programming for agricultural and environmental policy analysis: Review and practice. International Series in Operations Research and Management Science, Springer, Boston, MA 99:129–154

Howitt RE (1995a) Positive mathematical programming. American Journal of Agricultural Economics. John Wiley & Sons, Ltd 77(2):329–342

Howitt RE (1995b) A calibration method for agricultural economic production models. Journal of Agricultural Economics, John Wiley & Sons, Ltd 46(2):147–159

Lalehzari R (2017) The effect of water price under different scenarios of water allocation on the economical productivity of cropping pattern in Baghmalek Plain. Journal of Water and Sustainable Development, Ferdowsi University of Mashhad 3(2):9–18

Latinopoulos D (2008) Estimating the potential impacts of irrigation water pricing using multicriteria decision making modelling: An application to Northern Greece.Water Resources Management 22(12):1761–1782

Najafi A H, Ahmadian M, and Khalilian S (2014) Economic evaluation of agricultural water allocation in Varamin Plain, case study: Latian Dam. Journal of Applied Economics Studies in Iran 3(9):151–167 (In Persian)

Nazari B and Liaghat A (2019) Basics and indicators of water productivity. Water, Environment and Green Economy Commission of Iran, 019574, Available at: https://www.researchgate.net/publication/330984784_mbany_w_shakhs_hay_bhrh_wry_ab (In Persian)

Singh A (2014) Simulation–optimization modeling for conjunctive water use management. Agricultural Water Management 141:23–29

Singh K (2007) Rational pricing of water as an instrument of improving water use efficiency in the agricultural sector: A case study in Gujarat, India. Water Resources Development 23(4):679–690

Tarafdar M, Askari MM, and Grigoorian K (2018) Productivity promotion in agricultural sector of Iran via increasing in irrigation water price (Case study of Kashan Region). Economic Growth and Development Research. Payame Noor University 6(23(2)):88–73

Teklay G and Ayana M (2015) Evaluation of the effects of current irrigation water pricing systems on water productivity in Awash River Basin, Ethiopia. African Journal of Agricultural Research, Academic Journals 10(14):1789–1795

Tsur Y, Dinar A, Doukkali RM, and Roe T (2004) Irrigation water pricing: Policy implications based on international comparison. Environment and Development Economics 9(6):735–755

Varziri A, Vakilpour MH, and Mortazavi SA (2016) The effects of economic pricing of irrigation water on cropping pattern in the Dehgolan Plain. Agricultural Economics Research, Islamic Azad University, Marvdasht Branch 8(31):81–100 (In Persian)

Wolff H and Heckelei T (2003) Estimation of constrained optimisation models for agricultural supply analysis based on generalised maximum entropy in European. European Review of Agricultural Economics 30:27–50