Agricultural water pricing based on productivity (Case study of Tajan basin)

Page Number
205–223

Fatemeh Kashiri Kolaei[1*]

1) Assistant Professor of Agricultural Economics, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University. Sari. Iran.

*Corresponding author**: Fkashiri03@gmail.com**

Received date: 2024.03.27 **Accepted date: 2024.06.17**

Abstract

Considering the problems of water shortage in recent years and the increasing need for water for food production, it seems necessary to manage water consumption in order to reduce consumption and increase water efficiency. One of the effective tools in managing water consumption is its pricing. Therefore, in this research, the calculation of the total price of water through the method of engineering economics and also the economic value of water through the method of mathematical programming in the Tajan basin have been discussed. In the mathematical programming method, after determining the optimal cultivation pattern, the shadow price of water input was considered as the economic value of water. According to the results of this study, the total price of water and the economic value of water in the Tajan basin are 25518 and 44650 Rials per cubic meter respectively, but considering that part of the total cost of water is in the form of subscription fee (22976 Rials per m^3) has been received from farmers, so it is suggested that the price of agricultural water in Tajan basin be determined between 2542 and 21674 Rials per m^3.

Keywords: Cultivation pattern; Economic productivity; Final price; Shadow price

قیمت‌گذاری آب کشاورزی مبتنی بر بهره‌وری (مطالعه موردی حوضه تجن)

شماره صفحات
۲۲۳-۲۰۵

فاطمه کشیری کلائی[1*]

۱) استادیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری. ساری. ایران.

*ایمیل نویسنده مسئول: **Fkashiri03@gmail.com**

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۰۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۲۸

چکیده

با توجه به مشکلات کمبود آب در سال‌های اخیر و افزایش روزافزون نیاز به آب برای تولید مواد غذایی، مدیریت مصرف آب در راستای کاهش مصرف و افزایش بهره وری آب الزامی به نظر می‌رسد. از جمله ابزارهای کارآمد در مدیریت مصرف آب، قیمت گذاری آن است. لذا در این تحقیق، به محاسبه قیمت تمام شده آب از طریق روش اقتصاد مهندسی و همچنین ارزش اقتصادی آب از طریق روش برنامه‌ریزی ریاضی در حوضه تجن پرداخته شده است. در روش برنامه‌ریزی ریاضی، بعد از تعیین الگوی کشت بهینه، قیمت سایه‌ای نهاده آب، به‌عنوان ارزش اقتصادی آب در نظر گرفته شد. براساس نتایج این مطالعه، قیمت تمام شده آب و ارزش اقتصادی آب در حوضه تجن به‌ترتیب برابر ۲۵۵۱۸ و ۴۴۶۵۰ ریال بر مترمکعب می‌باشد، اما با توجه به اینکه بخشی از هزینه تمام شده آب در قالب حق اشتراک (۲۲۹۷۶ ریال بر متر مکعب) از کشاورزان دریافت شده است، لذا پیشنهاد می‌شود قیمت آب کشاورزی در حوضه تجن در فاصله ۲۵۴۲ و ۲۱۶۷۴ ریال بر مترمکعب تعیین گردد.

واژه‌های کلیدی: الگوی کشت، بهره‌وری اقتصادی، قیمت تمام‌شده و قیمت سایه‌ای

مقدمه

پیش‌بینی‌های صورت گرفته توسط سازمان ملل، نشان‌دهنده آن است که محدودیت منابع آب تا سال ۲۰۵۰ میلادی، اصلی‌ترین موضوع مورد بحث جهانی است. خشکسالی و کمبود آب در کنار افزایش مصرف آب در نتیجه عواملی همچون افزایش روزافزون جمعیت، توسعه اقتصادی و تغییر در الگوی زندگی، لزوم استفاده بهینه از منابع محدود آب را بیش از پیش نمایان ساخته است (World Water Development Report, 2018). تحقیقات مختلفی حاکی از آن است که استفاده آب در بخش‌های مختلف، فاقد کارایی لازم بوده است (Babaei *et al*., 2014, Hassanli *et al*., 2021, Avazdahandeh *et al*., 2019). یکی از دلایل مهم و مؤثر بر این ناکارایی، پایین بودن آب‌بهای پرداختی توسط بهره‌برداران کشاورزی، صنعتی و مصرف کنندگان آب شرب و در نتیجه کاهش انگیزه ایشان در استفاده بهینه از منابع محدود آب بوده است (Kiani, 2016). در این راستا، یکی از روش‌های مدیریتی افزایش بهره‌وری آب در بخش تقاضا که در واقع ارزش کمیابی آب را مشخص می‌سازد و ماهیتی غیرسازه‌ای دارد، ایجاد تصویری از قیمت واقعی آب در هر دو بخش عرضه و تقاضا است، چرا که تعیین قیمت واقعی آب هم به تخصیص بهینه آب در بین محصولات مختلف و هم به مصرف منطقی و مناسب آب که در نهایت افزایش راندمان کاربرد و بهره‌وری آب را باعث می‌گردد، کمک شایانی خواهد نمود (Barzegar Kaliji, 2013). برخی محققان معتقدند که به دلایلی از جمله عدم پیروی از نتایج روش‌های مناسب قیمت‌گذاری آب، باعث شده تا مصرف‌کنندگان آب در بخش‌های مختلف، الزامی جهت مصرف بهینه و حتی کاهش تقاضای مصرف احساس نکنند. تعیین قیمت واقعی هر کالا نیاز به برآوردهای اقتصادی دقیق و جامع دارد که عدم پیاده‌سازی صحیح آن، نتایج مطلوبی را در پی نخواهد داشت (Tahami Pour Zarandi *et al*., 2019). مدیریت تقاضای آب کشاورزی از طریق نرخ‌گذاری می‌تواند موجبات توسعه پایدار منطقه را فراهم آورد. همچنین از جمله اهداف مهم در نظام نرخ‌گذاری می‌توان به ایجاد انگیزه و احساس مسئولیت در جهت اصلاح الگوی مصرف، افزایش میزان بهره‌وری آب، تأمین یا بازپرداخت تمام و یا بخشی از سرمایه‌گذاری اولیه و بازپرداخت هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری، رعایت ضوابط و جلوگیری از تخلفات جهت ایجاد انگیزه برای رعایت حدود و ضوابط تعیین شده در راستای توسعه بدون تخریب محیط‌زیست و حفظ حقوق و منافع گسترده آیندگان اشاره کرد (Kalaei, 2014). به‌طور کلی، وابسته کردن نظام تعرفه به هزینه تأمین خدمات آبی، اولین گام در بهبود سیستم قیمت‌گذاری آب است. در تدوین نظام تعرفه، پایبندی به سه اصل پوشش هزینه، کارایی اقتصادی و عدالت از اهمیت زیادی برخوردار است (Moazzeni *et al*., 2012). مبنای تصمیم‌گیری‌های مسائل مربوط به قیمت آب در کشور، بایستی ارزش اقتصادی آب باشد، درحالیکه اینگونه نیست. برخی کشورهای توسعه یافته در این خصوص موفق عمل کرده‌اند. درحالیکه در ایران همچنان ارزش اقتصادی آب مبنای تصمیم‌گیری‌ها نبوده و به‌دلیل پایین بودن تعرفه آب و کم‌تر بودن آن از قیمت تمام‌شده آب، در کنار دیگر دلایل موجبات مصرف بالای آن را فراهم کرده است (Taheri, 2009). قیمت آب در بهترین شرایط بایستی بین هزینه تمام شده و ارزش اقتصادی آب در یک حوضه باشد (Ghaderzadeh & Jazayeri,

2018). روش‌های علمی مختلفی جهت قیمت‌گذاری آب وجود دارد که در این مطالعه، ضمن استفاده از روش اقتصاد مهندسی جهت محاسبه قیمت تمام شده آب کشاورزی در حوضه مورد بررسی، از روش برنامه‌ریزی ریاضی جهت ارزش‌گذاری اقتصادی آب کشاورزی استفاده می‌شود. در زمینه قیمت‌گذاری آب کشاورزی مطالعات زیادی در داخل و خارج از کشور صورت گرفته است. به‌عنوان مثال، Ataei *et al* (2015) در مطالعه‌ای در راستای اجرای قانون هدفمندسازی یارانه، نرخ مناسب آب آبیاری در شبکه‌های آبیاری و زهکشی منتخب استان فارس را از روش اقتصاد مهندسی هزینه تمام شده آب از منابع سطحی و زیرزمینی تعیین نمودند. نتایج نشان داد که متوسط هزینه تمام شده هر مترمکعب آب از منابع سطحی و زیرزمینی استان فارس به‌ترتیب ۸۶۰ و ۵۴۴ ریال است، درحالیکه هر مترمکعب آب در تولیدات کشاورزی استان فارس حداکثر ۳۵۰ ریال فایده خالص ایجاد می‌کند. براساس یافته‌های تحقیق، در یک برنامه زمانی بلندمدت، امکان واقعی کردن قیمت آب وجود دارد و پیشنهاد می‌شود سیاست‌های مدیریت منابع آب در راستای قانون هدفمند شدن یارانه‌ها به سمتی هدایت شود که به توازن ارزش و هزینه کامل آب منجر شود. در مطالعه Vaziri *et al* (2016) براساس مدل برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی[۱] و روش بیش‌ترین آنتروپی[۲]، به تعیین ارزش اقتصادی آب و بررسی تأثیر اعمال سیاست قیمت در قالب ۱۰ سناریو بر الگوی کشت پرداخته شد. آمار و داده‌های مورد نیاز با استفاده از تکمیل ۱۶۲ پرسش‌نامه به‌وسیله کشاورزان دشت دهگلان در سال زراعی ۱۳۹۲-۱۳۹۱ گردآوری شد. نتایج نشان داد که هزینه استخراج هر مترمکعب آب معادل ۶۳۴/۳ ریال است. در نتیجه، اختلاف بین هزینه استخراج هر مترمکعب آب آبیاری با ارزش اقتصادی آن در این دشت برابر با ۱۸۷۸/۳ ریال به دست آمد و با اعمال سیاست قیمت آب و افزایش قیمت آن تا مرز ارزش اقتصادی، منجر به کاهش مصرف آب و سطح زیرکشت تمامی محصولات بویژه کاهش سطح زیرکشت محصولاتی شده است که بازده ناخالص آن‌ها بیش‌ترین کاهش را در قبال این سیاست داشته‌اند. Esmaeli *et al* (2018) ارزش اقتصادی آب کشاورزی براساس نوع محصول و راندمان مالی کشاورزان در هفت شهرستان از استان مرکزی را مورد بررسی قرار دادند. برای این منظور با توسعه یک مدل ریاضی مناسب، ارزش اقتصادی آب برای چهار محصول گندم، یونجه، جو و ذرت علوفه‌ای از سه روش وزن‌دهی براساس مساحت تحت کشت، حجم آب مصرفی و میزان درآمد هر محصول برای هر منطقه به دست آمد. براساس نتایج روش وزن‌دهی براساس حجم آب مصرفی به‌عنوان مناسب‌ترین روش انتخاب شد. ارزش اقتصادی آب برای شهرستان‌های محلات، کمیجان، شازند، ساوه، دلیجان، خمین و آشتیان به‌ترتیب برابر ۵۷۰۰، ۵۵۵۰، ۵۰۰۰، ۶۷۰۰، ۳۸۰۰، ۴۸۰۰ و ۶۰۵۰ ریال در هر مترمکعب به دست آمد. راندمان مالی کشاورزان برای سه حالت آب رایگان، دریافت ۱۰ درصد قیمت محاسبه شده و دریافت تمام قیمت آب از کشاورز محاسبه شد. نتایج نشان داد که حساسیت

۱. Positive Mathematical Programming

۲. Maximum Entropy

راندمان مالی به تغییرات درآمدها بیش‌تر از تغییر در میزان هزینه‌ها است و راندمان آبیاری با راندمان مالی در همه موارد هم راستا نیست. این بدین معناست که در وهله اول برای افزایش راندمان مالی کشاورزان بهتر است درآمدهای کشاورزان افزایش یابد و همچنین با پرداخت یارانه از هزینه‌های کشاورز کاسته شود. Keramatzadeh *et al* (2020) جهت استفاده بهینه منابع آب در راستای اهداف حفاظت آب و خاک شهرستان گنبدکاووس در استان گلستان، علاوه بر قیمت‌گذاری سطحی به روش قیمت‌گذاری حجمی و ترکیب آن با روش سطحی نیز پرداخته‌اند. در این مطالعه، از روش برنامه‌ریزی ریاضی مثبت جهت شبیه‌سازی رفتار کشاورزان در اراضی پایین دست سد گلستان شهرستان گنبدکاووس در حالت اجرای روش‌های مختلف قیمت گذاری آب مانند قیمت‌گذاری سطحی، حجمی و ترکیبی استفاده گردید. نتایج پژوهش نشان داد با افزایش قیمت، تقاضای آب در روش‌های مختلف قیمت‌گذاری (سطحی، حجمی و ترکیبی) بین ۲۲/۶ الی ۴۸/۸ درصد کاهش می‌یابد. در بین روش‌های مختلف قیمت‌گذاری آب، بیش‌ترین کاهش تقاضای آب به‌ترتیب مربوط به روش قیمت‌گذاری ترکیبی، حجمی و سطحی آب است. به‌کارگیری روش‌های مناسب قیمت‌گذاری آب باعث می‌شود که آب بین متقاضیان متناسب با ارزش تولید نهایی توزیع شده و انگیزه لازم جهت صرفه‌جویی و جلوگیری از اتلاف آن ایجاد شود. Razaghi *et al* (2020) در مطالعه‌ای با استفاده از روش برنامه‌ریزی ریاضی با هدف حداکثر کردن سود کل مصرف آب مصرف‌کنندگان شهری و کشاورزی، ارزش اقتصادی آب را به‌عنوان سقف قیمت آب در بخش‌های شهری و کشاورزی و هزینه تأمین آن را به‌عنوان کف قیمت آب محاسبه نمودند. نتایج نشان داد که ارزش سایه‌ای آب هر مترمکعب (سقف قیمت) جهت مصارف کشاورزی و شهری به‌ترتیب ۵۴۱۱ و ۹۶۴۳ ریال بوده است. ازاین‌رو، قیمت آب کشاورزی هر مترمکعب بایستی از ۱۲۷۹ ریال (کف قیمت) بیش‌تر و از ۵۴۱۱ ریال (سقف قیمت) کم تر تعیین شود که هم برای عرضه‌کننده آب منفعت به همراه داشته باشد و هم بیش از حداکثر تمایل به پرداخت مصرف‌کنندگان نباشد. در خارج از کشور نیز مطالعات مختلفی صورت گرفته که می‌توان به برخی از آن‌ها اشاره نمود. Aidam (2015) با بررسی وضعیت بهره‌وری پایین آب آبیاری در بخش کشاورزی کشور غنا به این نتیجه رسید که قیمت پایین آب یکی از عوامل اصلی پایین بودن راندمان و بهره‌وری آب آبیاری بوده و افزایش بهره‌وری و کاهش تقاضای آن نیاز به افزایش شدید قیمت دارد، به نحوی که با وضع موجود اخذ آب‌بها، تفاوت معنی‌دار داشته باشد. Shen & Lin (2017) قیمت سایه‌ای و کشش تقاضای آب آبیاری را در چین برآورد نمودند. علی‌رغم اینکه قیمت سایه‌ای آب نسبتاً بالا بود ولی کشش قیمت تقاضای آن برابر ۰/۱۲ بود. آنان نتیجه گرفتند با توجه به پایین بودن کشش قیمتی تقاضا، قیمت‌گذاری آب اثر کمی بر تقاضای آب دارد، لذا برای صرفه‌جویی در مصرف آب نیاز است که فناوری‌های نوین آبیاری گسترش یابد و قیمت‌گذاری آب بر مبنای ارزش اقتصادی آب نقش کاتالیزور را دارد. در مطالعه‌ای دیگر، Ziolkowska (2018) سوددهی زراعت آبی و همچنین ارزش اقتصادی آب را برای ذرت، پنبه و سویا در ایالت‌های اوکلاهاما و تگزاس آمریکا محاسبه نمود. وی ارزش اقتصادی آب را برای این سه محصول در ایالت اوکلاهاما به‌ترتیب حدود ۰/۱۳، ۰/۰۶ و ۰/۰۱ دلار بر مترمکعب به دست آورد. در تگزاس هم برای دو محصول ذرت و سویا به‌ترتیب ۰/۰۸

و ۰/۱۲ دلار بر مترمکعب محاسبه نمود. نتایج مطالعه وی نشان داد که ارزش اقتصادی آب تابعی از نوع محصول و ناحیه جغرافیایی است. Zhou *et al* (2022) در مطالعه‌ای به بررسی اثر تقاضای آب نسبت به تغییرات قیمت و در حوضه رودخانه‌های هیه در چین بررسی نمودند. نتایج آن‌ها نشان داد که با اتخاذ قیمت ۰/۲۷ یوان بر مترمکعب، تقاضای آب و تولید اقتصادی به ترتیب تا ۱۰/۲ و ۱/۶ درصد کاهش، درحالیکه بهره‌وری آب ۷/۲ درصد افزایش می‌یابد. به نظر آن‌ها واگذاری مجدد منابع آب و زمین از بخش‌های کشاورزی به بخش‌های غیرکشاورزی که با تغییر قیمت آب تسهیل می‌شود، عامل اصلی بهبود بهره‌وری آب است. بر این اساس، پیشنهاد نمودند که برای مدیریت تقاضای آب باید قیمت‌گذاری آن را در نظر گرفت. جمع‌بندی مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که محاسبه قیمت واقعی آب می‌تواند با روش‌های مختلفی صورت گیرد که یکی از روش‌هایی که قابلیت تأکید بر بهره‌وری را نیز دارد، روش برنامه‌ریزی ریاضی است. همچنین بررسی‌ها حاکی از آن است که در زمینه قیمت‌گذاری واقعی آب در حوضه تجن مطالعه خاصی صورت نگرفته است. لذا در این مطالعه به قیمت‌گذاری آب در حوضه این رودخانه مهم پرداخته شده است.

روش تحقیق

همانگونه که بیان شد، در این مطالعه، به‌منظور قیمت‌گذاری آب در بخش کشاورزی از روش برنامه‌ریزی ریاضی استفاده می‌شود. اما برای پیشنهاد یک قیمت مناسب برای این بخش، ارزش اقتصادی آب بایستی با قیمت تمام شده در حوضه مورد بررسی مقایسه شود. در این راستا، نحوه محاسبه قیمت تمام‌شده آب (سطحی) در حوضه تجن در ادامه ارائه شده است. سپس به تشریح روش ارزش‌گذاری اقتصادی آب در قالب برنامه‌ریزی ریاضی پرداخته خواهد شد. هزینه تمام‌شده آب از دو رهیافت کلی شامل رهیافت حسابداری و رهیافت اقتصاد مهندسی قابل محاسبه است. در رهیافت حسابداری، از فنون حسابداری صنعتی استفاده می‌شود. استهلاک سالانه دارایی‌ها به‌عنوان هزینه‌های سرمایه‌گذاری سالانه با هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری انجام گرفته جمع شده و حاصل آن بر مقدار آب تقسیم می‌گردد. در رهیافت اقتصاد مهندسی، کلیه هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه، جایگزینی، نگهداری و بهره‌برداری طرح در کل دوره عمر طرح محاسبه شده و با تشکیل جدول گردش نقدی هزینه‌ها، هزینه تمام شده آب محاسبه می‌شود. مهم‌ترین اختلاف دو رهیافت مذکور در ارزش زمانی پول است که رهیافت حسابداری، ارزش زمانی پول را در نظر نمی‌گیرد، اما رهیافت اقتصاد مهندسی، آن را لحاظ می‌کند. در مطالعه حاضر، جهت محاسبه هزینه تمام شده آب از رهیافت اقتصاد مهندسی استفاده شده است. برای تعیین قیمت تمام شده هر مترمکعب آب مراحل کار به‌صورت زیر انجام شده است: ابتدا با توجه به اطلاعات موجود، حجم آب تخصیصی در بخش کشاورزی در منطقه به دست آمده است. همچنین هزینه‌های استحصال آب، شامل هزینه‌های جاری و سرمایه‌گذاری اولیه نیز در نظر گرفته شده است. برای این منظور، هزینه احداث سد و شبکه تجن به قیمت سال ۱۴۰۰ محاسبه و ۲ درصد از آن به‌عنوان متوسط سالانه هزینه‌های جاری لحاظ گردید (Regional Water Company of Mazandaran, 2021). هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه با روش اقتصاد مهندسی و با

توجه به عمر مفید تأسیسات بر اساس استانداردهای متداول با کمک معادله ۱، به ارزش کنونی اقساط یکنواخت سالانه با بهره r درصد تبدیل شده است (Soleimani & Hasanli, 2008).

رابطه ۱:
$$A = P\frac{r(1+r)^n}{(1+r)^n - 1}$$

A ارزش کنونی اقساط سالانه (ریال)، P نشان دهنده مقدار سرمایه‌گذاری اولیه (ریال)، r معرف نرخ بهره و n تعداد سال‌های عمر مفید پروژه است که برای سد ۵۰ سال و برای شبکه ۳۰ سال درنظر گرفته شد. سپس کل هزینهٔ سالانه از طریق جمع هزینه جاری و اولیه محاسبه می‌شود. در نهایت با توجه به آب استحصال شده سالانه و کل هزینه سالانه متناظر آن، قیمت تمام شده آب کشاورزی براساس رابطه ۲ تعیین می‌گردد (Soleimani & hasanli, 2008).

رابطه ۲:
$$\text{قیمت تمام شده هر متر مکعب آب} = \frac{A + 0.02 * P}{V}$$

که در آن عدد ۰/۰۲ بیانگر آن است که معمولا ۲ درصد از هزینه‌های اولیه، به‌عنوان هزینه‌های جاری در نظر گرفته می‌شود. V نیز بیانگر حجم آب قابل تخصیص در سد و شبکه می‌باشد که براساس اطلاعات دریافتی از شرکت آب منطقه‌ای مازندران، به‌ترتیب حدود ۳۱۶ و ۱۶۸ میلیون مترمکعب است. به‌منظور ارزش‌گذاری اقتصادی آب به روش برنامه‌ریزی ریاضی فرم ساده یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی با هدف حداکثرسازی سود ناخالص کشاورزان در قالب روابط ۳ الی ۵ استفاده شده است.

رابطه ۳:
$$Max \quad TGM = \sum_{i=1}^{n} GM_i x_i$$

St

رابطه ۴:
$$\sum_{i=1}^{n} a_{i,j} x_i \le b_j$$

رابطه ۵:
$$x_i \ge 0$$

که در آن، i معرف محصولات، j معرف نهاده‌ها، GM_i بیانگر سود ناخالص هر هکتار از محصولات، $a_{i,j}$ میزان مصرف نهاده jام در تولید هر هکتار از محصول iام و b_j موجودی نهاده jام می‌باشد. x_i نیز معرف سطح کشت محصول iام است که به همراه TGM (سود ناخالص الگو) متغیرهای تصمیم مدل را تشکیل می‌دهند. رابطه ۳ همان تابع هدف بوده که نمایانگر کل سود ناخالص کشاورزان بوده و محقق به دنبال حداکثرسازی آن است. منظور از سود ناخالص، کسر کلیه هزینه‌های متغیر از درآمدهای حاصل از تولید محصولات است. برای دستیابی به بیش‌ترین سود، کشاورزان با محدودیت مصرف نهاده‌هایی همچون زمین و آب (و سایر نهاده‌ها) مواجه هستند که در رابطه ۴ لحاظ می‌شود. رابطه ۵ نیز نشان‌دهنده غیرمنفی بودن سطوح کشت است. لازم به توضیح است که محصولات مورد بررسی در این مطالعه شامل شالی پرمحصول، شالی کم‌محصول، گندم، جو، سویا، کلزا، خیار،

گوجه فرنگی و پیاز بوده است. با توجه به محدودیت‌های بازاری، سهم کشت محصولاتی از قبیل خیار، گوجه‌فرنگی و پیاز همانند سطح کشت رایج در نظر گرفته شده است. این محدودیت در قالب رابطه ۶ گنجانده شده است.

رابطه ۶:
$$\frac{x_{is}}{\sum_{i=1}^{n} x_i} \leq S_{is}$$

که در آن is معرف مجموعه محصولاتی است که سهم کشت آن‌ها در الگوی کشت محدود شده است. S_{is} نیز سهم کشت محصولات مورد نظر در الگوی کشت رایج می‌باشد. کشت شالی پرمحصول و کم‌محصول در حوضه مورد بررسی رایج بوده است. لازم به ذکر است که شالی کم‌محصول به دلایلی از جمله خود مصرفی، فروش آسان‌تر، قیمت بالاتر و ... از الگوی کشت قابل حذف نخواهد بود. براساس آمارهای موجود و نظر کارشناسان، در استان مازندران و حوضه مورد بررسی، حدود ۶۰ الی ۷۰ درصد از اراضی شالیزاری به کشت شالی کم‌محصول اختصاص می‌یابد. بر این اساس، می‌توان بیان نمود که هر چقدر هم کشت محصول شالی پرمحصول سودآور باشد به دلایل بیان شده، تمام سطح کشت شلتوک به این محصول اختصاص نمی‌یابد و محصول شلتوک کم‌محصول نیز بایستی در الگوی کشت مد نظر قرار گیرد. به‌عبارتی نمی‌توان برای کشت محصول شالی کم‌محصول قابلیت حذف یا کاهش محسوس را لحاظ نمود. به همین دلیل فرض شده است که نسبت کشت شالی کم‌محصول به شالی پرمحصول، حداقل ۵۰ درصد باشد. این توضیح در قالب رابطه ۷ لحاظ شده است.

رابطه ۷:
$$x_{ricet} \geq 0.5\, x_{ricesh}$$

که در آن، x_{ricet} معرف سطح کشت شالی کم‌محصول (طارم) و x_{ricesh} نشان دهنده سطح کشت شالی پرمحصول (شیرودی) می‌باشد. با توجه به اینکه هدف مطالعه حاضر قیمت‌گذاری آب مبتنی بر بهره‌وری بوده است، لذا در مدل برنامه‌ریزی مورد استفاده، بهره‌وری آب نیز تحلیل شده است. بهره‌وری اقتصادی هر مترمکعب آب مصرفی برای هر محصول به‌صورت رابطه ۸ می‌باشد:

رابطه ۸:
$$EWP_i = \frac{GM_i}{W_i}$$

که در آن، EWP_i بهره‌وری اقتصادی هر مترمکعب آب برای محصول *i*ام و W_i میزان آب مصرفی در هر هکتار است. از سوی دیگر، بهره‌وری فیزیکی هر مترمکعب آب برای محصول *i*ام را می‌توان به‌صورت رابطه ۹ بیان نمود.

رابطه ۹:
$$FWP_i = \frac{Y_i}{W_i}$$

که در آن، EWP_i بهره‌وری فیزیکی هر مترمکعب آب برای محصول *i*ام و Y_i میزان تولید محصول در هر هکتار است. علاوه بر بهره‌وری اقتصادی و فیزیکی هر مترمکعب آب برای هر محصول، میزان بهره‌وری اقتصادی کل در الگوی کشت در قالب رابطه ۱۰ محاسبه شده است.

رابطه ۱۰:

$$WP = \frac{\sum_{i=1}^{n} GM_i x_i}{\sum_{i=1}^{n} W_i x_i}$$

روش جمع‌آوری داده‌ها در این مطالعه اسنادی و کتابخانه‌ای بوده است. داده‌هایی از قبیل سطح کشت، هزینه تولید، قیمت و عملکرد محصولات از سایت وزارت جهاد کشاورزی مربوط به سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ جمع‌آوری شده است. نیاز آبی محصولات در حوضه تجن نیز از طریق نرم‌افزار Netwat محاسبه شده است. برای محاسبه قیمت تمام‌شده آب، اطلاعات ساخت سد شهید رجائی و شبکه آبیاری و زهکشی تجن از شرکت آب منطقه‌ای استان مازندران اخذ شد و از طریق شاخص تعدیل به قیمت سال ۱۴۰۰ محاسبه شد. در نهایت برای محاسبه قیمت تمام‌شده آب از نرم‌افزار Excel و برای محاسبه ارزش اقتصادی آب از نرم‌افزار GAMS استفاده شد.

نتایج و بحث

با توجه به سهم بالای بخش کشاورزی در مصرف آب استان مازندران، در ادامه تلاش شد تا بهره‌وری اقتصادی هر مترمکعب آب مصرفی برای برخی از محصولات منتخب در حوضه تجن محاسبه و تحلیل شود. به‌منظور محاسبه بهره‌وری اقتصادی و فیزیکی، ابتدا نیاز خالص آبی محصولات مورد نظر در دشت تجن از نرم افزار Netwat استخراج شد. در ادامه به منظور محاسبه‌ی نیاز ناخالص، راندمان کل آبیاری حوضه حدود ۳۰ الی ۴۰ درصد در نظر گرفته شد. سایر اطلاعات مورد نیاز شامل عملکرد در هکتار و سود ناخالص در هر هکتار از محصولات بوده است که برای عملکرد از آمار وزارت جهاد کشاورزی مربوط به سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ استفاده شده است. در مورد سود ناخالص، سود ناخالص موجود در آمارنامه کشاورزی مربوط به سال ۱۳۹۹-۱۳۹۸ بوده است که از طریق شاخص قیمت تولیدکننده به سال ۱۴۰۰ محاسبه گردید و در جدول ۱ آمده است. همانطور که ملاحظه می‌شود، بیش‌ترین بهره‌وری فیزیکی به محصولات خیار و پیاز و کم‌ترین بهره‌وری فیزیکی به محصول سویا و کلزا مربوط است. بهره‌وری فیزیکی محصولاتی نظیر برنج و گندم به‌ترتیب معادل ۰/۵۱ کیلوگرم به ازای هر مترمکعب و ۱/۰۲ کیلوگرم به ازای هر مترمکعب محاسبه شده است. این شاخص نشان می‌دهد که به ازای مصرف هر مترمکعب آب، حدود ۰/۵۱ کیلوگرم شلتوک و ۱/۰۲ کیلوگرم گندم تولید می‌شود. در بررسی‌هایی انجام شده در ایران و خارج از کشور نیز بهره‌وری گندم حدود یک و بهره‌وری برنج نزدیک به نیم کیلوگرم به ازای هر مترمکعب برآورد شده است. مقایسه بهره‌وری اقتصادی محصولات حاکی از آن است که خیار و پیاز بیش‌ترین بهره‌وری اقتصادی آب را به خود اختصاص داده‌اند که می‌تواند ناشی از سود ناخالص بالاتر آن نسبت به سایر محصولات باشد. در بین محصولات مورد بررسی، بهره‌وری اقتصادی آب برای محصول شلتوک حدود ۵۳۱۳۹ ریال به ازای هر مترمکعب و بهره‌وری اقتصادی گندم معادل ۲۲۸۶۸ ریال به ازای هر مترمکعب محاسبه شده است.

جدول ۱: بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب برای محصولات منتخب زراعی در حوضه تجن

محصولات	سطح کشت (هکتار)	تولید (تن)	عملکرد (کیلوگرم/ هکتار)	نیاز آبی (مترمکعب/هکتار)	سود ناخالص (هزار ریال در هکتار)	بهره‌وری فیزیکی (کیلوگرم/مترمکعب)	بهره‌وری اقتصادی (ریال/ مترمکعب)
جو	۴۵۸/۴	۳۳۱۲	۲۳۸۴	۲۶۵۷	۳۱۷۰۴	۰/۹۰	۱۱۹۳۲
شلتوک	۳۴۸۹۳	۲۰۳۹۸۰	۵۸۴۶	۱۱۴۰۰	۶۰۵۷۸۴	۰/۵۱	۵۳۱۳۹
گندم	۲۴۴۰/۱۵	۱۰۸۱۷	۳۳۹۱	۳۳۲۵	۷۶۰۳۶	۱/۰۲	۲۲۸۶۸
کلزا	۱۴۱۵/۳۵	۲۴۴۹	۱۷۳۰	۵۷۵۳	۱۱۰۹۸۲	۰/۳۰	۱۹۲۹۱
سویا	۳۹۱/۸۴	۸۵۴	۲۱۷۸	۸۰۰۰	۱۶۶۴۰۲	۰/۲۷	۲۰۸۰۰
خیار	۳۶۱	۱۱۲۴۹	۳۱۱۶۱	۷۶۸۶	۹۸۲۳۹۲	۴/۰۵	۱۲۷۸۲۱
پیاز	۱۵۴	۲۹۰۵	۱۸۸۶۴	۶۴۷۵	۷۶۴۹۶۱	۲/۹۱	۱۱۸۱۴۱
گوجه فرنگی	۱۰۴	۲۱۰۲	۲۰۲۱۲	۷۷۲۵	۴۸۰۰۳۲	۲/۶۲	۶۲۱۴۰

مأخذ: یافته‌های تحقیق

با توجه به جدول ۱ ملاحظه می‌شود که بهره‌وری فیزیکی آب کشاورزی در محصولات سویا، کلزا و شلتوک نسبت به سایر محصولات پایین می‌باشد. یعنی اگر عملکرد محصول به ازاء واحد آب مصرفی مد نظر باشد، بهتر است این محصولات در الگوی کشت کمرنگ‌تر شوند.

نتایج محاسبه قیمت تمام‌شده و ارزش اقتصادی آب در حوضه تجن

در این قسمت، قیمت تمام شده و ارزش اقتصادی هر مترمکعب آب کشاورزی در حوضه تجن در قالب مدل برنامه‌ریزی ریاضی محاسبه شد. بهترین قیمت برای آب، در بازه‌ای بین قیمت تمام شده و ارزش اقتصادی خواهد بود. براساس محاسبات صورت گرفته، میزان سرمایه به روز شده سد شهید رجائی حدود ۱۷۵۰۹ میلیارد ریال می‌باشد که با توجه به عمر مفید سد، نرخ بهره ۱۸ درصدی و در قالب رابطه ۱، اقساط سالانه سرمایه‌گذاری اولیه سد حدود ۳۱۵۲ میلیارد ریال می‌باشد. همچنین باتوجه به اینکه ۲ درصد از سرمایه‌گذاری اولیه، هزینه‌های جاری را تشکیل می‌دهد (۳۵۰/۵ میلیارد ریال)، با استفاده از رابطه ۲ و با لحاظ حجم آب قابل تخصیص ۳۱۶ میلیون مترمکعبی، بهای تمام شده هر مترمکعب آب پای سد معادل ۱۱۰۸۴ ریال به دست آمد.

جدول ۲: نتایج محاسبه قیمت تمام شده هر مترمکعب آب در سد شهید رجائی

هزینه سرمایه-گذاری اولیه (میلیارد ریال)	اقساط هزینه سالانه (میلیارد ریال)	هزینه تعمیر و نگهداری (میلیارد ریال)	مجموع (میلیارد ریال)	حجم آب قابل تخصیص (میلیون مترمکعب)	بهای تمام شده هر متر مکعب آب (ریال)
۱۷۵۰۹	۳۱۵۲	۳۵۰/۵	۳۵۰۲/۵	۳۱۶	۱۱۰۸۴

مأخذ: یافته‌های تحقیق

یکی دیگر از هزینه‌های تامین و انتقال آب در حوضه مورد بررسی، هزینه‌های مربوط شبکه آبیاری و زهکشی تجن بوده است. میزان سرمایه به روز شده شبکه آبیاری و زهکشی تجن حدود ۱۲۰۴۹ میلیارد ریال می‌باشد که با توجه به عمر مفید شبکه (۳۰ سال)، نرخ بهره ۱۸ درصدی و در قالب رابطه ۱، اقساط سالانه سرمایه‌گذاری اولیه شبکه حدود ۲۱۸۴ میلیارد ریال می‌باشد. لذا با توجه به هزینه‌های تعمیر و نگهداری (هزینه‌های جاری) و حجم آب تخصیصی در شبکه، بهای تمام‌شده آب در شبکه آبیاری و زهکشی تجن معادل ۱۴۴۳۴ ریال به دست آمد.

جدول ۳: نتایج محاسبه قیمت تمام شده هر مترمکعب آب در شبکه آبیاری و زهکشی تجن

هزینه سرمایه-گذاری اولیه (میلیارد ریال)	اقساط هزینه سالانه (میلیارد ریال)	هزینه تعمیر و نگهداری (میلیارد ریال)	مجموع (میلیارد ریال)	حجم آب قابل تخصیص (میلیون مترمکعب)	بهای تمام شده هر متر مکعب آب (ریال)
۱۲۰۴۹	۲۱۸۴	۲۴۱	۲۴۲۵	۱۶۸	۱۴۴۳۴

مأخذ: یافته‌های تحقیق

با توجه به قیمت تمام‌شده آب در سد و شبکه آبیاری و زهکشی تجن، بهای تمام شده آب‌های سطحی در حوضه تجن از طریق مجموع بهای تمام‌شده آب در سد و شبکه محاسبه و در جدول ۴ آمده است. بر مبنای محاسبات صورت گرفته، بهای تمام‌شده هر مترمکعب آب سطحی در حوضه تجن، ۲۵۵۱۸ ریال می‌باشد.

جدول ۴: نتایج محاسبه قیمت تمام شده هر مترمکعب آب سطحی در حوضه تجن

بهای تمام شده هر متر مکعب آب پای سد (ریال)	بهای تمام شده هر متر مکعب آب در شبکه (ریال)	بهای تمام شده هر متر مکعب آب سطحی در حوضه تجن (ریال)
۱۱۰۸۴	۱۴۴۳۴	۲۵۵۱۸

مأخذ: یافته‌های تحقیق

براساس نتایج مدل برنامه‌ریزی ریاضی، قیمت سایه‌ای (ارزش اقتصادی) هر متر مکعب آب برای کشاورزان حوضه حدود ۴۴۶۵۰ ریال می‌باشد. به‌عبارتی، در شرایط ثبات نهاده‌ای و سود محصولات، اضافه نمودن یک واحد به آب در دسترس، میزان سود ناخالص مزرعه را حدود ۴۴۶۵۰ ریال اضافه می‌کند. تحت این شرایط، بهره‌وری حاصل از مصرف هر مترمکعب آب، حدود ۵۲۰۲۱ ریال محاسبه شده است. به‌عبارتی، مصرف هر مترمکعب آب، حدود ۵۲۰۲۱ ریال برای کشاورز سود ناخالص ایجاد می‌کند. مقایسه بهره‌وری در شرایط بهینه و شرایط فعلی نشان می‌دهد که با پیروی از الگوی کشت پیشنهادی، بهره‌وری هر

مترمکعب آب حدود ۵/۲ درصد افزایش می‌یابد که حاکی از بهبود می‌باشد. ازآنجایی‌که کل مصرف آب تحت تأثیر قرار نگرفته است، لذا میزان رشد بهره‌وری و رشد سود ناخالص یکسان می‌باشد. با توجه به نتایج این قسمت، پیروی از الگوی کشت پیشنهادی و ارزش‌گذاری اقتصادی آب، منجر به بهبود بهره‌وری اقتصادی می‌شود.

جدول ۵: نتایج محاسبه ارزش اقتصادی آب در حوضه تجن

محصولات (هکتار)	الگوی کشت رایج	الگوی کشت بهینه
جو	۴۵۸/۴	۰
شالی کم محصول	۲۰۶۳۶	۱۱۸۵۸/۷
شالی پرمحصول	۱۳۹۵۷	۲۳۷۱۷/۴
گندم	۲۴۴۰/۱۵	۰
کلزا	۱۴۱۵/۳۵	۰
سویا	۳۹۱/۸۴	۰
خیار	۳۶۱	۶۹/۷
پیاز	۱۵۴	۱۳۸/۴
گوجه فرنگی	۱۰۴	۹۳/۵
کل سطح کشت	۳۹۹۱۸	۳۵۸۷۷/۷
سود ناخالص (میلیارد ریال)	۱۹۳۶۴	۲۰۳۷۹
مصرف آب (میلیون مترمکعب)	۳۹۱/۷۵	۳۹۱/۷۵
بهره‌وری آب (ریال بر مترمکعب)	۴۹۴۳۰	۵۲۰۲۱
قیمت سایه‌ای آب (ریال بر مترمکعب)	-	۴۴۶۵۰

مأخذ: یافته‌های تحقیق

همان‌گونه که بیان شد قیمت واقعی بایستی بین قیمت تمام شده آب و قیمت سایه‌ای آب قرار گیرد. ازاین‌رو، پیشنهاد می‌شود قیمت آب در حوضه تجن در فاصله ۲۵۵۱۸ ریال الی ۴۴۶۵۰ ریال قرار گیرد. اما نکته‌ای که وجود دارد این است که بخشی از قیمت تمام شده و قیمت سایه‌ای آب مربوط به هزینه تأمین و انتقال آب (حق اشتراک) بوده است که مبلغ آن براساس محاسبات صورت گرفته، ۲۲۹۷۶ ریال بر مترمکعب بوده است. برمبنای بررسی‌های صورت گرفته و گفته‌های کارشناس شرکت آب منطقه‌ای استان مازندران، مبلغ مربوط به حق اشتراک قبلاً از کشاورزان دریافت شده است و لذا دریافت مجدد آن امکان‌پذیر نیست. لذا در حال حاضر برای قیمت‌گذاری واقعی آب در حوضه تجن، تنها قیمت مربوط به آب‌بها بایستی مد نظر باشد. با کسر مبلغ ۲۲۹۷۶ ریال از ۲۵۵۱۸ ریال و ۴۴۶۵۰ ریال، آب‌بهای تمام شده و قیمت سایه‌ای آب حدود ۲۵۴۲ و ۲۱۶۷۴ ریال به دست می‌آید که در واقع، قیمت کف و قیمت سقف آب در این حوضه می‌باشد.به‌منظور بررسی اثر قیمت‌گذاری آب در فاصله ۲۵۴۲ ریال الی ۲۱۶۷۴ ریال، هزینه هر هکتار از محصولات براساس قیمت‌های مدنظر مجدداً محاسبه و اثر آن بر الگوی کشت

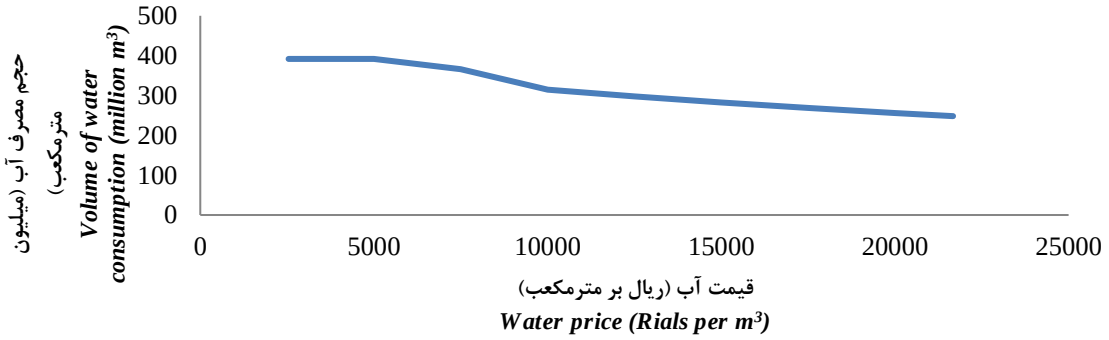
بهینه، سودناخالص، بهره‌وری آب و مصرف آب مورد بررسی قرار گرفت. در جدول ۶ تغییرات سود ناخالص و آب مصرفی در سناریوهای قیمتی ارائه شده است.

جدول ۶: تغییرات سود ناخالص و آب مصرفی در سناریوهای قیمتی

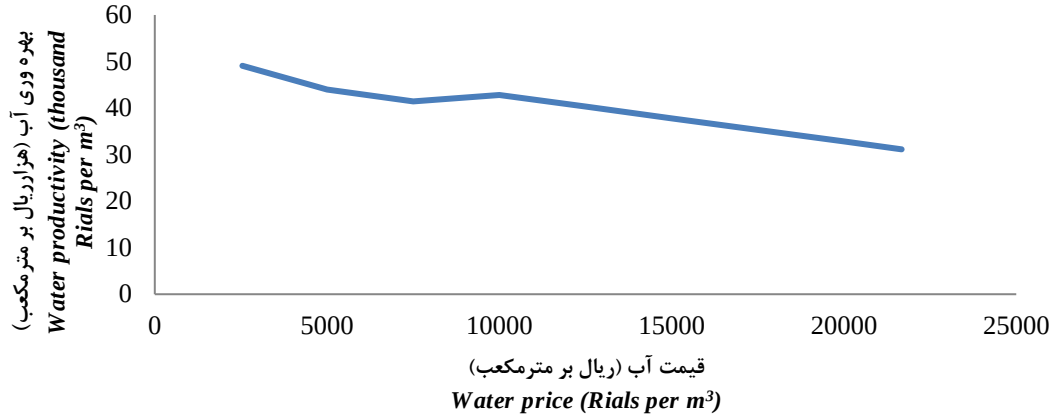
متغیرها	سناریوهای قیمتی (ریال بر مترمکعب)								
	۲۵۴۲	۵۰۰۰	۷۵۰۰	۱۰۰۰۰	۱۲۵۰۰	۱۵۰۰۰	۱۷۵۰۰	۲۰۰۰۰	۲۱۶۷۴
سود ناخالص (میلیارد ریال)	۱۹۲۲۷	۱۷۲۳۱	۱۵۱۶۸	۱۳۴۶۹	۱۱۹۹۳	۱۰۶۶۹	۹۴۷۵	۸۳۹۳	۷۷۲۳
مصرف آب (میلیون مترمکعب)	۳۹۱/۷۵	۳۹۱/۷۵	۳۶۶/۳۰	۳۱۴/۶۸	۲۹۷/۵۸	۲۸۲/۲۴	۲۶۸/۴۰	۲۵۵/۸۶	۲۴۸/۰۹

مأخذ: یافته‌های تحقیق

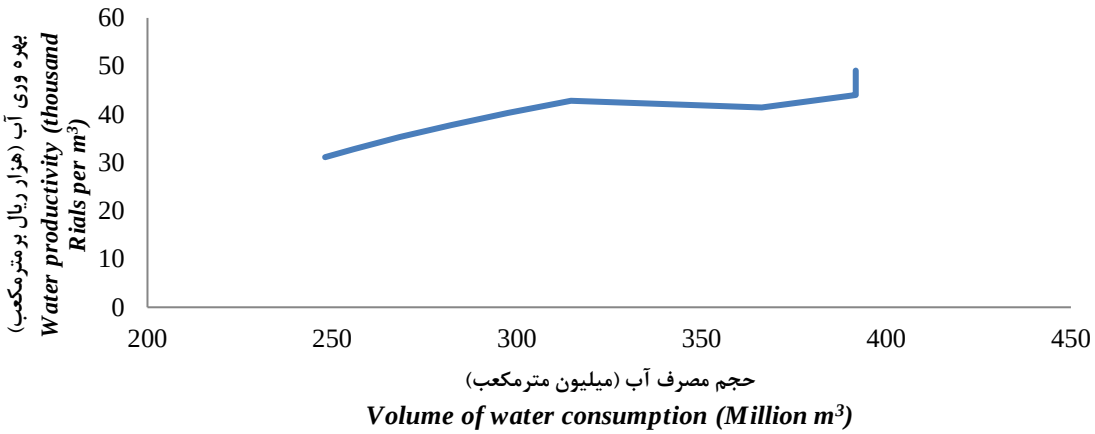
در شکل ۱، تغییرات حجم آب مصرفی در مقابل تغییرات قیمت آب قابل ملاحظه است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، افزایش قیمت آب منجر به کاهش مصرف آب می‌شود. این کاهش مصرف آب به دلیل افزایش هزینه آب و عدم توجیه اقتصادی کشت محصولات آب‌برتر همچون شالی پرمحصول و کم‌محصول می‌باشد. حذف یا کاهش این محصولات در الگوی کشت، سود کل کشاورزان را کاهش داده و لذا میزان سود به ازای هر مترمکعب آب (بهره‌وری اقتصادی) را کاهش می‌دهد. کاهش بهره‌وری ناشی از افزایش قیمت آب در شکل ۲ قابل مشاهده است. در شکل ۳ نیز تغییرات حجم آب مصرفی در مقابل بهره‌وری قابل ملاحظه است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، در شرایط کاهش حجم مصرف آب ناشی از افزایش قیمت آب، بهره‌وری اقتصادی کاهش می‌یابد.



شکل ۱: تغییرات حجم آب مصرفی در سناریوهای مختلف قیمت آب



شکل ۲: تغییرات بهره‌وری اقتصادی آب مصرفی در سناریوهای مختلف قیمت آب

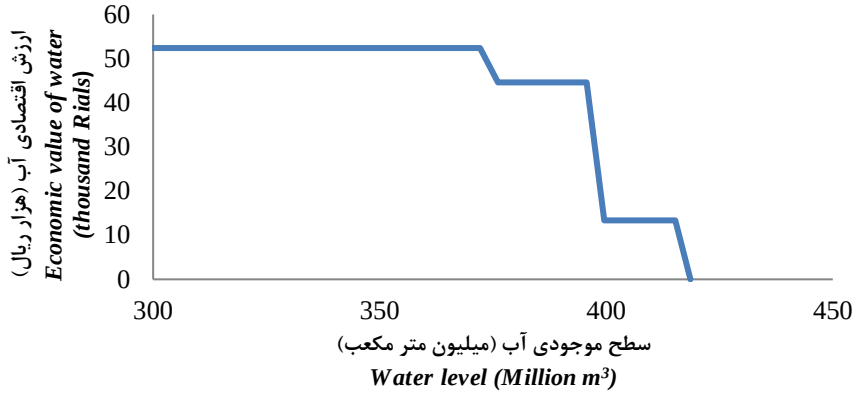


شکل ۳: تغییرات بهره‌وری اقتصادی در مقابل حجم آب مصرفی

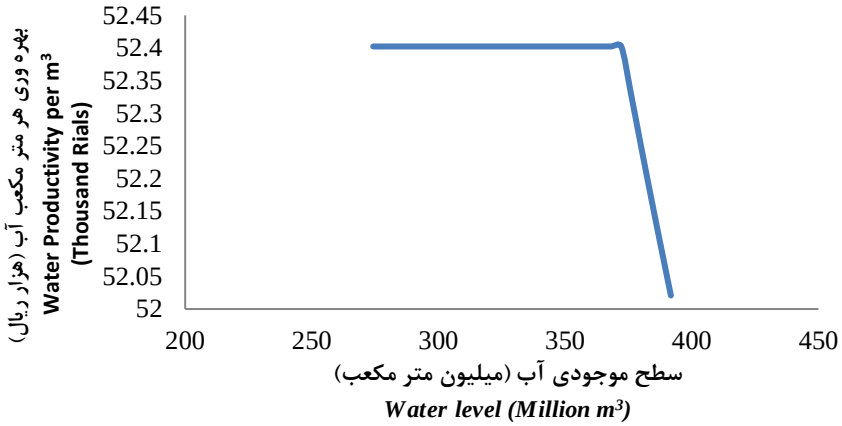
برآورد تابع تقاضای معیاری آب

برای تعیین قیمتی مناسب که بتواند به‌طور مؤثری تقاضای آب را در حوضه مورد بررسی کاهش دهد، تابع تقاضای معیاری برآورد شد. به این منظور، میزان آب در دسترس، در فواصل ۱ درصدی تا ۳۰ درصد کاهش و تا ۱۰ درصد افزایش داده شد و در هر سطحی از آب در دسترس، قیمت سایه‌ای آب محاسبه شد. سپس نموداری براساس قیمت سایه‌ای آب و میزان تقاضای آب به عنوان تقاضای معیاری آب رسم شد که در شکل ۴ قابل مشاهده است. براساس نتایج، قیمت سایه‌ای آب در فاصله ۰ الی ۵۲۴۰۲ ریال قرار گرفته است. زمانی که حجم آب در دسترس کشاورزان به سطحی در حدود ۳۷۶ میلیون مترمکعب کاهش یابد، قیمت سایه‌ای هر مترمکعب آب حدود ۵۲۴۰۲ میلیون مترمکعب خواهد بود و با کاهش بیش‌تر در حجم آب در دسترس، این قیمت ثابت خواهد ماند. در مقابل، زمانی که حجم آب در دسترس تا سطحی بالاتر از ۴۱۸ میلیون مترمکعب افزایش یابد، آنگاه به‌دلیل وفور آب، این نهاده دیگر نهاده محدودکننده نخواهد بود و لذا قیمت سایه‌ای آن صفر می‌شود. به این معنی که

هرچقدر آب اضافه‌تر شود، میزان سود کشاورز تغییر نمی‌کند. در شکل ۵، تغییرات بهره‌وری در شرایط کاهش آب در دسترس کشاورزان قابل مشاهده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود با کاهش ۳۰ درصدی در موجودی آب، بهره‌وری هر مترمکعب آب از ۵۲۰۲۰ ریال به ۵۲۴۰۲ ریال می‌رسد.



شکل ۴: تقاضای معیاری آب



شکل ۵: تغییرات بهره‌وری در شرایط کاهش موجودی آب

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این مطالعه، قیمت تمام شده آب با به‌کارگیری روش اقتصاد مهندسی و ارزش اقتصادی آب کشاورزی در حوضه تجن با استفاده از روش برنامه‌ریزی ریاضی خطی محاسبه شد. اما در ابتدا بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب برای محصولات منتخب در حوضه تجن مورد بررسی قرار گرفت. براساس محاسبات صورت گرفته، بیش‌ترین بهره‌وری فیزیکی به محصولات خیار و پیاز و کم‌ترین بهره‌وری فیزیکی به محصول سویا و کلزا مربوط است. همچنین مقایسه بهره‌وری اقتصادی محصولات حاکی از آن است که خیار و پیاز بیش‌ترین بهره‌وری اقتصادی آب را به خود اختصاص داده‌اند که می‌تواند ناشی از سود ناخالص بالاتر آن‌ها نسبت به سایر محصولات باشد. براساس بررسی‌های صورت گرفته برای محصولات منتخب در حوضه تجن، بهره‌وری فیزیکی آب در

سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ برای محصولات مورد نظر بین ۰/۲۷ و ۴/۰۵ کیلوگرم به ازای هر مترمکعب متغیر است. میانگین شاخص بهره‌وری فیزیکی محاسبه شده برای محصولات زراعی مورد بررسی معادل ۱/۵۷ کیلوگرم به‌ازای هر مترمکعب به دست آمده است که نسبت به میانگین بهره‌وری آب در کشور در سطح بالاتری قرار دارد. خوشبختانه شاخص بهره‌وری مصرف آب در کشور طی ۱۲ سال گذشته روند صعودی داشته که این روند به معنای اثربخشی فعالیت‌های انجام شده در کشور در زمینه مدیریت منابع آب است. گفته می‌شود که افزایش تولید، کاهش حجم آب مصرفی و افزایش سطح زیرکشت از دلایل اصلی افزایش بهره‌وری آب در کشور می‌تواند باشد. بررسی‌ها در تحقیقات مختلف نشان می‌دهد که بهبود شیوه‌های مدیریت آب و خاک در افزایش مقادیر بهره‌وری آب مساعدت نموده است. کاربرد روش‌های جدید آبیاری از جمله آبیاری بارانی و قطره‌ای، با توجه به بهبود مدیریت آبیاری در مزرعه، بهره‌وری آب را به میزان قابل‌توجهی افزایش داده است. از سوی دیگر، تعیین مقدار محصول تولیدی معمولاً ساده‌تر و براساس آمارهای رسمی قابل برآورد است ولی در خصوص میزان آب مصرفی؛ آمارها بسیار متفاوت است. در نتیجه کمیت بهره‌وری به شدت وابسته به آمار مربوط به حجم آب مصرفی بوده و تعیین بهره‌وری همواره با تردیدهایی همراه است. در بخش دیگر تحقیق، قیمت تمام شده و ارزش اقتصادی هر مترمکعب آب مورد محاسبه قرار گرفت. براساس نتایج به دست آمده، قیمت سایه‌ای آب در حوضه تجن حدود ۴۴۶۵۰ ریال به ازای هر مترمکعب به دست آمد. همچنین قیمت تمام شده هر مترمکعب آب سطحی در حوضه تجن حدود ۲۵۵۱۸ ریالی به ازای هر مترمکعب محاسبه شد. بر مبنای این نتایج، اختلاف تقریبا زیادی بین قیمت تمام شده و ارزش اقتصادی آب وجود دارد. به‌عبارتی می‌توان گفت که کشاورزان در شرایط حاضر بهای کمی برای بهره‌مندی از آب کشاورزی می‌پردازند و این مسئله می‌تواند از دلایل مهم مصرف بی‌رویه و ناکارای آب باشد. همچنین نتایج حاکی از آن است که محصولات شالی پرمحصول، شالی کم محصول، پیاز، گوجه فرنگی و خیار به‌ترتیب سهم بیش‌تری در الگوی کشت بهینه داشته و لذا اولویت بالاتری برای کشت دارند. از طرف دیگر، نتایج بیانگر این موضوع می‌باشد که وضع بیش‌ترین قیمت، که همان ارزش اقتصادی آب است، نتوانسته موجب افزایش بهره‌وری اقتصادی کشاورزان شود، چرا که افزایش قیمت منجر به کاهش سود کشاورزان می‌شود. این مسئله به نوبه خود مشکلاتی از قبیل بیکاری و مهاجرت به شهرها را نیز به دنبال خواهد داشت. بنابراین قیمتی می‌تواند مؤثر و قابل قبول باشد که هم به کاهش مصرف آب و استفاده بهینه آن منجر شود و هم برای کشاورزان نیز مورد قبول باشد.در بخش دیگری از این تحقیق، سناریوهای قیمتی بین قیمت تمام‌شده و ارزش اقتصادی آب مورد بررسی قرار گرفت. بررسی اثر سناریوهای قیمتی با استفاده از مدل اقتصادی نشان داد که کشاورزان در مقابل افزایش قیمت واکنش محسوسی نشان می‌دهند. به‌طوری که افزایش قیمت آب منجر به کاهش سود ناخالص، کاهش میزان کل مصرف آب و کاهش بهره‌وری هر مترمکعب آب می‌شود که ناشی از کاهش سود ناخالص کشاورزان در نتیجه‌ی افزایش قیمت آب بوده است. پیشنهاد می‌گردد که با توجه به اهمیت بخش کشاورزی و مصرف آب زیاد در این بخش به وضعیت زارعین توجه بیش‌تری شود. چراکه بهبود وضعیت زارعین می‌تواند نقش زیادی را در پذیرش افزایش قیمت آب عرضه شده در این بخش

ایفا کند. همچنین بررسی و تحلیل اثرات خشکسالی و سیاست‌های مختلف بر بهبود بهره‌وری اقتصادی آب و به دنبال آن قیمت‌گذاری آب تحت این شرایط نیز برای مطالعات آینده پیشنهاد می‌گردد. در پایان، اتخاذ سیاست‌هایی در جهت بهبود بهره‌وری اقتصادی آب کشاورزی پیشنهاد می‌گردد. چرا که با بهبود بهره‌وری اقتصادی مصرف آب، به ازای هر مترمکعب آب، بازده برنامه‌ای بیش‌تری نصیب زارعین شده و ارزش اقتصادی آب مورد استفاده افزایش خواهد یافت. همچنین در زمینه محصولات تولیدی، سیاست‌های مورد نظر در زمینه افزایش عملکرد محصولات از جمله بهبود تکنولوژی‌های آبیاری جهت افزایش بازده برنامه‌ای زارعین به ازای هر مترمکعب آب پیشنهاد می‌شود.

منابع

Ahmadpour, M. & Sabohi Saboni, M. (2009). Water pricing in the agricultural sector using interval planning method, A case study of Dashtestan region, Agricultural Economy, 3(3): 121-141 .(In Persian)

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

Ataei, M., Moghadasi, R. & Tahami Pour, M. (2015). Determine Appropriate Water Pricing in the Agricultural Sector: A Case Study of Fars Province. Agricultural Economics and Development, 24(96): 199-223. (In Persian)

Avazdahandeh, S., khalilian, S., Najafi Alamdarlo, H. & Vakilpour M.H. (2021). Estimation of Water Demand, its Relationship with Other Inputs and the Impact of Technology on Water Consumption in Qazvin Province, Journal of Trade Studies, 97: 51-75. (In Persian)

Babaei, M., Mardani, M. & Salarpour, M.A. (2014). Calculation of water efficiency in major agricultural products of Zabul city: the data coverage analysis approach, Journal of Water Research in Agriculture, 28(3): 542-549. (In Persian)

Barzegar Kaliji, S. (2013). Water pricing in the agricultural sector using the code method (case study of Mazandaran province), Master's thesis, Allameh Tabatabai University, Faculty of Economics. (In Persian)

Esmaeli Moakhar Fordoei, M., Ebrahimi, K., Araghinejad, SH. & Fazlolahi, H. (2018). Economic Value Determination of the Agricultural Water based on Crop-Type in Markazi Province. Journal of Water and Irrigation Management, 8(1): 149-163. (In Persian).

Ghaderzadeh, H. & Jazayeri, A. (2018). Determining the economic value and water demand function in alfalfa production in Dehgolan Plain, Agricultural economics research, 10(3): 23-54. (In Persian)

Kalaei, A. (2014). A brief overview of agriculture management and pricing in Iran and some selected countries. Ministry of Jihad-e-Agriculture, Institute for Planning Research, Agricultural Economics and Rural Development, Tehran. (In Persian)

Keramatzadeh, A., Khosravi Payam, V. & Joolaie, R. (2020). The Impact of water pricing method on agricultural water consumption in Gonbad Kavoos County. Journal of Water and Soil Conservation, 27(2): 179-194. (In Persian)

Moazzeni, S., Tahami Pour, M. & Arian, T. (2012). Investigating the possibility of increasing the water tariff for agricultural purposes in line with the implementation of the Law on Targeting Subsidies, the 8th Biennial Conference on Agricultural Economics of Iran, Shiraz .(In Persian)

Mohammad Hassanli, M., Peyman Afrasiab, P., Sabouhi, M. & Ebrahimian, H. (2020). Groundwater Valuation Using Residual Method and Considering Water Salinity in Varamin County, Journal of Water Research in Agriculture, 34(2): 302-316. (In Persian)

Razaghi, F., Rajabpour, R., Layani Sang Nishti, Q. & Mirzaei, A. (2022). Estimating the economic value of water for urban and agricultural uses: a case study of Kosar Dam, Agricultural Economics Research Journal, 14(1): 76-91. (In Persian)

Shen, X. & Lin, B. (2017). The shadow prices and demand elasticities of agricultural water in China: A Stoned-based analysis, Resources. Conservation and Recycling. 127:21-28.

Soleimani, H. & Hassanali, A.M. (2008). Estimation of water unit cost, water use efficiency and water added value for major crops in Darab as an arid land, Journal of Dynamic Agriculture, 5(1): 45-60. (In Persian)

Tahami Pour Zarandi, M., Khazaei, A. & Kolivand, F. (2019). Analysing the Tariff System and Economic Value of Water in Iran's Industry Sector, Journal of Water and Sustainable Development, 6(3): 19-30. (In Persian)

Taheri, P. (2009). The role of reforming the consumption pattern in the management of water resources in different urban, rural, agricultural and industrial sectors, National Water Crisis Management Conference, Islamic Azad University of Marvdasht .(In Persian)

Vaziri, A., Vakilpour, M.H. & Mortazavi, S.A. (2016). Investigating the effect of economic pricing of irrigation water on the cultivation pattern in Dehgolan Plain, Agricultural Economics Research 8(31): 81-100. (In Persian)

World Water Development Report, (2018). https://www.unwater.org/publications/world-water-development-report-2018

Zhou, Q., Zhang, Y. & Wu, F. (2022). Can Water Price Improve Water Productivity? A Water-Economic-Model-Based Study in Heihe River Basin, China, Sustainability, 14(10), 6224; https://doi.org/10.3390/su14106224

Ziolkowska, J.R. (2018). Profitability of irrigation and value of water in Oklahoma and Texas agriculture, International Journal of Water Resources Development. 34(6): 944-960.