doi: 10.22124/c.2018.8756.1350

دانشگاه گیلان
دانشکده علوم کشاورزی

تحقیقات غلات

دوره هشتم/ شماره سوم/ پاییز ۱۳۹۷ (۲۸۹-۲۷۷)

تعیین ارزش اقتصادی آب آبیاری با روش تابع تولید در اراضی شالی‌کاری گروه‌بندی شده با استفاده از روش تحلیل خوشه‌ای در شبکه آبیاری و زهکشی سفیدرود

مریم سالار عشایری[۱]، محمدرضا خالدیان[۲*]، محمد کاوسی کلاشمی[۳] و مجتبی رضایی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۱/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۲/۱۶

چکیده

در کشور ما تفاوت فاحشی بین میزان عرضه و تقاضای آب در همه بخش‌ها و به‌ویژه در بخش کشاورزی به‌عنوان پرمصرف‌ترین بخش وجود دارد. ارزش‌گذاری اقتصادی به‌عنوان یک راهکار جهت ایجاد تعادل بین عرضه و تقاضا استفاده می‌شود. در این مطالعه، به‌منظور تعیین ارزش اقتصادی آب آبیاری در اراضی شالی‌زاری استان گیلان، ابتدا مزارع بر اساس همگنی به دو گروه تقسیم شدند. سپس با روش تابع تولید و بررسی پنج تابع انعطاف‌پذیر و انعطاف‌ناپذیر، بهترین تابع توسط مقایسات آماری انتخاب و در انتها ارزش اقتصادی هر گروه محاسبه شد. ارزش اقتصادی آب آبیاری در گروه اول با تابع متعالی، ۱۵۲۱۸ ریال در هر متر مکعب و در گروه دوم با تابع لئونتیف تعمیم‌یافته، ۱۷۴۳۴ ریال در هر متر مکعب محاسبه شد. اصلاح نظام تعرفه کنونی و کاهش فاصله بین آب‌بهای پرداختی برای کاهش تلفات در اراضی شالی‌زاری و افزایش بهره‌وری آب، اقدامی درست است. ایجاد بازارهای محلی آب در تغییر نگرش کشاورزان به آب به‌عنوان یک نهاده عمومی مؤثر است و جنبه خصوصی آن را روشن‌تر می‌سازد.

واژه‌های کلیدی: بهره‌وری آب، تابع لئونتیف، تابع متعالی، عرضه و تقاضا

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آب، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

۲- دانشیار، گروه مهندسی آب، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران؛ گروه مهندسی آب و محیط زیست، پژوهشکده حوضه آبی خزر، رشت، ایران

۳- استادیار، گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

۴- استادیار پژوهش، موسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران

* نویسنده مسئول: khaledian@guilan.ac.ir

مقدمه

از گذشته آب در ایران یک نهاده رایگان تلقی شده است. این نوع نگرش مانعی برای روشن شدن ارزش واقعی آب از دیدگاه همگان به‌ویژه کشاورزان شده است، زیرا بیش‌تر از همه بخش‌ها از آب استفاده کرده‌اند و بهایی نپرداخته‌اند. در حال حاضر، کمبود منابع آب از مهم‌ترین عوامل محدودکننده کشاورزی کشور است. افزایش جمعیت، تغییر سطح استانداردهای زندگی و کاهش ریزش‌های جوی ازجمله عواملی هستند که موجب ایجاد عدم توازن بین عرضه و تقاضای آب شده‌اند. ایجاد توازن بین عرضه و تقاضا نیازمند یک مدیریت صحیح و یکپارچه است. در هر کشور روش‌های متفاوتی برای ارزش‌گذاری آب استفاده می‌شود. این روش‌ها به تناسب وضعیت منابع آب، سابقه قیمت‌گذاری آب، گستردگی سیستم‌های آبیاری، توسعه نهادهای اجتماعی و حقوقی آب و سهم بخش کشاورزی در مصرف آب، متفاوت است و با گذشت زمان در اکثر کشورها این روش‌ها تغییر پیدا کرده است. در کشور ما مدیریت منابع آب بر اساس ضوابط سیاسی- اجتماعی است که خود موجب ایجاد مشکل در تخصیص بهینه می‌شود. نظام قیمت‌گذاری در کشور ما مشکلاتی از جمله عدم ارتباط تعرفه آب کشاورزی با ارزش اقتصادی و هزینه تأمین آب دارد که باعث شده است نظام تعرفه آب کشاورزی در رسیدن به کارایی اقتصادی بهتر و کاهش تلفات آب در مدیریت منابع آب موفق نباشد. اخیراً در ایران فشار زیاد بر منابع آب، موجب توجه بیش‌تر به مدیریت بر اساس تقاضا در بهینه‌سازی مدیریت منابع آب شده است (Sadati *et al.*, 2010). تغییر شیوه مدیریت منابع آب به‌سمت مدیریت بر اساس تقاضا با استفاده از ارزش‌گذاری اقتصادی آب، یکی از ابزارهای کارآمد در تخصیص بهینه است که در ایجاد تعادل بین عرضه و تقاضا نقش تعیین‌کننده‌ای برعهده دارد. در صورت تعیین صحیح ارزش اقتصادی آب آبیاری، بسیاری از موانع و مشکلات در مدیریت منابع آب از بین خواهد رفت (Ehsani *et al.*, 2012).

ارزش‌گذاری آب آبیاری به‌عنوان یک نهاده با ارزش و کمیاب با روش‌های مختلفی انجام می‌شود. بسته به نوع مصرف آب، روش‌های برآورد ارزش اقتصادی آن متفاوت است. چیمه و همکاران (Chimeh *et al.*, 2014) و اسماعیلی موخر فردویی و همکاران (Esmaeili-Moakher-Fardoyi *et al.*, 2016)، برای تعیین ارزش اقتصادی آب آبیاری از سه روش وزن‌دهی بر اساس حجم آب مصرفی، مساحت زیر کشت و درآمد حاصل از هر محصول بهره جستند. در هر دو مطالعه بهترین روش، وزن‌دهی بر اساس حجم آب مصرفی بود، زیرا در میان سایر روش‌های انجام شده، نزدیک‌ترین قیمت را با قیمت واقعی آب نشان داد.

مایکل و همکاران (Michael *et al.*, 2014) در تانزانیا از رابطه بین مقدار محصول (برنج) و آب مصرفی برای فرمول‌بندی و سیاست‌گذاری نو استفاده کردند، به‌طوری‌که افزایش ۶ درصدی آب مورد نیاز، موجب افزایش ۱۰ درصدی محصول شد و ضریب قیمت آب منفی محاسبه شد، بدین معنی که افزایش یک درصدی قیمت آب موجب کاهش ۰/۰۳ درصدی تقاضای آب می‌شود. پس می‌توان نتیجه گرفت که قیمت‌گذاری عاملی مهم برای کاهش مصرف آب در محصولاتی با عملکرد وابسته به مصرف آب نیز می‌شود. چنگ و همکاران (Cheng *et al.*, 2016) با تأکید به این نکته که میزان آب در عملکرد برنج تأثیرگذار است، از پنج تابع به‌منظور انتخاب بهترین تابع در مطابقت با عملکرد و دوره رشد برنج محلی استان جیلین چین استفاده کردند. مقایسه نتایج محاسبات با واقعیت نشان داد که تابع جانسون از بین توابع انتخابی، برای برنج محلی این منطقه مناسب‌ترین تابع تولید است. مطالعه انجام شده در مزارع کشت برنج در شمال ایتالیا در سطوح مختلف عرضه با برنامه‌نویسی و تحت قیمت‌گذاری‌های مختلف و با افزایش تدریجی سطح هزینه‌ها صورت گرفت. این برنامه به‌عنوان یک ابزار مفید برای حمایت از سیاست‌های آینده در منابع آب، به‌منظور تخصیص منابع بهتر می‌تواند کاربرد داشته باشد (Sali and Monaco, 2014).

روش دیگری که برای برآورد ارزش اقتصادی آب آبیاری کاربرد فراوانی دارد، روش برنامه‌ریزی مثبت ریاضی است. از جمله مطالعاتی که با این روش انجام شده است، می‌توان به مطالعات مدلین آزورا و همکاران (Medellín-Azuara *et al.*, 2010)، پرهیزکاری و صبوحی (Parhizkari and Sabouhi, 2014)، شاوردی و تهامی‌پور (Shawerdi and Tahamipour, 2016) و ورزیری و همکاران (Varziri *et al.*, 2016) اشاره کرد.

در حوضه کریو کنیا با روش پسماند، ارزش اقتصادی آب آبیاری به‌تفکیک محصولات زراعی و باغی برآورد شد. نتایج نشان داد که ارزش اقتصادی آب آبیاری برآورد شده برای محصولات زراعی بیش‌تر از درختان میوه است، به این

معنی که پتانسیل بیش‌تری در محصولات زراعی نسبت به درختان میوه در حوضه وجود داشت (Kiprop *et al.*, 2015). همچنین موسمبا و همکاران (Musamba *et al.*, 2011) ارزش خالص آب آبیاری را برای محصولات کشاورزی برنج و غیر برنج با استفاده از روش انتساب باقیمانده به‌ترتیب معادل ۰/۲۳ دلار و ۰/۰۷۳ دلار در هر متر مکعب آب مصرفی برآورد کردند. الکرابلیه و همکاران (Al-Karablieh *et al.*, 2012) نیز از همان روش برای برآورد ارزش اقتصادی آب آبیاری در اردن استفاده کردند. آن‌ها وجود یارانه برای آب را عاملی برای پنهان ماندن ارزش آب از چشم کشاورزان و احتمال استفاده بیش از نیاز از این نهاده با ارزش عنوان کردند. صادقی و همکاران (Sadeghi *et al.*, 2012) نه تنها پرداخت آب‌بهای بسیار پایین برای آب توسط کشاورزان را دلیلی برای تخصیص ناکارآمد دانستند، بلکه نشان دادند که موجب استفاده ناآگاهانه کشاورزان از این نهاده با ارزش در تولید محصولات غیر ضروری با نیاز آبی بالا نیز می‌شود.

روش پسماند، روش بودجه‌بندی و برنامه‌ریزی خطی که در بالا به تعدادی از مطالعات انجام شده با آن‌ها پرداخته شد، از مهم‌ترین روش‌های ناپارامتری تعیین ارزش اقتصادی آب هستند. روش‌های پارامتری، مبتنی بر استفاده از الگوهای اقتصادسنجی هستند که روش تابع تولید یکی از کاربردی‌ترین آن‌ها است. از مزایای روش‌های پارامتری در برآورد ارزش اقتصادی آب می‌توان به امکان انجام آزمون‌های آماری برای پارامترهای برآورد شده الگوهای اقتصادسنجی، عدم نیاز به تعیین میزان محدودیت نهاده‌ها و استفاده از توابع مختلف از جمله توابع انعطاف‌پذیر و انعطاف‌ناپذیر اشاره کرد (Tahamipour and Yazdani, 2016).

دهقانپور و شیخ‌زین‌الدین (Dehghanpour and Sheykhzeinodin, 2013) با استفاده از روش تابع تولید، ارزش اقتصادی آب آبیاری را در دشت یزد-اردکان برآورد کردند. ارزش اقتصادی آب و قیمت تمام‌شده برای هر متر مکعب با تابع لئونتیف تعمیم‌یافته به‌ترتیب ۹۹۷/۵ و ۵۳۰/۸ ریال بود و استفاده بیش‌تر از مقدار نیاز، دلیل فاصله بین ارزش اقتصادی و قیمت تمام‌شده گزارش شد. از روش تابع تولید برای محاسبه ارزش اقتصادی آب آبیاری در مزارع گندم شهرستان گرگان (Golzary *et al.*, 2016) و در مزارع سیب‌زمینی استان‌های کردستان و همدان (Zarei *et al.*, 2013) استفاده شد. تابع کاب-داگلاس به‌عنوان بهترین فرم تابعی در هر دو مطالعه انتخاب شد. ارزش اقتصادی آب آبیاری برای گندم و سیب‌زمینی به‌ترتیب ۱۵۶۴/۵ و ۲۳۴۸/۷ ریال به‌ازای هر متر مکعب برآورد شد که با مبلغ پرداختی توسط کشاورزان اختلاف زیادی داشت. پاکروان و مهرابی بشرآبادی (Pakravan and Mehrabi-Basharabadi, 2010) نیز در تحقیقی به‌منظور برآورد ارزش اقتصادی آب آبیاری با همان روش، آب را مؤثرترین نهاده در تولید چغندرقند در استان کرمان بیان کرد. قیمت واقعی و مبلغ پرداختی توسط کشاورزان به‌ترتیب ۷۰۵ و ۲۹۲/۳۹ ریال به‌ازای هر متر مکعب آب آبیاری بود.

ذوالپیرانی و همکاران (Zolpirani *et al.*, 2015b) نیز ارزش اقتصادی آب در مزارع برنج تحت پوشش سد البرز را در سال ۲۰۱۴ برابر ۱۵۲۱۰ ریال در هر متر مکعب محاسبه کردند. در مطالعه آن‌ها، تابع متعالی تابع برتر بود. نتایج نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین قیمت به‌دست آمده و قیمت پرداختی توسط کشاورزان وجود دارد. ارزش اقتصادی آب آبیاری برای برنج در شهرستان بابل با تابع برتر متعالی ۵۶۷۲ ریال برای هر متر مکعب به‌دست آمد (Zolpirani *et al.*, 2015a).

تهامی‌پور و همکاران (Tahamipour *et al.*, 2015) علاوه بر برآورد ارزش اقتصادی آب آبیاری در استان گلستان، به‌منظور بهبود مدیریت منابع آب، سناریوهای مختلفی را با روش تابع تولید در نظر گرفتند. در سناریوی اول، با فرض اینکه شرکت‌های آب منطقه‌ای هیچ سودی دریافت نکنند، یعنی ارزش اقتصادی آب برابر با هزینه عرضه آن باشد، برآورد کردند که کشاورزان باید ۱۳۹۹ ریال به ازای هر متر مکعب بپردازند. این در حالی است که تعرفه آب در شبکه مدرن و نیمه‌مدرن بین ۱۲۰-۲۰ ریال به ازای هر متر مکعب است. سناریوی دوم، تعیین تعرفه آب برابر ارزش اقتصادی آب و سناریوی سوم، قیمت‌گذاری بر اساس ارزش و هزینه بود. نتایج نشان داد که هزینه تأمین آب آبیاری کم‌تر از ارزش اقتصادی آن است و سیاست‌های تخصیص باید به سمت ارزش واقعی آب اصلاح شوند.

با توجه به مزایای روش تابع تولید و مناسب بودن آن برای الگوهای تک‌کشتی و دامنه استفاده گسترده آن در بخش کشاورزی و صنعت، این پژوهش اجرا شد تا ارزش اقتصادی آب آبیاری در استان گیلان با این روش محاسبه شود. هدف از این تحقیق، برآورد ارزش اقتصادی آب آبیاری به‌منظور تغییر نگرش مردم نسبت به آب به‌عنوان یک نهاده رایگان به یک کالای اقتصادی با ارزش بود، بدین معنی که

محصول با ارزش نهایی بیش‌تر در اولویت تخصیص قرار گیرد و در صورت تک‌محصولی بودن منطقه، آب به مناطق با پتانسیل بالاتر تخصیص یابد. بر اساس نتایج این تحقیق، راه‌کارهای لازم برای مدیریت پایدار منابع آب در شبکه آبیاری و زهکشی سفیدرود از طریق شناسایی و تنظیم اولویت، محدودیت، مشکلات و چالش‌های مدیریت منابع آب در این شبکه ارایه خواهد شد.

مواد و روش‌ها

در مطالعه حاضر روش تابع تولید برای برآورد ارزش اقتصادی آب آبیاری ترجیح داده شده است، زیرا داده‌های مورد استفاده مقطعی هستند و در این مدت، تغییرات قابل ملاحظه‌ای در قیمت نهاده‌ها و نیز قیمت محصول وجود نداشته است. روش تابع تولید با تکنیک‌های اقتصادسنجی از روش‌های پارامتری است که اطلاعات اولیه یا ثانویه از نهاده‌ها و ستانده‌های کشاورزی و صنعتی با تکنیک‌های آماری (معمولاً رگرسیون) مورد تحلیل قرار می‌گیرد. این روش در ارزش‌گذاری آب در مکان مصرف برای تولیدکنندگان کشاورزی یا صنعتی کاربرد دارد. لازم به ذکر است که این روش برای برآورد ارزش آب در سطح یک مزرعه تا سطح حوضه آبریز کاربرد دارد.

استان گیلان، یکی از پرباران‌ترین استان‌های ایران است عدم وقوع بارش‌ها در فصل کشت، نبودن تمهیدات لازم برای ذخیره آب حاصل از نزولات جوی، کاهش حجم مخزن سد سفیدرود بر اثر رسوبات و از همه مهم‌تر، کاهش حجم تخصیصی آب به استان گیلان به ۸۵۰ میلیون متر مکعب در سال بر اثر سیاست‌های اتخاذ شده کشور، موجب توجه بیش‌تر به آب به‌عنوان یک نهاده با ارزش شده است (Pandam, 2004). اراضی تحت پوشش شبکه آبیاری و زهکشی سفیدرود به سه ناحیه عمرانی آبیاری شامل دشت مرکزی (واحدهای عمرانی G) با وسعت ۷۵/۸ هزار هکتار، ناحیه فومنات (واحدهای عمرانی F) با وسعت ۴۹/۷ هزار هکتار و ناحیه شرقی (واحدهای عمرانی D) با وسعت ۵۴ هزار هکتار تقسیم می‌شود (Pandam, 2004). کشت اصلی استان برنج است که به‌صورت سنتی آبیاری می‌شود، اما بهره‌وری در این روش پایین و میزان تلفات بالا است. وابسته بودن عملکرد برنج به آب و کمبود منابع آب در دسترس برای کشت پایدار محصول بومی استان، نیازمند برنامه و مدیریت قوی در جهت استفاده بهینه از منابع محدود آب است. در این راستا، تعیین ارزش اقتصادی آب و پذیرش آن توسط کشاورزان، بستری برای تقویت نقش اقتصادی آب در توسعه پایدار مهیا می‌سازد.

مقدار تولید هر محصول بستگی به مقدار نهاده‌های مصرفی دارد. تابع تولید یک رابطه ریاضی است که چگونگی ارتباط بین مقدار عملکرد یک محصول در یک فصل رشد و مقدار و نوع عوامل تولید نظیر نیروی انسانی، کودهای شیمیایی، سموم و ... را مشخص می‌کند. فرم عمومی تابع تولید به قرار رابطه ۱ است:

$$y = f\ (x_1, x_2, x_3, \ \dots\ , x_{n-1}, wat) \qquad (۱)$$

در این رابطه، y میزان تولید شلتوک، f تابعیت عملکرد شلتوک به نهاده‌ها، x_1 تا x_{n-1} نهاده‌های تولید و wat میزان آب مصرفی است. هدف از برآورد این تابع، به‌کارگیری ضرایب نهاده‌های تولید در تعیین ارزش اقتصادی آب برای محصول شلتوک است. بنابراین، هر قدر در انتخاب الگوی تابع تولید بیش‌تر دقت شود و الگوی مناسب‌تر برگزیده شود، رابطه‌های تولیدی به‌طور واقعی‌تری منعکس شده و از بروز خطا در بیان رابطه بین نهاده‌ها و ستانده‌ها کاسته خواهد شد. در این پژوهش، به‌منظور تعیین بهترین مدل برای برآورد ارزش اقتصادی آب آبیاری، توابع انعطاف‌ناپذیر کاب-داگلاس و متعالی و توابع انعطاف‌پذیر ترانسلوگ، درجه دوم تعمیم‌یافته و لئونتیف تعمیم‌یافته در نرم‌افزار اقتصادسنجی Eviews مورد برازش و مقایسه قرار گرفتند.

معرفی فرم‌های تابعی تولید

شکل تابعی و ریاضی توابع تولید به‌صورت زیر است (Debertin, 2002):

فرم تابعی کاب-داگلاس: یکی از معروف‌ترین توابعی است که در بیان روابط ساختاری در تولید از گذشته مورد استفاده بوده و ضرورت مصرف نهاده در آن به‌خوبی نمایان است، اما ثابت بودن کشش‌های تولیدی و تعیین نشدن هر سه ناحیه تولید از محدودیت‌های این تابع است (رابطه ۲).

فرم تابعی متعالی: این تابع شکل تغییر یافته‌ای از تابع کاب-داگلاس است، با این تفاوت که قادر است بهره‌وری نهایی غیر ثابت و منفی بودن تولید نهایی را به‌طور مجزا در هر سه ناحیه تولید نشان دهد (رابطه ۳).

فرم تابعی ترانسلوگ: مشتق اول این تابع، محدودیتی از نظر علامت ندارد و هر سه ناحیه تولیدی را نشان می‌دهد. در این تابع، علاوه بر پارامترهای متغیرهای اصلی، ضرایب

برهمکنش بین متغیرها نیز برآورد می‌شود و امکان ارزیابی هم‌زمان اثر آن‌ها بر هم وجود دارد (رابطه ۴).

فرم تابعی درجه دو تعمیم‌یافته: بر اساس این تابع (رابطه ۵)، اگر میزان مصرف یکی یا همه نهاده‌ها صفر باشد، مقدار محصول برابر صفر نخواهد بود (Bakhshodeh and Akbari, 2013).

فرم تابعی لئونتیف تعمیم‌یافته: در این تابع (رابطه ۶)، اگر مصرف تمام نهاده‌ها صفر باشد، میزان تولید صفر است، اما اگر تنها یکی از نهاده‌ها مصرف نشود، تولید برابر صفر نیست (Bakhshodeh and Akbari, 2013).

$$y = \alpha_0 \times W^{\alpha_{wat}} \times L^{\alpha_{lab}} \times M^{\alpha_{mac}} \times F^{\alpha_{fer}} \times P^{\alpha_{pes}} \times S^{\alpha_{sed}} \quad (۲)$$

$$y = \alpha_0 \times W^{\alpha_{wat}} \times L^{\alpha_{lab}} \times M^{\alpha_{mac}} \times F^{\alpha_{fer}} \times P^{\alpha_{pes}} \times S^{\alpha_{sed}} \times \exp\{(\beta_{wat} \times W) + (\beta_{lab} \times L) + (\beta_{mac} \times M) + (\beta_{fer} \times F) + (\beta_{pes} \times P) + (\beta_{sed} \times S)\} \quad (۳)$$

$$\begin{aligned} \ln(y) = {} & \alpha_0 + \alpha_{wat}\ln(W) + \alpha_{lab}\ln(L) + \alpha_{mac}\ln(M) + \alpha_{fer}\ln(F) + \alpha_{pes}\ln(P) + \alpha_{sed}\ln(S) \\ & + 0.5\beta_{wat}\ln W^2 + 0.5\beta_{lab}\ln L^2 + 0.5\beta_{mac}\ln M^2 + 0.5\beta_{fer}\ln F^2 + 0.5\beta_{pes}\ln P^2 \\ & + 0.5\beta_{sed}\ln S^2 + \beta_{watlab}\ln(W)\ln(L) + \beta_{watmac}\ln(W)\ln(M) + \beta_{watfer}\ln(W)\ln(F) \\ & + \beta_{watpes}\ln(W)\ln(P) + \beta_{watsed}\ln(W)\ln(S) + \beta_{labmac}\ln(L)\ln(M) + \beta_{labfer}\ln(L)\ln(F) \\ & + \beta_{labpes}\ln(L)\ln(P) + \beta_{labsed}\ln(L)\ln(S) + \beta_{macfer}\ln(M)\ln(F) + \beta_{macpes}\ln(M)\ln(P) \\ & + \beta_{macsed}\ln(M)\ln(S) + \beta_{ferpes}\ln(F)\ln(P) + \beta_{fersed}\ln(F)\ln(S) + \beta_{pessed}\ln(P)\ln(S) \end{aligned} \quad (۴)$$

$$\begin{aligned} y = {} & \alpha_0 + \alpha_{wat}W + \alpha_{lab}L + \alpha_{mac}M + \alpha_{fer}F + \alpha_{pes}P + \alpha_{sed}S + 0.5\beta_{wat}W^2 + 0.5\beta_{lab}L^2 \\ & + 0.5\beta_{mac}M^2 + 0.5\beta_{fer}F^2 + 0.5\beta_{pes}P^2 + 0.5\beta_{sed}S^2 + \beta_{watlab}WL + \beta_{watmac}WM \\ & + \beta_{watfer}WF + \beta_{watpes}WP + \beta_{watsed}WS + \beta_{labmac}LM + \beta_{labfer}LF + \beta_{labpes}LP + \beta_{labsed}LS \\ & + \beta_{macfer}MF + \beta_{macpes}MP + \beta_{macsed}MS + \beta_{ferpes}FP + \beta_{fersed}FS + \beta_{pessed}PS \end{aligned} \quad (۵)$$

$$\begin{aligned} y = {} & \alpha_0 + \alpha_{wat}W^{0.5} + \alpha_{lab}L^{0.5} + \alpha_{mac}M^{0.5} + \alpha_{fer}F^{0.5} + \alpha_{pes}P^{0.5} + \alpha_{sed}S^{0.5} + 0.5\beta_{wat}W + 0.5\beta_{lab}L \\ & + 0.5\beta_{mac}M + 0.5\beta_{fer}F + 0.5\beta_{pes}P + 0.5\beta_{sed}S + \beta_{watlab}W^{0.5}L^{0.5} + \beta_{watmac}W^{0.5}M^{0.5} + \beta_{watfer}W^{0.5}F^{0.5} \\ & + \beta_{watpes}W^{0.5}P^{0.5} + \beta_{watsed}W^{0.5}S^{0.5} + \beta_{labmac}L^{0.5}M^{0.5} + \beta_{labfer}L^{0.5}F^{0.5} + \beta_{labpes}L^{0.5}P^{0.5} + \beta_{labsed}L^{0.5}S^{0.5} \\ & + \beta_{macfer}M^{0.5}F^{0.5} + \beta_{macpes}M^{0.5}P^{0.5} + \beta_{macsed}M^{0.5}S^{0.5} + \beta_{ferpes}F^{0.5}P^{0.5} + \beta_{fersed}F^{0.5}S^{0.5} + \beta_{pessed}P^{0.5}S^{0.5} \end{aligned} \quad (۶)$$

در این توابع، y، W، L، M، F، P، S، α و β به‌ترتیب کیلوگرم عملکرد شلتوک، متر مکعب آب مصرفی، نفر-روز نیروی کار، هزینه ماشین‌آلات، کیلوگرم کود شیمیایی، کیلوگرم سم مصرفی، کیلوگرم بذر مصرفی و ضرایب رگرسیون هستند. این عوامل از مهم‌ترین نهاده‌ها در تولید برنج می‌باشند. در مطالعه مایکل و همکاران (Michael *et al.*, 2014) نیز بیش‌تر این نهاده‌ها در نظر گرفته شده‌اند. پس از برآورد این توابع با استفاده از نرم‌افزار اقتصادسنجی Eviews، با مقایسه آزمون‌ها و معیارهای اقتصادسنجی نظیر ضریب تبیین، ضریب تبیین تصحیح‌شده، آماره آکایک (Akaike)، آماره شوارتز (Schwarz) و احتمال معنی‌داری ضرایب برآورد شده، فرم تابعی برتر شناسایی شد. علاوه بر این، برای بررسی یکنواختی واریانس‌ها و نرمال‌بودن خطاها، به‌ترتیب از آزمون‌های گلجسر (Glejser test) و جارک‌برا (Jarqe-Bera) استفاده و نتایج در جدول‌های ۲ و ۴ ارایه شد. اگر بازار محصول و عوامل تولید رقابتی باشند، ارزش اقتصادی هر نهاده از حاصل‌ضرب تولید نهایی آن در قیمت هر واحد محصول به‌دست می‌آید. از این‌رو، ارزش اقتصادی نهاده آب در تولید شلتوک، به‌صورت زیر محاسبه شد:

$$VMP_{wat} = P_y \times MP_{wat} = P_y \times \frac{\partial_y}{\partial_{wat}} \quad (۷)$$

در این رابطه، y و wat به‌ترتیب میزان تولید و میزان مصرف آب، P_y قیمت محصول، MP_{wat} تولید نهایی و VMP_{wat} ارزش تولید نهایی یا ارزش اقتصادی آب است. آب مصرفی با استفاده از رابطه درجه دو بین میزان عملکرد و آب آبیاری به‌شکل زیر محاسبه شد:

$$y = -0.0095wat^2 + 14.551wat - 1136 \quad (۸)$$

که در آن، y میزان عملکرد بر حسب کیلوگرم بر هکتار و wat آب آبیاری برحسب میلی‌متر است. این رابطه با برداشت تعدادی نمونه گیاهی از شالیزارهای غرب استان گیلان توسط دواتگر (Davatgar, 2010) به‌دست آمد که هدف آن، تعیین رابطه بین آب مصرفی و عملکرد برنج رقم هاشمی بود. این پژوهش در سطح وسیع صورت گرفت و داده‌های لازم آن توسط پرسشنامه‌های طرح هزینه تولید وزارت جهاد کشاورزی در سال زراعی ۱۳۹۳-۱۳۹۲ جمع‌آوری شد. داده‌ها مقطعی بودند و گروه‌بندی با تحلیل خوشه‌ای به‌روش سلسله مراتبی تجمعی انجام شد، به این صورت که ابتدا نسبت عملکرد به آب مصرفی یا همان مقادیر تولید متوسط برای همه مزارع محاسبه و سپس مزارع توسط نرم‌افزار SPSS با تحلیل خوشه‌ای به ۲ تا ۵ گروه تقسیم شدند. پس از بررسی تعداد مزارع در هر گروه مشخص شد که انجام مقایسات، بین خوشه‌بندیِ دو گروهی از مزارع انجام‌پذیر است و به‌علت کم بودن تعداد مزارع در گروه‌های سایر خوشه‌ها، مقایسات آماری بی‌معنی خواهد بود.

بر اساس این گروه‌بندی، گروه اول شامل ۲۱۳ مزرعه و گروه دوم شامل ۱۶۰ مزرعه بود. مزارع مورد بررسی از بین واحدهای عمرانی شبکه آبیاری و زهکشی سفیدرود بودند که وضعیت جغرافیایی آن‌ها تأثیری بر گروه‌بندی نداشت و مزارع بر اساس شباهت‌ها و از نظر عملکرد و میزان مصرف نهاده‌ها گروه‌بندی شدند. هدف از این گروه‌بندی بررسی همگنی داده‌ها و مشخص شدن اختلاف در ارزش اقتصادی مزارع در گروه‌بندی انجام شده بر اساس تفاوت در متوسط تولید بود، زیرا تحلیل‌خوشه‌ای روشی است برای گروه‌بندی افراد یا موضوعات، به‌طوری‌که افراد درون گروه‌ها شباهت زیادی با همدیگر دارند، اما بین گروه‌ها تفاوت قابل‌توجهی وجود دارد (Kalantari, 2003). در انتها با استفاده از روش پارامتری تابع تولید، تابع تولید برتر در هر گروه مشخص و انتخاب شد. با این برآورد، اهمیت آب در عملکرد برنج، بیش‌تر مشخص می‌شود که عاملی برای تشویق کشاورزان به صرفه‌جویی یا استفاده مؤثر از آن می‌باشد و تلفات آب را به حداقل ممکن می‌رساند. همچنین، اولویت‌های تخصیص و شکاف بین آب‌بهای پرداختی و ارزش واقعی آب در این تحقیق مشخص شد. با مشخص شدن این شکاف، افزایش آب‌بها سیاستی صحیح خواهد بود که باید با احتیاط و در نظر گرفتن همه جوانب صورت پذیرد.

نتایج و بحث

مزارع گروه اول

نتایج آماره‌های توصیفی مقدار مصرف نهاده‌ها در مزارع گروه اول با ۲۱۳ مزرعه، در جدول ۱ ارایه شده است. در مزارع گروه اول، سم با ضریب تغییرات ۰/۸۶۷ بیش‌ترین نوسانات مصرف و آب با ضریب تغییرات ۰/۰۵۶ کم‌ترین نوسانات را داشت. این اعداد نشان می‌دهند که کشاورزان در این گروه در مصرف آب بسیار شبیه به هم عمل کرده‌اند و سیستم آبیاری آن‌ها یکی بوده است. همچنین، میانگین عملکرد شلتوک در یک هکتار از مزارع گروه اول برابر با ۳۵۳۵ کیلوگرم بود و بعد از آب کم‌ترین نوسانات را به خود اختصاص داد. می‌توان نتیجه گرفت که عملکرد شلتوک تا حد زیادی به آب مصرفی وابسته است. به‌طور میانگین ۶۴ نفر-روز در هر هکتار مشغول به‌کار بودند. متوسط هزینه ماشین‌آلات ۱۲/۹ میلیون ریال در هر هکتار محاسبه شد. کم‌ترین و بیش‌ترین مقدار بذر مصرفی به‌ترتیب برابر با ۴۵ و ۱۳۶/۴ کیلوگرم در هر هکتار بود. میزان کود مصرفی نیز در این گروه بین ۶۰ تا ۴۵۵ کیلوگرم متغیر بود.

به‌منظور رسیدن به هدف مطالعه و انتخاب بهترین تابع تولید برای محاسبه ارزش اقتصادی آب آبیاری، پنج فرم تابعی شامل کاب-داگلاس (Cobb-Douglas)، متعالی (Transcendental)، ترانسلوگ (Translog)، درجه دو تعمیم‌یافته (Generalized quadratic) و لئونتیف تعمیم‌یافته (Generalized Leontief) برآورد شد. نتایج ارزیابی این توابع برای مزارع گروه دوم در جدول ۲ ارایه شده است. به‌منظور انتخاب بهترین تابع تولید نیز از آزمون-ها و معیارهای اقتصادسنجی استفاده شد. در مرحله اول، توابع برازش شده از نظر نرمال بودن توزیع خطاها با آماره جارک‌برا (Jarqe-Bera) بررسی شدند. بر این اساس فرم‌های ترانسندنتال، ترانسلوگ و لئونتیف تعمیم‌یافته کنار گذاشته شدند. معیار بعدی در انتخاب بهترین تابع تولید، تعداد ضرایب معنی‌دار است. از بین دو تابع باقی‌مانده، تابع

کاب-داگلاس با ضرایب معنی‌دار ۵۷/۱۴ درصد به‌عنوان بهترین تابع تولید بود، اما به‌علت این‌که در تحلیل ناحیه سوم تولید محدودیت دارد، تابع متعالی به‌عنوان تابع برتر در این گروه از مزارع انتخاب شد. ضریب تبیین ۹۸/۵ درصد و ضریب تبیین تصحیح‌شده ۹۸/۴ درصد تابع متعالی بیانگر توانایی بالای این تابع در توجیه تغییرات مربوط به متغیر وابسته عملکرد است.

جدول ۱- آماره‌های توصیفی مقدار مصرف نهاده‌ها در هکتار برای گروه اول

Table 1. Descriptive statistics of input consumption per hectare in the first group

Input	Seed (kg)	Pesticides (kg)	Fertilizer (kg)	Machinery (Million Rials)	Manpower (labor)	Irrigation water (m^3)	Yield (kg)
Minimum	45	0	60	7	17.8	8459	3000
Maximum	136.4	33.4	455	25	117.5	10580	3867
Median	82.1	2.5	233	2.12	62	9800	3583
Mean	87.5	9.6	250	9.12	63.6	9845	3535
Standard deviation	22.6	8.4	80	2.3	19.2	548	222
CV	0.258	0.867	0.319	0.249	0.302	0.056	0.063

جدول۲- مقایسه الگوهای تابعی مختلف برازش شده برای تولید برنج در هکتار برای گروه اول

Table 2. Comparison of different fitted functional forms for rice production per hectare in the first group

Criterion	Cobb-Douglas	Transcendental	Generalized quadratic	Translog	Generalized Leontief
R-squared	0.981	0.985	0.986	0.987	0.986
Adjusted R-square	0.980	0.984	0.984	0.985	0.984
Akaike info criterion (AIC)	9.749	689.9	634.9	739.6-	608.9
Schwarz criterion	958.9	894.9	076.10	297.6-	050.10
Significant proportion of the estimated coefficients	57.14	15.4	14.3	21.43	14.3
Jarqe-Bera (p-value)	2.44 (0.3)	1.37 (0.42)	8.55 (0.01)	7.75 (0.02)	8.23 (0.01)
Glejser test (p-value)	2.314 (0.03)	2.156 (0.05)	1.216 (0.3)	1.156 (0.33)	1.28 (0.27)

نتایج برازش تابع متعالی برای مزارع گروه اول در جدول ۳ ارایه شده است. نتایج نشان داد که ضرایب رگرسیون α_0، α_{wat} و β_{wat} در سطح احتمال یک درصد و β_{fer} در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بودند. همان‌طور که مشاهده می‌شود، آب مصرفی با ضریب ۳/۸۹۸ بیش‌ترین تأثیر معنی‌دار را روی میزان شلتوک داشت. این امر بدین معنی است که افزایش یک درصدی آب مصرفی، میزان محصول را به مقدار ۳/۸۹۸ درصد افزایش می‌دهد. این نتیجه به تمامی مزارعی که در این گروه قرار دارند قابل تعمیم است. کم‌ترین اثر را نیز سم مصرفی داشت. همچنین، ضریب نیروی کار، هزینه ماشین‌آلات و کود مصرفی نیز منفی بود که نشان‌دهنده استفاده بیش از حد متوسط نمونه در قیاس با نمونه بهینه از این نهاده‌ها در تولید است، زیرا در تابع متعالی علامت ضرایب به معنی کشش تولید است. اگر منفی باشد نشان از واقع شدن در ناحیه سوم تولید و کاربرد بیش از حد این نهاده‌ها دارد. بر مبنای نتایج حاصل برای مزارع گروه اول، با توجه به میانه تولید نهایی برابر (۰/۳۸۷) آب آبیاری در نمونه مورد بررسی و ارزش اقتصادی ۳۹۵۰۰ ریال به‌ازای هر کیلوگرم شلتوک تولیدی در سال زراعی ۹۳-۹۲، ارزش تولید نهایی (ارزش اقتصادی) هر متر مکعب آب آبیاری معادل ۱۵۲۱۸ ریال محاسبه شد (جدول ۷). این در حالی است که کشاورزان در قسمت مدرن شبکه به‌ازای هر متر مکعب آب آبیاری، بهایی معادل ۴۳۴ ریال یعنی ۲/۸۵ درصد ارزش اقتصادی برآورد شده در این مطالعه می‌پردازند.

مزارع گروه دوم

نتایج کلی آماره‌های توصیفی مصرف نهاده‌ها برای گروه دوم در جدول ۴ ارایه شده است. بیش‌ترین مقدار بذر مصرف‌شده در این گروه، ۱۴۰ کیلوگرم در هکتار بود. در این گروه نیز همانند گروه اول، سم مصرفی بیش‌ترین نوسانات مصرف را به‌خود اختصاص داد و به‌طور میانگین ۹/۶ کیلوگرم در هر هکتار مصرف شده است. بیشینه هزینه

ماشین‌آلات ۲۵/۶ میلیون ریال در هکتار بود و به‌طور میانگین ۶۷ نفر-روز در هر هکتار مشغول فعالیت بودند. میانه کود مصرفی نیز ۲۵۰ کیلوگرم در هر هکتار بود. آب مصرفی و عملکرد در هر هکتار از مزارع این گروه به‌ترتیب کم‌ترین میزان تغییرات را داشتند. میانگین آب مصرفی در این گروه ۱۰۸۷۴ متر مکعب در هر هکتار بود که در مقایسه با گروه اول بالاتر و متعاقباً عملکرد گروه دوم هم بالاتر از گروه اول بود. پس با قاطعیت می‌توان گفت که تولید شلتوک به‌میزان آب مصرفی بستگی دارد. این نتیجه با نتایج مطالعات مایکل و همکاران (Michael *et al.*, 2014) و چنگ و همکاران (Cheng *et al.*, 2016) مطابقت داشت.

جدول ۳- نتایج برازش الگوی کاب-داگلاس برای برنج در مزارع گروه اول

Table 3. Results of fitting the Cobb-Douglas form for rice production in the first group

No	symbol	Coefficients	Standard error	t-statistic	p-value
1	α_0	-2.07	0.13	-16.05	0
2	α_{wat}	1.12	0.013	85.24	0
3	α_{lab}	-0.0037	0.0023	-1.595	0.112
4	α_{mac}	-0.0046	0.0026	-1.795	0.074
5	α_{fer}	0.0064	0.2309E-2	2.780	0.006
6	α_{pes}	0.27512E-7	0.2941E-7	0.935	0.351
7	α_{sed}	0.17091E-3	0.0026	0.065	0.948

جدول ۴- آماره‌های توصیفی مقدار مصرف نهاده‌ها در هکتار برای گروه دوم

Table 4. Descriptive statistics of the input consumption per hectare in the second group

Input	Seed (kg)	Pesticides (kg)	Fertilizer (kg)	Machinery (Million Rials)	Manpower (labor)	Irrigation water (m^3)	Yield (kg)
Minimum	40	0	86.7	5.6	25.2	9800	3600
Maximum	140	34	450	6.25	117.5	11546	4420
Median	80	5	250	6.12	64	10797	4050
Mean	82.4	9.6	251	4.13	67	10874	4074
Standard deviation	22	8.4	80.3	4.4	22	440	199
CV	0.267	0.882	0.319	0.328	0.328	0.040	0.049

به‌منظور انتخاب الگوی برتر و محاسبه ارزش اقتصادی آب آبیاری در تولید محصول شلتوک در مزارع گروه دوم نیز پنج تابع تولید مورد نظر به‌عنوان جایگزین‌های اولیه برای بیان رابطه بین عوامل تولید و مقدار تولید شلتوک، ارزیابی و نتایج آن‌ها به‌همراه معیارهای اقتصادسنجی در جدول ۵ ارایه شدند. نتایج نشان داد که تابع لئونتیف تعمیم‌یافته، فرم تابعی برتر در مزارع گروه دوم بود. دلیل این انتخاب، نرمال بودن توزیع خطاها بود که توسط آماره Jarqe-Bera به‌دست آمد. همچنین، این فرم تابعی همانند فرم‌های ترانسلوگ و درجه دو تعمیم‌یافته، هر سه ناحیه تولید را نشان داده و از نظر علامت در مشتق اول هیچ‌گونه محدودیتی ندارد. علاوه بر آن، این تابع ناهمسانی واریانس نیز نداشت و ضریب تبیین و ضریب تبیین تصحیح‌شده آن به‌ترتیب برابر با ۰/۹۸۳ و ۰/۹۷۹ بود که نشان داد متغیرهای وارد شده در مدل، توانسته‌اند بیش از ۹۵ درصد از تغییرات را توجیه کنند.

نتایج برازش این تابع در جدول ۶ ارایه شده است. چنانچه جدول ۶ نیز نشان می‌دهد، ضریب β_{labpes} در سطح احتمال پنج درصد و ضرایب α_{mac}، β_{sed} و β_{watmac} در سطح احتمال ده درصد معنی‌دار هستند. ضریب برهمکنش منفی نهاده‌ها بیانگر رابطه معکوس بین آن‌ها و ضرایب مثبت بیانگر هم‌روند بودن تغییرات آن‌ها است. برای مثال، ضریب منفی برهمکنش ماشین‌آلات و بذر به این معنی است که با استفاده بیش‌تر از ماشین‌آلات، میزان بذر مصرفی کم‌تر خواهد شد. مثبت بودن ضریب برهمکنش نیروی کار و کود نیز به این معنی است که با افزایش تعداد نیروی کار مزرعه، میزان کود مصرفی هم افزایش می‌یابد و برعکس، اگر نیروی کار مزرعه کاهش یابد، میزان کود هم کاهش می‌یابد.

بر مبنای نتایج حاصل برای مزارع گروه دوم، با توجه به میانه تولید نهایی (۰/۴۴۳) آب آبیاری در نمونه مورد بررسی و ارزش اقتصادی ۳۹۵۰۰ ریال به‌ازای هر کیلوگرم شلتوک تولیدی در سال زراعی ۹۳-۹۲، ارزش تولید نهایی (ارزش اقتصادی) هر متر مکعب آب آبیاری معادل ۱۷۴۳۴ ریال محاسبه شد (جدول ۷).

جدول ۵- مقایسه الگوهای تابعی مختلف برازش شده برای تولید برنج در هکتار برای گروه دوم

Table 5. Comparison of different fitted functional forms for rice production per hectare in the second group

Criteria	Cobb-Douglas	Transcendental	Generalized quadratic	Translog	Generalized Leontief
R-square	0.978	0.98	0.983	0.983	0.983
Adjusted R-square	0.977	0.977	0.979	0.979	0.979
Akaike info criterion (AIC)	9.65	7.9	686.9	-6.899	232.10
Schwarz criterion	786.9	950.9	224.10	-6.362	913.9
Significant proportion of the estimated coefficients	57.28	7.7	86.17	28.14	28.14
Jarqe-Bera (Probability)	10.33 (0.006)	10.63 (0.005)	5.94 (0.05)	5.76 (0.056)	5.33 (0.07)
Glejser test (Probability)	2.122 (0.054)	2.022 (0.066)	1.39 (0.221)	0.529 (0.786)	1.160 (0.331)

جدول ۶- نتایج برازش الگوی لئونتیف تعمیم‌یافته برای تولید برنج در مزارع گروه دوم

Table 6. Results of fitting the translog form for rice production in the second group

No.	Symbol	Coefficient	Standard error	t-statistic	P-value
1	α_0	-2665.043	4701.568	-0.567	0.572
2	α_{wat}	8.698	83.55	0.1041	0.917
3	α_{lab}	66.40	113.963	0.583	0.561
4	α_{mac}	1.981	1.111	1.783	0.077
5	α_{fer}	-77.68	55.288	-1.405	0.162
6	α_{pes}	-68.59	121.608	-0.564	0.574
7	α_{sed}	169.035	134.855	1.253	0.212
8	β_{wat}	1.070	0.777	1.377	0.171
9	β_{lab}	1.236	2.613	0.473	0.637
10	β_{mac}	0.0001	0.0002	0.479	0.632
11	β_{fer}	0.513	0.806	0.636	0.526
12	β_{pes}	5.567	3.605	1.544	0.125
13	β_{sed}	-6.171	3.339	-1.848	0.067
14	β_{watlab}	-0.896	1.006	-0.890	0.375
15	β_{watmac}	-0.02	0.010	-1.953	0.053
16	β_{watfer}	0.604	0.519	1.163	0.247
17	β_{watpes}	0.610	1.066	0.572	0.5681
18	β_{watsed}	-0.992	1.24	-0.8	0.425
19	β_{labmac}	0.006	0.017	0.372	0.711
20	β_{labfer}	0.056	0.962	0.0578	0.954
21	β_{labpes}	5.127	2.015	2.545	0.012
22	β_{labsed}	-0.865	1.795	-0.482	0.631
23	β_{macfer}	0.0002	0.0096	0.025	0.980
24	β_{macpes}	-0.012	0.019	-0.63	0.53
25	β_{macsed}	-0.002	0.02	-0.122	0.903
26	β_{ferpes}	-0.332	1.088	-0.306	0.760
27	β_{fersed}	0.792	1.102	0.719	0.473
28	β_{pessed}	-3.842	2.808	-1.368	0.174

جدول ۷- مقایسه تولید نهایی و ارزش تولید نهایی بین دو گروه مزارع برنج مورد مطالعه در این تحقیق

Table 7. Comparing the marginal production of irrigation water and marginal production value between two groups of paddy fields studied in this research

Group	Marginal production of irrigation water (kg)	Marginal production value of irrigation water (economic value)
First group	0.387	15218
Second group	0.443	17434

از نتایج جدول ۷ می‌توان برای تخصیص بهینه و رسیدن به بیش‌ترین سود اقتصادی استفاده کرد. با توجه به نتایج، در صورت محدودیت منابع آب، اولویت تخصیص متعلق به مزارع گروه دوم است، زیرا با هر متر مکعب آب ۰/۴۴۳ کیلوگرم شلتوک حاصل می‌شود و ارزش اقتصادی آب برای آن ۲۲۱۶ ریال بیش‌تر از گروه اول بوده است. مقصود از اولویت تخصیص، تخصیص آب آبیاری، توسعه منابع، تعمیر و نوسازی شبکه آبیاری یا هر گونه تغییر در راستای بهتر شدن شبکه می‌تواند باشد.

همان‌گونه که نتایج نشان می‌دهند، ارزش اقتصادی برای هر متر مکعب آب آبیاری در دو گروه مزارع به‌ترتیب معادل ۱۵۲۱۸ و ۱۷۴۳۴ ریال برآورد شد. این در حالی است که شالی‌کاران برای هر متر مکعب آب آبیاری در کل استان گیلان مبلغی برابر با ۴۳۴ ریال در شبکه مدرن و ۲۹۰ ریال در شبکه نیمه‌مدرن می‌پردازند. ارزش اقتصادی آب آبیاری برای برنج در شبکه البرز ۱۵۲۱۰ ریال برآورد شد که تابع متعالی تابع برتر انتخاب شده بود (Zolpirani *et al.*, 2015b). نتایج آن‌ها نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین قیمت به‌دست آمده و قیمت پرداختی توسط کشاورزان وجود دارد. این نتیجه با نتایج مطالعه حاضر نزدیک است. مقایسه نتایج مطالعه‌ای در بخش فومنات استان گیلان (Sefati *et al.*, 2014) با نتایج حاصل از این تحقیق، بالاتر بودن ارزش اقتصادی برآورد شده در مطالعه حاضر را بیان می‌کند. این تفاوت در برآورد ارزش اقتصادی دو تحقیق به دلایل متفاوتی حاصل شده است که می‌توان هم‌زمان نبودن داده‌های دو مطالعه و بالا بودن تورم در کشور ایران را به‌عنوان دلایل شاخص ذکر کرد. همچنین، سطح انجام مطالعه و تابع برگزیده برای برآورد ارزش اقتصادی در دو مطالعه متفاوت بوده است. در حوزه فومنات همه مزارع در یک گروه قرار داشتند و مزارع گروه‌بندی نشدند. مقایسه نتایج تحقیق حاضر با نتایج تحقیقات کاوسی کلاشمی و پیکانی ماچیانی (Kavoosi Kalashami and Peykani-Machiyani, 2013) نیز بیانگر بالاتر بودن ارزش برآورد شده نسبت به مطالعات قبلی است. این تفاوت را با این دلیل که پژوهش مقایسه شده در قسمت بالادست صورت گرفته و میزان اتلاف آب تا رسیدن به مزارع در شهرستان‌های مختلف را در محاسبات نگنجانده است، می‌توان توجیه کرد. خواجه روشنایی و همکاران (Khajeh-Roshanaei *et al.*, 2010) نیز ارزش اقتصادی آب آبیاری را برای گندم در شهرستان مشهد ۱۸۷۰ ریال محاسبه کردند که با بالاترین قیمت مبادله‌ای (۳۹۰ ریال) آب محلی اختلاف زیادی داشت. تفاوت ارزش‌های برآوردی در مطالعات مختلف را می‌توان با متفاوت بودن نوع محصول، ویژگی‌های آن‌ها مانند تحمل تنش آبی در گندم و برنج، شیوه کشت محصولات و مناطق مورد مطالعه بیان کرد.

نتیجه‌گیری کلی

در تحقیق حاضر، ارزش اقتصادی آب آبیاری در اراضی شالی‌زاری در محدوده شبکه آبیاری و زهکشی سفیدرود برآورد شد. برای این منظور، ابتدا با روش تحلیل خوشه‌ای، مزارع گروه‌بندی شدند و سپس با روش تابع تولید برتر، ارزش اقتصادی هر گروه محاسبه شد. تابع تولید متعالی با بوجه به آزمون‌ها و معیارهای اقتصادسنجی به‌عنوان تابع برتر در گروه اول انتخاب و ارزش اقتصادی آب آبیاری در این گروه ۱۵۲۱۸ ریال در هر متر مکعب محاسبه شد. به‌همین ترتیب، تابع لئونتیف تعمیم‌یافته، تابع برتر گروه دوم بود و ارزش اقتصادی آب آبیاری در آن، ۱۷۴۳۴ ریال در هر متر مکعب محاسبه شد. این در حالی است که کشاورزان در شبکه مدرن و نیمه‌مدرن به‌ترتیب مبلغی برابر با ۴۳۴ و ۲۹۰ ریال پرداخت می‌کنند. بر اساس نتایج حاصل، اولویت تخصیص با مزارع گروه دوم است، زیرا در این مزارع با مصرف آب یکسان ۰/۰۵۶ کیلوگرم بیش‌تر شلتوک تولید می‌شود و لازمه مدیریت اقتصادی پایدار آب این است که نهاده آب باید به طریقی مورد بهره‌برداری قرار گیرد که حداکثر ارزش اقتصادی ممکن تولید شود.

سیاست‌های عمومی و به‌ویژه اعمال یارانه‌های غیرهدفمند، مانع از اعتلای عوامل موثر بر افزایش بهره‌وری

و ارزش اقتصادی آب در بخش کشاورزی است. بنابراین، لازم است تعرفه‌های رسمی آب به‌طور عادلانه انجام شود تا انگیزه استفاده اقتصادی آب را تقویت کند و هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری و بخشی از هزینه‌های سرمایه‌گذاری طرح‌های آبی را پوشش دهد. علاوه بر آن، توسعه بازارهای محلی آب یکی دیگر از راه‌کارهای موثر در راستای مدیریت صحیح منابع آب و استفاده کارآمد از منابع آب استان است. در این بازارها، کشاورزان نقش مهمی ایفا می‌کنند و ارزش آب بیش‌تر روشن می‌شود. با توجه به کمبود نهاده آب در کشور، افزایش قیمت آب آبیاری منطقی است. البته قیمت-های تعیین شده بر اساس هزینه نهایی اغلب برای کشاورزان با درآمدهای پایین بسیار سنگین هستند و بنابراین توصیه می‌شود سیاست‌هایی اتخاذ و اجرا شوند که وضعیت کشاورزان و افزایش کارایی آب را توأماً مدنظر قرار دهند. به‌منظور افزایش کارایی مصرف آب در بخش کشاورزی و استفاده موثر از این نهاده کمیاب، فاصله زیاد بین ارزش اقتصادی آب آبیاری و مبلغ پرداختی توسط کشاورزان باید به‌تدریج کاهش یابد.

References

Al-Karablieh, E. K., Salman, A. Z., Al-Omari, A. S., Wolff, H. P., Al-Assa'd, T. A., Hunaiti, D. A. and Subah, A. M. 2012. Estimation of the economic value of irrigation water in Jordan. **Journal of Agricultural Science and Technology B** 2: 487-497.

Bakhshodeh, M. and Akbari, A. 2013. Agricultural economics. (4th Ed.). Shahid Bahonar University Press, Kerman, Iran. (In Persian).

Cheng, W., Lu, W., Xin, X., Zhang, Z. and Chu, H. 2016. Adaptability of various models of the water production function for rice in Jilin province, China. **Paddy and Water Environment** 14 (2): 355-365.

Chimeh, T., Hoorfar, K. and Araghi Nezhad, Sh. 2014. Evaluation of economic value of agricultural water with a pricing approach based on product type in Qazvin plain. **Journal of Water Research in Agriculture** 28 (1): 171-181. (In Persian with English Abstract).

Davatgar, N. 2010. Estimation of rice plant yield under water limitation conditions using growth and plant maximization models in regional scale. Ph. D. Dissertation, Tabriz University, Tabriz, Iran. (In Persian).

Debertin, D. L. 2002. Agricultural production economics. University of Kentucky, USA.

Dehghanpour H. and Sheykhzeinodin A. 2013. Determining the economic valuation of agricultural water in Ardakan-Yazd plain of Yazd province. **Agricultural Economics and Development** 21 (82):45-68. (In Persian).

Ehsani, M., Hayati, B., Dashty, G., Gahremanzadeh, M. and Hosseinzad, J. 2012. Water economic value estimation in barley production at Qazvin plain irrigation network. **Journal of Water and Soil Science** 22 (1): 187-200. (In Persian with English Abstract).

Esmaeili-Moakher-Fardoyi, M. A., Ebrahimi, K., Araghi Nezhad, Sh. and Hoorfar, A. A. 2016. Evaluation of farmers' financial efficiency relying on the determination of the economic value of water. **Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research** 47 (1): 141-150. (In Persian with English Abstract).

Golzary, Z., Eshraghi, F. and Keramatzadeh, A. 2016. Estimating the economic value of water in wheat production in Gorgan. **Water Resource Research in Agriculture** 30 (4): 457-466. (In Persian with English Abstract).

Kalantari, Kh. 2003. Data processing and analysis in socio-economic research. (2nd Ed.). Sharif Publication, Tehran, Iran (In Persian).

Kavoosi-Kalashami, M. and Peykani-Machiyani, Gh. R. 2015. Evaluating economic effect of Sefidroud river inflow reduction on agriculture of Guilan province. **Journal of Agricultural Economics Research** 7 (25): 25-48. (In Persian with English Abstract).

Khajeh-Roshanaei, N., Daneshvar Kakhki, M. and Mohtashemi Barzadaran, Gh. R. 2010. Estimating economic value of water in production function method, applying classic and entropy approaches (Case study: Wheat in Mashhad). **Agricultural Economics and Development** 24 (1): 113-119. (In Persian with English Abstract).

Kiprop, J. K., Lagat, J. K., Mshenga, P. and Macharia, A. M. 2015. Determining the economic value of irrigation water in Kerio Valley Basin (Kenya) by residual value method. **Journal of Economics and Sustainable Development** 6 (7): 102-107.

Medellín-Azuara, J., Harou, J. J. and Howitt, R. E. 2010. Estimating economic value of agricultural water under changing conditions and the effects of spatial aggregation. **Science of The Total Environment** 408 (23): 5639-5648.

Michael, A., Kuznetsov, D. and Mirau, S. 2014. Estimation of irrigation water demand in rice production Tanzania. **Mathmatical Theory Model** 4 (7): 24-39.

Musamba, E. B., Ngaga, Y. M., Boon, E. K., Giliba, R. A., Sirima, A. and Chirenje, L. I. 2011. The economics of water in paddy and non-paddy crop production around the Kilombero Valley Ramsar Site, Tanzania: Productivity, costs, returns and implication to poverty reduction. **Journal of Agricultural Science** 2 (1): 17-27.

Pakravan, M. R. and Mehrabi-Basharabadi, H. 2010. Determination of economic value and water demand function in sugar beet production in Kerman province. **Iranian Water Research Journal** 4 (6): 83-90. (In Persian with English Abstract).

Pandam. 2004. Studies on improvement of Sefidroud irrigation and drainage networks in Guilan. Pandam Company. Vol. 26. (In Persian).

Parhizkari, A. and Sabouhi, M. 2014. Simulation of farmer's response to the policy of reducing available water resources. **Water Management and Irrigation** 3 (2): 59-74. (In Persian with English Abstract).

Sadati, S. A., Rostami, F. and Fami, H. S. 2010. Sustainable management of water resources in Yazd province: Challenges and solutions. **Journal of Agricultural Technology** 6 (4): 631-642.

Sadeghi, A., Khodabakhsh, M., Mohayidin, G., Motiee, N. and Nazari Hashemi, S. R. 2012. An econometric estimation of irrigation water demand for watermelon in Iran. **International Proceedings of Economics Development and Research** 55: 91-95.

Sali, G. and Monaco, F. 2014. Irrigation water resource in a rice-growing area: Economic evaluation under different pricing conditions. In: Zopounidis, C., Kalogeras, N., Mattas, K., van Dijk, G. and Baourakis, G. (Eds.). Agricultural Cooperative Management and Policy. Cooperative Management. Springer. pp: 23-40.

Sefati, R., Kavoosi-Kalashami, M., Peykani-Machiyani, Gh. R. and Makhloughi Azad, S. 2014. Agricultural water pricing in the Foumanat area of Guilan province by shade pricing method. 9th Biennial Conference of Iranian Agricultural Economics, May 7-8, 2014, Karaj, Iran. (In Persian).

Shawerdi, A. R. and Tahamipour, M. 2016. Evaluating the effect of Sefidroud irrigation and drainage network on marginal value of irrigation water in Guilan province. **Agricultural Economics and Development** 24 (95): 89-106. (In Persian with English Abstract).

Tahamipour, M. and Yazdani, S. 2016. The role of economic instruments in integrated water resources management: A case study of irrigation water pricing system in the west watersheds of Iran. **Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research** 47 (2): 545-556. (In Persian with English Abstract).

Tahamipour, M., Kavoosi-Kalashami, M. and Chizari, A. 2015. Irrigation water pricing in Iran: The gap between theory and practice. **International Journal of Agricultural Management and Development** 5 (2: 109-116.

Varziri, A., Vakilpoor, M. H. and Mortazavi, A. 2016. The effect of economic pricing of irrigation water on the pattern of cultivation in Dehgolan plain. **Agricultural Economics Research** 8 (3): 81-100.

Zarei, N., Mehrabi-Basharabadi, H. and Khosravi, M. 2013. Estimation of water economical value in potato crop production. Case study: Villages in Kurdistan and Hamedan provinces. **Journal of Rural Development Strategies** 1 (3): 19-32. (In Persian with English Abstract).

Zolpirani, N. M., Amirnejad, H. and Shahnazari, A. 2015a. Estimation of the economic value of water for rice production using production function method. Case study: Babol city). 16th Iranian Rice National Conference. Agricultural Genetics and Biotechnology Research Center of Tabarestan, Faculty of Sari Agricultural Science and Natural Resources, .

Zolpirani, N.M., Amirnejad, H. and Shahnazari, A., 2015b. Calculating the economic value of water in paddy farms in the area of Alborz Dam. **Journal of Novel Applied Sciences,** 4(2), pp.197-201.

doi: 10.22124/c.2018.8756.1350

University of Guilan
Faculty of Agricultural Sciences

Cereal Research
Vol. 8, No. 3, Autumn 2018 (277-289)

Determination of irrigation water economic value using production function in paddy fields categorized with cluster analysis method in Sefidroud irrigation and drainage network

Maryam Salar Ashaeri[1], Mohammad Reza Khaledian[2*], Mohammad Kavousi Kalashomi[3] and Mojtaba Rezaei[4]

Received: Febraury 3, 2018 Accepted: March 7, 2018

Abstract

There is a considerable gap between the amount of water supply and demand in Iran in all sectors, especially in the agricultural sector, as the most commonly water consumer sector. Economic valuation is used as a means for balancing the water supply and demand. In this study, in order to determine the economic value of irrigation water in Guilan province, first farms were divided into two groups based on homogeneity; then, using the production function and the analysis of five flexible and non-flexible functions, the best function was selected by statistical comparisons and finally, the economic value was calculated in each group. The economic value of irrigation water in the first group was calculated with transcendental function being 15218 Rials/m^3 and in the second group the generalized Leontief function was calculated to be 17434 Rials/m^3. Modifying the present tariff system and reducing the gap between the cost of water and paid water right by the farmers for decreasing water losses in paddy areas and increasing water productivity is an appropriate measure. Establishing local water markets in altering the attitudes of farmers to water is an effective public initiative and brings about the private feature of it.

Keywords: Leontief function, Transcendental function, Water productivity, Water supply and demand

1. M. Sc. Student, Dept. of Water Engineering, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran
2. Assoc. Prof., Dept. of Water Engineering, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran; Dept. of Water Engineering and Environmental Sciences, Caspian Sea Basin Research Institute, Rasht, Iran
3. Assist. Prof., Dept of Agricultural Economy, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran
4. Research Assist. Prof., Rice Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran
[*] Corresponding author: khaledian@guilan.ac.ir