



Quantifying the economic value of Isfahan agricultural water sources with the approach of modifying the cultivation pattern and based on virtual water

Mahdi Golpazir¹, Kumars Ebrahimi², Fereshteh Modaresi³,
Mohammad Shamsi⁴

1. Department of Irrigation & Reclamation Engineering, University of Tehran, Karaj, Iran. Email: Mahdi.Golpazir@ut.ac.ir
2. Corresponding author, Department of Renewable Energies and Sustainable Resources Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran. Email: EbrahimiK@ut.ac.ir
3. Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. Email: FModaresi@ferdowsi.um.ac.ir
4. Department of Irrigation & Reclamation Engineering, University of Tehran, Karaj, Iran. Email: Mohammad.Shamsi@ut.ac.ir

Article Info	ABSTRACT
Article type: Research Article	It is necessary to use the correct methods of water economic valuation. Proper use of the virtual water concept and the crop pattern can play a significant role in increasing water productivity and sustainable development.
Article history: Received: 12 February 2023 Received in revised form: 3 April 2023 Accepted: 17 May 2023 Published online: 23 September 2023	In this paper, the economic value of agricultural water, once without considering virtual water and once again with virtual water for four crops including wheat, barley, alfalfa and fodder maize was calculated, using a native-exclusive mathematical model, in Isfahan province, counties of Shahinshahr-Meymeh and Borkhar, Iran. Three weighting methods based on cultivated area, volume of net water consumption and product income were considered for water valuation. The input data for the mathematical model includes crop parameters, meteorological data, the amount of water consumed for each plant and the amount of expenses and incomes from each product for the crop year 2020-2021. The obtained results showed that by all the three weighting methods and in the both studied areas, the economic value of agricultural water increased by considering the virtual water of crops and changing the crop pattern accordingly; the water economic value by three weighting methods based on cultivated area, the amount of water consumed, and crop income increased by 22%, 44%, and 23% in Shahinshahr-Meymeh county and by 17%, 15%, and 15% in Borkhar county, respectively. This research showed that considering virtual water and changing the crop pattern accordingly can increase the economic value of water, reduce water consumption and help achieve sustainable development.
Keywords: <i>Crop Pattern,</i> <i>economic value of water,</i> <i>Virtual Water,</i> <i>Water Valuation,</i> <i>sustainable development.</i>	

Cite this article: Golpazir, M., Ebrahimi, K., Modarsi, F., & Shamsi, M. (2023). Quantifying the economic value of Isfahan agricultural water sources with the approach of modifying the cultivation pattern and based on virtual water. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 54-2 (3), 575-592. DOI: <http://doi.org/10.22059/IJAEDR.2023.353719.669200>



© The Author(s).

Publisher: The University of Tehran Press.

DOI: <http://doi.org/10.22059/IJAEDR.2023.353719.669200>

Extended Abstract

Objective

Considering the water scarcity in Iran and the fact that two-third of Iran's climate is arid and semi-arid, it seems to be necessary to use the correct methods of water economic valuation. Proper use of the virtual water concept—the total amount of water used in produce a product from the beginning to the end of the production process—and the crop pattern can play a significant role in increasing water productivity and sustainable

development. This paper investigates one of the economic value calculation method for agricultural water in two Isfahan counties and examines if there's a way to increase the profitability and use agricultural water more efficiently in the studied regions.

Materials and methods

In this article, the economic value of agricultural water, once without considering virtual water and once again with considering virtual water for four crops, i.e., wheat, barley, alfalfa and fodder maize was calculated using a native-exclusive mathematical model in Isfahan counties of Shahinshahr-Meymeh and Borkhar, Iran. Three weighting methods based on cultivated area, volume of net water consumption and product income were considered for water valuation. The input data for the mathematical model includes crop parameters (irrigation water requirement, yield and growth season), meteorological data (air temperature, precipitation, solar radiation, wind speed and relative humidity), the amount of water consumed for each plant and the amount of expenses and incomes from each product for the crop year 2020-2021.

Results

The obtained results showed that by all the three weighting methods and in the both studied areas, the economic value of agricultural water increased by considering the virtual water of crops and changing the crop pattern accordingly. Sparing Wheat and barley for their strategic nature, alfalfa had the lowest profitability in both Shahinshahr-Meymeh and Borkhar counties (0.29 and 0.25, respectively). Fodder maize was the most profitable crop in both Shahinshahr-Meymeh and Borkhar counties, with the profitability being 1.75 and 1.68, respectively. The water economic value by three weighting methods based on cultivated area, the amount of water consumed, and crop income increased by 22%, 44%, and 23% in Shahinshahr-Meymeh county and by 17%, 15%, and 15% in Borkhar county, respectively.

Conclusion

There are multiple methods for economic value calculation. In this paper, the economic value of agricultural water was calculated using the crop price, crop yield and the crop water sensitivity. This concept yielded negative profitability for 3 out of 4 crop in both regions. This research showed that by removing the least profitable crop (alfalfa) and planting the most profitable crop (fodder maize) in the freed area, i.e., changing the crop pattern using the virtual water concept. the economic value of water increases significantly (> 5%). The results of this study can be employed in agricultural planning in Shahinshahr-Meymeh and Borkhar counties and eventually increase water productivity in the studied regions.



کمی سازی ارزش اقتصادی منابع آب کشاورزی استان اصفهان با رویکرد اصلاح الگوی کشت و بر مبنای آب مجازی

مهدی گل پذیر^۱ | کیومرث ابراهیمی^۲ | فرشته مدرسی^۳ | محمد شمسی^۴

۱. گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: Mahdi.Golpazir@ut.ac.ir
۲. نویسنده مسئول، گروه مهندسی انرژی‌های نو و منابع پایدار، دانشکده‌گان علوم و فناوری های میان رشته ای، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: EbrahimiK@ut.ac.ir
۳. گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران. رایانامه: FModaresi@ferdowsi.um.ac.ir
۴. گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: Mohammad.Shamsi@ut.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله:	لحاظ مبنای آب مجازی در برآورد ارزش اقتصادی منابع آب و انتخاب الگوی کشت مناسب سبب افزایش بهره‌وری منابع آب و نیل به توسعه پایدار می‌شود. در مقاله حاضر ارزش اقتصادی منابع آب کشاورزی یکبار بدون در نظر گرفتن آب مجازی و بار دیگر با لحاظ آن برای چهار محصول زراعی گندم، جو، یونجه و ذرت علوفه ای با استفاده از مدل ریاضی توسعه یافته موجود برای دو شهرستان شاهین شهر- میمه و برخوار از استان اصفهان برآورد شد. برای این منظور از سه روش وزن دهی براساس مساحت تحت کشت، حجم آب خالص مصرفی و درآمد محصول استفاده شد. بدین منظور از اطلاعات کشاورزی، هواشناسی و حجم آب مصرفی هر گیاه و نیز میزان هزینه ها و درآمدهای مربوط به هر محصول برای سال زراعی ۱۳۹۹-۱۴۰۰ استفاده شد. نتایج نشان داد که در هر روش وزن دهی و برای هر دو شهرستان مورد مطالعه، ارزش اقتصادی آب کشاورزی با در نظر گرفتن آب مجازی بیشتر شد. به گونه ای که با حذف یونجه و کشت ذرت علوفه ای در شهرستان شاهین شهر میمه با وزن دهی بر اساس روش مساحت تحت کشت، روش حجم آب مصرفی و روش درآمد محصول، به ترتیب ۲۲، ۴۴ و ۲۳ درصد و در شهرستان برخوار به ترتیب ۱۷، ۱۵ و ۱۵ درصد ارزش اقتصادی منابع آب افزایش می یابد. این پژوهش نشان داد که با اصلاح الگوی کشت بر مبنای آب مجازی می توان با افزایش ارزش اقتصادی منابع آب موجب کاهش در مصرف منابع آب و دست یابی به توسعه پایدار شد.
مقاله پژوهشی	
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۲۳	
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۱/۱۴	
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۲/۲۷	
تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۷/۰۱	
کلیدواژه‌ها:	
آب مجازی، ارزش اقتصادی آب، الگوی کشت، توسعه پایدار.	

استناد: گل پذیر، مهدی؛ ابراهیمی، کیومرث؛ مدرسی، فرشته؛ و شمسی، محمد (۱۴۰۲). کمی سازی ارزش اقتصادی منابع آب کشاورزی استان اصفهان با رویکرد اصلاح الگوی کشت و بر مبنای آب مجازی. *مجله تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران*، ۲-۵۴ (۳)، ۵۹۲-۵۷۵.
DOI: <http://doi.org/10.22059/IJAEDR.2023.353719.669200>



© نویسندگان.

DOI: <http://doi.org/10.22059/IJAEDR.2023.353719.669200>

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

مقدمه

کشور ایران به دلیل واقع شدن در اقلیم خشک و نیمه خشک و همچنین رشد روزافزون جمعیت و افزایش مصرف آب با خطر بحران کم آبی مواجه است و برای مقابله با این بحران می بایست نسبت به مدیریت مصرف آب با حساسیت بیشتری برخورد شود. در سال های اخیر این واقعیت کاملاً خود را نشان داده است؛ به طوری که اکثر دشت های ایران با روند نزولی سطح آب زیرزمینی مواجه هستند. بر اساس اسناد بالادستی و مستندات قانونی در بخش آب، ارتقای بهره وری و توجه به ارزش اقتصادی، امنیتی و سیاسی آب در استحصال، عرضه، نگهداری و مصرف آن از سیاست های کلی نظام در خصوص منابع آب به شمار می رود. این هدف در سند چشم انداز جمهوری اسلامی ایران در افق ۱۴۰۴ و سیاست های کلی اصلاح الگوی مصرف نیز تأکید شده است (Abdolmanafi and Mazaheri, 2016). بخش کشاورزی که مسئولیت تامین امنیت غذایی جمعیت روزافزون کشور را به عهده دارد به شدت به آب وابسته است؛ بنابراین سهم عمده آب های استحصالی کشور به بخش کشاورزی اختصاص داشته و با توجه به افزایش تقاضا برای آب شهری و صنعتی و همچنین کاهش سرانه آب، بخش کشاورزی با رقابت فزاینده ای در تأمین و مصرف آب مواجه است. هرگونه تلاش برای صرفه جویی در مصرف آب در بخش کشاورزی می تواند ضمن توسعه کشت آبی، عوارض زیست محیطی ناشی از مصرف بی رویه آب را کاهش دهد. یکی از راه های تحقق این هدف، ارزش گذاری صحیح اقتصادی منابع آب می باشد؛ ارزش گذاری که سهم منصفانه آب مصرفی کشاورزی را در ارزش بازاری محصولات کشاورزی نشان دهد.

در صورتیکه ارزش اقتصادی آب بر مبنای قیمت محصولات کشاورزی محاسبه شود یا به عبارت دیگر، ارزش اقتصادی آب با قیمت محصولات کشاورزی رابطه مستقیم داشته باشد، کشت محصولات سودده تر منجر به افزایش ارزش اقتصادی آب می شود؛ در اینجا ارتباط بین دو مقوله ارزش اقتصادی آب و تغییر الگوی کشت محصولات مشخص می شود؛ همچنین کاهش سطح زیرکشت محصولات کم سودده و پرآبر مستلزم واردات آن محصولات می باشد. با واردات محصولات کشاورزی، آب مجازی آن محصولات هم وارد کشور شده و در واقع تجارت محصولات کشاورزی به نوعی تجارت آب مجازی محسوب می شود؛ بنابراین تجارت آب مجازی نیز یکی از عوامل موثر بر ارزش اقتصادی آب می باشد. بنا به تعریف، آب مجازی مقدار آبی است که یک کالا و یا یک محصول کشاورزی در فرآیند تولید مصرف می کند تا به مرحله تکامل برسد و مقدار آن معادل جمع کل آب مصرفی در مراحل مختلف زنجیره تولید از لحظه شروع تا پایان است. برخی از صاحب نظران بخش آب، راهبرد واردات آب مجازی را برای مقابله با کم آبی در کشورهایی که کشاورزی آنها متکی به آبیاری است و کارایی مصرف آب کشاورزی پایین می باشد، مناسب می دانند (Tayia et al., 2022; Liu et al., 2019)؛ زیرا به جای مصرف آب با ارزش در تولید محصولات آبرو و کم ارزش، این کشورها می توانند بخشی از نیازهای غذایی خود را از طریق واردات این محصولات تامین و از فشار بیش از حد بر منابع آب خود بکاهند.

پیشینه پژوهش

با توجه به اهمیت آب، تعیین ارزش اقتصادی آب برای برخی از محصولات کشاورزی در نقاط مختلف کشور از سوی محققین مورد توجه قرار گرفته و از روش های مختلفی برای محاسبه آن استفاده شده است؛ به طور نمونه، اثر سیاست قیمت گذاری بر ارزش اقتصادی آب برای گیاه چغندر قند در شهرستان نیشابور با بکارگیری فرم تابعی مناسب و منطبق بر فناوری تولید این محصول و براساس معیارهای اقتصادسنجی با استفاده از اطلاعات مربوط به ۹۵ کشاورز در سال ۱۳۹۴ بررسی شد (Ansari and Mirzaee, 2015). در این تحقیق، ارزش اقتصادی آب با در نظر گرفتن قیمت های تضمینی مختلف در چند سناریو تحلیل شده است. نتایج این تحقیق نشان می دهد که اعمال قیمت های تضمینی برای چغندر قند به تغییر چشم گیری در ارزش اقتصادی آب منجر می شود. همچنین، Pouran et al. (2017) ارزش اقتصادی آب مجازی را با رویکرد حداکثر سازی بهره وری آب آبیاری برای ۱۲ محصول زراعی در ۵ استان کشور و با دو سناریو که هدف آنها پیشینه سازی بهره وری کشاورزی در کنار

محدودیت‌هایی شامل آب آبی، حداقل هزینه تولید، حداقل سطح زیرکشت و آب خاکستری، مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصل از ارزش‌گذاری اقتصادی محتوی آب مجازی محصولات در استان‌های مختلف نشان داد که هرچه استان‌ها وضعیت آبی نامساعدتری داشته باشند، ارزش اقتصادی محتوی آب محصولات آن‌ها بیشتر است و همچنین الگوی کشت بهینه حاصل از بیشینه‌سازی بهره‌وری آب محصولات مختلف در استان‌های منتخب موجب افزایش بهره‌وری آب نسبت به الگوی کشت فعلی محصولات خواهد شد.

در پژوهشی دیگر، Esmailimoakhar Fardoei et al. (2016) ارزش اقتصادی آب کشاورزی را بر اساس نوع محصول و راندمان مالی کشاورزان در شهرستان خنداب از استان مرکزی در سال زراعی ۱۳۹۳-۱۳۹۲ تعیین کردند. برای این منظور یک مدل ریاضی بومی ارزش اقتصادی آب را به نام ¹AWPM (Omid & Ebrahimi, 2012) برای چهار محصول گندم، یونجه، جو و ذرت علوفه‌ای بهبود و تکمیل کردند و از سه روش وزن‌دهی بر اساس مساحت تحت کشت، حجم آب مصرفی و میزان درآمد هر محصول استفاده نمودند. نتایج این پژوهش نشان داد که روش وزن‌دهی بر اساس حجم آب مصرفی، مناسب‌ترین روش برای تعیین ارزش اقتصادی آب می‌باشد. Khojastehpour et al. (2018) میزان تمایل کشاورزان دشت نیشابور به تغییر الگوی کشت به سمت زعفران به منظور افزایش ارزش اقتصادی آب و افزایش بهره‌وری آب مورد بررسی قرار دادند. آنها گزارش دادند که ارزش اقتصادی آب سهم ناچیزی در قیمت تمام‌شده محصول دارد و این موضوع باعث کاهش اهمیت بهره‌وری آب شده است و یکی از مهمترین راهکارها برای ورود ارزش اقتصادی آب به قیمت تمام‌شده محصولات، تغییر الگوی کشت می‌باشد. نتایج آنها نشان داد که ۸۸ درصد دشت شرایط مناسب برای کشت زعفران را داشت و کشاورزان در ۸۷ درصد مساحت دشت تمایل به کشت زعفران نشان دادند. در مورد ارتباط تغییر الگوی کشت و ارزش اقتصادی آب پژوهش دیگری توسط Kanooni et al. (2020) در شبکه آبیاری سیلان در اردبیل انجام شد. آنها با اتخاذ قیمت‌های مختلف برای آب و با استفاده از الگوی ریاضی ²PMP، تغییرات احتمال الگوی کشت را محاسبه نمودند. نتایج آنها نشان داد که تفاوت قابل‌توجهی بین ارزش اقتصادی آب با قیمت بازاری آن وجود داشت و با افزایش ارزش اقتصادی آب، سطح زیرکشت یونجه ۵۸ درصد کاهش پیدا کرد.

Omid et al. (2018) ارزش اقتصادی آب کشاورزی را بر اساس نوع محصول در شهرستان صوغان از استان کرمان برآورد کردند. آنها از مدل توسعه‌یافته توسط Omid & Ebrahimi (2012) استفاده کردند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که ارزش‌گذاری اقتصادی آب کشاورزی بر مبنای نوع محصول منجر به ارزش بیشتری در مقایسه با روش‌های مبتنی بر درآمد کل یا مساحت زیرکشت می‌شود، به طوری‌که بیشترین ارزش اقتصادی آب برای پسته و برابر با ۴۷۵۷۷ ریال بر مترمکعب و کمترین ارزش اقتصادی برای سیب زمینی و برابر با ۶۸۳ ریال بر مترمکعب گزارش شد؛ علت اختلاف ارزش اقتصادی در این تحقیق، تفاوت در قیمت دو محصول ذکر شده عنوان شد.

Asadi et al. (2019) ارزش اقتصادی آب را در دشت قزوین برای دو محصول گندم و کلزا با استفاده از بیشینه‌سازی تابع تولید دو محصول محاسبه کردند و به این نتیجه رسیدند که قیمت بازاری آب تنها ۴۱۸ ریال بر مترمکعب است؛ درحالی‌که ارزش اقتصادی آب محاسبه‌شده برای دو محصول گندم و کلزا به ترتیب برابر با ۳۷۱۵ و ۳۳۷۰ ریال بر مترمکعب است؛ به عبارت دیگر، کشاورزان در این منطقه تنها ۱۱ درصد ارزش اقتصادی آب را به عنوان آب بهای می‌پردازند.

Hassani & Hashemy Shahdany (2021) چهارچوبی به منظور تدوین سناریوهایی برای تعیین قیمت آب کشاورزی، بررسی اثرات اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی ناشی از سناریوها و معیاری برای ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری به منظور انتخاب یکی از سناریوها را پیشنهاد دادند. این چهارچوب از سه بخش اقتصادی، هیدرولیکی و سامانه حمایت از تصمیم

1 Agricultural Water Pricing Model

2 Positive Mathematical Programming

3 Decision Support System

تشکیل شده بود و برای دهستان رودشت در شهرستان هرنند استان اصفهان پیاده‌سازی شد. نتایج نشان داد که سامانه توزیع آب فعلی بر اساس شاخص‌های کفایت توزیع و یکنواختی در تمام سناریوهای قیمتی، عملکردی نامطلوب دارد ولی در صورت اعمال نتایج خروجی تحقیق مورد نظر، می‌توان ۵۶ درصد از اتلاف آب و ۱۵ درصد از اتلاف انرژی جلوگیری نمود؛ Ma et al. (2021) نیز ارزش اقتصادی آب کشاورزی را در ایالت آریزونا در ایالات متحده با استفاده از یک مدل تخمین‌زننده ارزش اقتصادی بهبودیافته تخمین زدند. مدل ذکرشده بر مبنای نوع گیاه بهینه شده بود. در این مطالعه، هزینه واحد وزن محصول، تناژ محصول و هزینه‌های مدیریتی (کارگر، کود، سوخت ماشین‌آلات و تعمیرات) به عنوان هزینه‌های متغیر در نظر گرفته شدند و درآمد خالص ناشی از آبیاری توسط درآمد ناخالص و هزینه‌های متغیر محاسبه شد. در نهایت ارزش اقتصادی آب بر مبنای درآمد خالص محصولات آبیاری‌شده و میزان آب کشاورزی مصرف‌شده تخمین زده شد. نتایج آنها نشان داد که ارزش‌های اقتصادی آب کشاورزی تخمین‌زده شده تفاوت چشم‌گیری با هم داشتند و مقادیر مثبت و منفی برای ارزش اقتصادی آب کشاورزی تخمین زده شد.

Salari Bardsiri et al (2022) مقدار آب مجازی، ردپای آب و بهره‌وری آب در پهنه‌های اقلیمی ایران برای سال زراعی ۹۶-۹۷ در تحقیق دیگری محاسبه کردند و به این نتیجه رسیدند که اقلیم‌های خشک و مرطوب، صادرکننده و اقلیم‌های فراخشک، نیمه خشک و مدیترانه‌ای، واردکننده آب مجازی می‌باشند و می‌توان با افزایش واردات آب مجازی، شدت فشار بر منابع آب را کاهش داد.

Baghbanyan et al. (2022) الگوی کشت بهینه را در دو شهرستان دهگلان و قروه در استان کردستان با تاکید بر کمینه‌سازی آب مجازی محاسبه نمودند. آنها بعد از تهیه دو تابع هدف به منظور بیشینه‌سازی سود ناخالص کشاورزان و کمینه‌سازی آب مجازی و با استفاده از برنامه‌ریزی خطی به این نتیجه رسیدند که مناسب‌ترین محصولات برای کاشت در دو شهرستان دهگلان و قروه به ترتیب یونجه و ذرت علوفه‌ای هستند. آنها همچنین کاهش سطح زیرکشت گندم را به دلیل راهبردی بودن این محصول پیشنهاد نکردند.

در زمینه تاثیر تغییر کاربری زمین در ارزش اقتصادی آب نیز مطالعاتی انجام گرفته است. به عنوان مثال Patrizia et al. (2022) اثرات تغییر قیمت آب کشاورزی را بر درآمد کشاورزان در دره اوستا در کشور ایتالیا بررسی نمودند. در کشور ایتالیا آب به صورت محلی مدیریت شده و نهادهای محلی قیمت آب را تعیین می‌کنند. مدل استفاده‌شده در این تحقیق از چهار سناریوی هزینه‌ای به همراه اطلاعات اقتصادی که از شبکه اطلاعات حسابداری مزرعه به دست آمده بودند و همچنین قیمت آب که از نهادهای محلی استعلام شده بودند تشکیل شده بود. نتایج نشان داد که قیمت آب بسته به وجود یا عدم وجود یارانه از ۱/۰۶ تا ۲/۶۵ درصد درآمد کل مزرعه متغیر می‌باشد. لازم به ذکر است که سهم ارزش آب از کل درآمد مزرعه به دلیل کوهستانی بودن و نامناسب بودن منطقه برای کشاورزی و دامپروری نسبتاً کم بوده و تغییر کاربری زمین در این منطقه پیشنهاد گردید.

Zhou et al. (2022) نیز تاثیر قیمت‌گذاری آب بر بهره‌وری آب را در حوضه آبریز رودخانه هیبه در کشور چین بررسی کردند. آنها بیان کردند که قیمت‌گذاری آب کشاورزی به دلیل عدم قطعیت در واکنش تقاضای آب به قیمت آب و همچنین پیچیدگی سامانه هیدرو-اقتصادی همچنان در وضعیت نامشخصی قرار دارد؛ بنابراین برای رفع مسئله بیان‌شده، یک مدل هیدرو-اقتصادی را در حوضه آبریز توسعه دادند. نتایج اولیه آنها نشان داد که قیمت فعلی آب کشاورزی انعطاف‌پذیری نامطلوبی دارد ولی با قیمت ۰/۲۷ یوان بر مترمکعب، تغییرپذیری متغیرهای سامانه هیدرو-اقتصادی افزایش می‌یابد، به طوری که در نقطه قیمتی یادشده، تقاضا برای آب و خروجی اقتصادی به ترتیب ۱۰/۲ و ۱/۶ درصد کاهش می‌یابند؛ در حالیکه بهره‌وری آب ۷/۲

درصد افزایش می‌یابد. شایان ذکر است که علت اصلی افزایش بهره‌وری آب، تخصیص آب و زمین از بخش کشاورزی به بخش‌های دیگر در اثر تغییر در قیمت آب می‌باشد.

تحقیقات مورد بررسی نشان می‌دهند که برای ارزش‌گذاری آب کشاورزی، از تلفیق معیارهای زراعی و اقتصادی بهره‌برده شده است. همچنین بهبود ارزش‌گذاری اقتصادی آب در اثر تخصیص اصولی آب و همچنین تغییر در کاربری اراضی گزارش شده است؛ به طوری که تغییر در سیاست‌گذاری‌های تخصیص منابع آب در جهت تخصیص آب از مناطق نامناسب برای کشاورزی به بخش غیرکشاورزی و همچنین افزایش در قیمت آب کشاورزی به عنوان گامی در جهت افزایش ارزش اقتصادی آب عنوان شده‌اند. هدف پژوهش حاضر، بررسی و ارزیابی تغییر ارزش اقتصادی آب کشاورزی با لحاظ تغییر الگوی کشت بر مبنای نوع محصولات و آب مجازی هر محصول در دو شهرستان استان اصفهان می‌باشد.

روش‌شناسی پژوهش

منطقه مورد مطالعه

شهرستان شاهین‌شهر-میمه در همسایگی شمالی شهرستان اصفهان قرار گرفته است (شکل ۱). مجموع مساحت اراضی زراعی این شهرستان ۱۵۰۰۰ هکتار می‌باشد که بیش از ۳۰ نوع محصول زراعی در آن کشت می‌شود. از مهمترین و عمده‌ترین محصولات زراعی این بخش می‌توان به گندم، جو، یونجه، ذرت علوفه‌ای، چغندر قند و سیب زمینی اشاره کرد. از مسائل و مشکلات بخش کشاورزی شهرستان شاهین‌شهر-میمه می‌توان به بروز خشکسالی، کاهش نزولات جوی، افت شدید سطح آب زیرزمینی، کاهش کمی و کیفی آب آبیاری و به تبع آن، کاهش سطح زیرکشت و کاهش عملکرد محصولات زراعی اشاره نمود.

شهرستان برخوار نیز در شمال شهرستان اصفهان قرار داشته و دارای اقلیم خشک تا نیمه‌خشک است. وسعت محدوده مورد مطالعه بالغ بر ۸۳۳۰۰ هکتار و ۲۴ درصد این شهرستان زیرکشت است. مساحت زیرکشت کانال‌های آبیاری در حدود ۳۶۰۰۰ هکتار است که به دلیل کمبود آب در حدود ۱۸۰۰۰ هکتار به صورت دیم کشت می‌شود. الگوی کشت شهرستان در طول زمستان شامل گندم و جو و در طول تابستان شامل ذرت دانه‌ای و علوفه‌ای، آفتابگردان و چغندر قند می‌باشد. مهمترین منبع آبی شهرستان برخوار منابع آب زیرزمینی است و از آنجایی که تغذیه آب زیرزمینی برای تأمین آب مورد نیاز گیاهان ناکافی است، سطح آب زیرزمینی به شدت افت کرده است؛ بنابراین منابع آبی که از رودخانه زاینده‌رود از طریق کانال‌های آبیاری به این شهرستان انتقال می‌یابد، به طور افزایشی صرفاً برای آبیاری مورد استفاده قرار گرفته است. (Rahpou et al., 2019).

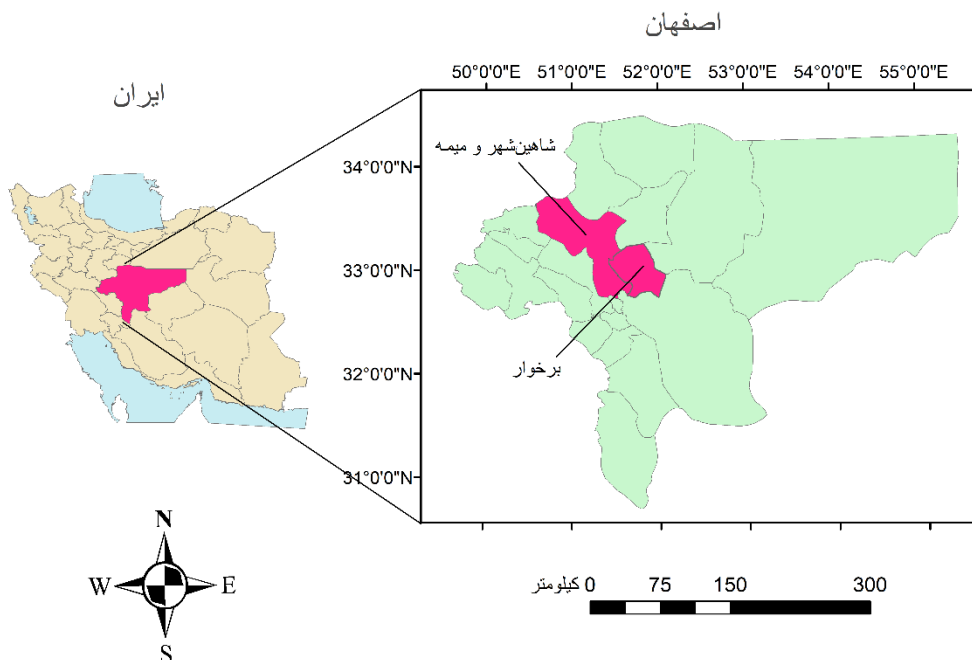
داده‌های مورد استفاده

برای انجام پژوهش حاضر، داده‌های جامع و کامل کشاورزی شامل محصولات و مساحت زیرکشت هر محصول از سازمان جهاد کشاورزی استان اصفهان و همچنین اطلاعات هواشناسی استان اصفهان برای سال زراعی ۱۳۹۹-۱۴۰۰ برای دو شهرستان شاهین‌شهر-میمه و برخوار دریافت شدند.

معرفی مدل

در پژوهش حاضر از مدل ریاضی توسعه داده شده توسط امید و ابراهیمی (2012) در محیط برنامه‌نویسی FORTRAN 90 استفاده شد. این مدل ابتدا در سال ۱۳۹۱ برای سه شهرستان از کرمان (Omidi & Ebrahimi, 2012) و سپس در سال ۱۳۹۳ برای دشت قزوین به کار رفته و تکمیل شد (Chimeh et al., 2014). در سال ۱۳۹۴ نیز این مدل برای استان مرکزی

به کار گرفته شد (Esmailimoakhar Fardoei et al., 2016). این مدل همچنین در شهرستان صوغان در استان کرمان به منظور تعیین ارزش اقتصادی محصولات زراعی استفاده شد (Omidi et al., 2018).



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مطالعاتی

ساختار مدل

مدل از سه بخش اصلی ورودی‌ها، محاسبات و خروجی‌ها تشکیل شده است. در بخش ورودی مدل، اطلاعات کامل شهرستان‌های مورد مطالعه، نوع محصولات، مساحت زیرکشت، حجم آب مصرفی و قیمت محصولات وارد می‌شود. در بخش محاسبات نیز همه روابط و چگونگی روش ارزش‌گذاری آب در مدل لحاظ و در نهایت با داشتن تابع تولید محصول، ارزش اقتصادی آب برای هر محصول محاسبه و در بخش خروجی ارائه می‌شود. تابع تولید محصول به صورت زیر تعریف می‌شود (Aguadelo, 2001):

$$Y = f(X_1, X_2, W) \quad \text{رابطه ۱}$$

که در آن، Y مقدار محصول تولیدی، X_i نهاده ورودی برای تولید محصول و W آب مصرفی برای تولید محصول است؛ به عبارت دیگر X و W نهاده‌های تولید هستند؛ حال اگر P نماینده ارزش نهاده‌ها و محصول باشد می‌توان نتیجه گرفت که ارزش هر نهاده با ارزش محصول تولیدی و تغییرات مقدار محصول بر اثر تغییرات مقدار نهاده به کار رفته در تولید محصول رابطه‌ای مستقیم دارد که به صورت زیر می‌باشد (Agudelo, 2001):

$$P_{X_1} = P_Y \times \frac{\partial Y}{\partial X_1} \quad \text{رابطه ۲}$$

$$P_{X_2} = P_Y \times \frac{\partial Y}{\partial X_2} \quad \text{رابطه ۳}$$

میزان عملکرد بالقوه هر محصول نیز بر اساس میزان عملکرد گیاه مینا و اعمال ضرایب تصحیح محاسبه می‌شود و میزان عملکرد گیاه مینا از رابطه (۴) به دست می‌آید:

$$Y_0 = (F \times y_0) + [(1 - F) \times y_c] \quad \text{رابطه ۴}$$

در این رابطه Y_0 عملکرد محصول گیاه مینا بر حسب کیلوگرم در هکتار در روز، F درصد ابرناکی هوا در شهرستان و برای طول دوره رشد گیاه و y_0 و y_c به ترتیب میزان عملکرد گیاه در شرایط هوای ابری و هوای صاف می‌باشد.

پس از محاسبه Y_0 ضرایب تصحیح‌کننده‌ای باید اعمال شوند: ضریب تصحیح قسمت برداشت‌شده محصول (CH)، ضریب تصحیح رشد محصول طی زمان و سطح برگ (CL) و ضریب تولید ماده خشک محصول (CN). پس از اعمال ضرایب، سرعت تولید ماده خشک برای گیاهان مورد نظر با شرایط آب و هوایی هر دو شهرستان بر حسب کیلوگرم در هکتار در روز به دست می‌آید.

در پژوهش حاضر مقدار ضریب CH و CN برای گندم و جو به ترتیب برابر $0/4$ و $0/5$ و مقدار ضریب CN برای یونجه و ذرت علوفه‌ای برابر $0/6$ و CH برای یونجه برابر $0/8$ و برای ذرت علوفه‌ای برابر 1 در نظر گرفته شد. همچنین مقدار ضریب CL برای هر چهار محصول در شهرستان‌های مورد مطالعه برابر $0/4$ در نظر گرفته شد. برای محاسبه تولید نهایی محصول لازم است طول دوره رشد گیاه به عنوان ضریبی دیگر در رابطه (۴) ضرب شود. این ضریب با G نشان داده شده است و در پژوهش حاضر با توجه به استعلام از سازمان جهاد کشاورزی استان اصفهان برای شهرستان شاهین‌شهر-میمه برای چهار محصول گندم، جو، یونجه و ذرت علوفه‌ای طول دوره رشد (G) به ترتیب 221 ، 201 ، 245 و 112 و برای شهرستان برخوار به ترتیب برابر 211 ، 191 ، 245 ، 112 روز در نظر گرفته شد. تولید بالقوه (Y_{mp}) یک رقم پرمحصول سازگار با محیط اگر بدون هیچگونه محدودیت در G روز رشد کرده باشد بر حسب کیلوگرم در هکتار در دوره رشد طبق رابطه (۵) به دست می‌آید:

$$Y_{mp} = CL \times CN \times CH \times G[(F \times y_0) + [(1 - F) \times y_c]] \quad \text{رابطه ۵}$$

متوسط ارزش اقتصادی آب کشاورزی محاسبه‌شده بر اساس نوع محصول برای هر یک از شهرستان‌ها، از سه روش وزن‌دهی به‌دست می‌آید (Easter, 2005):

۱. وزن‌دهی بر اساس مساحت زیرکشت هر محصول
۲. وزن‌دهی بر اساس میزان درآمد حاصل از هر محصول
۳. وزن‌دهی بر اساس آب مصرفی هر محصول

محاسبه میزان تبخیر و تعرق مرجع (ET_0)

در این پژوهش پس از جمع‌آوری اطلاعات هواشناسی، با استفاده از نرم افزار CROPWAT، میزان تبخیر و تعرق مرجع در شهرستان‌های مورد مطالعه محاسبه شد و با استفاده از رابطه زیر تبخیر و تعرق هر محصول به دست آمد. مقدار محاسبه‌شده با رابطه زیر میزان آب مصرفی گیاه در طول روز می‌باشد که با داشتن طول دوره رشد و مساحت زیرکشت مقدار آب مصرفی برای هر محصول به‌دست می‌آید:

$$ET_c = K_c \times ET_0 \quad \text{رابطه ۶}$$

در رابطه فوق ET_c تبخیر و تعرق گیاه (مترمکعب بر هکتار)، K_c ضریب گیاهی و ET_0 تبخیر و تعرق مرجع (مترمکعب بر هکتار) می‌باشد.

عملکرد واقعی

پس از محاسبه عملکرد محصولات هر شهرستان، محاسبه حساسیت محصول به آب ($\frac{\partial y}{\partial w}$) ممکن می‌شود. واکنش عملکرد در مقابل مصرف آب از لحاظ کمی تحت عنوان ضریب واکنش عملکرد بیان می‌شود که رابطه نسبی میان کاهش عملکرد محصول ($1 - \frac{Y_a}{Y_m}$) به کاهش نسبی تبخیر و تعرق ($1 - \frac{ET_a}{ET_m}$) را بیان می‌کند و با نماد K_y نشان داده می‌شود. تعیین ارزش اقتصادی آب نیازمند محاسبه عملکرد واقعی آب می‌باشد. با مشتق‌گیری از عملکرد واقعی به عملکرد پتانسیل رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\frac{Y_a}{Y_m} = K_y \left(1 - \frac{ET_a}{ET_m} \right) \quad \text{رابطه (۷)}$$

اگر از رابطه بالا مشتق گرفته شود، رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\frac{\partial Y_a}{\partial ET_a} = \frac{K_y \times Y_m}{ET_m} \quad \text{رابطه (۸)}$$

در انتها رابطه تعیین ارزش اقتصادی آب به شکل رابطه (۹) به دست می‌آید:

$$P_w = \frac{P_y \times (K_y \times Y_m)}{ET_0} \quad \text{رابطه (۹)}$$

در روابط بالا، Y_a عملکرد واقعی و Y_m حداکثر عملکرد، ET_a تبخیر و تعرق واقعی، ET_0 تبخیر و تعرق مرجع، K_y فاکتور حساسیت محصول به آبیاری و P_y و P_w به ترتیب ارزش محصول و آب می‌باشند. مقایسه بین مقادیر عملکرد محصولات به دست آمده توسط مدل و مقادیر واقعی عملکرد محصولات که از طریق سازمان جهاد کشاورزی استان اصفهان برای دو شهرستان شاهین‌شهر-میمه و برخوار به دست آمد نشان می‌دهد که این مقادیر به هم نزدیک بوده و اختلاف معناداری باهم نداشتند.

قیمت محصولات

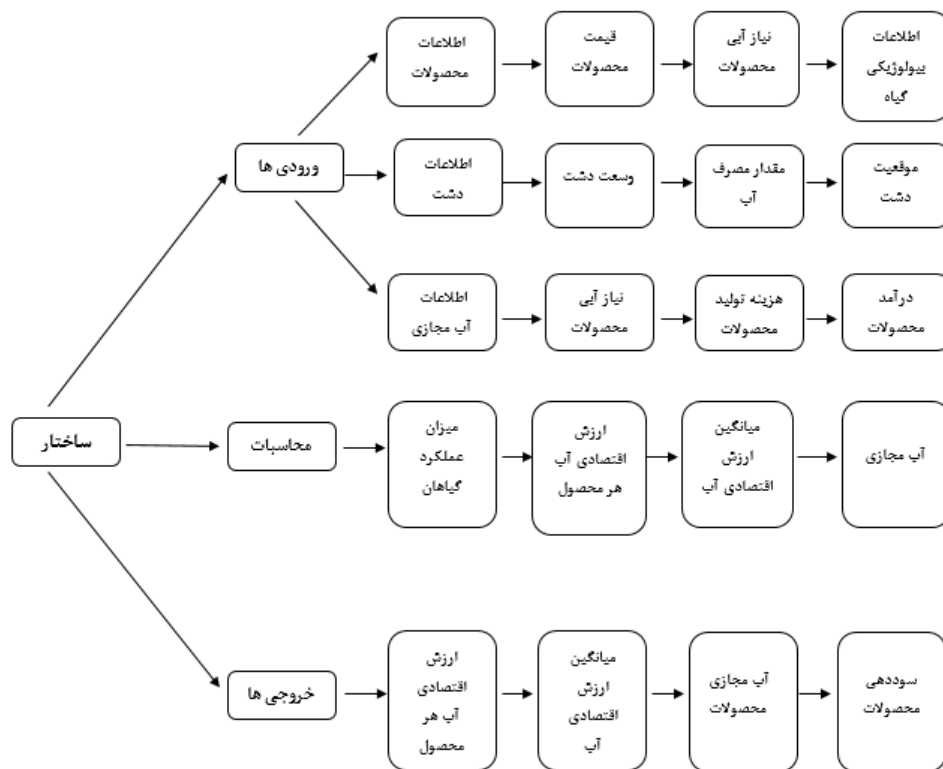
قیمت محصولات مورد مطالعه برای هر دو شهرستان شاهین‌شهر-میمه و برخوار براساس قیمت‌های اعلام شده توسط سازمان برنامه و بودجه و مرکز آمار ایران و همچنین بازار محصولات در سال زراعی ۱۳۹۹-۱۴۰۰ به دست آمدند و برای گندم، جو، یونجه و ذرت علوفه‌ای به ترتیب برابر با ۱۳۰۰۰۰، ۱۰۵۰۰۰، ۸۰۹۸۷ و ۵۹۰۱۵ ریال بر کیلوگرم می‌باشند. بعد از محاسبه نیاز آبی محصولات با استفاده از اطلاعات هواشناسی و نرم افزار CROPWAT، مقدار آب مجازی مربوط به هر یک از محصولات با کمک رابطه زیر به دست آمد (Chapagain and Hoekstra, 2003):

$$VW_c = \frac{CWR}{Y_a} \quad \text{رابطه (۱۰)}$$

در رابطه بالا VW_c میزان آب مجازی گیاه برحسب مترمکعب بر تن، CWR نیاز آبی گیاه برحسب مترمکعب بر هکتار و Y_a میزان عملکرد گیاه برحسب تن برهکتار می‌باشد. پس از محاسبه میزان آب مجازی، سوددهی محصولات هر شهرستان براساس نسبت سود به هزینه‌ها محاسبه می‌شود. درآمدی که از هر محصول به دست می‌آید براساس عملکرد و قیمت محصولات به دست می‌آید. همچنین هزینه‌های تولید محصولات هر شهرستان براساس مساحت زیرکشت و از طریق آمار هزینه‌های تولید محصولات کشاورزی از سازمان جهاد کشاورزی استان اصفهان به دست آمده است. رابطه‌ای که برای محاسبه سوددهی محصولات استفاده شده است به صورت زیر می‌باشد:

$$P = \frac{B_{total}}{C_{total}} \quad \text{رابطه (۱۱)}$$

در رابطه بالا B_{total} درآمد کل برحسب ریال، C_{total} هزینه کل برحسب ریال و P سوددهی محصول می باشند. در انتها سناریو به گونه‌ای ارائه گردید که با استفاده از آن ارزش اقتصادی آب در هر دو شهرستان افزایش یابد. ساختار مدل ریاضی که برای تعیین ارزش اقتصادی آب تهیه شده در شکل (۲) نشان داده شده است. مدل از سه بخش اصلی ورودی‌ها، محاسبات و خروجی‌ها تشکیل شده است. در بخش ورودی‌ها، اطلاعات کامل دو شهرستان مورد مطالعه، اطلاعات کامل محصولات زیرکشت، مساحت زیرکشت، حجم آب مصرفی و قیمت محصولات وارد می‌شود. در بخش محاسبات، روش‌های تعیین ارزش اقتصادی آب که در مورد آنها بحث شد مورد استفاده قرار می‌گیرند. در بخش خروجی‌ها ارزش اقتصادی آب محاسبه شده ارائه می‌شود (شکل ۲).



شکل ۲. ساختار مدل ریاضی توسعه یافته

یافته‌های پژوهش

در جداول (۱) تا (۳) ارزش اقتصادی آب برای محصولات و شهرستان‌های مورد مطالعه بدون لحاظ آب مجازی و در جداول (۴) و (۵) ارزش اقتصادی آب با در نظر گرفتن آب مجازی ارائه شده است. نتایج اجرای مدل مربوط به میزان عملکرد هر محصول و ارزش اقتصادی آب برای هر محصول در دو شهرستان شاهین-شهر-میمه و برخوار و همچنین وزن محاسبه شده برای هر محصول در سه روش وزن‌دهی بر اساس مساحت، مصرف آب خالص و درآمد می‌باشد که در جداول (۱) و (۲) آمده است.

جدول ۱. نتایج اجرای مدل مربوط به میزان عملکرد هر محصول در شهرستان‌های شاهین‌شهر- میمه و همچنین وزن محاسبه شده برای هر محصول در سه روش وزن‌دهی

محصول	سطح زیرکشت (هکتار)	عملکرد (کیلوگرم بر هکتار)	قیمت محصول (ریال بر کیلوگرم)	ارزش اقتصادی آب (ریال بر مترمکعب)	درصد وزنی برحسب درآمد	درصد وزنی برحسب مصرفی	درصد وزنی برحسب مساحت
گندم	۳۰۰۰	۴۲۰۰	۱۳۰۰۰۰	۲۰۰۷۰۵	۲۶/۸۹	۲۷/۳۶	۳۱/۷۴
جو	۳۰۰۰	۴۱۰۰	۱۰۵۰۰۰	۱۸۵۰۶۷	۲۱/۳۱	۲۱/۷۸	۳۱/۷۴
یونجه	۱۰۰۰	۱۰۰۰۰	۸۰۹۸۷	۷۹۵۸۸	۱۳/۳۶	۲۱/۴۹	۱۰/۵۸
ذرت علوفه‌ای	۲۴۵۰	۵۰۰۰۰	۵۹۰۱۵	۷۷۹۰۸۴	۳۸/۴۳	۲۹/۳۶	۲۵/۹۲

جدول ۲. نتایج اجرای مدل مربوط به میزان عملکرد هر محصول در شهرستان برخوار و همچنین وزن محاسبه شده برای هر محصول در سه روش وزن‌دهی

محصول	سطح زیرکشت (هکتار)	عملکرد (کیلوگرم بر هکتار)	قیمت محصول (ریال بر کیلوگرم)	ارزش اقتصادی آب (ریال بر مترمکعب)	درصد وزنی برحسب درآمد	درصد وزنی برحسب مصرفی	درصد وزنی برحسب مساحت
گندم	۳۵۲۸	۴۲۰۰	۱۳۰۰۰۰	۱۹۸۶۱۹	۲۴/۵۴	۲۶/۰۲	۳۱/۱۴
جو	۳۲۵۰	۴۰۵۰	۱۰۵۰۰۰	۱۸۱۱۲۶	۱۷/۷۰	۱۹/۲۲	۲۸/۶۹
یونجه	۱۰۵۰	۱۰۰۰۰	۸۰۹۸۷	۱۲۴۶۸۳	۱۰/۸۹	۰۸/۴۵	۹/۲۷
ذرت علوفه‌ای	۳۵۰۰	۵۵۰۰۰	۵۹۰۱۵	۸۴۲۰۰۹	۴۶/۸۷	۳۶/۵۵	۳۰/۹۰

مطابق جدول (۱) کمترین میزان سطح زیرکشت در شهرستان شاهین‌شهر- میمه مربوط به یونجه برابر ۱۰/۵۸ درصد وزنی بر حسب مساحت و میزان درآمد حاصل از این محصول ۱۳/۳۶ درصد از کل درآمد شهرستان می‌باشد. ارزش اقتصادی به‌دست‌آمده آب از روش نوع محصولات از میان چهار محصول انتخاب‌شده در این شهرستان برای ذرت علوفه‌ای بیشترین قیمت و برابر با ۷۷۹۰۸۴ و برای یونجه کمترین قیمت و برابر ۷۹۵۸۸ ریال بر مترمکعب به‌دست آمد. از آنجا که در روش تعیین ارزش اقتصادی آب براساس نوع محصول، ارزش اقتصادی آب به‌دست‌آمده رابطه مستقیم با قیمت محصول و تابع تولید محصول دارد، افزایش ارزش اقتصادی آب با بالا رفتن قیمت محصول و مقدار عملکرد بالقوه محصول امری بدیهی است؛ همچنین مطابق جدول (۲) در شهرستان برخوار سهم درآمد محصولات مختلف متفاوت است به طوری که کمترین میزان سطح زیرکشت مربوط به یونجه برابر ۹/۲۷ درصد وزنی بر حسب مساحت و میزان درآمد حاصل از این محصول ۱۰/۸۹ درصد از درآمد کل شهرستان می‌باشد. کمترین قیمت فروش مربوط به ذرت علوفه‌ای ۵۹۰۱۵ ریال به ازای هر کیلوگرم است و میزان درآمد حاصل از این محصول ۴۶/۸۷ درصد از کل درآمد شهرستان می‌باشد. ارزش اقتصادی به‌دست‌آمده آب از روش نوع محصولات از میان چهار محصول انتخاب‌شده در شهرستان برخوار برای ذرت علوفه‌ای بیشترین قیمت و برابر با ۸۴۲۰۰۹ و برای یونجه کمترین قیمت و برابر با ۱۲۴۶۸۳ ریال بر مترمکعب به‌دست آمد. ذرت علوفه‌ای با وجود اینکه کمترین قیمت محصول یعنی ۵۹۰۱۵ ریال در هر کیلوگرم را داراست، اما عملکرد بسیار بیشتری نسبت به سه محصول دیگر دارد و به همین دلیل بیشترین ارزش آب را دارا می‌باشد.

در جدول (۳) ارزش اقتصادی هر واحد آب مصرفی برحسب ریال در مترمکعب محاسبه شده بر اساس نوع محصول با سه روش وزن‌دهی نشان داده شده است. طبق نتایج جدول (۳) برای شهرستان شاهین‌شهر- میمه بیشترین میانگین ارزش اقتصادی آب با استفاده از نوع محصول از طریق وزن‌دهی مساحت زیرکشت به‌دست آمد (۳۳۲۷۹۵ ریال بر مترمکعب) در حالی که بیشترین میانگین ارزش اقتصادی آب برای شهرستان برخوار با استفاده از نوع محصول از طریق وزن‌دهی درآمد محصول برابر با ۴۸۹۰۲۸ ریال بر مترمکعب به‌دست آمد.

جدول ۳. میانگین ارزش اقتصادی آب شهرستان‌های شاهین‌شهر-میمه و برخوار

شهرستان	ارزش اقتصادی آب (ریال بر مترمکعب)				کل حجم آب مصرفی خالص (میلیون مترمکعب)
	روش محصول با وزن دهی مساحت تحت کشت	روش محصول با وزن دهی با حجم آب مصرفی	روش محصول با وزن دهی درآمد محصول	مساحت تحت کشت (هکتار)	
شاهین‌شهر-میمه	۳۳۲۷۹۵	۳۴۱۰۴۶	۴۰۳۴۳۲	۱۳۱۵	۶/۱۰
برخوار	۳۸۵۵۵۴	۴۰۵۳۱۹	۴۸۹۰۲۸	۱۱۳۲۸	۴۷/۲۸

پیرو جدول (۳)، کمترین میزان ارزش اقتصادی آب از بین دو شهرستان مورد مطالعه برای شاهین‌شهر-میمه بوده و از روش وزن دهی مساحت زیر کشت به دست آمده است و برابر با $۳۳۲۷۹۵/۲$ ریال در مترمکعب می‌باشد. در این پژوهش پس از محاسبه ارزش اقتصادی آب در هر دو شهرستان، به محاسبه آب مجازی و سوددهی مربوط به هریک از محصولات پرداخته شد. در جدول (۴) نتایج مربوط به این بخش ارائه شده است.

طبق نتایج ارائه شده در جدول (۴) در شهرستان شاهین‌شهر-میمه، کمترین میزان آب مجازی برای محصول ذرت علوفه‌ای با میزان $۱۰۰/۸۶$ مترمکعب بر تن معادل بیشترین سوددهی برای محصول ذرت علوفه‌ای به میزان $۱/۷۵$ می‌باشد. با توجه به نتایج به دست آمده از جدول (۴) می‌توان به جای کشت یونجه، محصول ذرت علوفه‌ای را جایگزین آن کرد. اما با وجود اینکه آب مجازی محصول گندم بسیار بیشتر از ذرت علوفه‌ای است، به علت راهبردی بودن محصولات گندم و جو، جایگزینی آنها با ذرت علوفه‌ای پیشنهاد نمی‌شود. در شهرستان برخوار با وجود اینکه آب مجازی ذرت علوفه‌ای برابر با $۹۰/۶۹$ مترمکعب برای هر تن محصول و بسیار کمتر از سه محصول دیگر است اما سوددهی بیشتری و برابر با $۱/۶۸$ دارد. این نشان می‌دهد که در این شهرستان کشت ذرت علوفه‌ای نسبت به سه محصول گندم، جو و یونجه می‌تواند ارزش بالاتری از نظر بهره‌وری آب داشته باشد. نتایج مربوط به سناریوی جایگزینی محصول ذرت علوفه‌ای به جای یونجه و مقایسه ارزش اقتصادی آب در شهرستان قبل و بعد از انجام آن در جداول (۵) و (۶) آمده است.

جدول ۴. آب مجازی (مترمکعب بر تن) و سوددهی محصولات در شهرستان‌های مورد مطالعه

محصول	شاهین‌شهر-میمه		برخوار	
	آب مجازی	سوددهی	آب مجازی	سوددهی
گندم	$۸۴۷/۸۶$	$۰/۲۵$	$۸۴۷/۸۹$	$۰/۳۹$
جو	$۶۹۶/۳۴$	$۰/۴۵$	$۷۰۴/۹۱$	$۰/۳۸$
یونجه	$۸۳۷/۴۰$	$۰/۳۹$	$۸۳۷/۴۰$	$۰/۲۵$
ذرت علوفه‌ای	$۱۰۰/۸۶$	$۱/۷۵$	$۹۰/۶۹$	$۱/۶۸$

جدول ۵. تغییرات ارزش اقتصادی آب در شهرستان شاهین‌شهر-میمه با در نظر گرفتن سناریوی آب مجازی

سناریوهای موجود	ارزش اقتصادی آب بر اساس روش محصول با وزن دهی مساحت تحت کشت (ریال بر مترمکعب)		ارزش اقتصادی آب بر اساس روش محصول با وزن دهی درآمد محصول (ریال بر مترمکعب)		کل حجم آب مصرفی خالص (میلیون مترمکعب)
	ارزش اقتصادی آب بر اساس روش محصول با وزن دهی مساحت تحت کشت (ریال بر مترمکعب)	بر اساس روش محصول با وزن دهی درآمد محصول (ریال بر مترمکعب)	ارزش اقتصادی آب بر اساس روش محصول با وزن دهی درآمد محصول (ریال بر مترمکعب)	ارزش اقتصادی آب بر اساس روش محصول با وزن دهی مساحت تحت کشت (ریال بر مترمکعب)	
بدون در نظر گرفتن آب مجازی	۳۳۲۷۹۵	۳۴۱۰۴۶	۴۰۳۴۳۲	۹۴۵۰	۴۰/۴۷
با در نظر گرفتن آب مجازی	۴۰۶۸۱۰	۴۹۱۳۸۵	۴۹۶۸۹۵/۳	۱۰۲۴۴	۴۰/۴۷
درصد تغییرات (%)	۲۲	۴۴	۲۳		

جدول ۶. تغییرات ارزش اقتصادی آب در شهرستان برخوار با در نظر گرفتن سناریوی آب مجازی

سناریوهای موجود	ارزش اقتصادی آب بر اساس روش محصول با وزن دهی مساحت تحت کشت (هکتار)	ارزش اقتصادی آب بر اساس روش محصول با وزن دهی درآمد محصول (ریال بر مترمکعب)	ارزش اقتصادی آب بر اساس روش محصول با وزن دهی حجم آب مصرفی (ریال بر مترمکعب)	ارزش اقتصادی آب بر اساس روش محصول با وزن دهی مساحت تحت کشت (ریال بر مترمکعب)	کل حجم آب مصرفی خالص (میلیون مترمکعب)
بدون در نظر گرفتن آب مجازی	۳۸۵۵۵۴	۴۰۵۳۱۹	۴۸۹۰۲۸	۱۱۳۲۸	۴۸/۲۸
با در نظر گرفتن آب مجازی	۴۵۲۰۵۰	۴۶۹۰۱۸	۵۶۷۱۴۵	۱۲۰۲۲	۴۸/۲۸
درصد تغییرات	۱۷	۱۵	۱۵		

همانطور که در جدول (۵) نشان داده شده است، ارزش اقتصادی آب در شهرستان شاهین‌شهر-میمه در هر سه حالت وزن دهی پس از لحاظ تغییرات الگوی کشت ناشی از در نظر گرفتن آب مجازی افزایش می‌یابد و در این حالت به ترتیب در روش‌های وزن دهی درآمد محصول، مساحت زیرکشت و حجم آب مصرفی، ارزش اقتصادی آب از ۴۰۳۴۳۲، ۳۳۲۷۹۵ و ۳۴۱۰۴۶ به ۴۹۶۸۹۵، ۴۰۶۸۱۰ و ۴۹۱۳۸۵ ریال بر مترمکعب افزایش می‌یابد و این به معنای افزایشی برابر ۲۳، ۲۲ و ۴۴ درصد می‌باشد. نتایج مربوط به جدول (۶) نیز نشان داد که ارزش اقتصادی آب در شهرستان برخوار در هر سه حالت وزن دهی پس از لحاظ تغییرات الگوی کشت ناشی از در نظر گرفتن آب مجازی افزایش می‌یابد و در این حالت به ترتیب در روش‌های وزن دهی درآمد محصول، مساحت زیرکشت و حجم آب مصرفی، ارزش اقتصادی آب از ۴۸۹۰۲۸، ۴۰۵۳۱۹ و ۳۸۵۵۵۴ به ۵۶۷۱۴۵، ۴۵۲۰۵۰ و ۴۶۹۰۱۸ ریال بر مترمکعب افزایش می‌یابد و این به معنای افزایشی برابر ۱۵، ۱۷ و ۱۵ درصد در ارزش اقتصادی آب است. به این ترتیب، با کاربرد اصلاحات ناشی از آب مجازی و میزان سوددهی محصولات در شهرستان می‌توان الگوی کشت را به نحوی اصلاح کرد که ارزش اقتصادی آب در شهرستان افزایش یابد.

بحث

در این مطالعه بیشترین ارزش اقتصادی آب بر اساس روش نوع محصول (بر مبنای قیمت محصول) به دست آمد، Chimeh et al. (2014) نیز به نتیجه مشابه دست یافتند. بدیهی است که در این روش، ارزش اقتصادی آب با قیمت محصول رابطه مستقیم داشته و هرچه قیمت محصول بیشتر باشد، ارزش اقتصادی آب نیز بیشتر می‌شود. در روش تعیین ارزش اقتصادی آب بر مبنای نوع محصول، ارزش اقتصادی آب بسته به حساسیت محصول به آبیاری و عملکرد محصول می‌تواند تا چند برابر بیشتر از قیمت محصول و همچنین قیمت بازاری آب، با توجه به نهاده بودن آن برای تولید محصول، به دست آید. Asadi et al. (2019) نیز بیان داشتند که ارزش اقتصادی آب بسیار بیشتر از قیمت بازاری آن بوده و کشاورزان تنها ۱۱ درصد ارزش اقتصادی آب را به عنوان آب‌بها می‌پردازند.

در مطالعه حاضر، کمترین ارزش اقتصادی آب از روش نوع محصول با وزن دهی مساحت زیرکشت به دست آمد (جدول ۳، ۵ و ۶) که البته ارزش به دست آمده از روش نوع محصول با وزن دهی حجم آب خالص مصرفی نیز در هر دو شهرستان تفاوت معناداری با ارزش اقتصادی آب به دست آمده از روش نوع محصول با وزن دهی مساحت زیرکشت نداشت (اختلاف > 5 درصد). Omidi et al. (2018) نیز دریافته‌اند که روش ارزش گذاری اقتصادی آب بر اساس نوع محصول منجر به ارزش بیشتری در مقایسه با سایر روش‌ها می‌گردد. Chimeh et al. (2014) نیز به این نتیجه رسیدند که ارزش گذاری اقتصادی آب بر اساس نوع محصول با وزن دهی حجم آب خالص مصرفی به قیمت واقعی آب نزدیک‌تر می‌باشد. Esmaeilimoakhar Fardoei et al.

(2016) نیز بیان داشتند که ارزش‌گذاری اقتصادی آب از روش نوع محصول با وزن‌دهی حجم آب خالص مصرفی، کمترین ارزش اقتصادی آب را به دست می‌دهد و بنابراین برای کشاورزی مناسب‌ترین روش می‌باشد. در پژوهش حاضر، تغییر الگوی کشت منجر به افزایش ارزش اقتصادی آب شد؛ تحقیقات دیگر نیز تغییر الگوی کشت را برای افزایش ارزش اقتصادی آب پیشنهاد داده‌اند (Baghbanyan et al., 2022; Kanooni et al., 2020; Khojastehpour et al., 2018). در تحقیق حاضر گندم و جو از نظر سوددهی نامطلوب بودند، اما به دلیل اهمیت راهبردی این محصولات، به جای کاهش سطح زیرکشت این دو محصول، سطح زیرکشت یونجه کاهش داده شد. (Baghbanyan et al. (2022) نیز کاهش سطح زیرکشت گندم را به دلیل راهبردی بودن این محصول پیشنهاد نکردند؛ (Kolahi et al (2020) علاوه بر اینکه برای گندم و جو به سوددهی کم در مقایسه با سایر محصولات دست یافتند، کاهش سطح زیرکشت این دو محصول را نیز هم پیشنهاد کردند؛ آنها همچنین به این نتیجه رسیدند که اعمال مفهوم آب مجازی باعث تغییر در الگوی کشت در جهت افزایش سود اقتصادی می‌شود. در مطالعه حاضر نیز اعمال مفهوم آب مجازی منجر به تغییر الگوی کشت در جهت کاشت محصول سودده‌تر (ذرت علوفه‌ای) شد. (Baghbanyan et al (2022) افزایش سطح زیرکشت هر دو محصول یونجه و ذرت علوفه‌ای را به منظور کمینه‌سازی آب مجازی با حفظ سود اقتصادی پیشنهاد کردند؛ درحالی‌که در مطالعه حاضر تنها ذرت علوفه‌ای آب مجازی بسیار کمتری نسبت به محصولات دیگر داشت و پیشنهاد شد که سطح زیرکشت آن افزایش یابد. (Kanooni et al. (2020) نیز مشابه با پژوهش حاضر، کاهش سطح زیرکشت یونجه را برای افزایش ارزش اقتصادی آب پیشنهاد کردند.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

مسئله آب و نحوه توزیع آن در حال حاضر به مسئله‌ای بسیار مهم در سیاست‌های کلان کشور و بخش‌های اقتصادی، به خصوص بخش کشاورزی تبدیل شده است. در تحقیق حاضر ارزش اقتصادی آب کشاورزی با تغییر الگوی کشت بر مبنای نوع محصولات و آب مجازی هر محصول در دو شهرستان شاهین‌شهر-میمه و برخوار در استان اصفهان محاسبه شد. با بهره‌گیری از رویکرد مورد استفاده در این مطالعه می‌توان ارزش اقتصادی آب هر شهرستان و الگوی کشت بهینه آنها را متناسب با محتوی آب کشاورزی محصولات و بهره‌وری آب این محصولات تعیین نمود. همچنین مدل تعیین ارزش اقتصادی آب برای شهرستان‌های انتخاب شده با در نظر گرفتن مفهوم آب مجازی تکمیل و به کار گرفته شد تا علاوه بر تعیین ارزش اقتصادی آب در حالت فعلی، بتوان با در نظر گرفتن آب مجازی و سوددهی محصولات، الگوی کشت محصولات را در جهت افزایش ارزش اقتصادی آب تغییر داد.

نتایج نشان داد که از میان روش‌های مورد بررسی، روش ارزش‌گذاری براساس نوع محصول با وزن‌دهی مساحت زیرکشت، کم‌ترین ارزش اقتصادی آب را به دست می‌دهد (جدول ۳، ۵ و ۶). ارزش اقتصادی آب در هر دو شهرستان شاهین‌شهر-میمه و برخوار در هر سه حالت وزن‌دهی، با ارائه سناریوی جایگزینی محصولات و افزایش سطح زیرکشت محصول ذرت علوفه‌ای افزایش می‌یابند؛ به طوری‌که با کشت ذرت علوفه‌ای به جای یونجه در روش‌های سه‌گانه وزن‌دهی بر حسب مساحت زیرکشت، حجم آب مصرفی و درآمد محصول، به ترتیب در شهرستان شاهین‌شهر-میمه ۲۲، ۴۴ و ۲۳ درصد و در شهرستان برخوار ۱۷، ۱۵ و ۱۵ درصد افزایش در ارزش اقتصادی آب ایجاد می‌شود. همانگونه که در این پژوهش مشاهده شد، با در نظر گرفتن مفهوم آب مجازی و میزان سوددهی محصولات در شهرستان‌های مورد مطالعه می‌توان الگوی کشت را به نحوی تغییر داد که ارزش اقتصادی آب افزایش یابد. پیشنهاد می‌گردد که در تحقیقات آینده، با استفاده از برنامه‌ریزی خطی با اعمال قیدهای مناسب (حبابه، مساحت دشت و ...)، مساحت‌های زیرکشت بهینه برای محصولات گندم، جو و ذرت علوفه‌ای در منطقه مورد مطالعه در این پژوهش با دو هدف بیشینه‌سازی سود اقتصادی و کمینه‌سازی آب مجازی تعیین گردد و بعد از محاسبه ارزش اقتصادی آب، نتایج به دست آمده با نتایج این مطالعه مقایسه گردند.

سیاس گزاری

بدینوسیله از دانشگاه تهران، جهاد کشاورزی استان اصفهان، سازمان هواشناسی کشور، اداره آب منطقه‌ای استان اصفهان و شرکت مادر تخصصی منابع آب به دلیل در اختیار قرار دادن اطلاعات مورد نیاز پژوهش حاضر تشکر و قدردانی می‌شود. این مقاله از یک پایان‌نامه کارشناسی ارشد استخراج شده است. "هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد"

منابع

- اسعدی، محمد علی؛ خلیلیان، صادق؛ موسوی، سید حبیب‌الله (۱۳۹۸). تعیین ارزش اقتصادی آب در مزارع گندم و کلزا (مطالعه نمونه‌ای: شبکه آبیاری دشت قزوین). *مجله علمی-پژوهشی مهندسی آب*. ۱۲ (۴۰)، ۱۴۸-۱۳۷.
- اسماعیلی‌موخرفردویی، محمدعلی؛ ابراهیمی، کیومرث؛ عراقی نژاد، شهاب و هورفر، عبدالحسین (۱۳۹۵). ارزیابی راندمان مالی کشاورزان با تکیه بر تعیین ارزش اقتصادی آب. *تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی*، ۴۷ (۱)، ۱۴۱-۱۵۰.
- امیدی، فریماه و ابراهیمی، کیومرث (۱۳۹۱). معرفی و بررسی لزوم کاربرد راندمان اقتصادی به همراه راندمان فیزیکی در آبیاری. *اقتصاد کشاورزی و توسعه*، ۲۰ (۱)، ۱۷۹-۲۰۰.
- امیدی، فریماه؛ ابراهیمی، کیومرث و فضل‌الهی، هاجر (۱۳۹۸). توسعه مدل ریاضی AWPM برای تعیین ارزش اقتصادی آب. *تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی*، ۵۰ (۱)، ۱۳۷-۱۴۶.
- انصاری، وحیده و میرزایی، حسن (۱۳۹۴). بررسی اثر سیاست قیمت‌گذاری محصولات کشاورزی بر ارزش اقتصادی آب (مطالعه موردی: زراعت چغندرقد در شهرستان نیشابور). *تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران*، ۴۶ (۳)، ۶۰۹-۶۲۱.
- باغبانیان، مصطفی؛ طاهری، ابوذر و قادرزاده، حامد (۱۴۰۱). تعیین الگوی بهینه کشت محصولات زراعی با تاکید بر آب مجازی در شهرهای قروه و دهگلان استان کردستان. *نشریه آبیاری و زهکشی ایران*، ۱۶ (۵)، ۱۰۲۶-۱۰۴۳.
- پوران، رقیه؛ راغفر، حسین؛ قاسمی؛ عبدالرسول و بزازان، فاطمه (۱۳۹۶). محاسبه ارزش اقتصادی آب مجازی با رویکرد حداکثرسازی بهره‌وری آب آبیاری. *فصلنامه مطالعات اقتصادی کاربردی ایران*، ۶ (۲۱)، ۱۸۹-۲۱۲.
- چیمه، طیبه؛ ابراهیمی، کیومرث؛ هورفر، عبدالحسین و عراقی نژاد، شهاب (۱۳۹۳). ارزیابی ارزش اقتصادی آب کشاورزی با رویکرد قیمت‌گذاری بر اساس نوع محصول در دشت قزوین. *پژوهش آب در کشاورزی (علوم خاک و آب)*، ۲۸ (۱)، ۱۷۱-۱۸۱.
- خجسته‌پور، سعیدرضا؛ خرم‌دل، سرور و فرش‌چین، سینا (۱۳۹۷). تمایل به تغییر الگوی کشت برای زراعت زعفران، راهکاری کاربردی برای مقابله با بی‌آبی (مطالعه موردی دشت نیشابور). *پنجمین همایش ملی زعفران*. تربت حیدریه، خراسان رضوی، ایران.
- ره‌پو، فریبا؛ غیور، حسنعلی و رجبی، زهره (۱۳۹۷). بحران آب در حوضه آبریز گاوخونی و چگونگی سازش با آن از طریق استقرار نظام جامع نرخ‌گذاری آب (مطالعه موردی: آخرین تاسیسات تامین آب-سد و تونل سوم کوهرنگ). *مخاطرات محیط طبیعی*، ۷ (۱۸)، ۲۲۱-۲۳۴.
- سالاری بردسیری، مریم؛ مهرآبادی بشرآبادی، حسین؛ زارع مهرجردی، محمدرضا؛ امیرتیموری، سمیه و میرزایی خلیل آبادی، حمیدرضا (۱۴۰۱). بررسی ارتباط بین امنیت آب و بعد کمی امنیت غذایی در پهنه‌های مختلف اقلیمی ایران. *تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران*، ۵۳ (۲)، ۵۱۴-۴۹۷.
- عبدالمنافی، نرجس السادات و مظاهری، مهدی (۱۳۹۵). با نمایندگان مردم در مجلس دهم: نگاهی بر وضعیت کلی بخش آب. *معاونت پژوهش‌های زیربنایی و امور تولیدی، مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی*، شماره مسلسل ۱۴۸۴۶.
- کانونی، امین؛ حسنی، یوسف؛ قرائی، کریم و دیندار، اسداله (۱۳۹۹). بررسی اثرات توسعه بازار آب بر الگوی کشت انتخابی کشاورزان در شبکه آبیاری سبلان، اردبیل. *تحقیقات منابع آب ایران*، ۱۶ (۲)، ۳۲۳-۳۳۳.
- کلاهی، مهدی؛ حسینی، فرهاد و کریمائی طبرستانی، مجتبی (۱۳۹۹). بهینه‌سازی الگوی کشت براساس مفهوم آب مجازی به کمک برنامه‌ریزی خطی (منطقه مورد مطالعه: دشت عمرانی گناباد، استان خراسان رضوی). *دهمین همایش سراسری کشاورزی و منابع طبیعی پایدار*، صفحه ۲۸-۱۴.

REFERENCES

- Abdolmanafi, N., & Mazaheri, M. (2016). With people's representatives: A perspective on overall water sector. *Research center of Iranian parliament*. Publication number 14846. Tehran, Iran. (In Persian)
- Asadi, M., Khalilian, S., & Mousavi, S. (2019). Management of Irrigation Water Allocation and Cropping Pattern with emphasis on Deficit Irrigation Strategy (Case study: Qazvin Irrigation Network). *Iran-Water Resources Research*, 14(5), 1-14. (In Persian)
- Agudelo, J. (2001). The Economic Valuation of Water: Principles and Methods, *Value of Water Research Report Series 5*. IHE: Delft, The Netherlands.
- Allan, J. A. (1997). 'Virtual water': a long term solution for water short Middle Eastern economies? *School of Oriental and African Studies*, University of London. London.
- Ansari, V., & Mirzaee, H. (2015). The effect of agricultural product pricing policies on the economic value of water (Case study: Sugar beet farming in the city of Nishabur). *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 46(3), 609-621. <https://doi.org/10.22059/ijaedr.2015.55544>. (In Persian)
- Baghbanyan, M., Taheri, A., & Ghaderzadeh, H. (2022). Determining the Optimal Cultivation Pattern of Crops with Emphasis on Virtual Water in Qorveh and Dehgolan Cities of Kurdistan Province. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*. 16 (5), 1026-1043. (In Persian)
- Chapagain, A. K., & Hoekstra, A. Y. (2003). Virtual water trade: A quantification of virtual water flows between nations in relation to trade of livestock and livestock products, *Value of water Research Report Series No.13*, UNESCO-IHE, pp. 49-76.
- Chimeh, T., Ebrahimi, K., Hoorfar, A. H., & Araghinezhad, S. (2014). Assessment of agricultural water value by crop price method in Qazvin plain. *Journal of water research in agriculture*. 28 (1), 171-181. (In Persian)
- Easter, K. W., & Liu, Y. (2005). Cost recovery and water pricing for irrigation and drainage projects.
- Esmailimoakhar Fardoei, M., Ebrahimi, K., Araghinejad, S., & Hoorfar, A. (2016). Evaluating the financial efficiency of farmers, involving the economic value of water. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 47(1), 141-150. <https://doi.org/10.22059/ijaedr.2016.58839>. (In Persian)
- Hassani, Y., Hashemy Shahdany, S., M. (2021). Implementing agricultural water pricing policy in irrigation districts without a market mechanism: Comparing the conventional and automatic water distribution systems, *Computers and Electronics in Agriculture*, Volume 185, 106121, ISSN 0168-1699, <https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106121>.
- Kanooni, A., Hassani, Y., Gharaei, K., & Dindar, A. (2020). Investigating the development of the water market based on the selective cultivation pattern of farmers in irrigation network in Sabalan, Ardabil. *Iranian Journal of Water Resources Research*. 16 (2), 323-333. (In Persian)
- Khojastehpour, S., Khorramdel, S., & Farshchin, S. (2018). Willingness to change the cultivation pattern for saffron cultivation, a practical solution to deal with water scarcity (case study: Neyshabour Plain). *5th National Saffron Conference*. Torbat Heydarieh, Razavi Khorasan Province, Iran. (In Persian)
- Kolahi, M., Hosseinali, F., & Karimaei Tabarestani, M. (2020). Optimizing crop pattern based on virtual water concept with linear programming (Case Study: Gnabad Plain, Razavi Khorasan Province). *10th national sustainable agriculture and resources conference*. Tehran. Iran. (In Persian)
- Liu, W., Antonelli, M., Kumm, M., Zhao, X., Wu, P., Liu, J., ... & Yang, H. (2019). Savings and losses of global water resources in food-related virtual water trade. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, 6(1), e1320.
- Ma, M., Gao, S., Lu, Y., & Yao, Y. (2021). Economic value of agricultural water use for Arizona. *The International Journal of Electrical Engineering & Education*, 0020720920984685.
- Omidi, F., Ebrahimi, K. (2012). Introduction and Assessment of the Necessity of Economic Efficiency Usage Along with Physical Efficiency in Irrigation. *Agricultural Economics and*

- Development*, 20(1), 179-200. (In Persian)
- Omidi, F., Ebrahimi, K., & fazlolahi, h. (2018). Development of AWPM Model for Determining the Economic Value of Water. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 50(1), 137-146. <https://doi.org/10.22059/ijaedr.2018.248328.668530>. (In Persian)
- Patrizia, B., Francesca, M., & Novelli, S. (2021). Modeling change in the ratio of water irrigation costs to farm incomes under various scenarios with integrated FADN and administrative data. *ECONOMIA AGRO-ALIMENTARE*, 33(3), 1-19.
- Pouran, R., Raghfar, H., Ghasemi, A., Bazazan, F. (2017). Evaluating the economic value of virtual water with maximizing productivity of Irrigation water. *Journal of Applied Economics Studies in Iran*, 6(21), 189-212. doi: 10.22084/aes.2017.1803. (In Persian)
- Rahpou, F., Ghayour, H., & Rajabi, Z. (2019). The water crisis in Gavkhoni watershed and how to adapt it through the establishment of a comprehensive water pricing system (Case Study: The last water supply facility - Koohrang 3rd dam and tunnel). *Journal of Natural Environmental Hazards*, 7(18), 221-234. <https://doi.org/10.22111/jneh.2017.21610.1303> (In Persian)
- Salari Bardsiri, M., Mehrabi Boshrahadi, H., Zare Mehrjerdi, M., Amirtaimoori, S., & Mirzaei Kalilabadi, H. R. (2022). Investigating the Relationship between Water Security and Food Security in terms of quantity in different Climatic zones of Iran. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 53(2), 497-514. <https://doi.org/10.22059/ijaedr.2022.330430.66>. (In Persian)
- Tayia, A., Collins, A. M., & Gilmont, M. (2022). The role of virtual-water decoupling in achieving food–water security: lessons from Egypt, 1962–2013. *Water International*, 47(7), 1118-1139.
- 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, 6224. <https://doi.org/10.3390/su14106224>.