تحقیقات منابع آب ایران
Iran-Water Resources Research

سال نوزدهم، شماره ۴، پاییز ۱۴۰۲
Volume 19, No. 4, Fall 2023 (IR-WRR)
۱۱۰-۱۲۵

اندازه‌گیری آب مجازی و مقایسه بهره‌وری فنی با بهره‌وری بازاری آب مجازی در بخش کشاورزی مطالعه موردی محصولات آبی منتخب استان کردستان

مصطفی دین محمدی[۱*] و رویا عباسی[۲]

چکیده

در پژوهش حاضر آب مجازی محصولات زراعی و باغی شهرستان‌های استان کردستان، مقدار آب مصرفی ویژه و کل، تراز تجارت آب مجازی و مقایسه بین بهره‌وری فنی و بازاری، ۱۳ محصول منتخب و اصلی استان کردستان در سال ۱۳۹۶ تحلیل شده است. روش تحقیق توصیفی- علی است و از داده‌های کتابخانه‌ای منتشر شده توسط جهاد کشاورزی استان و نرم‌افزار NETWAT در محاسبه نیاز خالص آبیاری محصولات زراعی و باغی استفاده شده است. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که یونجه کمترین بهره‌وری آبی و بیش‌ترین میزان آب مجازی و گوجه فرنگی بیشترین بهره‌وری آبی و کم‌ترین میزان آب مجازی در محصولات زراعی را به خود اختصاص می‌دهد. گردو و شلیل نیز در بین محصولات باغی کمترین و بیشترین بهره‌وری آبی (بیش‌ترین و کم‌ترین میزان آب مجازی) را دارا بوده اند. ۶۷ درصد آب مجازی در محصولات منتخب اصلی آبی استان در بخش زراعت و ۲۷ درصد هم در محصولات باغی استفاده شده است. استان کردستان صادرکننده آب مجازی در بخش کشاورزی است. حجم کل آب مجازی صادراتی ناشی از صادرات محصولات زراعی و باغی مورد مطالعه استان کردستان به ترتیب ۴۸۰ (۸۷ درصد) و ۹۶ (۱۷ درصد) میلیون متر مکعب است. محصولات زراعی کمترین ارزش بازاری برای آب مصرفی را به صورت ضمنی در بازار مبادله می‌کنند. در میان این محصولات یونجه به نسبت آب مصرفی ویژه‌ای که دارد کمترین رد قیمتی از آب را با خود مبادله کرده است. از میان محصولات زراعی و باغی سیب‌زمینی و شلیل دارای بیش‌ترین میزان بهره‌وری بازاری محصول است. نتایج نشان داد که محصولات باغی به طور متوسط ۷ برابر عایدی بازاری آب مجازی نسبت به محصولات زراعی دارند. الگوی همبستگی بین قیمت و مقدار آب مصرفی هر محصول نشان داد محصولات با آب مجازی بیشتر در بازار قیمت و ارزش بازاری کمتری داشته‌اند. هم جهت نبودن بهره‌وری بازاری آب مصرفی و مقدار مصرف آب مجازی نشان می‌دهد که ساختار نظام تولید و الگوی کشت متناسب با وزن و اندازه آب مصرفی محصولات نبوده و حتی به شکل معکوس است.

کلمات کلیدی: آب مجازی، بهره‌وری آب، کشاورزی، استان کردستان.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۱/۱۷
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۵/۳۰

۱- استادیار گروه اقتصاد، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.
۲- کارشناسی ارشد اقتصاد، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.
*- نویسنده مسئول
بحث و مناظره (Discussion) در مورد این مقاله تا پایان زمستان ۱۴۰۲ امکانپذیر است.

Measurement of Virtual Water and Comparison of Virtual Water Technical Efficiency with Market Efficiency in Agricultural Sector, a Case Study of Selected Irrigated Agricultural Products in Kurdistan Province

M. Dinmohammadi [1], and R. Abbasi [2]*

Abstract

In this study virtual water and related indicators in 13 selected agricultural crops in the province of Kurdistan has been evaluated and analyzed in the year 2107. The research method is descriptive-causal, and the library data published by Jiahad Agriculture of Kurdistan province and NETWAT software were used to calculate the net irrigation needs of agricultural and horticultural crops. Alfalfa had the lowest and tomatoe had the highest water productivity among crops. Walnuts and nectarines also had the lowest and highest water productivity among garden products. 67% of virtual water has been used in the main selected irrigated agricultural products of the province and 27% in horticultural products. Kurdistan Province is the exporter of virtual water in the agricultural sector. The total volume of Kurdistan exported virtual water resulting from the export of studied agricultural and horticultural products is 480 (87%) and 96 (17%) million cubic meters, respectively. Crops implicitly exchange the lowest market value for water consumption. Among these products, alfalfa has exchanged the lowest price range of water due to its special water consumption. Among crops and horticulture, potatoes and nectarines had the highest market productivity. The results showed that horticultural products have on average 9 times the market revenue of virtual water compared to agricultural products. Analysis of the corrlation between the two variables of technical water efficiency and market value of virtual water consumed at the selected products in the province showed that their relationship is negative at 95% confidence level. In other words, products with more virtual water had lower prices and market value in the market. Both the lack of market value per water consumption and the amount of virtual water consumption show that the structure of the production system and the cultivation pattern are not proportionate, and even inversely proportional, with the weight and size of water consumption of products.

Keywords: Agriculture, Kurdistan Province, Virtual Water, Water Productivity.

Received: April 6, 2023
Accepted: August 20, 2023

1- Assistant Professor of Economics, Faculty of Social Sciences, University of Zanjan, Zanjan, Iran. Email: dinm@znu.ac.ir
2- Master of Economics, University of Zanjan, Zanjan, Iran. Email: ecconomic.znu@gmail.com
*- Corresponding Author
Doi: 10.22034/IWRR.2023.177609

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

۱- مقدمه

بسیاری از کشورهای جهان از سال‌ها پیش با بحران جدی کمبود منابع آب مواجه شده‌اند و با افزایش جمعیت و توسعه اقتصادی و اجتماعی، کشورهای دیگری هم به این مجموعه می‌پیوندند. در کشورهای دچار کمبود آب، رابطه نزدیک‌تری بین برخورداری از آب و وابستگی به واردات مواد غذایی آشکار می‌گردد (Yang et al., 2002). بخش کشاورزی نقش اساسی در اقتصاد ملی و تولید مواد غذایی در ایران دارد. بخش کشاورزی بزرگترین مصرف‌کننده آب در ایران و سراسر جهان است. اگر چه میانگین جهانی نشان می‌دهد که ۷۰ درصد کل منابع آب به این بخش اختصاص داده شده است. امروزه محققین، دانشمندان و پژوهشگران بسیاری در بازنگری درسیاستگزاری‌ها و رویکردهای مدیریتی منابع آب تأکید دارند به طوری کـه رویکرد جایگزینی از سوی آن‌ها رویکرد مدیریتی آب مجازی[1] است. اصطلاح آب مجازی یا مفهوم میزان آب مصرفی طی فرآیند تـولید یک کالا یا فرآورده کشاورزی، معیار مناسبی برای تعیین میزان مصرف واقعی آب محسوب شده و با استفاده از آن میزان تقاضای واقعی آب یک کشور برآورد می‌شود، با توجه به کمبود منابع آب و ارزش‌های بالای آن‌ها بـه عنوان "کـالای اقتصادی" کشورهایی کـه دارای شرایط آب حیاتی هستند مفهوم جدیدی را با عنوان "آب مجازی" به محصولات استراتژیک کشاورزی و صنعتی خـود معرفی کرده‌اند (Molden et al., 2002).

استان کردستان با میانگین بارندگی ۴۵۵ میلی متر در سال یکی از استان‌های پر آب و سرشاخه‌ی حوزه‌های آبریز مهم کشور است که حدود ۳ درصد از حجم بارندگی‌های کشور را شامل می‌شود. با توجه به قرار گرفتن در منطقه کوهستانی و جریان داشتن بیش‌تر رودخانه‌ها در دره‌ها بهره‌مندی کم‌تری از آب قابل استفاده برای مصارف کشاورزی دارد، ولی در کل دارای پتانسیل آبی مثبت بوده و منابع آبی سطحی و زیرزمینی قابل ملاحظه‌ای دارد (Agricultural Jahad of Kurdistan Province, 2017).

به دلیل ویژگی‌ها و اهمیتی که آب مجازی در بخش کشاورزی دارد، مطالعه آن می‌تواند زمینه‌های شناسایی و ارزیابی بخشی از مشکلات موجود در بخش کشاورزی و تأمین پایدار منابع آبی را مشخص نماید. هدف پژوهش حاضر، محاسبه آب مجازی و تحلیل شاخص‌های مرتبط با آن در رتبه‌بندی شاخص‌های آب مجازی مصرفی و بهره‌وری فنی آب، ارزش بازاری آب مجازی و شاخص‌های مرتبط با آن برای محصولات آبی اصلی و منتخب کشاورزی استان کردستان است. رابطه بین ارزش‌گذاری بازاری و مقدار آب مصرفی مجازی در محصولات منتخب استان، دیدگاه متفاوتی از قیمت‌پذیری آب و اهمیت مقدار آب مصرف شده در تولید این محصولات نزد بازار را نشان می‌دهد. در این تحقیق ارتباط ارزش بازاری محصولات با آب مصرفی ویژه محصولات زراعی و باغی استان مورد محاسبه قرار گرفته است، این رویکرد به ما کمک می‌کند تا واکنش بازار به قیمت محصولات آب بر تحلیل شود.

۱-۱- پیشینه پژوهش

آب مجازی مفاهیم کشاورزی و اقتصادی را با تأکید بر آب به عنوان یک عامل کلیدی تلفیق می‌کند (Wichlens et al., 2001). آب مجازی مجموع کل جریان آب‌های استفاده شده برای تولید یک کالا است (Salah, 2015). آلن مبادله آب مجازی را به عنوان راهکاری جهت مدیریت کم‌آبی در کشورهای خشک و نیمه خشک خاورمیانه پیشنهاد کرد. یکی از دیدگاه‌های نوین در مدیریت منابع آب، توجه به اصل مزیت نسبی و تجارت آب مجازی است. تجارت آب مجازی به این ایده بر می‌گردد که وقتی کالاها و خدمات مبادله می‌شوند، مانند این است که آب مبادله می‌گردد، بنابراین مناطق دارای کمبود آب می‌توانند با وارد کردن محصولاتی که در تولید آن‌ها آب بیش‌تری مصرف شده است و صادرات محصولاتی که میزان آب کمتری در آن‌ها به کار رفته، به سطوح بالایی از کارایی مصرف آب در سطح جهانی دست یابند (Chapagin et al., 2006). "تجارت آب مجازی" در بسیاری از کشورها به عنوان یک اقدام جهت غلبه بر کمبود آب آبیاری زمین‌های کشاورزی است و هنگامی‌که به درستی اعمال شود، دولت می‌تواند آب بیشتری به کشاورزان برساند، در نتیجه بهره‌وری استفاده از منابع بالا می‌رود. بنابراین، با توجه به تشدید بحران کمبود آب در مناطق مختلف، موضوع تجارت آب مجازی در برنامه‌ریزی و سیاستگزاری‌های تجارت محصولات کشاورزی، به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک، حائز اهمیت است. در این راستا، آب مجازی در مطالعات متعددی از جنبه‌های مختلف، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

موضوع تحلیل‌های آب مجازی رویکردی فنی به زنجیره مصرف آب مستتر در یک محصول اشاره دارد با استفاده از قیمت عمده فروشی‌های بازار، ارتباط ارزش بازاری محصولات در ارتباط با آب مصرفی ویژه و مجازی کمک می‌کند تا حساسیت بازار به قیمت محصولات آب‌بر قابل ارزیابی باشد.

در چرخه هیدرولوژی، منابع آب به دو دسته آب آبی و آب سبز گروه‌بندی می‌شود. برای به دست آوردن مقدار آب مجازی محصولات کشاورزی، منابع آبی که به صورت مستقیم و غیر مستقیم در تولید

محصول دخالت داشته اعم از آب آبی (آب سطحی و آب زیرزمینی) و آب سبز (رطوبت خاک) را اندازه‌گیری کرد، معمولاً در منابعی که سخن از آب مجازی است دو اصطلاح آب سبز و آب آبی دیده می‌شود. (Chapagin et al., 2002; Hoekstra and Hung, 2006).

Baghestani et al. (2010) در مطالعه خود نشان دادند که ایران در طی دوره بررسی ۱۳۸۵-۱۳۷۵ همواره واردکننده خالص آب مجازی بوده است. نتایج این مطالعه همچنین نشان می‌دهد که محصولات عمده صادراتی به‌طور متوسط تقاضای ویژه آب بیشتری در مقایسه با محصولات وارداتی کشاورزی داشته‌اند. Zhao et al. (2010) به تعیین ردپای آب و تجارت آب مجازی در چین پرداخته‌اند. نوآوری این مطالعه تعریف یک شاخص جدید و مستقل از مقدار ردپای آب ملی برای بخش‌های مختلف اقتصاد بوده که شدت استفاده از آب را در بخش‌های مختلف را نشان می‌دهد.

Babazadeh and Tabrizi (2013) ارزیابی وضعیت کشاورزی استان هرمزگان از دیدگاه آب مجازی بررسی نمودند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهدکه استان هرمزگان دارای پتانسیل نسبتاً کمی در استفاده از آب سبز دارد طوری که فقط حدود ۷ درصد تولیدات زراعی و باغی استان به وسیله آب سبز تولید می‌شود و الگوی کشت استان به سمت استفاده بیش‌تراز آب سبز (مانند غلات و باغات) و پرهیز از کاشت محصولات آب بر تابستانه مانند ذرت و سیب زمینی تغییر جهت داده شود.

Salari et al. (2015) تغییرات مکانی و زمانی میزان آب مجازی محصول کشاورزی گندم استان سیستان‌و بلوچستان، مورد ارزیابی قرار دادند. بدین منظور داده‌های ۱۲ ساله هواشناسی، عملکرد محصول، سطح زیرکشت و نیز شیوه آبیاری مورد استفاده قرار گرفت. میانگین ۱۲ ساله آب مصرفی خالص به منظور تولید محصول گندم در استان برابر با ۳۰۳ میلیون متر مکعب بود که ۹/۲ درصد آن به وسیله آب سبز تأمین شده است. متوسط ۱۲ ساله آن در استان ذکر شده برابر با مقدار ۳/۴۲ مترمکعب بر کیلوگرم برآورد شده است. متوسط واردات و صادرات آب مجازی استان مورد مطالعه به ترتیب برابر با ۱۰۴۳ و ۴۳/۲ میلیون متر مکعب بود. همچنین شهرستان‌های زاهدان و زهک به ترتیب بزرگترین وارد کننده و صادرکننده آب مجازی آن استان شناخته شدند.

Zare et al. (2015) در پژوهشی به ارزیابی حجم آب مجازی مبادلاتی محصولات عمده زراعی استان همدان پرداخته‌اند. نتایج مطالعه نشان داد مقایسه مقادیر آب مجازی وارداتی و صادراتی استان همدان طی سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۹ بیانگر خروج حدود ۱۵۳۸ میلیون مترمکعب آب خالص و ۲۵۶۴ میلیون مترمکعب آب مجازی از سطح استان است. Salah and Tahamipour (2014) در مطالعه‌ای به اندازه‌گیری تراز تجاری آب مجازی رشته فعالیت‌های اقتصادی استان گیلان پرداختند. بر اساس یافته‌های تحقیق، استان گیلان مطابق با انتظار در بخش کشاورزی صادرکننده خالص آب مجازی بوده است و تراز تجاری خالص صادرات آب مجازی استان گیلان مثبت می‌باشد. Abedi and Tahami Pour (2016) در اندازه‌گیری و تحلیل تراز تجاری آب مجازی در بخش کشاورزی استان زنجان نشان دادند که محصولات گندم و بادام بیش‌ترین آب مجازی را به ترتیب در میان محصولات زراعی و باغی منتخب به خود اختصاص می‌دهند. بررسی نشان می‌دهد که بیش‌تر بودن آب مجازی این محصولات در راستای عملکرد پایین آن‌ها است. Mahmoudi and Yousefi et al. (2017) در مقاله‌ای به بررسی آب مجازی برای محصولات غلات در ایران پرداخته‌اند. هدف اصلی از این مطالعه تعیین آب مجازی مورد استفاده برای تولید نخود و لوبیا و راندمان مصرف آب، انتخاب بهترین منطقه برای کشت این دو دانه و یافتن بودجه آب مجازی برای غلات مذکور است. نتایج نشان داد که در بین سه استان اصلی تولیدکننده نخود در ایران، بیش‌ترین آب مجازی نخود متعلق به لرستان و کم‌ترین آن متعلق به آذربایجان غربی در سطح زیر کشت آبی است. برای لوبیا، بیش‌ترین مقدار آب مجازی در کشت آبی متعلق به لرستان و کم‌ترین مقدار مربوط به استان مرکزی است. Amini et al. (2017) به بررسی بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب دو محصول خیار و کلزا در دشت‌های واقع در شرق استان کردستان (قروه و دهگلان) پرداختند. در نتایج خروجی از این پژوهش، خیار دارای بهره‌وری فیزیکی بالا و بهره‌وری اقتصادی و مقدار آب مجازی کم است. حال آن‌که محصول کلزا دارای بهره‌وری فیزیکی پایین، بهره‌وری اقتصادی بالا و مقدار آب مجازی بالا است.

Afshar Bakeshloo et al. (2020) در مطالعه‌ای به بررسی پهنه‌بندی شهرستانهای استان کرمانشاه بر اساس مقدار و ارزش آب مجازی محصولات عمده زراعی پرداخته است. مطابق نتایج، بیشترین و کمترین مقدار آب مجازی به ترتیب مربوط به محصول گندم آبی و گوجه‌فرنگی بوده و همچنین بیشترین و کمترین ارزش آب مجازی به ترتیب مربوط با محصولات نخود دیم و جو دیم است. با بررسی سهم آب مجازی سبز و آبی، مناسبترین مناطق تولید محصولات موردمطالعه تعیین گردید. مطابق نتایج، محصول گندم آبی در شهرستان جوانرود با کمترین سهم آب مجازی آبی تولید می‌شود. Baghbanyan and Emamverdi et al. (2020) به بررسی آب مجازی و شاخص‌های

بهره‌وری آب کشاورزی در محصولات عمده زراعی در سال ۱۳۹۵-۱۳۹۴ برای شهرستان سقز استان کردستان اشاره کرده است، مطابق نتایج شاخص بهره‌وری فیزیکی محصولات چغندرقند و نخودآبی به ترتیب بالاترین و پایین‌ترین مقدار را دارا هستند، همچنین بهره‌وری اقتصادی محصولات سیب‌زمینی و گوجه‌فرنگی بالاترین و پایین‌ترین مقدار را به خود اختصاص داده‌اند.

Salam Hussein Ewaid and et al. (2020) در مقاله‌ای به برآورد محتوای آب مجازی و انتقال آب مجازی برای گندم کشور عراق پرداختند، مشخص شد که در سال ۲۰۱۹، ردپای آب گندم تولید شده در داخل ۸/۱ میلیارد مترمکعب و از طریق واردات ۱/۱ میلیارد مترمکعب بوده است. صرفه‌جویی عراق در مصرف آب از طریق واردات گندم ۴۶۰ میلیون مترمکعب براورد شد. Guangyao and Fengying (2021) به تحلیل شبکه اجتماعی تجارت آب مجازی در بین کشورهای بزرگ جهان پرداخته است، این مطالعه از مدل ورودی-خروجی چند منطقه ای برای محاسبه تجارت آب مجازی بین ۱۹ کشور بزرگ از سال ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۵ استفاده می‌کند. نتایج نشان می‌دهد که واردات و صادرات تجارت آب مجازی در بین این کشورها در سال ۲۰۱۵ به درجات مختلف افزایش یافته است، در این میان نرخ رشد واردات چین و صادرات روسیه بالاترین میزان بوده است، در شبکه تجارت آب مجازی از سال ۲۰۱۵ افزایش معنی‌داری یافته است. Dario et al. (2021) در مقاله‌ای به بررسی رابطه بین تجارت بین‌المللی آووکادو و تجارت آب مجازی مرتبط در دوره ۲۰۱۶-۲۰۰۰ می‌پردازد، این تجزیه و تحلیل بر اختلاف زیاد بین کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه تأکید می‌کند که اولی واردکننده خالص آب و دومی صادرکننده خالص بزرگ است. جریان‌های تجارت آب مرتبط با آووکادو از کشورهایی مانند مکزیک، پرو و شیلی که قبلاً تحت تنش آب مزمن هستند به سمت مناطقی مانند ایالات متحده، ژاپن، کانادا و اتحادیه اروپا حرکت می‌کنند، در نتیجه بهره‌برداری بیش از حد از آب در جریان تجارت آووکادو ممکن است منجر به بدتر شدن شرایط محیطی در بسیاری از کشورهای نسبتاً فقیر شود که در آن‌ها صادرات آووکادو اغلب به عنوان یک منبع مهم رشد اقتصادی درنظر گرفته می‌شود.

جمع‌بندی نتایج نشان می‌دهد ملاحظه رویکرد آب مجازی، سیاست‌های تولید و تجارت محصولات کشاورزی با درنظر گرفتن محدودیت و کمیابی منابع آب را تغییر می‌دهد. بررسی پیشینه مطالعات نشان داد مفهوم آب مجازی ابزاری مفید در محاسبه مقدار آب واقعی است که در سطح استانی کم‌تر مورد توجه بوده است. با توجه به زمینه مطالعات موضوع تحلیل تولید محصولات اصلی کشاورزی استان کردستان می‌تواند واجد توصیه‌ها و شناخت عمیق‌تری از سیاست‌گذاری در حوزه آب باشد.

۲- روش تحقیق

در این مطالعه به منظور ارزیابی‌های به هم پیوسته مصارف آب بخش کشاورزی، از مفهوم آب مجازی و تجارت آب مجازی استفاده می‌شود. استفاده از ابزار آب مجازی در انجام تحلیل‌ها، این امکان را فراهم می‌آورد که منبع آب در ارتباط با سایر منابع تولید بخش کشاورزی ارزیابی شود. در ادبیات موضوع جهت محاسبه آب مجازی دو رهیافت کلی داده- ستانده و رهیافت پایه وجود دارد در مطالعه حاضر از رهیافت فنی-پایه جهت تجزیه و تحلیل آب مجازی استفاده شده است. این رویکرد در محاسبه آب مجازی مصرفی هرمحصول کشاورزی در مطالعات (Arabi Yazdi et al., 2002; Salah, 2009; Hoekstra and Hung, 2014) استفاده شده است. در رهیافت پایه با تحلیل مفهوم آب مجازی و به کارگیری روابط فنی، فیزیکی و همچنین به طور خاص روابط فیزیولوژی، رابطه‌هایی برای محاسبه آب مجازی به تفکیک نوع محصول ارایه می‌شود، در این پژوهش تحلیل آب مجازی ۱۳ محصول کشاورزی منتخب استان کردستان (۹ محصول باغی و ۴ محصول زراعی در سال ۱۳۹۶) انجام شده است.

آب مجازی محصولات کشاورزی متأثر از نیاز آبی و عملکرد محصول است که خود به شرایط اقلیمی محل کشت وابسته است. ابتدا عملکرد (تن در هکتار، CY^2) با استفاده از آمار نامه‌های جهاد کشاورزی استان کردستان و نیاز آبی محصولات زراعی و باغی (CWR^3، متر مکعب در هکتار) ده شهرستان استان کردستان با استفاده از نرم‌افزار NETWAT استخراج شد. این نرم‌افزار در واقع خروجی و نتیجه طرح "نیاز خالص آبیاری محصولات زراعی و باغی ایران" است، که توسط سازمان جهاد کشاورزی و سازمان هواشناسی انجام گرفته است، در این تحقیق صرفاً محصولات منتخب با کشت آبی مورد بررسی قرار گرفته‌اند. در ادامه به شرح روابط مدل پرداخته می‌شود. چارچوب اولیه مدل براساس مدل (Hoekstra and Hung, 2002) است که قسمت ارتباط ارزش بازاری محصولات در ارتباط با آب مصرفی ویژه و مجازی محصولات زراعی و باغی به آن افزوده و توسعه شده است. جدول زیر روابط فنی محاسبه انواع شاخص‌های آب مجازی را نشان می‌دهد. در بخش زیر این روابط تشریح شده‌اند.

برای محاسبه آب مجازی مصرفی (SWD_{ij}) هر محصول کشاورزی از رابطه (۱) در مناطق مختلف استان استفاده می‌شود.

Table 1- Technical-economic relationships of types of virtual water indicators
جدول ۱- روابط فنی- اقتصادی انواع شاخص‌های آب مجازی

رابطه شماره	تشریح روابط	فرمول
(۱)	SWD_{ij}: آب مصرفی ویژه محصول iام در منطقه jام، CYij: عملکرد محصول iام در منطقه jام، CWR_{ij}: نیاز آبی گیاه برای محصول iام در منطقه	$SWDij = CWRij/CYij$
(۲)	TP_{ij}: کل تولید محصول iام در شهرستان jام، TP_i: کل تولید محصول iام در استان، SWD_i: آب مصرفی ویژه هر محصول	$SWDi = \left(\sum_{i=1}^{m} \times SWDij \cdot TPij\right)/TPi$
(۳)	TSWDi: کل آب مصرفی پایه هر واحد محصول iام	$TSWDi = SWDi \times TPi$
(۴)	شاخص آب مصرفی پایه تولیدات کشاورزی استان	$WFPt = \sum_{i=1}^{n} TSWDi$
(۵)	PC: مصرف سرانه هر محصول (کیلوگرم به ازای هر نفر)، POP: جمعیت استان، TCP: مصرف کل استان (هزار تن)	$TCP = PC \times POP$
(۶)	WFP_{EX}: شاخص پایه آب مصرفی کل محصولات کشاورزی مورد نظر صادراتی بر حسب مترمکعب، EX_I: کل صادرات محصول Iام	$WFPex = \sum_{i=1}^{n} SWDi\ EXi$
(۷)	WFPim: آب مصرفی پایه وارداتی، IMi کل واردات محصول Iام	$WFPim = \sum_{i=1}^{n} SWDi\ IMi$
(۸)	TVWT: تراز خارجی تجارت آب مجازی	$TVWT = WFPex - WFPim$
(۹)	VSWDi: عایدی بازاری آب مصرفی ویژه هریک تن از محصول، P قیمت عمده فروشی هر واحد محصول	$VSWDi = P/SWDi$
(۱۰)	عایدی بازاری کل آب مصرفی استان	$\frac{p \times y \times 1000}{TSWDi}$
(۱۱)	CWP: بهره‌وری فنی آب	$CWP = 1/SWDi$

رطوبت و تفاوت دما موجب مصارف متفاوتی از آب در مناطق مختلف می‌شود. با استفاده از رابطه (۲) میانگین وزنی استانی SWDi محاسبه می‌شود.

با محاسبه SWD_i برای کلیه محصولات مورد مطالعه، شاخص آب مصرفی هر تن محصول iام بر حسب متر مکعب تعیین شده و این مقدار بیانگر کل آبی است که باید مصرف شود تا یک تن محصول iام در استان تولید شود. به منظور تعیین SWD_i کل یک محصول کشاورزی در سطح استان ($TSWD_i$) از رابطه (۳) محاسبه گردید. بر این اساس، می‌توان آب مصرفی پایه (WFP) برای رشته فعالیت iام بدست آورد. همچنین، جهت محاسبه مقدار WFP کل محصولات استان، از رابطه (۴) استفاده شده است. WFP_t[4] شاخص آب مصرفی پایه تولیدات کشاورزی استان است.

به دلیل عدم تولید اطلاعات و آمار میزان صادرات و واردات بین استان‌های کشور و در استان، آمار تجارت محصولات کشاورزی موجود نیست، همچنین در استان‌ها مرز تجاری داخلی وجود ندارد و داده‌ای رسمی نیز قابل تولید نیست. برای برآورد صادرات و واردات محصولات مورد مطالعه، ابتدا طبق رابطه (۵) کل مصرف سرانه هر استان را محاسبه شده و سپس کل تولید استان TP_i از کل مصرف استان (TCP) کسر می‌شود. مابه‌التفاوت این مقدار اگر مثبت بود نشان‌دهنده صادرات (EX_i) و منفی نشان‌دهنده واردات (IM_i) است. محاسبه تجارت آب مجازی از مقدار صادرات(واردات) را ضرب در مقدار آب مجازی به دست می‌آید. برآورد مقدار مصرف سرانه هر محصول از جهاد کشاورزی استان کردستان اخذ شده است.

به منظور تعیین مقدار آب مجازی که از استان کردستان صادر شده (WFP_{ex}) رابطه (۶) به کار گرفته شده است. در معادله (۷)، مقدار آب

مجازی وارداتی WFP_{im} محاسبه شده است. آب مصرفی پایه وارداتی عبارت است از کل آب مجازی وارداتی ناشی از واردات محصولات کشاورزی مورد نظر است. از آنجا که محصول وارداتی از استان یا کشورهای مختلف، بسته به شرایط اقلیمی و کشاورزی استان‌های صادر کننده دارای مقادیر SWD_i متفاوت بوده و با توجه به این فرض که در اثر جایگزینی واردات چه مقدار باید از منابع آب داخلی برای تولید آن‌ها مصرف شود، از معادل داخلی آنها استفاده خواهد شد. برای تعیین وضعیت استان کردستان از لحاظ تراز خارجی تجارت آب مجازی (TVWT) از رابطه (۸) استفاده شده است.

رویکرد آب مصرفی ویژه و مجازی از نوع محاسبات فنی بوده و بدون لحاظ قیمت محصولات بوده است. در این مطالعه یک بخش را به عنوان ارزش‌دهی آب مصرفی ویژه محصولات زراعی و باغی به عنوان یک شاخص در تصمیم‌گیری و سیاست‌گذاری و انجام محاسبات به مدل فوق افزوده شده است. حسن این روش این است که علاوه بر مباحث فنی، مباحث بازاری را نیز با آن تلفیق می‌کند. در عمل تصمیم کشاورز برای کشت ملاحظه سود با رعایت محدودیت‌های آب و نوعاً نه اندازه مصرف آن است.

ارزش‌دهی یا عایدی بازاری آب مصرفی ویژه هریک تن از محصول از رابطه (۹) محاسبه می‌شود. برای محاسبه شاخص عایدی بازاری آب مصرفی کل محصولات زراعی و باغی در استان ابتدا عایدی بازاری کل آب مصرفی کل محصولات استان از رابطه (۱۰) محاسبه می‌شود. عایدی بازاری یا همان ارزشگذاری شاخص آب مصرفی محصولات زراعی و باغی از مجموع عایدی بازاری کل آب مصرفی به تفکیک زراعی و باغی به دست می‌آید. Y کل تولید در استان، $TSWD_i$ آب مصرفی کل یک محصول در استان است.

در رابطه (۱۱) به محاسبه بهره‌وری فنی آب پرداخته شده است. بهره‌وری آب به معنای تولید محصول بیش‌تر به ازای واحد حجم آب مصرفی است. بهره‌وری آبی هر محصول معکوس مصرف آب مجازی و بیان‌کننده مقدار تولید در واحد آب مصرفی است. «آب مجازی» و «بهره‌وری آب» نسبت به هم رابطه معکوس دارند. طبق تعریف، بهره‌وری آب عبارت است از مقدارمحصول تولید شده از واحد حجم آب است (به طور مثال از یک متر مکعب آب چقدر سیب‌زمینی تولید می‌شود) و واحد آن معمولاً کیلوگرم بر متر مکعب تعریف می‌شود (Food And Agriculture Organization of the United Nations, 2002).

۳- یافته‌های پژوهش

۳-۱- تحلیل و برآورد آب مجازی در سطح محصول و استان

با توجه به هدف تحقیق حجم آب مجازی سیزده محصول کشاورزی منتخب استان کردستان (۹ محصول باغی شامل سیب، آلبالو، گیلاس، هلو، زردالو، شلیل، انگور آبی، توت‌فرنگی، گردو و ۴ محصول زراعی شامل، گندم آبی، گوجه فرنگی، یونجه و سیب‌زمینی در سال ۱۳۹۶) بررسی شد، با توجه به اینکه محتوای آب مجازی محصولات زراعی و باغی در شهرستانهای مختلف استان کردستان، متفاوت است، لذا جهت محاسبه محتوای آب مجازی هر محصول از اطلاعات موجود در هر یک از شهرستان‌های آن، استفاده شده و نتایج آن در جدول ۲ ارایه شده است. بر اساس تقسیم‌بندی ارائه شده توسط (Rouhani et al., 2008) ، محصولات با حجم آب مجازی کم‌تر از ۵۰۰ به عنوان محصولات کم‌مصرف، بین ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ مترمکعب در طبقه محصولات با مصرف متوسط و محصولات با حجم آب مجازی بیش‌تر از ۱۰۰۰ متر مکعب بر تن، به عنوان محصولات پرمصرف تقسیم نموده‌اند.

نتایج محاسبه میزان آب مجازی بیانگر آن است که به طور متوسط در سطح شهرستان‌های استان کردستان از میان محصولات باغی محصول گردو بالاترین میزان آب مجازی سپس آلبالو و گیلاس و زردآلو دارای مصرف متوسط آب مجازی شلیل و هلو و توت فرنگی و دارای کم‌ترین میزان آب مجازی است. در میان محصولات زراعی نیز گندم آبی و یونجه دارای بالاترین میزان آب مجازی و سیب‌زمینی و گوجه فرنگی دارای کم‌ترین میزان آب مجازی است.

نمودارهای شکل‌های ۱ و ۲، آب مصرفی ویژه هر محصول و آب مصرفی کل محصولات زراعی و باغی در استان با توجه به نتایج جدول فوق رسم شده‌اند.

نتایج بیانگر آن است که محصولات گردو و گندم و یونجه بیش‌ترین میزان آب مجازی را به ترتیب در میان محصولات زراعی و باغی منتخب (استان کردستان)، به خود اختصاص می‌دهند.

پس از آن که آب مجازی برای هر محصول در هر شهرستان محاسبه شد، سپس با استفاده از رابطه (۲)، میانگین وزنی استان محاسبه و نتایج مربوط به میزان آب مصرفی ویژه محصولات مورد بررسی در استان کردستان، شاخص آب مصرفی محصولات زراعی و باغی و بهره‌وری در جدول ۳ و ۴ ارایه شده است.

Table 2- Virtual water of agricultural and horticultural in the cities of the Kurdistan province (cubic meters/ton)

جدول ۲- میزان آب مجازی محصولات زراعی و باغی در شهرستان‌های استان کردستان (متر مکعب / تن)

Township	Potato	Alfalfa	Tomato	Blue Wheat	Walnut	Strawberry	Blue Grape	Nectar	Apricot	Peach	Cherry	Sour Cherry	Apple
Baneh	199	706	231	543	2294	235	391	634	1126	556	1061	1225	353
Bijar	369	1290	260	1566	5570	0	683	1143	1319	973	1900	2111	1011
Saghez	160	635	180	457	2572	633	426	750	1386	550	1357	1583	309
Sanandaj	280	856	238	807	3013	686	548	332	1398	389	947	1203	399
Ghoveh	250	857	190	927	5690	822	840	498	1346	589	1203	1480	855
Marivan	235	856	308	704	3300	411	597	467	1263	374	885	1061	461
Sarvabad	319	951	321	734	2747	548	512	500	1083	420	995	1137	553
Divandareh	419	1370	390	1567	4456	685	819	500	1538	462	1583	1900	843
Kamyaran	319	775	195	501	2871	457	524	333	1125	389	960	1085	467
Dehgolan	257	891	190	927	5690	685	764	544	1570	459	1480	1924	733

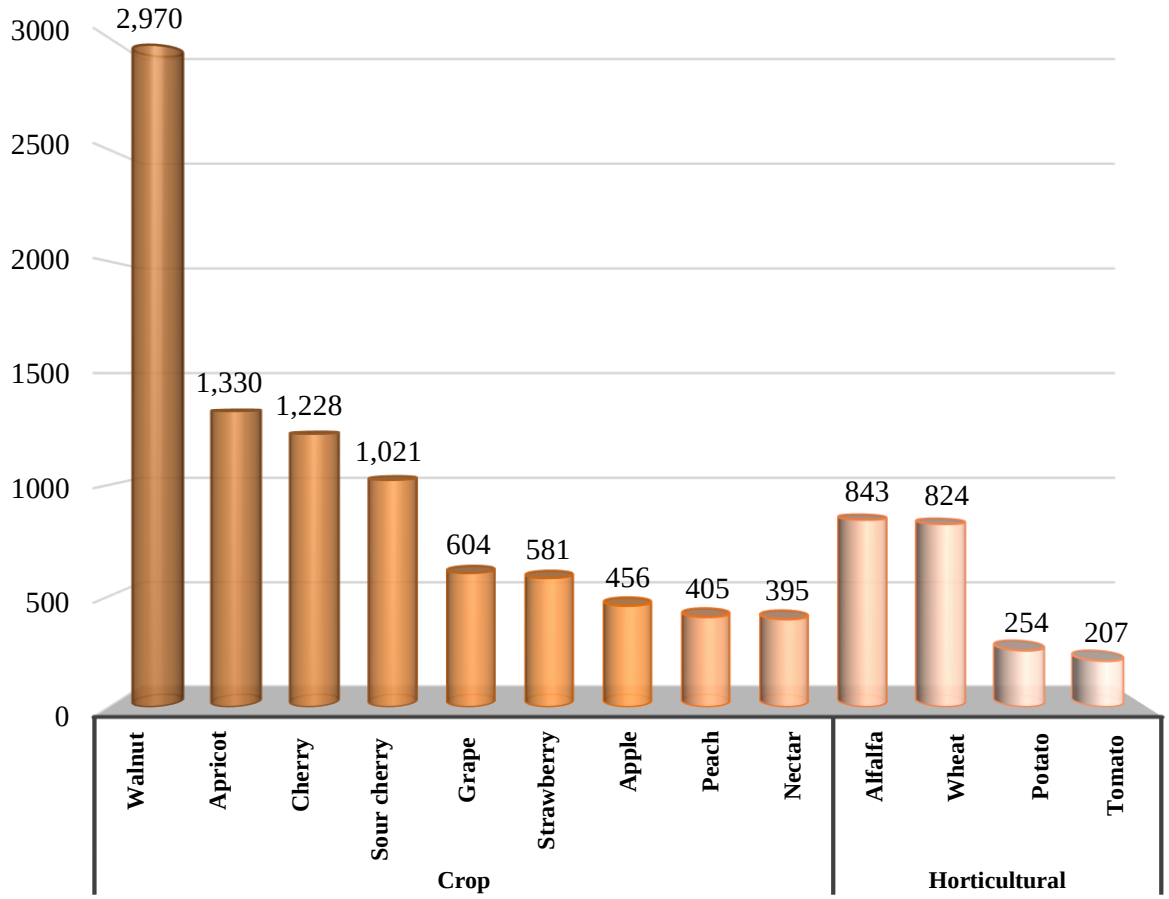

Fig. 1- Virtual water consumption in unit weight -SWDi- (cubic meters per ton)

شکل ۱- نمودار آب مجازی مصرفی ویژه هر محصول در واحد وزنی- SWDi- (متر مکعب بر تن)

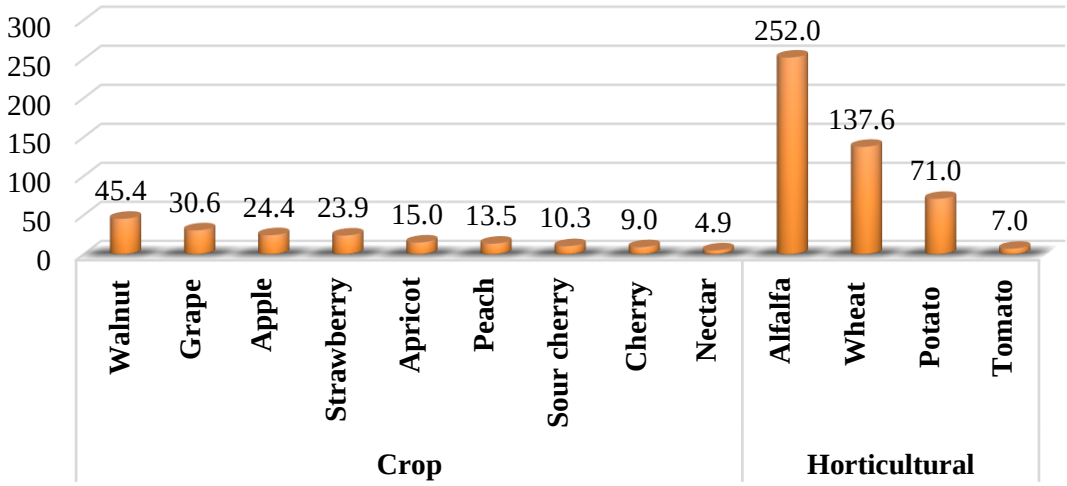

Fig. 2- Virtual water consumption of all products - TSWDi - (million cubic meters per hectare)

شکل ۲- آب مجازی مصرفی کل هر محصول در سطح استان- TSWDi- (میلیون متر مکعب برهزارتن)

بر اساس نتایج مندرج در جدول ۳، از میان محصولات باغی منتخب دراستان کردستان بیش‌ترین آب مصرفی ویژه (آب مجازی) به کار گرفته شده متعلق به محصول گردو است. جهت تولید هر تن گردو میزان ۲۹۷۰/۱۳ متر مکعب آب استفاده شده است، که نشان‌دهنده بیش‌تر بودن آب مصرفی ویژه آن نسبت به سایر محصولات باغی منتخب در استان کردستان است.

در میان محصولات زراعی بیش‌ترین آب مصرفی ویژه، گندم آبی با ۸۲۳/۶ و یونجه با ۸۴۲/۶ متر مکعب بر تن دارای بیش‌ترین حجم آب مجازی است و گوجه فرنگی و سیب‌زمینی به ترتیب با ۲۰۷/۰۶ و ۲۵۳/۸۴ مترمکعب بر تن دارای کم‌ترین میزان آب مجازی هستند. طبق جدول ۳، نتایج بیانگر آن است که شاخص آب مصرفی محصولات باغی منتخب استان ۱۷۶/۷ میلیون متر مکعب محاسبه شده است، به عبارت دیگر، جهت تولید ۲۳۴۴۶۶/۷ هزار تن محصولات باغی مورد مطالعه در استان کردستان، لازم است تا معادل ۱۷۶/۷ میلیون متر مکعب آب مصرف شود.

همچنین، نتایج شاخص آب مصرفی زراعی محصولات منتخب استان کردستان معادل ۴۶۷/۱۰ میلیون متر مکعب است، به عبارت دیگر جهت تولید ۷۷۸۲۵۵/۱ هزار تن محصولات زراعی مورد مطالعه در استان کردستان، لازم است تا معادل ۴۶۷/۱۰ میلیون متر مکعب آب مصرف شود. شاخص آب مصرفی باغی محصولات منتخب استان ۱۷۶/۷ میلیون متر مکعب محاسبه شده است، به عبارت دیگر، جهت تولید ۲۳۴۴۶۶۷ هزار تن محصولات باغی مورد مطالعه در استان کردستان، لازم است تا معادل ۱۷۶/۷ میلیون متر مکعب (۶۳ درصد کل آب مجازی محصولات منتخب) آب مصرف شود.

۳-۲- بهره‌وری آبی محصولات زراعی و باغی

بهره‌وری آب کشاورزی که به نوعی کارایی مصرف فنی آب را نشان می‌دهد و به صورت معکوس مقدار آب مجازی تعریف می‌شود. در نمودارهای شکل‌های ۳ و ۴، نمودار بهره‌وری فنی آب هر محصول زراعی و باغی و بهره‌وری فنی آب مصرفی کل محصولات در سطح استان از بیش‌ترین به کم‌ترین مقدار آورده شده است. یونجه کمترین و گوجه فرنگی بیشترین بهره‌وری در محصولات زراعی کمترین بازدهی در سطح مزرعه و در سطح استان داشته‌اند. گردو و شلیل نیز در بین محصولات باغی کمترین و بیشترین کارایی آبی را دارا بوده‌اند.

۳-۳- تراز تجارت آب مجازی محصولات منتخب

تراز تجارت آب مجازی: معادل تفاضل واردات و صادرات ناخالص آب مجازی طی یک مدت مشخص را "تراز آب مجازی" می‌نامند. مفهوم تراز مثبت آب مجازی، درحقیقت بدین معناست که واردات آب مجازی آن منطقه از کشورهای دیگر، بیش‌تر از صادرات آب مجازی به دیگر منطقه است، برعکس آن به معنی تراز منفی آب مجازی است. آب مجازی که همراه با کالا یا خدمات به داخل یک کشور یا منطقه وارد می‌شود را اصطلاحاً "واردات آب مجازی" می‌گویند و بالعکس. جدول ۵، تجارت آب مجازی محصولات منتخب استان را نشان می‌دهد.

Table 3- Amount of virtual water (SWDi, TSWDi) of horticultural and agricultural crops in Kurdistan province

جدول ۳- میزان آب مجازی (SWD_i, $TSWD_i$) محصولات باغی و زراعی استان کردستان

Product	Total water consumption of a product in the province (million cubic meters): TSWDi	Specific water consumption per product weight unit (cubic meters per ton): SWDi	Total production in the province (tons)
Apple	24	456	53401
Sour Cherry	10.26	1228	8360
Cherry	9	1021	8513
Peach	13.5	405	33315
Apricot	15	1330	11422
Shail	4.88	395	12356
Grape	30.58	604	50668
Strawberries	23.91	581	41135
Walnut	45.42	2970	15296
Blue Wheat	137.6	824	167055
Tomato	7	207	33710
Alfalfa	252	843	298855
Potato	71	254	278635

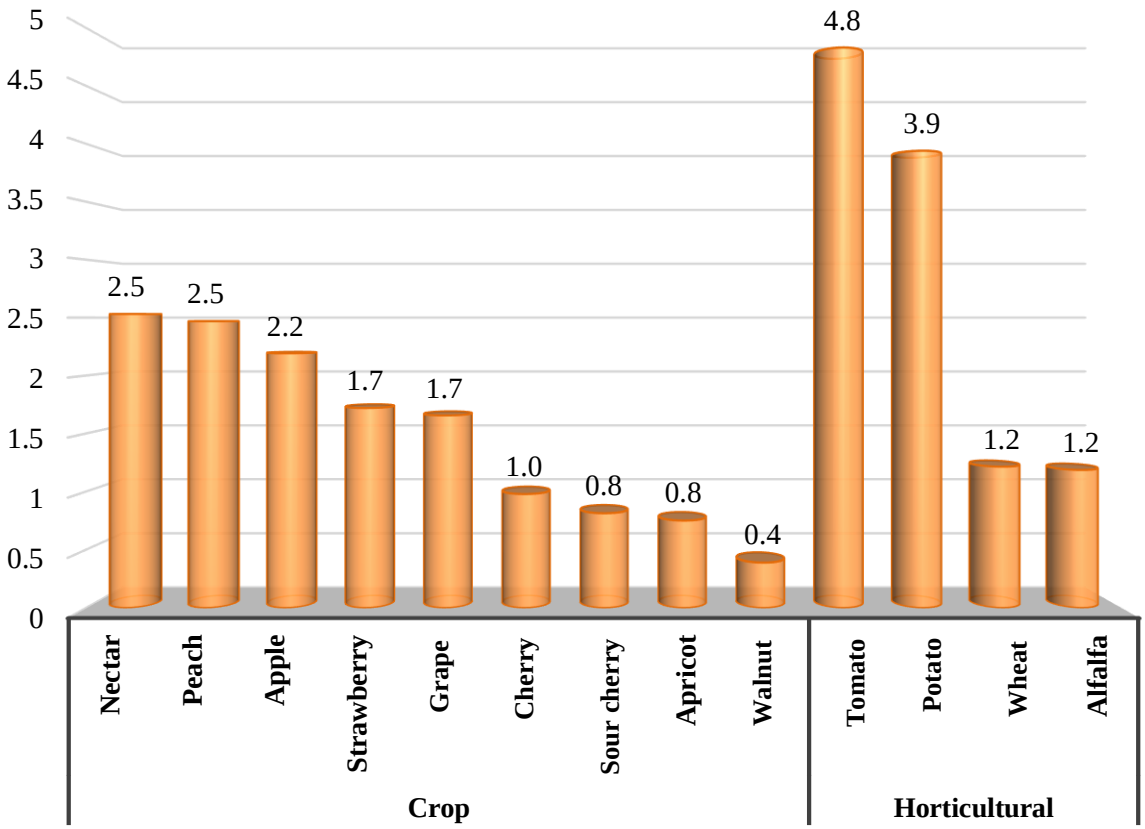

Fig. 3- Technical water efficiency of each product at farm level (kilograms per cubic meter)

شکل ۳- بهره‌وری فنی آب هر محصول در سطح مزرعه (کیلوگرم بر متر مکعب)

Table 4- Virtual water consumption index of selected agricultural and horticultural crops (million cubic meters)

جدول ۴- شاخص آب مصرفی مجازی محصولات زراعی و باغی منتخب استان (میلیون متر مکعب)

Product	Crop	Agricultural
Water consumption index	176.7	467.1
share (percentage)	27	63

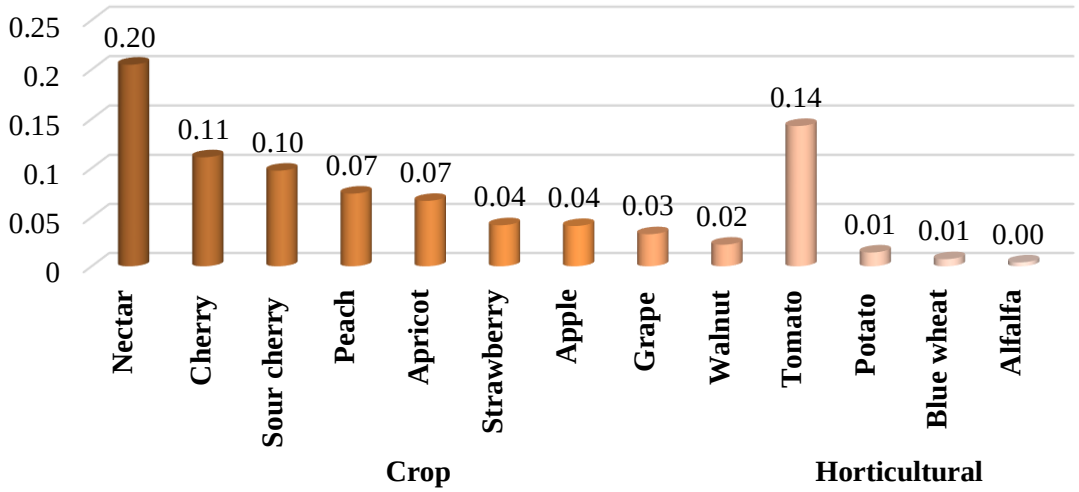

Fig. 4- Technical efficiency of the total water consumption of each product (million tons per million cubic meters)

شکل ۴- بهره‌وری فنی آب مصرفی کل هر محصول در سطح استان (میلیون تن بر میلیون متر مکعب)

Table 5- Calculation of virtual water trade for selected products (million cubic meters)

جدول ۵- محاسبه تجارت آب مجازی محصولات منتخب (میلیون متر مکعب)

Product	Share of water trade	Virtual water trade	Estimated net export from the province (total production- total consumption)	Total production in the province (thousand tons)	Estimated total consumption in the province (thousand tons)	Per capita consumption (kilograms)
Apple	0.7 -	4.15 -	9115.8-	53401.6	62517.42	39
Shail	0.5	2.98	7546.9	12356	4809.03	3
Cherry	0.66	3.78	3703.9	8513	4809.03	3
Cherry	0.7	4.36	3550.9	8360	4809.03	3
Apricot	1.55	8.79	6613.5	11423	4809.03	3
Blue Grape	1.99	11.23	18607.7	50668	32060.2	20
Peach	2.04	11.54	28505.9	33315	4809.03	3
Strawberries	4.05	23.35	40173.1	41135	961.8	0.6
Walnut	5.98	34.47	11608.5	15296	3686.9	2.3
Tomato	0.05	0.34	1649.7	33710	32060.2	20
Potato	9.4	54.45	214514.6	278635	64120.4	40
Alfalfa	20	116.75	138553.9	298855	160301.1	100
Blue Wheat	53.51	308.37	374414.8	685399	310984.1	194

ماخذ: محاسبات تحقیق و جهاد کشاورزی

بیشترین تجارت و صادرات آب مجازی استان در محصولات گندم آبی، یونجه و سیب زمینی رخ داده است. با استفاده از اطلاعات به‌دست آمده از جدول فوق، در بین محصولات منتخب محصول سیب دارای مازاد تقاضا و وارد کننده آب مجازی است و سایر محصولات دارای مازاد عرضه و صادرکننده محصول و آب مجازی است. بیش‌ترین میزان کل صادرات آب مجازی که معادل ۳۰۸/۳۷ میلیون متر مکعب به محصول گندم اختصاص دارد. سپس یونجه ۱۱۶/۷، سیب‌زمینی ۵۴/۴ و گردو ۳۴/۴ میلیون متر مکعب بیش‌ترین میزان کل صادرات آب مجازی را به خود اختصاص داده است.

در جدول ۶، تراز تجارت آب مجازی محصولات از مجموع صادرات و واردات محصولات باغی و مجموع صادرات و واردات محصولات زراعی محاسبه می‌شود. تراز تجارت آب مجازی (TVWT) مثبت است به این معنی است که استان در محصولات منتخب صادرکننده آب مجازی است.

Table 6- Virtual water trade balance of all selected crops and horticultural products (million cubic meters)

جدول ۶- تراز تجارت آب مجازی کل محصولات منتخب زراعی و باغی استان کردستان (میلیون متر مکعب)

Product	Horticultural	Crop
Virtual water trade balance	479.91	96.35
Share	87	17

بر اساس نتایج جدول فوق، حجم کل آب مجازی صادراتی ناشی از صادرات محصولات زراعی و باغی مورد مطالعه استان کردستان به ترتیب ۴۸۰ (۸۷ درصد) و ۹۶ (۱۷ درصد) میلیون متر مکعب است.

۳-۴- محاسبه بهره‌وری بازاری آب مصرفی ویژه هر محصول

برای محاسبه عایدی بازاری در این قسمت قیمت محصول را وارد مدل محاسبات آب مجازی کرده و از جنبه ارزش اقتصادی آب مجازی مصرف شده تحلیل می‌شود. حسن این روش این است که علاوه بر مباحث فنی، جنبه بازاری ارزش آب مصرفی را نیز لحاظ می‌کند، معمولا آن‌چه که مبنای تصمیم‌گیری کشاورزان است ارزش‌آفرینی بازاری آب است نه میزان فنی آب مصرفی و به لحاظ رفتاری کشاورزان برای دستیابی به حداکثر سود الگوی کشت خود را انتخاب می‌کنند نه حداقل کردن مقدار آب مصرفی ارزش بازاری آب مصرفی ویژه هر محصول همان بهره‌وری بازاری آب مصرفی هر محصول است.

شاخص ارزش بازاری شاخص آب مصرفی محصولات زراعی و باغی از نسبت درآمد کل هر محصول به کل آب مصرفی آن به دست می‌آید. این شاخص بیان می‌کند که به ازای هر (میلیون) متر مکعب آب مصرفی مجازی استان چه مقدار درآمد کل (مخارج کل مصرف‌کننده) در بازار ایجاد شده است. قیمت محصولات، متوسط قیمت عمده فروشی در سال ۱۳۹۶ است که از آمارنامه‌های جهاد کشاورزی استان استخراج شـده است (Agricultural Jihad of Kurdistan Province, 2017). توجه شود در محاسبات فنی آب مصرفی، پایداری شاخص‌ها خیلی زیاد است ولی ارزش بازاری آب مصرفی به دلیل تغییرات زیاد قیمت محصولات کشاورزی نوسان زیادی دارد.

با توجه به جدول ۷، ارزش بازاری آب مصرفی ویژه هر محصول در نمودار شکل ۵ رسم شده است. در عمل کشاورز به دنبال سود است. سود کشاورز تابعی از عملکرد محصول در هکتار، قیمت و هزینه تولید آن محصول است. تصمیم کشاورز برای انتخاب نوع محصول جهت کشت یا کاشت نیز تابعی از سود انتظاری محصول با قید منابع آبی است. در واقع کشاورز محدودیت منابع آب را به عنوان قید تصمیم‌گیری درنظر می‌گیرد نه متغیر تصمیم‌گیری. لذا اگر محصولی آب بر باشد ولی سود زیادی داشته باشد انتخاب کشاورز خواهد شد. مقایسه نمودارها در شکلهای ۳ و ۴ با نمودار شکل‌های ۵ و ۶ نشان می‌دهد ملاحظه جنبه‌های اقتصادی می‌تواند رتبه‌بندی بهره‌وری آب با رویکرد صرفا فنی را تحت تأثیر معنی‌دار قرار دهد. در این حالت رتبه‌بندی محصولات براساس بازده بازاری به نسبت آب مصرفی متفاوت از رتبه‌بندی با شاخص بهره‌وری آب برمبنای شدت آب مجازی است.

در نمودار ۶ ارزش بازاری کل آب مصرفی محصولات منتخب در استان رسم شده است.

محصولات زراعی کمترین ارزش بازاری برای آب مصرفی را به صورت ضمنی در بازار مبادله می‌کنند. در میان این محصولات یونجه به نسبت آب مصرفی ویژه‌ای که دارد کمترین رد قیمتی از آب را با خود مبادله کرده است، از میان محصولات زراعی و باغی سیب‌زمینی و شلیل دارای بیش‌ترین میزان بهره‌وری بازاری محصول است.

۳-۵- ارتباط بین بهره‌وری فنی آب و بهره‌وری بازاری آب مجازی مصرف شده

برای آزمون و پاسخ به این سوال، محصولی که آب مجازی بیش‌تری مصرف می‌کند، در بازار هم با قیمت بالاتر فروخته می‌شود، از الگوی پراکنش و رابطه همبستگی دو متغیر بین بهره‌وری فنی آب و ارزش

بازاری آب مجازی مصرف شده در سطح محصولات منتخب استان استفاده می‌شود. تحلیل آزمون دو متغیره نشان می‌دهد که رابطه آنها در سطح اطمینان ۹۵ درصد منفی است، به عبارتی محصولات با آب بری مجازی بیشتر در بازار، قیمت و ارزش بازاری کمتری دارند. پراکنش بین ارزش‌گذاری بازاری و آب مصرفی مجازی در محصولات منتخب استان در نمودار ۷ ارائه شده است.

Table 7- Calculation of the market efficiency of specific water consumption for agricultural and horticultural crops

جدول ۷- محاسبه بهره‌وری بازاری آب مصرفی ویژه محصولات زراعی و باغی

Product	The market efficiency of the total water consumption in the province per million cubic meters (billion tomans)	Vi: Market productivity of special water consumption per unit weight per cubic meter (tomans)	Total production in the province (tons)	specific water consumption per kilogram of product (cubic meters)	The average price per kilo (toman) in 2016
Apple	8.8	8696	53401.6	0.46	4000
Sour Cherry	4.1	4065	8360	1.23	5000
Cherry	5.7	5882	8513	1.02	6000
Peach	9.9	9756	33315	0.41	4000
Apricot	4.6	4511	11422.6	1.33	6000
Shail	12.7	12500	12356	0.4	5000
Blue Grape	6.6	6667	50668	0.6	4000
Strawberries	8.6	8621	41135	0.58	5000
Walnut	8.4	8418	15296	2.97	25000
Blue Wheat	1.6	1585	167055	0.82	1300
Tomato	2.9	2857	33710	0.21	600
Alfalfa	1.5	1548	298855	0.84	1300
Potato	3.9	4000	278635	0.25	1000

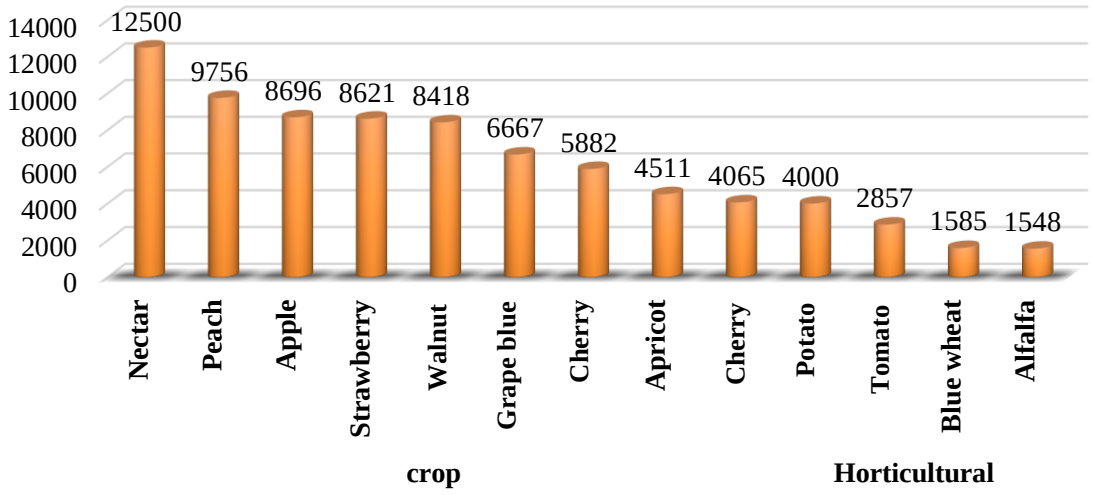

Fig. 5- Market value of special water consumption per unit weight (tomans per cubic meter)

شکل ۵- ارزش بازاری آب مصرفی ویژه هر واحد وزنی (تومان به ازای هر متر مکعب)

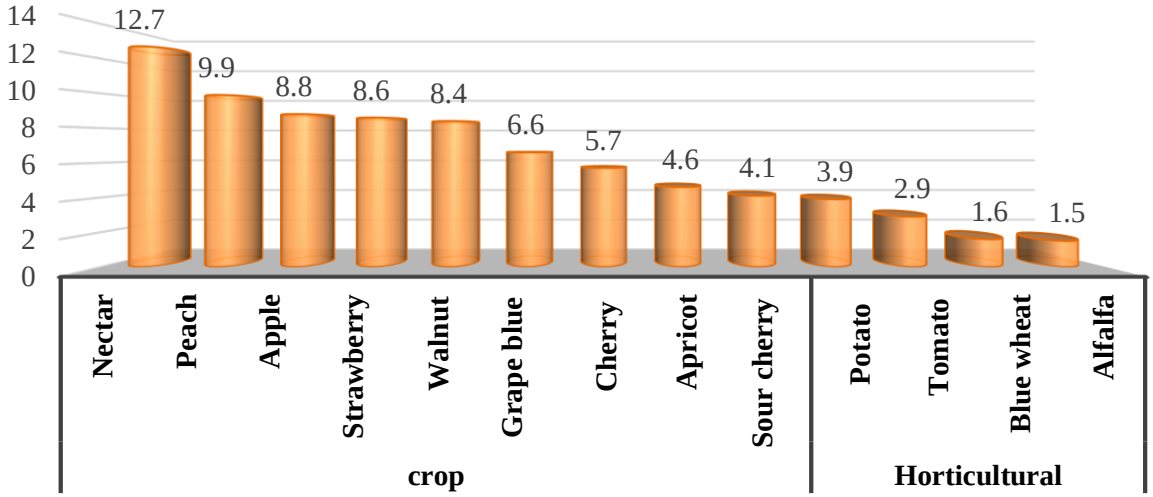

Fig. 6- Market valuation of the total water consumption in the province for each product (billion tomans per million cubic meters)

شکل ۶- ارزش‌گذاری بازاری کل آب مصرفی استان در هر محصول (میلیارد تومان به ازای هر میلیون متر مکعب)

ارزش بازاری شاخص آب مصرفی کل آب مصرفی به تفکیک زراعی و باغی در جدول ۸ محاسبه شده است. این شاخص‌ها نشان می‌دهد که هر یک میلیون مترمکعب آب مصرفی مجازی در محصولات زراعی و باغی به ترتیب ۹/۹ و ۶۹/۴ میلیارد تومان درآمد کل در فرآیند فروش، ارزش ایجاد کرده است، به این ترتیب با مقدار یکسان مصرف آب، محصولات باغی حدود ۷ برابر ارزش بازاری بیشتری نسبت به محصولات زراعی در بازار ارزش ایجاد کرده است، از این رو محصولات باغی به نسبت آبی که مصرف می‌کنند بهره‌وری بازاری بیشتری ایجاد می‌کند.

Table 8- Market value of water consumption index per million cubic meters (billion Tomans)

جدول ۸- ارزش بازاری شاخص آب مصرفی هر میلیون متر مکعب (میلیارد تومان)

Product	Crop	Agricultural
Market valuation of special water consumption	69.4	9.9

هم جهت نبودن ارزش بازاری آب مصرفی و مقدار مصرف آب مجازی نشان می‌دهد که ساختار نظام تولید و الگوی کشت متناسب با وزن و اندازه آب مصرفی محصولات نبوده و حتی به شکل معکوس است. قیمت محصولات کشاورزی به پارامترهای گوناگونی وابسته است: نظیر زمان عرضه، افزایش بهره‌وری و عملکرد در سطح، رفتار قیمت در سال قبل، صادرات، متغیرهای آب و هوایی، قیمت نهاده‌ها و سهم آنها در هزینه تمام شده، حمل نقل و غیره در این تحقیق پارامترهای دخیل در قیمت درنظر گرفته نشده است و صرفاً با یک برش مقطعی با مفروض دانستن شرایط یکسان برای همه محصولات مشاهده می‌شود بین حجم آب مستتر در محصولات با قیمت آنها حتی رابطه معکوس وجود دارد. به همین دلیل در سطح رابطه همبستگی و نه علی این رابطه قابل تحلیل است. البته بی‌قیمت بودن آب و تلویحاً رایگان مفروض دانستن قیمت آب در بهای تمام شده محصول می‌تواند از دلایل این موضوع باشد. از این روی بازار توجهی به مقدار مصرف آب در محصول مبادله شده ندارد. فقدان راهبردهای سیاستی قیمتی و غیرقیمتی در ارزشگذاری به آب در کشت محصولات موجب می‌شود که این رابطه تداوم یابد.

۴- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

نتایج این مقاله در تأیید یافته‌های مطالعات پیشین است. استان کردستان صادرکننده آب مجازی در بخش کشاورزی است، محصولات زراعی بالاترین وزن در مصرف آب مجازی را دارا هستند. محصولاتی نظیر یونجه و نیز گندم آبی دارای بالاترین مصرف آب مجازی به ازای واحد سطح و همچنین به ازای واحد عملکرد را شامل می‌شوند، البته محصولات خشک باغی (گردو) در واحد عملکرد (به ازای هر کیلو یا تن محصول) مصرف آب مجازی بیشتری دارند منتهی این محصولات در سطح استان وزن و سهم کمی در سبد مصرفی آب مجازی را دارا هستند.

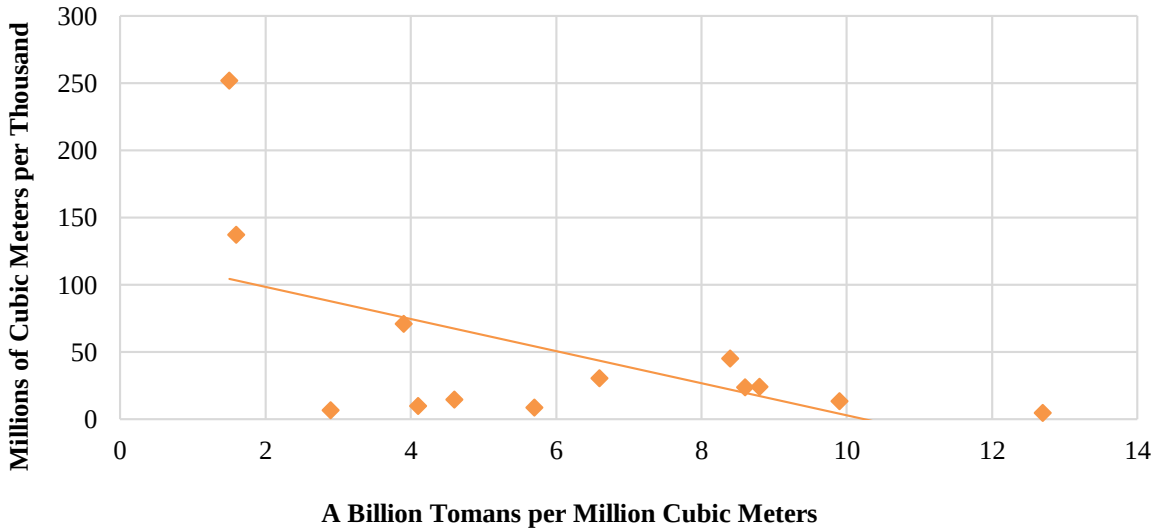

Fig. 7- The relationship between market valuation (productivity) and virtual water consumption for selected products in the province

شکل ۷- رابطه بین ارزش‌گذاری (بهره‌وری) بازاری با مقدار مصرف آب مجازی در محصولات منتخب استان

در سال مورد مطالعه (۱۳۹۶)، حجم کل آب مجازی صادراتی ناشی از صادرات محصولات زراعی و باغی مورد مطالعه استان کردستان به ترتیب ۴۷۹/۹ میلیون متر مکعب و ۹۶/۳۵ میلیون متر مکعب است. با استفاده از اطلاعات به‌دست آمده در استان کردستان تنها در محصول سیب وارد کننده محصول و آب مجازی است و در ۱۲ محصول آلبالو، گیلاس، هلو، زردآلو، شلیل، انگور، توت‌فرنگی، گردو، گندم، یونجه، سیب‌زمینی و گوجه‌فرنگی (مازاد عرضه) صادرکننده محصول و آب مجازی است. بیش‌ترین مقدار صادرات آب مجازی مربوط به محصولات زراعی است. محصولات گردو و گندم و یونجه، بیش‌ترین میزان آب مجازی و کم‌ترین بهره‌وری را به ترتیب در میان محصولات زراعی و باغی منتخب، به خود اختصاص می‌دهند. از میان محصولات باغی، شلیل، سیب، هلو دارای کم‌ترین میزان آب مجازی و از میان محصولات زراعی، گوجه‌فرنگی و سیب‌زمینی دارای کم‌ترین میزان آب مجازی و بیش‌ترین بهره‌وری آب در واحد عملکرد هستند. ۶۷ درصد آب مجازی در عمده محصولات آبی منتخب استان در کشاورزی و ۲۷ درصد در محصولات باغی مصرف شده است.

نکته متمایزی که یافته‌های این تحقیق داراست ارزیابی رد قیمت مصرف آب مجازی در بازار هر محصولی است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که بازار محصولات ارتباط و اثر معنی داری از تأثیرپذیری قیمت از مقدار آب ویژه مصرفی هر محصول را مورد ملاحظه قرار نمی‌دهد و محصولات آب بر لزوماً قیمت بالاتری به طور نسبی ندارند. محصولات کشاورزی به طور ضمنی کمترین ارزش بازار را با آب برای مصرف مبادله می‌کنند. تحلیل آزمون رابطه بین دو متغیر بهره‌وری آب فنی و ارزش بازار آب مجازی مصرفی در سطح محصولات منتخب استان نشان می‌دهد که رابطه آنها در سطح اطمینان ۹۵ درصد منفی است. به عبارت دیگر محصولات با آب مجازی بیشتر قیمت و ارزش بازار کمتری در بازار داشتند. رابطه منفی ارزش بازار مصرف آب و میزان مصرف آب مجازی نشان می‌دهد که ساختار سیستم تولید و الگوی کشت در کشاورز متناسب با وزن و اندازه آب مصرفی محصولات نیست و حتی معکوس است. رابطه منفی ارزش بازار مصرف آب و میزان مصرف آب مجازی نشان می‌دهد که ساختار سیستم تولید و الگوی کشت در کشاورز متناسب با وزن و اندازه آب مصرفی محصولات نیست و حتی معکوس است.

با توجه به افزایش کمیابی آب در سال‌های آتی برنامه ریزی پیشنهاد می‌شود محصولات یونجه و گندم آبی که بیشترین آب مجازی را مصرف می‌کنند و حدود ۷۵ درصد صادرات آب مجازی استان را نیز تشکیل می‌دهند، در اولویت برنامه‌های ترویجی و تشویقی کاهش مصرف آب مجازی یا کشت‌های جایگزین دارای ارزش افزوده بالاتر قرار گیرند. اطلاع‌رسانی از شدت مصرف آب محصولات آبی و توجه به توسعه فرهنگ عمومی در رتبه‌بندی محصولات کشاورزی با توجه به حجم آب مصرفی و ارتباط آن با قیمت آن نیز می‌تواند به عنوان یک رویکرد فرهنگی اجتماعی مورد توجه سیاست‌گذار منطقه‌ای برای ایجاد حساسیت اجتماعی برای توجه به حفظ پایداری منابع آب قرار

گیرد. همچنین، با توجه به اثرگذاری عملکرد محصولات کشاورزی در کاهش میزان آب مصرفی ویژه و در نتیجه کاهش صادرات حجم آب مجازی، بکارگیری فناوری‌های نوین کشاورزی مانند کشاورزی حفاظتی، استفاده از بذر اصلاح شده و همچنین، برگزاری برنامه‌های آموزشی و ترویجی برای کشاورزان جهت بهبود بهره‌وری در استفاده از منابع از طریق افزایش عملکرد و کاهش مصرف نهاده‌های تولید، در حفظ توان صادراتی استان و کاهش فشار موجود بر منابع آب، می‌تواند راه‌گشا باشد.

این مطالعه در یک برش زمانی در مقطع سال ۱۳۹۶ انجام شده است. بدیهی است تعمیم نتایج به سالهای بعد نیازمند انجام مطالعه به صورت سری زمانی است. یک محدودیت دیگر در این تحقیق، ثابت فرض کردن نوسانات اقلیمی و تغییرات شرایط تر یا خشک سالی به دلیل مقطعی بودن مطالعه است. وجود این تغییرات نیز می‌تواند نتایج مطالعه را متأثر نماید.

پی‌نوشت‌ها

1- Virtual Water
2- Crop Yield
3- Crop Water Requirement
4- Water Footprint

۵- مراجع

Abedi S and Tahami Pour M (2016) Measurement and analysis of virtual water trade balance in agriculture sector of Zanjan Province. Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research 47(4):805-814 (In Persian)

Afshar Bakeshloo N, Zarafshani K, and Farhadi Bansouleh B (2020) The zoning of Kermanshah Province townships based on virtual water content and value among major crops. Water and Soil 34(2):287-300 (In Persian)

Agricultural Jihad of Kurdistan Province (2017) Agricultural statistics of crops and horticulture. Office of Statistics and Information Technology (In Persian)

Yazidi Arabic A, Alizadeh A, and Mohammadian F (2008) Study of the ecological footprint of water in the agricultural sector of Iran. Journal of Water and Soil 23(4):1-15 (In Persian)

Babazadeh H, Tabrizi M (2013) Evaluation of the agricultural situation in Hormozgan province from the point of view of virtual water. Journal of Water Research in Agriculture, B, 26(4):486-499 (In Persian)

Baghbanyan M, Emamverdi G, Ghaderzadeh H, Damankeshideh, M and Aminrashti N (2020) A survey on virtual water and sustainable productivity indices of agricultural water in major agricultural crops (A case of saqqez city, Kurdistan Province). Iranian Journal of Irrigation & Drainage 14(3):1046-1054 (In Persian)

Baghestany A, Mehrabi Boshrabadi H, Zare Mehrjerdi M, and Sherafatmand H (2010) Application of the concept of virtual water in water resources management of Iran. Iran-Water Resources Research 6(1):28-38 (In Persian)

Dario C, Arianna A, Fabio S, and Simone B (2021) Global virtual water trade of avocado. Journal of Cleaner Production 285(2):124-146

Ewaid S, Ali Abed S, Jasim Abbas A, and Al-Ansari N (2020) Estimation the virtual water content and the virtual water transfer for Iraqi wheat. Journal of Physics: Conference Series 1664-12143

Guangyao D, Fengying L, Lingping W, and Chao X (2021) Social network analysis of virtual water trade among major countries in the world. Science of the Total Environment 753:142043

Haseen S and Khan R (2008) Indian agriculture and food security: Problem and prospects. Munich Personal RePEc Archive Paper, Germany. Retrieved from http://mpra.ub.unimuenchen, De/33, 120-124

Chapagain A, Hoekstra A, and Savenije H (2006) Water saving through international trade of agricultural products. Hydrology and Earth System Sciences 10:455-468

Hoekstra A (2003)Virtual water trade: Processing of the international expert meeting on virtual water trade. Value of the Water Research Report Series No. 12, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands

Hoekstra A and hung P (2002) Virtual water trade: a quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade, Value of Water. Research Report Series NO.11 UNESCO IEIE Delft, the Netherlands

Molden D (2007) Water for food, water for life: A comprehensive assessment of water management in agriculture. Earthscan, 664p

Rouhani N, Yang H, Amin Sichani S, Afyuni M, Mousavi S, and Kamgar Haghighi A (2009) Assessment of food products and virtual water trade as related to available water resources in Iran. Journal of Water and Soil Science 12(46):417-432 (In Persian)

Salari S, Karandish F, and Darzi Naftchali A (2015) Spatial and temporal analysis of wheat virtual water changes in Sistan and Baluchistan province. Journal of irrigation and Water Engineering 5(2):81-94 (In Persian)

Salah A (2014) Examining virtual water trading patterns in the economic activity of Gilan province using a wide input-output table. Master's Thesis, Faculty of Economics, Shahid Beheshti University (In Persian)

Wichelns D (2001) The role of virtual water in efforts to achieve food security and other national goals, with an example from Egypt. Journal of Agricultural Water Management 49:131-151

Yousefi H, Mahmoudi A, Mirzaghabek M, and Nooralahi Y (2017) Evaluation of virtual water for cereal crops in Iran, case study: peas and beans. Journal of Water and Land Development 12(46):417-432 (In Persian)

Zare Abianeh H, Aram M, and Brotherhood S (2014) Evaluation of the volume of virtual water exchange of major agricultural products of Hamadan province. Iranian Water Research Journal 18:151-161(In Persian)