

**Applied Economics Studies, Iran (AESI)**

P. ISSN:2322-2530 & E. ISSN: 2322-472X

Journal Homepage: <https://aes.basu.ac.ir/>

Scientific Journal of Department of Economics, Faculty of Economic and Social Sciences, Bu-Ali Sina University, Hamadan, Iran.

Publisher: Bu-Ali Sina University. All rights reserved.

Copyright©2022, The Authors. This open-access article is published under the terms of the Creative Commons.



Virtual Water Trade between Iran and CIS

Rasekhi, S.¹, Karimi, M.²

Type of Article: Research

<https://dx.doi.org/10.22084/AES.2022.26019.3430>

Received: 2022.03.28; Accepted: 2022.07.28

Pp: 109-134

Abstract

With decreasing per capita water, the scarcity of this vital resource has intensified and the world water misdistribution has worsened the water crisis. Therefore, the optimal management and allocation of water resources are become doubly important specially in the agriculture sector. In this framework, the present study has investigated the foreign trade of virtual water for the product groups of Iranian agriculture with the Commonwealth of Independent States (CIS) in 2018. For this purpose, using the partial equilibrium method, first the water requirement of plants are calculated and then, by processing the data of Iran's bilateral trade, the volume of virtual water embodied in Iran's trade flows and trade balance with the selected countries is measured and examined. The results of the present study show that Iran was net importers of virtual water in the trade of agricultural products with the CIS in 2018. On the other hand, the present study shows that 70.5 percent of virtual water of the agricultural export to the selected countries in 2018 was through the blue water, while in the same year, 81.3 percent of water embodied in the import from the region was related to the green water. This issue, in addition to indicating the improper use of water resources for the production and export of agricultural products in Iran, if continued, could lead to a reduction in national reserves of fresh water resources in Iran. According to the findings of the present study, it is suggested that special attention must be paid to the water needs and virtual water trade in the formulation of agricultural strategies and upstream policy documents. In addition to the promotion of water efficiency, it is also recommended that the necessary technical and economic considerations must be adopted in the optimal allocation of virtual water components.

Keywords: Virtual Water, Foreign Trade, Iran, CIS.**JEL Classification:** Q01, Q17, Q25.

1. Professor, Department of Energy Economics, Faculty of Economics and Administrative Sciences, University of Mazandaran, Babolsar, Iran (Corresponding Author).

Email: srasekhi@umz.ac.ir

2. MA in Economics, Department of Energy Economics, Faculty of Economics and Administrative Sciences, University of Mazandaran, Babolsar, Iran.

Citations: Rasekhi, S. & Karimi, M., (2022). "Virtual Water Trade between Iran and CIS". *Journal of Applied Economics Studies in Iran*, 11(42), 109-134 (doi: 10.22084/aes.2022.26019.3430).

Homepage of this Article: https://aes.basu.ac.ir/article_4708.html?lang=en

1. Introduction

The global water shortages are not promising. If the current trend continues, it is expected that by 2030, the water demand will be 40% more than the available resources. In the meantime, Iran is facing serious problems due to its often hot and dry weather due to its special geographical location. Frequent droughts, along with excessive exploitation of surface and underground water resources through a large network of hydraulic infrastructure and deep wells, have brought the country's water situation to a critical level. In the last century, the rapid growth rate of the population has been the most important factor in the reduction of renewable water per capita in the country.

As a result of the alarming trend of water consumption in the world, special attentions have been paid to optimal water management and the concept of virtual water. This concept has been developed in international trade theories specially the Heckscher-Ohlin-Samuelson (HOS) model based which countries with relative abundance of water export water-intensive products to countries with relatively less water resources.

The main purpose of this paper is to estimate the virtual water content of bilateral agricultural trade of Iran and CIS in 2018. This study is important considering the vital importance of water as well as the growing importance of CIS as Iran's trading partners. It is worth saying that there were some concerns in choosing this region including the temporary agreement on the establishment of free trade area between Iran and the Eurasian Economic Union, the growing value of trade Iran with this region and using the potential of regional trade to manage the water resources specially with imminently entering Iran into the stage of water crisis.

2. Materials and Methods

There are several methods for calculating virtual water consumption which is the water hidden specially in the products and services, one of them is CROPWAT, which was developed by the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

To calculate virtual water, first by adding up the net need of water irrigation and the losses caused by the irrigation efficiency of the plant, the gross need of water irrigation is calculated and then it is divided into the yield of the studied product. Also, to calculate virtual green water in a similar way, the net irrigation requirement of the plant is calculated through effective rain and then it is divided into the yield of the studied product. Obviously, the water requirement of the plant will be equal to the sum of the effective rain (green) and the net irrigation requirement (water). The ratio of water requirement of the plant to its performance is also virtual water (green and blue) of the plant. Obviously, each plant has its own evaporation and transpiration components (effective rainfall and net irrigation requirement) and by entering these components in the used software, the basic data for virtual water calculations in foreign trade is provided. The yield data of the studied products were prepared from the Agriculture Database of the Ministry of Jihad Keshavarzi of Iran.

3. Discussion

Based on the results, Iran's virtual water export to CIS is equal to 551.98 million cubic meters and Iran's virtual water import from this region is estimated at 3977.027 million cubic meters, which indicates Iran is a net importer of virtual water in the agricultural sector in 2018.

The estimations of this research show that 70.5% of Iran's virtual water export in agricultural products is through blue water and 81.3% of virtual water import is through green water, this indicates the excessive use of water resources for the production and export of agricultural products in Iran, which can be due to the lack of land-use planning in the agricultural sector and the lack of an optimal cultivation pattern based on climatic conditions for the use of green water and the principle of water consumption productivity.

The findings indicate Iran imports green virtual water from Russia, Kazakhstan, Ukraine and exports blue virtual water to Russia, Kazakhstan and Azerbaijan. The largest exports of virtual water in 2018 were made to the countries of Russia (208.41), Kazakhstan (189.34) and Azerbaijan (41.10) (million cubic meters) and in the same year, the largest imports of virtual water were also from the countries of Russia (2836.73), Kazakhstan (725.60) and Ukraine (141.60) (million cubic meters). Iran is not in a state of virtual water trade balance with Moldova and Belarus, because it only exports virtual water to these countries, but does not import virtual water from them, and one of the reasons can be the distance. The importance of distance in relation to Iran and Russia trade can also be seen.

In brief, findings of this research show that on one hand Iran was net importers of virtual water in the trade of agricultural products with the CIS and on the other hand, net exporter in the blue water and net importer in the green water, all indicating inefficiency in water use management in Iran.

4. Conclusion

The results of this research show that in 2018, Iran was the net importer of virtual water and the net import of virtual water of Iran. According to the calculations of this paper, Iran has imported green virtual water and exported blue virtual water in agricultural products trade with CIS. Specifically, on average, the share of green Water in Iran's virtual water import is estimated at 81.28%, while the share of this water in Iran's virtual water export is only 29.62%. Therefore, in the export of agricultural products to the CIS, considerable pressure is placed on the surface and underground water resources, and the results of the present research show that Iran exports its underground and surface water resources in the trade of agricultural products with the CIS, and on the other hand, mainly imports rainwater.

Based on this research, it is recommended that while reviewing the structure of agricultural goods production, the issue of virtual water should be taken into consideration so that instead of using blue water resources, green water should be employed in the production and export of agricultural products. Reduced performance,

improper irrigation management, the number and volume of irrigation more than the plant needs, and the date and inappropriate time of irrigation are among the most important factors of water virtual blue water consumption. In agricultural products trade policies, products with high water demand which cannot be produced in Iran due to limited water resources, should be imported from countries with abundant water resources, and products that are highly resistant to drought should be produced domestically.

Acknowledgments

The authors would like to appreciate the respected reviewers for their valuable comments which have improved the article





فصلنامه علمی مطالعات اقتصادی کاربردی ایران

شاپای چاپی: ۲۵۳۰-۲۳۲۲؛ شاپای الکترونیکی: ۴۷۲۲X-۲۳۲۲

وبسایت نشریه: <https://aes.basu.ac.ir>

نشریه گروه اقتصاد، دانشکده علوم اقتصادی و علوم اجتماعی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران



تجارت آب مجازی ایران با کشورهای مستقل مشترک المنافع

سعید راسخی^۱، مائده کریمی^۲

نوع مقاله: پژوهشی

شناسه دیجیتال: <https://dx.doi.org/10.22084/AES.2022.26019.3430>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۱/۰۸، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۵/۰۶

صص: ۱۳۴-۱۰۹

چکیده

با کاهش سرانه آب، کمیابی این منبع حیاتی تشدید شده و چگونگی توزیع جهانی آب نیز به بحران آب افزوده است؛ از این رو مدیریت و تخصیص بهینه منابع آبی، به ویژه در بخش کشاورزی اهمیت دو چندان پیدا کرده است. پژوهش حاضر، تجارت خارجی آب مجازی کالاهای کشاورزی ایران با کشورهای مستقل مشترک المنافع را در سال ۱۳۹۷ بررسی کرده است. برای این منظور، با به کارگیری روش تعادل جزئی، ابتدا نیاز آبی گیاهان محاسبه شده و سپس، با پردازش داده های تجارت متقابل ایران، آب مجازی تجسم یافته در جریان های تجاری و تراز تجاری ایران با کشورهای مذکور، اندازه گیری شده است. نتایج پژوهش حاضر نشان می دهد که در سال ۱۳۹۷، ایران در تجارت محصولات کشاورزی با کشورهای مستقل مشترک المنافع، واردکننده خالص آب مجازی بوده است؛ از طرف دیگر، مطالعه حاضر نشان می دهد، ۷۰٫۵٪ از صادرات آب مجازی محصولات کشاورزی ایران به مجموعه کشورهای منتخب در سال ۱۳۹۷ از طریق آب آبی صورت گرفته، در حالی که در همین سال، ۸۱٫۳٪ از آب تجسم یافته در واردات کشاورزی ایران از این منطقه مربوط به آب سبز بوده است. این موضوع علاوه بر این که نشان دهنده استفاده بی رویه از منابع آبی برای تولید و صادرات محصولات کشاورزی در ایران است، در صورت ادامه، می تواند منجر به کاهش ذخائر ملی منابع آب شیرین در ایران شود. با توجه به یافته های پژوهش حاضر پیشنهاد می شود در تدوین راهبردهای کشاورزی و اسناد بالادستی، توجه ویژه ای به نیازهای آبی و تجارت آب مجازی صورت گیرد. هم چنین، توصیه می شود ضمن ارتقای بهره وری آب، ملاحظات فنی و اقتصادی لازم در تخصیص بهینه اجزای آب مجازی صورت گیرد.

کلیدواژگان: آب مجازی، تجارت خارجی، ایران، کشورهای مستقل مشترک المنافع.

طبقه بندی JEL: Q01, Q17, Q25.

۱. استاد گروه اقتصاد انرژی، دانشکده علوم اقتصاد و اداری، دانشگاه مازندران، شهر بابلسر، ایران (نویسنده مسئول).

Email: srasekhi@umz.ac.ir

۲. کارشناس ارشد علوم اقتصادی، گروه اقتصاد انرژی، دانشکده علوم اقتصاد و اداری، دانشگاه مازندران، شهر بابلسر، ایران.

Email: Maedeh18karimi@gmail.com

۱. مقدمه

داده‌ها و اطلاعات درخصوص کمبود جهانی آب امیدوارکننده نیست. دو-سوم از جمعیت جهان حداقل یک‌ماه از سال را در کمبود شدید آب سپری می‌کنند (بالور^۱، ۲۰۱۶). حدود ۵۰۰ میلیون نفر در سراسر جهان در طول سال با کمبود شدید آب مواجه هستند و نیمی از بزرگ‌ترین شهرهای جهان، کمبود آب دارند (مدنی^۲ و همکاران، ۲۰۱۶). علیرغم وجود آب شیرین به‌قدر کافی در مقیاس جهانی، به‌دلیل توزیع نابرابر آب که با تغییرات آب‌وهوایی تشدید می‌شود، برخی مناطق بسیار مرطوب و برخی بسیار خشک هستند (ساتاز^۳، ۲۰۲۰). اگر روند فعلی ادامه یابد، انتظار می‌رود تا سال ۲۰۳۰ م. تقاضای آب ۴۰٪ بیشتر از منابع موجود باشد (مدنی و همکاران، ۲۰۱۶). کشورهای زیادی هم‌چون: چین، هند، پاکستان، ایران و مکزیک، تحت‌تأثیر جدی آب آشامیدنی ناکافی و پیامدهای آن بر سلامت انسان قراردارند (سوتر^۴، ۲۰۱۷). در این‌میان، ایران به‌دلیل داشتن آب‌وهوای اغلب گرم‌وخشک و موقعیت‌خاص جغرافیایی با مشکلات جدی مواجه است. خشک‌سالی‌های مکرر در کنار بهره‌برداری بی‌رویه از منابع آب سطحی و زیرزمینی از طریق شبکه بزرگ زیرساخت‌های هیدرولیکی و چاه‌های عمیق، وضعیت آب کشور را به حد بحرانی رسانده است. در قرن اخیر، نرخ رشد سریع جمعیت مهم‌ترین عامل در کاهش سرانه آب تجدیدپذیر کشور بوده است. گزارش مرکز پژوهش‌های مجلس نشان می‌دهد سرانه منابع تجدیدپذیر کشور از ۶۹۰۰ مترمکعب در سال ۱۳۳۵ با کاهش منظم به ۱۲۹۴ مترمکعب در سال ۱۳۹۵ کاهش یافته و پیش‌بینی می‌شود در افق ۱۴۲۰ سرانه منابع تجدیدپذیر کشور به کمتر از ۱۰۰۰ و مشخصاً ۹۷۶ متر مکعب به ازای هر نفر خواهد رسید (مرکز پژوهش‌های مجلس، ۱۴۰۰).^۵ این درحالی است که براساس شاخص «فالکن مارک»^۶، سرانه آب تجدیدپذیر کمتر از ۱۷۰۰ مترمکعب در مرحله تنش و کمتر از ۱۰۰۰ مترمکعب در مرحله بحران آبی خواهد بود (دامار و تیلور^۷، ۲۰۱۷).

نتیجه روند نگران‌کننده مصرف آب در جهان، توجه ویژه به مدیریت بهینه آب بوده است که در راستای حداقل‌سازی هزینه فرصت بهره‌برداری از منابع آبی، مفهوم «آب‌مجازی»^۸ معرفی شده است. این سازه، حجم آبی است که برای تولید یک محصول در کل زنجیره تأمین آن، مصرف می‌شود (هوکسترا^۹، ۲۰۱۱). مفهوم آب‌مجازی به تجارت بین‌الملل نیز توسعه یافته است به‌گونه‌ای که در چارچوب مدل «هکشر-اهلین-ساموئلسون» (HOS)^{۱۰} می‌توان عنوان کرد که کشورها با فراوانی نسبی آب، محصولات آب بر را به کشورهایی که دارای منابع آبی نسبتاً کمتری هستند، صادر می‌کنند؛ بدین ترتیب، کشورهای پرآب باید صادرکنندگان خالص آب‌مجازی و کشورهای کم‌آب واردکنندگان خالص آب‌مجازی باشند؛ هرچند این الگوی تجارت آب‌مجازی

1. Bellware

2. Madani

3. Saatsaz

4. Suter

۵. «میرزاوند» و «باقری» (۲۰۲۰) کل سرانه تجدیدپذیر کشور در سال ۲۰۲۱ م. را ۸۰۰ مترمکعب پیش‌بینی کرده‌اند. براساس این مطالعه، سرانه آب تجدیدپذیر سالانه در سطح جهانی ۱۰۰۰ مترمکعب می‌باشد.

6. Falkenmark

7. Damkjaer & Taylor

8. Virtual water

9. Hoekstra

10. Heckscher-Ohlin-Samuelson (HOS)

می‌تواند موجب توزیع مناسب‌تر آب در سراسر جهان شود، ولی مشاهدات متناقض می‌تواند نشانگر مدیریت متفاوت منابع آبی در کشورهای شمال و جنوب باشد.

در پژوهش حاضر با هدف بررسی وضعیت تجارت آب مجازی ایران با CIS در گروه کالاهای منتخب کشاورزی، از روش تعادل جزئی در سنجش آب مجازی استفاده شده و با به‌کارگیری نرم‌افزارهای CROPWAT و OPTIWAT، نیاز آبی گیاهان در سال ۱۳۹۷ محاسبه شده است. این مطالعه، با توجه به اهمیت حیاتی آب و همچنین اهمیت فزاینده CIS به‌عنوان شرکای تجاری ایران و این‌که مطالعه مستقلی برای تجارت آب مجازی ایران با کشورهای CIS انجام نشده، حائز اهمیت است. شایان ذکر است که در انتخاب این کشورها چند دغدغه وجود داشته است؛ اول این‌که، موافقت‌نامه موقت تشکیل منطقه آزاد تجاری بین ایران و اتحادیه اقتصادی اوراسیا از آبان‌ماه ۱۳۹۸ لازم‌الاجرا گردیده است (راسخی و همکاران، ۱۳۹۹) و با توجه به تحریم‌های اقتصادی، ایران تمایل بیشتری به تجارت با کشورهای مستقل مشترک‌المنافع پیدا کرده است. دوم این‌که، اگرچه سهم تجارت خارجی ایران با کشورهای مستقل مشترک المنافع در سال ۱۴۰۰ حدود ۵٪ بوده، ولی ارزش تجارت با این کشورها رو به رشد بوده است؛ به‌ویژه این‌که ارزش صادرات و واردات ایران با منطقه مورد بررسی در سال ۱۴۰۰ به ترتیب ۲۵۹۳ میلیون دلار و ۲۲۶۲ میلیون دلار است که نسبت به سال قبل از آن به ترتیب ۴۰ و ۵۷٪ رشد کرده است (سازمان توسعه تجارت ایران، ۱۴۰۱). جالب توجه این‌که ۵۰٪ از صادرات کشاورزی و صنایع غذایی ایران در سال ۱۴۰۰ به این منطقه صورت گرفته است. در عین حال براساس آمار گمرک کشور، حدود ۱۴٪ از واردات محصولات کشاورزی ایران در سال مذکور از کشورهای مستقل مشترک‌المنافع بوده است. سومین دغدغه در انجام تحقیق حاضر، ورود ایران به مرحله بحران آبی می‌باشد که پژوهش حاضر به‌عنوان یک مطالعه موردی، به اهمیت آب مجازی در سیاست‌گذاری تجاری تأکید کرده است.

ای پژوهش در پنج بخش سازماندهی شده است؛ بعد از مقدمه، در بخش دوم، ادبیات تحقیق ارائه شده است. روش تحقیق در بخش سوم آمده است. بخش چهارم به محاسبات و تحلیل تجارت آب مجازی ایران و CIS اختصاص دارد. نتیجه‌گیری و توصیه‌های سیاستی در بخش پنجم ارائه شده است. منابع و مأخذ نیز در بخش پایانی (کتابنامه) آمده است.

۲. ادبیات تحقیق

الگوی هکشر-اهلین-ساموئلسون (HOS) با وجود فروض محدودکننده‌ای که دارد^۱ توضیح و پیش‌بینی مناسبی را برای تجارت بین‌الملل براساس فراوانی نسبی عوامل تولید شامل آب فراهم می‌کند. براساس این الگو، هر کشور در کالایی تخصص (ناقص) پیدا می‌کند و آن را صادر می‌کند که در تولید آن کالا از عامل تولیدی به نسبت استفاده می‌شود که کشور مورد بررسی در این عامل تولید دارای فراوانی نسبی باشد. بدین ترتیب، انتظار

^۱ از جمله این فروض می‌توان به بازار رقابت کامل، تحرک کامل عوامل تولید در داخل و عدم تحرک آنها در سطح بین‌الملل، تجارت آزاد، یکسان بودن الگوی بین‌المللی تقاضا، عدم برگشت شدت عامل و تفاوت نسبت‌های عامل میان کشورها اشاره کرد. برای مطالعه بیشتر رجوع کنید به کروگمن و آستفلد (۲۰۰۹).

می‌رود کشوری که در نهاده آب دارای فراوانی نسبی است، کالاهای آب‌بر را صادر کند و اقدام به واردات کالاهایی کند که در عامل تولید مورد نیاز آن‌ها کمیابی نسبی دارد.

هرچند قضایای الگوی هکشر-اهلین-ساموئلسون برای توضیح تجارت آب‌مجازی کافی به نظر می‌رسد، ولی در این رابطه ابهام‌هایی نیز مطرح شده است؛ اولاً، برخی از محققان هم‌چون «آنسینک» (۲۰۱۰) با به‌کارگیری صادرات یا واردات آب‌مجازی به‌جای کالا ایراد می‌گیرند. واقعیت این است که این موضوع در چارچوب الگوی محتوای عامل «ونک»^۲ (۱۹۶۸) پاسخ داده شده است. کشورها در تجارت کالاها در واقع محتوای آن‌ها را تجارت می‌کنند و اتفاقاً به‌همین دلیل است که قضیه برابر شدن قیمت عامل در الگوی HOS اتفاق می‌افتد. ثانیاً، برخی این موضوع را مطرح می‌کنند که آب به‌عنوان عامل تولید در الگوهای تجارت بین‌الملل کمتر مورد توجه قرار گرفته است. شاید به‌همین دلیل باشد که برخی از نویسندگان منابع آبی را بی‌ارتباط با مزیت نسبی می‌دانند (ویشلز، ۲۰۰۴). واقعیت این است که اگرچه به‌دلیل استراتژیک بودن بخش کشاورزی و ارتباط آن با امنیت غذایی، آب‌ها برای کشاورز پایین یا حتی صفر است، ولی قیمت سایه‌ای آب برای بخش کشاورزی غیرصفر بوده و بنابراین آب به‌عنوان عامل تولید کمیاب محسوب می‌شود و هم‌چون سایر عوامل تولید باید در الگوهای تولید و تخصص و هم‌چنین تجارت کشورها لحاظ گردد و بر این اساس، به‌عنوان یکی از عوامل مورد مزیت نسبی در نظر گرفته شود.

ابهام دیگر در الگوی HOS این است که این الگو به نسبت‌های عامل و نه مقادیر مطلق عوامل توجه می‌کند؛ به‌عبارت‌دیگر، ممکن است یک کشور همه عوامل تولید از جمله آب را از رقیب تجاری‌اش بیشتر داشته‌باشد، ولی در رابطه با آب دارای کمیابی نسبی نیز باشد (آنسینک، ۲۰۱۰). در این شرایط، کشوری که شاید به‌صورت مطلق، آب کمتر دارد با توجه به فراوانی نسبی‌اش در این نهاده اساسی، صادرکننده کالای آب‌بر باشد. این موضوع دارای دو دلالت مهم است؛ تخلیه منابع آبی کشور دارای فراوانی نسبی آب و توزیع نابرابر آب در سطح بین‌المللی. کمترین یافته‌ای که از این بحث مطرح می‌شود اهمیت منابع آبی است که باید در سیاست‌گذاری‌های بخش‌های مختلف، به‌ویژه بخش کشاورزی و تجارت خارجی به آن توجه شود. در پاسخ به ابهام مطرح‌شده، واقعیت این است که اگر کشوری دارای فراوانی مطلق بیشتر در همه عوامل تولید باشد یک کشور بزرگ خواهد بود و اگر کالای آب‌بر را وارد کند؛ بنابراین انتظار می‌رود که آب کمی مصرف کند که با توجهی به اندازه بزرگ این اقتصاد، بعید به نظر می‌رسد. هم‌چنین براساس قضیه ونک انتظار می‌رود بعد از تجارت محتوای مصرف عامل دو کشور به‌سمت برابر میل کند. برخی از مطالعات تجربی نیز نشان داده‌اند که تجارت بین‌الملل راهی برای توزیع مجدد منابع آبی و کاهش تنش‌ها و بحران‌های آبی می‌باشد؛ به‌عنوان نمونه می‌توان به مطالعه «هوکسترا» و «هانگ» (۲۰۰۵) اشاره کرد که کمیابی نسبی آب را موجب جذاب تر شدن واردات آب‌مجازی و بنابراین وابستگی آبی به سایر کشورها از طریق تجارت بین‌الملل در نظر گرفته‌است.

۱. الگوی HOS دارای سه قضیه مهم است: قضیه الگوی تجاری، قضیه برابر شدن قیمت عامل و قضیه استالپر-ساموئلسون. (برای مطالعه بیشتر به منابع کلاسیک تجارت بین‌الملل هم‌چون گاندالفو (۲۰۱۴) مراجعه شود).

2. Vanek

3. Wichelns

مطالعات تجربی مختلفی در رابطه با آب مجازی در ایران و در سطح بین‌المللی انجام شده است. «ژانگ»^۱ و همکاران (۲۰۲۱) با استفاده از روش داده-ستانده و برای سال ۲۰۱۲م، تجارت آب مجازی در دلتای رودخانه زرد چین را بررسی کردند. براساس این مطالعه و با توجه به تراز تجارت آب مجازی، تجارت آب مجازی کمبود منابع آبی را در این دلتا تشدید می‌کند. «جی دنگ»^۲ و همکاران (۲۰۲۱) با روش مشابه و هم‌چنین مدل جاذبه برای سال‌های ۲۰۱۲، ۲۰۱۵ و ۲۰۱۷م، تأثیر کمبود آب روی تجارت آب مجازی بین استانی چین را بررسی کردند و به این نتیجه دست یافتند که بین کمبود آب و منطقه صادرکننده آب مجازی هم‌بستگی مثبت وجود دارد. «لی»^۳ و همکاران (۲۰۲۱) با به‌کارگیری روش داده-ستانده برای قزاقستان در سال ۲۰۱۴م، استراتژی بهینه مدیریت آب مجازی این کشور را مورد مطالعه قرار دادند. براساس این تحقیق، قزاقستان در بخش کشاورزی صادرکننده خالص آب مجازی است و ۸۶٪ از کل صادرات کشاورزی مربوط به میوه، آجیل و سبزی‌ها بوده است. «کارو»^۴ و همکاران (۲۰۲۰) با روش مشابه، تجارت جهانی آب مجازی آووکادو را برای سال‌های ۲۰۱۶-۲۰۰۰م. بررسی کرده و به این نتیجه رسیدند که تجارت آووکادو طی این دوره افزایش قابل توجهی داشته و آب مجازی مرتبط با تجارت آووکادو از ۴۰۸ میلیون مترمکعب در سال ۲۰۰۰ به ۲۲۳۸ میلیون مترمکعب در سال ۲۰۱۶م. رسیده و باعث فشار بر منابع آب و آسیب به محیط‌زیست شده است. «ال امری» و «مایکل»^۵ (۲۰۱۹) با استفاده از رویکرد توسعه یافته «هوکسترا» و «هونگ»، تجارت آب مجازی محصولات زراعی عربستان سعودی را بررسی کردند. براساس نتایج این مقاله، عربستان در دوره مورد مطالعه (۲۰۱۶-۲۰۰۰) واردکننده خالص آب مجازی در بخش کشاورزی بوده و این موضوع موجب کاهش فشار بر منابع آب این کشور تا ۵۴٪ شده است. «تراورینگ» و «بنستین»^۶ (۲۰۱۸) با به‌کارگیری روش تعادل جزئی، جریان آب مجازی و ردپای آب محصولات کشاورزی اسرائیل را طی دوره زمانی ۲۰۰۷-۲۰۱۲م. را بررسی کرده و به این نتیجه رسیده‌اند که واردات آب مجازی این کشور سالانه ۱۲۰۰ میلیون مترمکعب و صادرات آب مجازی آن، ۲۵۰ میلیون مترمکعب در سال بوده است. هم‌چنین، نتایج این تحقیق نشان می‌دهد ۸۰٪ از صادرات آب مجازی مربوط به میوه و سبزی می‌باشد.

اکثر تحقیقات صورت گرفته در زمینه آب مجازی در ایران به صورت ملی و روی محصول خاص متمرکز بوده است. در این رابطه، «یحیی زاده» و «بذرافشان» (۱۴۰۰) در چارچوب رویکرد هوکسترا و چپاگین، روش «پنمن-فائو-مانتیت»^۷ و با به‌کارگیری نرم‌افزار CROPWAT برای دوره زمانی ۱۳۸۴-۱۳۹۷م، تجارت آب مجازی و ارزش اقتصادی آب در محصول پنبه فاریاب در ایران را ارزیابی کردند. براساس محاسبات این تحقیق، متوسط ردپای آب در پنبه ۴۰۱۹ مترمکعب بر تن می‌باشد و استان خراسان جنوبی و البرز دارای بیشترین و کمترین ردپای آب در ایران هستند. متوسط ارزش اقتصادی آب مجازی پنبه در ایران ۰.۳۷ دلار در هر مترمکعب بوده و بالاترین و پایین‌ترین ارزش اقتصادی آب به ترتیب مربوط به استان البرز و خراسان جنوبی می‌باشد. «مبارکی» و

1. Zhang

2. Jie Deng

3. Li

4. Caro

5. Alamri & Michael

6. Trauring & Bernstein

7. Penman-FAO-Monteith

«مبارکی» (۱۴۰۰) با استفاده از روش پنمن-فائو-مونتیپ و با به کارگیری نرم افزار CROPWAT برای دوره زمانی ۱۳۸۹-۱۳۹۶، ردپای آب، آب مجازی و بهره‌وری مصرف آب در سه گروه از محصولات پاییزه و بهاره سبزیجات (گوجه‌فرنگی و سیب‌زمینی)، صنعتی (چغندرقد) و علوفه‌ای (ذرت علوفه‌ای) شهرستان اصفهان را بررسی کردند. با توجه به این مطالعه، در شهرستان اصفهان، سیب‌زمینی بالاترین ردپای آب و چغندرقد کمترین ردپای آب را دارا هستند. همچنین نتایج این مطالعه نشان می‌دهد بیشترین مقدار آب مجازی مصرف شده مربوط به ذرت علوفه‌ای و کمترین مقدار مربوط به گوجه‌فرنگی می‌باشد. این محققان به این نتیجه سیاستی دست‌یافته‌اند که محصول گوجه‌فرنگی با توجه به پایین بودن مقادیر آب مجازی و بالا بودن بهره‌وری مصرف آب آن نسبت به دیگر محصولات مورد بررسی در منطقه مورد مطالعه برای کشت مناسب‌تر می‌باشد. «حکمت‌نیا» و همکاران (۱۳۹۸) با استفاده از نرم‌افزار Cropwat و روش فائو-پنمن-مونتیپ برای دوره زمانی ۱۳۹۵-۱۳۹۶، مدیریت منابع آب کشاورزی استان سیستان و بلوچستان را از دیدگاه آب مجازی مورد بررسی قرار دادند. آنان به این نتیجه دست‌یافتند که محصولات سیب‌زمینی و گوجه‌فرنگی بالاترین بهره‌وری مصرف آب کشاورزی و بیشترین عملکرد را دارند و کمترین میزان ردپای آب مربوط به این دو محصول می‌باشد. «کیانی قلعه‌سرد» و همکاران (۱۳۹۷) با استفاده از روش «شبکه استنتاجی عصبی فازی»^۱ (ANFIS) طی دوره زمانی ۱۳۹۷-۱۳۶۱ وضعیت حال و آینده صادرات آب مجازی در محصولات کشاورزی ایران را مورد ارزیابی قرار دادند. براساس نتایج این مقاله، روند صادرات آب مجازی طی سال‌های آینده صعودی خواهد بود و این موضوع، با توجه به مشکلات جدی آب و کمبود آن در ایران، می‌تواند به‌عنوان یک تهدید در نظر گرفته شود. «قادری حسین‌آباد» (۱۳۹۷) با به کارگیری مدل جاذبه، آینده‌پژوهی تجارت آب مجازی در افق ۱۴۰۹ ه.ش. برای محصولات کشاورزی و دامی ایران را مورد مطالعه قرار داده‌است. براساس نتایج این تحقیق، ایران در افق ۱۴۰۹ واردکننده خالص آب مجازی خواهد شد. «پوران» و همکاران (۱۳۹۶)، ضمن محاسبه ارزش اقتصادی محتوی آب‌آبی (مجموع آب‌های سطحی و زیرزمینی) محصولات استان‌های آذربایجان غربی، بوشهر، اصفهان، ایلام و سمنان با هدف حداکثر شدن بهره‌وری آب کشاورزی، به این نتیجه دست‌یافتند که هرچه استان‌ها وضعیت آبی نامساعدتری داشته باشند، ارزش اقتصادی محتوی آب محصولات آن‌ها بیشتر است. همچنین براساس این مطالعه، بهره‌وری آب ۱۲ محصول زراعی مورد مطالعه در استان‌های منتخب افزایش یافته است. «علی‌قلی‌نیا» و همکاران (۱۳۹۶) با استفاده از نرم‌افزار Cropwat و روش فائو-پنمن-مونتیپ، شاخص ردپای آب برای محصولات غالب حوضه آبریز دریاچه ارومیه در سال ۱۳۹۴ را بررسی کردند. براساس این مطالعه، گندم و یونجه بیشترین ردپای آب مصرفی را به خود اختصاص داده‌اند که یافته با توجه به پایین بودن میزان عملکرد در واحد سطح این محصولات در مقایسه با سایر محصولات نظیر: چغندرقد، گوجه‌فرنگی و ذرت توجیه شده است. «نجفی علمدارلو» و همکاران (۱۳۹۵) با به کارگیری یک مدل تعادل فضایی، اثر ممانعت از ورود گندم را روی جریان تجارت آب مجازی ایران را بررسی کردند. براساس نتایج این مطالعه، با ممانعت از واردات گندم و جایگزینی تولید داخلی، ۲۰۳۰ لیتر آب مجازی به ازای هر کیلوگرم گندم از منابع آبی کشور برداشت خواهد شد.

1. Adaptive Neuro Fuzzy Inference System

۳. روش تحقیق

۳-۱. محاسبه آب مجازی

آب مجازی در فرآیند رشد محصول کشاورزی (VW^1)، براساس رابطه (۱) و از مجموع «آب مجازی سبز» (VW_i) green) و «آب مجازی آبی» ($VW_i \text{ blue}$) به دست می آید:

$$VW_i = VW_i \text{ green} + VW_i \text{ blue} \quad (1)$$

در این رابطه، آب مجازی برحسب واحد تولید و معمولاً به صورت مترمکعب بر تن (m^3/ton) یا معادل لیتر بر کیلوگرم (litre/kg) بیان می شود. مؤلفه سبز آب مجازی محصول 2 ($VW_{\text{green}}, m^3/\text{ton}$)، از تقسیم آب سبز مصرفی محصول ($CWR_{\text{green}}, m^3/\text{ha}$) بر میزان عملکرد آن ($Y, \text{ton}/\text{ha}$) به دست می آید. مؤلفه آبی 3 ($VW_{\text{blue}}, m^3/\text{ton}$) نیز با روشی مشابه از طریق زیر محاسبه می شود (هوگسترا و همکاران، ۲۰۱۱).

$$VW_{\text{Green}} = \frac{CWR_{\text{Green}}}{Y} \quad (2)$$

$$VW_{\text{Blue}} = \frac{CWR_{\text{Blue}}}{Y} \quad (3)$$

مقادیر آب سبز و آبی مصرفی گیاه 4 ($CWR, m^3/\text{ha}$) براساس روابط ۴ و ۵ و از حاصل جمع مقادیر روزانه تبخیر-تعرق ($ET, \text{mm}/\text{day}$) در کل دوره رشد آن گیاه به دست می آید:

$$CWR_{\text{green}} = 10 \times \sum_{d=1}^{lgp} ET_{\text{green}} \quad (4)$$

$$CWR_{\text{blue}} = 10 \times \sum_{d=1}^{lgp} ET_{\text{blue}} \quad (5)$$

که در آن؛ ET_{green} تبخیر-تعرق سبز (تبخیر تعرقی که از آب سبز صورت می گیرد) و ET_{blue} تبخیر-تعرق آبی (تبخیر تعرقی که از آب آبی صورت می گیرد) می باشد. دلیل اعمال عدد ۱۰ در روابط ۴ و ۵، تبدیل میلی متر به مترمکعب در هکتار است. مجموع مقادیر روزانه تبخیر-تعرق سبز یا آبی در کل دوره رشد تعیین می شود (lgp) طول دوره رشد را بر حسب روز نشان می دهد. از آنجایی که طول دوره رشد گیاهان مختلف متفاوت است، نیاز آبی گیاهان نیز متفاوت خواهد بود.

روش های متعددی برای مدل سازی تبخیر-تعرق و رشد گیاه وجود دارد یکی از آن ها، CROPWAT است که توسط «سازمان خواروبار و کشاورزی ملل متحد» (FAO) و براساس روش «آلن»^۵ و همکاران (۱۹۹۸) توسعه داده شده است.

1. Virtual Water (VW)

2. Virtual Water Green (VWG)

3. Virtual Water Blue (VWB)

4. Crop Water Requirement (VWR)

5. Allen

در مجموع برای محاسبه آب مجازی آبی، ابتدا با جمع کردن نیاز خالص آبیاری آبی و تلفات ناشی از راندمان آبیاری گیاه، نیاز ناخالص آبیاری آبی محاسبه شده و سپس به عملکرد محصول مورد مطالعه تقسیم شده است. همچنین برای محاسبه آب مجازی سبز به طریق مشابه نیاز خالص آبیاری گیاه از طریق باران مؤثر محاسبه شده و سپس به عملکرد محصول مورد بررسی تقسیم شده است. بدیهی است نیاز آبی گیاه با مجموع باران مؤثر (سبز) و نیاز خالص آبیاری (آبی) برابر خواهد بود. نسبت نیاز آبی گیاه به عملکرد آن نیز آب مجازی (سبز و آبی) گیاه می‌باشد. بدیهی است هر گیاه مؤلفه‌های تبخیر و تعرق (باران مؤثر و نیاز خالص آبیاری) خاص خود را دارا می‌باشد و با ورود این مؤلفه‌ها در نرم افزار مورد استفاده، داده‌های پایه برای محاسبات آب مجازی در تجارت خارجی فراهم شده است. داده‌های عملکرد محصولات مورد مطالعه نیز از بانک زراعت «وزارت جهاد کشاورزی»^۱ تهیه شده است.

۲-۲. محاسبه واردات و صادرات آب مجازی سبز و آبی

در این پژوهش، واردات آب مجازی برای هر محصول با ضرب مقدار محصول وارداتی (تن) از یک کشور در محتوای آب مجازی محصول از آن کشور (مترمکعب بر تن) محاسبه شده است. بدیهی است که کل واردات آب مجازی برای همه محصولات زراعی از جمع واردات آب مجازی برای محصولات مختلف حاصل می‌شود:

$$VWI = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m VWC_{ij} \times T_{ij} \quad (6)$$

که در رابطه، VWI کل میزان واردات آب مجازی برای همه محصولات زراعی (مترمکعب)، VWC_{ij} محتوای آب مجازی برای محصول وارداتی i از کشور j (مترمکعب بر تن)، T_{ij} مقدار واردات محصول i از کشور j (تن) $i, j=1, 2, 3$ ، n نشان‌دهنده محصولات مختلف و m نیز نشانگر کشورهای طرف تجاری می‌باشد. داده‌های حجمی تجارت محصولات کشاورزی (وزن صادرات و واردات) از اداره «گمرک جمهوری اسلامی ایران»^۲ جمع‌آوری شده است. همچنین، محتوای آب مجازی محصولات وارداتی ایران از سایت فائو استخراج شده است. کل صادرات آب مجازی محصولات کشاورزی ایران از طریق رابطه زیر محاسبه شده است:

$$VWE = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^l VWC_{si} \times T_{ik} \quad (7)$$

که در آن، VWE کل صادرات آب مجازی (مترمکعب)، VWC_{si} محتوای آب مجازی برای محصول i صادر شده از ایران (مترمکعب بر تن)، T_{ik} مقدار محصول i صادر شده از ایران به کشور k ، $i, k=1, 2, 3$ ، L ، $k=1, 2, 3$ ، n محصولات صادراتی می‌باشد.

برای محاسبه میزان واردات آب مجازی سبز^۳ و واردات آب مجازی آبی^۴ بر حسب مترمکعب در سال برای هر محصول وارداتی، به ترتیب مقدار آب مجازی سبز و آبی هر محصول (مترمکعب بر تن) در میزان واردات محصول (تن) ضرب شده است. میزان واردات آب مجازی سبز و آبی به ترتیب از روابط (۸) و (۹) به دست آمده است:

1. www.maj.ir

2. www.irica.gov.ir

3. Green Virtual Water Import

4. Blue Virtual Water Import

$$\text{Green VWI} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \text{Green VW}_{ij} \times W_{ij} \quad (8)$$

$$\text{Blue VWI} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \text{Blue VW}_{ij} \times W_{ij} \quad (9)$$

در آن‌ها، Green VWI واردات آب مجازی سبز (مترمکعب در سال)، Green VW_{ij} آب مجازی سبز تولید محصول i در کشور j (مترمکعب بر تن)، T_{ij} مقدار محصول وارداتی i از کشور j (تن)، $i, j=1, 2, 3$ و n نشان‌دهنده محصولات مختلف و m نیز نشانگر کشورهایی که از آن‌ها محصولات کشاورزی وارداتی می‌باشد؛ همچنین، Blue VWI واردات آب مجازی آبی (مترمکعب در سال)، Blue VW_{ij} آب مجازی آبی تولید محصول i در کشور j (مترمکعب بر تن)، T_{ij} وزن محصول وارداتی i از کشور j (تن)، $i, j=1, 2, 3$ می‌باشد. میزان صادرات آب مجازی سبز و آبی به ترتیب از روابط (۱۰) و (۱۱) به دست آمده است:

$$\text{Green VWE} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^l \text{Green VW}_{si} \times T_{ik} \quad (10)$$

$$\text{Blue VWE} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^l \text{Blue VW}_{si} \times T_{ik} \quad (11)$$

در این روابط، Green VWE میزان صادرات آب مجازی سبز^۱ و Blue VWE صادرات آب مجازی آبی^۲ (مترمکعب در سال) می‌باشد. Green VW_i و Blue VW_i به ترتیب آب مجازی سبز و آبی محصول i تولید شده در ایران (مترمکعب بر تن)، T_{ik} مقدار محصول i صادر شده از ایران به کشور k ، $L, I, K=1, 2, 3$ کشورهای که محصولات کشاورزی به آن‌ها صادر می‌شود و n نشان‌دهنده محصولات صادراتی می‌باشد. سرانجام، صرفه جویی ملی آب به واسطه تجارت محصول به صورت زیر محاسبه شده است:

$$\text{NVWI} = \text{VWI} - \text{VWE} \quad (12)$$

در این رابطه، NVWI جریان خالص آب مجازی^۳، VWI واردات آب مجازی و VWE صادرات آب مجازی می‌باشد. بدیهی است که NVWI می‌تواند منفی نیز باشد که در این صورت، به معنی تلفات خالص به جای صرفه جویی آب است.

۴. محاسبات و تحلیل تجارت آب مجازی ایران با CIS

تجارت آب مجازی محصولات کشاورزی ایران با CIS در سال ۱۳۹۷ در جدول (۱) ارائه شده است. براساس این جدول، میزان صادرات آب مجازی ایران به CIS معادل ۵۵۱.۹۸ میلیون مترمکعب و واردات آب مجازی ایران از این منطقه، ۳۹۷۷.۰۲۷ میلیون مترمکعب برآورد شده است که نشانگر ۳۴۲۵.۰۵ میلیون مترمکعب خالص جریان آب مجازی برای سال ۱۳۹۷ می‌باشد. بررسی جریان خالص آب مجازی در نمودار (۱) نیز نشان می‌دهد، ایران

1. Green Virtual Water Export

2. Blue Virtual Water Export

3. Net Virtual Water Imported

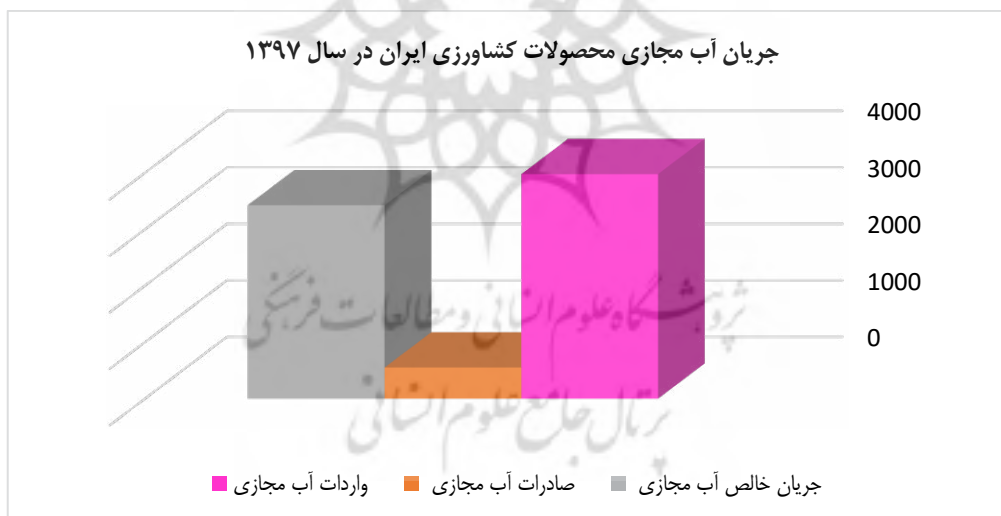
واردکننده خالص آب مجازی در بخش کشاورزی است. تراز مثبت تجارت آب مجازی نشانگر ذخیره سازی منابع آب کشور دارد که این یافته با مطالعه «صالح نیا» و «باستانی» (۱۳۹۶) هم خوانی دارد. نمودار ۲، تجارت آب مجازی محصولات کشاورزی بین ایران و CIS را به تفکیک آب سبز و آب آبی نشان می دهد. با توجه به این نمودار، ایران در واردات آب مجازی، آب سبز وارد می کند. آب سبز، آب حاصل از باران است و به منابع آب فشار وارد نمی کند. این در حالی است که بخش کشاورزی در مقایسه با سایر بخش ها پتانسیل بالایی در استفاده از آب باران برای تولید محصولات دارد و واردات آب مجازی سبز نشان می دهد CIS از این پتانسیل به خوبی استفاده می کند؛ ولی سهم عمده از صادرات آب مجازی ایران را آب آبی تشکیل می دهد. ازدلایل اصلی این امر برداشت از منابع آب زیرزمینی و استفاده از سیستم های آبیاری برای تولید اکثر محصولات کشاورزی در ایران است که در نهایت صادرات این محصولات منجر به صادرات آب مجازی آبی می شود.

جدول ۱: تجارت آب مجازی محصولات کشاورزی ایران با CIS در سال ۱۳۹۷ (میلیون مترمکعب).

Table 1: Virtual water trade of Iran's agricultural products with CIS in 2018 (million cubic meters).

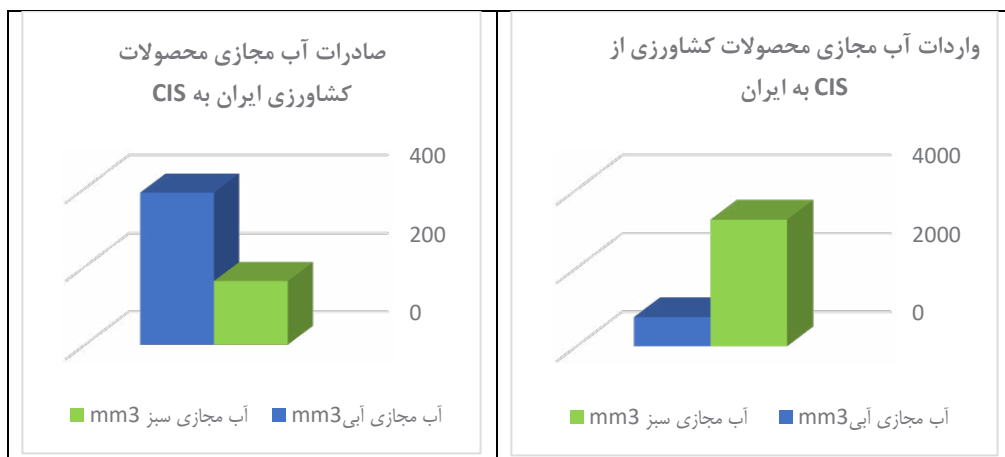
صادرات آب مجازی	واردات آب مجازی	سال
۵۵۱/۹۸	۳۹۷۷/۰۳۷	۱۳۹۷

(منبع: یافته های پژوهش حاضر).



نمودار (۱): جریان آب مجازی در تجارت محصولات کشاورزی ایران و CIS در سال ۱۳۹۷ (میلیون مترمکعب) (منبع: یافته های پژوهش حاضر).

Figure 1: Virtual water flow in the trade of agricultural products of Iran and CIS in 2018 (million cubic meters).



نمودار ۲: تجارت آب مجازی میان ایران و CIS به تفکیک آب سبز و آب آبی در سال ۱۳۹۷ (میلیون مترمکعب) (منبع: یافته‌های پژوهش حاضر).

Figure 2: Virtual water trade between Iran and CIS by green water and blue water in 2018 (million cubic meters).

جدول ۲، تجارت آب مجازی محصولات کشاورزی بین ایران و CIS را در سال ۱۳۹۷ نشان می‌دهد. باتوجه به این جدول، ایران در تجارت آب مجازی با CIS در سال ۱۳۹۷ میزان ۳۸۹۰۹۸۸ میلیون مترمکعب آب آبی صادر و میزان ۷۴۴۰۵۶۵۳ میلیون مترمکعب آب آبی وارد کرده است؛ همچنین میزان صادرات و واردات آب سبز به ترتیب ۱۶۲۰۸۸۲۱ میلیون مترمکعب و ۳۲۳۲۰۴۶۱ میلیون مترمکعب به‌دست آمده است.

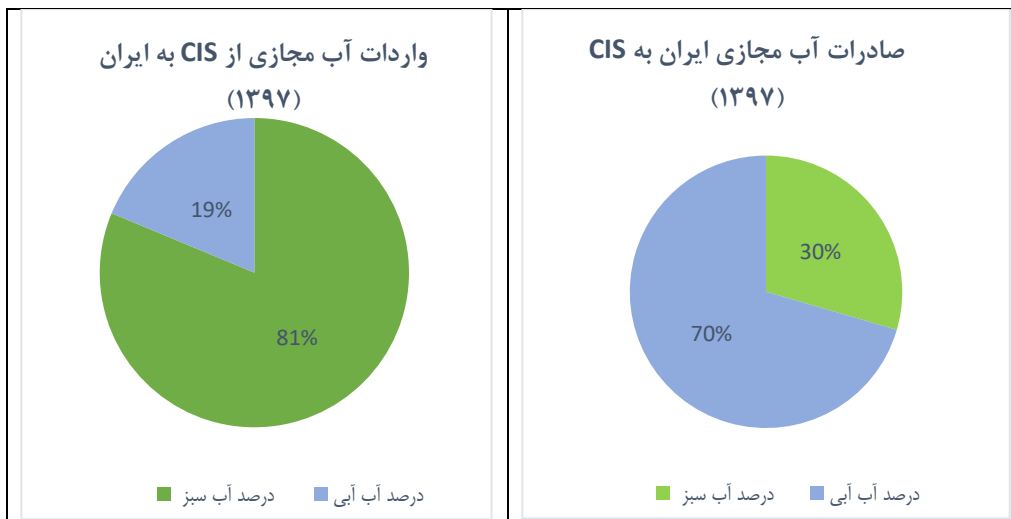
جدول ۲: تجارت آب مجازی محصولات کشاورزی بین ایران و CIS (میلیون مترمکعب) در سال ۱۳۹۷.

Table 2: Virtual water trade of agricultural products between Iran and CIS (million cubic meters) in 2018.

آب مجازی آبی mm^3	آب مجازی سبز mm^3	جریان
۳۸۹۰۹۸۸	۱۶۲/۸۸۲۱	صادرات
۷۴۴/۵۶۵۳	۳۲۳۲/۴۶۱	واردات

(منبع: یافته‌های پژوهش حاضر).

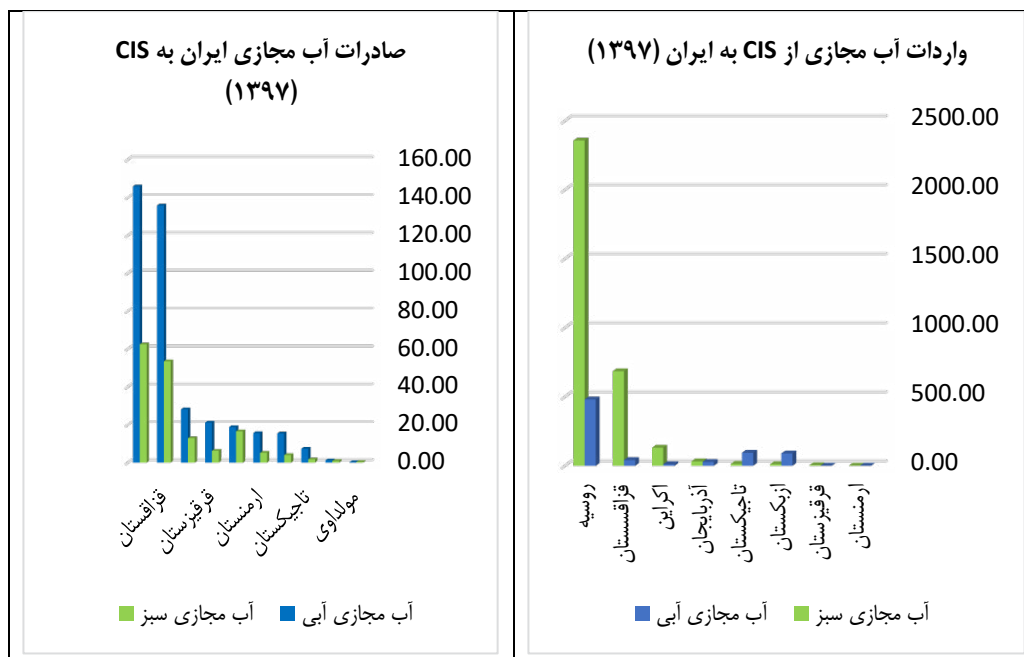
نمودار ۳، سهم آب سبز و آبی را در صادرات و واردات آب مجازی نشان می‌دهد. نتایج نمودار ۳، این واقعیت را نشان می‌دهد که در تجارت آب مجازی محصولات کشاورزی، ایران آب آبی (منابع آب زیرزمینی و سطحی) خود را به CIS صادر می‌کند؛ درحالی‌که آب سبز (آب باران) را از CIS وارد می‌کند. این موضوع نشان می‌دهد که الگوی کشت منطقه‌ای به استفاده حداکثری از آب باران توجه دارد و همچنین سیاست‌های صادرات محصولات کشاورزی منطقه CIS براساس این الگو انجام می‌شود که هم باعث ذخیره منابع آب و هم باعث ایجاد درآمد ارزی برای کشورهای منطقه می‌شود.



نمودار ۳: تجارت آب مجازی محصولات کشاورزی ایران و CIS در سال ۱۳۹۷ (درصد). (منبع: یافته‌های پژوهش حاضر).

Figure 3: Virtual water trade of agricultural products of Iran and CIS in 2018 (in percent).

بررسی آب مجازی در تجارت محصولات کشاورزی بین ایران و CIS در سال ۱۳۹۷ (نمودار ۳) نشان می‌دهد، ۷۰.۵٪ از صادرات آب مجازی ایران در محصولات کشاورزی از طریق آب آبی و ۸۱.۳٪ از واردات آب مجازی از طریق آب سبز صورت گرفته است. این موضوع نشان‌دهنده استفاده بی‌رویه از منابع آبی برای تولید و صادرات محصولات کشاورزی در ایران است که می‌تواند به دلیل عدم وجود آمایش سرزمین در بخش کشاورزی و فقدان الگوی کشت بهینه براساس شرایط اقلیمی برای استفاده از آب سبز و اصل بهره‌وری مصرف آب باشد. ایران در تجارت محصولات کشاورزی با CIS آب آبی صادر و آب سبز وارد می‌کند که ادامه این روند می‌تواند منجر به کاهش ذخائر ملی منابع آب شیرین در ایران شود. تجارت آب مجازی محصولات کشاورزی ایران با CIS به تفکیک آب سبز و آب آبی در نمودار (۴) ارائه شده است. این نمودار نیز نشان می‌دهد ایران در تجارت آب مجازی محصولات کشاورزی با CIS، آب سبز وارد و آب آبی صادر می‌کند.



نمودار ۴: تجارت آب مجازی ایران و CIS به تفکیک کشور و اجزای آب در سال ۱۳۹۷ (میلیون مترمکعب)، (منبع: یافته‌های پژوهش حاضر).

Figure 4: Virtual water trade of Iran and CIS by country and water components in 2018 (million cubic meters).

براساس نمودار ۴، ایران آب مجازی سبز را از کشورهای روسیه، قزاقستان، اکراین وارد می‌کند و آب مجازی آبی را به کشورهای روسیه، قزاقستان و آذربایجان صادر می‌کند. جدول ۳ نیز تجارت آب مجازی محصولات کشاورزی میان ایران و CIS به تفکیک کشور در سال ۱۳۹۷ را ارائه می‌کند. باتوجه به این جدول، بیشترین صادرات آب مجازی در سال ۱۳۹۷، به کشورهای روسیه (۲۰۸.۴۱)، قزاقستان (۱۸۹.۳۴) و آذربایجان (۴۱.۱۰) (میلیون مترمکعب) صورت گرفته و در همین سال، بیشترین واردات آب مجازی نیز از کشورهای روسیه (۲۸۳۶.۷۳)، قزاقستان (۷۲۵.۶۰) و اکراین (۱۴۱.۶۰) (میلیون مترمکعب) انجام شده است. همان گونه که از جدول (۳) نیز مشخص است، ایران در رابطه با کشورهای مولداوی و بلاروس در وضعیت تراز تجارت آب مجازی قرار ندارد؛ چون فقط آب مجازی به این کشورها صادر می‌کند، ولی آب مجازی از آنها وارد نمی‌کند که از دلایل آن می‌توان به بُعد مسافت اشاره کرد. اهمیت مسافت در رابطه با تجارت ایران و روسیه نیز قابل مشاهده است.

جدول ۳: تجارت آب مجازی محصولات کشاورزی بین ایران و CIS به تفکیک کشور در سال ۱۳۹۷ (مترمکعب).

Table 3: Virtual water trade of agricultural products between Iran and CIS by country in 2018 (cubic meters).

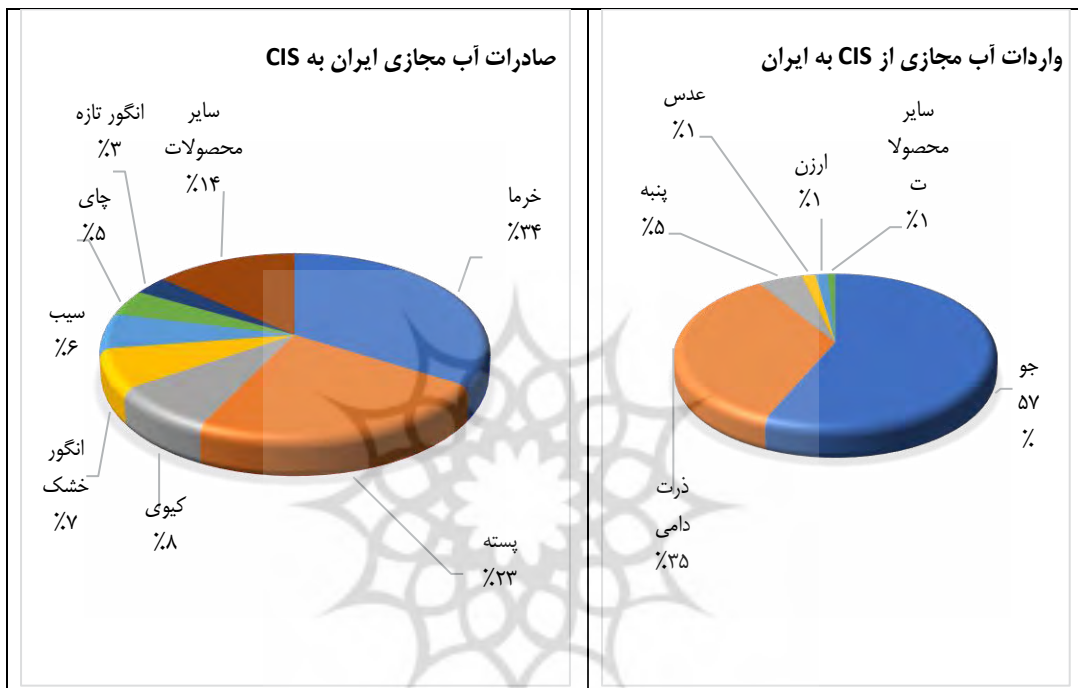
کشور	صادرات	کشور	واردات
مولداوی	۵۵۹۳۳۸/۷۰	مولداوی	۰/۰۰
بلاروس	۲۱۸۵۷۸۱/۰۰	بلاروس	۰/۰۰
تاجیکستان	۹۱۰۷۶۸۳/۴۸	ارمنستان	۱۲۱۵۹۵۵/۶۲
ازبکستان	۱۹۴۴۸۸۶۲/۱۶	قرقیزستان	۴۸۰۸۱۲۷/۷۱
ارمنستان	۲۰۷۷۴۳۹۳/۹۷	آذربایجان	۵۹۲۱۵۷۱۳/۲۱
قرقیزستان	۲۷۴۰۴۸۰۶/۰۸	ازبکستان	۱۰۰۴۰۵۲۹۵/۲۲
اکراین	۳۵۲۸۲۳۹۳/۴۳	تاجیکستان	۱۰۷۴۵۲۳۱۷/۰۸
آذربایجان	۴۱۱۰۰۵۷۰/۵۶	اکراین	۱۴۱۶۰۳۲۸۰/۱۴
قزاقستان	۱۸۹۳۳۷۰۶۰/۴۷	قزاقستان	۷۲۵۵۹۵۸۴۰/۴۰
روسیه	۲۰۸۴۰۸۶۵۹/۳۵	روسیه	۲۸۳۶۷۳۰۲۲۲/۴۷

(منبع: یافته‌های پژوهش حاضر).

در مجموع، در تجارت با CIS در سال ۱۳۹۷، ایران منابع آب آبی خود را صادر و آب سبز وارد می‌کند. در این رابطه، به‌طور میانگین ۸۱٪ از کل واردات آب مجازی ایران، آب سبز و حدود ۷۰٪ از کل صادرات آب مجازی ایران، آب آبی می‌باشد. شایان گفتن است که استفاده از منابع آب سبز هیچ تغییری در سیستم هیدرولوژی ایجاد نمی‌کند و تأثیر مخربی بر محیط‌زیست ندارد. در مقابل، هزینه استفاده از آب آبی در کشاورزی به دلیل نیاز به امکانات نگهداری، شبکه‌های انتقال و توزیع آب بیشتر از آب سبز است (Obuobie & et al., 2005)؛ اما همین قابلیت انتقال و توزیع، مدیریت آن را ساده‌تر کرده و گزینه‌های بهره‌برداری از آن را (کشاورزی، صنعتی و خانگی) افزایش داده است. در حالی که تنها راه بهره‌برداری از آب سبز، تولید محصولات دیم است. در سال‌های اخیر با مطرح شدن مفهوم آب مجازی و درک نقش تجارت مواد غذایی در توزیع مجدد منابع آب و شناسایی استعداد مناطق در تولید محصولات با شاخص‌های کمی جدید، مدیریت آب سبز آسان‌تر شده و به بهره‌برداری بهینه از آن تأکید شده است (اردکانیان و سهرابی، ۱۳۸۵).

باتوجه به نمودار ۵، محصولاتی که در سال ۱۳۹۷ بیشترین نقش را در صادرات آب مجازی ایران به CIS دارند شامل: خرما (۳۴٪)، پسته (۲۳٪) و کیوی (۸٪) هستند. همچنین در این سال، سهم سایر محصولات در صادرات مجازی آب عبارتند از: انگور خشک، ۶٪ سیب، ۵٪ چای، ۳٪ انگور تازه و ۱۴٪ سایر محصولات. «صالح‌نیا» و «باستانی» (۱۳۹۶) نیز نشان‌دادند بیشترین صادرات آب مجازی ایران توسط محصولات: پسته، خرما، کشمش، فلفل، هندوانه، سیب و گوجه‌فرنگی انجام می‌شود که نتایج تحقیق حاضر با نتایج این تحقیق مطابقت دارد؛ هرچند به‌منظور استفاده بهینه از منابع آبی کشور، انتظار می‌رود محصولات با آب مجازی بالا مانند پسته و خرما صادر نشوند، ولی ملاحظات مربوط به سودآوری در مورد این‌گونه محصولات مانع از ممنوعیت صادرات آن‌ها می‌شود. به‌هرحال، تصمیم به صادرات محصولات با آب مجازی بالا تنها در شرایطی توجیه‌پذیر خواهد بود که کشور از نظر هزینه تولید مزیت نسبی داشته باشد؛ به‌طوری‌که ارزش فروش محصول منعکس‌کننده ارزش حقیقی منابع مصرف شده از جمله آب باشد (صالح‌نیا و باستانی، ۱۳۹۶).

بر اساس جدول ۴ نیز بیشتر صادرات آب مجازی محصولات کشاورزی ایران به CIS از طریق میوه‌ها، آجیل‌ها و محصولات گروه سبزی‌ها صورت می‌گیرد. با توجه به نمودار ۵، به طور متوسط ۵۷٪ از کل واردات آب مجازی از CIS به ایران در سال ۱۳۹۷ مربوط به جو، ۳۵٪ ذرت دامی، ۵٪ پنبه، عدس و ارزن هر کدام ۱٪ و سایر محصولات نیز ۱٪ است. در مجموع به نظر می‌رسد ایران در تولید غلات محدودیت دارد، ولی در تولید محصولات باغی و میوه‌ها دارای مزیت است و بر این اساس، ایران میوه، خشکبار و سبزی‌ها را به CIS صادر می‌کند و غلات از این منطقه وارد می‌کند.



نمودار ۵: میانگین سهم محصولات کشاورزی در تجارت آب مجازی ایران و CIS در سال ۱۳۹۷ (درصد)، (منبع: یافته‌های پژوهش حاضر).

Figure 5: Average share of agricultural products in the virtual water trade of Iran and CIS in 2018 (in percent).

جدول ۴: صادرات آب مجازی محصولات کشاورزی ایران به CIS در سال ۱۳۹۷ (میلیون متر مکعب).

Table 4: Virtual water export of agricultural products of Iran to CIS in 2018 (million cubic meters).

شماره	محصول صادراتی	آب مجازی آبی	آب مجازی سبز	آب مجازی کل
۱	سیب زمینی	۷/۶۳۷	۲/۶۰۴	۱۰/۲۴۱
۲	خرما	۱۲۸/۱۴۴	۵۰/۶۳۶	۱۷۸/۷۷۹
۳	انگور خشک کرده	۰/۰۰۰	۳۷/۳۱۱	۳۷/۳۱۱
۴	انگور	۱۶/۲۸۷	۰/۵۵۶	۱۶/۸۴۳
۵	شلتوک (برنج پادی)	۰/۰۰۰۰۴	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۵
۶	چای سیاه	۱۷/۴۶۴	۶/۳۷۹	۲۳/۸۴۴
۷	سایر نباتات زنده	۰/۲۵۹	۰/۰۶۶	۰/۳۲۴
۸	گوجه فرنگی	۵/۵۹۳	۱/۶۳۰	۷/۲۲۲
۹	بادمجان	۰/۰۰۷	۰/۳۳۴	۰/۳۴۰

۴/۳۷۴	۲/۰۲۴	۲/۳۵۰	پرتقال	۱۰
۰/۴۱۳	۰/۱۹۱	۰/۲۲۲	نارنگی	۱۱
۰/۰۳۳	۰/۰۱۵	۰/۰۱۸	لیمو	۱۲
۰/۰۱۱	۰/۰۰۵	۰/۰۰۶	گریپ فروت	۱۳
۵/۰۸۵	۰/۲۳۰	۴/۸۵۵	توتون و تنباکو	۱۴
۰/۷۴۰	۰/۰۲۸	۰/۷۰۲	پیاز و موسیر	۱۵
۰/۰۲۸	۰/۰۰۶	۰/۰۲۲	سیر	۱۶
۶/۸۲۰	۱/۵۶۵	۵/۲۵۵	سیر خشک شده	۱۷
۱/۱۴۵	۰/۰۷۹	۱/۰۶۶	هندوانه	۱۸
۰/۶۹۴	۰/۰۱۲	۰/۶۸۱	خریزه	۱۹
۴۳/۳۳۲	۱۰/۹۶۹	۳۲/۳۶۳	کیوی	۲۰
۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	به تازه	۲۱
۱۰/۹۵۱	۴/۲۷۷	۶/۶۷۴	خیار و خیار ترشی	۲۲
۱/۶۲۳	۰/۷۳۰	۰/۸۹۳	آلو، خشک کرده	۲۳
۲/۲۸۲	۰/۷۴۱	۱/۶۴۱	فلفل فرنگی	۲۴
۰/۰۱۲	۰/۰۰۷	۰/۰۰۵	ذرت شیرین	۲۵
۳۲/۶۳۲	۱۴/۶۹۶	۱۷/۹۳۶	سیب	۲۶
۰/۶۰۷	۰/۴۷۶	۰/۱۳۱	کدوهای حلوایی	۲۷
۱۲۴/۲۲۸	۲۳/۴۸۷	۱۰۰/۷۴۰	پسته‌ها	۲۸
۳/۷۱۷	۰/۷۵۳	۲/۹۶۴	سایر سبزی‌های تازه یا سرد کرده	۲۹
۲/۲۹۲	۱/۰۸۵	۱/۲۰۷	هلو، هم‌چنین شلیل و شفتالو	۳۰
۰/۰۹۵	۰/۰۴۵	۰/۰۵۰	زردآلو	۳۱
۰/۲۰۱	۰/۰۹۵	۰/۱۰۶	زردآلو، خشک کرده	۳۲
۰/۰۰۰۵۹	۰/۰۰۰۴۲	۰/۰۰۰۱۸	لوبیا	۳۳
۰/۵۲۷	۰/۲۳۷	۰/۲۹۰	آلبالوهای ترش	۳۴
۰/۲۹۲	۰/۱۳۱	۰/۱۶۱	آلو و گوجه	۳۵
۱/۰۰۱	۰/۴۳۴	۰/۵۶۸	هویج، شلغم	۳۶
۰/۰۹۰	۰/۰۷۴	۰/۰۱۶	کاهو	۳۷
۱/۲۰۹	۰/۷۰۷	۰/۵۰۲	گل کلم و گل کلم بروکلی	۳۸
۲/۰۷۸	۰/۵۱۷	۱/۵۶۱	کلم قرمز و سفید، کلم پیچ، کلم قمری	۳۹
۰/۷۶۶	۰/۶۳۱	۰/۱۳۵	کاهو کروی	۴۰
۰/۱۱۳	۰/۰۹۲	۰/۰۲۱	کرفس به غیر از کرفس غده دار	۴۱
۰/۰۰۶	۰/۰۰۲	۰/۰۰۴	توت فرنگی	۴۲
۲/۲۵۶	۰/۰۱۸	۲/۲۳۸	انار	۴۳
۰/۶۰۳	۰/۴۱۳	۰/۱۹۰	بادام بدون پوست	۴۴
۰/۱۹۷	۰/۰۸۳	۰/۱۱۴	گردو	۴۵
۰/۲۵۶	۰/۱۲۲	۰/۱۳۴	انجیر خشک	۴۶
۲/۳۹۷	۰/۶۸۳	۱/۷۱۳	جو	۴۷
۰/۲۶۳	۰/۰۴۷	۰/۲۱۷	چای سبز	۴۸
۰/۰۰۴	۰/۰۰۱	۰/۰۰۳	گل‌ابی‌ها	۴۹

(منبع: یافته‌های پژوهش حاضر).

همان گونه که جدول ۵، نشان می‌دهد، در سال ۱۳۹۷، با واردات غلات (جو، چودوسر، ذرت دامی، ارزن، سبوس، دانه کتان، دانه کنجد، دانه گلرنگ) ۳۶۹۶.۴۲۵ میلیون مترمکعب از منابع آب ملی ذخیره شده‌است و این

حجم از آب می‌تواند در بخش‌های دیگر با ارزش اقتصادی بالاتر استفاده شود. لازم به توضیح است که محصولات گروه غلات دارای نیاز آبی بالا می‌باشند و تولید این محصولات در داخل کشور با محدودیت‌های منابع آب روبه‌رو است و استفاده از سیاست واردات آب مجازی از طریق واردات این محصولات می‌تواند منجر به ذخیره منابع ملی آب شیرین شود. به‌هرحال، سیاست‌های تولید و تجارت محصولات کشاورزی باید به‌نحوی باشد که محصولات دارای نیاز آبی بالا در کشورهای دارای منابع آب فراوان تولید و به کشورهای دارای منابع آب محدود صادر شوند.

جدول ۵: واردات آب مجازی محصولات کشاورزی از CIS به ایران در سال ۱۳۹۷ (میلیون مترمکعب).

Table 5: Virtual water import of agricultural products from CIS to Iran in 2018 (million cubic meters).

شماره	نام محصول وارداتی	آب مجازی سبز	آب مجازی آبی	آب مجازی کل
۱	جو	۲۱۷۲/۴۰۱	۷۸/۴۶۱	۲۲۵۰/۸۶۲
۲	ذرت دامی	۹۲۱/۲۸۷	۴۵۳/۰۶۷	۱۳۷۴/۳۵۳
۳	پنبه	۲۲/۴۹۴	۱۷۹/۴۹۱	۲۰۱/۹۸۴
۴	عدس	۵۸/۹۵۵	۲/۳۱۲	۶۱/۲۶۷
۵	ارزن	۳۲/۵۵۸	۲۳/۴۵۹	۵۶/۰۱۸
۶	دانه کتان	۱۰/۰۷۶	۱/۷۰۰	۱۱/۷۷۶
۷	لوبیا چیتی	۲/۹۱۹	۴/۰۰۰	۶/۹۱۹
۸	لوبیا قرمز کوچک	۵/۷۴۵	۰/۴۶۳	۶/۲۰۸
۹	منداب	۲/۴۴۹	۰/۱۱۵	۲/۵۶۴
۱۰	سیوس	۱/۲۵۲	۰/۱۹۵	۱/۴۴۸
۱۱	دانه کنجد	۰/۵۶۲	۰/۷۱۸	۱/۲۸۰
۱۲	نخود فرنگی	۰/۳۴۷	۰/۴۴۸	۰/۷۹۵
۱۳	لپه	۰/۶۸۳	۰/۰۱۵	۰/۶۹۸
۱۴	دانه گل‌رنج	۰/۴۶۱	۰/۰۱۲	۰/۴۷۳
۱۵	جودوسر	۰/۲۰۸	۰/۰۰۷	۰/۲۱۵
۱۶	بادام زمینی	۰/۰۶۵	۰/۱۰۱	۰/۱۶۶
	مجموع	۳۲۳۲/۴۶۱	۷۴۴/۵۶۵	۳۹۷۷/۰۲۷

(منبع: یافته‌های پژوهش حاضر).

۵. نتیجه‌گیری و توصیه‌های سیاستی

هدف اصلی مطالعه حاضر، محاسبه جریان‌های تجارت آب مجازی محصولات کشاورزی بین ایران و CIS است. در این راستا، صادرات و واردات آب مجازی ایران با CIS به تفکیک آب سبز و آب آبی برای محصولات زراعی و باغی در سال ۱۳۹۷ محاسبه شده است. براساس یافته‌های تحقیق حاضر، در سال ۱۳۹۷، آب واردشده به ایران از تجارت محصولات کشاورزی با CIS، ۳۹۷۷.۰۲۷ میلیون مترمکعب به‌دست آمده که ۵۷٪ از آن مربوط به جو (گروه غلات) است. همچنین، صادرات آب مجازی ایران به CIS در تجارت محصولات کشاورزی، ۵۵۳.۶۱

میلیون مترمکعب محاسبه شده است که خرما (۳۴٪) و پسته (۲۳٪) بیشترین سهم صادرات آب‌مجازی را به خود اختصاص داده‌اند.

نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد در سال ۱۳۹۷، ایران واردکننده خالص آب‌مجازی بوده و خالص واردات آب‌مجازی ایران در این سال، ۳۴۲۳ میلیون مترمکعب محاسبه شده است. براساس محاسبات این مقاله، ایران در تجارت محصولات کشاورزی با CIS، آب‌مجازی سبز را وارد و آب‌مجازی آبی صادر کرده است. مشخصاً، به‌طور متوسط، سهم آب سبز در واردات آب‌مجازی ایران ۸۱.۲۸٪ برآورد شده درحالی‌که سهم آب سبز در صادرات ایران آب‌مجازی، تنها ۲۹.۶۲٪ به‌دست آمده است. بدین ترتیب، در صادرات محصولات کشاورزی به CIS فشار قابل توجهی به منابع آب سطحی و زیرزمینی وارد می‌شود و نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد ایران در تجارت محصولات کشاورزی با CIS، منابع آب زیرزمینی و سطحی خود را صادر می‌کند و در مقابل، عمدتاً آب باران را وارد می‌کند. البته بیشترین صادرات (واردات) آب‌مجازی ایران به (از) کشور روسیه صورت گرفته است که نشانگر اهمیت بُعد مسافت در تجارت آب‌مجازی می‌باشد.

اگرچه در اسناد بالادستی، از جمله -سیاست‌های کلی منابع آب- تأکید قابل توجهی به صرفه‌جویی آب و ارتقای بهره‌وری و هم‌چنین عملکرد محصولات کشاورزی صورت گرفته است، فارغ از اجرا و عملکرد این اسناد، در اسناد بالادستی بخش آب، توجهی به مصرف و تجارت آب‌مجازی نشده است؛ بنابراین، توصیه می‌شود ضمن بازنگری ساختار تولید کالاهای کشاورزی، موضوع آب‌مجازی مورد توجه قرار گیرد، به‌گونه‌ای که به‌جای استفاده از منابع آب آبی، عمدتاً از آب سبز در تولید و صادرات محصولات کشاورزی بهره‌برداری شود. از مهم‌ترین عوامل مصرف آب‌مجازی آبی؛ کاهش عملکرد، مدیریت نامناسب آبیاری، تعداد و حجم آبیاری بیش از نیاز گیاه و تاریخ و زمان نامناسب آبیاری می‌باشد. بر این اساس و برای کاهش استفاده از منابع آب آبی باید ابتدا نیاز آبی هر محصول مشخص گردد، زمان‌بندی کشت محصولات به‌منظور استفاده حداکثری از آب باران برای آبیاری ارائه شود و آمایش سرزمین برای محصولات کشاورزی براساس شرایط اقلیمی هر منطقه تهیه شود. در سیاست‌های توسعه تجارت محصولات کشاورزی، کالاهای با نیاز آبی بالا مانند غلات که امکان تولید این محصولات به‌دلیل منابع آب محدود در ایران وجود ندارد از کشورهای دارای منابع آب فراوان وارد شود و محصولاتی که مقاومت بالایی به خشکی و کم‌آبی دارند، در داخل تولید شوند. در صادرات محصولاتی مانند پسته و خرما که به آب زیادی به‌ازای هر تن تولید نیاز دارند، دقت بیشتری صورت قرار گیرند. در این راستا، پیشنهاد می‌گردد که تاحدامکان ارزش‌گذاری این قبیل محصولات براساس قیمت سایه‌ای آب صورت گیرد. هم‌چنین به‌منظور افزایش عملکرد این قبیل محصولات و افزایش بهره‌وری آب در تولید آن‌ها، توصیه می‌گردد که با آموزش و ترویج استفاده از تکنولوژی‌های پیشرفته و شبکه‌های تحت فشار کشاورزان در دستور کار قرار گرفته و کشاورزی مدرن جایگزین کشاورزی سنتی شود. هم‌چنین، با سرمایه‌گذاری در تولید محصولات با نیاز آبی کمتر به‌ازای هر تن تولید (مانند: کلم، کاهو، انگور تازه و خشک شده، بادمجان، کیوی، پیاز، هویج و شلغم و ذرت) و تولید مازاد بر نیاز داخلی زمینه لازم برای صادرات آن‌ها فراهم شود.

سپاسگزاری

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از نکته نظرات داوران نشریه که موجب ارتقای پژوهش گردید، سپاسگزاری و قدردانی به عمل آورند.

کتابنامه

- احسانی، مهرزاد؛ خالدي، هومن؛ و برقي، ياسر، (۱۳۸۷). *مقدمه‌ای بر آب مجازی*. تهران: نشر کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.
- اردکانیان، رضا؛ و سهرابی، روح‌الله، (۱۳۸۵). «تجارت آب مجازی: ادبیات جهانی و کاربرد در ایران». دومین کنفرانس مدیریت منابع آب اصفهان، اصفهان.
- 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.
- حکمت‌نیا، مهران؛ حسینی، سید مهدی؛ و صفدری، مهدی، (۱۳۹۸). «مدیریت منابع آب کشاورزی استان سیستان و بلوچستان از دیدگاه آب مجازی». *نشریه مهندسی آبیاری و آب ایران*، ۱۱(۱): ۱۴۹-۱۳۷.
- دولت‌آبادی، نرگس‌خاتون؛ بنی‌حبيب، محمدابراهیم؛ روزبهانی، عباس؛ چتین، اونر، (۱۳۹۸). «ارزیابی شاخص راندمان ذخیره آب در ایران و عراق در تجارت آب مجازی با ترکیه». *اکوهیدرولوژی*، ۶(۴): ۱۰۱۵-۱۰۲۷.
- راسخی، سعید؛ ساعدی، رویا؛ و حسینی، سید عباس؛ (۱۳۹۹). «ارزیابی تراز اقلام امتیازی توافق‌نامه ایجاد ترتیبات تجارت آزاد بین ایران و اتحادیه اقتصادی اوراسیا». *دوفصلنامه سیاست و روابط بین‌الملل*، ۴(۷): ۱۱۰-۷۹.
- رفیع‌زاده، فرشته، (۱۳۹۴). «بررسی تأثیر فراوانی آب و زمین بر الگوی تجارت آب مجازی به کاررفته در محصولات کشاورزی: رویکرد بین‌کشوری». پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد. گروه علوم اقتصادی گرایش محیط‌زیست، دانشکده اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبائی.
- سازمان توسعه تجارت ایران (۱۴۰۱). *گزارش اجمالي عملکرد تجارت خارجی ایران در سال ۱۴۰۰*. تهران.
- صالح‌نیا، نرگس؛ و باستانی، مهدی، (۱۳۹۶). «بررسی راهبرد تجارت آب مجازی محصولات زراعی و باغی در ایران». *نشریه آبیاری و زهکشی ایران*، ۱۱(۵): ۷۵۰-۷۶۲.
- علیقلی‌نیا، توحید؛ رضایی، حسین؛ بهمنش، جواد؛ و منتظری، مجید، (۱۳۹۶). «مطالعه شاخص ردپای آب برای محصولات غالب مورد کشت در حوضه آبریز دریاچه ارومیه و ارتباط آن با مدیریت آبیاری». *دانش آب‌و خاک*، ۲۷(۴): ۳۷-۴۸.
- قادری‌حسین‌آباد، پروین، (۱۳۹۷). «آینده پژوهی تجارت آب مجازی ایران در افق ۱۴۰۹». پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد. گروه علوم اقتصادی گرایش محیط‌زیست، دانشکده اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبائی.

- کیانی قلعه‌سرد، سروش؛ مهدویان، سید محمدرضا؛ و نوربخش، مهدی، (۱۳۹۷). «بررسی وضعیت حال و آینده صادرات آب مجازی در محصولات کشاورزی ایران». مجموعه مقالات هشتمین کنگره پیشگامان پیشرفت، شماره ۸: ۳۳۹-۳۴۹.
- مبارکی، مجتبی؛ و مبارکی، مرتضی. (۲۰۲۱). «بررسی ردپای آب، آب‌مجازی و بهره‌وری مصرف آب سه گروه از محصولات پاییزه و بهاره، سبزیجات (گوجه‌فرنگی و سیب‌زمینی)، صنعتی (چغندر قند) و علوفه‌ای (ذرت علوفه‌ای) در شهرستان اصفهان». فصلنامه علمی تخصصی مهندسی آب، ۸(۴): ۹۵-۱۰۸.
- مرکز پژوهش‌های مجلس، (۱۴۰۰). بررسی تحلیلی شرایط موجود و تبیین وضعیت آینده بحران آب در کشور، گزارش ۱۸۰۶۷.
- نجفی علمدارلو، حامد؛ ریاحی، فریبا؛ و وکیل‌پور، محمدحسن، (۱۳۹۵). «اثرات ممانعت از ورود گندم بر روی جریان تجارت آب‌مجازی». فصلنامه مطالعات اقتصادی کاربردی ایران، ۵(۲۰): ۶۳-۷۹.
- یحیی‌زاده برنطین، مهرناز؛ و بذرافشان، ام‌البنین. (۲۰۲۱). «ارزیابی تجارت آب‌مجازی و ارزش اقتصادی آب در پنبه‌ی فاریاب در ایران». پژوهش‌های پنبه ایران، ۹(۱): ۱۲۵-۱۴۲.
- Alamri, Y. & Reed, M., (2019). "Estimating virtual water trade in crops for Saudi Arabia". *American Journal of Water Resources*, 7(1): 16-22.
- Aligholinia, T.; Rezaei, H.; Behmanesh, J. & Montaseri, M., (2017). "Water Footprint Index Study for dominant crops in Urmia lake basin and its relationship with irrigation management". *Water and Soil Science*, 27(4): 37-48 (in Persian).
- Allen, R. G.; Pereira, L. S.; Raes, D. & Smith, M., (1998). "Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56". *Fao, Rome*, 300(9): D05109.
- Ansink, E., (2010). "Refuting two claims about virtual water trade". *Ecological Economics*, 69: 2027-2032.
- Ardakanian, R. & Sohrabi, R., (2006). Virtual water trade: global literature and application in Iran. *The second Conference on Isfahan Water Resources Management*. Isfahan (in Persian).
- Bellware, K., (2016). *Global water shortage risk is worse than scientists thought*. Huffington Post
- Caro, D.; Alessandrini, A.; Sporchia, F. & Borghesi, S., (2021). "Global virtual water trade of avocado". *Journal of Cleaner Production*, 285: 124917.
- Damkjaer, S. & Taylor, R., (2017). "The measurement of water scarcity: Defining a meaningful indicator". *Ambio*, 46(5): 513-531.
- Deng, J.; Li, C.; Wang, L.; Yu, S.; Zhang, X. & Wang, Z., (2021). "The impact of water scarcity on Chinese inter-provincial virtual water trade". *Sustainable Production and Consumption*, 28: 1699-1707.

- Dolatabadi, N.; Bani Habib, M.; Rozbahani A. & Cetin, O., (2018). “Assessment of Water Saving Efficiency Index in Iran/Iraq through Virtual Water Trade with Turkey”. *Iranian Journal of Ecohydrology*, 6(4): 1015- 1027 (in Persian).
- Ehsani, M.; Khalidi, H. & Barqi, Y., (2009). *An introduction to virtual water*, Iran's National Irrigation and Drainage Committee, Tehran (in Persian).
- Faramarzi, M. & Schulin, R., (2010). “Analysis of intra-country virtual water trade strategy to alleviate water scarcity in Iran”. *Hydrology and Earth system sciences*, 14(8): 1417-1433.
- Faramarzi, M. & Schulin, R., (2010). “Analysis of intra-country virtual water trade strategy to alleviate water scarcity in Iran”. *Hydrology and Earth system sciences*, 14(8): 1417-1433.
- Gandolfo, G., (2014). *International Trade Theory and Policy*, Springer.
- Krugman, P. R., and Obstfeld, M. (2009). *International economics: Theory and policy*. Boston: Pearson Addison-Wesley, Chicago.
- Hekmatnia, M.; Hosseini, S. & Safdari, M., (2020). “Water Resource Management of the Agricultural Sector in Sistan and Baluchestan Province: a Virtual Water Perspective”. *Irrigation and Water Engineering*, 11(1): 137-149 (in Persian).
- Hoekstra, A. & Chapagain, A., (2007). “Water footprints of nations: water use by people as a function of their consumption pattern”. *Water Resource Management*, 21(1): 35-48.
- Hoekstra, A. Y. & Mekonnen, M. M., (2012). “The water footprint of humanity”. *Proceedings of the national academy of sciences*, 109(9): 3232–3237.
- Hoekstra, A. Y.; Chapagain, A. K.; Mekonnen, M. M. & Aldaya, M. M., (2011). *The water footprint assessment manual: Setting the global standard*. Routledge.
- Iran Trade Promotion Organization (2022). *Summary report of Iran's foreign trade performance in 2021*. Tehran (in Persian).
- Kiani Qalasard, S.; Mahdavian, S. M. & Nurbakhsh, M., (2018). “Investigating the current and future situation of virtual water export in Iran's agricultural products”. *Proceedings of the 8th Congress of Progress Pioneers*, 349-339 (in Persian).
- Krugman, P. R. & Obstfeld, M., (2009). *International economics: Theory and policy*. Boston: Pearson Addison-Wesley, Chicago.
- Li, Y. P.; Wu, X. J.; Liu, J.; Huang, G. H.; Ding, Y. K.; Sun, J. & Zhang, H., (2021). “Identifying optimal virtual water management strategy for Kazakhstan: A factorial ecologically-extended input-output model”. *Journal of Environmental Management*, 297: 113-303.
- Madani, K., (2014). “Water management in Iran: what is causing the looming crisis?”. *Journal of environmental studies and sciences*, 4(4): 315-328.
- Madani, K.; AghaKouchak, A. & Mirchi, A., (2016). “Iran’s socio-economic drought: challenges of a water-bankrupt nation”. *Iranian studies*, 49(6): 997-1016.

- Majlis Research Center (2021). "Analytical review of the existing conditions and explanation of the future state of the water crisis in Iran". Report 18067 (in Persian).
- Mirzavand, M. & Bagheri, R., (2020). "The water crisis in Iran: Development or destruction?". *World Water Policy*, 6.1: 89-97.
- Mirzavand, M. and Bagheri, R. (2020). "The water crisis in Iran: Development or destruction?". *World Water Policy*, 6.1: 89-97.
- Mobaraki, M. & Mobaraki, M., (2021). "Investigation of water footprint, virtual water and water use of three groups of autumn and spring products, vegetables (tomatoes and potatoes), industrial (sugar beet) and fodder (fodder corn) in Isfahan". *Water Engineering*, 9(1): 89-102 (in Persian).
- Najafi Alamdarlo, H.; Riyahi, F. & Vakilpour, M., (2016). "Wheat self-sufficiency effects on the flow of virtual water trade in Iran". *Journal of Applied Economics Studies in Iran*, 5(20): 63-79 (in Persian).
- Obuobie, E.; Gachanja, P. & Dorr, A., (2005). *The Role of Green Water in food trade*. Term paper for the Interdisciplinary Course, International Doctoral Studies Center of Development Research university of Bonn.
- Poursan, 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 (in Persian).
- Qadri Hosseinabad, P., (2018). "Future research of Iran's virtual water trade in the horizon of 2030". Master's thesis, Allameh Tabataba'i University (in Persian).
- Rafizadeh, F., (2015). "Investigating the effect of water and land abundance on the virtual water trade pattern used in agricultural products: an inter-country approach. Master thesis". Allameh Tabataba'i University (in Persian).
- Rasekhi, S.; Saedi, R. & Hosseini, S., (2020). "Assessing the Concessions Balance of Interim Agreement Leading to Formation of a Free Trade Area between Iran and the Eurasian Economic Union". *Journal of Politics and International Relations*, 4(7): 79-110 (in Persian).
- Saatsaz, M., (2020). "A historical investigation on water resources management in Iran". *Environment, Development and Sustainability*, 22(3): 1749-1785.
- Salehnia, N. & Bastani, M., (2017). "Considering Virtual Water Trade Strategy of Crops and Horticultural Products in Iran". *Iranian Journal of Irrigation & Drainage*, 11(5): 750-762 (in Persian).
- Vanek, J., (1968). "The Factor Proportions Theory: The n-factor Case". *Kyklos*, 21(4): 749-756.
- Yahyazadeh Brentin, M. & Bazarafshan, U., (2021). "Evaluation of virtual water trade and economic value of water in Faryab cotton in Iran". *Iran Cotton Research*, 9(1): 125-142 (in Persian).