Vol. 11, No. 42, Summer (2022)

مطالعات اقتصادی کاربردی ایران

Quarterly Journal of Applied Economics Studies, Iran (AESI)

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**.*

Bu-Ali Sin University

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 Hechscher-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

مطالعات اقتصادی کاربردی ایران
Quarterly Journal of Applied Economics Studies, Iran (AESI)
سال یازدهم، شمارهٔ ۴۲، تابستان ۱۴۰۱

فصلنامهٔ علمی مطالعات اقتصادیِ کاربردی ایران
شاپای چاپی: ۲۵۳۰-۲۳۲۲؛ شاپای الکترونیکی: ۲۳۲۲-۴۷۲X
وب‌سایت نشریه: https://aes.basu.ac.ir
نشریهٔ گروه اقتصاد، دانشکدهٔ علوم اقتصادی و علوم اجتماعی، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان، ایران

تجارت آب‌مجازی ایران با کشورهای مستقل مشترک‌المنافع

سعید راسخی[۱]، مائده کریمی[۲]

نوع مقاله: پژوهشی
شناسهٔ 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 سرانهٔ آب، کمیابی این منبع حیاتی تشدید شده و چگونگی توزیع جهانی آب نیز به بحران آب افزوده است؛ ازاین‌رو مدیریت و تخصیص بهینهٔ منابع آبی، به‌ویژه در بخش کشاورزی اهمیت دو چندان پیدا کرده است. پژوهش حاضر، تجارت خارجی آب‌مجازی کالاهای کشاورزی ایران با کشورهای مستقل مشترک‌المنافع را در سال ۱۳۹۷ بررسی کرده است. برای این‌منظور، با به‌کارگیری روش تعادل جزئی، ابتدا نیاز آبی گیاهان محاسبه شده و سپس، با پردازش داده‌های تجارت متقابل ایران، آب‌مجازی تجسم‌یافته در جریان‌های تجاری و تراز تجاری ایران با کشورهای مذکور، اندازه‌گیری شده‌است. نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد که در سال ۱۳۹۷، ایران در تجارت محصولات کشاورزی با کشورهای مستقل مشترک المنافع، واردکنندهٔ خالص آب‌مجازی بوده است؛ ازطرف دیگر، مطالعهٔ حاضر نشان می‌دهد، ۷۰٫۵٪ از صادرات آب‌مجازی محصولات کشاورزی ایران به مجموعه کشورهای منتخب در سال ۱۳۹۷ ازطریق آب آبی صورت‌گرفته، درحالی‌که درهمین سال، ۸۱٫۳٪ از آب تجسم‌یافته در واردات کشاورزی ایران از این منطقه مربوط به آب سبز بوده است. این موضوع علاوه‌بر این‌که نشان‌دهندهٔ استفاده بی‌رویه از منابع آبی برای تولید و صادرات محصولات کشاورزی در ایران است، در صورت ادامه، می‌تواند منجر به کاهش ذخائر ملی منابع آب شیرین در ایران شود. باتوجه به یافته‌های پژوهش حاضر پیشنهاد می‌شود در تدوین راهبردهای کشاورزی و اسنادبالادستی، توجه ویژه‌ای به نیازهای آبی و تجارت آب‌مجازی صورت گیرد. هم‌چنین، توصیه می‌شود ضمن ارتقای بهره‌وری آب، ملاحظات فنی و اقتصادی لازم در تخصیص بهینهٔ اجزای آب‌مجازی صورت گیرد.

کلیدواژگان: آب‌مجازی، تجارت خارجی، ایران، کشورهای مستقل مشترک‌المنافع.
طبقه‌بندی JEL: Q01, Q17, Q25.

۱. استاد گروه اقتصاد انرژی، دانشکدهٔ علوم اقتصاد و اداری، دانشگاه مازندران، شهر بابلسر، ایران (نویسندهٔ مسئول).
Email: srasekhi@umz.ac.ir
۲. کارشناس‌ارشد علوم اقتصادی، گروه اقتصاد انرژی، دانشکدهٔ علوم اقتصاد و اداری، دانشگاه مازندران، شهر بابلسر، ایران.
Email: Maedeh18karimi@gmail.com

ارجاع به مقاله: راسخی، سعید؛ و کریمی، مائده، (۱۴۰۱). «تجارت آب‌مجازی ایران با کشورهای مستقل مشترک‌المنافع». فصلنامهٔ مطالعات اقتصادی کاربردی ایران، ۱۱(۴۲)، ۱۰۹-۱۳۴ (doi: 10.22084/aes.2022.26019.3430).
صفحهٔ اصلی مقاله در سامانهٔ نشریه: https://aes.basu.ac.ir/article_4708.html

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[1]، ۲۰۱۶). حدود ۵۰۰ میلیون نفر در سراسر جهان در طول سال با کمبود شدید آب مواجه هستند و نیمی‌از بزرگ‌ترین شهرهای جهان، کمبود آب دارند (مدنی[2] و همکاران، ۲۰۱۶). علیرغم وجود آب شیرین به‌قدرکافی در مقیاس جهانی، به‌دلیل توزیع نابرابر آب که با تغییرات آب‌وهوایی تشدید می‌شود، برخی مناطق بسیار مرطوب و برخی بسیار خشک هستند (ساتاز[3]، 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[4]، 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 ازطریق شبکهٔ 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 سرانهٔ آب تجدیدپذیر کشور بوده است. گزارش مرکز پژوهش‌های مجلس نشان می‌دهد سرانهٔ 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 سرانهٔ منابع تجدیدپذیر کشور به کمتر از ۱۰۰۰ و مشخصاً ۹۷۶ متر مکعب به ازای هر نفر خواهد رسید (مرکز پژوهش‌های مجلس، ۱۴۰۰).[5] این درحالی است که براساس شاخص «فالکن مارک»[6]، سرانهٔ آب تجدیدپذیر کمتر از ۱۷۰۰ مترمکعب در مرحلهٔ تنش و کمتر از ۱۰۰۰ مترمکعب در مرحلهٔ بحران آبی خواهد بود (دامار و تیلور[7]، ۲۰۱۷).

نتیجهٔ روند نگران‌کنندهٔ مصرف آب در جهان، توجه ویژه به مدیریت بهینهٔ آب بوده است که در راستای حداقل‌سازی هزینهٔ فرصت بهره‌برداری از منابع آبی، مفهوم «آب‌مجازی»[8] معرفی شده است. این سازه، حجم آبی است که برای تولید یک محصول در کل زنجیرهٔ تأمین آن، مصرف می‌شود (هوکسترا[9]، ۲۰۱۱). مفهوم آب‌مجازی به تجارت بین‌الملل نیز توسعهٔ یافته است به‌گونه‌ای که در چارچوب مدل «هکشر-اهلین-ساموئلسون» (HOS)[10] می‌توان عنوان کرد که کشورها با فراوانی نسبی آب، محصولات آب بر را به کشورهایی که دارای منابع آبی نسبتاً کمتری هستند، صادر می‌کنند؛ بدین‌ترتیب، 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 سرانهٔ تجدیدپذیر کشور در سال ۲۰۲۱م. را ۸۰۰ مترمکعب پیش‌بینی کرده‌اند. براساس این مطالعه، سرانهٔ آب تجدیدپذیر سالانه در سطح جهانی ۱۰۰۰ مترمکعب می باشد.

6. Falkenmark
7. Damkjaer & Taylor
8. Virtual water
9. Hoekstra
10. Hechscher-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 آب‌مجازی ایران با CIS در گروه کالاهای منتخب کشاورزی، از روش‌تعادل‌جزئی در سنجش آب‌مجازی استفاده شده و با به‌کارگیری نرم‌افزارهای CROPWAT وOPTIWAT ، نیاز آبی گیاهان در سال ۱۳۹۷ محاسبه شده است. این مطالعه، باتوجه به اهمیت حیاتی آب و هم‌چنین اهمیت فزایندهٔ CIS به‌عنوان شرکای تجاری ایران و این‌که مطالعهٔ مستقلی برای تجارت آب‌مجازی ایران با کشورهای CIS انجام نشده، حائز اهمیت است. شایان ذکر است که در انتخاب این کشورها چند دغدغه وجود داشته است؛ اول این‌که، موافقت‌نامهٔ موقت تشکیل منطقهٔ آزادتجاری 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 مستقل‌مشترک‌المنافع 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 منطقهٔ مورد بررسی در سال ۱۴۰۰ به‌ترتیب ۲۵۹۳ میلیون دلار و ۲۲۶۲ میلیون دلار است که نسبت به سال قبل از آن به‌ترتیب ۴۰ و ۵۷٪ رشد کرده است (سازمان توسعهٔ تجارت ایران، ۱۴۰۱). جالب توجه این‌که ۵۰٪ از صادرات کشاورزی و صنایع غذایی ایران در سال ۱۴۰۰ به این منطقه صورت گرفته است. در عین‌حال 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 مرحلهٔ بحران آبی می‌باشد که پژوهش حاضر به‌عنوان یک مطالعهٔ موردی، به اهمیت آب‌مجازی 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. روش‌تحقیق در بخش سوم آمده است. بخش چهارم به محاسبات و تحلیل تجارت آب‌مجازی ایران و CIS اختصاص دارد. نتیجه‌گیری و توصیه‌های سیاستی در بخش پنجم ارائه شده است. منابع و مآخذ 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. بدین‌ترتیب، انتظار

۱. از جمله این فروض می توان به بازار رقابت کامل، تحرک کامل عوامل تولید در داخل و عدم تحرک آنها در سطح بین الملل، تجارت آزاد، یکسان بودن الگوی بین المللی تقاضا، عدم برگشت شدت عامل و تفاوت نسبت های عامل میان کشورها اشاره کرد. برای مطالعه بیشتر رجوع کنید به کروگمن و آبستفلد (۲۰۰۹).

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

هرچند قضایای الگوی هکشر–اهلین–ساموئلسون برای توضیح تجارت آب‌مجازی کافی به‌نظر می‌رسد[۱]، 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 درواقع محتوای آن‌ها را تجارت می‌کنند و اتفاقاً به‌همین دلیل است که قضیهٔ 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 موردتوجه قرار گرفته است. شاید به‌همین دلیل باشد که برخی از نویسندگان منابع آبی را بی‌ارتباط با مزیت نسبی می‌دانند (ویشلز[۳]، ۲۰۰۴). واقعیت این است که اگرچه به‌دلیل استراتژیک بودن بخش کشاورزی و ارتباط آن با امنیت‌غذایی، آب‌بها 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 عوامل‌تولید باید در الگوهای تولید و تخصص و هم‌چنین تجارت کشورها لحاظ گردد و بر این‌اساس، به‌عنوان یکی از عوامل موجد مزیت نسبی درنظر 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 همهٔ عوامل‌تولید ازجمله آب را از رقیب تجاری‌اش بیشتر داشته‌باشد، ولی در رابطه با آب دارای کمیابی نسبی نیز باشد (آنسینک، ۲۰۱۰). در این‌شرایط، کشوری که شاید به‌صورت مطلق، آب کمتر دارد با توجه به فراوانی نسبی‌اش در این نهادهٔ اساسی، صادرکنندهٔ کالای آب‌بر باشد. این موضوع دارای دو دلالت مهم است؛ تخلیهٔ منابع‌آبی 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 همهٔ 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 اندازهٔ بزرگ این اقتصاد، بعید به‌نظر می‌رسد. هم‌چنین براساس قضیهٔ ونک انتظار می‌رود بعد از تجارت محتوای مصرف عامل دو کشور به‌سمت برابر میل کند. برخی از مطالعات تجربی نیز نشان‌داده‌اند که تجارت بین‌الملل راهی برای توزیع مجدد منابع آبی و کاهش تنش‌ها و بحران‌های آبی می‌باشد؛ به‌عنوان نمونه می‌توان به مطالعهٔ «هوکسترا» و «هانگ» (۲۰۰۵) اشاره کرد که کمیابی نسبی آب را موجب جذاب تر شدن واردات آب‌مجازی و بنابراین وابستگی آبی به سایر کشورها ازطریق تجارت بین‌الملل درنظر گرفته‌است.

---

۱. الگوی HOS دارای سه قضیه مهم است؛ قضیهٔ الگوی تجاری، قضیهٔ برابر شدن قیمت عامل و قضیهٔ 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 آب‌مجازی در ایران و در سطح بین‌المللی انجام شده‌است. «ژانگ»[1] و همکاران (۲۰۲۱) با استفاده از روش‌داده–ستانده و برای سال ۲۰۱۲م.، تجارت آب‌مجازی در دلتای رودخانهٔ زرد چین را بررسی کردند. براساس این مطالعه و با توجه به تراز تجارت آب‌مجازی، تجارت آب‌مجازی کمبود منابع آبی را در این دلتا تشدید می‌کند. «جی دنگ»[2] و همکاران (۲۰۲۱) با روش‌مشابه و هم‌چنین مدل‌جاذبه برای سال‌های ۲۰۱۲، ۲۰۱۵ و ۲۰۱۷م.، تأثیر کمبود آب روی تجارت آب‌مجازی بین استانی چین را بررسی کردند و به این نتیجه دست‌یافتند که بین‌کمبود آب و منطقهٔ صادرکنندهٔ آب‌مجازی هم‌بستگی مثبت وجود دارد. «لی»[3] و همکاران (۲۰۲۱) با به‌کارگیری روش‌داده–ستانده برای قزاقستان در سال ۲۰۱۴م.، استراتژی بهینهٔ مدیریت آب‌مجازی این کشور را موردمطالعه قراردادند. براساس این تحقیق، قزاقستان در بخش کشاورزی صادرکنندهٔ خالص آب‌مجازی است و ۸۶٪ از کل صادرات کشاورزی مربوط به میوه، آجیل و سبزی‌ها بوده است. «کارو»[4] و همکاران (۲۰۲۰) با روش‌مشابه، تجارت جهانی آب‌مجازی آووکادو را برای سال‌های ۲۰۱۶–۲۰۰۰م. بررسی کرده و به این نتیجه رسیدند که تجارت آووکادو طی این دوره افزایش قابل‌توجهی داشته و آب‌مجازی 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»[5] (۲۰۱۹) با استفاده از رویکرد توسعه‌یافته «هوکسترا» و «هونگ»، تجارت آب‌مجازی محصولات زراعی عربستان سعودی را بررسی کردند. براساس نتایج این مقاله، عربستان در دورهٔ موردمطالعه (۲۰۱۶–۲۰۰۰) واردکنندهٔ خالص آب‌مجازی در بخش کشاورزی بوده و این موضوع موجب کاهش فشار بر منابع آب این کشور تا ۵۴٪ شده است. «تراورینگ» و «بنستین»[6] (۲۰۱۸) با به‌کارگیری روش تعادل‌جزئی، جریان آب‌مجازی و ردپای آب محصولات کشاورزی اسرائیل را طی دورهٔ زمانی ۲۰۰۷–۲۰۱۲م. را بررسی کرده و به این نتیجه رسیده‌اند که واردات آب‌مجازی این کشور سالانهٔ ۱۲۰۰ میلیون مترمکعب و صادرات آب‌مجازی آن، ۲۵۰ میلیون مترمکعب در سال بوده است. هم‌چنین، نتایج این تحقیق نشان می‌دهد ۸۰٪ از صادرات آب‌مجازی مربوط به میوه و سبزی می‌باشد.

اکثر تحقیقات صورت‌گرفته در زمینهٔ آب‌مجازی در ایران به‌صورت ملی و روی محصول خاص متمرکز بوده است. در این رابطه، «یحیی‌زاده» و «بذرافشان» (۱۴۰۰) در چارچوب رویکرد هوکسترا و چاپاگین، روش «پنمن–فائو–مانتیث»[7] و با به‌کارگیری نرم‌افزار CROPWAT برای دورهٔ زمانی ۱۳۹۷–۱۳۸۴م.، تجارت آب‌مجازی و ارزش اقتصادی آب در محصول پنبهٔ 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 ارزش‌اقتصادی آب‌مجازی پنبه در ایران ۰.۳۷ دلار در هر مترمکعب بوده و بالاترین و پایین‌ترین ارزش اقتصادی آب به‌ترتیب مربوط به استان البرز و خراسان‌جنوبی 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 روش‌پنمن–فائو–مونتیپ و با به‌کارگیری نرم‌افزار CROPWAT برای دورهٔ زمانی ۱۳۸۹–۱۳۹۶، ردپای آب، آب‌مجازی و بهره‌وری مصرف آب در سه گروه از محصولات پاییزه و بهاره سبزیجات (گوجه‌فرنگی و سیب‌زمینی)، صنعتی (چغندرقند) و علوفه‌ای (ذرت علوفه‌ای) شهرستان اصفهان را بررسی کردند. با توجه به این مطالعه، در شهرستان اصفهان، سیب‌زمینی بالاترین ردپای آب و چغندرقند کمترین ردپای آب را دارا هستند. هم‌چنین نتایج این مطالعه نشان می‌دهد بیشترین مقدار آب‌مجازی مصرف‌شده 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 آب‌مجازی و بالا بودن بهره‌وری مصرف آب آن نسبت به دیگر محصولات موردبررسی در منطقهٔ مورد مطالعه برای کشت مناسب‌تر می‌باشد. «حکمت‌نیا» و همکاران (۱۳۹۸) با استفاده از نرم‌افزار Cropwat و روش فائو–پنمن–مونتیث برای دورهٔ زمانی ۱۳۹۵–۱۳۹۶، مدیریت منابع آب کشاورزی استان سیستان‌وبلوچستان را از دیدگاه آب‌مجازی موردبررسی قراردادند. 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 «شبکهٔ استنتاجی عصبی فازی»[1] (ANFIS) طی دورهٔ زمانی ۱۳۹۷–۱۳۶۱ وضعیت حال و آیندهٔ صادرات آب‌مجازی در محصولات کشاورزی ایران را مورد ارزیابی قراردادند. براساس نتایج این مقاله، روند صادرات آب‌مجازی طی سال‌های آینده صعودی خواهد بود و این موضوع، باتوجه به مشکلات جدی آب و کمبود آن در ایران، می‌تواند به‌عنوان یک تهدید درنظر گرفته شود. «قادری حسین‌آباد» (۱۳۹۷) با به‌کارگیری مدل جاذبه، آینده‌پژوهی تجارت آب‌مجازی در افق ۱۴۰۹هش. برای محصولات کشاورزی و دامی ایران را مورد مطالعه قرار داده‌است. براساس نتایج این تحقیق، ایران در افق ۱۴۰۹ واردکنندهٔ خالص آب‌مجازی خواهد شد. «پوران» و همکاران (۱۳۹۶)، ضمن محاسبهٔ ارزش اقتصادی محتوی آب‌آبی (مجموع آب‌های سطحی و زیرزمینی) محصولات استان‌های آذربایجان‌غربی، 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 موردمطالعه در استان‌های منتخب افزایش‌یافته است. «علی‌قلی‌نیا» و همکاران (۱۳۹۶) با استفاده از نرم‌افزار Cropwat و روش فائو–پنمن–مونتیث، شاخص ردپای آب برای محصولات غالب حوضهٔ آبریز دریاچهٔ 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: چغندرقند، گوجه‌فرنگی و ذرت توجیه شده است. «نجفی علمدارلو» و همکاران (۱۳۹۵) با به‌کارگیری یک مدل تعادل‌فضایی، اثر ممانعت از ورود گندم را روی جریان تجارت آب‌مجازی ایران را بررسی کردند. براساس نتایج این مطالعه، با ممانعت از واردات گندم و جایگزینی تولید داخلی، ۲.۳۰ لیتر آب‌مجازی به ازای هر کیلوگرم گندم از منابع آبی کشور برداشت خواهد شد.

---

[1]. Adaptive Neuro Fuzzy Inference System

۳. روش تحقیق

۳-۱. محاسبهٔ آب‌مجازی

آب‌مجازی در فرآیند رشد محصول کشاورزی (VW[1])، براساس رابطهٔ (۱) و از مجموع «آب‌مجازی سبز» ($VW_{i\ green}$) و «آب‌مجازی آبی» ($VW_{i\ blue}$) به‌دست می‌آید:

$$VW_i = VW_{i\ green} + VW_{i\ blue} \quad (۱)$$

در این رابطه، آب‌مجازی برحسب واحد تولید و معمولاً به‌صورت مترمکعب بر تن (m^3/ton) یا معادل لیتر بر کیلوگرم (litre/kg) بیان می‌شود. مؤلفه سبز آب‌مجازی محصول[2] (VW_{green}, m^3/ton)، از تقسیم آب سبز مصرفی محصول (CWR_{green}, m^3/ha) بر میزان عملکرد آن (Y, ton/ha) به‌دست می‌آید. مؤلفه آبی[3] (VW_{blue}, m^3/ton) نیز با روشی مشابه ازطریق زیر محاسبه می‌شود (هوکسترا و همکاران، ۲۰۱۱).

$$VW_{Green} = \frac{CWR_{Green}}{Y} \quad (۲)$$

$$VW_{Blue} = \frac{CWR_{Blue}}{Y} \quad (۳)$$

مقادیر آب سبز و آبی مصرفی گیاه[4] (CWR, m^3/ha) براساس روابط ۴ و ۵ و از حاصل‌جمع مقادیر روزانهٔ تبخیر- تعرق (ET, mm/day) در کل دورهٔ رشد آن گیاه به‌دست می‌آید:

$$CWR_{\ green} = 10 \times \sum_{d=1}^{lgp} ET_{green} \quad (۴)$$

$$CWR_{\ blue} = 10 \times \sum_{d=1}^{lgp} ET_{blue} \quad (۵)$$

که در آن؛ ET_{green} تبخیر-تعرق سبز (تبخیر تعرقی که از آب‌سبز صورت می‌گیرد) و ET_{blue} تبخیر-تعرق آبی (تبخیر تعرقی که از آب آبی صورت می‌گیرد) می‌باشد. دلیل‌اعمال عدد ۱۰ در روابط ۴ و ۵، تبدیل میلی‌متر به مترمکعب در هکتار است. مجموع مقادیر روزانهٔ تبخیر-تعرق سبز یا آبی در کل دورهٔ رشد تعیین می‌شود (lgp طول دورهٔ رشد را بر حسب روز نشان می‌دهد). از آنجایی‌که طول دورهٔ رشد گیاهان مختلف متفاوت است، نیاز آبی گیاهان نیز متفاوت خواهد بود.

روش‌های متعددی برای مدل‌سازی تبخیر-تعرق و رشد گیاه وجود دارد یکی از آن‌ها، CROPWAT است که توسط «سازمان خواروبار و کشاورزی ملل متحد» (FAO) و براساس روش «آلن»[5] 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

درمجموع برای محاسبهٔ آب‌مجازی 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 محاسبهٔ آب‌مجازی سبز به طریق مشابه نیاز خالص آبیاری گیاه ازطریق 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. نسبت‌نیاز آبی گیاه به عملکرد آن نیز آب‌مجازی (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 مورداستفاده، داده‌های پایه برای محاسبات آب‌مجازی در تجارت خارجی فراهم شده است. داده‌های عملکرد محصولات موردمطالعه نیز از بانک زراعت «وزارت جهاد کشاورزی»[1] تهیه شده است.

۲-۲. محاسبهٔ واردات و صادرات آب‌مجازی سبز و آبی

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

$$VWI = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} VWCij \times Tij \qquad (۶)$$

که این در رابطه، VWI کل میزان واردات آب‌مجازی برای همهٔ محصولات زراعی (مترمکعب)، VWC_{ij} محتوای آب‌مجازی برای محصول وارداتی i از کشور j (مترمکعب برتن)، T_{ij} مقدار واردات محصول i از کشور j (تن) I,j=1,2,3 ،n نشان‌دهندهٔ محصولات مختلف و m نیز نشانگر کشورهای طرف تجاری می‌باشد. داده‌های حجمی تجارت محصولات کشاورزی (وزن صادرات و واردات) از ادارهٔ «گمرک جمهوری اسلامی ایران»[2] جمع‌آوری شده است. هم‌چنین، محتوای آب‌مجازی محصولات وارداتی ایران از سایت فائو استخراج شده است.

کل صادرات آب‌مجازی محصولات کشاورزی ایران ازطریق رابطهٔ زیر محاسبه شده است:

$$VWE = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{l} VWCsi \times Tik \qquad (۷)$$

که در آن، VWE کل صادرات آب‌مجازی (مترمکعب)، VWC_{si} محتوای آب‌مجازی برای محصول i صادرشده از ایران (مترمکعب برتن)، T_{ik} مقدار محصول i صادرشده از ایران به کشور k، I,K=1,2,3 ،L شرکای تجاری و n محصولات صادراتی می‌باشد.

برای محاسبهٔ میزان واردات آب‌مجازی سبز[3] و واردات آب‌مجازی آبی[4] برحسب مترمکعب در سال برای هر محصول وارداتی، به‌ترتیب مقدار آب‌مجازی سبز و آبی هر محصول (مترمکعب بر تن) در میزان واردات محصول (تن) ضرب شده است. میزان واردات آب‌مجازی سبز و آبی به‌ترتیب از روابط (۸) و (۹) به‌دست آمده است:

---

1. www.maj.ir
2. www.irica.gov.ir
3. Green Virtual Water Import
4. Blue Virtual Water Import

$$\text{Green VWI} = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} Green\ VWij \times Wij \quad (۸)$$

$$\text{Blue VWI} = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} Blue\ VWij \times Wij \quad (۹)$$

در آن‌ها، Green VWI واردات آب‌مجازی سبز (مترمکعب در سال)، Green VW_{ij} آب‌مجازی سبز تولید محصول i در کشور j (مترمکعب برتن)، T_{ij} مقدار محصول وارداتی i از کشور j (تن)، i,j=1,2,3 و n نشان‌دهندهٔ محصولات مختلف و m نیز نشانگر کشورهایی که از آن‌ها محصولات کشاورزی وارداتی می‌باشد؛ هم‌چنین، Blue VWI واردات آب‌مجازی آبی (مترمکعب در سال)، Blue VW_{ij} آب‌مجازی 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 آب‌مجازی سبز و آبی به‌ترتیب از روابط (۱۰) و (۱۱) به‌دست آمده است:

$$\text{Green VWE} = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{l} Green\ VWsi \times Tik \quad (۱۰)$$

$$\text{Blue VWE} = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{l} Blue\ VWsi \times Tik \quad (۱۱)$$

در این روابط، Green VWE میزان صادرات آب‌مجازی سبز[1] و Blue VWE صادرات آب‌مجازی آبی[2] (مترمکعب در سال) می‌باشد. Green VW_i و Blue VW_i به‌ترتیب آب‌مجازی سبز و آبی محصول i تولید شده در ایران (متر مکعب برتن) ، T_{ik} مقدار محصول i صادرشده از ایران به کشور k، I,K=1,2,3 L، کشورهایی که محصولات کشاورزی به آن‌ها صادر می‌شود و n نشان‌دهندهٔ محصولات صادراتی می‌باشد.

سرانجام، صرفه‌جویی ملی آب به‌واسطهٔ تجارت محصول به‌صورت زیر محاسبه شده است:

$$\text{NVWI} = \text{VWI} - \text{VWE} \quad (۱۲)$$

در این رابطه، NVWI جریان خالص آب‌مجازی[3]، VWI واردات آب‌مجازی و VWE صادرات آب‌مجازی می‌باشد. بدیهی است که NVWI می‌تواند منفی نیز باشد که در این‌صورت، به‌معنی تلفات خالص به‌جای صرفه‌جویی آب است.

۴. محاسبات و تحلیل تجارت آب‌مجازی ایران با CIS

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

---

[1]. Green Virtual Water Export
[2]. Blue Virtual Water Export
[3]. Net Virtual Water Imported

واردکنندهٔ خالص آب‌مجازی در بخش کشاورزی است. تراز مثبت تجارت آب‌مجازی نشانگر ذخیره‌سازی منابع آب کشور دارد که این یافته با مطالعهٔ «صالحنیا» و «باستانی» (۱۳۹۶) هم‌خوانی دارد.

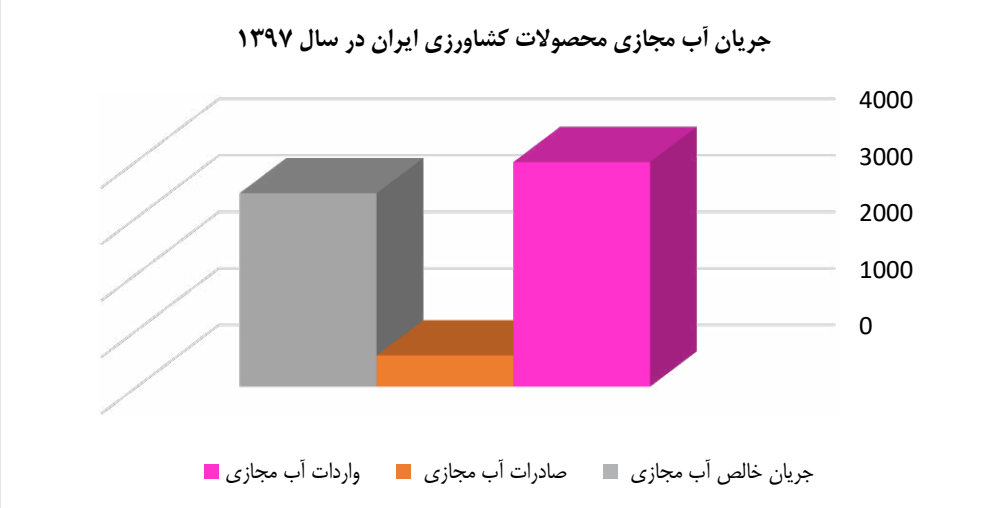
نمودار ۲، تجارت آب‌مجازی محصولات کشاورزی بین ایران و CIS را به تفکیک آب سبز و آب آبی نشان می‌دهد. با توجه به این نمودار، ایران در واردات آب‌مجازی، آب سبز وارد می‌کند. آب سبز، آب حاصل از باران است و به منابع آب فشار وارد نمی‌کند. این درحالی است که بخش کشاورزی در مقایسه با سایر بخش‌ها پتانسیل بالایی در استفاده از آب باران برای تولید محصولات دارد و واردات آب‌مجازی سبز نشان می‌دهد CIS از این پتانسیل به‌خوبی استفاده می‌کند؛ ولی سهم‌عمده از صادرات آب‌مجازی ایران را آب آبی تشکیل می‌دهد. ازدلایل اصلی این امر برداشت از منابع آب زیرزمینی و استفاده از سیستم‌های آبیاری برای تولید اکثر محصولات کشاورزی در ایران است که درنهایت صادرات این محصولات منجر به صادرات آب‌مجازی آبی می‌شود.

جدول ۱: تجارت آب‌مجازی 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).

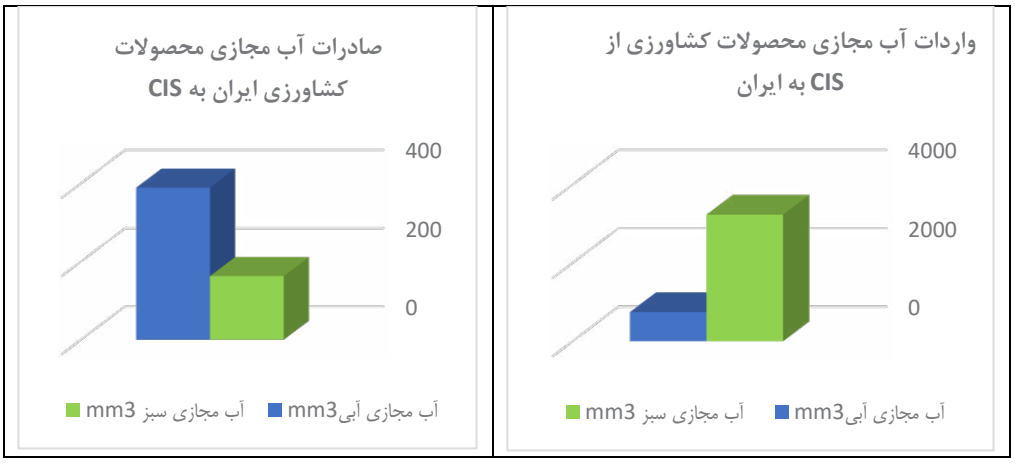
سال	واردات آب‌مجازی	صادرات آب‌مجازی
۱۳۹۷	۳۹۷۷/۰۲۷	۵۵۱/۹۸

(منبع: یافته‌های پژوهش حاضر).



نمودار(۱): جریان آب‌مجازی در تجارت محصولات کشاورزی ایران و CIS در سال ۱۳۹۷ (میلیون مترمکعب) (منبع: یافته‌های 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 آب‌مجازی 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 آب‌مجازی محصولات کشاورزی بین ایران و CIS را در سال ۱۳۹۷ نشان می‌دهد. باتوجه به این جدول، ایران در تجارت آب‌مجازی با CIS در سال ۱۳۹۷ میزان ۳۸۹.۰۹۸۸ میلیون مترمکعب آب آبی صادر و میزان ۷۴۴.۵۶۵۳ میلیون مترمکعب آب آبی وارد کرده است؛ هم‌چنین میزان صادرات و واردات آب سبز به‌ترتیب ۱۶۲.۸۸۲۱ میلیون مترمکعب و ۳۲۳۲.۴۶۱ میلیون مترمکعب به‌دست آمده است.

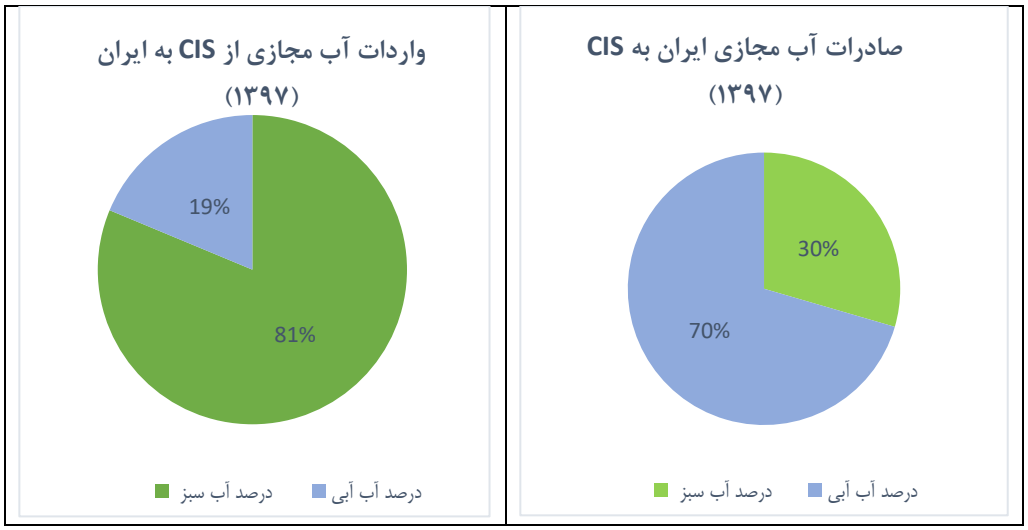
جدول ۲: تجارت آب‌مجازی محصولات کشاورزی بین ایران و CIS (میلیون مترمکعب) در سال ۱۳۹۷.

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

جریان	آب‌مجازی سبز mm^3	آب‌مجازی آبی mm^3
صادرات	۱۶۲/۸۸۲۱	۳۸۹/۰۹۸۸
واردات	۳۲۳۲/۴۶۱	۷۴۴/۵۶۵۳

(منبع: یافته‌های پژوهش حاضر).

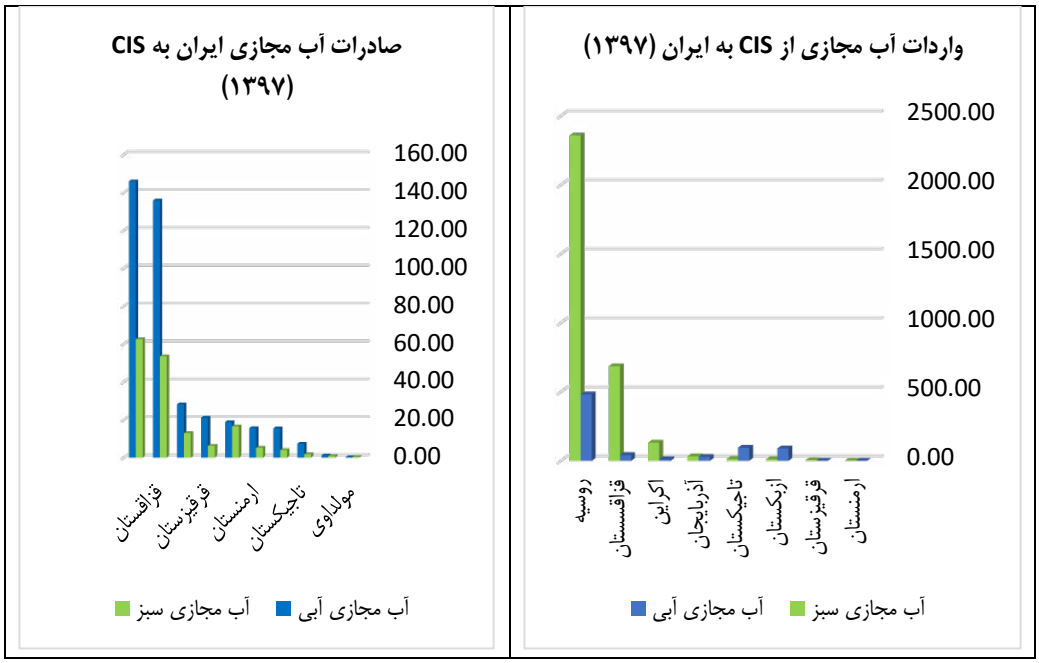
نمودار ۳، سهم آب سبز و آبی را در صادرات و واردات آب‌مجازی نشان می‌دهد. نتایج نمودار ۳، این واقعیت را نشان می‌دهد که در تجارت آب‌مجازی محصولات کشاورزی، ایران آب آبی (منابع آب زیرزمینی و سطحی) خود را به CIS صادر می‌کند؛ درحالی‌که آب سبز (آب باران) را از CIS وارد می‌کند. این موضوع نشان می‌دهد که الگوی کشت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



نمودار ۳: تجارت آب‌مجازی 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 آب‌مجازی در تجارت محصولات کشاورزی بین ایران و CIS در سال ۱۳۹۷ (نمودار ۳) نشان می‌دهد، ۷۰.۵ ٪ از صادرات آب‌مجازی ایران در محصولات کشاورزی از طریق آب آبی و ۸۱.۳٪ از واردات آب‌مجازی از طریق آب سبز صورت گرفته است. این موضوع نشان‌دهندهٔ استفاده بی‌رویه از منابع آبی برای تولید و صادرات محصولات کشاورزی در ایران است که می‌تواند به‌دلیل عدم‌وجود آمایش سرزمین در بخش کشاورزی و فقدان الگوی کشت بهینه براساس شرایط اقلیمی‌برای 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 ادامهٔ این روند می‌تواند منجر به کاهش ذخائر ملی منابع آب شیرین در ایران شود. تجارت آب‌مجازی محصولات کشاورزی ایران با CIS به‌تفکیک آب سبز و آب آبی در نمودار (۴) ارائه شده است. این نمودار نیز نشان می‌دهد ایران در تجارت آب‌مجازی محصولات کشاورزی با CIS، آب سبز وارد و آب آبی صادر می‌کند.



نمودار۴: تجارت آب‌مجازی 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 آب‌مجازی سبز را از کشورهای روسیه، قزاقستان، اکراین وارد می‌کند و آب‌مجازی آبی را به کشورهای روسیه، قزاقستان و آذربایجان صادر می‌کند. جدول ۳ نیز تجارت آب‌مجازی محصولات کشاورزی میان ایران و CIS به تفکیک کشور در سال ۱۳۹۷ را ارائه می‌کند. باتوجه به این جدول، بیشترین صادرات آب‌مجازی در سال ۱۳۹۷، به کشورهای روسیه (۲۰۸.۴۱)، قزاقستان (۱۸۹.۳۴) و آذربایجان (۴۱.۱۰) (میلیون مترمکعب) صورت‌گرفته و درهمین سال، بیشترین واردات آب‌مجازی نیز از کشورهای روسیه (۲۸۳۶.۷۳)، قزاقستان (۷۲۵.۶۰) و اکراین (۱۴۱.۶۰) (میلیون مترمکعب) انجام شده‌است. همان‌گونه که از جدول (۳) نیز مشخص است، ایران در رابطه با کشورهای مولداوی و بلاروس در وضعیت تراز تجارت آب‌مجازی قرار ندارد؛ چون فقط آب‌مجازی به این کشورها صادر می‌کند، ولی آب‌مجازی 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 آب‌مجازی 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).

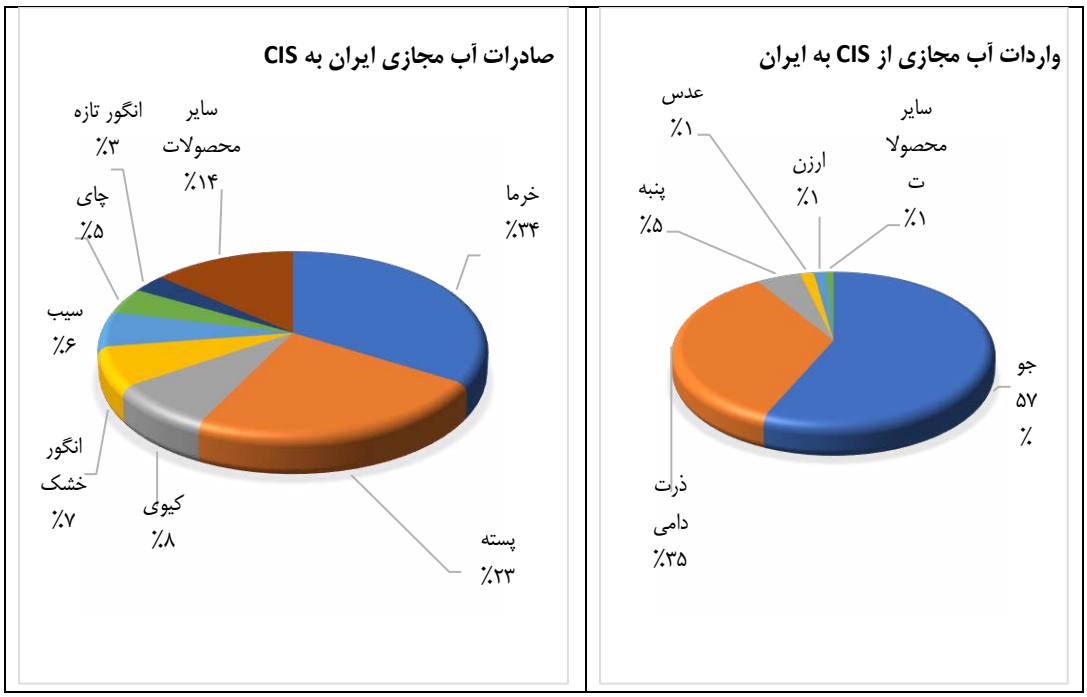
کشور	صادرات	کشور	واردات
مولداوی	۵۵۹۳۳۸/۷۰	مولداوی	۰/۰۰
بلاروس	۲۱۸۵۷۸۱/۰۰	بلاروس	۰/۰۰
تاجیکستان	۹۱۰۷۶۸۳/۴۸	ارمنستان	۱۲۱۵۹۵۵/۶۲
ازبکستان	۱۹۴۴۸۸۶۲/۱۶	قرقیزستان	۴۸۰۸۱۲۷/۷۱
ارمنستان	۲۰۷۷۴۳۹۳/۹۷	آذربایجان	۵۹۲۱۵۷۱۳/۲۱
قرقیزستان	۲۷۴۰۴۸۰۶/۰۸	ازبکستان	۱۰۰۴۰۵۲۹۵/۲۲
اکراین	۳۵۲۸۲۳۹۳/۴۳	تاجیکستان	۱۰۷۴۵۲۳۱۷/۰۸
آذربایجان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

(منبع: یافته‌های پژوهش حاضر).

درمجموع، 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 آب‌مجازی ایران، آب سبز و حدود ۷۰٪ از کل صادرات آب‌مجازی 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، هزینهٔ فرصت استفاده از آب آبی در کشاورزی به‌دلیل 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. درحالی‌که تنها راه بهره‌برداری از آب سبز، تولید محصولات دیم است. در سال‌های اخیر با مطرح‌شدن مفهوم آب‌مجازی و درک نقش تجارت مواد غذایی در توزیع مجدد منابع آب و شناسایی استعداد مناطق در تولید محصولات با شاخص‌های کمی‌جدید، مدیریت آب سبز آسان‌تر شده و به بهره‌برداری بهینه از آن تأکید شده‌است (اردکانیان و سهرابی، ۱۳۸۵).

باتوجه‌به نمودار ۵، محصولاتی که در سال ۱۳۹۷ بیشترین نقش را در صادرات آب‌مجازی ایران به CIS دارند شامل: خرما (۳۴٪)، پسته (۲۳٪) و کیوی (۸٪) هستند. هم‌چنین در این سال، سهم سایر محصولات در صادرات مجازی آب عبارتنداز: ۷٪ انگور خشک، ۶٪ سیب، ۵٪ چای، ۳٪ انگور تازه و ۱۴٪ سایر محصولات. «صالح‌نیا» و «باستانی» (۱۳۹۶) نیز نشان‌دادند بیشترین صادرات آب‌مجازی 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 استفادهٔ بهینه از منابع آبی کشور، انتظار می‌رود محصولات با آب‌مجازی بالا مانند پسته و خرما صادر نشوند، ولی ملاحظات مربوط به سودآوری درمورد این‌گونه محصولات مانع از ممنوعیت صادرات آن‌ها می‌شود. به‌هرحال، تصمیم به صادرات محصولات با آب‌مجازی بالا تنها در شرایطی توجیه‌پذیر خواهد بود که کشور ازنظر هزینهٔ تولید مزیت نسبی داشته‌باشد؛ به‌طوری‌که ارزش فروش‌محصول منعکس‌کنندهٔ ارزش حقیقی منابع مصرف شده ازجمله آب باشد (صالح‌نیا و باستانی، ۱۳۹۶).

براساس جدول ۴ نیز بیشتر صادرات آب‌مجازی محصولات کشاورزی ایران به CIS ازطریق میوه‌ها، آجیل‌ها و محصولات گروه سبزی‌ها صورت می‌گیرد. با توجه به نمودار ۵، به‌طور متوسط ۵۷٪ از کل واردات آب‌مجازی از CIS به ایران در سال ۱۳۹۷ مربوط به جو، ۳۵٪ ذرت دامی، ۵٪ پنبه، عدس و ارزن هرکدام ۱٪ و سایر محصولات نیز ۱٪ است. درمجموع به‌نظر می‌رسد ایران در تولید غلات محدودیت دارد، ولی در تولید محصولات باغی و میوه‌ها دارای مزیت است و بر این‌اساس، 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 آب‌مجازی 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 آب‌مجازی محصولات کشاورزی ایران به CIS در سال ۱۳۹۷ (میلیون مترمکعب).

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

شماره	محصول صادراتی	آب‌مجازی آبی	آب‌مجازی سبز	آب‌مجازی کل
۱	سیب‌زمینی	۷/۶۳۷	۲/۶۰۴	۱۰/۲۴۱
۲	خرما	۱۲۸/۱۴۴	۵۰/۶۳۶	۱۷۸/۷۷۹
۳	انگور خشک‌کرده	۰/۰۰۰	۳۷/۳۱۱	۳۷/۳۱۱
۴	انگور	۱۶/۲۸۷	۰/۵۵۶	۱۶/۸۴۳
۵	شلتوک (برنج‌پادی)	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۵
۶	چای‌سیاه	۱۷/۴۶۴	۶/۳۷۹	۲۳/۸۴۴
۷	سایر نباتات‌زنده	۰/۲۵۹	۰/۰۶۶	۰/۳۲۴
۸	گوجه‌فرنگی	۵/۵۹۳	۱/۶۳۰	۷/۲۲۲
۹	بادمجان	۰/۰۰۷	۰/۳۳۴	۰/۳۴۰

۱۰	پرتقال	۲/۳۵۰	۲/۰۲۴	۴/۳۷۴
۱۱	نارنگی	۰/۲۲۲	۰/۱۹۱	۰/۴۱۳
۱۲	لیمو	۰/۰۱۸	۰/۰۱۵	۰/۰۳۳
۱۳	گریپ‌فروت	۰/۰۰۶	۰/۰۰۵	۰/۰۱۱
۱۴	توتون و تنباکو	۴/۸۵۵	۰/۲۳۰	۵/۰۸۵
۱۵	پیاز و موسیر	۰/۷۰۲	۰/۰۳۸	۰/۷۴۰
۱۶	سیر	۰/۰۲۲	۰/۰۰۶	۰/۰۲۸
۱۷	سیر خشک شده	۵/۲۵۵	۱/۵۶۵	۶/۸۲۰
۱۸	هندوانه	۱/۰۶۶	۰/۰۷۹	۱/۱۴۵
۱۹	خربزه	۰/۶۸۱	۰/۰۱۲	۰/۶۹۴
۲۰	کیوی	۳۲/۳۶۳	۱۰/۹۶۹	۴۳/۳۳۲
۲۱	به تازه	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲
۲۲	خیار و خیارترشی	۶/۶۷۴	۴/۲۷۷	۱۰/۹۵۱
۲۳	آلو، خشک کرده	۰/۸۹۳	۰/۷۳۰	۱/۶۲۳
۲۴	فلفل فرنگی	۱/۶۴۱	۰/۷۴۱	۲/۳۸۲
۲۵	ذرت شیرین	۰/۰۰۵	۰/۰۰۷	۰/۰۱۲
۲۶	سیب	۱۷/۹۳۶	۱۴/۶۹۶	۳۲/۶۳۲
۲۷	کدوهای حلوایی	۰/۱۳۱	۰/۴۷۶	۰/۶۰۷
۲۸	پسته‌ها	۱۰۰/۷۴۰	۲۳/۴۸۷	۱۲۴/۲۲۸
۲۹	سایر سبزی‌های تازه یا سرد کرده	۲/۹۶۴	۰/۷۵۳	۳/۷۱۷
۳۰	هلو، هم‌چنین شلیل و شفتالو	۱/۲۰۷	۱/۰۸۵	۲/۲۹۲
۳۱	زردآلو	۰/۰۵۰	۰/۰۴۵	۰/۰۹۵
۳۲	زردآلو، خشک کرده	۰/۱۰۶	۰/۰۹۵	۰/۲۰۱
۳۳	لوبیا	۰/۰۰۰۱۸	۰/۰۰۰۴۲	۰/۰۰۰۵۹
۳۴	آلبالوهای ترش	۰/۲۹۰	۰/۲۳۷	۰/۵۲۷
۳۵	آلو و گوجه	۰/۱۶۱	۰/۱۳۱	۰/۲۹۲
۳۶	هویج، شلغم	۰/۵۶۸	۰/۴۳۴	۱/۰۰۱
۳۷	کاهو	۰/۰۱۶	۰/۰۷۴	۰/۰۹۰
۳۸	گل‌کلم و گل‌کلم بروکلی	۰/۵۰۲	۰/۷۰۷	۱/۲۰۹
۳۹	کلم قرمز و سفید، کلم‌پیچ، کلم قمری	۱/۵۶۱	۰/۵۱۷	۲/۰۷۸
۴۰	کاهو کروی	۰/۱۳۵	۰/۶۳۱	۰/۷۶۶
۴۱	کرفس به‌غیر از کرفس غده دار	۰/۰۲۱	۰/۰۹۲	۰/۱۱۳
۴۲	توت‌فرنگی	۰/۰۰۴	۰/۰۰۲	۰/۰۰۶
۴۳	انار	۲/۲۳۸	۰/۰۱۸	۲/۲۵۶
۴۴	بادام بدون پوست	۰/۱۹۰	۰/۴۱۳	۰/۶۰۳
۴۵	گردو	۰/۱۱۴	۰/۰۸۳	۰/۱۹۷
۴۶	انجیر خشک	۰/۱۳۴	۰/۱۲۲	۰/۲۵۶
۴۷	جو	۱/۷۱۳	۰/۶۸۳	۲/۳۹۷
۴۸	چای سبز	۰/۲۱۷	۰/۰۴۷	۰/۲۶۳
۴۹	گلابی‌ها	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱	۰/۰۰۴

(منبع: یافته‌های پژوهش حاضر).

همان‌گونه که جدول ۵، نشان می‌دهد، در سال ۱۳۹۷، با واردات غلات (جو، جودوسر، ذرت‌دامی، ارزن، سبوس، دانه‌کتان، دانه‌کنجد، دانه‌گلرنگ) 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 آب‌مجازی ازطریق واردات این محصولات می‌تواند منجر به ذخیرهٔ 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 آب‌مجازی 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	آب‌مجازی سبز	آب‌مجازی آبی	آب‌مجازی کل
۱	جو	۲۱۷۲/۴۰۱	۷۸/۴۶۱	۲۲۵۰/۸۶۲
۲	ذرت‌دامی	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	دانه‌کتان	۱۰/۰۷۶	۱/۷۰۰	۱۱/۷۷۶
۷	لوبیاچیتی	۲/۹۱۹	۴/۰۰۰	۶/۹۱۹
۸	لوبیاقرمز کوچک	۵/۷۴۵	۰/۴۶۳	۶/۲۰۸
۹	منداب	۲/۴۴۹	۰/۱۱۵	۲/۵۶۴
۱۰	سبوس	۱/۲۵۲	۰/۱۹۵	۱/۴۴۸
۱۱	دانه‌کنجد	۰/۵۶۲	۰/۷۱۸	۱/۲۸۰
۱۲	نخودفرنگی	۰/۳۴۷	۰/۴۴۸	۰/۷۹۵
۱۳	لپه	۰/۶۸۳	۰/۰۱۵	۰/۶۹۸
۱۴	دانه‌گلرنگ	۰/۴۶۱	۰/۰۱۲	۰/۴۷۳
۱۵	جودوسر	۰/۲۰۸	۰/۰۰۷	۰/۲۱۵
۱۶	بادام‌زمینی	۰/۰۶۵	۰/۱۰۱	۰/۱۶۶
	مجموع	۳۲۳۲/۴۶۱	۷۴۴/۵۶۵	۳۹۷۷/۰۲۷

(منبع: یافته‌های پژوهش حاضر).

۵. نتیجه‌گیری و توصیه‌های سیاستی

هدف اصلی مطالعهٔ حاضر، محاسبهٔ جریان‌های تجارت آب‌مجازی محصولات کشاورزی بین ایران و CIS است. در این‌راستا، صادرات و واردات آب‌مجازی ایران با CIS به‌تفکیک آب سبز و آب آبی برای محصولات زراعی و باغی در سال ۱۳۹۷ محاسبه شده است. براساس یافته‌های تحقیق‌حاضر، 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 آب‌مجازی 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 به‌خود اختصاص داده‌اند.

نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد در سال ۱۳۹۷، ایران واردکنندهٔ 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. بدین‌ترتیب، در صادرات محصولات کشاورزی به CIS فشار قابل‌توجهی 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، ازجمله –سیاست‌های کلی منابع آب– تأکید قابل‌توجهی 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 موردتوجه 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؛ کاهش‌عملکرد، مدیریت نامناسب آبیاری، تعداد و حجم آبیاری بیش از نیاز گیاه و تاریخ و زمان نامناسب آبیاری می‌باشد. بر این‌اساس 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 اقلیمی‌هر منطقه تهیه شود. در سیاست‌های توسعهٔ 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 این‌راستا، 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 تحت‌فشار 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 زمینهٔ 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 به‌عمل آورند.

کتابنامه

– احسانی، مهرزاد؛ خالدی، هومن؛ و برقی، یاسر، (۱۳۸۷). *مقدمه‌ای بر آب‌مجازی*. تهران: نشر کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.

– اردکانیان، رضا؛ و سهرابی، روح‌الله، (۱۳۸۵). «تجارت آب‌مجازی: 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 آب‌مجازی با رویکرد حداکثرسازی بهره‌وری آب آبیاری». *فصلنامهٔ مطالعات اقتصادی کاربردی ایران*، ۶(۲۱): ۱۸۹-۲۱۲.

– حکمت‌نیا، مهران؛ حسینی، سید مهدی؛ و صفدری، مهدی، (۱۳۹۸). «مدیریت منابع آب کشاورزی استان سیستان‌وبلوچستان از دیدگاه آب‌مجازی». *نشریهٔ مهندسی آبیاری و آب ایران*، ۱۱(۱): ۱۴۹-۱۳۷.

– دولت‌آبادی، نرگس‌خاتون؛ بنی‌حبیب، محمدابراهیم؛ روزبهانی، عباس؛ چتین، اونر، (۱۳۹۸). «ارزیابی شاخص راندمان ذخیرهٔ آب در ایران و عراق در تجارت آب‌مجازی 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 آب‌مجازی به‌کاررفته در محصولات کشاورزی: رویکرد بین کشوری». پایان‌نامهٔ کارشناسی‌ارشد. گروه علوم اقتصادی گرایش محیط‌زیست، دانشکدهٔ اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبایی.

– سازمان توسعهٔ تجارت ایران (۱۴۰۱). *گزارش اجمالی عملکرد تجارت خارجی ایران در سال ۱۴۰۰*، تهران.

– صالح‌نیا، نرگس؛ و باستانی، مهدی، (۱۳۹۶). «بررسی راهبرد تجارت آب‌مجازی محصولات زراعی و باغی در ایران». *نشریهٔ 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 آب‌وخاک*، ۲۷(۴): ۴۸-۳۷.

– قادری‌حسین‌آباد، پروین، (۱۳۹۷). «آینده‌پژوهی تجارت آب‌مجازی ایران در افق ۱۴۰۹». پایان‌نامهٔ کارشناسی‌ارشد. گروه علوم اقتصادی گرایش محیط‌زیست، دانشکدهٔ اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبایی.

– 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*، شمارهٔ ۸: ۳۴۹-۳۳۹.

– 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 (چغندرقند) و علوفه‌ای (ذرت علوفه‌ای) در شهرستان اصفهان». *فصلنامهٔ علمی‌تخصصی مهندسی آب*، ۸(۴): ۹۵-۱۰۸.

– مرکز پژوهش‌های مجلس، (۱۴۰۰). *بررسی تحلیلی شرایط موجود و تبیین وضعیت آینده بحران آب در کشور*، گزارش ۱۸۰۶۷.

– نجفی‌علمدارلو، حامد؛ ریاحی، فریبا؛ و وکیل‌پور، محمدحسن، (۱۳۹۵). «اثرات ممانعت از ورود گندم بر روی جریان تجارت آب‌مجازی». *فصلنامه مطالعات اقتصادی کاربردی ایران*، ۵(۲۰): ۷۹-۶۳.

– 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 Interdiciplinary Course, International Doctoral Studies Center of Development Research university of Bonn.

- Pouran, R.; Raghfar, H.; Ghasemi, A. & Bazazan, F., (2017). "Evaluating the economic value of virtual water with maximizing productivity of Irrigation water". *Journal of Applied Economics Studies in Iran*, 6(21): 189-212 (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).