ResearchPaper

Comparison of Cultivation Pattern in Kerman Province and Ghaleh-Ganj County Based on Virtual Water Concept

MohammadReza Rahimipour Anaraki[1], Ali Mohammadi[2]*, Mojtaba Rafieian[3], Saeed Karimi[4], Reza Arjmandi[5]

1. PhD. Student, Department of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
2. Assistant Professor, Department of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
3. Associate Professor, Department of Urban Planning, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
4. Assistant Professor, Department of Environment, Tehran University, Tehran, Iran
5. Associate Professor, Department of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Received: 2020/01/03
Revised: 2020/01/11
Accepted: 2020/08/06

Use your device to scan and read the article online

DOI:
10.30495/wej.2021.23812.2222

Keywords:
Keywords: Virtual water capacity; Water footprint; Ghaleh-Ganj County; Kerman Province.

Abstract

Introduction: In this study, the cultivation pattern in Kerman province and Ghaleh-Ganj County is compared. While considering production of crops, the results of this study is adjusted in order to prevent the export of virtual water by decreasing the cultivation of low yield and water intensive crops in the county. A comparison between the main crops of Ghaleh-Ganj and Kerman province, based on cultivation area, production and the calculation of crop yield, blue and green virtual water, and water dependency index are presented.

Methods: The Water Dependency Index (WD) is an index that reflects an area's dependence on external water resources. The Water Self Sufficiency Index (WSS) shows the ability of an area to supply the water needed to produce goods and services from domestic water sources.

Findings: Among the studied crops, wheat has the highest area of cultivation in Kerman province (90,145 hectares) and Ghaleh-Ganj (15,159 hectares). The lowest areas of cultivation in Ghaleh-Ganj belong to potato (95 hectares) and onion (134 hectares). Potato yield in Ghaleh-Ganj is 41 tons per hectare and its virtual water content is 0.321 cubic meters per kilogram, which has the lowest virtual water content among these products after onion. It is recommended to increase onion and potato cultivation in Ghaleh-Ganj and to limit the development of water intensive crops. Increase in Alfalfa cultivation is also recommended.

Citation: Rahimipour Anaraki MR, Mohammadi A, Rafieian M, Karimi S, Arjmandi R. Comparison of Cultivation Pattern in Kerman Province and Ghaleh-Ganj County Based on Virtual Water Concept. Water Resources Engineering Journal. 2021; 14(49): 95- 110.

***Corresponding author:** Ali Mohammadi
Address: Department of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Daneshgah Blvd, Simon Bulivar Blvd, Tehran, Iran
Tell: 09126126761
Email: ali.mohammadi@srbiau.ac.ir

Extended Abstract

Introduction

In this article, the cultivation pattern in Kerman Province and Ghaleh-Ganj County is compared. While considering the area under cultivation, production and yield calculation, virtual blue and green water and water dependence index in the main products of Ghaleh-Ganj have been studied and compared with similar products in Kerman Province.

Water is of special importance as a socio-economic commodity and the increasing need for water in all aspects of human life has made water available to communities as a valuable and scarce commodity. This is especially evident in areas with arid and semi-arid climates that have more limited renewable water resources and necessitates the management of water resources with a comprehensive and accurate approach.

The study of the agricultural activities in developing countries of the Middle East shows that despite the potential to increase the production of agricultural products, due to the lack of proper management system, the possibility of optimal use of available water and soil resources has not been possible. In this regard, it is necessary to study the strategies of optimal use of water by reviewing the allocation of water resources and its management.

Therefore, identifying the water demand and the actual amount of water consumed by agricultural products is essential, in order to attain the sustainable management of water resources and achieving water balance in accordance with available resources. However, the amount of basic water consumption of each product is affected by the climatic condition, production and consumption patterns, agricultural operations and water use efficiency. Thus, there is a need for an index that can be used to assess the real water requirement of each product.

In order to show the effect of consumption patterns on natural resources, the concept of water footprint can be used. Water footprint is the total volume of water used in the production of consumer goods and services for the inhabitants of that community. As a result, after calculating the water footprint index and estimating the volume of water consumed and considering the capacity of the region, solutions can be provided for the sustainable use of water resources in that region.

Accordingly, while paying attention to the cultivation of agricultural products, efforts have been made to prevent the export of virtual water by not cultivating low-efficiency and water demanding products.

Methods

To calculate the amount of water required to produce agricultural products, the following equation is used:

$$SWD_c = \frac{CWP_c}{CY_c} \quad (1)$$

Where SWD is the amount of water required (cubic meters per ton) to produce c, CWP is the amount of water required per product (cubic meters per hectare) and CY is the yield of production (tons per hectare). After calculating the virtual water content of agricultural products, by calculating the amount of export and import of agricultural products of each county, the amount of export or import of virtual water and net import of virtual water of the county will be calculated.

In this research, water requirement has been extracted from NETWAT software. This software calculates the net water needs of horticultural and agricultural plants.

After calculating the blue water and green water requirements of each crop, the content of blue and green virtual water of agricultural products can be calculated. The green water requirement of product CW_G and the blue water requirement of product CW_B is equal to:

$$CW_G = 10 \times \sum_{d=1}^{T}(ET_{Green}) \quad (2)$$

$$ET_{Green} = \min(ET_c , P_{eff}) \quad (3)$$

$$CW_B = 10 \times \sum_{d=1}^{T}(ET_{Blue}) \quad (4)$$

$$ET_{Blue} = \min(0 , ET_c - P_{eff}) \quad (5)$$

The Water Dependency Index (WD) is an index that reflects an area's dependence on external water resources (through virtual water imports):

$$WD = \begin{cases} \frac{NVWI}{NVWI + WU} \times 100 & NVWI \geq 0 \\ 0 & NVWI < 0 \end{cases} \quad (6)$$

The Water Self Sufficiency Index (WSS) is defined as:

$$WSS = 100 - WD \quad (7)$$

This relationship is the opposite of the water dependency index and shows the ability of an area to supply the water needed to produce goods and services from domestic water sources. If the water self-sufficiency index is close to zero, then an area relies heavily on virtual water imports.

Findings

According to the proposed relationships, cultivation yield, amount of virtual water, share of blue and green virtual water, water footprint and productivity of different crops in Ghaleh-Ganj County in a period of 6 years from 2011 to 2016 are calculated.

The highest area of cultivation and the most produced crop in Ghaleh-Ganj County is wheat with 38,913 tons and alfalfa with 102,744 tons, respectively. While the lowest area of cultivation and the least crop produced in Ghaleh-Ganj County are for potato with 95 hectares and 3,908 tons, respectively. In this County, the highest yield are for three crops, namely: onion, potato and watermelon. According to the index of water dependence and considering the main crops produced in Ghaleh-Ganj, the net virtual water is being exported.

Wheat in Ghaleh-Ganj County covers about one sixth of the total area under wheat cultivation in Kerman province. The highest annual production in Ghaleh-Ganj is alfalfa with more than 102 thousand tons. But in Kerman Province, watermelon is the highest with more than 720 thousand tons of crop product. The water dependence of these agricultural products indicates that virtual water is being exported from the Province.

Discussion

In this paper, virtual water index as a main parameter in selecting the cultivation pattern in major crops is compared and based on that, the crop productions are prioritized. Among the studied crops, wheat has the highest area under cultivation in Kerman province (90,145 hectares) and Ghaleh-Ganj County (15, 159 hectares). But the yield of wheat in Kerman province is more than 1.3 times its yield in Ghaleh-Ganj. Therefore, wheat production in Ghaleh-Ganj is in excess of domestic consumption, and wheat cultivation in other areas of the province will have a greater advantage. Unlike virtual water, the amount of green virtual water in all crops studied in Kerman province (except potato) is less than in Ghaleh-Ganj County, which shows the effect of heat, evaporation and soil dryness and the need for more periodic irrigation. Anyhow, it is observed that the Ghaleh-Ganj has little potential in the use of green water.

Conclusion

The crop yield of potato in Ghaleh-Ganj County is 41 tons per hectare and its virtual water content is 0.321 cubic meters per kilogram. Thus, for every 321 liters of water, one kilogram of potato is obtained. Potato has the lowest virtual water content among the products of Ghaleh-Ganj after onion.

Based on this research, it is suggested that the cultivation of products such as potato and onion be promoted due to its superior advantage over Kerman province and the cultivation of products such as watermelon be limited. Alfalfa cultivation can be justified according to its yield (32.70 tons per hectare in the County and 10.59 tons in the Province). This recommendation aims to reduce the pressure on the water resources of the County, although other alternative products such as sesame or greenhouse cultivation could also be proposed.

Ethical Consideration

Compliance with ethical guidelines

There are no specific ethical considerations for conducting this research. The methodology is in compliance with general ethical guidelines.

Funding
This research has no external funding.

Authors' contributions
Design and conceptualization: Mohammad Reza Rahimipour Anaraki, Ali Mohammadi
Methodology and data analysis: Mojtaba Rafieian, Mohammad Reza Rahimipour Anaraki, Saeed Karimi
Supervision and final writing: Reza Arjomandi, Mohammad Reza Rahimpour Anaraki, Ali Mohammadi

Conflicts of interest
The authors declare no conflict of interest.

مقاله پژوهشی

مقایسه الگوی کشت استان کرمان و شهرستان قلعه گنج براساس مفهوم آب مجازی

محمدرضا رحیمی پور انارکی[۱]، علی محمدی*[۲]، مجتبی رفیعیان[۳]، رضا ارجمندی[۴] و سعید کریمی[۵]
۱. دانشجوی دکتری گروه مدیریت محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
۲. استادیار گروه مدیریت محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
۳. دانشیار گروه شهرسازی، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
۴. دانشیار گروه مدیریت محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
۵. استادیار گروه برنامه ریزی مدیریت و آموزش محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۱۳
تاریخ داوری: ۱۳۹۸/۱۰/۲۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۵/۱۶

از دستگاه خود برای اسکن و خواندن مقاله به صورت آنلاین استفاده کنید

DOI:
10.30495/wej.2021.238122222

واژه‌های کلیدی:
آب مجازی؛ عملکرد محصول؛ شاخص وابستگی به آب؛ استان کرمان؛ شهرستان قلعه گنج

چکیده

هدف: در این مقاله، الگوی کشت در استان کرمان و شهرستان قلعه گنج مقایسه شده است. ضمن در نظر گرفتن سطح زیرکشت، میزان تولید و محاسبه عملکرد، آب مجازی آبی و سبز و شاخص وابستگی به آب در محصولات عمده شهرستان قلعه گنج مورد بررسی قرار گرفته و با محصولات مشابه در استان کرمان مقایسه شده‌اند. با توجه به میزان تولید محصولات، در جهت ممانعت از صادرات آب مجازی از طریق عدم تولید محصولات آب‌بر و کم بازده در شهرستان نتایجی ارائه گردید. در میان محصولات بررسی شده، گندم بیشترین سطح زیرکشت را در استان کرمان (۹۰۱۴۵ هکتار) و شهرستان قلعه گنج (۱۵۱۵۹ هکتار) به خود اختصاص داده است. کمترین سطح زیرکشت در شهرستان قلعه گنج مربوط به سیب‌زمینی (۹۵ هکتار) و پیاز (۱۳۴ هکتار) است و کمترین سطح زیرکشت در استان کرمان نیز مربوط به پیاز (۵۷۳۸ هکتار) است. عملکرد سیب‌زمینی در شهرستان قلعه گنج ۴۱ تن در هکتار و محتوای آب مجازی آن ۰/۳۲۱ مترمکعب در کیلوگرم است که بعد از پیاز کمترین محتوای آب مجازی را در میان این محصولات دارد. باتوجه به محدودیت منابع آب موجود در شهرستان قلعه گنج و برای کاهش فشار بر منابع آب زیرزمینی توصیه می‌گردد که کشت پیاز و سیب‌زمینی در شهرستان قلعه گنج مورد توجه بیشتری قرار گیرد و توسعه کشت محصولات آب‌بر محدود گردد. کشت یونجه در شهرستان قلعه گنج در صورت تکمیل زنجیره ارزش در بخش دامپروری نیز با توجه به عملکرد محصول (۳۲/۷۰ تن بر هکتار در شهرستان در مقایسه با ۱۰/۵۹ تن در استان) توصیه شده است.

* **نویسنده مسئول:** علی محمدی
نشانی: تهران – انتهای بزرگراه شهید ستاری – میدان دانشگاه - بلوار شهدای حصارک – دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات – پس از پارکینگ طبقاتی – بلوک ۲ آموزشی – گروه مدیریت محیط زیست
تلفن: ۰۹۱۲۶۱۲۶۷۶۱
پست الکترونیکی: ali.mohammadi@srbiau.ac.ir

مقدمه

موحدنژاد و همکاران (۱۳۹۸) به نقل از اطلس جهانی آب و اقلیم[1] اعلام کرده‌اند رشد روز افزون جمعیت و به تبع آن افزایش نیاز به تولیدات کشاورزی از جمله مسائل مهمی است که بشر امروز با آن مواجه است (۲۶). مطالعات نشان می‌دهد که در سال ۱۹۵۰، ۱۲ کشور در جهان با جمعیتی در حدود ۲۰ میلیون نفر با کمبود آب مواجه بوده‌اند. با گذشت ۴۰ سال این رقم به ۲۶ کشور با جمعیتی در حدود ۳۰۰ میلیون نفر افزایش پیدا کرد و پیش بینی می‌شود در سال ۲۰۵۰ تعداد ۶۵ کشور با جمعیتی بیش از ۷ میلیارد نفر با کمبود آب مواجه گردند. کمبود آب در بخش‌های زیادی از کره زمین، مشکلات زیادی را برای تأمین آب شرب سالم، تولید محصولات کشاورزی و در کل روند عمومی زندگی بشر به وجود آورده است، به طوری که پیش بینی می‌شود تا سال ۲۰۲۵ میلادی، ۵۰ تا ۶۰ درصد مردم جهان با تنش آبی و مشکلات ناشی از کم آبی مواجه شوند. کشور ایران هم که جزء کشورهای نیمه خشک است، از این قاعده مستثنی نیست (رضوی و داوری، ۱۳۹۲) (۱۱).

در جهان امروز آب به عنوان کالایی اقتصادی – اجتماعی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و نیاز روز افزون به آب در همه ابعاد زندگی بشر باعث شده تا آب، به عنوان کالایی ارزشمند و کمیاب، در دسترس جوامع قرار داشته باشد. این مهم در مناطقی با اقلیم خشک و نیمه خشک که منابع آب تجدیدپذیر محدودتری دارند، بیشتر نمود پیدا کرده و ضرورت مدیریت منابع آب با نگرشی جامع و دقیق را ایجاب می‌کند (عربی یزدی و همکاران، ۱۳۹۳) (۱۸). با توجه به تغییرات اقلیمی و خشکسالی‌های چند سال گذشته زیان‌های بسیاری به منابع آبی منطقه وارد شده است که تأثیرات آن به خصوص به صورت افت شدید سطح ایستابی چاه‌ها نمود پیدا کرده است (خرمی وفا و همکاران، ۱۳۹۵) (۹). در کشورهای خشک و نیمه خشک جهان، مدیریت منابع آب مسأله مهمی است زیرا بحران آب در بسیاری از کشورها به دلیل بحران فیزیکی نبوده، بلکه به دلیل ضعف مدیریت آب است (میرچولی و همکاران، ۱۳۹۵) (۲۷).

بررسی وضعیت موجود کشاورزی بیان‌گر آن است که با وجود پتانسیل افزایش تولید محصولات کشاورزی، به دلیل فقدان سیستم مدیریتی صحیح، امکان استفاده بهینه از منابع موجود آب و خاک میسر نشده است. در این راستا بررسی راهکارهای استفاده بهینه آب از طریق بازنگری در تخصیص منابع آب و مدیریت آن امری لازم و ضروری است. طبق گزارش‌های مؤسسه تحقیقات آب و خاک کشور، میزان مصرف آب در بخش کشاورزی در کشورهای در حال توسعه نزدیک به ۹۰ درصد است. این در حالی است که مرکز توسعه جهانی آب سازمان ملل متحد، این رقم را در ایران ۹۳ تا ۹۴ درصد گزارش کرده است (علیقلی‌نیا و همکاران، ۱۳۹۶) (۲۰). از طرفی محققینی همچون دهقان و همکاران (۱۳۹۸) (۱۰)، موحدنژاد و همکاران (۱۳۹۸) (۲۶)، رمضانی اعتدالی و آبابایی (۱۳۹۵) (۱۲)، رمضانی اعتدالی و همکاران (۱۳۹۶) (۱۳) و بذرافشان و همکاران (۱۳۹۶) (۵) نیز معتقد به تخصیص بیش از ۹۰ درصد از منابع آب کشور به بخش کشاورزی هستند.

بنابراین اطلاع از نیاز آبی و مقدار واقعی آب مصرفی محصولات کشاورزی، به منظور هرگونه برنامه‌ریزی در مدیریت پایدار منابع آب و رسیدن به تعادل آبی متناسب با منابع موجود، امری بدیهی و لازم الاجرا است؛ اما از آنجایی که میزان آب مصرفی پایه هر محصول تحت تأثیر اقلیم منطقه، میزان تولیدات، الگوی مصرفی، عملیات کشاورزی و راندمان کاربرد آب متغیر است، لذا نیاز به شاخصی است که بتوان با آن نیاز واقعی هر محصول را مورد ارزیابی قرار داد (علیقلی‌نیا و همکاران، ۱۳۹۶).

برای اینکه بتوان اثر الگوی مصرف مردم را بر منابع طبیعی نشان داد، می‌توان از مفهوم ردپای آب[2] استفاده کرد که اولین بار در سال ۲۰۰۲ توسط هواکسترا و هانگ معرفی شد (۳۶). آنها اظهار کردند که کل مصرف آب در داخل یک کشور به تنهایی معیار درستی از برداشت واقعی آب آن کشور از منابع آب جهانی نیست (هواکسترا و هانگ، ۲۰۰۲) (۳۶). در واقع، حجم آب مجازی وارداتی باید به کل مصرف داخلی افزوده شود تا تصویر درستی از نیاز واقعی یک کشور به منابع آب جهانی ترسیم شود. همین‌طور، حجم آب مجازی صادر شده باید از حجم مصرف آب داخلی کم شود. آنها جمع واردات آب مجازی خالص و مصرف آب داخلی را تحت عنوان ردپای آب یک کشور معرفی کردند، که شاخص مناسبی برای تعیین میزان مصرف واقعی آب است. به کمک این شاخص می‌توان تقاضای واقعی آب در هر جامعه در اثر نوع الگوی مصرف مردم از منابع آب را تعیین کرد. بنابراین آن‌ها با معرفی این شاخص توانستند اطلاعات مفیدی را در ارتباط بین الگوی مصرفی افراد و به دنبال آن میزان آب مصرفی در تولید محصولات مختلف، مبادلات جهانی آب و مدیریت منابع آبی، ارائه دهند. تا قبل از معرفی شاخص ردپای آب، میزان آب مصرفی در تولیدات یک کشور مورد بررسی قرار می‌گرفت که نمی‌توانست نیاز واقعی یک کشور به منابع آبی را نشان دهد. درحالی‌که ردپای آب، حجم کل آبی است که در تولید کالا و خدمات مصرفی برای ساکنان آن جامعه به کار می‌رود. از طرفی ردپای آب را می‌توان برای گروه‌های مختلف از مصرف کنندگان مانند خانواده، اصناف، جمعیت روستایی، شهری، استانی و کشوری در مقیاس زمانی، مکانی، داخلی و یا خارجی محاسبه کرد. در نتیجه، پس از محاسبه شاخص ردپای آب و برآورد حجم آب مصرفی و با توجه به ظرفیت منطقه، می‌توان راهکارهایی برای استفاده پایدار از منابع آبی در آن منطقه ارائه نمود. باید توجه داشت که مقدار آب مجازی مورد نیاز برای تولید هر کالا یا محصول و در پی آن ردپای آب با توجه به شرایط اقلیمی، فرهنگی، مدیریت و برنامه‌ریزی در هر کشور و حتی منطقه، متفاوت است. این مسأله موجب می‌شود که مطالعات برآورد مقدار آب مجازی در هر منطقه امری ضروری باشد

[1] World water and climate Atlas

[2] Water Footprint (WF)

(اویسی و همکاران، ۱۳۹۸) (۳) . نیاز به افزایش تولید غذا برای جمعیت رو به رشد ایران، موضوع ارزیابی بهره‌وری آب در بخش کشاورزی و نیز مبادلات آب مجازی را تبدیل به امری مهم ساخته است. مفهوم آب مجازی همراه با ردپای آب، بسیاری از مسائل و بخش‌ها را به یکدیگر ارتباط داده و چارچوب مناسبی را برای مدیریت بهینه منابع آب ارائه می‌دهد (میرچولی و همکاران، ۱۳۹۵). در ادامه به برخی از پژوهش‌های انجام یافته در کشور که با بهره‌گیری از این مفهوم انجام یافته است اشاره می‌گردد (۲۷).

سیدان و فیروزآبادی (۱۳۹۷) با تحلیل آب مجازی محصولات اساسی بخش کشاورزی در استان همدان سعی در کمک به سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی در مصرف بهینه منابع آب داشتند (۱۶). نتایج این پژوهش حاکی از آن است که مجموع آب مجازی صادر شده از طریق گندم، سیب زمینی، جو، یونجه، چغندرقند، ذرت دانه‌ای و سیر معادل ۶۶۵ میلیون مترمکعب است. ایشان کاهش کشت محصولاتی نظیر سیب زمینی و چغندرقند و جایگزینی آن‌ها با محصولاتی نظیر ذرت علوفه‌ای و سیر را توصیه نموده‌اند.

مردانی و همکاران (۱۳۹۶) با هدف بهینه‌سازی مبادلات آب مجازی در الگوی کشت ۲۳ شهرستان واقع در استان اصفهان، الگوی منطقه-ای چندمعیاره با توانایی برنامه‌ریزی نقل و انتقال محصولات تولیدی، طراحی و اجرا نمودند (۲۴). از نتایج آن الگو، بهبود واردات خالص آب مجازی[1] به میزان ۱۳۶/۵ میلیون مترمکعب و بهبود شاخص سرانه آب تجدیدپذیر با میانگین ۱۱۹ مترمکعب در سال است. ایشان پیشنهاد می‌نمایند که با تعیین دقیق مبادلات خالص آب مجازی منطقه‌ای و انتقال محصولات کشاورزی، می‌توان به مقابله با توزیع زمانی و مکانی نامناسب نزولات جوی در استان اصفهان پرداخت.

محمدی و همکاران (۱۳۹۶) با هدف تعیین مناسب‌ترین استان کشور برای تولید محصول سیب‌زمینی، از نظر مصرف آب شیرین، از شاخص ردپای آب استفاده نموده‌اند و در نهایت به این نتیجه رسیده‌اند که با توجه به این شاخص، همدان بهترین منطقه برای کاشت سیب زمینی و استان سمنان نامناسب‌ترین استان است (۲۳). درضمن با اینکه میانگین ردپای آب تولید سیب زمینی در سطح کشور نزدیک به ۵۲۷ مترمکعب بر تن بوده، استان همدان با مصرف ۳۳۸ میلیون مترمکعب آب و استان خراسان شمالی با مصرف ۱۸ میلیون مترمکعب، به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار از منابع آبی خود را به تولید این محصول تخصیص داده‌اند.

یوسفی و همکاران (۱۳۹۶) با استفاده از اطلاعات آمارنامه‌های جهاد کشاورزی و نرم‌افزار NETWAT به ارزیابی ردپای محصولات زراعی و باغی استان تهران پرداخته‌اند (۲۹). ایشان بالاترین ردپای آب را مربوط به گندم و کمترین آن را مربوط به سیب اعلام کرده‌اند. همچنین شهرستان‌های جنوبی استان مانند ورامین و اسلامشهر را برای محصولاتی همچون گندم و جو و شهرستان دماوند را برای محصولات باغی، دارای اولویت معرفی کرده‌اند.

بذرافشان و همکاران (۱۳۹۶) با هدف بررسی کاربرد مفهوم آب مجازی در مدیریت منابع آبی مناطق خشک و بیابانی به برآورد بیلان آب مجازی در بخش کشاورزی در استان هرمزگان پرداخته‌اند. (۵) در همین راستا، حجم آب مجازی، بیلان صادرات و واردات و ارزش آب مجازی برای ۱۲ محصول عمده کشاورزی استان هرمزگان در یک دهه را بررسی کرده‌اند. در این پژوهش نخیلات، جو آبی و سیب زمینی بیشترین حجم آب مجازی مصرفی را به خود اختصاص داده‌اند. در نهایت با توجه به کاهش فشار بر منابع آب استان، پیشنهاد به کشت محصولات با نیاز آبی کمتر و سود بیشتر نموده‌اند.

عابدی و تهامی‌پور (۱۳۹۵) تراز تجاری آب مجازی در بخش کشاورزی استان زنجان را اندازه‌گیری و تحلیل نموده‌اند (۱۷). ایشان صادرات آب مجازی از استان را ۲۶/۵۳ میلیون مترمکعب محاسبه کردند که ۹۵ درصد از آن مربوط به محصولات باغی است. محصولات مورد بررسی در آن پژوهش، گندم آبی، سیب زمینی، پیاز، گوجه فرنگی، خربزه، طالبی، هندوانه، سیر، سیب، انگور و بادام بوده است. همچنین از آنجا که میزان آب مورد استفاده را ۱۰۱۰/۲۶ میلیون مترمکعب و کل منابع آب استان زنجان را ۴۱۵۸ میلیون مترمکعب محاسبه نموده‌اند، شاخص خودکفایی بخش کشاورزی استان زنجان در مورد آب را ۱۰۰ درصد و شدت مصرف آب در این بخش را ۲۴ درصد از منابع آب تجدید شونده استان، برآورد کرده‌اند.

زارع ابیانه و همکاران (۱۳۹۴) به ارزیابی حجم آب مجازی مبادلاتی محصولات زراعی استان همدان و ارزش اقتصادی آن پرداخته‌اند (۱۴). ایشان محصولات را در چهار گروه غلات (گندم و جو)، سبزیجات (سیب زمینی و سیر)، صنعتی (چغندر قند) و علوفه‌ای (یونجه) بررسی کردند و میانگین ارزش آب صادر شده به خارج استان را ۱۹۵۴۷ میلیون ریال تخمین زده‌اند.

باقری خلیلی و همکاران (۱۳۹۵) به بررسی و مقایسه مقدار آب مجازی سویا و برنج در استان مازندران پرداخته‌اند (۴) . ایشان با استفاده از داده‌های اقلیمی و داده‌های مربوط به تقویم کشت، متوسط عملکرد و سطح زیرکشت برنج و سویا، متوسط ۵ ساله آب مصرفی برای تولید برنج و سویا را ۴۷۵۵/۶ و ۵۳۳۰/۶ مترمکعب بر هکتار محاسبه نموده-اند. نتایج آن پژوهش نشان داد که بهره‌وری آب در کشت برنج، بهتر از کشت سویا در استان مازندران است و اگر بتوان بهره‌وری آبیاری را ۲۵ درصد افزایش داد، متوسط آب مجازی در سطح استان در کشت برنج و سویا، به ترتیب ۳۵ و ۳۴ درصد کاهش یافته و شاخص بهره-وری به ترتیب ۴۰ و ۳۲ درصد افزایش خواهد یافت.

پورجعفری نژاد و همکاران (۱۳۹۳) به محاسبه محتوای آب مجازی محصولات راهبردی استان کرمان یعنی پسته و خرما در کنار

[1] Net Virtual Water Import (NVWI)

محصولاتی مانند گندم، جو، ذرت و دیگر محصولات پرداخته‌اند (۷). ایشان استان کرمان را صادر کننده ۲/۶۴ میلیارد متر مکعب آب مجازی معرفی نموده‌اند؛ یعنی استان کرمان ۱۰۰ درصد در تأمین محصولات عمده مورد نیاز خود، از منابع آب داخلی استفاده می‌کند. همچنین اشاره کرده‌اند که پسته و خرما بیشترین میزان آب مجازی را در بین محصولات دارند؛ اما با توجه به حجم بالای صادرات این دو محصول و ورود ارز به داخل کشور، به راحتی نمی‌توان این دو محصول را کاست. اما پیشنهاد می‌دهند که از احداث باغ‌های جدید این دو محصول جلوگیری شود و محصولاتی با آب مجازی کمتر مانند انار، به، پرتقال، سیب و صیفی‌جات که با شرایط آب و هوایی استان کرمان نیز سازگارند، توسعه یابند که باعث کاهش فشار وارده بر منابع آب داخلی استان شود.

در سال‌های اخیر محققین متعددی به بررسی آب مجازی در محصولات مختلف در ایران پرداخته‌اند که در جدول ۱ شماری از آن‌ها به طور خلاصه ارائه شده است.

جدول ۱ – پژوهشگرانی که به بررسی آب مجازی در محصولات کشاورزی در ایران پرداخته‌اند.

ردیف	پژوهشگران	منطقه مورد بررسی	محصولات مورد بررسی
۱	قاسمی‌پور و عباسی (۲۰۱۹) (۴۰)	استان خراسان جنوبی	غلات، سبزیجات غده‌ای، محصولات جالیزی، میوه‌ها و دانه‌های روغنی
۲	نجفی علمدارلو و همکاران (۲۰۱۹) (۳۸)	ایران	گندم
۳	رضایی کلوانی و همکاران (۲۰۱۹) (۴۱)	استان تهران	سیب، زردآلو، گیلاس، آلبالو، گلابی، آلو، بادام، گردو، پسته، انار، هلو، گندم، یونجه، جو، لوبیا، پنبه، ذرت، گوجه فرنگی، سیب زمینی، انگور، طالبی، هندوانه و پیاز
۴	یوسفی و همکاران (۲۰۱۹) (۴۳)	ایران	هندوانه و طالبی
۵	هاشمی و همکاران (۲۰۱۸) (۳۵)	تهران	گندم
۶	اسدی و همکاران (۲۰۱۸) (۳۳)	حوضه دریاچه ارومیه	گندم، نیشکر، گوجه فرنگی، یونجه و ذرت
۷	پشکی و همکاران (۲۰۱۷) (۳۹)	ایران	آفتابگردان، بادام زمینی، برنج، جو، چای، سویا، شکر، گندم، موز و ذرت
۸	آبابایی و رمضانی اعتدالی (۲۰۱۷) (۳۱)	ایران	گندم، جو، ذرت
۹	کاراندیش و هواکسترا (۲۰۱۷) (۳۷)	ایران	غلات، حبوبات، نیشکر، سبزیجات غده‌ای، دانه‌های روغنی، سبزیجات و میوه‌ها
۱۰	یوسی و همکاران (۲۰۱۷) (۴۲)	ایران	نخود و لوبیا
۱۱	آبابایی و رمضانی اعتدالی (۲۰۱۴) (۳۰)	ایران	گندم
۱۲	عربی و همکاران (۲۰۱۲) (۳۲)	ایران	نخیلات، غلات، دانه‌های روغنی، حبوبات، نباتات علوفه‌ای، محصولات صنعتی و میوه
۱۳	فرامرزی و همکاران (۲۰۱۰) (۳۴)	ایران	ذرت، جو، برنج، گندم و حبوبات
۱۴	اویسی و همکاران (۱۳۹۸) (۳)	استان اصفهان	گندم
۱۵	فرزی و همکاران (۱۳۹۸) (۲۱)	استان کرمانشاه	گندم، جو، ذرت علوفه‌ای، ذرت دانه‌ای، نخود، لوبیا، عدس، چغندرقند، کنجد، آفتابگردان، سیب زمینی، پیاز، گوجه فرنگی، هندوانه، خیار، یونجه، شبدر
۱۶	دهقان و همکاران (۱۳۹۸) (۱۰)	استان خراسان جنوبی	گندم، جو، پنبه، چغندرقند، حبوبات، سبزیجات، هندوانه، یونجه، ذرت علوفه‌ای، زیره، انگور، پسته، بادام، زرشک، خرما، انار و عناب
۱۷	بذرافشان و گرگانی نژاد مشیزی (۱۳۹۷) (۶)	استان هرمزگان	گوجه فرنگی
۱۸	سیدان و فیروزآبادی (۱۳۹۷) (۱۶)	استان همدان	گندم، سیب زمینی، جو، یونجه، هندوانه، چغندرقند، ذرت دانه‌ای، سیر و ذرت علوفه‌ای
۱۹	کیانی (۱۳۹۷) (۲۲)	ایران	سیب زمینی، پیاز، گوجه فرنگی، هندوانه، خیار، سیب درختی، پسته، خرما، گندم، جو، شلتوک، ذرت دانه‌ای، چغندرقند، نیشکر و پرتقال
۲۰	محمدی و همکاران (۱۳۹۶) (۲۳)	ایران	سیب زمینی
۲۱	علیقلی‌نیا و همکاران (۱۳۹۶) (۲۰)	حوضه دریاچه ارومیه	گندم، ذرت، یونجه، چغندرقند و گوجه فرنگی
۲۲	رمضانی اعتدالی و همکاران (۱۳۹۶) (۱۳)	دشت قزوین	گندم آبی، جو آبی، ذرت دانه‌ای، ذرت علوفه‌ای، یونجه، گوجه فرنگی، کلزا، عدس و نخود

ردیف	پژوهشگران	منطقه مورد بررسی	محصولات مورد بررسی
۲۳	یوسفی و همکاران (۱۳۹۶) (۲۹)	استان تهران	گندم، جو، ذرت، ذرت علوفه، هندوانه، زردآلو و پسته
۲۴	بذرافشان و همکاران (۱۳۹۶) (۵)	استان هرمزگان	گندم، جو، ذرت دانه‌ای، گوجه فرنگی، پیاز، سیب زمینی، بادمجان، فلفل، هندوانه، خربزه، خیار، نخیلات و مرکبات
۲۵	علیقلی‌نیا و همکاران (۱۳۹۵) (۱۹)	حوضه دریاچه ارومیه	ذرت علوفه‌ای، یونجه، گوجه فرنگی، چغندر و گندم
۲۶	میرچولی و همکاران (۱۳۹۵) (۲۷)	ایران	گندم، جو، ذرت، برنج، سیب زمینی، پیاز، پرتقال، سیب و نخود فرنگی
۲۷	رمضانی اعتدالی و آبابایی (۱۳۹۵) (۱۲)	ایران	جو
۲۸	آقاجانی و همکاران (۱۳۹۵) (۲)	حوضه آبریز سفیدرود	برنج و گندم
۲۹	منتصری و همکاران (۱۳۹۵) (۲۵)	حوضه دریاچه ارومیه	ذرت علوفه‌ای، یونجه، گوجه فرنگی، چغندر و گندم
۳۰	خرمی وفا و همکاران (۱۳۹۵) (۹)	منطقه کوزران (کرمانشاه)	گندم و ذرت
۳۱	عابدی و تهامی پور (۱۳۹۵) (۱۷)	استان زنجان	گندم، سیب‌زمینی، پیاز، گوجه فرنگی، خربزه و طالبی، هندانه، سیر، سیب، انگور و بادام
۳۲	باقری خلیلی و همکاران (۱۳۹۵) (۴)	استان مازندران	سویا و برنج
۳۳	زارعی و جعفری (۱۳۹۴) (۱۵)	ایران	انگور، بادام، پسته، پیاز، خربزه، خرما، خیار، زعفران، زیره، سیب، سیب زمینی، کیوی، گوجه فرنگی، مرکبات، نخود و هندوانه
۳۴	آبابایی و رمضانی اعتدالی (۱۳۹۴) (۱)	ایران	گندم
۳۵	زارع ابیانه و همکاران (۱۳۹۴) (۱۴)	استان همدان	یونجه، گندم، جو، سیر، سیب زمینی، چغندرقند
۳۶	عربی یزدی و همکاران (۱۳۹۳) (۱۸)	استان خراسان جنوبی	گندم، جو، ذرت علوفه‌ای، ذرت دانه‌ای، یونجه، شبدر، پنبه، چغندرقند، سیب زمینی، پیاز، هندوانه، خربزه، گرمک و طالبی، خیار، گوجه فرنگی، کنجد، عدس، نخود و ماش، سبزیجات برگی، زیره، انگور و هلو
۳۷	پورجعفری نژاد و همکاران (۱۳۹۳) (۷)	استان کرمان	پسته، خرما، انار، به، پرتقال، سیب، گندم، جو، پیاز، گوجه فرنگی، هندوانه، سیب زمینی، ذرت

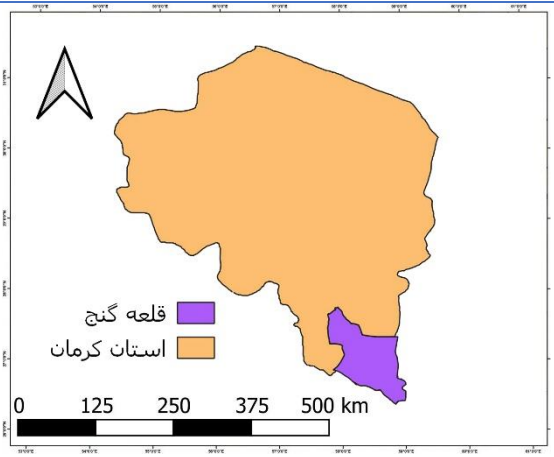
شهرستان قلعه‌گنج در سال ۱۳۹۳ به عنوان نمونه(پایلوت) برای وضع سیاست‌ها و اجرای اقدامات جهت پیشرفت و آبادانی و فقرزدایی انتخاب شد، به طوری که نتایج و تجربیات حاصل از طرح آبادانی و پیشرفت شهرستان قلعه گنج، بتواند در دیگر مناطق کشور مورد استفاده قرار گیرد (حاج علیزاده و همکاران، ۱۳۹۷) (۸).

در این تحقیق، الگوی کشت در استان کرمان و شهرستان قلعه گنج مقایسه شده است. هدف آن است که ضمن در نظر گرفتن سطح زیرکشت، میزان تولید و محاسبه عملکرد، آب مجازی آبی و سبز و شاخص وابستگی به آب در محصولات عمده شهرستان قلعه گنج مورد بررسی قرار گرفته و با محصولات مشابه در استان کرمان مقایسه شوند. بر این اساس ضمن توجه به میزان تولید محصولات، تلاش شده است در جهت ممانعت از صادرات آب مجازی از طریق عدم تولید محصولات آب‌بر و کم بازده در شهرستان نتایجی ارائه گردد.

مواد و روش‌ها

ویژگی‌های منطقه مطالعاتی

استان کرمان در جنوب شرق ایران واقع شده و با مساحت ۱۸۱۷۳۷ کیلومتر مربع و در حدود ۱۱ درصد از خاک ایران، پهناورترین استان کشور محسوب می‌شود. از کل مساحت استان، حدود ۵ درصد اراضی کشاورزی، ۴۵ درصد مرتع، ۱۳ درصد جنگل و ۳۷ درصد را بیابان تشکیل می‌دهد. این استان از شمال با استان‌های خراسان و یزد، از جنوب با استان هرمزگان، از شرق با استان سیستان و بلوچستان و از غرب با استان فارس همسایه است.اشتغال استان در بخش‌های سه گانه کشاورزی حدود ۳۰ درصد، صنعت و معدن حدود ۲۵ درصد و خدمات حدود ۴۵ درصد است.



شکل ۱ – موقعیت جغرافیایی شهرستان قلعه گنج در استان کرمان.

شهرستان قلعه‌گنج در جنوبی‌ترین بخش استان کرمان واقع شده است. از شمال به شهرستان کهنوج و رودبار جنوب، از جنوب به بندر جاسک واقع در استان هرمزگان و شهرستان فنوج واقع در استان سیستان و بلوچستان، از شرق به استان سیستان و بلوچستان و تالاب جازموریان و از غرب به منطقه حفاظت شده مارز و شهرستان منوجان ختم می‌شود. وسعت شهرستان حدود ۱۰۴۴۰ کیلومتر مربع است. قلعه‌گنج در سال ۱۳۸۴ از شهرستان کهنوج جدا شده است. شهرستان قلعه‌گنج، در یک ناحیه به نسبت بیابانی قرار گرفته به طوری‌که وضعیت آب و هوای آن خشک و فراخشک گرم بوده و میزان تبخیر و تعرق چندین برابر بارندگی است. طولانی بودن دوره گرما، وزش بادهای تند و ایجاد طوفان‌ها، بارندگی کم، درجه حرارت بالای ۵۰ درجه در ساعاتی از روزهای تابستان، از خصوصیات آب و هوایی این منطقه است. بیش از نیمی از شاغلین شهرستان قلعه گنج در بخش کشاورزی و در حدود ۱ درصد در بخش صنعت و مابقی در بخش خدمات شاغل هستند. بنابراین سهم عمده فعالیت‌های اقتصادی شهرستان قلعه گنج در بخش کشاورزی خلاصه می‌گردد و مدیریت منابع آب در بخش کشاورزی دارای اهمیتی دو چندان است.

روش مطالعاتی

برای محاسبه مقدار آب مورد نیاز جهت تولید محصولات کشاورزی، از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$SWD_c = \frac{CWP_c}{CY_c} \quad (۱)$$

که در آن SWD مقدار آب مورد نیاز (مترمکعب بر تن) جهت تولید محصول c، CWP مقدار نیاز آبی محصول (مترمکعب در هکتار) و CY عملکرد تولید (تن بر هکتار) است. پس از محاسبه محتوای آب مجازی محصولات کشاورزی، با محاسبه مقدار صادرات محصولات کشاورزی و واردات محصولات کشاورزی هر شهرستان، مقدار صادرات یا واردات آب مجازی و واردات خالص آب مجازی شهرستان $NVWI$ محاسبه خواهد شد (کیانی، ۱۳۹۷) (۲۲). نیاز آبی هر گیاه مجموع میزان تبخیر سطحی و تعرق از گیاه است که پارامترهای اقلیم، زمان تولید، روش آبیاری و نوع گیاه از مهم‌ترین پارامترهای مؤثر بر آن هستند (بذرافشان و گرگانی نژاد مشیزی، ۱۳۹۷) (۶).

در این تحقیق نیاز آبی از نرم‌افزارNETWAT استخراج شده است. این نرم افزار به عنوان خروجی سند ملی آب نیاز خالص آبی گیاهان باغی و زراعی را محاسبه می‌کند. سند ملی آب مجموعه‌ای ۷۸ جلدی است که مؤسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی، اقتصاد کشاورزی و توسعه روستایی آن را از منابع زیر جمع‌آوری و با بهره‌گیری از دانش و تجارب کارشناسان وزارت جهادکشاورزی با توجه به اقلیم‌های مختلف کشور در سال ۱۳۹۶ به‌روزرسانی نموده‌است (مؤسسه پژوهش‌های برنامه–ریزی، اقتصاد کشاورزی و توسعه روستایی، ۱۳۹۶) (۲۸):

- داده‌های مربوط به دوره رشد گیاه در نسخه قبلی سند ملی آب (جلد ۷)
- مجموعه مستندات سازمان خواروبار جهانی (فائو) برای گیاهان زراعی و باغی ایران (مجلدات ۳۴ الی ۴۱)
- پروژه‌های پژوهشی و مطالعات مهندسین مشاور، رساله‌های دانشگاهی، گزارش‌های علمی، مقالات علمی پژوهشی و ... (مجلدات ۴۲ الی ۵۰)

نیاز آبی هر محصول در منطقه مورد نظر بر اساس آب آبی و آب سبز است. آب آبی عبارت است از آب سطحی و زیرزمینی که در فرایند تولید محصول مورد استفاده قرار می‌گیرد (بذرافشان و همکاران، ۱۳۹۶) (۵). بعد از محاسبه نیازی آب آبی و سبز هر محصول می‌توان محتوای آب مجازی آبی و سبز محصولات کشاورزی را محاسبه نمود.

نیاز آب سبز محصول CW_G و نیاز آب آبی محصول CW_B برابر است با (یوسفی و همکاران، ۱۳۹۶) (۲۹):

$$CW_G = 10 \times \sum_{d=1}^{T}(ET_{Green}) \quad (۲)$$

$$ET_{Green} = \min(ET_c , P_{eff}) \quad (۳)$$

$$CW_B = 10 \times \sum_{d=1}^{T}(ET_{Blue}) \quad (۴)$$

$$ET_{Blue} = \min(0 , ET_c - P_{eff}) \quad (۵)$$

که در آن، ضریب ده تبخیر و تعرق را از میلی‌متر به مترمکعب بر کیلوگرم تبدیل می‌کند. T طول مدت رشد گیاه در دوره رشد d (روز) است. ET_c نشان دهنده تبخیر و تعرق محصول، ET_{Green}، تبخیر و تعرق آب سبز و ET_{Blue} نیز نشان دهنده تبخیر و تعرق آب آبی است. P_{eff} نشان دهنده مقدار بارش مؤثر است.

تبخیر و تعرق محصول و مقدار بارش مؤثر از نرم‌افزار NETWAT استخراج شده است.

بهره‌وری آب کشاورزی هر محصول استفاده صحیح از آب به همراه افزایش تولید است:

$$CWP_c = \frac{1}{SWD_c} \quad (۶)$$

شاخص وابستگی به آب[1] WD ، شاخصی است که منعکس کننده وابستگی یک منطقه به منابع آب خارج از آن (از طریق واردات آب مجازی) است:

$$WD = \begin{cases} \frac{NVWI}{NVWI+WU} \times 100 & NVWI \geq 0 \\ 0 & NVWI < 0 \end{cases} \quad (۷)$$

که در این رابطه‌ها، NVWI میزان خالص واردات آب مجازی (تراز خالص آب مجازی) محصول است که از تفاضل واردات و صادرات آب مجازی تعیین می‌شود. اگر $WD = 0$ باشد، یعنی واردات و صادرات ناخالص آب مجازی در تعادل بوده و یا اینکه نشان دهنده صادرات آب مجازی است. اگر وابستگی به آب یک منطقه به ۱۰۰ درصد نزدیک شود، آنگاه آن استان تقریباً به طور کامل به واردات آب مجازی متکی است. اگر این شاخص منفی باشد، آن منطقه صادر کننده‌ی آب مجازی است. شاخص خودکفایی آب[2] WSS به صورت رابطه زیر تعریف می‌شود:

$$WSS = 100 - WD \quad (۸)$$

این رابطه عکس شاخص وابستگی آب است و توانایی یک منطقه را در تأمین آب مورد نیاز برای تولید کالاها و خدمات، از منابع آب داخلی نشان می‌دهد. اگر شاخص خودکفایی آب به صفر نزدیک شود، آنگاه یک منطقه به شدت به وارد کردن آب به صورت مجازی متکی است (اویسی و همکاران، ۱۳۹۸) (۳).

نتایج و بحث

با توجه به اطلاعات گردآوری شده، سطح زیرکشت و میزان تولید محصولات، ثبت شده است. همچنین با توجه به روابط مطرح شده، عملکرد، میزان آب مجازی، سهم آب مجازی آبی و سبز، ردپای آب و بهره‌وری محصولات مختلف کشت شده در شهرستان قلعه‌گنج در بازه زمانی ۶ ساله ۱۳۹۰ الی ۱۳۹۵ محاسبه شده است (جدول ۲). در ادامه، همین محاسبات برای محصولات متناظر در استان کرمان انجام شده است (جدول ۳).

براساس آمار وزارت جهاد کشاورزی بازده آبیاری در کشور ۴۰ درصد است. با این حال سازمان خواروبار جهانی[3] بازده آبیاری در ایران را معادل ۳۲ درصد اعلام نموده که این مقدار یکی از کمترین بازده‌های آبیاری در سطح جهان است (خرمی وفا و همکاران، ۱۳۹۵). در انجام محاسبات این مقاله بازده آبیاری ۴۰ درصد لحاظ شده است.(۹)

بنابر جدول ۲ بیشترین سطح زیرکشت و بیشترین محصول تولید شده در استان کرمان به ترتیب گندم با ۲۷۱۳۳۴ تن تولید و عملکرد ۳/۰۱ تن در هکتار و هندوانه با ۷۲۰۷۸۰ تن تولید و عملکرد ۲۸/۷۷ تن در هکتار است. درحالی‌که کمترین سطح زیرکشت و کمترین محصول تولید شده در استان کرمان به ترتیب پیاز با ۲۷۱۴۲۳ تن تولید و عملکرد نزدیک به ۴۷ تن در هکتار و جو با ۶۷۷۹۷ تن تولید و عملکرد ۲/۴۹ تن در هکتار است. پیاز بیشترین شاخص بهره‌وری آب را دارد، به نحوی که با هر یک مترمکعب آب نزدیک به ۳ کیلوگرم محصول به دست می‌آید. در حال حاضر با توجه به شاخص وابستگی آب محصولات هندوانه، سیب‌زمینی، پیاز و یونجه، آب مجازی استان صادر می‌شود.

جدول ۲ - سطح زیرکشت، تولید، عملکرد، آب مجازی، آب مجازی آبی، آب مجازی سبز، ردپای آب و شاخص بهره‌وری آب در محصولات مورد بررسی در استان کرمان و در بازه زمانی ٦ ساله از ۱۳۹۰ الی ۱۳۹۵.

محصول	سطح زیرکشت (ha)	تولید (ton)	عملکرد (ton/ha)	آب مجازی (m^3/kg)	آب مجازی آبی (m^3/kg)	آب مجازی سبز (m^3/kg)	شاخص بهره‌وری آب (kg/m^3)	شاخص وابستگی به آب	شاخص خودکفایی آب
گندم	۹۰۱۴۵	۲۷۱۳۳۴	۳/۰۱	۴/۹۴۹	۴/۹۲۶	۰/۰۲۳	۰/۲۰	٪۳۶	٪۶۴
جو	۲۷۲۶۲	۶۷۷۹۷	۲/۴۹	۴/۶۷۳	۴/۶۴۶	۰/۰۲۷	۰/۲۱	٪۴۸	٪۵۲
ذرت دانه‌ای	۳۱۶۸۶	۲۱۱۲۶۹	۶/۶۷	۲/۹۳۱	۲/۹۳۱	۰/۰۰۰	۰/۳۴	٪۱۰	٪۹۰
هندوانه	۲۵۰۵۵	۷۲۰۷۸۰	۲۸/۷۷	۰/۵۵۴	۰/۵۵۳	۰/۰۰۱	۱/۸۰	٪۰	٪۱۰۰
سیب‌زمینی	۱۴۲۰۱	۳۴۳۰۸۰	۲۴/۱۶	۰/۷۳۴	۰/۷۳۲	۰/۰۰۲	۱/۳۶	٪۰	٪۱۰۰
پیاز	۵۷۳۸	۲۷۱۴۲۳	۴۷/۳۰	۰/۳۴۲	۰/۳۴۱	۰/۰۰۱	۲/۹۲	٪۰	٪۱۰۰
یونجه	۴۷۷۱۰	۵۰۵۰۱۱	۱۰/۵۹	۳/۱۶۷	۳/۱۶۵	۰/۰۰۲	۰/۳۲	٪۱	٪۹۹

محاسبات توسط محقق؛ منبع: سازمان جهاد کشاورزی جنوب کرمان و اداره کل هواشناسی استان کرمان.

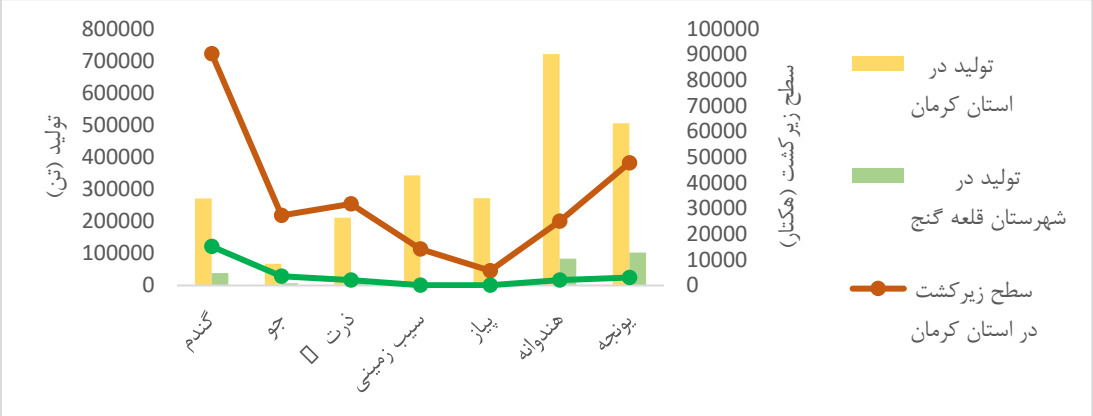
[1] Water Dependency
[2] Water Self Sufficiency
[3] Food and Agriculture Organization (FAO)

جدول ۳ – سطح زیرکشت، تولید، عملکرد، آب مجازی، آب مجازی آبی، آب مجازی سبز، ردپای آب و شاخص بهره‌وری آب در محصولات مورد بررسی در شهرستان قلعه‌گنج و در بازه زمانی ٦ ساله از ۱۳۹۰ الی ۱۳۹۵.

محصول	سطح زیرکشت (ha)	تولید (ton)	عملکرد (ton/ha)	آب مجازی (m^3/kg)	آب مجازی آبی (m^3/kg)	آب مجازی سبز (m^3/kg)	شاخص بهره‌وری آب (kg/m^3)	شاخص وابستگی به آب	شاخص خودکفایی آب
گندم	۱۵۱۵۹	۳۸۹۱۳	۲/۵۷	۳/۱۱۶	۳/۰۹۱	۰/۰۲۶	۰/۳۲	٪۰	٪۱۰۰
جو	۳۵۲۷	۶۵۵۶	۱/۸۶	۳/۶۳۲	۳/۵۹۶	۰/۰۳۶	۰/۲۸	٪۰/۰۳	٪۹۹/۹۷
ذرت دانه‌ای	۲۰۳۶	۱۵۵۵۰	۷/۶۴	۲/۱۵۷	۲/۱۵۷	۰/۰۰۰	۰/۴۶	٪۰	٪۱۰۰
هندوانه	۲۰۹۲	۸۳۷۷۶	۴۰/۰۴	۰/۳۴۰	۰/۳۳۹	۰/۰۰۱	۲/۹۴	٪۰	٪۱۰۰
سیب‌زمینی	۹۵	۳۹۰۸	۴۰/۹۹	۰/۳۲۱	۰/۳۲۰	۰/۰۰۱	۳/۱۲	٪۰	٪۱۰۰
پیاز	۱۳۴	۵۷۷۲	۴۳/۰۲	۰/۲۵۵	۰/۲۵۳	۰/۰۰۲	۳/۹۳	٪۰	٪۱۰۰
یونجه	۳۱۴۲	۱۰۲۷۴۴	۳۲/۷۰	۱/۳۱۶	۱/۳۱۴	۰/۰۰۲	۰/۷۶	٪۰	٪۱۰۰

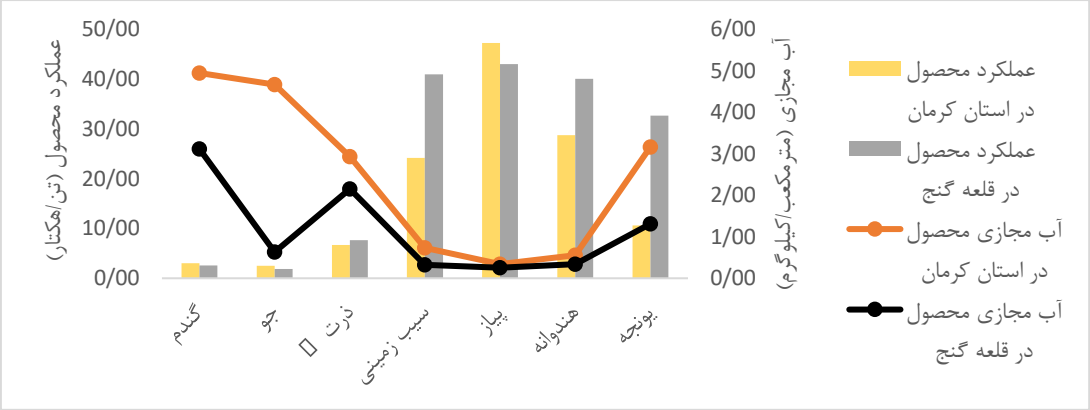
محاسبات توسط محقق؛ منبع: سازمان جهاد کشاورزی جنوب کرمان و اداره کل هواشناسی استان کرمان.

بنابر جدول ۳ بیشترین سطح زیرکشت و بیشترین محصول تولید شده در شهرستان قلعه گنج به ترتیب گندم با ۳۸۹۱۳ تن و یونجه با ۱۰۲۷۴۴ تن است. درحالی‌که کمترین سطح زیرکشت و کمترین محصول تولید شده در شهرستان قلعه گنج مربوط به سیب‌زمینی با ۹۵ هکتار و ۳۹۰۸ تن است. در این شهرستان بیشترین عملکرد در سه محصول پیاز، سیب‌زمینی و هندوانه است. اگرچه کمترین محتوای آب مجازی در محصول پیاز ملاحظه می‌شود. با توجه به شاخص وابستگی به آب محصولات اصلی تولیدی در قلعه گنج و صادرات این محصولات به خارج از شهرستان، آب مجازی در حال صادر شدن از شهرستان است.



شکل ۲ – مقایسه سطح زیرکشت و تولید محصولات مورد بررسی در شهرستان قلعه گنج و استان کرمان از ۱۳۹۰ الی ۱۳۹۵.

زراعت گندم در شهرستان قلعه گنج حدود یک ششم از سطح زیر کشت گندم در استان کرمان را شامل می‌شد (شکل ۲). بیشترین تولید سالیانه محصول در شهرستان قلعه گنج، یونجه با بیش از ۱۰۲ هزار تن و در استان کرمان، هندوانه با بیش از ۷۲۰ هزار تن است و با توجه به شاخص وابستگی آب محصولاتی چون یونجه و هندوانه این حجم تولید نشانگر آن است که آب مجازی استان در حال صادر شدن است.

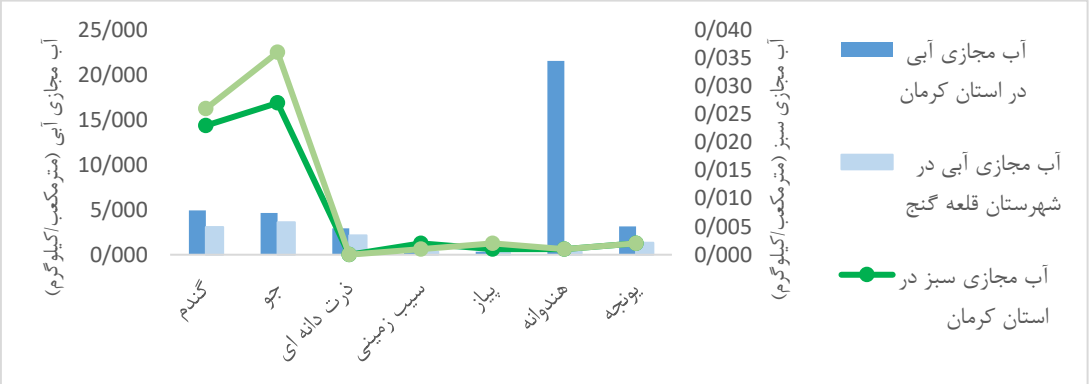


شکل ۳ – مقایسه عملکرد و آب مجازی محصولات مورد بررسی در شهرستان قلعه گنج و استان کرمان از ۱۳۹۰ الی ۱۳۹۵.

از طرفی در شهرستان قلعه گنج عملکرد یونجه در حدود ۳ برابر عملکرد آن در استان کرمان است (شکل ۳). این موضوع مزیت نسبی قابل توجهی برای شهرستان قلعه گنج به حساب می‌آید، در صورتی که مصرف این محصول در فعالیت‌های دامپروری و توجه به زنجیره ارزش محصول می‌تواند اثرات اقتصادی مؤثری در سطح شهرستان داشته باشد. از طرفی عملکرد یونجه و سیب‌زمینی در شهرستان قلعه گنج به ترتیب در حدود ۲۰۸ و ۷۰ درصد بیشتر از عملکرد آن‌ها در سطح استان است. در مقابل عملکرد گندم و جو در استان کرمان به ترتیب در حدود ۳۴ و ۱۷ درصد بیشتر از عملکرد آن‌ها در شهرستان قلعه گنج است.

از طرفی مشاهده می‌شود که محتوای آب مجازی محصولات مورد بررسی در استان کرمان بیشتر از محصولات مشابه در شهرستان قلعه گنج است. به طوری‌که محتوای آب مجازی یونجه و سیب‌زمینی در استان کرمان نزدیک به ۲/۴ و ۲/۳ برابر محتوای آب مجازی یونجه و سیب‌زمینی در شهرستان قلعه گنج است. در همین راستا محتوای آب مجازی ذرت دانه‌ای و پیاز نیز در استان کرمان به ترتیب در حدود ۳۵ درصد بیشتر از محتوای آب مجازی ذرت دانه‌ای و پیاز در شهرستان قلعه گنج است. این امر می‌تواند ناشی از اثرات اقلیم، دوره کاشت و برداشت و نحوه انجام عملیات کشاورزی باشد.

بنابراین اصلاح الگوی کشت در سطح استان با توجه به مزیت‌های نسبی کشت هر محصول در شهرستان‌های مختلف می‌تواند بهره‌وری بخش کشاورزی در استان را ارتقا دهد.



شکل ٤ – مقایسه آب مجازی آبی و سبز محصولات مورد بررسی در شهرستان قلعه گنج و استان کرمان از ۱۳۹۰ الی ۱۳۹۵.

در شکل (۴) مقدار آب مجازی آبی و سبز محصولات مورد بررسی در شهرستان قلعه گنج و استان کرمان با هم مقایسه شده است. کمترین اختلاف در میزان آب مجازی آبی در شهرستان قلعه گنج و استان کرمان مربوط به پیاز (۸۸ لیتر در کیلوگرم) است و بیشترین اختلاف آب مجازی آبی مربوط به هندوانه (در حدود ۲۱ لیتر در کیلوگرم) است. در تمام محصولات مورد بررسی، آب مجازی آبی در شهرستان قلعه گنج کمتر از آب مجازی آبی در استان کرمان است. اما برخلاف آب مجازی آبی، میزان آب مجازی سبز در تمام محصولات مورد بررسی در استان کرمان (به جز سیب‌زمینی) کمتر از میزان آن در شهرستان قلعه گنج است که نشان دهنده اثر گرما، تبخیر و خشکی خاک و نیاز به دوره‌های آبیاری بیشتر است. در هر صورت ملاحظه می‌شود که شهرستان قلعه گنج دارای پتانسیل کمی در استفاده از آب سبز است که در معرفی الگوی کشت به عوامل اقلیمی بایستی توجه کافی شود.

نتیجه‌گیری

در راستای ارزیابی عملکرد تولید کشاورزی در شهرستان قلعه گنج، محصولات عمده تولیدی در این شهرستان مورد بررسی قرار گرفته و با میزان تولید در استان کرمان مقایسه شده است. در این مقاله شاخص آب مجازی به عنوان یک پارامتر اصلی در انتخاب الگوی کشت در محصولات عمده مقایسه و بر این اساس پیشنهاد اولویت کشت محصول ارائه شده است.

در میان محصولات بررسی شده، گندم بیشترین سطح زیرکشت را در استان کرمان (۹۰۱۴۵ هکتار) و شهرستان قلعه گنج (۱۵۱۵۹ هکتار) به خود اختصاص داده است. اما عملکرد گندم در سطح استان کرمان بیش از ۱/۳ برابر عملکرد آن در شهرستان قلعه گنج است. بنابراین با توجه به اینکه در وضع موجود تولید گندم در شهرستان قلعه گنج مازاد بر مصرف داخلی این شهرستان است، توسعه کشت گندم در مناطق دیگر استان دارای مزیت بیشتری خواهد بود. از طرف دیگر در میان محصولات مورد بررسی، کمترین سطح زیرکشت در شهرستان قلعه گنج مربوط به سیب‌زمینی با ۹۵ (معادل ۰/۶۷ درصد از سطح زیرکشت سیب‌زمینی استان) است؛ در حالی که عملکرد سیب‌زمینی در شهرستان قلعه گنج ۴۱ تن در هکتار و محتوای آب مجازی آن ۰/۳۲۱ مترمکعب در کیلوگرم است؛ یعنی از هر ۳۲۱ لیتر آب یک کیلوگرم سیب‌زمینی به دست می‌آید که بعد از پیاز کمترین محتوای آب مجازی را در میان محصولات شهرستان قلعه گنج دارد.

بر اساس این پژوهش، پیشنهاد می‌شود تولید محصولاتی نظیر سیب زمینی و پیاز با توجه به مزیت برتر آن نسبت به استان کرمان ترویج و کشت محصولاتی نظیر هندوانه محدود گردد. کشت یونجه با توجه به عملکرد آن (۳۲/۷۰ تن بر هکتار در شهرستان و ۱۰/۵۹ تن در استان) و در صورت تکمیل واحد دامپروری و فرآوری محصول قابل توجیه است. این پیشنهاد در راستای کاهش فشار بر منابع آبی شهرستان مطرح می‌گردد اگرچه محصولات جایگزین دیگری نظیر کنجد یا کشت گلخانه‌ای نیز مطرح است که در پژوهش‌های بعدی به آن پرداخته خواهد شد.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

ملاحظات ویژه اخلاقی برای این پژوهش وجود نداشت. اما اصول عمومی اخلاق پژوهش پیروی شده است.

حامی مالی

هزینه‌های مطالعه حاضر توسط نویسندگان مقاله تامین شد.

مشارکت نویسندگان

طراحی و ایده پردازی: محمدرضا رحیمی پور انارکی، علی محمدی

روش شناسی و تحلیل داده‌ها: مجتبی رفیعیان، محمدرضا رحیمی پور انارکی، سعید کریمی

نظارت و نگارش نهایی: رضا ارجمندی، محمدرضا رحیمی پور انارکی، علی محمدی

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان مقاله حاضر فاقد هرگونه تعارض منافع بوده است.

منابع

۱. آبابایی، ب. و رمضانی اعتدال، ه. ۱۳۹۴. برآورد اجزای ردپای آب در تولید محصول گندم در سطح کشور. نشریه آب و خاک، ۲۹ (۶): ۱۴۵۸-۱۴۶۸.

۲. آقاجانی، م.، مصطفی زاده فرد، ب. و نوابیان، م. ۱۳۹۵. بررسی آب مجازی درون حوزه‌ای در حوضه آبریز سفیدرود. نشریه تحقیقات آب و خاک، ۴۷ (۳): ۵۷۹-۵۶۹.

۳. اویسی، ف.، فتاحی اردکانی، ا. و فهرستی ثانی. ۱۳۹۸. بررسی آب مجازی و ردپای اکولوژیک آب در محصول گندم آبی استان اصفهان. نشریه علوم آب و خاک، ۲۳ (۱): ۹۹-۸۷.

۴. باقری خلیلی، ز.، خوش روش، م. و غفاری، م. ۱۳۹۵. بررسی و مقایسه مقدار آب مجازی سویا و برنج در استان مازندران. نشریه پژوهش‌های کاربردی علوم آب، ۲ (۱): ۷۴-۵۴.

۵. بذرافشان، ا.، دهقان پیر، ش. و حلی ساز، ا. ۱۳۹۶. برآورد بیلان آب مجازی در بخش کشاورزی در استان هرمزگان طی دهه گذشته. نشریه مدیریت بیابان، ۵ (۱۰): ۱۲۹-۱۱۶.

۶. بذرافشان، ا. و گرگانی نژاد مشیزی، ز. ۱۳۹۷. تحلیل تغییرات زمانی و مکانی آب مجازی در محصول گوجه فرنگی در استان هرمزگان تحت تغییرات اقلیم. نشریه آب و خاک، ۳۲ (۱): ۴۳-۲۹.

۷. پورجعفری نژاد، ا.، علیزاده، ا.، نشاط، ع. و ابوالحسنی زراعتکار، م. ۱۳۹۳. مبادله آب مجازی به منظور بهبود بهره‌وری در مصرف آب (مطالعه موردی استان کرمان)، ۲ (۸): ۳۳۵-۳۲۵.

۸. حاج علیزاده، ا.، حیدروند، م. و سیرمی راد، م. ۱۳۹۷. ارزیابی توان اکولوژیکی برای تعیین کاربری زراعت در شهرستان قلعه گنج. قصلنامه پژوهش‌های روستایی، ۹ (۴): ۷۰۷-۶۹۰.

۹. خرمی وفا، م.، نوری، م.، مندنی، ف. و ویسی، ه. ۱۳۹۵. بررسی آب مجازی، بهره‌وری و ردپای اکولوژیک آب در مزارع گندم آبی و ذرت در منطقه کوزران (شهرستان کرمانشاه)، نشریه آب و توسعه پایدار، ۳ (۲): ۲۶-۱۹.

۱۰. دهقان، م.، شهیدی، ع.، نجفی مود، م. ح. و عربی یزدی، ا. ۱۳۹۸. برآورد و مقایسه ردپای آب در بخش صنعت و کشاورزی (مطالعه موردی: استان خراسان جنوبی). نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۳ (۱۳): ۵۶۵-۵۷۴.

۱۱. رضوی، س. س. و داوری، ک. ۱۳۹۲. نقش آب مجازی در مدیریت منابع آب. نشریه آب و توسعه پایدار، ۱ (۱): ۱۸-۹.

۱۲. رمضانی اعتدالی، ه. و آبابایی، ب. ۱۳۹۵. برآورد اجزای ردپای آب در تولید جو در مقیاس ملی و استانی. نشریه پژوهش آب در کشاورزی، ۳۰ (۳): ۴۴۳-۴۳۱.

۱۳. رمضانی اعتدالی، ه.، شکوهی، ع. و مجتبوی، س. ا. ۱۳۹۶. بهره‌گیری از مفهوم ردپای آب مجازی در تولید محصولات اصلی برای عبور از بحران آب منطقه قزوین. نشریه آب و خاک، ۳۱ (۲): ۴۲۲-۴۳۳.

۱۴. زارع ابیانه، ح.، آرام، م. و اخوان، س. ۱۳۹۴. ارزیابی حجم آب مجازی مبادلاتی محصولات عمده زراعی استان همدان. مجله پژوهش آب ایران، ۹ (۳): ۱۶۱-۱۵۱.

۱۵. زارعی، ق. و جعفری، ع. م. ۱۳۹۴. نقش واردات و صادرات محصولات مهم زراعی و باغی در تجارت مجازی آب و ردپای آب در کشاورزی ایران. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۵ (۹): ۷۹۷-۷۸۴.

۱۶. سیدان، س.م. و قدمی فیروزآبادی، ع. ۱۳۹۷. برآورد مبادله آب مجازی محصولات عمده زراعی(مطالعه موردی استان همدان). فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب. ۹(۳۳): ۱۱۱-۱۰۲.

۱۷. عابدی، س. و تهامی‌پور، م. ۱۳۹۵. اندازه‌گیری و تحلیل تراز تجاری آب مجازی در بخش کشاورزی استان زنجان. مجله تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران. ۴۷ (۴): ۸۱۴-۸۰۵.

۱۸. عربی یزدی، ا.، نیک نیا، ن.، مجیدی، ن. و امامی، ح. ۱۳۹۳. بررسی امنیت آبی در اقلیم‌های خشک از دیدگاه شاخص ردپای آب (مطالعه موردی: استان خراسان جنوبی)، نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۴ (۸): ۷۴۶-۷۳۵.

۱۹. علیقلی‌نیا، ت.، رضایی، ح.، بهمنش، ج. و منتصری، م. ۱۳۹۵. تخمین و ارزیابی ردپای آب آبی و سبز محصولات عمده مورد کشت در حوضه آبریز دریاچه ارومیه. نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، ۲۳ (۳): ۳۴۴-۳۳۷.

۲۰. علیقلی‌نیا، ت.، رضایی، ح.، بهمنش، ج. و منتصری، م. ۱۳۹۶. مطالعه شاخص ردپای آب برای محصولات غالب مورد کشت در حوضه آبریز دریاچه ارومیه و ارتباط آن با مدیریت آبیاری. نشریه دانش آب و خاک، ۲۷ (۴): ۴۸-۳۷.

۲۱. فرزی، س.، گلابی، م.ر. و رادمنش، ف. ۱۳۹۸. تعیین الگوی کشت بهینه مبتنی بر شاخص ردپای آب (مطالعه موردی: استان کرمانشاه). نشریه آبیاری و زهکشی، ۳ (۱۳): ۶۰۲-۵۸۸.

۲۲. کیانی، غ. ۱۳۹۷. بررسی وضعیت تجارت داخلی و بین‌المللی آب مجازی در ایران. نشریه علوم آب و خاک، ۲۲ (۱): ۱۲۵- ۱۱۵.

۲۳. محمدی، ع.، یوسفی، ح.، نوراللهی، ی. و ساداتی نژاد، س.ج. ۱۳۹۶. انتخاب بهترین استان در تولید سیب زمینی از طریق ارزیابی شاخص ردپای آب. نشریه اکوهیدرولوژی، ۴ (۲): ۵۳۲-۵۲۳.

۲۴. مردانی، م.، ضیائی، س. و نیکوئی، ع. ۱۳۹۶. بهینه‌سازی مبادلات آب مجازی در الگوی کشت منطقه‌ای استان اصفهان با استفاده از الگوهای برنامه‌ریزی چندمعیاره. نشریه اقتصاد کشاورزی و توسعه، ۲۵ (۱۰۰): ۸۸-۵۹.

۲۵. منتصری، م.، رسولی مجد، ن.، بهمنش، ج. و رضایی، ح. ۱۳۹۵. ارزیابی تغییرات ردپای آب محصولات زراعی حوضه دریاچه ارومیه با استفاده از روش LMDI. نشریه دانش آب و خاک، ۲۵ (۳/۲): ۱۹۹-۲۱۰.

۲۶. موحدنژاد، ا.، رمضانی اعتدالی، ه. و شکوهی، ع. ۱۳۹۸. استفاده از مفهوم ردپای آب مجازی در تولیدات دامی برای حفاظت منابع آب. نشریه حفاظت منابع آب و خاک، ۸ (۳): ۱۴۳-۱۳۳.

۲۷. میرچولی، ف.، سلطانی، س. و فرامرزی، م. ۱۳۹۵. ارزیابی مبادلات آب مجازی و ردپای آب برخی محصولات کشاورزی در ایران. مجله پژوهش آب ایران، ۱۰ (۱): ۵۸-۴۹.

۲۸. مؤسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی، اقتصاد کشاورزی و توسعه روستایی. ۱۳۹۶. سند ملی آب، نیاز خالص آبی گیاه، جلد۱. تهران؛ مؤسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی، اقتصاد کشاورزی و توسعه روستایی، مدیریت خدمات پژوهشی.

۲۹. یوسفی، ح.، محمدی، ع.، نوراللهی، ی. و ساداتی‌نژاد، س.ج. ۱۳۹۶. ارزیابی شاخص ردپای آب محصولات زراعی و باغی استان نهران. نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، ۲۴ (۶): ۸۵-۶۷.

30. Ababaei, B., Ramezani Etedali, H. 2014. Estimation of water footprint components of Iran's wheat production: Comparison of global and national scale estimates. Environmental Process, 1 (3): 193-205.

31. Ababaei, B., Ramezani Etedali, H. 2017. Water footprint assessment of main cereals in Iran. Agricultural Water Management, 179: 401-411.

32. Arabi, A., Alizadeh, A., VahabRajaee, Y., Jam, K., Niknia, N. 2012. Agricultural Water Foot Print and Virtual Water Budget in Iran Related to the Consumption of Crop Products by Conserving Irrigation Efficiency. Journal of Water Resource and Protection, 4 (5): 318-324.

33. Asadi, M. E., Aliholinia, T., Rasouli Majd, N. 2018. Evaluation the Agricultural Crops Water Footprint in the Urmia Lake Basin (Iran) Using Agro-wf Software. Global food security and food safety: The role of universities, September 17-19, Tropentag, Prague, Czech Republic.

34. Faramarzi, M., Yang, H., Mousavi, J., Schulin, R., Binder, C. R., Abbaspour, K. C. 2010. Analysis of intra-country virtual water trade strategy to alleviate water

scarcity in Iran. Hydrology and Earth System Sciences, 14 (8): 1417-1433.
35. Hashemi, G., Mirheidari, S. P., Santivanez, C. G. D. 2018. Urbanization Impact on the Water and Food Security and Assessment of Wheat Production and its Irrigation Water Requirements Using CROPWAT Model in IRAN: A Case Study of City Tehran. Asian Journal of Advanced Science, 6 (1), 7-15.
36. Hoekstra, A. Y. and P. Q. Hung. 2002. Virtual Water Trade: A Quantification of Virtual Water Flows between Nations In Relation To International Crop Trade. Value of Water Research Report Series No. 11, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.
37. Karandish, F., Hoekstra, A. Y. 2017. Informing National Food and Water Security Policy through Water Footprint Assessment: the Case of Iran. Water, 9 (11), 831-855.
38. Najafi Alamdarlo, H., Riyahi, F., Vakilpoor, M. H. 2019. Wheat Self-Sufficiency, Water Restriction and Virtual Water Trade in Iran. Networks and Spatial Economics, 19 (2): 503-520.
39. Pashaki, K., Khosrojerdi, A., Sedghi, H. 2017. Virtual water strategy and its application in optimal operation of water resources. Journal of Applied Research in Water and Wastewater, 4 (2): 349-353.
40. Qasemipour, E., Abbasi, A. 2019. Assessment of Agricultural Water Resources Sustainability in Arid Regions Using Virtual Water Concept: Case of South Khorasan Province, Iran. Water, 11 (3): 449-464.
41. Rezaei Kalvani, S., Sharaai, A. H., Abd Manaf, L., Hamidian, A. H. 2019. Water Footprint of Crop Production in Tehran. Journal of the Malaysian Institute of Planners. 17 (2): 123-132.
42. Yousefi, H, Mohammadi, A., Mirzaaghabeik, M. and Noorollahi, Y. 2017. Virtual water evaluation products in Iran Case study: pea and bean. Journal of water and land development. 35 (5): 275-280.
43. Yousefi, H, Mohammadi, A. and Noorollahi, Y. 2019. Prioritization in Exporting Agricultural Products Using Virtual Water Concept (Case study: Melon and Watermelon). International Journal of Natural Resources and Marine Sciences. 7 (2): 125-132.