

## Investigating virtual water and agricultural water productivity index in crops of Poldasht plain

Rahim Abdollahzadeh Kahrizi<sup>1</sup> , Amir Hossein Kokabinezhad Moghaddam<sup>2\*</sup> , Edris Merufinia<sup>3</sup> 

<sup>1</sup> Graduated M.Sc. Student in Geology, Groundwater Regional Water Expert, West Azerbaijan, Maku, Iran

<sup>2</sup> Assistant Professor, Department of Geology, Islamic Azad University, Maragheh Branch, Maragheh, Iran

<sup>3</sup> Ph.D Student, Department of Civil Engineering, Islamic Azad University, Sciences and Research Branch, Tehran, Iran

### Abstract

#### Introduction

The increase in demand for water resources due to population growth and economic development along with water wastage and a decrease in rainfall, on the other hand, has made it significant to pay attention to water demand and make sound policies. Our country is facing the risk of a water crisis in the coming years, mainly due to its location in a dry and semi-arid climate, as well as the ever-increasing growth of water consumption. To alleviate the water crisis, international trade in agricultural products can play a significant role in redistributing water resources because traded goods contain a large amount of virtual water. Water restriction in Iran is an undeniable fact, for this purpose, trading based on virtual water can be a solution to reduce the effects of water restriction. Due to being located in a dry and semi-arid climate, Iran is facing the risk of a water crisis in the coming years. Therefore, in order to deal with it, it is necessary to be more sensitive to the types of water consumption. Among these uses is virtual water. The water used in the production process of goods is called virtual water, a part of which is kept in the product. Virtual water trade occurs when goods are imported into global markets. Virtual water trading is expected to reduce water consumption at the national and international levels due to more efficient and specialized use of water. Today, the concept of virtual water is one of the most critical issues in water resources management. Today, the problem of water shortage has become a serious concern due to climate changes and uneven distribution of rainfall in most regions and countries, including Iran, and is considered the most important obstacle to the economic development of these countries. Trade as a tool to prevent the unnecessary withdrawal of water resources, focusing on the strategy of virtual water trade, can play an essential role in achieving the economic development of countries.

#### Materials and Methods

The study area of the research is the Shiblo-Poldasht plain in the northwest of Iran. This area is located in the east of the Poldasht study area and in the north of the Qara Ziauddin study area. The aim of this research was to investigate the statistical status of the cultivated area, the production performance, and the evaluation of the productivity and virtual water of agricultural crops in the Poldasht plain. The time frame of the research is from 2011 to 2021 in an 11-years period. Accurate calculation and determination of water requirement ( $m^3 ha^{-1}$ ). The amount of water required by a plant for its proper growth, taking into account the loss of evaporation and transpiration of the plant, is called the water requirement of the plant. Therefore, the water requirement of the plant depends on the amount of evaporation and transpiration of the plant. It is worth noting that due to different climates and weather conditions, plant growth conditions and as a result, the amount of water needed by plants are also different. In the present research, the various productivity indicators and virtual water of the crops of Dasht-Poldasht have been examined. Moreover, according to the objectives of the research, the physical and financial indicators of water productivity, including the performance index per unit of water volume (CDP), income per unit of water volume (BPD), and net return per unit of water volume (NBPD) have been calculated.

#### Results and Discussion

In this research, the amount of virtual water and the productivity index as well as the net and gross economic value of the major crops grown in Poldasht city in West Azarbaijan province were investigated. In this regard, first, data and information related to crops were collected through relevant organizations and institutions, and

NETWAT, CROPWAT, and CLIMWAT programs and Excel programs were used to draw graphs and graphical results. Then the yield of crops was calculated by dividing the amount of crops produced by the area of planting crops and the productivity index and virtual water. The results of this research show that the watermelon crop with a harvesting area of 5789 ha and a production rate of 237951000 kg and a production yield of 41103.99 kg ha<sup>-1</sup> with a water requirement of 2760 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> has a productivity of 14.89 kg m<sup>-3</sup> and has The highest level of productivity is also the results show that the alfalfa product is the lowest level of productivity. It is worth noting that despite the fact that the watermelon product has high production and productivity at a very low harvest level, it is also a very water-loving product that has a relatively high water requirement, and generally experts are looking for an alternative product due to the lack of water resources. Finally, it is suggested that traditional (submerged) irrigation methods should be replaced by modern pressurized irrigation methods so that in addition to increasing efficiency and productivity, we can see a reduction in water consumption and its wastage. It is also suggested that the water requirements of agricultural crops be compared with each other using the data of the Agricultural Jihad Organization and the aforementioned programs, and its effect on the amount of water consumed and its savings, as well as the net and gross values of the production of crops, and the final results It is compared with the national water document to fully verify the amount of water needed.

### Conclusion

Despite the fact that the watermelon product has high production and productivity at a very low harvest level, it is also a very water consuming product possessing a relatively high water requirement, and generally experts are looking for an alternative product, due to the lack of water resources. Finally, it is suggested that traditional flood irrigation methods should be replaced by modern pressurized irrigation methods, so that in addition to increasing efficiency and productivity, we can encounter with a reduction in water consumption and its wastage. It is also suggested that the water requirement of agricultural crops should be compared with each other using the data of the Agricultural Jihad Organization and the aforementioned programs, and its effect on the amount of water consumed and its saving, as well as the net and gross values of crop production, should be evaluated. Finally, the results have been compared with the national water document so that the amount of water needed can be fully verified.

**Keywords:** Poldasht plain, Productivity, Virtual water, Water Trade, Water demand

**Article Type:** Research Article

\*Corresponding Author, E-mail: amir\_kokabi@iau-maragheh.ac.ir

**Citation:** Abdollahzadeh Kahrizi, R., Kokabinezhad Moghaddam, A., & Merufinia, E. (2023). Investigating virtual water and agricultural water productivity index in crops of Poldasht Plain. *Water and Soil Management and Modeling*, 3(1), 54-68.

DOI: 10.22098/mmws.2022.11090.1100

DOR: 20.1001.1.27832546.1402.3.1.3.5

Received: 04 July 2022, Received in revised form: 13 August 2022, Accepted: 15 August 2022, Published Online: 15 August 2022

*Water and Soil Management and Modeling*, Year 2023, Vol. 3, No. 1, pp. 54-68

Publisher: University of Mohagheh Ardabil

© Author(s)





## بررسی آب مجازی و شاخص بهره‌وری آب کشاورزی در محصولات زراعی دشت پلدشت

رحیم عبداله‌زاده کهریزی<sup>۱</sup>، امیرحسین کوکبی‌نژاد مقدم<sup>۲\*</sup>، ادريس معروفی‌نیا<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> دانش‌آموخته کارشناسی ارشد زمین‌شناسی، کارشناس آب‌های زیرزمینی آب منطقه‌ای آذربایجان غربی، ماکو، ایران  
<sup>۲</sup> استادیار، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مراغه، مراغه، ایران  
<sup>۳</sup> دانشجوی دکتری، گروه عمران آب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

### چکیده

رشد جمعیت و توسعه اقتصادی، هدررفت آب و کاهش بارندگی منجر به افزایش تقاضای آب می‌شود که همین امر، لزوم برنامه‌ریزی مدون در سطح کلان و سیاست‌گذاری صحیح و بهینه در حوزه مدیریت منابع را ضروری ساخته است. کشورمان در اقلیم خشک و نیمه‌خشک قرار داشته و با کاهش نزولات جوی و رشد روز افزون مصرف آب در حوزه‌های مختلف، در سال‌های آتی با خطر بروز بحران آب مواجه است. برای کاهش بحران آب، تجارت بین‌المللی محصولات کشاورزی می‌تواند نقش به‌سزایی در توزیع مجدد منابع آب داشته باشد؛ زیرا کالاهای مورد معامله حاوی مقدار زیادی آب مجازی هستند. محدوده مطالعاتی این پژوهش، دشت پلدشت در شمال غرب ایران است. این محدوده در شرق منطقه مطالعاتی پلدشت و در شمال منطقه مطالعاتی قره ضیاءالدین واقع شده است. بازه زمانی پژوهش از سال ۱۳۹۰ لغایت ۱۴۰۰ است. هدف از انجام این پژوهش بررسی وضعیت آماری سطح زیر کشت، عملکرد تولید و ارزیابی بهره‌وری و آب مجازی محصولات زراعی در دشت پلدشت است. در گام نخست وضعیت کشت کلیه محصولات زراعی در استان آذربایجان غربی و شاخص‌های مختلف بهره‌وری و آب مجازی محصولات دشت پلدشت مورد ارزیابی قرار گرفت. هم‌چنین متناسب با اهداف پژوهش از شاخص‌های فیزیکی و مالی بهره‌وری آب شامل شاخص عملکرد به ازای واحد حجم آب (CDP)، درآمد به ازای واحد حجم آب (BPD)، و بازده خالص به ازای واحد حجم آب (NBPD) جهت برنامه محاسبه بهره‌وری آب استفاده شد. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که محصول هندوانه دارای کم‌ترین سطح برداشت با ۵۷۸۹ هکتار و بیش‌ترین سطح برداشت مربوط به گندم با ۷۳۳۶۱ هکتار بوده است. در زمینه میزان برداشت نیز محصول هندوانه دارای بیش‌ترین میزان تولید با ۲۳۷۹۵۱ تن و کم‌ترین میزان تولید ۱۳۶۰۰۲ تن بوده است. هم‌چنین، نتایج بهره‌وری نشان می‌دهد که محصولات گندم، جو، یونجه و هندوانه به‌ترتیب دارای بهره‌وری ۲/۲۳، ۳/۲۵، ۱/۸۶ و ۱۴/۸۹ کیلوگرم بر مترمکعب است. لذا محصول هندوانه دارای بیش‌ترین بهره‌وری و محصول یونجه دارای کم‌ترین بهره‌وری بوده است.

**واژه‌های کلیدی:** آب مجازی، بهره‌وری، تجارت آب، دشت پلدشت، نیاز آبی

نوع مقاله: پژوهشی

\*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: amir\_kokabi@iau-maragheh.ac.ir

**استناد:** عبداله‌زاده کهریزی، ر.، کوکبی‌نژاد مقدم، ا.، و معروفی‌نیا، ا. (۱۴۰۲). بررسی آب مجازی و شاخص بهره‌وری آب کشاورزی در محصولات زراعی

دشت پلدشت. *مدل سازی و مدیریت آب و خاک*، ۱۳(۱)، ۵۴-۶۸.

DOI: 10.22098/mmws.2022.11090.1100

DOR: 20.1001.1.27832546.1402.3.1.3.5

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۴/۱۳، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۵/۲۲، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۵/۲۴، تاریخ انتشار: ۱۴۰۱/۰۵/۲۴

*مدل سازی و مدیریت آب و خاک*، سال ۱۴۰۲، دوره ۳، شماره ۱، صفحه ۵۴ تا ۶۸

© نویسندگان

ناشر: دانشگاه محقق اردبیلی



## ۱- مقدمه

آب به‌عنوان یک منبع حیاتی و استراتژیک، تاثیر شایانی بر توسعه پایدار اقتصادی دارد. عواملی مانند توسعه اجتماعی-اقتصادی، رشد جمعیت و تغییرات آب و هوایی چالش‌های عمده‌ای را برای پایداری و امنیت غذایی به‌عنوان دو مورد از مهم‌ترین دغدغه‌های اجتماعی ایجاد کرده‌اند (Ashktorab and Zibaei, 2022). با رشد جمعیت و افزایش عرضه و تقاضا، کمبود آب به یکی از رایج‌ترین بحران‌های قرن اخیر تبدیل شده است که تمام جوامع بشری را در بر گرفته است (Zhong et al., 2022). رشد جمعیت موجب افزایش عرضه و تقاضا می‌شود و همین امر موجب تضاد منافع بین بهره‌برداران مختلف در یک جامعه خواهد شد. لذا شناخت تجارت آب مجازی و نقش آن در کنترل و مدیریت منابع منابع آب امری ضروری و غیرقابل انکار است (Du et al., 2022). در حقیقت منابع آبی بسیار محدود و رو به کاهش هستند؛ لذا افزایش تقاضا برای منابع آب در بخش‌های مختلف، چالش بزرگی را برای حفظ پایداری سیستم‌های آبی برای کشورهای مختلف ایجاد کرده است (Nishad et al., 2022).

منابع آب به شکل آب مجازی از طریق تجارت بین‌المللی توزیع می‌شود که بر عرضه و تقاضا آب هر کشور تأثیر می‌گذارد. بنابراین، مطالعه عوامل محرک تجارت آب مجازی محصولات مختلف برای کاهش تنش آبی و تضمین امنیت غذایی حائز اهمیت به‌سزائی است (Xia et al., 2022). آب آبی (آب آبیاری) و آب سبز (آب باران) نهاده‌های ضروری در تولید محصولات زراعی را تشکیل می‌دهند و عملاً از طریق تجارت محصولات حاصل می‌شوند. ارزیابی آب مورد نیاز محصولات برای اندازه‌گیری پایداری زیست فیزیکی و اقتصادی منابع آب در بخش کشاورزی امری حیاتی است، هم‌چنین این ارزیابی، اطلاعات حیاتی برای سرمایه‌گذاران و تصمیم‌گیران محلی و ملی که در تخصیص آب درگیر هستند، ارائه می‌نماید (Zhuo et al., 2022). بنابراین می‌توان گفت که تجارت آب مجازی در یک منطقه متأثر از فعالیت‌های انسانی و طبیعت است (Sun et al., 2022). مطالعات مختلفی در حوزه آب مجازی و بهره‌وری انجام گرفته است که به برخی از آنان اشاره می‌شود. Long et al. (2022) به ارزیابی تجارت منطقه‌ای و جریان‌های آب مجازی در حوضه رودخانه خشک داخلی در شمال غرب چین پرداختند. یافته‌های پژوهش فوق نشان داد که درک دقیق بهتر از تجارت منطقه‌ای و جریان‌های آب مجازی در حوضه رودخانه خشک داخلی در شمال غربی چین می‌تواند به نوبه خود به فرآیندهای تصمیم‌گیری در هنگام تلاش برای ترویج اقدامات سیاسی مناسب، که منعکس‌کننده شرایط محلی از قبیل کمبود آب، قیمت

آب و نگرانی‌های بهداشت محیطی هستند، کمک شایان توجهی نماید.

Deng et al. (2021) به ارزیابی و تحلیل شبکه اجتماعی تجارت آب مجازی در بین کشورهای بزرگ جهان پرداختند. یافته‌های آنها نشان می‌دهد که به‌منظور رفع تضاد بین عرضه و تقاضای منابع آب در کشورهای مختلف، تقویت هر چه بیش‌تر احداث تأسیسات حمل و نقل و کاهش هزینه‌های لجستیکی تجارت محصولات صنعتی و کشاورزی به‌ویژه هزینه بازرگانی محصولات کشاورزی ضروری است. هم‌چنین، Amini et al. (2020) به بررسی بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب در محصولات عمده زراعی در حوضه تلوار استان کردستان پرداختند. یافته‌های پژوهش فوق نشان داد که پنج محصول گندم، سیب زمینی، جو، یونجه و شبدر بیش از ۹۳ درصد سطح اراضی آبی حوضه را تشکیل داده و محصول سیب زمینی دارای بهره‌وری فیزیکی بالا به میزان ۴۶/۳ و محصول گندم کم‌ترین بهره‌وری فیزیکی به میزان ۰/۴۳ کیلوگرم بر مترمکعب را داشته است. Baghbanyan et al. (2020) به بررسی آب مجازی و شاخص‌های بهره‌وری آب کشاورزی در محصولات عمده زراعی پرداختند. یافته‌های پژوهش فوق نشان داد که شاخص بهره‌وری فیزیکی برای محصولات چغندر قند و نخود آبی به ترتیب برابر ۹/۵ و ۰/۲ کیلوگرم بر مترمکعب و به ترتیب بالاترین و پایین‌ترین مقادیر را دارند. Pouran and Raghfar (2021) به بررسی الگوی کشت محصولات زراعی استان‌های سمنان و ایلام با تأکید بر نقش آب مجازی در بهره‌وری آب پرداختند. یافته‌های پژوهش ایشان نشان داد که محصولات در دو الگوی کشت در هر دو استان، مقادیر ضریب نزدیکی محصولات در الگوی کشت بهینه نسبتاً بالاتر از الگوی کشت فعلی است.

Khoramivafa et al. (2017) به بررسی آب مجازی، بهره‌وری و ردپای اکولوژیک آب در مزارع گندم آبی و ذرت در منطقه کوزران کرمانشاه پرداختند. یافته‌های پژوهش ایشان نشان داد که مقدار آب مجازی مزارع گندم در منطقه برای بازده آبیاری معادل ۱۰۰، ۴۰ و ۳۲ درصد به ترتیب برابر ۲۲۰۲، ۳۵۲۳ و ۳۶۹۹ مترمکعب بر تن بود. این مقادیر برای مزارع ذرت به ترتیب ۲۴۱۷، ۳۸۶۷ و ۴۰۶۰ مترمکعب بر تن به دست آمد. مقادیر بهره‌وری برای مزارع گندم ۰/۴۵۴، ۰/۲۸۳ و ۰/۲۷ و برای مزارع ذرت ۰/۴۱۳، ۰/۲۵۸ و ۰/۲۴۶ تن بر مترمکعب با بازده‌های آبیاری ذکر شده بوده است. پژوهش‌های مختلف دیگری نیز در این حوزه انجام گرفته است (Zamani et al., 2014; Mircholi et al., 2016; Pouran et al., 2017; Hekmatnia et al., 2020; Rastegaripoor et al., 2021). با توجه به اهمیت موضوع مورد پژوهش، با تحلیل داده‌ها و اندازه‌گیری‌های میدانی، ابتدا ارزیابی وضعیت کشت محصولات زراعی در استان

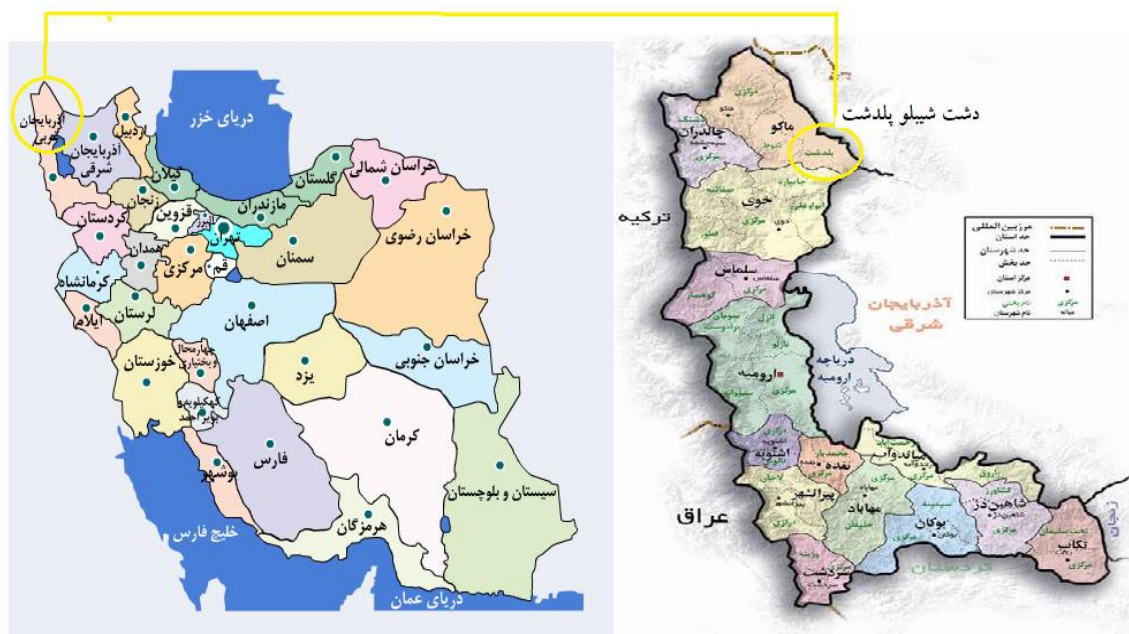
از آب آن برای کشاورزی برداشت می‌شود رودخانه مرزی ارس است و در این دشت کوچک چندین مسیل کوچک و بزرگ فصلی نیز جریان دارند. وجود منابع آب سطحی زیاد در دشت پلدشت-ماکو موجب شده است تا بخش قابل توجهی از نیازهای آبی منطقه از منابع آب سطحی تامین شود. رودخانه‌های فصلی موجود که از ارتفاعات سرچشمه می‌گیرند و رودخانه‌های دائمی و سدهای احداث شده در تامین نیازهای آبی اراضی کشاورزی نقش عمده‌ای دارند. بر همین اساس طرح‌های بزرگی مثل اجرای سیستم آبیاری تحت فشار در منطقه در پایاب سد کرم‌آباد صورت می‌گیرد. فراورده‌ها و محصولات کشاورزی دشت پلدشت را گندم، جو، دانه‌های روغنی، گیاهان علوفه‌ای، هندوانه و خربزه تشکیل می‌دهند. در این محدوده مطالعاتی، به‌منظور برآورد مصرف آب در بخش کشاورزی، از اطلاعات مربوط به سطح زیر کشت شهرستان پلدشت (Ministry of Agricultural Jihad, 2022)، مطالعات طرح جامع آب کشور، مطالعات جامع توسعه کشاورزی، تصاویر ماهواره‌ای موجود از منطقه به همراه نقشه‌های کاربری اراضی منطقه و همچنین مطالب استخراج شده از سایت‌های اینترنتی مرتبط استفاده شده است. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی استان آذربایجان غربی و شهرستان پلدشت را نشان می‌دهد.

آذربایجان غربی و شهرستان پلدشت مورد توجه قرار گرفته است. همچنین، میزان تولید محصولات زراعی دیم و آبی (تن) و عملکرد محصولات زراعی (کیلوگرم در هکتار) و سهم هر گروه محصولی در تولید کل بر اساس عملکرد (کیلوگرم در هکتار) در شهرستان پلدشت مورد ارزیابی قرار گرفت. سپس بعد از انتخاب محصولات زراعی در منطقه مورد مطالعه، شاخص بهره‌وری و آب مجازی ارزیابی شد. در نهایت با توجه به قیمت محصولات در سال ۱۴۰۰-۱۳۹۹ درآمد ناخالص (ریال) محاسبه خواهد شد.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- منطقه مورد مطالعه

دشت شیپلو پلدشت در شمال‌غرب ایران و در حد فاصل طول‌های جغرافیایی ۷ و ۲۶ و ۴۵ تا ۲۷ و ۵ و ۴۶ شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۳۸ و ۵ و ۳۸ تا ۲۲ و ۲۳ و ۳۸ شمالی قرار گرفته است. این محدوده در شرق منطقه مطالعاتی پلدشت و در واقع میان دشتی از کل محدوده پلدشت-ماکو بوده و در شمال محدوده مطالعاتی قره‌ضیاءالدین واقع شده است. وسعت کل محدوده پلدشت-ماکو ۱۳۴۳ کیلومتر مربع و دشت پلدشت ۱۶۰ کیلومتر مربع است که حدود ۲۲۰۰ هکتار از آن که کشاورزی صورت می‌گیرد، مورد پژوهش واقع شده است. ارتفاع متوسط آن برابر ۸۳۰ متر از سطح دریا است. رودخانه اصلی که این محدوده



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی استان آذربایجان غربی و شهرستان پلدشت

Figure 1- Geographical location of West Azerbaijan province and Poldasht city

شهرستان پلدشت نظر به این که کشت غالب مردم هندوانه، گندم، جو و یونجه است و بیش‌ترین مقبولیت را در بین مردم منطقه و دشت پلدشت داشته‌اند، لذا محصولات فوق به‌عنوان

### ۲-۲- روش پژوهش

گام نخست در این پژوهش، انتخاب محصولات زراعی است. در بین کلیه محصولات کشت شده در استان آذربایجان غربی و

پلدشت حسب شبکه‌های سنتی و تحت فشار تقسیم بندی شده است. سپس نیاز آبی محصولات بر حسب ماه‌های مختلف آورده شده است که جمع کل فصول به‌عنوان نیاز آبی محصولات زراعی انتخاب شده است. همچنین سیستم آبیاری تحت فشار شامل آبیاری بارانی و قطره‌ای و شیوه سنتی شامل روش غرقابی است. نظر به این که کشت غالب منطقه روش سنتی (غرقابی) است جمع کل نیاز آبی در روش سنتی مبنای اصلی پژوهش بوده است. همچنین یک‌بار دیگر نیز خالص آبیاری از برنامه NETWAT برای استان آذربایجان غربی، دشت پلدشت انتخاب شده است. اطلاعات نیاز آبی جهاد کشاورزی پلدشت در جدول ۱ و اطلاعات نیاز آبی خالص از برنامه مذکور در جدول ۲ آمده است. در نهایت برای انجام محاسبات از نتایج برنامه NETWAT استفاده شد.

محصولات برگزیده در منطقه مورد مطالعه انتخاب می‌شوند. در گام بعدی اطلاعات الگوی کشت از قبیل سطح زیرکشت (هکتار)، میزان تولید (کیلوگرم)، عملکرد محصولات زراعی (کیلوگرم در هکتار) و نیاز آبی محصولات زراعی (مترمکعب بر هکتار) فوق در دشت پلدشت از سالنامه وزارت جهاد کشاورزی، داده‌های سازمان آب منطقه‌ای آذربایجان غربی و امور منابع آب پلدشت اخذ شد. بازه زمانی مورد مطالعه در این پژوهش فاصله زمانی بین سال‌های ۱۳۹۰ لغایت ۱۴۰۰ است. داده‌های مربوط به سطح زیر کشت (هکتار) و میزان تولید (کیلوگرم) از مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات وزارت جهاد کشاورزی اخذ شد. همچنین نیاز آبی محصولات (مترمکعب بر هکتار) یک‌بار از اداره جهاد کشاورزی شهرستان پلدشت و یک‌بار هم از برنامه NETWAT اخذ شد. شایان ذکر است که اطلاعات نیاز آبی جهاد کشاورزی

جدول ۱- نیاز آبی نهایی مجموع نیاز آبی فصول مختلف (اداره جهاد کشاورزی و منابع آب پلدشت)

Table 1-The final water requirement of the total water requirement of different seasons (Directorate of Agricultural Jihad and Water Resources of Poldasht)

جمع سنتی	نیاز آبیاری برای زمستان (مترمکعب در هکتار)		نیاز آبیاری برای فصل پاییز (مترمکعب در هکتار)		نیاز آبیاری برای فصل تابستان (مترمکعب در هکتار)		نیاز آبیاری برای فصل بهار (مترمکعب در هکتار)		نام دشت	نام محصول
	سنتی	تحت فشار	سنتی	تحت فشار	سنتی	تحت فشار	سنتی	تحت فشار		
4884	267	372	33	46	133	186	3070	4280	شیپلو	گندم
3788	267	372	33	46	0	0	2416	3370	شیپلو	جو
13536	0	0	1150	1605	5550	7745	3000	4186	شیپلو	یونجه
7750	0	0	633	1250	633	1250	3055	5250	شیپلو	دانه‌های روغنی
8581	0	0	0	0	3871	7651	470	930	شیپلو	آفتابگردان آجیلی
7970									شیپلو	هندوانه

جدول ۲- نیاز آبی خالص محصولات زراعی دشت پلدشت (نرم‌افزار NETWAT)

Table 2-Pure water requirement of agricultural crops in the Poldasht Plain (NETWAT software)

نام دشت	نام محصول	تبخیر و تعرق (میلی‌متر)	بارش موثر (میلی‌متر)	نیاز خالص (مترمکعب در هکتار)
پلدشت	گندم	298	88	2100
پلدشت	جو	229	66	1630
پلدشت	یونجه	673	91	5820
پلدشت	هندوانه	342	66	2760

حسب میلی‌متر بر روز است که از رابطه (۱) به‌دست می‌آید (Allen et al., 1998):

$$ET_{crop} = K_{crop} \times ET_o \quad (1)$$

که در رابطه فوق  $ET_{crop}$ : تبخیر-تعرق محصول حسب میلی‌متر بر روز،  $K_{crop}$ : ضریب گیاهی و  $ET_o$ : تبخیر-تعرق مرجع است. همچنین جهت محاسبه تبخیر-تعرق مرجع ( $ET_o$ ) از رابطه پنمن-ماتیتث که توسط سازمان فائو به‌عنوان روش استاندارد برای تعیین تبخیر-تعرق مرجع پیشنهاد شده است، استفاده می‌شود که مطابق رابطه ۲ به‌دست می‌آید (Smith et al., 1992):

### ۳-۲- نیاز آبی خالص و ناخالص

یکی از اهداف این پژوهش، محاسبه و تعیین دقیق نیاز آبی (برحسب مترمکعب بر هکتار) است. مقدار آب مورد نیاز گیاه برای رشد مناسب آن با در نظر گرفتن میزان تلفات تبخیر و تعرق گیاه، نیاز آبی گیاه نامیده می‌شود. بنابراین، مقدار نیاز آبی گیاه بستگی به میزان تبخیر و تعرق گیاه دارد. شایان ذکر است که با توجه به اقلیم و شرایط آب و هوایی متفاوت، شرایط رشد گیاه و در نتیجه مقدار نیاز آبی گیاهان نیز متفاوت است (Bazrafshan et al., 2019). نیاز آبی محصول برابر با تبخیر-تعرق محصول ( $ET_{crop}$ )

$$CWR_c = \frac{ET}{e} \quad (۴)$$

که در این رابطه،  $CWR_c$ : مقدار آب مورد نیاز محصول حسب مترمکعب بر هکتار است و  $ET$  آب خالص مورد نیاز گیاه از آبیاری حسب مترمکعب بر هکتار و  $e$ : راندمان آبیاری بر حسب درصد است (Bagestani and Mehrabadi Beshrabadi, 2016).

#### ۲-۴- محاسبه آب مجازی و بهره‌وری

گام بعدی در این پژوهش محاسبه عملکرد به ازای واحد حجم آب است که به حجم تولید معروف است و حسب کیلوگرم بر مترمکعب سنجیده می‌شود و با  $CPD$  نشان می‌دهند که یکی از شاخص‌های بسیار مهم در خصوص سنجش میزان بهره‌وری آب کشاورزی است و از رابطه (۵) به دست می‌آید:

$$CPD = \frac{Y_c}{WR_c} = \frac{Y_c}{CWR_c} \quad (۵)$$

که در این رابطه  $Y_c$ : میزان محصول تولید شده حسب کیلوگرم بر هکتار،  $WR_c$ : مقدار نیاز آبی محصول و  $CWR_c$ : حجم آب مصرفی در هکتار است. لذا بهره‌وری فیزیکی آب حسب کیلوگرم بر مترمکعب سنجیده می‌شود. گام پنجم محاسبه آب مجازی ( $VWC$ ) است که عکس رابطه بهره‌وری است و دارای واحد مترمکعب بر کیلوگرم است و از رابطه (۶) به صورت زیر به دست می‌آید:

$$VWC = \frac{1}{CPD} = \frac{CWR_c}{Y_c} \quad (۶)$$

#### ۲-۵- محاسبه شاخص‌های ارزش ناخالص و خالص

شاخص ارزش ناخالص یا درآمد (شاخص ناخالص بهره‌وری اقتصادی) به ازای هر واحد حجم آب با علامت اختصاری  $BPD$  داده می‌شود. در این شاخص نسبت ارزش ناخالص به ازای هر واحد حجم آب مصرف شده از رابطه (۷) به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$BPD = \frac{TR}{CWR_c} \quad (۷)$$

در این رابطه،  $TR$  کل درآمد حاصل از محصول به ازای هر واحد آب مصرفی است و از حاصل ضرب میزان عملکرد در قیمت هر محصول بر حسب کیلوگرم به دست می‌آید. بنابراین شاخص  $BPD$  بهره‌وری بر حسب ریال بر مترمکعب است.  $CWR_c$  نیز حجم آب مصرفی در هکتار است. هم‌چنین ارزش خالص به ازای هر واحد حجم آب ( $NBPD$ ) در این شاخص در صورت کسر سود خالص گنجانده می‌شود و به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$NBPD = \frac{NR}{CWR_c} \quad (۷)$$

در رابطه فوق  $NR$  ارزش خالص محصول است که از تفاضل ارزش ناخالص و هزینه کل به دست می‌آید. در حقیقت این شاخص مناسب‌تر از شاخص ارزش ناخالص ( $BPD$ ) است زیرا

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{(T + 273)} U_2 (e_a - e_d)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2)} \quad (۲)$$

که در این رابطه به ترتیب  $ET_0$ : تبخیر-تعرق گیاه مرجع حسب میلی‌متر بر روز،  $T$ : متوسط دمای هوا حسب درجه سانتی‌گراد،  $U_2$ : سرعت باد در ارتفاع دو متری حسب متر بر ثانیه،  $R_n$ : تابش خالص در سطح زمین حسب مگاژول بر میلی‌متر مربع بر روز،  $G$ : جریان گرمای خاک حسب مگاژول بر میلی‌متر مربع بر روز،  $e_a - e_d$ : کمبود فشار بخار اشباع هوا حسب کیلو پاسکال،  $e_a$ : فشار بخار اشباع حسب کیلو پاسکال،  $e_d$ : فشار واقعی حسب کیلو پاسکال،  $\Delta$ : شیب منحنی فشار بخار اشباع با دما حسب کیلو پاسکال بر درجه سانتی‌گراد،  $\gamma$ : ثابت سایکرومتر حسب کیلو پاسکال بر درجه سانتی‌گراد است (باغبانیان و همکاران، ۱۳۹۹). ضریب گیاهی ( $K_{crop}$ ) اثر خصوصیات محصول را در نیاز آبی لحاظ نموده و با معرفی آن نیاز آبی محصول تعدیل می‌شود. لازم به ذکر است که راندمان آبیاری این پژوهش متناسب بر اساس اعلام جهاد کشاورزی استان برابر ۴۰ درصد در نظر گرفته شده است. هم‌چنین برای محاسبه تبخیر-تعرق پتانسیل از داده‌های اقلیمی و نرم‌افزار CROPWAT بهره گرفته شده و بعد از انجام محاسبات نهایی اطلاعات اخذ شده در پژوهش مورد استفاده قرار می‌گیرد. گام سوم در این پژوهش محاسبه آب مصرفی است. آب مصرفی گیاه از دو بخش آب سبز و آب آبی تأمین می‌شود. آب سبز، میزان آبی است که از بارندگی در طول فصل رشد گیاه تأمین و آب آبی معادل نیاز آبیاری گیاه است (Allen et al., 1998). جداسازی آب سبز و آب آبی در محاسبه آب مجازی و بهره‌وری آب حائز اهمیت است؛ زیرا آب سبز از عوامل ایجادکننده پایداری در کشاورزی، ولی آب آبی نیازمند صرف انرژی برای انتقال و توزیع در سیستم آبیاری است. آب مجازی سبز و آب مجازی آبی به ترتیب از نسبت آب سبز مصرفی (یا بارندگی مؤثر) و آب آبی مصرفی (آب آبیاری) به عملکرد محصول به دست می‌آیند. برای محاسبه مقدار آب مصرفی محصولات کشاورزی لازم است، مقدار آب آبیاری محصولات ( $W_c$ ) با استفاده از رابطه (۳) محاسبه شود:

$$W_c = \frac{ET_{crop}}{e} \quad (۳)$$

که در این رابطه،  $ET_{crop}$ : تبخیر-تعرق پتانسیل گیاه و  $e$ : راندمان آبیاری است که در این پژوهش با استفاده از داده‌های دفتر تأمین آب وزارت جهاد کشاورزی و پژوهش‌های انجام شده توسط کارشناسان جهاد کشاورزی و سازمان آب منطقه‌ای در سطح استان در مورد راندمان‌های آبیاری انجام گرفته و در این پژوهش برابر ۴۰ درصد در نظر گرفته می‌شود. حال می‌توان مقدار آب مصرفی (نیاز آبی ناخالص) را مطابق رابطه (۴) به صورت زیر حساب کرد:

آذربایجان غربی را نشان می‌دهد. همان‌طور که در جدول ۳ دیده می‌شود در میان دسته‌بندی‌های مذکور در بین کشت آبی، محصولات صنعتی با ۱۹۶۲۶۹۷۴ تن و در بین کشت دیم غلات با ۳۵۳۵۲۷۴ بیش‌ترین میزان تولید را داشته است. هم‌چنین کم‌ترین میزان تولید در بین کشت آبی مربوط به مربوط به حبوبات با ۲۹۴۶۸ تن و دیم سایر محصولات با ۱۳۹ تن است. در زمینه عملکرد محصولات زراعی نیز بررسی‌ها و نتایج نشان می‌دهد که محصولات صنعتی در زراعت آبی با عملکرد ۴۶۷۶۹ کیلوگرم در هکتار بهترین عملکرد و محصولات جالیزی با ۹۶۶۳ کیلوگرم در هکتار بهترین عملکرد در تولید را داشته است. هم‌چنین در بخش آبی سایر محصولات با ۱۴۴۲ و در کشت دیم نیز حبوبات با ۴۸۲ کم‌ترین میزان تولید را دارا هستند. بیش‌ترین سطح کاشت در بخش آبی و دیم مربوط به غلات با ۱۲۴۵۷۰۷ و ۳۵۴۹۵۹۶ هکتار است. هم‌چنین، کم‌ترین سطح برداشت در بخش آبی مربوط به حبوبات با ۱۸۷۹۷ هکتار و بخش دیم نیز سایر محصولات با ۱۵۶ هکتار است. شکل ۲ میزان تولید (تن)، شکل ۳ عملکرد محصولات زراعی (کیلوگرم در هکتار) و شکل‌های ۴ و ۵ سهم هر گروه محصولی در تولید کل برای عملکرد دیم و آبی را در بازه مورد مطالعه در استان آذربایجان غربی نشان می‌دهد.

ممکن است شاخص بهره‌وری آب در یک سیستم بر اساس BPD بیش‌تر از سیستم نوع دیگر باشد در حالی که بر اساس NBPD کم‌تر باشد.

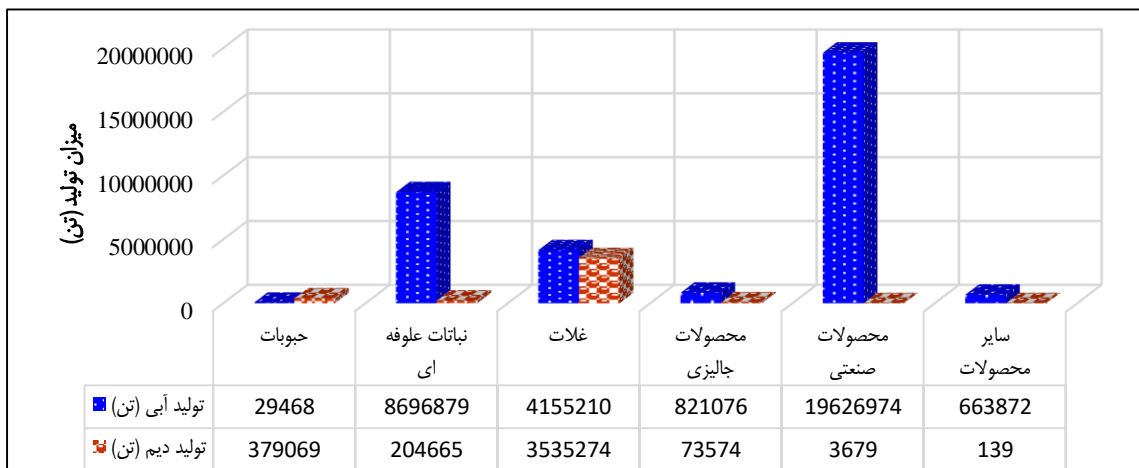
## ۲-۶- نگاهی به وضعیت کشت محصولات زراعی در استان آذربایجان غربی

در ابتدا آمار و ارقام محصولات زراعی در بازه مورد مطالعه ۱۳۹۰-۱۴۰۰ مطالعه خواهد شد. اطلاعات از مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات وزارت جهاد کشاورزی اخذ شده است. مروری اجمالی شامل بررسی سطح عملکرد (کیلوگرم در هکتار)، سطح برداشت (هکتار) و میزان تولید (تن) ارقام محصولات زراعی سال‌های ۱۳۹۰ لغایت ۱۴۰۰ استان آذربایجان غربی خواهد بود. محصولات مورد ارزیابی در دسته‌بندی‌های حبوبات (نخود، لوبیا، عدس و سایر حبوبات)، نباتات علوفه‌ای (ذرت علوفه‌ای، شبدر، یونجه و سایر نباتات علوفه‌ای)، محصولات صنعتی (آفتابگردان روغنی، پنبه، چغندر قند، توتون و تنباکو، سویا، کلزا، کنجد، کتان و کف، نیشکر و سایر محصولات صنعتی)، محصولات جالیزی (هندوانه، خربزه، خیار، سایر محصولات جالیزی)، غلات (گندم، جو، ذرت دانه‌ای، شلتوک، سایر غلات) و سبزیجات (پیاز، سیب زمینی، گوجه فرنگی و سایر سبزیجات) است. جدول ۳ وضعیت محصولات زراعی در استان

جدول ۳- ارزیابی وضعیت محصولات زراعی در استان آذربایجان غربی  
Table 3- Assessment of the status of crops in West Azerbaijan province

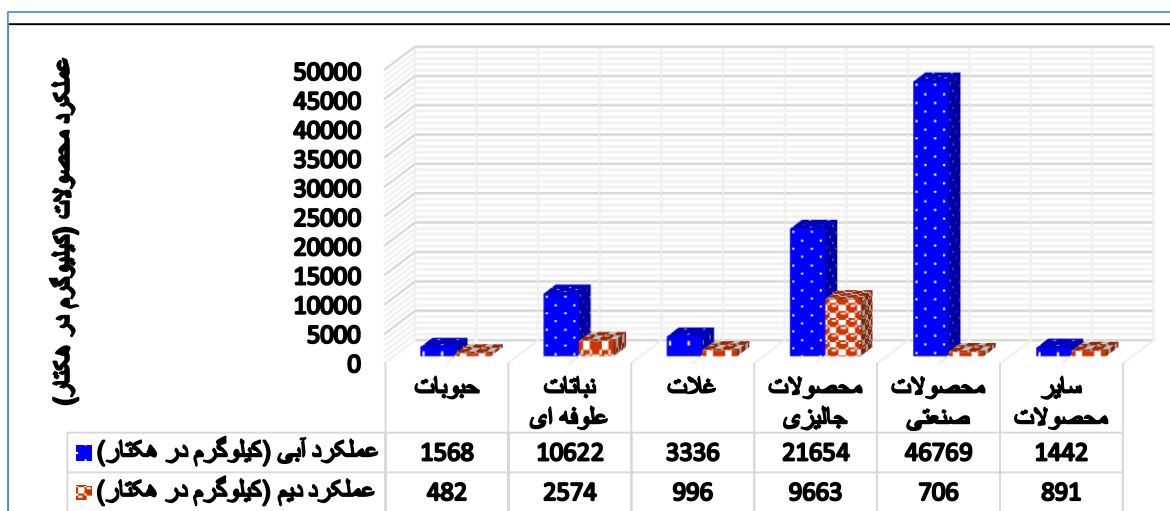
نام محصول	سال زراعی	عملکرد (کیلوگرم بر هکتار)	سطح برداشت (هکتار)	میزان تولید (تن)
حبوبات	1390-1400	آبی: 1568 دیم: 482	آبی: 18797	آبی: 29468
نباتات علوفه‌ای	1390-1400	آبی: 10622 دیم: 2574	آبی: 818795	آبی: 8696879
غلات	1390-1400	آبی: 3336 دیم: 996	آبی: 1245707	آبی: 4155210
محصولات جالیزی	1390-1400	آبی: 21654 دیم: 9663	آبی: 37918	آبی: 821076
محصولات صنعتی	1390-1400	آبی: 46769 دیم: 706	آبی: 419474	آبی: 19626974
سایر محصولات	1390-1400	آبی: 1442 دیم: 891	آبی: 460280	آبی: 663872
			دیم: 156	دیم: 139





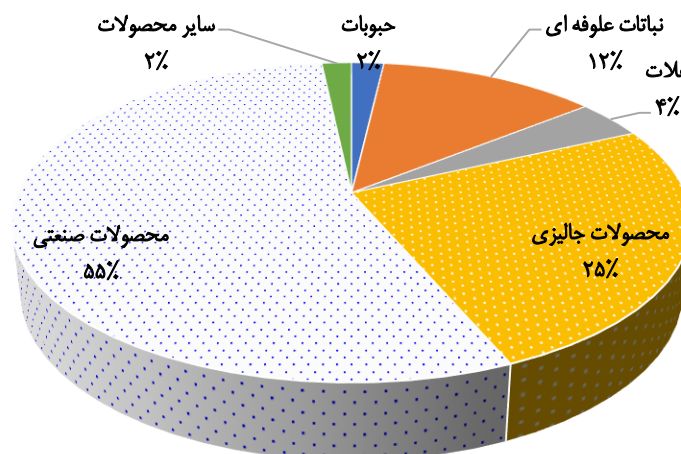
شکل ۲- میزان تولید محصولات زراعی در دو بخش آبی و دیم در استان آذربایجان غربی

Figure 2- The amount of crop production in both irrigated and rainfed sectors in West Azerbaijan province



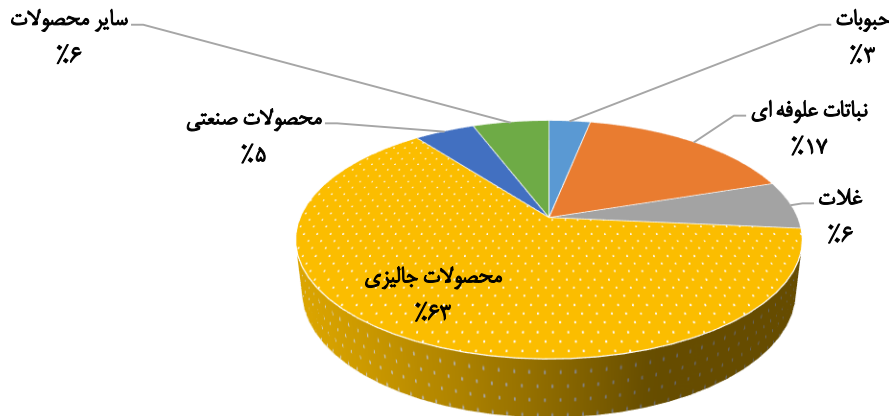
شکل ۳- عملکرد محصولات زراعی (کیلوگرم در هکتار) در استان آذربایجان غربی

Figure 3- Yield of crops (kilograms per hectare) in West Azerbaijan province



شکل ۴- سهم هر گروه محصولی در تولید کل برای عملکرد آبی حسب کیلوگرم در هکتار

Figure 4- Contribution of each crop group to total production for irrigated yield in kg/ha

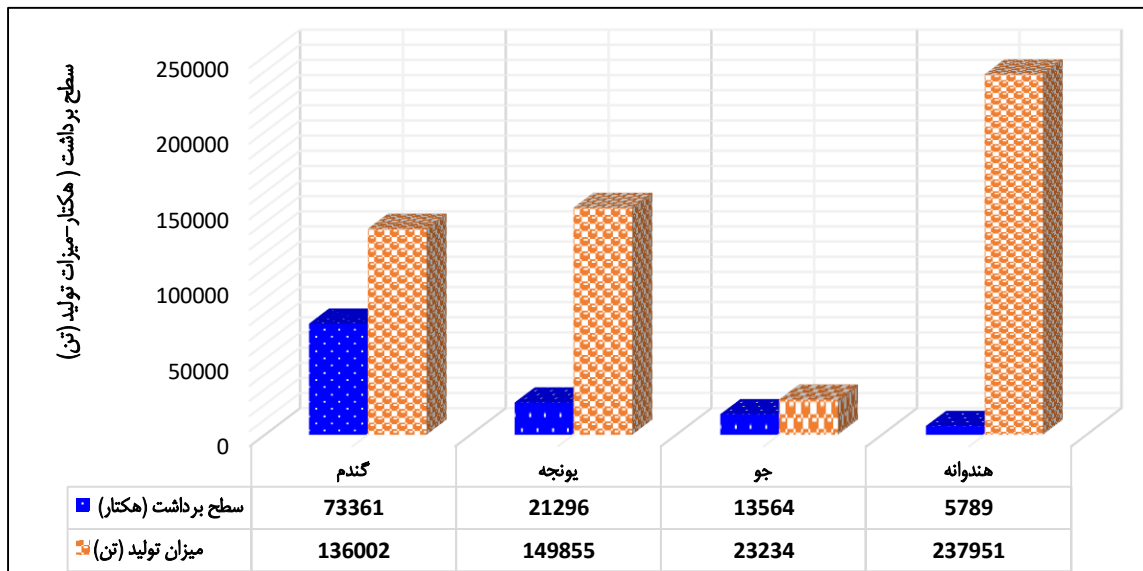


شکل ۵- سهم هر گروه محصولی در تولید کل برای عملکرد دیم حسب کیلوگرم در هکتار

Figure 5- The share of each product group in the total production for dryland yield in kilograms per hectare

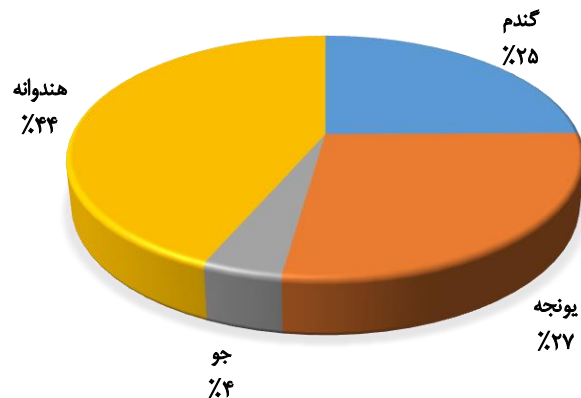
است. هم‌چنین بیش‌ترین میزان تولید مربوط به محصول هندوانه با ۲۳۷۹۵۱ تن و کم‌ترین تولید مربوط به محصول جو با ۱۳۹۸ و ۱۳۹۶ تن است. هم‌چنین در بازه‌ی مورد مطالعه سال‌های ۱۳۹۶، ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ شاهد بیش‌ترین تولید محصول بوده‌ایم. از لحاظ عملکرد تولید نیز در بازه‌ی زمانی مورد مطالعه هندوانه، یونجه و گندم بیش‌ترین سهم از تولید را داشته‌اند. شکل ۶ سطح برداشت (حسب هکتار) و میزان تولید (تن) محصولات زراعی را در شهرستان پلدشت در بازه‌ی مورد مطالعه نشان می‌دهد. هم‌چنین شکل ۷ سهم هر گروه محصولی در کل تولید (درصد) را نشان می‌دهد.

۲-۷- نگاهی به وضعیت کشت محصولات زراعی در شهرستان پلدشت بعد از بررسی اجمالی وضعیت محصولات زراعی در استان آذربایجان غربی در بازه‌ی سال ۱۳۹۰-۱۴۰۰، نگاهی گذرا به عملکرد تولید محصولات کشاورزی شهرستان پلدشت در بازه‌ی مورد نظر خواهیم انداخت و سهم هر گروه محصولی در کل تولید و هم‌چنین میزان تولید شهرستان به تفکیک دسته‌بندی محصولات را بررسی خواهیم نمود. کلیه آمار از سایت سازمان جهاد کشاورزی مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات اخذ شده است. آمار نشان می‌دهد که بیش‌تر سطح برداشت متعلق به گندم با ۷۳۳۶۱ هکتار و کم‌ترین مربوط به هندوانه با ۵۷۸۹ هکتار



شکل ۶- مقایسه‌ی میزان تولید و سطح برداشت در سطح شهرستان پلدشت

Figure 6- Comparison of the amount of production and harvest level in the city of Poldasht



شکل ۷- سهم محصولات زراعی در کل تولید در دشت پلدشت

Figure 7- The share of crops in the total production in Poldasht plain

### ۳- نتایج و بحث

محاسبه نیاز آبی دشت پلدشت استفاده شد. هم‌چنین مطابق روابط ذکر شده در بخش مواد و روش‌ها، عملکرد تولید (کیلوگرم در هکتار)، بهره‌وری (کیلوگرم بر مترمکعب) و آب مجازی (مترمکعب بر کیلوگرم) محاسبه شد که نتایج آن در جدول ۴ بیان شد. نتایج جدول زیر نشان می‌دهد که بهره‌وری محصول هندوانه با ۱۴/۸۹ کیلوگرم بر مترمکعب نسبت به سطح برداشت ۵۷۸۹ هکتار دارای بالاترین میزان بهره‌وری در بین محصولات زراعی مورد مطالعه بوده است. هم‌چنین این محصول دارای بهترین عملکرد تولید با ۴۱۱۰۳/۹۹ کیلوگرم در هکتار بوده است. هم‌چنین آب مجازی نیز با بهره‌وری رابطه عکس دارد. همان‌طور که از جدول ۴ دیده می‌شود به ترتیب آب مجازی جو با ۰/۵۳۷، گندم با ۰/۴۴۸، جو با ۰/۳۰۷ و در نهایت هندوانه با ۰/۰۶۷ مترمکعب در کیلوگرم هستند. هم‌چنین، شکل ۸ مقایسه بهره‌وری و آب مجازی محصولات زراعی پلدشت را نشان می‌دهد.

در این پژوهش ابتدا اطلاعات سطح برداشت و میزان تولید محصولات زراعی دشت پلدشت از مرکز فناوری اطلاعات و آمار وزارت جهاد کشاورزی اخذ شد. هم‌چنین نیاز آبی از سه طریق احصا شد. در مرحله اول اطلاعات نیاز آبی از اداره جهاد کشاورزی شهرستان پلدشت اخذ شد. سپس از برنامه NETWAT که توسط علیزاده و همکاران ارائه شده است داده‌های نیاز آبی اخذ شد که در جداول بخش مواد و روش‌ها ارائه شد. نظر به اختلاف نسبتاً بالا آمار مذکور جهت اطمینان از داده‌های موجود یک‌بار نیاز آبی محصولات با استفاده از برنامه CROPWAT 8.0 انجمن فائو و برنامه الحاقیه CLIMWAT 2.0 استفاده شد. با توجه به نزدیکی جواب‌های دو برنامه با توجه به مقبولیت برنامه از داده‌های این برنامه برای NETWAT در جامعه علمی از داده‌های این برنامه برای

جدول ۴- اطلاعات محصولات زراعی در دشت پلدشت (مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات و یافته‌های پژوهش)

Table 4- Information on crops in Poldasht plain (Information and Communication Technology Center and Research Findings)

نام محصول	سطح برداشت (هکتار)	میزان تولید (کیلوگرم)	عملکرد تولید (کیلوگرم بر هکتار)	مقدار نیاز آبی (مترمکعب بر هکتار)	بهره‌وری (کیلوگرم بر مترمکعب)	آب مجازی (مترمکعب بر کیلوگرم)
گندم	73361	136003000	1853.87	2100	2.23	0.448
جو	13564	23234000	1712.91	1630	3.25	0.307
یونجه	21296	149855000	7036.76	5820	1.86	0.535
هندوانه	5789	237951000	41103.99	2760	14.89	0.067

آن ارزش خالص (ریال) محاسبه شود. این هزینه‌ها شامل هزینه آماده‌سازی زمین، هزینه کاشت و داشت و برداشت، هزینه اجاره بهاء زمین، بیمه و وام است که جمع کل آیت‌های مذکور برای محصولات زراعی حسب ریال لحاظ شد. جدول ۵ گزارش هزینه‌های تولید در یک هکتار به تفکیک مراحل مختلف در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ را نشان می‌دهد. هم‌چنین جدول ۶ نیز درآمد خالص محصولات زراعی را نشان می‌دهد. همان‌طور که از

سپس در گام بعدی سعی شد که هزینه‌های خالص و ناخالص محصولات زراعی در سال ۱۴۰۰-۱۳۹۹ با تعرفه مصوب شورای اقتصاد مورد بررسی قرار گیرد. در این راستا، قیمت گندم، جو و یونجه از تعرفه مصوب شورای اقتصاد ابلاغی سال ۱۴۰۰-۱۳۹۹ استفاده شد. هم‌چنین مطابق آمار مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات سازمان جهاد کشاورزی هزینه‌های کاشت و داشت و برداشت نیز در جدول ۵ آورده شد تا بر اساس

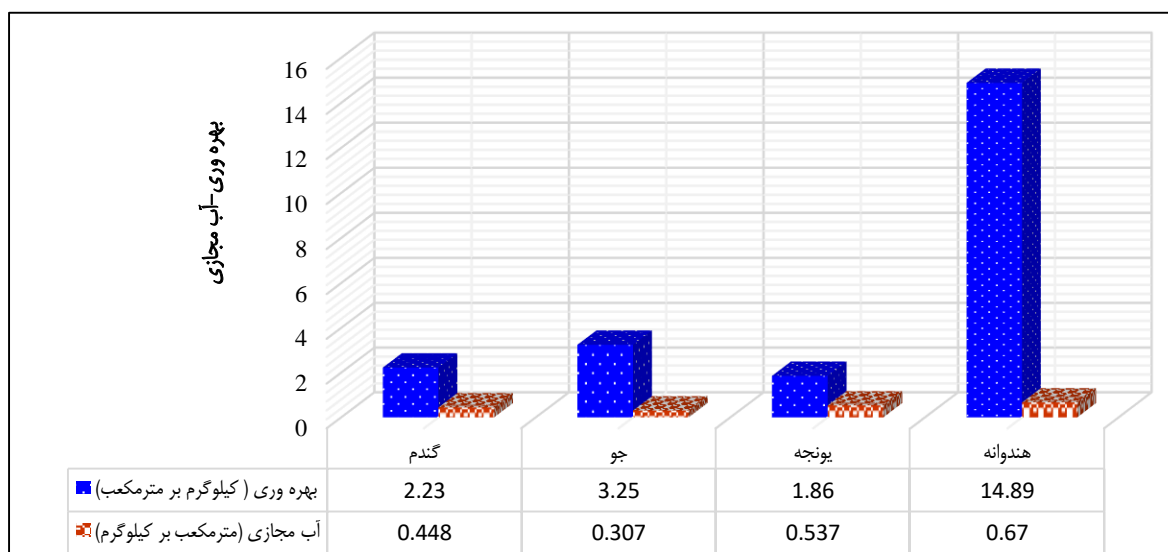
جدول مذکور دیده می‌شود درآمد خالص محصول هندوانه برابر ۳۸۷۵۰۸۹۸ ریال و یونجه برابر ۳۰۱۰۵۰۶۹۰ ریال است. نتایج مقایسه درآمد خالص و ناخالص در شکل ۹ نشان داده شده است. ۱۰۲۶۴۲۷۷۵۰ ریال، گندم برابر ۷۱۵۱۴۹۸۴ ریال، جو برابر

جدول ۵- گزارش هزینه‌های تولید در یک هکتار به تفکیک مراحل مختلف در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹  
Table 5-Report of production costs per hectare by different stages in the crop year 2020-2021

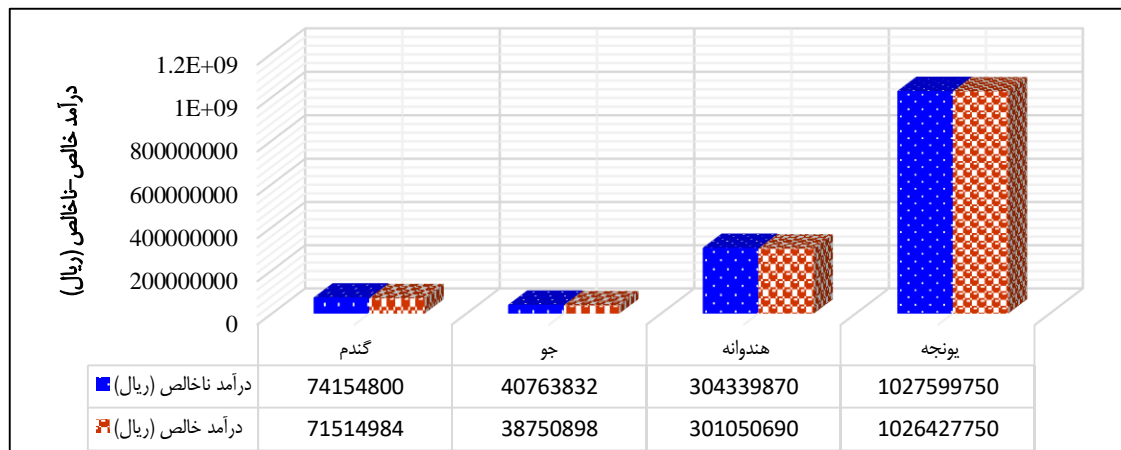
نام محصول	آماده‌سازی زمین	کاشت	داشت	برداشت	اجاره بهاءزمین	بیمه	وام	جمع هزینه
گندم	245851	487058	528002	429615	934565	14092	633	2639816
جو	228356	333283	320958	352376	771983	5978	0	2012934
هندوانه	100000	822000	0	100000	150000	0	0	1172000
یونجه	262293	759616	664666	585821	1016784	0	0	3289180

جدول ۶- مقایسه ارزش خالص و ناخالص محصولات زراعی دشت پلدشت در سال ۱۳۹۰-۱۴۰۰  
Table 6 - Comparison of the net and gross value of crops in Poldasht in 2011-2021

نام محصول	عملکرد تولید (کیلوگرم بر هکتار)	قیمت (ریال)	درآمد ناخالص (ریال)	هزینه (ریال)	درآمد خالص (ریال)
گندم	1853.87	40000	74154800	2639816	71514984
جو	1712.91	23798	40763832	2012934	38750898
یونجه	7036.76	43250	304339870	3289180	301050690
هندوانه	41103.99	25000	1027599750	11720000	1026427750



شکل ۸- مقایسه بهره‌وری و آب مجازی محصولات زراعی پلدشت  
Figure 8-Comparison of productivity and virtual water of field crops in Poldasht plain



شکل ۹- مقایسه درآمد خالص- ناخالص محصولات زراعی پلدشت  
Figure 9- Comparison of the net-gross income of Poldasht crops

#### ۴- نتیجه‌گیری

افزایش بهره‌وری آب به‌عنوان کمیاب‌ترین نهاده کشاورزی طی چند دهه اخیر مورد توجه بسیاری از محققان قرار گرفته است. بررسی‌ها بر اساس مقدار آب مجازی و شاخص‌های بهره‌وری آب در محصولات کشاورزی نیازمند برنامه‌ریزی جامع و دقیق است که مقدار واقعی مصرف آب را برای تولید محصولات برآورد نماید. یکی از مؤثرترین راهکارهای مقابله با بحران آب و افزایش کمی و کیفی تولیدات در بخش کشاورزی توجه به بهره‌وری و انتقال آن با اعمال روش و سیاست‌های مناسب در حوزه مدیریت منابع آب است. بهره‌وری آب کشاورزی از شاخص‌های مهم برای کشورهای با منابع محدود آب و از مهم‌ترین موضوعاتی است که در سال‌های اخیر مورد توجه محققان قرار گرفته است. با توجه به اهمیت این موضوع در این پژوهش میزان آب مجازی و شاخص بهره‌وری و همچنین ارزش اقتصادی خالص و ناخالص برای محصولات عمده کشت شده در شهرستان پلدشت در استان آذربایجان غربی مورد بررسی قرار گرفت. در این راستا، ابتدا داده‌ها و اطلاعات مربوط به محصولات زراعی از طریق سازمان‌ها و نهادهای مربوطه برای سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۰ گردآوری شد و برای محاسبه نیاز آبی از برنامه NETWAT، CROPWAT، CLIMWAT و Excel برای رسم نمودار و نتایج گرافیکی مورد استفاده قرار گرفت. سپس عملکرد محصولات زراعی با تقسیم میزان محصولات تولید شده بر سطح کاشت محصولات و شاخص بهره‌وری و آب مجازی محاسبه شد.

نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که محصول هندوانه با سطح برداشت ۵۷۸۹ هکتار و میزان تولید ۲۳۷۹۵۱۰۰۰ کیلوگرم و عملکرد تولید ۴۱۱۰۳/۹۹ کیلوگرم بر هکتار با نیاز آبی ۲۷۶۰ مترمکعب بر هکتار، میزان بهره‌وری ۱۴/۸۹ کیلوگرم بر مترمکعب دارد و دارای بالاترین میزان بهره‌وری است. همچنین، نتایج نشان می‌دهد که محصول یونجه کم‌ترین میزان بهره‌وری را دارد. شایان ذکر است که محصول هندوانه علی‌رغم این که در سطح برداشت بسیار کم دارای میزان تولید و بهره‌وری بالا است، اما به همان میزان نیز یک محصول بسیار آب‌دوست است که نیاز آبی نسبتاً بالایی دارد و عموماً کارشناسان دنبال یک محصول جایگزین به‌علت کمبود منابع آب هستند. در نهایت پیشنهاد می‌شود که روش‌های آبیاری سنتی (غرقابی) جای خود را به روش‌های آبیاری تحت فشار مدرن دهند تا علاوه بر افزایش راندمان و بهره‌وری، کاهش مصرف آب و همچنین هدررفت آن را به دنبال داشته باشند. همچنین پیشنهاد می‌شود که نیاز آبی محصولات زراعی با استفاده از داده‌های سازمان جهاد کشاورزی و برنامه‌های مذکور با یکدیگر مقایسه شده و تاثیر آن در میزان آب مصرفی و صرفه‌جویی آن و همچنین ارزش‌های خالص و ناخالص تولید محصولات مورد ارزیابی و بررسی قرار گیرد و نتایج نهایی با سند ملی آب مقایسه شده تا میزان نیاز آبی به‌صورت کامل تدقیق شود.

#### منابع

باغبانیان، م.، امام‌وردی، ق.، قادرزاده، ح.، دامن کشیده، م.، و امین رشتی، ن. (۱۳۹۹). بررسی آب مجازی و شاخص‌های بهره‌وری آب کشاورزی در محصولات عمده زراعی (مطالعه موردی: شهرستان سقز استان کردستان). *آبیاری و زهکشی ایران*، ۱۴(۳)، ۱۰۴۶-۱۰۵۴.

امینی، ع.، پرهمت، ج.، و سدردی، م.ح. (۱۳۹۹). بررسی بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب در محصولات عمده زراعی در حوضه تلوار استان کردستان. *مهندسی و مدیریت آب/بخیز*، ۱۲(۲)، ۴۸۱-۴۹۱.

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). آب و توسعه پایدار، ۳(۲)، ۱۹-۲۶.

رستگاری‌پور، ف.، سالاری، ا.، و عزیززاده، ف. (۱۴۰۰). تعیین شاخص‌های آب مجازی و ردپای اکولوژیک آب چغندرقلند در روستاهای شهرستان تربت حیدریه. راهبردهای توسعه روستایی، ۳۰، ۲۳۳-۲۴۳.

زمانی، ا.، مرتضوی، س.، و بلالی، ح. (۱۳۹۳). بررسی بهره‌وری اقتصادی آب در محصولات مختلف زراعی در دشت بهار. پژوهش آب در کشاورزی، ۱(۱)۲۸، ۵۱-۶۱.

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

مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات وزارت جهاد کشاورزی، (۱۴۰۱). وضعیت محصولات زراعی در استان آذربایجان غربی و شهرستان پلدشت، تهران، ایران.

باغستانی، ع.، و مهرابی بشرآبادی، ح. (۱۳۸۶). مفهوم آب مجازی و کاربرد آن در تعیین الگوی تجارت محصولات کشاورزی ایران. نهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر، دانشگاه کرمان. بذرافشان، ا.، ملکی‌نژاد، ح.، العابدین حسینی، س.ز.، و برزگری، ف. (۱۳۹۸). بررسی نیاز آبی بر اساس تغییر الگوهای آبیاری و تاثیر آن بر بیلان آبی دشت یزد-اردکان. خشک‌بوم، ۹(۱)، ۱۰۱-۱۱۱.

پوران، ر.، راغفر، ح.، قاسمی، ع.، و فامه بزازان، ف. (۱۳۹۶). محاسبه ارزش اقتصادی آب مجازی با رویکرد حداکثرسازی بهره‌وری آب آبیاری. مطالعات اقتصادی کاربردی/ایران، ۶(۲۱)، ۱۸۹-۲۱۲.

پوران، ر.، و راغفر، ح. (۱۴۰۰). بررسی الگوی کشت محصولات زراعی استان‌های سمنان و ایلام با تاکید بر نقش آب مجازی در بهره‌وری آب. آب و توسعه پایدار، ۱(۱)۸، ۹۷-۱۰۶.

حکمت‌نیا، م.، حسینی، س.م.، و صفدری، م. (۱۳۹۹). مدیریت منابع آب کشاورزی استان سیستان و بلوچستان از دیدگاه آب مجازی. مهندسی آبیاری و آب/ایران، ۱(۱)۱۱، ۱۳۷-۱۴۹.

## References

- 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.
- Amini, A., Porhemmat, J., & Sedri, M.H. (2020). Investigating the physical and economic efficiency of water in major crops in the Talvar Watershed, Kurdistan, Iran. *Watershed Engineering and Management*, 12(2), 481-491 (in Persian).
- Ashktorab, N., & Zibaei, M. (2022). Future virtual water flows under climate and population change scenarios: focusing on its determinants. *Journal of Water and Climate Change*, 13(1), 96-112.
- Bagestani, A., & Mehrabadi Beshrabadi, H. (2016). The concept of virtual water and its application in determining the trade pattern of agricultural products of Iran. The 9th National Conference on Irrigation and Evaporation Reduction, Kerman, Iran (in Persian).
- Baghbanyan, M., Emamverdi, G.H., Ghaderzadeh, H., Damankeshideh, M., & Aminrashti, N. (2020). A survey on virtual water and sustainable productivity indices of agricultural water in major agricultural crops (A case of Saqqez City, Kurdistan Province). *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*, 14(3), 1046-1054 (in Persian).
- Bazrafshan, E., Malekinezhad, H., Hosseini, S.Z., Barzgari, F. (2019). Investigation of water need based on changing irrigation patterns and its effect on the water balance of Yazd-Ardakan Plain, Iran. *The Journal of Arid Biome*, 9(1), 101-111 (in Persian).
- Deng, G., Lu, F., Wu, L., & Xu, C. (2021). Social network analysis of virtual water trade among major countries in the world. *Science of The Total Environment*, 753, 142043.
- Du, Y., Fang, K., Zhao, D., Liu, Q., Xu, Z., & Peng, J. (2022). How far are we from possible ideal virtual water transfer? Evidence from assessing vulnerability of global virtual water trade. *Science of the Total Environment*, 828, 154493.
- Hekmatnia, M., Hosseini, S.M., & Safdari, M. (2020). Water Resource Management of the Agricultural Sector in Sistan and Baluchestan Province: a Virtual Water Perspective. *Journal of Irrigation and Water Engineering*, 11(1), 137-149 (in Persian).
- Information and Communication Technology Center of the Ministry of Agricultural Jihad, (2022). The status of crops in West Azerbaijan province and Poldasht City, Tehran, Iran (in Persian).
- Khoramivafa, M., Nouri, M., Mondani, F., Veisi, H. (2017). Evaluation of virtual water, water productivity and ecological footprint in Wheat and Maize Farms in West of Iran: A case study of Kouzaran Region, Kermanshah Province. *Journal of Water and Sustainable Development*, 7(2), 19-26 (in Persian).
- Long, A., Deng, X., & Yu, J. (2022). Understanding of regional trade and virtual water flows: The case study of Arid Inland River Basin in Northwestern China. In: Ren, J. (eds) *Advances of Footprint Family for Sustainable Energy and Industrial Systems. Green Energy*

- and Technology*. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-76441-8\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-030-76441-8_6).
- Mircholi, F., Soltani Kopaei, S., & Faramarzi, M. (2016). Assessing of virtual water trade and water footprint of some agricultural crops in Iran. *Iranian Water Research Journal*, 10(1), 49-58 (in Persian).
- Nishad, S.N., & Kumar, N. (2022). Virtual water trade and its implications on water sustainability. *Water Supply*, 22(2), 1704-1715.
- Pouran, R., & Raghfar, H. (2021). Investigation of crop cultivation pattern of Semnan and Ilam provinces by emphasizing the role of virtual water in water productivity. *The Journal of Water and Sustainable Development*, 8(1), 97-106 (in Persian).
- Pouran, R., Raghfar, H., Ghasemi, A.R., & Bazazan, F. (2017). Evaluating the economic value of virtual water with maximizing productivity of Irrigation water. *Quarterly Journal of Applied Economics Studies*, 6(21), 189-212 (in Persian).
- Rastegaripoor, F., Salari, A., & Azizzadeh, F. (2021). Determination of virtual water indices and ecological footprint of sugar beet water in villages of Torbat Heydariyeh city. *Rural Development Strategies*, 30, 233-243 (in Persian).
- Smith, M., Allen, R., Monteith, J.L., Perrier, A., & Segeren, A. (1992). Report on the expert consultation on revision of FAO methodologies for crop water requirements. FAO Land and Water Development Division, FAO, Rome (Italy), 129 pages.
- Sun, X., Wang, W., Qu, S., Li, W., Zhao, W., & Meng, Y. (2022). Quantitative analyzes of virtual water net exports under the impacts of natural changes and human activities in the last 20 years in Shandong Province, China. *Water Supply*, 22(2), 1521-1532.
- Xia, W., Chen, X., Song, C., & Pérez-Carrera, A. (2022). Driving factors of virtual water in international grain trade: A study for belt and road countries. *Agricultural Water Management*, 262, 107441.
- Zamani, O., Mortazavi, S., & Belali, H. (2014). Economical Water Productivity of Agricultural Products in Bahar Plain, Hamadan. *Water Research in Agriculture*, 28(1), 51-61 (in Persian).
- Zhong, Z., Chen, Z., & Deng, X. (2022). Dynamic change of inter-regional virtual water transfers in China: Driving factors and economic benefits. *Water Resources and Economics*, 100203.
- Zhuo, L., L, M., Zhang, G., Mekonnen, M.M., Hoekstra, A.Y., Wada, Y., & Wu, P. (2022). Volume versus value of crop-related water footprints and virtual water flows: A case study for the Yellow River Basin. *Journal of Hydrology*, 608, 127674.