Water and Soil Management and Modeling

Online ISSN: 2783 - 2546

University of Mohaghegh Ardabili

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

Rahim Abdollahzadeh kahrizi [1], Amir hossein Kokabinezhad moghaddam [2*], Edris Merufinia [3]

[1] Graduated in Geology, Groundwater Regional Water Expert, West Azerbaijan, Maku, Iran.
[2*]Department of Geology, Islamic Azad University, Maragheh Branch, Maragheh, Iran.
[3] 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 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 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.

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 Poldasht study area and in the north of 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 a 11-years period. In the present research, the various productivity indicators and virtual water of the crops of Dasht-Poldasht has 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) has been calculated.

Results and Discussion

In this regard, data related to different crops were collected through relevant organizations and institutions in crop year 2011-2021, and NETWAT, CROPWAT, and CLIMWAT programs and Excel programs were utilized to calculate the water requirements and draw graphs and graphical results. Then, the crop yields were calculated through dividing the amount of crops produced by the planting area of crops by the productivity index and virtual water. The information about the harvesting area and research findings demonstrated that the watermelon crop has the lowest harvesting area with 5789 hectares and the highest harvesting area for wheat with 73361 hectares. In terms of the amount of harvest, watermelon has the highest amount of production with 237,951 tons and the lowest amount of production is 136,002 tons. In addition, the productivity results show that the productivity of wheat is 2. 23, barley is 3. 25, alfalfa is 1. 86, and watermelon is 14. 89 kg/m3. Therefore, the watermelon product has the highest productivity and the alfalfa product has the lowest productivity.

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 has 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, (2022), Investigating Virtual Water and Agricultural Water Productivity Index in Crops of Poldasht Plain. *Water and Soil Management and Modeling*
DOI: ……

Received:..... , Accepted:.....
Water and Soil Management and Modeling, Year …, Vol. …, No. …, pp. .....
Publisher: University of Mohaghegh Ardabili
© Author(s)

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

رحیم عبداله زاده‌کهریزی [۱]، امیرحسین کوکبی‌نژادمقدم [۲*] و ادریس معروفی‌نیا [۳]

[۱] دانش آموخته کارشناسی ارشد زمین‌شناسی، کارشناس آب‌های زیرزمینی آب منطقه‌ای آذربایجان‌غربی، ماکو، ایران.
[۲] گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مراغه، مراغه، ایران.
[۳] دانشجوی دکتری، گروه عمران آب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

چکیده

رشد جمعیت و توسعه اقتصادی، هدر رفت 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 بسزایی 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 زیرکشت، 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 محصول گندم دارای بهره‌وری ۲/۲۳، جو دارای ۳/۲۵، یونجه دارای ۱/۸۶ و هندوانه دارای ۱۴/۸۹ کیلوگرم بر مترمکعب است. لذا محصول هندوانه دارای بیش‌ترین بهره‌وری و محصول یونجه 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: عبداله زاده کهریزی، ر.، کوکبی‌نژاد مقدم، ا.، و معروفی‌نیا، ا. (۱۴۰۱). بررسی آب مجازی و شاخص بهره‌وری آب کشاورزی در محصولات زراعی دشت پلدشت. مدل‌سازی و مدیریت آب و خاک

DOI: .....

تاریخ دریافت:..... ، تاریخ پذیرش:.....

مدل‌سازی و مدیریت آب و خاک، سال..... ، دوره..... ، شماره..... ، صفحه... تا.....

ناشر: دانشگاه محقق اردبیلی

© نویسندگان

۱-مقدمه

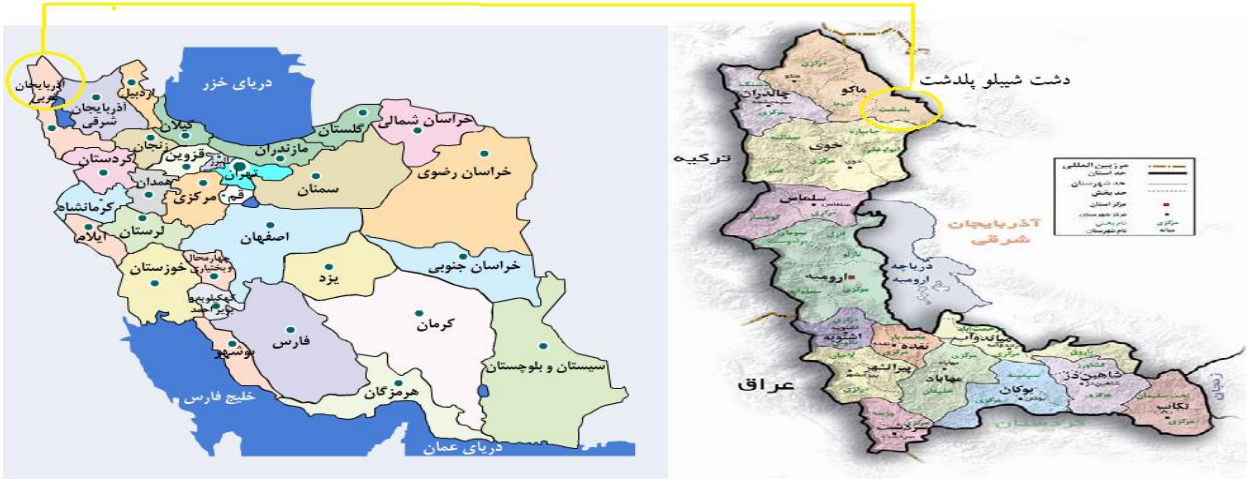
آب به‌عنوان یک منبع حیاتی و استراتژیک، تاثیر شایانی بر توسعه پایدار اقتصادی دارد. عواملی مانند توسعه اجتماعی–اقتصادی، رشد جمعیت و تغییرات آب و هوایی چالش‌های عمده‌ای را برای پایداری و امنیت غذایی به‌عنوان دو مورد از مهم‌ترین دغدغه‌های اجتماعی ایجاد کرده‌اند (Ashktorab & Zibaei, 2022). با رشد جمعیت و افزایش عرضه و تقاضا، کمبود آب به یکی از رایج‌ترین بحران‌های قرن اخیر تبدیل شده است که تمام جوامع بشری را در برگرفته 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 متاثر 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 غربی 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 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 تاسیسات حمل و نقل و کاهش هزینه‌های لجستیکی تجارت محصولات صنعتی و کشاورزی به‌ویژه هزینه بازرگانی محصولات کشاورزی ضروری است. امینی و همکاران (۱۳۹۹) 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 متر مکعب را دارا بوده است. باغبانیان و همکاران (۱۳۹۹) 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 چغندرقند و نخود آبی به‌ترتیب برابر ۹/۵ و ۰/۲ کیلوگرم بر مترمکعب و به‌ترتیب بالاترین و پایین ترین مقادیر را دارا هستند. پوران و راغفر (۱۴۰۰) به بررسی الگوی کشت محصولات زراعی استان‌های سمنان و ایلام با تاکید 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. خرمی وفا و همکاران (۱۳۹۷) 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 به‌ترتیب برابر ۲۲۰۲، ۳۵۲۳ و ۳۶۹۹ مترمکعب بر تن بود. این مقادیر برای مزارع ذرت به‌ترتیب ۲۴۱۷، ۳۸۶۷ و ۴۰۶۰ متر مکعب بر تن به‌دست 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 که می‌توان به پژوهش‌های میرچولی و همکاران (۱۳۹۵)، حکمت نیا و همکاران (۱۳۹۹)، پوران و همکاران (۱۳۹۶)، رستگاری پور و همکاران (۱۴۰۰)، زمانی و همکاران (۱۳۹۳) اشاره نمود. در این پژوهش، با تحلیل داده‌ها و اندازه‌گیری‌های میدانی، ابتدا وضعیت کشت محصولات زراعی در استان آذربایجان‌غربی و شهرستان پلدشت ارزیابی خواهد شد. هم‌چنین میزان تولید محصولات زراعی دیم و آبی (حسب تن) و عملکرد محصولات زراعی (حسب کیلوگرم در هکتار) و سهم هر گروه محصولی در تولید کل بر اساس عملکرد (برحسب کیلوگرم در هکتار) در شهرستان پلدشت مورد ارزیابی قرار

می‌گیرد. سپس بعد از انتخاب محصولات زراعی در منطقه مورد مطالعه، شاخص بهره‌وری و آب مجازی ارزیابی خواد شد. در نهایت با توجه به قیمت محصولات در سال ۱۳۹۹-۱۴۰۰ درآمد ناخالص (بر حسب ریال) محاسبه خواهد شد.

۲- مواد و روش

۲-۱- منطقهٔ مورد مطالعه

دشت شیبلو پلدشت در شمال‌غرب ایران و در حد فاصل طول‌های جغرافیایی ۷ و ۲۶ و ۴۵ تا ۲۷ و ۵ و ۴۶ شرقی وعرض‌های جغرافیایی ۳۸ و ۵ و ۳۸ تا ۲۲ و ۲۳ و ۳۸ شمالی قرارگرفته است. این محدوده در شرق محدوده 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 می‌باشد 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 از آب آن برای کشاورزی برداشت می‌شود رودخانه مرزی ارس است و در این دشت کوچک چندین مسیل کوچک وبزرگ 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 مصارف آب در بخش کشاورزی، از اطلاعات مربوط به سطح زیر کشت شهرستان پلدشت (آرشیو فنی وزارت جهاد کشاورزی)، 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.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی استان آذربایجان غربی و شهرستان پلدشت

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

۲-۲- روش پژوهش

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

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

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

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

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

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

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

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 (بذرافشان و همکاران، ۱۳۹۸). نیاز آبی محصول برابر با تبخیر-تعرق محصول (ET_{crop}) حسب میلی‌متر بر روز ($mm\ d^{-1}$) است که از رابطه زیر به‌دست می‌آید (Allen et al., 1998):

$$ET_{crop} = K_{crop} \times ET_o \qquad (۱)$$

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-مانتیث 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):

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

که در این رابطه به‌ترتیب ET_O: تبخیر-تعرق گیاه مرجع حسب میلی‌متر بر روز ($mm\ d^{-1}$)، T: متوسط دمای هوا حسب درجه سانتی‌گراد (^0C)، U_2: سرعت باد در ارتفاع ۲ متری حسب متر بر ثانیه (ms^{-1})، R_n: تابش خالص در سطح زمین حسب مگا ژول بر میلی‌متر مربع بر روز ($MJ\ m^{-2}\ d^{-1}$)، G: جریان گرمای خاک حسب مگا ژول بر میلی‌متر مربع بر روز ($MJ\ m^{-2}\ d^{-1}$)، $e_a - e_d$: کمبود فشار بخار اشباع هوا حسب کیلو پاسکال (KP_a)، e_a: فشار بخار اشباع حسب کیلو پاسکال (KP_a)، e_d: فشار واقعی حسب کیلو پاسکال (KP_a)، Δ: شیب منحنی فشار بخار اشباع با دما حسب کیلو

پاسکال بر درجه سانتی‌گراد ($KP_a\ ^0C^{-1}$)، ۷: ثابت سایکرومتر حسب کیلو پاسکال بر درجه سانتی‌گراد ($KP_a\ ^0C^{-1}$) 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 تامین 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 ایجاد کننده پایداری در کشاورزی، ولی آب آبی نیازمند صرف انرژی برای انتقال و توزیع در سیستم آبیاری است. آب مجازی سبز و آب مجازی آبی به‌ترتیب از نسبت آب سبز مصرفی (یا بارندگی مؤثر) و آب آبی مصرفی (آب آبیاری) به عملکرد محصول به دست می آیند. برای محاسبه مقدار آب مصرفی محصولات کشاورزی لازم است، مقدار آب آبیاری محصولات (W_c) با استفاده از رابطه (۳) محاسبه شود:

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

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) به‌صورت زیر حساب کرد:

$$CWR_c = \frac{ET}{e} \qquad (۴)$$

که در این رابطه CWR_c: مقدار آب مورد نیاز محصول حسب مترمکعب بر هکتار ($m^3.\ ha^{-1}$) است و ET آب خالص مورد نیاز گیاه از آبیاری حسب مترمکعب بر هکتار ($m^3.\ ha^{-1}$) و e: راندمان آبیاری حسب درصد است (باغستانی و بشری مهرآبادی، ۱۳۸۶).

٤-۲- 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 (kg/m^3) 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) به‌دست می‌آید:

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

که در این رابطه Y_c: میزان محصول تولید شده حسب کیلوگرم بر هکتار ($Kg.\ ha^{-1}$)، WR_c: مقدار نیاز آبی محصول و CWR_c: حجم آب مصرفی در هکتار است. لذا بهره‌وری فیزیکی آب حسب کیلوگرم بر مترمکعب (kg/m^3) سنجیده می‌شود. گام پنجم محاسبه آب مجازی (VWC) است که عکس رابطه بهره‌وری است و دارای واحد مترمکعب بر کیلوگرم (m^3/kg) است و از رابطه (۶) به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:

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

٥-۲- 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) به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\mathrm{BPD} = \frac{TR}{CWR_c} \qquad (۷)$$

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 برحسب ریال بر متر مکعب 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 به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\mathrm{NBPD} = \frac{NR}{CWR_c} \qquad (۷)$$

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 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.

٦-۲- نگاهی به وضعیت کشت محصولات زراعی در استان آذربایجان غربی

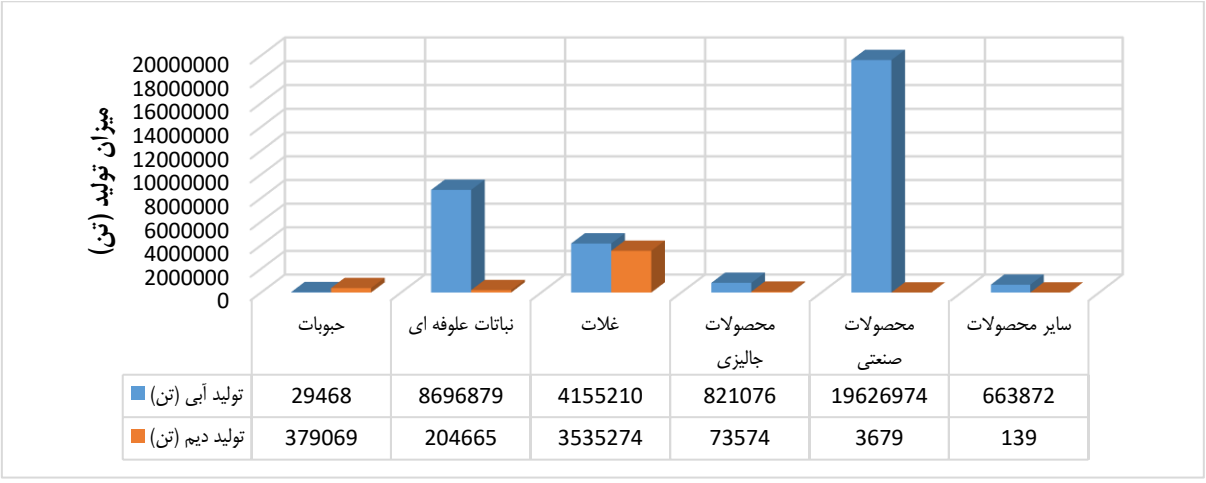
در ابتدا آمار و ارقام محصولات زراعی در بازه مطالعه ۱۴۰۰–۱۳۹۰ مطالعه خواهد شد. اطلاعات از مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات وزارت جهاد کشاورزی اخذ شده است. مروری اجمالی شامل بررسی سطح عملکرد (کیلوگرم در هکتار)، سطح برداشت (هکتار) و میزان تولید (تن) ارقام محصولات زراعی سال‌های ۱۳۹۰ لغایت ۱۴۰۰

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 علوفه ای)، محصولات صنعتی (آفتابگردان روغنی، پنبه، چغندر قند، توتون و تنباکو، سویا، کلزا، کنجد، کتان و کنف، 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 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 (حسب تن)، شکل (۳) عملکرد محصولات زراعی (حسب کیلوگرم در هکتار) و اشکال (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.

جدول ۳- ارزیابی وضعیت محصولات زراعی در استان آذربایجان غربی

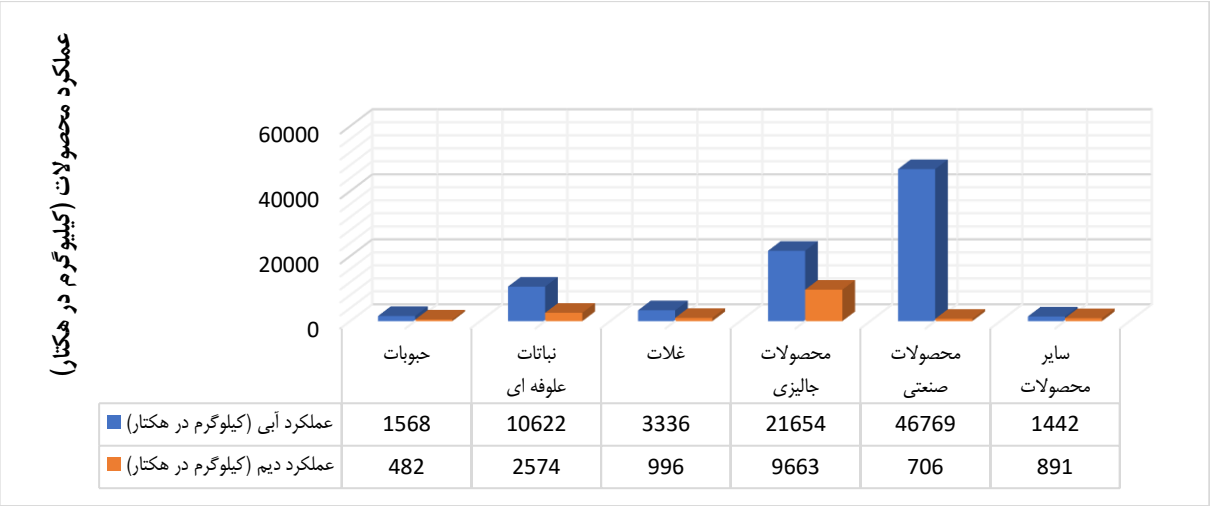
Table 3- Assessment of the status of crops in West Azerbaijan province

نام محصول	سال زراعی	عملکرد (kg. ha)	سطح برداشت (ha)	میزان تولید (ton)
حبوبات	1390-1400	آبی: 1568	آبی: 18797	آبی: 29468
		دیم: 482	دیم: 786615	دیم: 379069
نباتات علوفه ای	1390-1400	آبی: 10622	آبی: 818795	آبی: 8696879
		دیم: 2574	دیم: 79498	دیم: 204665
غلات	1390-1400	آبی: 3336	آبی: 1245707	آبی: 4155210
		دیم: 996	دیم: 3549596	دیم: 3535274
محصولات جالیزی	1390-1400	آبی: 21654	آبی: 37918	آبی: 821076
		دیم: 9663	دیم: 7614	دیم: 73574
محصولات صنعتی	1390-1400	آبی: 46769	آبی: 419474	آبی: 19626974
		دیم: 706	دیم: 5210	دیم: 3679
سایر محصولات	1390-1400	آبی: 1442	آبی: 460280	آبی: 663872
		دیم: 891	دیم: 156	دیم: 139



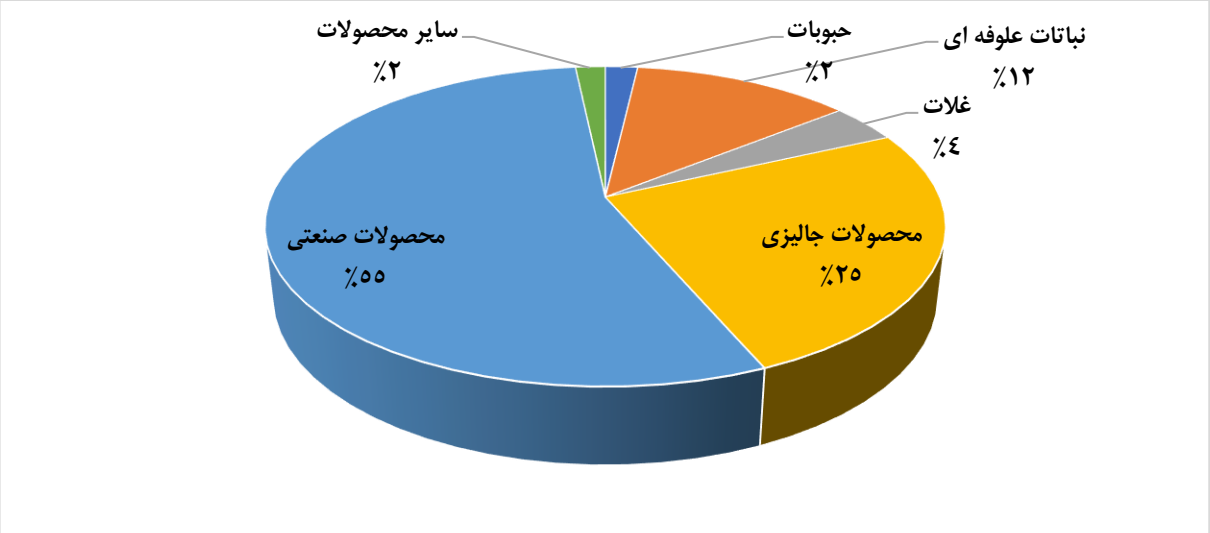
شکل ۲- میزان تولید محصولات زراعی در دو بخش آبی و دیم در استان آذربایجان غربی

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



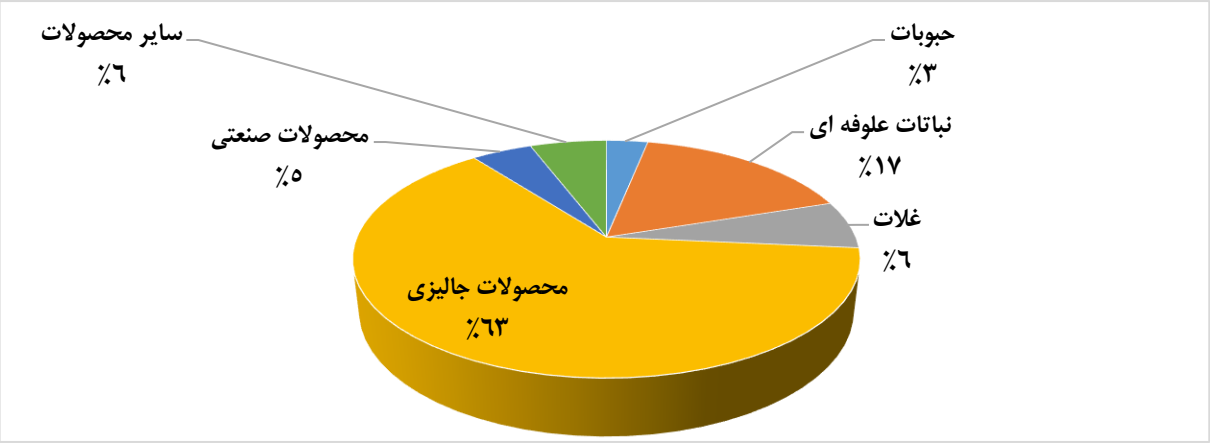
شکل ۳- عملکرد محصولات زراعی (کیلوگرم در هکتار) در استان آذربایجان غربی

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



شکل ٤- 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

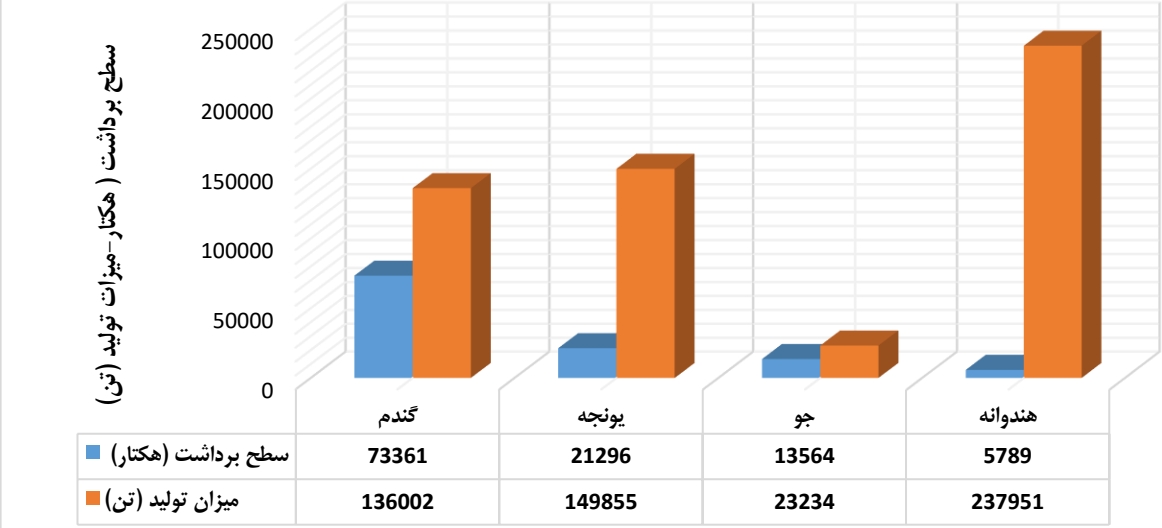


شکل ۵- سهم هر گروه محصولی در تولید کل برای عملکرد دیم حسب کیلوگرم در هکتار

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

۲-۷- نگاهی به وضعیت کشت محصولات زراعی در شهرستان پلدشت

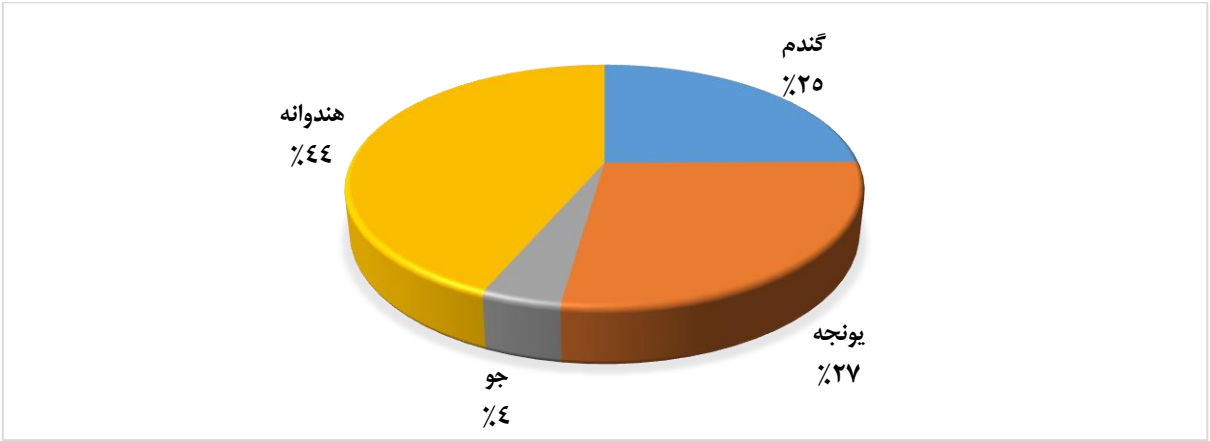
بعد از بررسی اجمالی وضعیت محصولات زراعی در استان آذربایجان‌غربی در بازه سال ۱۴۰۰-۱۳۹۰، نگاهی گذرا به عملکرد تولید محصولات کشاورزی شهرستان پلدشت در بازه مورد نظر خواهیم انداخت و سهم هر گروه محصولی در کل تولید و هم‌چنین میزان تولید شهرستان به تفکیک دسته‌بندی محصولات را بررسی خواهیم نمود. کلیه آمار از سایت 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 است. هم‌چنین بیش‌ترین میزان تولید مربوط به محصول هندوانه با ۲۳۷۹۵۱ تن و کم‌ترین تولید مربوط به محصول جو با ۲۳۲۳۴ تن است. هم‌چنین در بازه مورد مطالعه سال‌های ۱۳۹۶، ۱۳۹۸ و سال ۱۳۹۹ شاهد بیش‌ترین تولید محصول بوده‌ایم. از لحاظ عملکرد تولید نیز در بازه 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 بازه مورد مطالعه نشان می‌دهد. هم‌چنین شکل (۷) سهم هر گروه محصولی در کل تولید (درصد) را نشان می‌دهد.



	گندم	یونجه	جو	هندوانه
سطح برداشت (هکتار)	73361	21296	13564	5789
میزان تولید (تن)	136002	149855	23234	237951

شکل ٦- مقایسه میزان تولید و سطح برداشت در سطح شهرستان پلدشت

Figure 6- Comparison of the net and gross value of crops in Poldasht Plain



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

Figure 7- The share of each product group in the total production

- نتایج و بحث

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 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 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 به‌ترتیب 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.

جدول ٤- اطلاعات محصولات زراعی در دشت پلدشت (مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات و یافته‌های پژوهش)

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

نام محصول	سطح برداشت (هکتار)	میزان تولید (kg)	عملکرد تولید (kg/ha)	مقدار نیاز آبی (m^3/ha)	بهره‌وری (kg/m^3)	آب مجازی (m^3/kg)
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

سپس در گام بعدی سعی شد که هزینه‌های خالص و ناخالص محصولات زراعی در سال ۱۳۹۹-۱۴۰۰ با تعرفه مصوب شورای اقتصاد مورد بررسی قرار گیرد. در این راستا قیمت گندم، جو و یونجه از تعرفه مصوب شورای اقتصاد ابلاغی سال ۱۳۹۹-۱۴۰۰ 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 آن ارزش خالص (ریال) محاسبه شود. این هزینه‌ها شامل هزینه آماده سازی زمین، هزینه کاشت و داشت و برداشت، هزینه اجاره بهاء زمین، بیمه و وام است که جمع کل آیتم‌های مذکور برای محصولات زراعی حسب ریال لحاظ شد. جدول (۵) گزارش هزینه‌های تولید در یک هکتار به تفکیک مراحل مختلف در سال زراعی ۱۳۹۹-۱۴۰۰ را نشان می‌دهد. هم‌چنین جدول (۶) نیز درآمد خالص محصولات زراعی را نشان می‌دهد. همان‌طور که از جدول مذکور دیده می‌شود درآمد خالص محصول هندوانه برابر ۱۰۲۶۴۲۷۷۵۰ ریال، گندم برابر ۷۱۵۱۴۹۸۴ ریال، جو برابر ۳۸۷۵۰۸۹۸ ریال و یونجه برابر ۳۰۱۰۵۰۶۹۰ ریال است. نتایج مقایسه درآمد خالص و ناخالص در شکل (۹) نشان داده شده است.

جدول ٥-گزارش هزینه‌های تولید در یک هکتار به تفکیک مراحل مختلف در سال زراعی ۱۳۹۹-۱٤۰۰

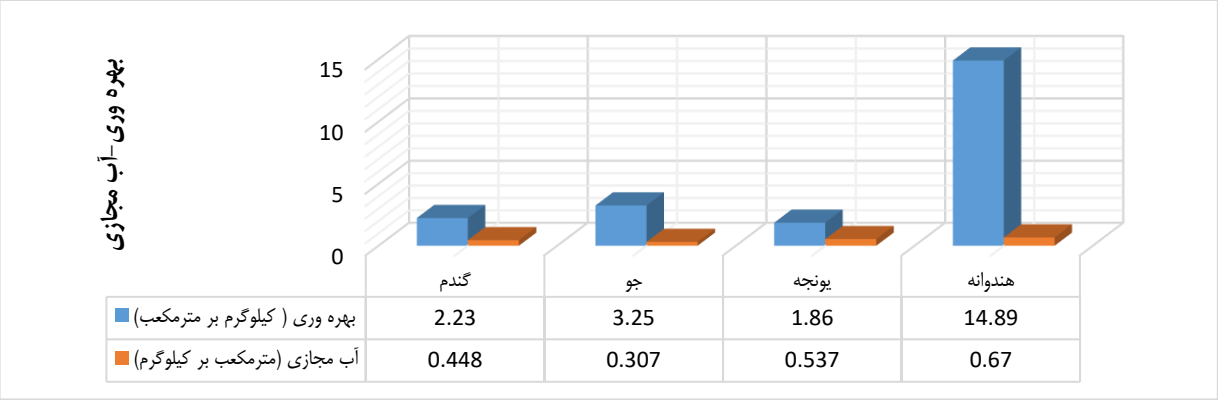
Table 5-Report of production costs per hectare per different stages in the crop year 1399-1400

نام محصول	هزینه آماده سازی زمین	کاشت	داشت	برداشت	اجاره بهاءزمین	بیمه	وام	جمع هزینه
	هزینه	هزینه	هزینه	هزینه	هزینه	هزینه	هزینه	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 ٦- مقایسه ارزش خالص و ناخالص محصولات زراعی دشت پلدشت در سال ۱۳۹۰-۱٤۰۰

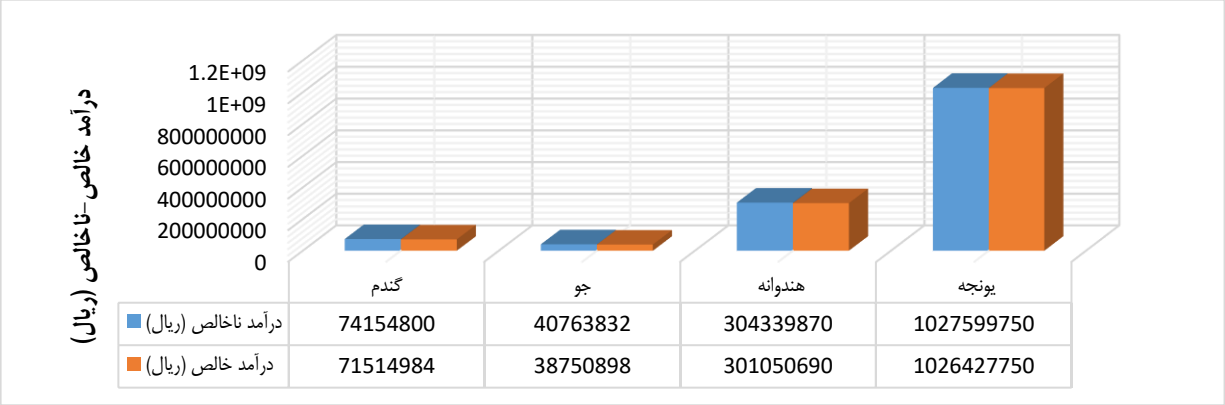
Table 6 - Comparison of the net and gross value of crops in Poldasht in 1390-1400

نام محصول	عملکرد تولید (kg/ha)	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



شکل ۹-مقایسه درآمد خالص- ناخالص محصولات زراعی پلدشت

Figure 9- Comparison of the net-gross income of Poldasht crops

٤-

نتیجه‌گیری

افزایش بهره‌وری آب به‌عنوان کمیاب‌ترین نهاده کشاورزی طی چند دهه اخیر مورد توجه بسیاری قرار گرفته است. بررسی‌ها بر اساس مقدار آب مجازی و شاخص‌های بهره‌وری آب در محصولات کشاورزی نیازمند برنامه ریزی جامع و دقیق است که مقدار واقعی مصرف آب برای تولید محصولات باشد. یکی از موثرترین 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 که شاخص‌های مهم برای کشورهای با منابع محدود آب و از مهم‌ترین موضوعاتی است که در سال‌های اخیر مورد توجه محققین 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 ۱۳۹۰-۱۴۰۰ گردآوری شد و برای محاسبه نیاز آبی از برنامه NETWAT و CROPWAT و CLIMWAT و برنامه اکسل برای رسم نمودار و نتایج گرفیکی 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 متر مکعب بر هکتار دارای میزان بهره‌وری ۱۴/۸۹ کیلوگرم بر متر مکعب دارد و دارای بالاترین میزان بهره‌وری است هم‌چنین نتایج نشان می‌دهد که محصول یونجه کم‌ترین میزان بهره‌وری است. شایان ذکر است که محصول هندوانه علی‌رغم اینکه 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 بدهند تا علاوه بر افزایش راندمان و بهره‌وری شاهد کاهش مصرف آب و هم‌چنین هدر رفت آن باشیم. 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 صرفه جویی 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

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

-باغبانیان، م.، امام وردی، 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، سال (۳): ۱۰۵۴-۱۰۴۶.*

-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.کرمان. ایران.*

-بذرافشان، ا.، ملکی نژاد، 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، *خشک بوم، (۱)۹: ۱۱۱ -۱۰۱*

-پوران، ر.، راغفر، ح.، قاسمی، ع.، و فامه بزازان، ف. (۱۳۹۶). محاسبه ارزش اقتصادی آب مجازی با رویکرد حداکثر سازی بهره‌وری آب آبیاری. *مطالعات اقتصادی کاربردی ایران، پیاپی ۲(۲۲): ۲۱۲ -۱۸۹*

-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) ۱۹: ۹۷ -۱۰۶*

-حکمت نیا، 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. (۲)۴۱: ۱۴۹-۱۳۷*

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. (۲) ۷: ۲۶-۱۹*

-رستگاری پور،ف.، سالاری، ا.، و عزیززاده، ف. (۱۴۰۰). تعیین شاخص‌های آب مجازی و ردپای اکولوژیک آب چغندرقند در روستاهای شهرستان تربت حیدریه. *راهبردهای توسعه روستایی. (۲)۳۰: ۲۴۳-۲۳۳*

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

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

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

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, GH., 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. 16(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, 41(2), 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 Advances of Footprint Family for Sustainable Energy and Industrial Systems (pp. 111-133). Springer, Cham.

Mircholi, F., Soltani kopaee, 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, 19(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, 21(6), 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 Heydarieh city, *Rural development strategies, 30 (2), 233-243* ***(in Persian).***

Smith, M., Allen, R., Monteith, J. L., Perrier, A., & Segeren, A. (1992). Report. Expert Consultation on Revision of FAO Methodologies for Crop Water Requirements. In Expert Consultation on Revision of FAO Methodologies for Crop Water Requirements. Rome (Italy). 28-31 May 1990.

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), 51-62* ***(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., Li, 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