Water and Soil Management and Modeling

Online ISSN: 2783 - 2546

University of Mohaghegh Ardabili

Effect of water price under different allocation scenarios on crop pattern economic productivity

Majid Khazaei[1*], Iman Saleh[1], Mohammadreza Chakeralhoseini[1], Mohsen Farzin[2]

[1] Assistant Professor, Rangeland and Watershed Management Engineering, Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Kohgiluyeh & Boyer-Ahmad, Yasouj, Iran
[2] Assistant Professor, College of Agriculture and Natural Resources, Yasouj University, Yasouj, Iran

Abstract

Introduction

Crop water productivity (CWP) is defined as the crop yield produced per unit of water consumed, which can be improved by increasing the crop yield with a given water usage or reducing water usage with a given yield. Increasing CWP can thus help to alleviate the water crisis while ensuring food security. Physical productivity alone is not enough to determine the crop pattern and economic productivity should also be considered. Economic water productivity (EWP) expressed as the gross income in USS per unit of water consumed, is relevant for farmers to pursue higher net benefits. Both CWP and EWP terms are important indices for water resource managers to consider when formulating planning policies. The simultaneous consideration of CWP and EWP allows for a more comprehensive and robust exploration when planning the process for developing regional agricultural water-saving measures, such as modifying the regional cropping distribution. This allows farmers to reduce irrigation water use and shift the area of water-intensive crops to ones with efficient water use or higher economic value. Determining crop pattern-based water productivity is especially important in countries with dry climates, whose agriculture depends solely on irrigation and also has low water consumption efficiency. Therefore, instead of consuming scarce water resources, in the production of products that consume a lot of water, it is possible to produce products with lower water consumption and avoid excessive pressure on water resources. Knowledge of crop-water requirements is crucial for water resources management and planning to improve water-use efficiency. Crop water requirements in the growing period depends on the crop growth stage, cropping technique, and irrigation method. About 99 % of the water uptake by plants from soil is lost as evapotranspiration (ET), so, it can be stated that the measurement of actual crop evapotranspiration (ETc) on a daily scale for the whole vegetative cycle is equal to the water requirement of the given crop. Evapotranspiration is defined as the water lost as vapor by an unsaturated vegetative surface and it is the sum of evaporation from soil and transpiration by plants. Knowledge of the exact water loss through actual evapotranspiration is necessary for accurate and effective water management.

Materials and Methods

For this purpose, in the first stage agricultural condition of the aquifer was investigated through a questionnaire by farmers and experts. To calculate the reference crop evapotranspiration we used the Penman-Monteith equation in this study crop coefficient curves have been prepared according to the agricultural calendar of the Basht aquifer. Net water requirement is calculated from the difference between effective rainfall and evapotranspiration. Water productivity per crop ($CWUE_{ij}$) ($kg.m^{-3}$) is an important index for determining the agricultural production system efficiency. Water productivity is defined as the proportion of crop yield ($kg.ha^{-1}$) to irrigation water consumed by crops in the field ($m^{-3}.ha^{-1}$). Likewise, water economic productivity is measured about or with the economic benefits in a monetary value of outputs over the number of necessary inputs such as water depleted. To calculate the value of each cubic meter of water, the production costs (minus the water) need to be deducted from the income and the remainder needs to be divided by the volume of water. The calculation results are calculated separately for each product. To determine the suitable pattern crop in Basht aquifer, different cropping patterns were evaluated (eight different scenarios).

Water and Soil Management and Modeling

Online ISSN: 2783 - 2546

University of Mohaghegh Ardabili

Results and Discussion

Based on the results of the Penman-Monteith method, it can be concluded that the gross water requirement (the amount of net irrigation requirement divided by the irrigation efficiency) in dominant crops of aquifer including rice, alfalfa, citrus, watermelon, corn, wheat, rapeseed, legumes, barley respectively were 20234, 14083, 9291, 9170, 7863, 5630, 5411, 5225, and 4821 m^{-3} ha, respectively. The amount of effective precipitation that provided a part of the crop's water requirement through soil moisture (green water) for water crops such as Rice and Corn is close to zero. Autumn crops such as canola, citrus fruits, and cereals use green water. To determine the amount of irrigation per hectare of the current crop pattern of the aquifer, the hydro module of each crop was determined. As it is clear from hydromodule, the average required water flow (l s^{-1} ha^{-1}) for rice, alfalfa, citrus, watermelon, corn, rapeseed, wheat, beans, and barley, equaled 0.63, 0.44, 0.29, 0.29, 0.24, 0.18, 0.17, 0.16 and 0.15 (l s^{-1} ha^{-1}) respectively. In total, the amount of water consumed by the agricultural products in the aquifer's Basht is 45 $millm^3$, that approximately equivalent to one m^3 m^{-2} of the aquifer cultivation area and this amount is much more than the aquifer agriculture programmable water. The economic productivity of the aquifer's current cultivation is 45,000 IRR m^{-3}, on average. Also, most aquifer products' physical productivity was less than one. the comparison of different patterns showed that scenarios eight and twohad the highest and lowest amount of water consumption, 45 and 22 $millm^3$, respectively.

Conclusion

The crop pattern will be influenced by parameters such as climatic compatibility of products, water, and soil potentials, needs, interests of agriculture producers, and production income. In the Basht aquifer, the availability of water and the amount of water consumed is one of the most important factors in choosing the cultivation pattern. In the current situation, due to the high temperature and increasing evaporation rate, and the use of seasonal rainfall, crops that spend their growth period in autumn and winter should be included in the cultivation pattern. The simultaneity of water requirements for crops planted together is one of the important parameters in choosing the cultivation pattern. In the Basht aquifer, the water requirement of corn, alfalfa, cucumber, and tomatoes coincide with the citrus water requirement during the time of high water consumption, and the cultivation of one of them may create water limitations for the other crop. In contrast, the cultivation of wheat, barley, and canola have a very small overlap with the citrus irrigation times. Choosing a combination of citrus, wheat, barley, and canola will optimize the cultivation pattern.

Keywords: Crop pattern, Productivity, Programmable water, Water requirement

Article Type: Research Article

*Corresponding Author, E-mail: khazayi64@gmail.com

Citation: Khazaei, M., Saleh, I., Chakeralhoseini, M., & Farzin, M. (2023). Effect of water price under different allocation scenarios on crop pattern economic productivity. *Water and Soil Management and Modeling*, 3(3), 196-211.
DOI: 10.22098/MMWS.2022.11764.1166
DOR: 20.1001.1.27832546.1402.3.3.14.6

Received: 07 Noveember 2022, Received in revised form: 18 December 2022, Accepted: 18 December 2022, Published online: 20 December 2022
Water and Soil Management and Modeling, Year 2023, Vol. 3, No. 3, pp. 196-211

Publisher: University of Mohaghegh Ardabili

© Author(s)

مدل‌سازی و مدیریت آب و خاک

شاپا الکترونیکی: ۲۵٤٦-۲۷۸۳

تأثیر قیمت آب تحت سناریوهای مختلف تخصیص بر بهره‌وری اقتصادی الگوی کشت

مجید خزائی[۱]، ایمان صالح[۱]، محمدرضا چاکرالحسینی[۱]، محسن فرزین[۲]

[۱]استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کهگیلویه و بویراحمد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یاسوج، ایران

[۲] استادیار، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران

چکیده

بهره‌وری آب کشاورزی یعنی این‌که با صرف کم‌ترین مصرف آب، بهترین و بیش‌ترین محصول را تولید کرد. در این پژوهش با نگرش جامع به بررسی بهره‌وری محصولات زراعی و باغی با رویکردهای فیزیکی و اقتصادی آبخوان باشت در استان کهگیلویه و بویراحمد پرداخته شد. بر این اساس در مرحلهٔ اول وضعیت منابع آبی آبخوان با بررسی جامع و دوره‌ای چاه‌های بهره‌برداری و مشاهده‌ای و سایر منابع آبی آبخوان مورد بررسی قرار گرفت. در ابتدا، کشاورزی آبخوان از طریق پرسش‌نامه به‌وسیلهٔ کشاورزان و کارشناسان بررسی شد. در مرحلهٔ بعد نیاز آبی الگوی کشت فعلی با روش پنمن- مانتیث فائو در نرم‌افزار کراپ‌وات محاسبه شد و با تعریف هشت سناریو به ارزیابی اقتصادی و حجم مصرف آب در الگوهای مختلف آبخوان پرداخته شد. در نهایت، با ارزیابی محصولات سناریویی که آب مصرفی به آب قابل تخصیص آبخوان نزدیک‌تر بود به‌عنوان الگوی کشت بهینه انتخاب شد. نتایج محاسبات روش فائو پنمن- مانتیث نشان داد که نیاز آبی محصولات غالب آبخوان شامل مرکبات، گندم، جو، ذرت، کلزا، هندوانه، برنج، حبوبات و یونجه به‌ترتیب ۹۱۷۰، ۵۶۳۰، ۴۸۲۱، ۷۸۶۳، ۵۴۱۱، ۹۲۹۱، ۲۰۲۳۴، ۵۲۲۵ و ۱۴۰۸۳ مترمکعب بوده است. مجموع میزان آب مصرف شده توسط محصولات کشاورزی آبخوان باشت بر اساس محاسبات روش پنمن نزدیک به ۴۵ میلیون مترمکعب بوده است. بهره‌وری اقتصادی الگوی کشت فعلی آبخوان به‌طور متوسط ۴۵۰۰۰ ریال به ازای هر مترمکعب و میزان بهره‌وری فیزیکی برای غالب محصولات آبخوان کم‌تر از یک بوده است. در نهایت سناریوی شمارهٔ دو با حجم آب مصرفی ۲۲ میلیون مترمکعب نزدیک‌ترین سناریو به آب قابل برنامه‌ریزی آبخوان بوده است.

واژه‌های کلیدی: آب قابل برنامه‌ریزی، الگوی کشت، بهره‌وری، نیاز آبی

نوع مقاله: پژوهشی

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: khazayi64@gmail.com

استناد: خزائی، مجید، صالح، ایمان، چاکرالحسینی، محمدرضا، و فرزین، محسن (۱۴۰۲). تأثیر قیمت آب تحت سناریوهای مختلف تخصیص بر بهره‌وری اقتصادی الگوی کشت. *مدل‌سازی و مدیریت آب و خاک*، ۳(۳)، ۱۹۶-۲۱۱.

DOI: 10.22098/MMWS.2022.11764.1166

DOR: 20.1001.1.27832546.1402.3.3.14.6

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۱۶، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۹/۲۷، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۲۷، تاریخ انتشار: ۱۴۰۱/۰۹/۲۹

مدل‌سازی و مدیریت آب و خاک، سال ۱۴۰۲، دوره ۳، شماره ۳، صفحه ۱۹۶ تا ۲۱۱

ناشر: دانشگاه محقق اردبیلی

© نویسندگان

۱- مقدمه

آب یکی از عناصر اساسی مورد استفاده در بخش کشاورزی است که نقش اساسی در توسعهٔ پایدار و امنیت غذایی ایفا می‌کند (Babel et al., 2020; Wang et al., 2022). از سوی دیگر خشکی و کم‌آبی در ایران یک واقعیت اقلیمی است و با توجه به روند روزافزون نیاز بخش‌های مختلف به آب، مشکل خشکسالی در سال‌های آیندهٔ حادتر نیز خواهد شد. به‌طوری‌که بر اساس گزارش مؤسسهٔ بین‌المللی مدیریت آب، کشور ایران برای حفظ وضع فعلی خود تا سال ۲۰۲۵ باید بتواند ۱۱۲ درصد به منابع آب قابل استحصال خود اضافه کند (Lebaschi, 2018). این امر با توجه به پتانسیل‌ها و نیازهای روزافزون بخش‌های کشاورزی، شرب، صنعت و حفاظت از سایر منابع زیستی بسیار مشکل و حتی ناممکن است. یکی از مؤثرترین راه‌کارهای مقابله با بحران آب و افزایش کمی و کیفی تولیدات در بخش کشاورزی توجه جدی به بهره‌وری آب و ارتقای آن با اعمال روش‌ها و سیاست‌های مناسب است. از این‌رو بهره‌وری آب کشاورزی یکی از مهم‌ترین موضوعاتی است که در سال‌های اخیر مورد توجه جدی مجامع علمی مرتبط با آبیاری و کشاورزی قرار گرفته است (Abbasi et al., 2017).

بخش کشاورزی حدود ۷۰ درصد از منابع آب را مصرف می‌کند و بزرگ‌ترین مصرف‌کنندهٔ آب شیرین است (Pawlak and Kołodziejczak, 2020). در مناطق خشک و نیمه‌خشک کمبود آب، تأثیر بیش‌تری بر تولیدات کشاورزی و کاهش عملکرد محصول می‌گذارد (Dang et al., 2018). در چنین شرایطی یکی از راه‌کارهای مؤثر و عملی، استفادهٔ بهینه و صرفه‌جویی در مصرف آب است. بنابراین، با چنین چشم‌اندازی، افزایش راندمان آبیاری، بهره‌وری آب و عملکرد محصول اهمیت بالایی پیدا می‌کند (Valipour, 2015). افزایش تولید کشاورزی با وجود کمبود آب مستلزم توجه جدی به بهبود روش‌ها و سیاست‌های بهره‌وری آب است (Zhao et al., 2017; Liu et al., 2022). تعیین بهره‌وری آب بر اساس الگوی کشت به‌ویژه در کشورهای دارای آب و هوای خشک که دارای راندمان مصرف آب پایینی است اهمیت بیش‌تری دارد (Maroufpoor, 2021; Piri and Mubaraki, 2022). بهره‌وری آب محصول[1] (CWP) به معنای عملکرد محصول تولید شده در واحد آب مصرف شده تعریف می‌شود که می‌تواند با افزایش عملکرد محصول با مصرف میزان مشخصی از آب یا کاهش مصرف آب به ازای میزان مشخصی از تولید همراه باشد (Molden, 1997; Molden et al., 2010).

بهره‌وری فیزیکی به تنهایی برای تعیین الگوی محصول کافی نیست و باید با آن بهره‌وری اقتصادی نیز در نظر گرفته شود. بهره‌وری اقتصادی آب (EWP[2]) به‌عنوان درآمد ناخالص به ازای هر واحد آب مصرفی بیان می‌شود (Kadigi et al., 2004; Zhao et al., 2017). اصطلاح CWP و EWP شاخص‌های مهمی برای مدیران منابع آب هستند که باید در هنگام تدوین سیاست‌های برنامه‌ریزی در نظر گرفته شوند (Zhao et al., 2017). این امر به کشاورزان امکان می‌دهد تا مصرف آب آبیاری را کاهش دهند و سطح محصولات پر آب را به محصولاتی با مصرف آب کم‌تر و یا ارزش اقتصادی بالاتر جایگزین نمایند (Sun et al., 2015).

مطالعات زیادی در رابطه با بهره‌وری آب کشاورزی انجام شده است. در پژوهشی Zamani et al. (2014) بهره‌وری اقتصادی و فیزیکی آب در زیربخش زراعت آبخوان همدان- بهار را در سال زراعی ۱۳۸۹-۱۳۸۸ مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها نشان دادند که کشت محصول سیر و یونجه به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین بهره‌وری آب در منطقهٔ مورد مطالعه را نشان می‌دهند. هم‌چنین، Khoramivafa1 et al. (2016) به بررسی آب مجازی، بهره‌وری و ردپای اکولوژیک آب در مزارع گندم آبی و ذرت در منطقهٔ کوزران شهرستان کرمانشاه پرداختند. آن‌ها پیشنهاد کردند که کشت گیاهان پرمصرف از جمله ذرت دانه‌ای با توجه به شرایط وخیم آبی منطقه متوقف شده، گیاهان جایگزینی مانند زعفران که نیاز آبی کم‌تری دارند در برنامهٔ زراعی کشاورزان منطقهٔ کوزران گنجانده شوند و سرمایه‌گذاری بیش‌تری در جهت توسعهٔ کشت محصولاتی مانند کلزا که با وضعیت آب‌وهوایی منطقه سازگاری بهتری دارند صورت پذیرد. در پژوهشی دیگر Karimi and Jalini (2016) با بررسی بهره‌وری آب کشاورزی محصولات مهم زراعی در آبخوان مشهد، راه‌کارهایی در جهت ساماندهی الگوی زراعی ارائه دادند. آن‌ها پیشنهاد کردند که کشت‌هایی با مصرف آب بالا و بازده اقتصادی پائین مانند یونجه، باید از الگوی کشت حذف شود. این کار باعث کاهش مصرف و استحصال آب شده و متضمن منافع اقتصادی بالا برای کشاورزان و بهره‌برداران کشاورزی است. در ادامه Mollah et al. (2020) الگوی کشت آبخوان هنام الشتر استان لرستان را با استفاده از پیمایش زمینی و تصاویر ماهواره‌ای تعیین نمودند و هیدرومدول آبیاری الگوی کشت هر واحد بر اساس راندمان آبیاری سطحی منطقه مورد ارزیابی قرار دادند. میانگین اطلاعات ۱۵ ساله نشان داد که گیاهان یونجه و جو با حدود ۱۱۰۰۰ و ۳۹۰۰ مترمکعب آب در هکتار به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین نیاز آبیاری را در بین

[1] Crop Water Productivity

[2] Economic Water Productivity

گیاهان الگوی کشت دارا بودند. هم‌چنین، Zhang et al. (2014) میزان آب مجازی را در پنج محصول برای سه ناحیهٔ شرق، غرب و مرکز استان گانسو در شمال چین را برای دورهٔ نُه ساله ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۰ مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها با محاسبهٔ آب مجازی هر محصول میزان مطلوبیت الگوی کشت فعلی را در هر منطقه مشخص نمودند. نتایج آن‌ها نشان داد که سطح زیرکشت گندم و سویا باید در همهٔ مناطق کاهش یابد. پنبه و ذرت را می‌توان در نواحی غربی و مرکزی افزایش داد و سیب‌زمینی را می‌توان در تمامی مناطق کشت و تولید کرد. در نهایت می‌توان به مطالعهٔ Huang et al. (2020) اشاره کرد که پتانسیل‌های صرفه‌جویی آب کشاورزی در چین را با تمرکز بر مصرف آب در کشت ذرت ارزیابی نمودند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که روش‌های مدیریت آب در مزرعه مانند بهبود آبیاری و شیوه‌های مدیریت خاک برای کشت ذرت می‌تواند منجر به کاهش قابل‌توجه مصرف آب شود (۴۶-۲۸ درصد) (۱۴-۷ میلیارد مترمکعب در سال) در حالی‌که این روش‌ها می‌توانند تولید ذرت را به میزان تقریبی هفت تا ۱۵ درصد افزایش دهند.

با توجه به زجمع‌بندی سوابق پژوهشی، کشاورزی بدون در نظر گرفتن میزان بهره‌وری محصول و بهره‌وری آب سبب راندمان پایین محصول و بهره‌وری کم آب می‌شود که علاوه‌بر مصرف حجم بالای آب در کشاورزی، از نظر اقتصادی نیز توجیه‌پذیر نیست. بر این اساس باید تدابیری اندیشیده شود تا ضمن بهبود روش‌های آبیاری و به‌کارگیری مجموعه روش‌های مدیریتی بهره‌وری آب کشاورزی را با انتخاب الگوی کشت مناسب بهبود بخشید. پژوهش‌های انجام شده ضمن تعیین میزان آب مجازی محصولات مختلف با توجه به موجودیت و ارزش آب در هر منطقه بر واردات محصولات آب‌بر و کشت محصولات با نیاز آبی کم‌تر ولی با ارزش اقتصادی بالاتر تأکید نمودند.

آبخوان باشت از توابع استان کهگیلویه و بویراحمد، از نظر اقلیمی دارای آب و هوای گرم و خشک است که با توجه به کم‌آبی منطقه و خشکی‌های اخیر صرفه‌جویی در میزان آب مصرفی کشاورزی دارای اهمیت زیادی است. از سویی حجم زیادی از منابع آبی زیرزمینی در منطقه به کشت و زرع محصولات کشاورزی و زراعی اختصاص یافته است. بنابراین، تعیین میزان بهره‌وری آب از نظر فیزیکی و اقتصادی برای هر کدام از محصولات کشاورزی و الگوی کشت فعلی منطقه و در نهایت تعیین ارزش اقتصادی آب کشاورزی می‌تواند چهارچوب مناسبی برای تعدیل و تدوین راهبردهای بلندمدت بخش آب کشاورزی با توجه به کمیابی آب و تجارت آب مجازی فراهم آورد. در پژوهش حاضر ارزش اقتصادی آب با استفاده از ترکیبی از داده‌های مدل کراپ وات، داده‌های جمع‌آوری شده از مزرعه و تحلیل‌های سنجش از دوری به‌دست آمده که اطلاعات جامعی از عوامل مؤثر بر مصرف آب را در نظر گرفته است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقهٔ مورد مطالعه

آبخوان باشت با مساحت ۴۵ کیلومترمربع، در جنوب استان کهگیلویه و بویراحمد و در بین طول‌های جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۷ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۱۴ دقیقهٔ شرقی و ۳۰ درجه و ۱۷دقیقه تا ۳۰ درجه و ۳۲ دقیقهٔ شمالی واقع شده است (شکل ۱). در آبخوان باشت حدود ۵۲۳ چاه بهره‌برداری و ۱۲ چاه مشاهده‌ای وجود دارد و از نظر هیدروژئولوژی آبخوان آبرفتی این محدوده از نوع آزاد است. به طور کلی مشخصات هواشناختی حوزه آبخیز باشت بر اساس اطلاعات ایستگاه هواشناسی تنگ بریم به شرح جدول ۱ است.

۲-۲- بررسی اطلاعات کشاورزی آبخوان باشت

اطلاعات اولیهٔ کشاورزی آبخوان باشت از طریق مصاحبه و تکمیل پرسش‌نامه (به تعداد ۵۰ پرسش‌نامه) توسط کشاورزان پیش‌رو و متخصصان و کارشناسان مراکز جهاد کشاورزی حاصل شد. جدول ۲ نمونهٔ پرسش‌نامه تهیه شده را نشان می‌دهد.

۲-۳- محاسبهٔ نیاز آبی

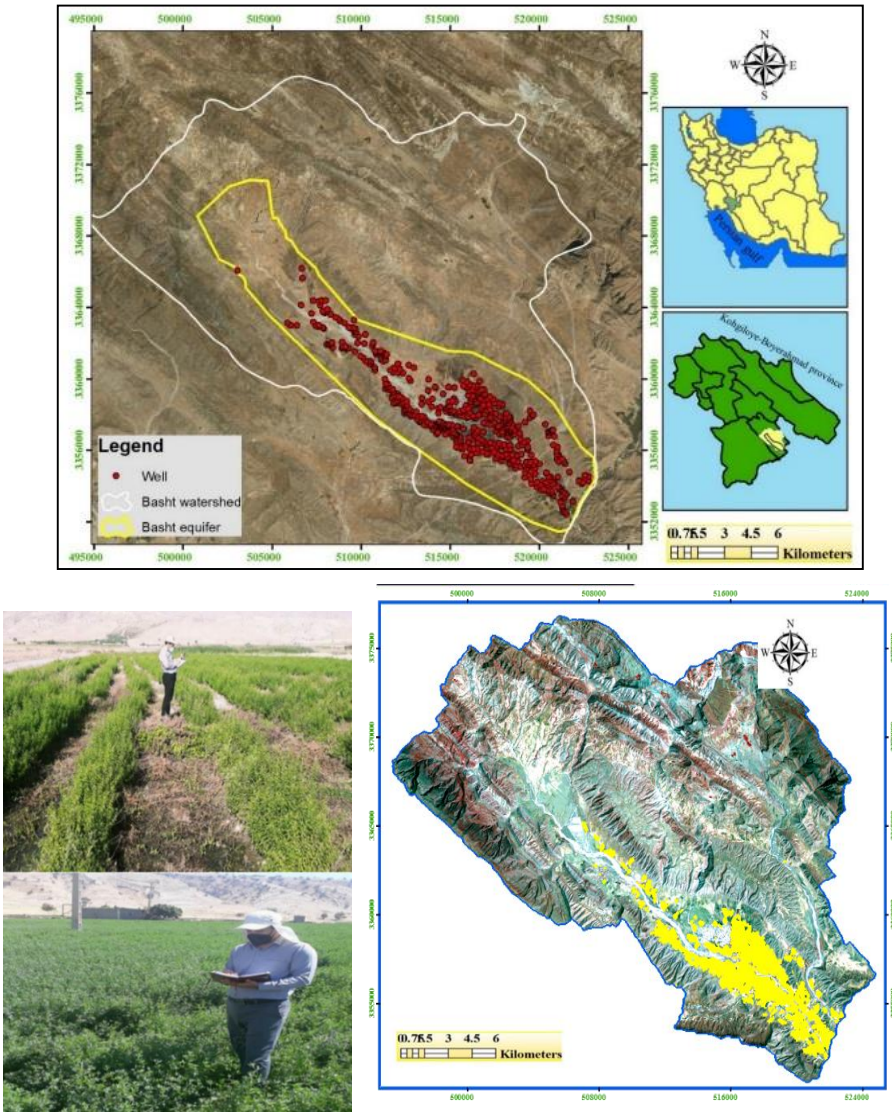
در این پژوهش از رابطهٔ فائو پنمن-مانتیث برای محاسبهٔ تبخیر و تعرق محصول طبق رابطهٔ (۱) استفاده شده است:

$$ET_O = \frac{408\,\Delta\,(R_n - G) + G\frac{900}{T+273}u_2(e_a - e_d)}{\Delta + \gamma\,(1 + 0.34u_2)} \qquad (۱)$$

در رابطهٔ فوق به‌ترتیب γ؛ ثابت پیزومتریک، ETo؛ تبخیر-تعرق گیاه مرجع برحسب میلی‌متر در روز، Rn؛ تابش خالص بر سطح محصول به مگاژول بر روز، G؛ جریان حرارت خاک بر حسب مگاژول بر روز، T؛ میانگین درجهٔ حرارت به درجهٔ سانتی‌گراد، u_2؛ سرعت باد در ارتفاع دو متری برحسب متر بر ثانیه، ea-ed؛ کسری فشار بخار آب بر حسب کاپا، Δ؛ شیب منحنی فشار بخار آب بر حسب کاپا در درجهٔ سانتی‌گراد، 900؛ عامل ضریب تبدیل بر مبنای محاسبات روزانه است.

برای محاسبهٔ تبخیر-تعرق گیاهان زراعی و باغی نیاز به اطلاعات هواشناسی، تقویم کشت، ضـرایب گیاهی (Kc) و بارندگی مؤثر است. در این خصوص از آمار و اطلاعات داده‌های ایستگاه تبخیرسنجی آبخوان باشت شامل اطلاعات بارندگی، دمای کمینه، بیشینه و متوسط، تبخیر و رطوبت نسبی استفاد شد. اطلاعات ساعات آفتابی نیز از ایستگاه سنوپتیک شهر امامزاده جعفر به‌عنوان نزدیک‌ترین ایستگاه به آبخوان به‌دست آمد. تقویم

کشت نیز با اخذ اطلاعات از کشاورزان منطقه به‌وسیلهٔ مصاحبه و تکمیل پرسش‌نامه تهیه شد.



شکل ۱- نقشهٔ موقعیت جغرافیایی دشت باشت در استان کهگیلویه و بویراحمد

Figure 1- Map of the geographica location of Basht plain in Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad Province

جدول ۱- اطلاعات هواشناسی در ایستگاه تنگ بریم

Table 1- Meteorological information at Tang Brim station

تبخیر (میلی‌متر)	میانگین بارندگی (میلی‌متر)	متوسط حداکثر	حداقل	متوسط ماهانهٔ دما	حداکثر دمای مطلق	حداقل دمای مطلق	رطوبت نسبی (درصد)
2061.87	659.96	30.92	12.16	21.54	53.30	1.43	58.94

جدول ۲- پرسش‌نامهٔ طرح بهره‌وری آب در آبخوان باشت

Table 2- Questionnaire of the water productivity plan in the Basht aquifer

نام محصول	سطح زیر کشت (هکتار)	تولید (تن)	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	تاریخ کاشت	تاریخ برداشت	کل هزینه تولید	درآمد خالص	تاریخ شروع اولین آبیاری	تاریخ قطع آبیاری	روش آبیاری غالب	تعداد دفعات آبیاری	مقدار آب مصرفی در هر نوبت (مترمکعب در هکتار)	مقدار کل آب مصرفی (مترمکعب در هکتار)
....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....

پس از محاسبهٔ تبخیر–تعرق گیاه مرجع، با ضرب‌کردن ضرایب گیاهی روزانه در تبخیر–تعرق روزانهٔ گیاه مرجع، تبخیر– تعرق گیاه مورد نظر، از رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود:

$$ET_c = K_c \times ET_O \quad (۲)$$

در رابطهٔ بالا ETo؛ تبخیر–تعرق روزانهٔ گیاه مرجع، Kc؛ ضریب گیاهی روزانه و ETc؛ تبخیر– تعرق بالقوهٔ روزانهٔ گیاه است. ضرایب گیاهی (Kc) در مراحل مختلف رشد از دستورالعمل فائو استخراج و سپس با استفاده از اشکال و روابطی که برای اصلاح ضرایب گیاهی بر اساس بافت خاک، دور آبیاری، میزان تبخیر–تعرق گیاه مرجع، متوسط حداقل رطوبت و سرعت باد اصلاح شد (Alizadeh, 2009).

۲-۳-۱- نیاز ناخالص آبیاری

نیاز ناخالص مقدار آبی است که باید در مبدأ به سیستم وارد شود تا آب به مقدار کافی در اختیار گیاه قرار بگیرد. نیاز ناخالص در واقع مجموع نیاز خالص و تلفات آبیاری است. نیاز ناخالص از تقسیم نیاز خالص بر راندمان کاربرد آب محاسبه شد. بر اساس توصیهٔ معاونت آب و خاک سازمان جهاد کشاورزی استان و اعداد و ارقام ثبت شده، راندمان کاربرد در سیستم قطره‌ای (محصولات باغی) ۸۰ درصد و در سیستم بارانی (محصولات زراعی) ۷۰ درصد در نظر گرفته شده است.

۲-۳-۲- آب مصرفی محصولات زراعی

آب مصرفی گیاه از تفاضل بارندگی مؤثر و آب مورد نیاز گیاه (تبخیر–تعرق گیاه) محاسبه می‌شود. با این روش آب خالص مورد نیاز هر محصول منطقه محاسبه شده است.

۲-۳-۳- هیدرومدول الگوی کشت

هیدرومدول از تقسیم حجم نیاز آبی ناخالص ترکیب کشت (لیتر) بر طول دوره (ثانیه) و بر مساحت پروژه (هکتار) به‌دست آمد.

۲-۳-۴- بهره‌وری آب در هر محصول

بهره‌وری آب در هر محصول (CWUE_ij) به کیلوگرم در مترمکعب شاخص مهمی برای تعیین میزان کارایی سیستم تولیدات زراعی است و به‌عنوان تولید محصول i در هر واحد استفاده از آب در ناحیهٔ j تعریف می‌شود. در فرمول ETcij شاخص تبخیر– تعرق محصول i در ناحیهٔ j و Yij میزان تولید و عملکرد محصول i در ناحیهٔ j است. بهره‌وری اقتصادی نیز معادل نسبت ارزش مالی محصول تولید شده نسبت به میزان آب مصرفی برای تولید محصول مشخص است که بر اساس رابطهٔ زیر محاسبه شده است.

$$CWUE_{ij} = \frac{Y_{ij}}{water_{ij}} \quad (۳)$$

$$EWUE_{ij} = \frac{Benfit_{ij}}{water_{ij}} \quad (۴)$$

در روابط مذکور EWUE؛ بهره‌وری اقتصادی، CWUE؛ بهره‌وری فیزیکی، Y؛ عملکرد محصول و Benfit مقدار ارزش خالص محصول (ریال) است.

۲-۴- بررسی سناریوهای الگوی کشت در آبخوان باشت

به‌منظور تعیین الگوی کشت مناسب در آبخوان باشت با استفاده از هشت سناریو، الگوهای مختلف مورد ارزیابی قرار گرفت (جدول ۱). به‌طور کلی به‌منظور ارزیابی سناریوهای مختلف الگوی کشت آبخوان باشت در سناریوهای مورد بررسی سطح زیرکشت محصولات آب‌بر به‌صورت مقادیر کم‌تر و محصولات کم آب‌بر بیش‌تر در نظر گرفته شد و اقدام به تعیین حجم آب مورد نیاز و ارزش اقتصادی الگوی کشت شد. سرانجام سناریویی که نزدیک‌ترین میزان آب مصرفی را به آب قابل برنامه‌ریزی دارا بود به‌عنوان مناسب‌ترین سناریو انتخاب شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- تعیین نیاز آبی و میزان آب مصرفی در محصولات کشت شده در آبخوان باشت

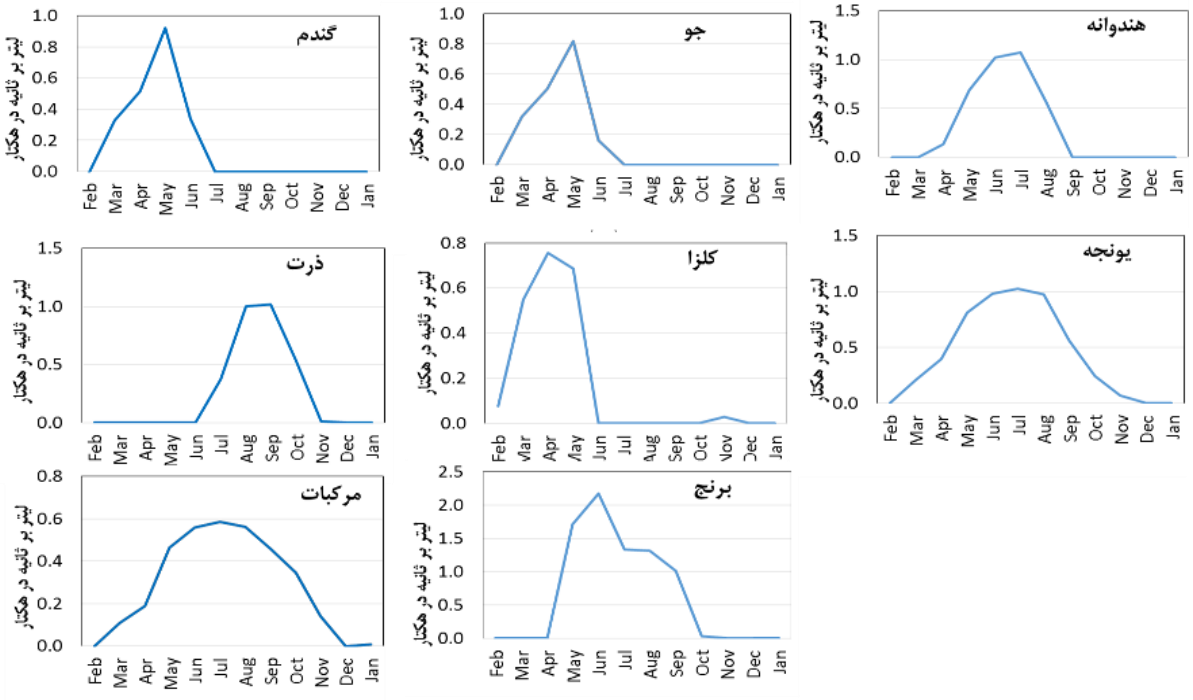
به‌منظور تعیین وضعیت کشاورزی و الگوی کشت فعلی دشت باشت از طریق مصاحبه با کشاورزان و کارشناسان مدیریت جهاد کشاورزی دشت باشت با تکمیل پرسش‌نامه اقدام شد. جهت انتخاب الگوی کشت بهینهٔ درآمدهای طرح نیز تأثیرگذار است که از طریق پرسش‌نامه و مصاحبه با کشاورزان استخراج شد. سپس به‌منظور تعیین نیاز آبی از دستورالعمل تعیین نیاز آبی (فائو) استفاده شد. هم‌چنین، به‌منظور اصلاح ضرایب رشد گیاهی از بافت خاک، دور آبیاری، میزان تبخیر–تعرق گیاه مرجع، متوسط حداقل رطوبت و سرعت باد استفاده شد. به‌منظور تعیین نیاز آبی محصولات زراعی و باغی در آبخوان باشت بر اساس پارامترهای هواشناسی آبخوان باشت برای تعیین نیاز آبی محصولات غالب کشاورزی آبخوان باشت از نرم‌افزار Cropwat استفاده شد که نتایج آن در جدول ۳ ارائه شده است.

بر اساس مقادیر به‌دست آمده از روش فائو پنمن–مانتیث، می‌توان نتیجه گرفت که بیش‌ترین تا کم‌ترین نیاز ناخالص آبی (میزان نیاز خالص آبیاری تقسیم بر راندمان آبیاری) در آبخوان باشت را به‌ترتیب برنج، یونجه، مرکبات، گوجه، سبزیجات، هندوانه، زیتون، ذرت، کنجد، گندم، کلزا، لوبیا، جو و عدس داشته است. میزان بارش مؤثر که بخشی از آب مورد نیاز گیاه را به‌وسیله رطوبت خاک (آب سبز) تأمین می‌نماید برای محصولاتی

مانند لوبیا، کنجد معادل صفر و برای محصولات آب بر مثل برنج و ذرت نزدیک به صفر است. کلزا، مرکبات و غلات از آب سبز در مواقع بارندگی بیش‌ترین استفاده را می‌نمایند. به‌طورکلی بر اساس محاسبات نیاز آبی به‌دست آمده، نیاز آبی در آبخوان باشت به‌ترتیب برای محصولات غالب دشت شامل مرکبات، گندم، جو، ذرت، کلزا، هندوانه، برنج، حبوبات و یونجه به‌ترتیب ۹۱۷۰، ۵۶۳۰، ۴۸۲۱، ۷۸۶۳، ۵۴۱۱، ۹۲۹۱، ۲۰۲۳۴، ۵۲۲۵، ۱۴۰۸۳ مترمکعب بوده است. به‌منظور تعیین میزان آب‌دهی در هر هکتار الگوی کشت فعلی دشت باشت، هیدرمدول هر کدام از محصولات نیز ترسیم شد (شکل ۲).

جدول ۳- مقادیر نیاز آبی در ماه‌های مختلف (میلی‌متر در هکتار در ماه)
Table 3- Amounts of water requirement in different months (mm/ha/month)

محصول	نیاز آبی (میلی‌متر)												مجموع
	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	
مرکبات	28.9	50.8	124.4	157.0	150.0	150.6	123.1	92.6	37.5	0.0	2.4		917.3
گندم	87.8	137.8	247.0	90.5									563.0
جو	85.6	134.6	218.9	43.0									482.1
ذرت				100.1	267.4	272.3	143.6	2.9					786.3
کلزا	20.7	146.9	202.7	191.7									541.1
هندوانه			35.6	184.4	273.4	287.0	148.8						929.1
برنج				460.1	583.6	357.3	352.3	272.1	6.9				2032.4
حبوبات				44.9			172.6	197.3	107.8				522.5
یونجه	55.4	105.6	216.9	261.5	273.8	260.8	150.1	65.3	19.0				1408.3
مجموع	20.7	404.5	667.1	1635.4	1402.0	1220.1	1014.9	416.2	67.2	0.0	2.4		8202.8



شکل ۲- هیدرومدول الگوی کشت آبخوان باشت (لیتر بر ثانیه در هکتار)
Figure 2- Hydromodule of the Basht aquifer cultivation pattern (l $s^{-1}ha^{-1}$)

همان‌طور که در شکل ۲ مشخص است متوسط آب‌دهی مورد نیاز بر حسب لیتر در ثانیه برای هر هکتار از الگوی کشت باشت به‌ترتیب برای محصولات غالب دشت شامل مرکبات، گندم، جو، ذرت، کلزا، هندوانه، برنج، حبوبات و یونجه به ترتیب ۰/۲۹، ۰/۱۸، ۰/۱۵، ۰/۲۴، ۰/۱۷، ۰/۲۹، ۰/۶۳، ۰/۱۶ و ۰/۴۴ لیتر بر ثانیه بر هکتار است که بیش‌ترین میزان به برنج و کم‌ترین آن به جو اختصاص دارد.

۳-۲- بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی محصولات کشاورزی غالب آبخوان باشت

بر اساس مقادیر سطح زیرکشت، مقادیر نیاز آبی ناخالص محاسبه شده از روش فائو پنمن–مانتیث، مقادیر عملکرد و هزینه‌ها و درآمدهای محصولات کشاورزی که با مصاحبه و تکمیل پرسش‌نامه با کارشناسان و کشاورزان آبخوان باشت به‌دست آمده، میزان بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی و حجم آب مصرفی در آبخوان باشت محاسبه شد. هم‌چنین، به‌منظور تعیین الگوی کشت مناسب در آبخوان باشت با استفاده از هشت سناریو، الگوهای مختلف مورد ارزیابی قرار گرفت (جدول ۴). به‌طورکلی به‌منظور ارزیابی سناریوهای مختلف الگوی کشت آبخوان باشت در سناریوهای مورد بررسی، سطح زیرکشت محصولات آب‌بر به‌صورت مقادیر کم‌تر در نظر گرفته شد و اقدام به تعیین حجم آب مورد نیاز و ارزش اقتصادی الگوی کشت شد (جدول ۵). میزان آب‌دهی موردنیاز هر محصول و میزان آب‌دهی مورد نیاز هر سناریو در الگوهای مورد بررسی نیز محاسبه شده است که در شکل ۳ ارائه شده است. نتایج ارزیابی بهره‌وری اقتصادی سناریوهای الگوی کشت به تفکیک محصول در جدول ۶ و نتایج کلی ارزیابی سناریوهای مختلف از نظر حجم آب مصرفی و ارزش اقتصادی نیز در جدول ۷ ارائه شده است.

جدول ۴- سناریوهای الگوی کشت در آبخوان باشت (منبع: یافته‌های پژوهش)

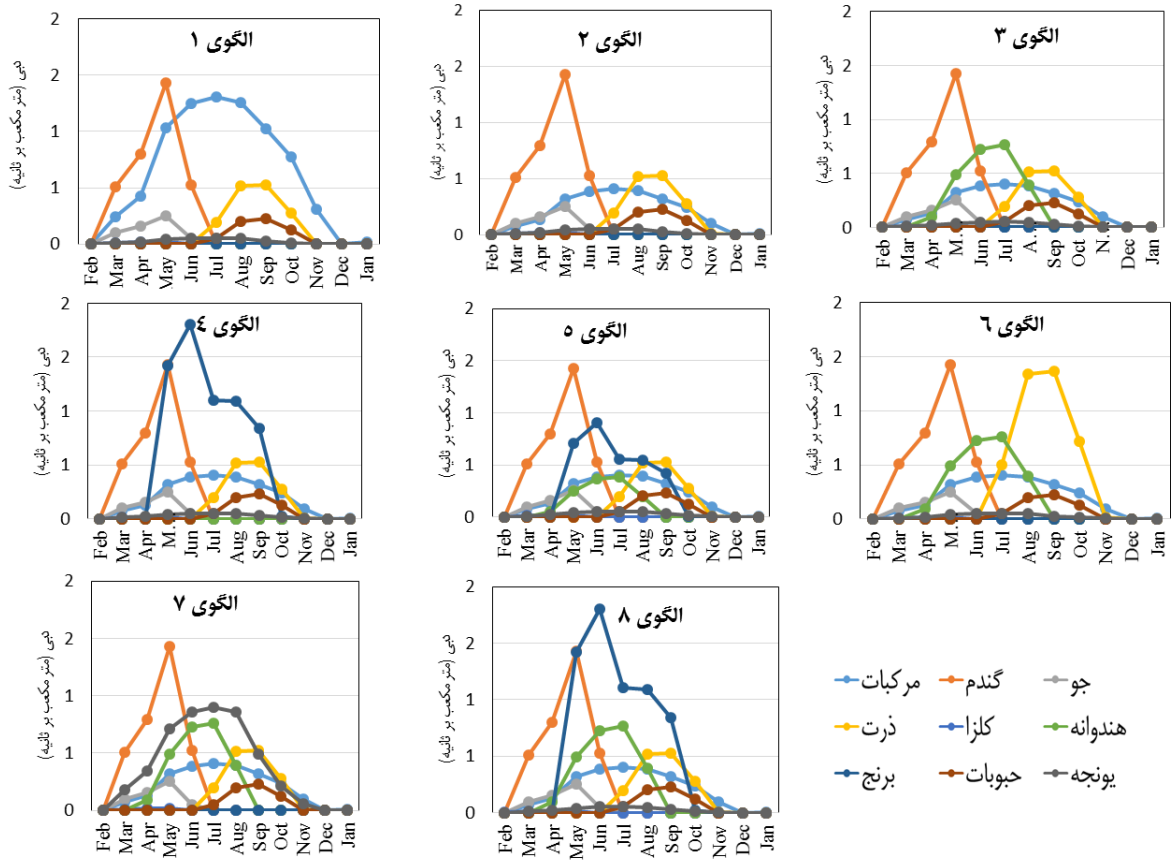
Table 4- Scenarios of the cultivation pattern in Basht aquifer (source: research findings)

محصول	سطح زیرکشت (هکتار)							
	سناریوی 1	سناریوی 2	سناریوی 3	سناریوی 4	سناریوی 5	سناریوی 6	سناریوی 7	سناریوی 8
مرکبات	2160	670	670	670	670	670	670	670
گندم	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500
جو	300	300	300	300	300	300	300	300
ذرت	500	500	500	500	500	1300	500	500
کلزا	20	20	20	20	20	20	20	20
هندوانه	0	0	690	0	345	690	690	690
برنج	0	0	0	800	400	0	0	800
حبوبات	300	300	300	300	300	300	300	300
یونجه	50	50	50	50	50	50	850	50
مجموع	4830	3340	4030	4140	4085	4830	4830	4830

جدول ۵- نتایج کل آب‌دهی مورد نیاز در الگوهای کشت پیشنهادی

Table 5- The results of the total irrigation required in the proposed cropping patterns

سناریو	آب‌دهی مورد نیاز (مترمکعب بر ثانیه)											
	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan
1	0.0	0.9	1.4	2.8	1.9	1.6	2.0	1.8	1.2	0.3	0.0	0.0
2	0.0	0.7	1.1	2.1	1.0	0.7	1.2	1.1	0.7	0.1	0.0	0.0
3	0.0	0.7	1.2	2.6	1.7	1.5	1.6	1.1	0.7	0.1	0.0	0.0
4	0.0	0.7	1.1	3.5	2.8	1.8	2.2	1.9	0.7	0.1	0.0	0.0
5	0.0	0.7	1.2	3.0	2.3	1.6	1.9	1.5	0.7	0.1	0.0	0.0
6	0.0	0.7	1.2	2.6	1.7	1.8	2.4	1.9	1.1	0.1	0.0	0.0
7	0.0	0.9	1.5	3.2	2.5	2.3	2.4	1.6	0.9	0.2	0.0	0.0
8	0.0	0.7	1.2	4.0	3.5	2.6	2.6	1.9	0.7	0.1	0.0	0.0



شکل ۳- میزان آب‌دهی مورد نیاز الگوهای کشت در آبخوان باشت در ماه‌های سال

Figure 3- The amount of irrigation required by cultivation patterns in Basht aquifer in the months of the year

جدول ۶- نتایج ارزیابی اقتصادی سناریوهای الگوی کشت در آبخوان باشت

Table 6- The results of the economic evaluation of the cultivation pattern scenarios in Basht aquifer

محصول	سطح زیر کشت (هکتار)	کل سود ناخالص (میلیارد ریال)	کل هزینه تولید (میلیارد ریال)	سود خالص (میلیارد ریال)	کل نیاز ناخالص (مترمکعب)	بهره‌وری اقتصادی (ریال بر مترمکعب)	متوسط بهره‌وری اقتصادی (ریال بر مترمکعب)
سناریوی 1							
مرکبات	2160	1512	324	1188	19807200	59978	44712
گندم	1500	262.5	75	187.5	8445000	22202	
جو	300	45	9	36	1446300	24891	
ذرت	500	120	40	80	3931500	20348	
کلزا	20	3.2	1	2.2	108220	20329	
حبوبات	300	102	24	78	1567500	49761	
یونجه	50	44	5.6	38.4	704150	54534	
مجموع	4830	2089		1610	36009870		
سناریوی 2							
مرکبات	670	469	100	368.5	6143900	59978	35379
گندم	1500	262.5	75	187.5	8445000	22202	
جو	300	45	9	36	1446300	24891	
ذرت	500	120	40	80	3931500	20348	
کلزا	20	3.2	1	2.2	108220	20329	
حبوبات	300	102	24	78	1567500	49761	
یونجه	50	44	5.6	38.4	704150	54534	
مجموع	3340	1046		791	22346570		

ادامهٔ جدول ۶-

Table 6- Continued.

			سناریوی 3				
	59978	6143900	368.5	100.5	469	670	مرکبات
	22202	8445000	187.5	75	262.5	1500	گندم
	24891	1446300	36	9	45	300	جو
	20348	3931500	80	40	120	500	ذرت
38289	20329	108220	2.2	1	3.2	20	کلزا
	48434	6410790	310.5	207	517.5	690	هندوانه
	49761	1567500	78	24	102	300	حبوبات
	54534	704150	38.4	5.6	44	50	یونجه
		28757360	11014		1563	4030	مجموع
			سناریوی 4				
	59978	6143900	5.36	100	469	670	مرکبات
	22202	8445000	187	75	262	1500	گندم
	24891	1446300	36	9	45	300	جو
	20348	3931500	80	40	120	500	ذرت
45430	20329	108220	2.2	1	3.2	20	کلزا
	59306	16187200	960	240	1200	800	برنج
	49761	1567500	78	24	102	300	حبوبات
	54534	704150	38.4	5.6	44	50	یونجه
		38533770	17.6		22.7	4140	مجموع
			سناریوی 5				
	59978	6143900	368	100	469	670	مرکبات
	22202	8445000	187.5	75	262.5	1500	گندم
	24891	1446300	36	9	45	300	جو
	20348	3931500	80	40	120	500	ذرت
	20329	108220	2.2	1	3.2	20	کلزا
42378	48434	3205395	155	103	258.75	345	هندوانه
	59306	8093600	480	120	600	400	برنج
	49761	1567500	78	24	102	300	حبوبات
	54534	704150	38.4	5.6	44	50	یونجه
		33645565	1426		1904	4085	مجموع
			سناریوی 6				
	59978	6143900	368	100.5	469	670	مرکبات
	22202	8445000	187.5	75	262.5	1500	گندم
	24891	1446300	36	9	45	300	جو
	20348	10221900	208	104	312	1300	ذرت
35069	20329	108220	2.2	1	2.3	20	کلزا
	48434	6410790	310.5	207	517.5	690	هندوانه
	49761	1567500	78	24	102	300	حبوبات
	54534	704150	38.4	5.6	44	50	یونجه
		35047760	1229		1755	4830	مجموع
			سناریوی 7				
	59978	6143900	368.5	100	469	670	مرکبات
	22202	8445000	5.18	75	262.5	1500	گندم
	24891	1446300	36	9	45	300	جو
	20348.	3931500	80	40	120	500	ذرت
42862	20329	108220	2.2	1	2.3	20	کلزا
	48434	6410790	310.5	207	517	690	هندوانه
	49761	1567500	78	24	102	300	حبوبات
	54534	11970550	653	95	748	850	یونجه
		40023760	1715		2267	4830	مجموع

ادامهٔ جدول ۶-
Table 6- Continued.

سناریوی 8							
مرکبات	670	469	100	368	6143900	59978	45858
گندم	1500	262	75	187	8445000	22202	
جو	300	45	9	36	1446300	24891	
ذرت	500	120	40	80	3931500	20348	
کلزا	20	3.2	1	2.2	108220	20329	
هندوانه	690	517	207	310	6410790	48434	
برنج	800	1200	240	960	16187200	59306	
حبوبات	300	102	24	78	1567500	49761	
یونجه	50	44	5.6	38.4	704150	54534	
مجموع	4830	2763		2061	44944560		

جدول ۷- نتایج ارزیابی میزان آب مصرفی و درآمد الگوهای مختلف کشت در آبخوان باشت
Table 7- The results of the evaluation of the amount of consumed water and the income of different cultivation patterns in the Basht aquifer

سناریو	سطح زیرکشت (هکتار)	آب‌دهی متوسط (مترمکعب بر ثانیه)	حجم آب مورد نیاز (میلیون مترمکعب)	سود ناخالص (میلیارد ریال)	بهره‌وری اقتصادی (ریال در مترمکعب)
1	4830	1.2	36.02	2088.7	44712
2	3340	0.7	22.4	1045.7	35379
3	4030	0.9	28.8	1563.2	38289
4	4140	1.2	38.6	2245.7	45430
5	4085	1.1	33.7	1904.4	42378
6	4830	1.1	35.1	1755.2	35069
7	4830	1.3	40	2267.2	42862
8	4830	1.4	45	2763.2	45858

نتایج ارزیابی انواع سناریوهای مورد بررسی در آبخوان باشت نشان می‌دهد که به‌طورکلی حجم آب مورد نیاز برای شرایط فعلی آبخوان به میزان ۴۵ میلیون مترمکعب است که بیش‌ترین میزان مصرف و بیش‌ترین ارزش اقتصادی را در بین همهٔ سناریوها دارد. به‌ترتیب بیش‌ترین تا کم‌ترین میزان مصرف آب را سناریوهای ۸، ۷، ۴، ۱، ۶، ۵، ۳ و ۲ دارند. از نظر ارزش اقتصادی به‌ترتیب بیش‌ترین تا کم‌ترین میزان درآمد را الگوهای کشت ۸، ۷، ۴، ۱، ۵، ۶، ۳ و ۲ داشته است. آب‌دهی متوسط مورد نیاز برای آبخوان در شرایط فعلی ۱/۴ مترمکعب بر ثانیه بوده است.

بر اساس محاسبات نیاز آبی به روش فائو پنمن-مانتیث بیش‌ترین نیاز آبی را برنج به میزان ۲۰۰۰۰ مترمکعب و کم‌ترین نیاز آبی را جو به میزان ۴۵۰۰ مترمکعب داشته است. نتایج محاسبات میزان آب مصرفی الگوی کشت فعلی آبخوان باشت نیز نشان داد که کل حجم آب مصرفی کشاورزی در آبخوان سالانه به میزان ۴۵ میلیون مترمکعب است که در این بین برنج ۳۶ درصد از کل مصارف آب آبخوان باشت را تشکیل می‌دهد. مقایسهٔ میزان بهره‌وری فیزیکی محصولات مختلف نیز حاکی از این است که میزان بهره‌وری فیزیکی (نسبت عملکرد محصول به میزان آب مصرفی) در غالب محصولات آبخوان کم‌تر از یک کیلوگرم در مترمکعب آب مصرفی بوده است. بهره‌وری فیزیکی برای محصولات هندوانه، گوجه و مرکبات، یونجه بیش‌تر از یک است که همهٔ آن‌ها جزو محصولات آب‌بر است، ولی به‌دلیل بالا بودن میزان عملکرد به ازای سطح، بهره‌وری آن‌ها بیش‌تر از یک شده است. بیش‌ترین بهره‌وری اقتصادی را مرکبات به میزان تقریباً ۶۰۰۰۰ ریال به ازای هر مترمکعب داشته است. به‌طورکلی با توجه به میزان آب مصرفی و ارزش اقتصادی محصولات کشاورزی، ارزش حاصل از هر مترمکعب در آبخوان باشت در شرایط فعلی به میزان ۴۵۰۰۰ ریال به ازای هر مترمکعب محصول بوده است. به‌طورکلی بهره‌وری ترکیبی (فیزیکی و اقتصادی) برای مرکبات بالا بوده است و با توجه به شرایط آبخوان باشت بهترین محصول است. نتایج مقادیر بهره‌وری آب محصولات کشاورزی در نقاط مختلف جهان نشان داد که میزان بهره‌وری آب کم‌تر از یک کیلوگرم بر متر مکعب است. در این راستا Xue et al. (2021) نشان دادند که لحاظ عوامل مدیریتی میزان بهره‌وری از ۲/۱۱ به ۲/۱۵ کیلوگرم در مترمکعب افزایش یافته است. هم‌چنین، کل میزان بهره‌وری اقتصادی به‌طور قابل‌توجهی از ۰/۵۵ به ۱/۱۶ دلار در هر مترمکعب آب افزایش یافته است هم‌چنین، Hamilton et al. (2015) گزارش کردند که از بین محصولات

کشاورزی میسکانتوس بیش‌ترین میزان بهره‌وری آب را دارد و پس از آن ذرت، صنوبر و علف‌های بومی و چمن قرار دارند. در ادامه Liu et al. (2022) نشان دادند که کاهش کشت گندم و افزایش کشت جو و کلزا در افزایش بهره‌وری اقتصادی نقش زیادی داشته است.

نتایج مطالعهٔ Al-Karablieh et al. (2022) نیز نشان داد که خیار دارای بالاترین بهره‌وری آب بوده و پس از آن لوبیا چیتی و فلفل شیرین بیش‌ترین میزان بهره‌وری را داشته است. کم‌ترین بازدهی در هر مترمکعب مربوط به کدو، تربچه و فلفل تند بوده است. نتایج مشابهی نیز توسط Ma et al. (2022) به‌دست آمد. آن‌ها نشان دادند که ارزش بهره‌وری اقتصادی آب محصولاتی مانند سیب و گل کلم بسیار بالاتر از گندم و ذرت است. به‌طورکلی، محصولات آبی با تأمین آب کافی از روند کلی افزایش عملکرد با افزایش مصرف آب و در نتیجه افزایش بهره‌وری آب پیروی می‌کنند. در مطالعه‌ای دیگر Kelley and Olson (2022) گزارش کردند که عملکرد محصولات زراعی تابع خطی از تبخیر–تعرق واقعی است. به‌طورکلی انتخاب یک محصول باید با لحاظ بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی بالا باشد و بالا بودن هر کدام از این دو معیار به تنهایی کافی نیست. در این خصوص Xue et al. (2021) یک شاخص جامع مبتنی بر بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی را برای برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب پایدار ارائه نمودند.

نتایج ارزیابی انواع سناریوهای مورد بررسی در آبخوان باشت نشان داده است که حجم آب مورد نیاز برای شرایط فعلی آبخوان به میزان ۴۵ میلیون مترمکعب است که بیش از دو برابر میزان آب قابل برنامه‌ریزی آبخوان است. در الگوی کشت فعلی آبخوان که تقریباً در همهٔ فصول سال آبخوان زیرکشت محصولات کشاورزی است، بیش‌ترین میزان مصرف آب و بیش‌ترین ارزش اقتصادی را در بین همهٔ سناریوها داشته است. در این الگو معمولاً در مرتبهٔ اول در آذر ماه تا اواخر فروردین زیرکشت گندم، جو و کلزا است که بخشی از آب مورد نیاز آن‌ها توسط بارندگی‌های پاییزه و بهاره تأمین می‌شود و بخشی نیز به‌وسیله آبیاری بارانی تأمین می‌شود. آبخوان باشت در اردیبهشت و خرداد زیرکشت هندوانه، خربزه، گوجه و سبزیجات قرار می‌گیرد که تقریباً بارندگی‌ها قطع و حجم غالب آب مورد نیاز توسط آب برداشتی از چاه‌ها تأمین می‌شود بعد از برداشت هندوانه، پس‌چر مزارع معمولاً سوزانده می‌شود و بلافاصله شروع به کشت خزانه شلتوک و یونجه می‌شود در مرحلهٔ بعد یعنی در اواخر خرداد و اوایل تیر شروع به کشت برنج‌کاری می‌شود که با توجه به شیوهٔ آبیاری غرقابی و بالا بودن دما و نبود بارندگی فشار زیادی به منابع آب زیرزمینی آبخوان وارد می‌شود. یکی دو ماه بعد از کشت برنج مابقی اراضی به زیرکشت ذرت و یونجه و به لیمو می‌رود و بدین‌ترتیب آبخوان در تمام فصول سال زیرکشت و در حال برداشت و تخلیهٔ منابع آبی است. مقایسهٔ الگوهای مختلف کشت نشان داد که به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین میزان مصرف آب را سناریوی هشت و دو به میزان ۴۵ و ۲۲ میلیون مترمکعب داشته است که تفاوت این دو سناریو در حذف کشت برنج و هندوانه به‌عنوان دو محصول آب بر از الگوی کشت است که در این حالت میزان آب مصرفی آبخوان به نصف رسیده است. البته هر نوع تغییر الگوی کشت باید با لحاظ همهٔ ملاحظات اجتماعی و اقتصادی و زیست‌محیطی صورت گیرد، اما با توجه به شرایط موجود منابع آب هر نوع الگوی کشت (حتی با لحاظ بالا بودن درآمد) که سبب بالارفتن میزان تخلیه نسبت به منابع تغذیهٔ آبخوان شود برای حیات آینده خطر محسوب خواهد شد و سبب شور شدن منابع آب زیرزمینی و نشست آبخوان خواهد شد.

روش‌های مورد استفاده در دنیا برای افزایش بهره‌وری آب شامل روش‌های استحصال آب، آبیاری تکمیلی، کم آبیاری، تکنیک‌های آبیاری دقیق و شیوه‌های حفاظت از آب و خاک است که با توجه به پایین بودن میزان بهره‌وری آب و ناچیز بودن میزان عملکرد محصولات کشاورزی باید از این روش‌ها به‌منظور ارتقاء بهره‌وری آب بهره جست. نتایج Mandal et al. (2020) نشان داده است که اتخاذ راهبردهای مدیریت آبیاری سبب بهبود عملکرد و افزایش سطح تحت آبیاری به‌ترتیب به میزان ۲۰ و ۱۴۰ برابر شده است. نتایج مشابهی نیز توسط Huang et al. (2020) به‌دست آمده است. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که شیوه‌های مدیریت آب در مزرعه مانند بهبود روش‌های آبیاری و شیوه‌های مدیریت خاک برای کشت ذرت منجر به کاهش قابل توجه مصرف آب (۲۸–۴۶) درصد و افزایش عملکرد ذرت (۷ تا ۱۵) درصد شده است.

بر اساس هیدرومدول الگوی کشت آبخوان آب‌دهی متوسط مورد نیاز برای آبخوان در شرایط فعلی ۱/۴ مترمکعب بر ثانیه است. مقایسهٔ سناریوهای مورد بررسی نشان داده است که در الگوهای یک، هشت، هفت، شش سطح زیرکشت معادل هم و به میزان ۴۳۸۰ هکتار است که حداکثر سطح زیرکشت ممکن آبخوان است و در الگوهای دو، سه، چهار، پنج علاوه‌بر تغییر در الگو سطح زیرکشت کلی آبخوان نیز کاهش یافته است. به‌طورکلی اگر بخواهیم بر اساس آب قابل‌برنامه‌ریزی اقدام به کشت نماییم سناریوی ۲ با دبی متوسط ۰/۷ و حجم مصرفی ۲۲ میلیون مترمکعب مناسب‌ترین الگو است که البته می‌توان با کشت گیاهان دارویی با ارزش اقتصادی بالا بخشی از محصولات پر آب حذف و در عین حال درآمد کشاورز نیز تأمین شود. جایگزینی کشت مرکبات با کشت‌های آب بر مثل برنج، ذرت، هندوانه نیز به بهبود وضعیت آبخوان کمک می‌کند. در این رابطه Zhang et al. (2014) نشان دادند که به‌منظور تعادل بخشی به منابع آب باید سطح زیر کشت گندم و سویا در تمام مناطق استان گانسو (Gansu) در شال شرق چین کاهش یابد.

۴- نتیجه‌گیری

الگوی کشت تحت تأثیر پارامترهایی نظیر سازگاری اقلیمی محصولات، پتانسیل‌های منابع آب و خاک، نیازهای منطقه، عرف و علایق مردم منطقه و ارزیابی اقتصادی و درآمد حاصل از تولید خواهد بود. در منطقهٔ موجودیت آب و میزان آب مصرفی یکی از عوامل بسیار مهم در انتخاب الگوی کشت است. در شرایط منطقه به دلیل دمای بالا و افزایش میزان تبخیر و بهره‌گیری از بارندگی‌ها، منطقی است که تعدادی از محصولات که بیش‌تر طول دورهٔ رشد خود را در پائیز و زمستان می‌گذرانند در ترکیب کشت قرار گیرد. هم‌زمانی نیاز آبی یکی از پارامترهای مهم دیگر در انتخاب الگو محسوب می‌شود که در محدودهٔ طرح نیاز آبی ذرت، یونجه، خیار و گوجه‌فرنگی با باغات مرکبات در زمان پرمصرف هم‌زمان بوده و کشت یکی از آن‌ها کشت دیگری را با محدودیت آبی مواجه می‌نماید، در حالی‌که کشت گندم، جو، کلزا، هم‌زمانی بسیار اندکی با زمان آبیاری مرکبات دارند. لذا انتخاب ترکیبی از مرکبات و گندم، جو، کلزا موجب بهینه نمودن الگوی کشت خواهد شد. پیشنهاد می‌شود از روش‌های متداول بهینه‌سازی مثل lingo و یا lindo، معادلات خطی و روش سیمپلکس یا روش‌های برنامه‌ریزی غیرخطی برای تعیین الگوی بهینه استفاده و نتایج مقایسه شود.

سپاسگزاری

در پایان از سازمان جهاد کشاورزی استان، مرکز خدمات جهاد کشاورزی شهرستان باشت، سازمان هواشناسی و شرکت آب منطقه‌ای استان کهگیلویه و بویراحمد که بخشی از اطلاعات مورد نیاز این پژوهش را در اختیار نویسندگان قرار دادند، سپاس‌گزاری می‌شود.

منابع

پیری، حلیمه، و مبارکی، مجتبی (۱۴۰۱). تعیین الگوی کشت محصولات کشاورزی شهرستان اصفهان با استفاده از ردپای آب و آب مجازی. *محیط زیست و مهندسی آب*. ۸(۲)، ۵۰۷-۵۱۸. doi:10.22034/jewe.2021.297869.1604

خرمی وفا، محمود، نوری، مهدی، مندنی، فرزاد، و ویسی، هادی (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. doi:10.22067/jwsd.v3i2.50280

زمانی، امید، مرتضوی، سید ابوالقاسم، و بلالی، حمید (۱۳۹۳). بررسی بهره‌وری اقتصادی آب در محصولات مختلف زراعی در دشت بهار. *پژوهش آب در کشاورزی*، ۲۸(۱)، ۵۱-۶۲. doi:10.22092/jwra.2015.101065

علیزاده، امین (۱۳۸۹). رابطه آب و خاک و گیاه. چاپ دهم، انتشارات دانشگاه امام رضا (ع)، ۴۸۴ صفحه.

عباسی، فریبرز، عباسی، نادر، و توکلی، علیرضا (۱۳۹۶). بهره‌وری آب در بخش کشاورزی؛ چالش‌ها و چشم‌اندازها. *آب و توسعه پایدار*، ۴(۱)، ۱۴۱-۱۴۴. doi:10.22067/jwsd.v4i1.67121

کریمی، محمد، و جلینی، محمد (۱۳۹۶). بررسی شاخص‌های بهره‌وری آب کشاورزی در محصولات مهم زراعی، مطالعه موردی: دشت مشهد. *آب و توسعه پایدار*، ۴(۱)، ۱۳۳-۱۳۸. doi:10.22067/jwsd.v4i1.52783

ملاح، سینا، غالبی، سعید، امداد، محمدرضا، و پناهی، مهدی (۱۴۰۰). ارزیابی شاخص هیدرومدول آبیاری به‌منظور کاهش تأثیر تنش خشکی و مصرف بهینه آب در گیاهان عمده الگوی کشت اراضی دشت هنام. *تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک*، ۳(۱)، ۱۵-۲۴. doi:10.22034/csrar.2021.280267.1092

لباسچی، محمدحسین (۱۳۹۷). بحران آب و لزوم توسعه گیاهان داروئی. *طبیعت ایران*، ۳(۱۰)، ۶-۹. doi:10.22092/irn.2018.116776

References

Alizadeh, A. (2009). *The relationship between water, soil and plants*. 10th Edition: Imam Reza University, Iran, 484 pages. [In Persian]

Al-Karablieh, E.K., Salman, A.Z., Al-Omari, A.S., Wolff, H.-P., Al-Assa'd, T.A., Hunaiti, D.A., & Subah, A.M. (2012). Estimation of the economic value of irrigation water in Jordan. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 2(5), 487-497.

Abbasi, F., Abbasi, N., & Tavakkoli, A. (2017). Water productivity in agriculture; challenges and prospects. *Journal of Water and Sustainable Development*, 4(1), 141-144. doi:10.22067/jwsd.v4i1.67121 [In Persian]

Babel, M.S., Shinde, V.R., Sharma, D., & Dang, N.M. (2020). Measuring water security: A vital step for climate change adaptation. *Environmental Research*, 185(1), 109400. doi:10.1016/j.envres.2020.109400

Dang, H., Le, Li, E., Nuberg, I., & Bruwer, J. (2018). Vulnerability to climate change and the variations in factors affecting farmers' adaptation: A multi-group structural equation modelling study. *Climate and Devlopment*. 10(6), 509–519. doi:10.1080/17565529.2017.1304885

Doorenbos, J., & Pruitt, W.O. (1977). Crop water requirements. FAO irrigation and drainage paper 24. L. Water Dev. Div. FAO, Rome 144.

Droogers, P. (2001). *Simulation modlels to assess Water productivity at different Scale*. IWMI. Colombo. Srilanka.

Hamilton, S.K., Hussain, M.Z., Bhardwaj, A.K., Basso, B., & Robertson, G.P. (2015). Comparative water use by maize, perennial crops, restored prairie, and poplar trees in the US *Midwest. Environmental Research Letters*, 10(6), 64015. doi:10.1088/1748-9326/10/6/064015/

Huang, G., Hoekstra, A.Y., Krol, M.S., Jägermeyr, J., Galindo, A., Yu, C., & Wang, R. (2020). Water-saving agriculture can deliver deep water cuts for China. *Resources, Conservation and Recycling*, 154, 1-29, 104578. doi:10.1016/j.resconrec.2019.104578

Kadigi, R.M.J., Kashaigili, J.J., & Mdoe, N.S. (2004). The economics of irrigated paddy in Usangu Basin in Tanzania: water utilization, productivity, income and livelihood implications. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 29, 1091–1100. doi:10.1016/j.pce.2004.08.010

Karimi, M., & Jalini, M. (2016). Evaluation of agricultural water productivity indices in major field crops (in Mashhad Plain technical note). *Journal of Water and Sustainable Development*, 4(1), 133-138. doi: 10.22067/jwsd.v4i1.52783 [In Persian]

Kelley, J., & Olson, B. (2022). Interannual variability of water productivity on the Eastern Snake Plain in Idaho, United States. *Agricultural Water Management*, 265, 107532. doi:10.1016/j.agwat.2022.107532

Khoramivafa1, M., Nouri, M., Mondani1, F., & Veisi, H. (2016). Evaluation of virtual water, water productivity and ecological footprint in west and maize farms in wheat of Iran: of a case study of kouzaran region Kermanshah Province. *Journal of Water and Sustainable Development*, 3(2), 19-26. doi:10.22067/jwsd.v3i2.50280 [In Persian]

Liu, Q., Niu, J., Wood, J.D., & Kang, S. (2022). Spatial optimization of cropping pattern in the upper-middle reaches of the Heihe River basin, Northwest China. *Agricultural Water Management*, 264, 107479. doi:10.1016/j.agwat.2022.107479

Lebaschi, M.H. (2018). Water crisis and the necessity of development of medicinal plant cultivation. *Iran Nature*, 3(3), 6-9. doi:10.22092/irn.2018.116776 [In Persian]

Ma, L., Ren, D., Yang, Yonghui, Sheng, Z., Yu, L., Han, S., Yang, Yanmin, & Hou, Z. (2022). Assessment of economic efficiency of water use through a household farmer survey in north China. *Agronomy*, 12(5), 1100. doi:10.3390/agronomy12051100

Mandal, S., Vema, V.K., Kurian, C., & Sudheer, K.P. (2020). Improving the crop productivity in rainfed areas with water harvesting structures and deficit irrigation strategies. *Journal of Hydrology*, 586, 124818. doi:10.1016/j.jhydrol.2020.124818

Maroufpoor, S., Bozorg-Haddad, O., Maroufpoor, E., Gerbens-Leenes, P.W., Loáiciga, H.A., Savic, D., & Singh, V.P. (2021). Optimal virtual water flows for improved food security in water-scarce countries. *Scientific Reports*, 11(1), 1–18. doi:10.1038/s41598-021-00500-6

Mollah, S., Ghalebi, S., Emdad, M.R., & Panahi, M. (2021). Evaluation of irrigation hydro-module of major plants of cropping pattern to reduce water stress and optimize agricultural water consumption in Honam sub-catchment. *Crop Science Research in Arid Dry Regions*, 3(1), 15-24. doi:10.22034/csrar.2021.280267.1092 [In Persian]

Molden, D. (1997). *Accounting for water use and productivity*. IWMI.

Molden, D., Oweis, T., Steduto, P., Bindraban, P., Hanjra, M.A., & Kijne, J. (2010). Improving agricultural water productivity: Between optimism and caution. *Agricultural water Management*, 97(4), 528–535. doi:10.1016/j.agwat.2009.03.023

Piri, H., & Mubaraki, M. (2022). Determining cultivation pattern of Isfahan agricultural crops using water footprint and virtual water. *Environment and Water Engineering*, 8(2), 507-518. doi:10.22034/jewe.2021.297869.1604 [In Persian]

Pawlak, K., & Kołodziejczak, M. (2020). The role of agriculture in ensuring food security in developing countries: considerations in the context of the problem of sustainable food production. *Sustainability*, 12(13), 5488. doi:10.3390/su12135488

Sun, S.K., Wu, P.T., Wang, Y.B., & Zhao, X.N. (2015). Impact of changing cropping pattern on the regional agricultural water productivity. *Journal of Agricultural Science*, 153(5), 767–778. doi:10.1017/S0021859614000938

Valipour, M. (2015). A comprehensive study on irrigation management in Asia and Oceania. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 61, 1247–1271. doi:10.1080/03650340.2014.986471

Wang, H., Wang, N., Quan, H., Zhang, F., Fan, J., Feng, H., Cheng, M., Liao, Z., Wang, X., & Xiang, Y. (2022). Yield and water productivity of crops, vegetables and fruits under subsurface drip irrigation: A global meta-analysis. *Agricultural Water Management*, 269, 107645. doi:10.1016/j.agwat.2022.107645

Xue, J., Huang, C., Chang, J., Sun, H., Zeng, F., Lei, J., & Liu, G. (2021). Water use efficiencies, economic tradeoffs, and portfolio optimizations of diversification farm systems in a desert oasis of Northwest China.

Agroforestry Systems, 95, 1703-1718. doi:10.1007/s10457-021-00682-y

Zamani, O., Mortazavi, S.A., & Bilali, H. (2014). Economical water productivity of agricultural products in Bahar plain, Hamadan. *Iranian Journal of Water Research in Agriculture*, 28(1), 51-62. doi:10.22092/jwra.2015.101065 [In Persian]

Zhang, C., McBean, E.A., & Huang, J. (2014). A virtual water assessment methodology for cropping pattern investigation. *Water Resources Management*, 28(8), 2331-2349. doi:10.1007/s11269-014-0618-y

Zhao, J., Li, M., Guo, P., Zhang, C., & Tan, Q. (2017). Agricultural water productivity oriented water resources allocation based on the coordination of multiple factors. *Water*, 9(7), 490. doi:10.3390/w9070490