Analysis of Wheat Water Productivity During the Period 2012–2022 Using Various Water Productivity Indicators in Iran

ABSTRACT

Water productivity is an indicator used to compare and evaluate crops across different regions and growing seasons. In this paper, the water productivity of irrigated wheat over a decade (2012–2022) in Iran has been estimated and assessed using physical and economic productivity relationships, the economic productivity gap, as well as relative physical and economic water productivity (with and without considering agricultural land rent). The water productivity indicators for wheat were calculated and presented based on: 1- the average national data for each cropping year over the decade, 2- the average provincial data for each province over the decade, and 3- the weighted average of county-level data for each county over the decade. The required data were obtained from the National Water Requirement Reference System and the statistical yearbooks of the Ministry of Agricultural Jihad. The findings revealed that: 1- different water productivity indicators yield varying results, and the selection of an appropriate indicator should be based on the region's climate, crop type, and research objectives; 2- economic indicators and the economic productivity gap are not suitable for comparing consecutive years due to their strong dependence on inflation; 3- the relative economic water productivity of wheat exhibited a declining trend from 2020 to 2022, influenced by drought and rising input costs (particularly fertilizers); and 4- the average values of the physical productivity, economic productivity, economic gap, and relative physical and economic productivity indicators were obtained as 0.79 kg/m³, 9,842 IRR/m³, 21,956 IRR/m³, 0.47, and 0.31, respectively

Keywords: *Relative economic water productivity, Irrigated wheat, agricultural water management*

پیش نویس

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

Water productivity, as an indicator, is used to evaluate the status of agriculture, compare different field and horticultural crops, and finally determine the cropping pattern and composition. Water productivity reflects the interactive effects of factors involved in the production of a crop, such as regional climate, field soil, quantity and quality of irrigation water, agronomy and plant breeding, and agricultural economics, indicating that through proper management and utilization of these factors, maximum benefit can be obtained from a unit volume of irrigation water. In recent years, various indices have been used for this purpose, including the physical water productivity index (ratio of yield to irrigation water volume), the economic water productivity index (ratio of net profit to irrigation water volume), the economic water productivity gap (difference between economic water productivity under actual and potential conditions), the relative physical water productivity index (ratio of actual physical water productivity to potential), and the relative economic water productivity index (ratio of actual economic water productivity to potential). Each of these indices has advantages and disadvantages. Some of these indices are simple and require less data, but they do not possess high accuracy; they are suitable for a single crop but are not suitable for comparing different crops across different locations and times. Some show a strong reaction to inflation rates, and some require extensive data, including field soil and regional climate data, and are dimensionless, making them suitable for comparing and evaluating different crops in different regions.

Numerous investigations have been conducted on water productivity in different crops of a region and for a single growing season, but investigating the trend of changes in water productivity in a strategic crop such as wheat, over a decade (2012–2022), at the national level on a county scale, and using different water productivity indices, has not been carried out so far. Therefore, two objectives are considered in this paper: (a) investigating the trend of changes in water productivity of wheat at the national level from 2012 to 2022 on a county

scale, and (b) evaluating the water productivity trend of wheat using different water productivity indices and selecting the best index for this purpose.

Method

In order to evaluate wheat water productivity across the entire country, data on actual yield (the yield harvested by the farmer, in kg ha^{-1}), potential yield (the potential production capacity of wheat, in kg ha^{-1}), irrigation water volume (m^3 ha^{-1}), irrigation water requirement (potential evapotranspiration minus effective precipitation, in m^3 ha^{-1}) were obtained from the NIWR , and production costs from planting to harvest, wheat price, and agricultural land rental costs for each growing season (2012–2022) in Rials per hectare were collected from the statistical yearbooks of the Ministry of Agriculture-Jahad. The NIWR is a computer-based program that calculates potential and actual evapotranspiration of wheat using meteorological data, estimates actual and standard yields using the Doorenbos–Kassam yield response relationship, and has been validated against field data. Based on irrigation water application efficiency data collected throughout the country, the irrigation water volume is calculated in this system. This NIWR was officially adopted by the Ministry of Agriculture-Jahad in 2022 as the national reference for estimating irrigation water volumes for agricultural and horticultural crops across the country.

After data collection, wheat water productivity was calculated including land rental costs using five methods: physical water productivity, economic water productivity, economic water productivity gap, relative physical water productivity, and relative economic water productivity, at three levels: the entire country (annually from 2012 to 2022), provinces (10 year average for each province), and counties (10 year average for each county). Since in Iran land rental is usually paid for one agricultural year and another crop is typically cultivated after wheat harvest, the land rental cost is not exclusively attributable to wheat; therefore, wheat water productivity was also calculated without including land rental costs at the aforementioned three levels.

The results of wheat water productivity by year and wheat water productivity in the 31 provinces of the country were presented in tables, but the results of water productivity at the county scale were presented as maps. For spatial analysis and preparation of zoning maps of the studied indices, Geographic Information System (GIS) and ArcGIS software were used. The data related to water productivity indices were imported into the GIS environment after preprocessing. In order to generate continuous surfaces from point data, after examining and evaluating the performance of a set of interpolation methods, the kriging method was selected for map preparation due to its ability to account for the spatial structure and spatial autocorrelation of the data.

Results

The average water productivity of wheat over the decade (2012–2022) using the physical, economic, relative physical, relative economic, and economic gap methods was 0.79 kg m^{-3}, 9,842 Rial m^{-3}, 0.47, 0.31, and 21,956 Rial m^{-3}, respectively. The values of the economic water productivity index and the economic water productivity gap of wheat were the lowest

and highest, respectively, in the first and last years of the studied decade, which was due to the increase in wheat price from 8,000 Rials in the 2012–2013 growing season to 115,000 Rials in the 2022–2023 growing season, indicating that these two indices, because they are affected by wheat price, are not suitable indicators for evaluating and comparing water productivity across consecutive growing seasons.

The results showed that wheat in the eastern and central provinces of the country had lower physical productivity, and among them, Kerman and Yazd provinces had the lowest physical productivity with values of 0.57 and 0.49, respectively. The highest physical water productivity was related to Kohgiluyeh and Boyerahmad, Golestan, and Mazandaran provinces, where precipitation played the greatest role in increasing wheat water productivity in these provinces.

The results of wheat water productivity at the county level using different indices yielded different outcomes. The results of the economic water productivity index, which indicated low water productivity in the eastern regions and the central plateau, were opposite to those of the water productivity gap index in these regions, demonstrating that different water productivity indices may provide different and sometimes contradictory results, and their use may divert agronomic management from its correct path.

Land rental cost had a significant impact on water productivity, such that except in the northern (Tonekabon, Nowshahr, Amol, Qaemshahr, Neka, Gomishan, Babol, Maraveh Tappeh, and Kordkuy) and western regions of the country (Ilam, Sardasht, Sanandaj, Bostanabad, Masjed Soleyman, Maragheh, Izeh, Baghmalek, Bahmai, Landeh, Ashtian, and Farahan), where substantial precipitation occurs, other regions had very low water productivity.

Conclusions

The cultivated area of wheat during the studied decade (ranging from 1.9 to 2.8 million hectares) reflects the farmers' acceptance and willingness to cultivate wheat across the entire country. However, water productivity indices that do not take into account the full production costs from planting to harvest and land rental costs indicate that this crop is not productive in many regions of the country. Therefore, failing to consider the different ecological potentials in wheat production and excluding production costs causes these indices not to provide a correct representation of water productivity. In contrast, indices such as the relative economic water productivity index, which takes into account both the ecological conditions of the region through production potential and the costs from planting to harvest, provided a better assessment of wheat water productivity.

The economic water productivity index is not a suitable indicator for evaluating wheat water productivity across different growing seasons because it is affected by inflation. Meanwhile, the relative economic water productivity index is the only index that, while incorporating the farmer's income and costs, is not influenced by inflation and is recommended as a suitable index for calculating wheat water productivity.

ویرایشگاری نشده

بررسی و تحلیل بهره‌وری آب گندم طی دوره ۱۳۹۱–۱۴۰۱ با استفاده از شاخص‌های مختلف بهره‌وری آب در کشور

چکیده

بهره‌وری آب شاخصی است که برای مقایسه و ارزیابی گیاهان زراعی در مناطق و سال‌های زراعی مختلف بکار برده می‌شود. در این مطالعه بهره‌وری آب گندم آبی در یک دهه (۱۴۰۱–۱۳۹۱) در سراسر کشور با روابط بهره‌وری فیزیکی، اقتصادی، شکاف بهره‌وری اقتصادی، بهره‌وری نسبی فیزیکی و اقتصادی آب (با و بدون احتساب اجاره زمین زراعی) برآورد و ارزیابی شده است. شاخص‌های بهره‌وری آب گندم بر اساس: ۱) میانگین داده‌های کلّ کشور برای هر سال زراعی در یک دهه، ۲) میانگین داده‌های استانی برای هر استان در یک دهه و ۳) میانگین وزنی داده‌های شهرستانی برای هر شهرستان در یک دهه، محاسبه و ارائه شده است. داده‌های مورد نیاز از سامانه مرجع نیازآب و آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی دریافت شد.

یافته‌ها نشان داد: (۱) شاخص‌های گوناگون بهره‌وری آب، نتایج متفاوتی ارائه می‌دهند و انتخاب شاخص مناسب باید بر اساس اقلیم منطقه، نوع گیاه و هدف پژوهش صورت گیرد؛ (۲) شاخص‌های اقتصادی و شکاف بهره‌وری اقتصادی به دلیل وابستگی شدید به تورم، برای مقایسه سال‌های متوالی کارایی ندارند؛ (۳) بهره‌وری نسبی اقتصادی آب گندم در سال‌های ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۱ تحت تأثیر خشکسالی و افزایش هزینه نهاده‌ها (به‌ویژه کود) روند کاهشی یافت؛ و (۴) میانگین شاخص‌های بهره‌وری فیزیکی، اقتصادی، شکاف اقتصادی و بهره‌وری نسبی فیزیکی و اقتصادی به‌ترتیب ۰/۷۹ کیلوگرم بر مترمکعب، ۹۸۴۲ ریال بر مترمکعب، ۲۱۹۵۶ ریال بر مترمکعب، ۰/۴۷ و ۰/۳۱ به‌دست آمد.

کلیدواژه: بهره‌وری نسبی اقتصادی آب، گندم آبی، مدیریت آب کشاورزی

۱. مقدمه

برای ارزیابی و مدیریت وضعیت موجود کشاورزی کشور استفاده از شاخص‌های بهره‌وری آب ضروری است. اهمیت بهره‌وری آب، به گونه‌ای است که مدیریت را دانش افزایش بهره‌وری و استفاده از منابع و امکانات موجود برای دستیابی به اهداف معرفی می‌کنند (اکبری و همکاران، ۱۳۹۷). اولین وظیفه در درک چگونگی افزایش بهره‌وری آب، درک معنای آن است. مطابق نظرات مولدن، موری–راست و ساکتیوادیول این تعریف وابسته به مقیاس است. برای یک کشاورز، به معنای به دست آوردن محصول بیشتر به ازای هر متر مکعب آب آبیاری است. اما، برای کل جامعه، که با منابع آب یک حوضه یا کشور سروکار دارد، این مفهوم به معنای کسب ارزش بیشتر به ازای هر واحد منبع آب مورد استفاده است. بنابراین، افزایش بهره‌وری آب، حاصل تعامل هماهنگ چندین عامل در سطوح مختلف گیاه، مزرعه، سامانه آبیاری و حوضه رودخانه است (Molden, 1997).

سازمان غذا و کشاورزی ملل متحد (FAO) با توجه به افزایش سریع رقابت بین بخش‌های مصرف آب، اقدام فوری برای بهبود مدیریت پایدار آب در تمام سطوح را ضروری دانسته است. در بخش کشاورزی، دستیابی به دستاوردهایی در زمینه بهره‌وری آب، افزایش بهره‌وری کشاورزی و استفاده کمتر از آب بسیار مهم است. نظارت و رسیدگی به بهره‌وری آب نه تنها به امنیت غذایی می‌پردازد، بلکه از تصمیم‌گیری آگاهانه برای توسعه اقتصادی و تاب‌آوری در برابر تغییرات و نوسانات اقلیمی و همچنین دستیابی به هدف توسعه پایدار در مورد بهبود بهره‌وری مصرف آب نیز پشتیبانی می‌کند. هدف از طرح بهبود بهره‌وری آب ارائه راهنمایی به کشورها و تعامل با اهداکنندگان و مؤسسات برای ارتقای اولویت‌های بهره‌وری آب در مقیاس جهانی است (FAO, 2023).

شاخص‌های مختلفی نظیر شاخص بهره‌وری فیزیکی، شاخص بهره‌وری اقتصادی، شاخص شکاف بهره‌وری فیزیکی، شاخص شکاف بهره‌وری اقتصادی، شاخص بهره‌وری نسبی فیزیکی و شاخص بهره‌وری نسبی اقتصادی آب برای برآورد بهره‌وری آب معرفی و برای گیاه گندم و سایر محصولات استفاده شده است (جعفری و عباسی، ۱۴۰۲). در ارزیابی این شاخص‌ها اظهارنظرهای متفاوتی صورت گرفته است. برخی افزایش عملکرد در واحد سطح زمین را لزوماً منجر به افزایش بهره‌وری آب نمی‌دانند. چون زمینه‌های زیادی برای افزایش بهره‌وری اقتصادی آب مانند ارزش محصول تولید شده با مصرف آب، تغییر هزینه‌های مربوط به تولید محصول و برخی محرک‌های کلیدی از جمله تغییرات آب و هوایی، بهبود حاصلخیزی خاک، کنترل آفات و بیماری‌ها و انتخاب محصول یا دسترسی به بازارهای بهتر وجود دارد (Molden et al., 2010). محققین حتی مدیریت آبیاری را هم به تنهایی

ویراستاری نشده

برای افزایش شاخص بهره‌وری آب کافی نمی‌دانند و معتقدند که شاخص بهره‌وری آب صرفا متاثر از برنامه‌ریزی و نوع سامانه آبیاری نبوده و عوامل فراوانی در آن دخالت دارند، از جمله: کیفیت و کمیت آب آبیاری، مدیریت زراعی، پارامترهای اقلیمی، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، اقتصاد، قوانین و برنامه‌ریزی (عباسی، ۱۳۹۶).

در کاشت یک گیاه زراعی، خاک و اقلیم نقش بسیار زیادی ایفا می‌کند و یکی از عوامل مهم در تغییر بهره‌وری آب یک گیاه به شمار می‌رود. توقع از یک خاک شنی در یک منطقه گرم و خشک با یک خاک لومی در یک منطقه معتدل در تولید گیاهی مثل گندم متفاوت است. لذا، در برآورد شاخص بهره‌وری آب مطالعات خاکشناسی و بررسی اقلیم ضروری است. تخریب ساختمان خاک، کاهش مواد مغذی، آفات و بیماری‌ها و سایر مدیریت‌ها به طور قابل توجهی ظرفیت افزایش بهره‌وری آب را محدود می‌کند (Molden et al., 2010). مطالعات در خصوص اثر مواد مغذی و مدیریت آب بر بهره‌وری آب محصولات مختلف نشان می‌دهد که اثر نیتروژن و فسفر یا ترکیب آن، با مقدار اعمال شده در شرایط آب خاک، متفاوت است و استفاده بیش از حد مواد مغذی ممکن است بهره‌وری آب را کاهش دهد (Kilemo, 2022). نقش ویژه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و آب در بهره‌وری آب، سبب شد که استفاده از توابع تولید برای ارزیابی بهره‌وری اقتصادی آب توصیه شود (Trout and Manning, 2019).

برای ارزیابی مدیریت‌های مختلف کشاورزی در کشور، اغلب از شاخص بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب استفاده می‌شود. در شاخص بهره‌وری فیزیکی آب، درآمد و هزینه در محاسبات وارد نمی‌شود و در شاخص بهره‌وری اقتصادی آب، تورم ناشی از عدم مدیریت صحیح بازار (تغییر قیمت چند برابری برخی محصولات در اثر تنظیم نبودن عرضه و تقاضا)، نقش مستقیم در مقدار کمی آن دارد، در صورتی‌که تورم یا تنظیم بازار جز فعالیت‌های به‌زراعی نیستند. ارزیابی بر اساس شاخص بهره‌وری اقتصادی آب، زمانی چالش برانگیز است که ارزش محصول تحت تاثیر تورم و یا هر عامل دیگری از فصلی به فصل دیگر و حتی در طول دوره رشد، تغییر کند (Fernandez et al., 2020). در برخی موارد برای جلوگیری از تاثیر تورم و مدیریت بازار استفاده از شاخص‌های مطلق مانند مصرف سرانه آب توصیه شده است (Rodriguez et al., 2020) است.

همین موضوع سبب شده است که نتایج استفاده از این دو شاخص، متفاوت از همدیگر باشند به‌طوری‌که در ارزیابی و تحلیل بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب محصولات زراعی در دشت مغان، بهره‌وری فیزیکی آب محصولات گندم، کلزا، سویا، برنج، ذرت علوفه‌ای، ذرت‌دانه‌ای، خربزه، یونجه، گوجه فرنگی، جو، شبلی، هندوانه، خیار و چغندرقند به‌ترتیب ۱/۲۷، ۰/۵، ۰/۶۷، ۰/۶۹، ۴/۵، ۰/۴۵، ۲/۳، ۰/۲۵، ۳/۴۶، ۱/۱۹، ۰/۵۵، ۳/۱، ۰/۴۲ و ۵/۵ کیلوگرم بر مترمکعب و همچنین بهره‌وری اقتصادی آب به‌ترتیب ۱۰۹۸، ۵۷۲، ۷۰۲، ۳۱۳، ۵۴۲، ۲۲۸۶، ۳۲۲، ۹۷، ۸۳۲، ۶۸۵، ۵۴۷، ۲۷۹، ۲۶۷ و ۱۱۱۱ تومان بر مترمکعب محاسبه شده است. نتایج این پژوهش نشان داد که چغندرقند، هندوانه، ذرت علوفه‌ای و خربزه از لحاظ بهره‌وری فیزیکی در وضعیت بهتری قرار دارند. در حالی که از لحاظ بهره‌وری اقتصادی در وضعیت ضعیفی قرار دارند و تنها دو محصول چغندرقند و گوجه‌فرنگی در سطح خوب یا نسبتا خوب از لحاظ هر دو شاخص قرار می‌گیرند. همچنین بسته به این که شاخص بهره‌وری فیزیکی یا بهره‌وری اقتصادی آب در برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری مدنظر قرار گیرد، رویکردها و الگوهای پیشنهادی کاملاً متفاوت خواهد بود (فرحزا و همکاران، ۱۳۹۹).

اگرچه، نسبت عملکرد به آب مصرفی و نسبت سود خالص به آب مصرفی ارتباط نزدیکی با هم دارند، اما بالا بودن بهره‌وری فیزیکی لزوماً منجر به بهره‌وری اقتصادی بالا نمی‌شود زیرا هر یک توسط عوامل دیگر کنترل می‌شوند (*Jha et al., 2016*).

Vladimirova و همکاران (۲۰۱۸) در ارزیابی بهره‌وری آب در اروپا به این نتیجه رسیدند که مقایسه شاخص بهره‌وری اقتصادی آب بین کشورهای عضو اتحادیه اروپا بی‌معنی است. زیرا بهره‌وری آب تا حد زیادی به ساختارهای اقتصادی هر کشور بستگی دارد که با اقدامات سیاستی در کوتاه مدت تغییر می‌کند. علاوه بر این، از آنجایی که این شاخص در سطح ملی محاسبه می‌شود، تفاوت‌های درون کشوری در نظر گرفته نمی‌شود. زیرا بهره‌وری آب منعکس‌کننده توزیع مکانی نابرابر منابع، آب و هوا، اقتصاد یا جغرافیا نیست، بنابراین ممکن است تفاوت‌های محلی پنهان شود. به عبارت دیگر باید بهره‌وری اقتصادی آب بر اساس شرایط محلی نظیر مقدار آب در دسترس، خاک، اقلیم، ارزش محصول، مدیریت زراعی و غیره برآورد گردد. در غیر اینصورت اطلاعات سودمندی در اختیار سیاست‌گذاران قرار نمی‌دهد. برخی از این عوامل قابل مدیریت و برخی غیرقابل مدیریت هستند. (Vladimirova et al., 2018).

پذیرفته شده

ناصری و عباسی (۱۴۰۱) با لحاظ نمودن نقش اقلیم و خاک در بهره‌وری آب، بهره‌وری فیزیکی گندم در شرایط واقعی و پتانسیل را برای گیاه گندم در کشور برآورد نمودند. اختلاف معنی‌دار بین بهره‌وری فیزیکی گندم در شرایط پتانسیل و واقعی در سطح یک درصد از نتایج پژوهش آنها بود. دلیل اختلاف بهره‌وری فیزیکی در شرایط واقعی و پتانسیل کشت گندم در کشور، تفاوت اقلیم و خاک مناطق مختلف اعلام شد. در این تحقیق بیشترین عملکرد گندم در اقلیم نیمه‌خشک در دشت مغان به‌دست آمد و بهره‌وری پتانسیل و واقعی در اقلیم مرطوب، نیمه‌خشک و خشک به‌ترتیب از بیشتر به کمتر متغیر بود. ولی نسبت بهره‌وری واقعی به پتانسیل در هر سه اقلیم مساوی بود که دلیلی برای آن ذکر نشد (ناصری و عباسی، ۱۴۰۱).

نتایج تحقیقات Veysi و همکاران (۲۰۲۴) تغییر اساسی را در مقایسه بهره‌وری نسبی فیزیکی آب (بدون بعد) در محصول گندم، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای بر مبنای تبخیر و تعرق واقعی (GWP) و تعرق (NWP) نشان داد. در این تحقیق، برخی از پیکسل‌هایی که در ابتدا بهره‌وری فیزیکی آب بالایی را نشان می‌دادند، بر اساس شاخص بدون بعد مشتق شده (بهره‌وری نسبی فیزیکی)، به عنوان پیکسل‌های کم‌بهره‌ور آب رتبه‌بندی شدند و برعکس. این تحقیق بر اهمیت نقشه‌برداری از انواع کشت به عنوان لایه‌های تکمیلی برای تسهیل تصمیم‌گیری دقیق و مبتنی بر داده و امکان مقایسه محصولات بر اساس شاخص‌های بهره‌وری آب بدون بعد تأکید می‌کند (Veysi et al., 2024).

بررسی روند بهره‌وری آب گندم در یک دهه (۱۴۰۱-۱۳۹۱) در مقیاس استان و شهرستان می‌تواند نمایی کلی از وضعیت بهره‌وری آب گندم در سطح کشور را به نشان دهد و در استان‌ها یا شهرستان‌هایی که بهره‌وری آب در آنها پایین است با بررسی بیشتر و استخراج دلایل مرتبط با آن، مدیریت بهتری در گندم‌زارهای اعمال نمود. هر چند در گذشته فعالیت‌های زیادی در برآورد و تحلیل بهره‌وری آب محصولات مختلف در کشور صورت گرفته اما این مطالعات غالبا نقطه‌ای یا حداقل برای یک فصل زراعی بوده و نقطه‌ای بودن برآورد بهره‌وری آب، مانع از تحلیل و بررسی آنها در ارتباط با تاثیر مدیریت به‌زراعی و به‌نژادی، اقلیم منطقه، خاک مزرعه، اقتصاد کشاورزی و غیره در نقاط و فصول مختلف کشور گردیده است بنابراین در این مقاله ضمن بررسی و مقایسه بهره‌وری آب با روابط مختلف در سراسر کشور به مقایسه بهره‌وری آب گندم در یک دهه اخیر پرداخته شده و شاخص‌های مختلف بهره‌وری برای این منظور بررسی و ارزیابی خواهند شد. به‌عبارت دیگر آیا بررسی بهره‌وری آب گندم با شاخص‌های مختلف نتیجه واحد در پی دارد؟ چرا؟ و بهترین شاخص برای برآورد بهره‌وری آب گندم در کشور چیست؟

۲. مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی بهره‌وری آب گندم در سطح شهرستان‌های کشور از سال زراعی ۱۳۹۱ تا ۱۴۰۱، داده‌های مورد نیاز شامل حجم آب آبیاری، هزینه‌های جاری از کاشت تا برداشت و اجاره زمین، عملکرد، عملکرد قابل حصول گندم و نیاز آب آبیاری در هر یک از سال‌های زراعی از سامانه نیازآب (ابراهیمی‌پاک و همکاران، ۱۴۰۱) و هزینه‌های جاری از کاشت تا برداشت و اجاره زمین و قیمت گندم از آمارنامه کشاورزی وزارت جهاد کشاورزی دریافت شد (آمارنامه جهاد کشاورزی ۱۳۹۱-۱۴۰۲). سامانه نیازآب، یک سامانه پشتیبانی تصمیم مبتنی بر وب است که بر اساس داده‌های هواشناسی، اقلیمی، خاک و زراعت، اطلاعات مدیریت آبیاری را در اختیار بهرهبردار قرار میدهد. این سامانه در سال ۱۴۰۱ توسط وزارت جهاد کشاورزی به عنوان مرجع برآورد آب مصرفی گیاهان زراعی و باغی در سطح کشور به کلیه دستگاه‌های ذی‌ربط ابلاغ گردید.

به‌منظور بررسی و تحلیل بهره‌وری آب گندم در سال‌های زراعی مختلف در یک دهه اخیر (۱۴۰۱-۱۳۹۱)، میانگین عملکرد، حجم آب آبیاری در سامانه آبیاری ثقلی، هزینه و قیمت، نیاز آب آبیاری و عملکرد قابل حصول گندم در ۴۰۰ شهر ایران در هر سال زراعی محاسبه و بهره‌وری فیزیکی، بهره‌وری اقتصادی، شکاف بهره‌وری اقتصادی، بهره‌وری نسبی فیزیکی و بهره‌وری نسبی اقتصادی آب در گیاه گندم در دو حالت با و بدون احتساب اجاره زمین به شرح روابط ۱ تا ۶ محاسبه و تحلیل لازم صورت گرفت. به منظور وضعیت بهره‌وری آب گندم در مقیاس استانی، میانگین داده‌های مورد نیاز در دهه مورد نظر، محاسبه و برای هر استان بهره‌وری آب گندم بر اساس روابط ۱ تا ۶ با احتساب اجاره زمین و بدون احتساب اجاره زمین برآورد و مورد بررسی قرار گرفت. در ادامه به‌منظور نگاه جزئی‌تر به بهره‌وری آب گندم در کشور، در مقیاس شهرستان هم نقشه‌های بهره‌وری آب بر اساس روابط ۱ تا ۶ و بر اساس میانگین یک دهه داده‌های عملکرد، حجم آب آبیاری، عملکرد قابل حصول و هزینه‌های انجام شده در هر شهرستان،

ویرایش اولیه

ترسیم و تحلیل لازم انجام شد.

الف- محاسبه شاخص بهره‌وری فیزیکی آب(WPPa) :

$$WPP_a = \frac{(Yield)_a}{IWV}$$ رابطه ۱)

در این رابطه :$Yield_a$ عملکرد گیاه بر حسب کیلوگرم در هکتار در شرایط واقعی مزرعه است، IWV[1]: حجم آب آبیاری بر حسب متر مکعب در هکتار است (جعفری و عباسی، ۱۴۰۲).

ب- محاسبه شاخص بهره وری اقتصادی آب در شرایط واقعی (WPE_a) :

شاخص بهره‌وری اقتصادی آب در شرایط واقعی بیانگر میزان سودی است که زارع در ازای هر واحد حجم آب مصرفی (از کاشت تا برداشت) کسب می‌کند. این شاخص بسته به نوع مدیریت آبیاری می‌تواند تغییر کند. نتیجه هر گونه مدیریت زراعی مثل کودهی، مبارزه با آفات و بیماری‌ها، برنامه‌ریزی آبیاری برای یک گیاه، چه مستقیم و چه غیرمستقیم، در سه مولفه اصلی نمود پیدا می‌کند: تغییر در درآمد، تغییر در هزینه و تغییر در آب مصرفی. بر این اساس در این پروژه شاخص بهره‌وری اقتصادی آب در شرایط واقعی از نسبت سود خالص به حجم آب آبیاری مصرف شده برای تولید محصول گندم در واحد سطح مطابق رابطه زیر محاسبه شد (جعفری و عباسی، ۱۴۰۲).

$$WPE_a = \frac{(Income - Cost)_a}{IWV}$$ رابطه ۲)

در این رابطه WPE_a بهره‌وری اقتصادی آب (ریال بر مترمکعب)، income و cost به‌ترتیب درآمد و هزینه کشاورز در واحد سطح (هکتار) بر حسب ریال را نشان می‌دهند.

د- شکاف بهره‌وری اقتصادی آب (WPG_e) :

$$WPG_e = WPE_p - WPE_a$$ رابطه ۳)

در این رابطه WPE_p و WPEa به ترتیب معرف بهره‌وری اقتصادی آب در شرایط پتانسیل (رابطه ۴) و واقعی می‌باشند.

$$WPE_p = \frac{(Income - Cost)_p}{\mathrm{NIWR}}$$ رابطه ۴)

در این رابطه NIWR[2]: نیاز خالص آب آبیاری گیاه (تبخیر و تعرق استاندارد منهای بارش موثر) در شرایط استاندارد بر حسب مترمکعب بر هکتار می‌باشد. سایر پارامترها قبلا تعریف شده‌اند.

ه- شاخص بهره‌وری نسبی فیزیکی(KWP_p) :

$$\mathrm{KWP_p} = \frac{\frac{\mathrm{Yield_a}}{\mathrm{IWV}}}{\frac{\mathrm{Yield_p}}{\mathrm{NIWR}}}$$ رابطه ۵)

در این رابطه $Yield_p$ و $Yield_a$ به ترتیب توان تولید بالقوه و واقعی محصول در مزرعه بر حسب کیلوگرم در هکتار، را نشان می‌دهند. شاخص بهره‌وری نسبی فیزیکی نسبت بهره‌وری فیزیکی واقعی به بهره‌وری فیزیکی بالقوه زمین کشاورزی در تولید گندم است مقدار آن بین ۰ تا ۱ و هر چه مقدار آن به ۱ نزدیکتر باشد نشان‌دهنده مدیریت بهتر در تولید محصول گندم می‌باشد. این شاخص بی‌بعد بوده و عیب اصلی آن لحاظ ننمودن هزینه و درآمد کشاورز در بهره‌وری آب گندم است (جعفری و عباسی، ۱۴۰۲).

و- شاخص بهره‌وری نسبی اقتصادی (KWPe) (جعفری و عباسی،۱۴۰۲).

$$\mathrm{KWP_e} = \frac{WPE_a}{WPE_p}$$ رابطه ۶)

حد بالای بهره‌وری آب زمانی روی می‌دهد که گیاهان در شرایط ایده‌آل و بدون محدودیت رشد و نمو نمایند .میزان بهره‌وری

1- Irrigation Water Volume

2- Net Irrigation Water Requirment

اقتصادی در این شرایط می‌تواند مبنای مناسبی برای ارزیابی بهره‌وری واقعی آب در هر گیاه باشد .هر چه بهره‌وری اقتصادی کشاورز به آن نزدیک‌تر باشد، بیانگر مدیریت زراعی بهتر زارع می‌باشد. می‌توان گفت شاخص بهره‌وری نسبی آب بیانگر میزان بهره‌برداری مفید از زمین زراعی نسبت به شرایط استاندارد یا بهینه است که بین صفر و ۱ متغیر است و هر چه مقدار این شاخص پایین‌تر باشد، نشان‌دهنده این است که مدیریت زراعی نامناسب بوده که می‌تواند به دلایلی نظیر عدم مدیریت تغذیه گیاهی، عدم مبارزه با آفات و بیماری‌ها، عدم مدیریت آبیاری مناسب (ندادن آب به‌موقع و به‌اندازه به گیاه)، عدم رعایت تاریخ کشت و غیره باشد و هر چه این شاخص به یک نزدیکتر شود، نشان‌دهنده استفاده بهینه از آب، خاک، گیاه، اقلیم و مدیریت زراعی است. بنابراین، با این شاخص علاوه بر دخالت دادن آب (مقدار و کیفیت)، خاک (پهنه‌بندی و پتانسیل تولید)، گیاه، اقتصاد (سود خالص) و اقلیم (نیاز آبیاری در شرایط استاندارد)، نحوه‌ی مدیریت زراعی زارع هم قابل ارزیابی است.

در این پژوهش، به‌منظور تحلیل فضایی و تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی شاخص‌های مورد مطالعه، از سیستم اطلاعات جغرافیایی و نرم‌افزار ArcGIS10.3 استفاده شد. داده‌های مربوط به شاخص‌های بهره‌وری فیزیکی، اقتصادی، شکاف بهره‌وری اقتصادی، بهره‌وری نسبی فیزیکی و بهره‌وری نسبی اقتصادی آب پس از انجام مراحل پیش‌پردازش، وارد محیط GIS گردیدند. به‌منظور تولید سطوح پیوسته از داده‌های نقطه‌ای، از مجموعه‌ای از روش‌های درون‌یابی استفاده شد و عملکرد آن‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت.

مرحله پیش‌پردازش، داده‌ها از نظر صحت مختصات، وجود مقادیر نامعتبر و مقادیر پرت و نیز یکسان بودن واحد اندازه‌گیری بررسی شدند. برای برآورد مقادیر شاخص‌ها در نقاط فاقد نمونه و تهیه سطوح پیوسته مکانی، از دو روش درون‌یابی وزن‌دهی معکوس فاصله (Inverse Distance Weighting, IDW) و کریجینگ استفاده شد. در روشIDW ، مقدار برآوردشده در هر موقعیت بر اساس میانگین وزنی مقادیر مشاهده شده در نقاط پیرامونی و با اختصاص وزن بیشتر به نقاط نزدیک‌تر محاسبه شد. در این روش، توان تابع فاصله و ویژگی‌های همسایگی مورد استفاده در برآورد، بر نتایج درون‌یابی اثرگذار هستند. ازاین‌رو، تنظیمات مختلف پارامترهای روش IDW بررسی و عملکرد هر تنظیم با استفاده از اعتبارسنجی متقابل ارزیابی شد .

در نهایت، برای هر شاخص، نتایج حاصل از روش‌های IDW و کریجینگ با استفاده از معیار ریشه میانگین مربعات خطا (Root Mean Square Error, RMSE) مقایسه شدند و روشی که کمترین مقدار RMSE را در اعتبارسنجی متقابل نشان داد، به‌عنوان روش مناسب‌تر برای برآورد مکانی آن شاخص انتخاب شد.

به منظور ارزیابی عوامل مؤثر بر تغییرات شاخص مختلف بهره‌وری آب از معیارهای عملکرد پتانسیل، عملکرد واقعی، قیمت گندم، هزینه تولید واقعی و پتانسیل، آب مصرفی واقعی و نیاز آب آبیاری (تبخیر و تعرق منهای بارش موثر) انتخاب شدند.

برای تعیین اهمیت نسبی معیارهای مورد مطالعه، از روش وزن‌دهی عینی CRITIC (Criteria Importance Through Intercriteria Correlation) استفاده شد. این روش اهمیت هر معیار را بر اساس دو ویژگی اصلی، یعنی میزان تغییرپذیری داده‌ها و میزان همبستگی آن معیار با سایر معیارها تعیین می‌کند. معیارهایی که تغییرات بیشتری داشته و اطلاعات مستقل‌تری نسبت به سایر معیارها ارائه می‌کنند، وزن بالاتری دریافت می‌کنند. استفاده از روش CRITIC موجب حذف قضاوت ذهنی در تعیین وزن معیارها شده و اهمیت هر معیار را صرفاً بر اساس ساختار آماری داده‌ها مشخص می‌کند.

برای تعیین سهم نسبی هر یک از معیارها در تبیین تغییرات شاخص‌های بهره‌وری، از شاخص اهمیت متغیر در پیش‌بینی (Variable Importance in Projection; VIP) استفاده شد. این شاخص میزان مشارکت هر متغیر را در ساخت مؤلفه‌های مدل PLS و قدرت آن در توضیح تغییرات متغیر پاسخ، نشان می‌دهد. در این پژوهش، بر اساس شاخص VIP، متغیرهایی با مقدار بیش از یک به‌عنوان عوامل کلیدی و اثرگذار در تبیین تغییرات شاخص بهره‌وری شناخته می‌شوند، مقادیر بین ۰/۸ تا ۱ نشان‌دهنده اهمیت متوسط و مقادیر کمتر از ۰/۸ بیانگر نقش محدود آن متغیر در مدل هستند.

بررسی روابط بین معیارهای مورد مطالعه و شاخص‌های بهره‌وری آب، ضریب همبستگی پیرسون، بین تمامی متغیرها محاسبه شد. تمامی مراحل پردازش داده‌ها، استانداردسازی متغیرها، محاسبه وزن‌هایCRITIC، اجرای مدل رگرسیونPLS، محاسبه شاخص VIP و ترسیم نمودارها با استفاده از زبان برنامه‌نویسی Python انجام شد.

۳. یافته‌های پژوهش

ویرایش اولیه

۳–۱. یافته پژوهشی بهره‌وری آب در یک دهه (با و بدون احتساب اجاره زمین)

بهره‌وری آب گندم به روش فیزیکی، اقتصادی، نسبی فیزیکی، نسبی اقتصادی و شکاف اقتصادی در یک دهه (۱۴۰۱–۱۳۹۱) به شرح جدول زیر به‌دست آمد. میانگین این شاخص‌ها با احتساب اجاره زمین در این بازه زمانی به‌ترتیب ۰/۷۹ Kg/m^3، ۹۸۴۲ $Rial/m^3$، ۰/۴۷، ۰/۳۱ و ۲۱۹۵۶ $Rial/m^3$ و بهره‌وری اقتصادی، بهره‌وری نسبی اقتصادی و شکاف بهره‌وری اقتصادی آب گندم بدون احتساب اجاره زمین به‌ترتیب ۹۸۴۲ $Rial/m^3$، ۰/۳۷ و ۲۲۸۷۲ $Rial/m^3$ بودند.

جدول ۲– بهره‌وری آب گندم در یک دهه اخیر

سال	با احتساب اجاره زمین						بدون احتساب اجاره زمین		
	فیزیکی (kg/m^3)	اقتصادی ($Rial/m^3$)	نسبی فیزیکی بی‌بعد	نسبی اقتصادی بی‌بعد	شکاف اقتصادی ($Rial/m^3$)	اقتصادی ($Rial/m^3$)	نسبی اقتصادی بی‌بعد	شکاف اقتصادی ($Rial/m^3$)
۱۳۹۲–۱۳۹۱	۰/۷۹	۲۷۸۴	۰/۴۸	۰/۳۳	۵۷۰۵	۳۷۰۸	۰/۳۹	۵۸۸۴
۱۳۹۳–۱۳۹۲	۰/۷۷	۴۴۶۲	۰/۴۶	۰/۳۶	۷۸۲۹	۵۲۸۸	۰/۴	۷۹۸۵
۱۳۹۴–۱۳۹۳	۰/۸۰	۳۵۹۳	۰/۴۷	۰/۳۰	۸۴۵۵	۴۹۹۸	۰/۳۶	۸۷۵۴
۱۳۹۵–۱۳۹۴	۰/۸۴	۴۶۹۰	۰/۴۹	۰/۳۴	۸۹۴۶	۶۴۰۷	۰/۴۱	۹۳۷۲
۱۳۹۶–۱۳۹۵	۰/۸۳	۵۱۳۷	۰/۴۸	۰/۳۶	۸۹۶۰	۶۶۸۵	۰/۴۱	۹۴۴۲
۱۳۹۷–۱۳۹۶	۰/۹۵	۴۵۸۸	۰/۴۹	۰/۳۲	۹۶۰۲	۶۷۸۰	۰/۴	۱۰۲۶۶
۱۳۹۸–۱۳۹۷	۰/۹۹	۶۵۹۱	۰/۴۷	۰/۳۲	۱۴۲۸۳	۸۰۲۸	۰/۳۵	۱۴۷۱۴
۱۳۹۹–۱۳۹۸	۰/۸۰	۸۳۲۱	۰/۴۶	۰/۳۲	۱۷۸۲۷	۹۹۵۵	۰/۳۵	۱۸۳۸۵
۱۴۰۰–۱۳۹۹	۰/۶۷	۱۱۶۷۹	۰/۴۵	۰/۳۱	۲۵۹۷۰	۱۳۷۸۴	۰/۳۴	۲۶۶۷۵
۱۴۰۱–۱۴۰۰	۰/۶۹	۱۹۶۱۵	۰/۴۵	۰/۲۹	۴۸۳۶۹	۲۷۶۷۸	۰/۳۵	۵۰۵۶۶
۱۴۰۲–۱۴۰۱	۰/۷۰	۲۹۰۴۰	۰/۴۳	۰/۲۶	۸۲۴۲۶	۴۲۵۹۵	۰/۳۳	۸۶۱۸۹
میانگین	۰/۷۹	۹۸۴۲	۰/۴۷	۰/۳۱	۲۱۹۵۶	۱۳۲۱۳	۰/۳۷	۲۲۸۷۲

۳–۲. یافته پژوهشی بهره‌وری آب در یک دهه در استان‌ها

نتایج نشان داد که با احتساب اجاره زمین، استان‌های شرقی و مرکزی بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی کمتری داشتند. شاخص بهره‌وری نسبی اقتصادی و شکاف بهره‌وری آب کمتر تحت تاثیر هزینهٔ اجاره زمین قرار گرفتند (جدول ۳).

۳–۳. یافته پژوهشی بهره‌وری آب در یک دهه در شهرستان‌ها

برای تهیه نقشه بهره‌وری آب از روش درون‌یابی استفاده شد. نتایج ارزیابی روش‌های مختلف درون‌یابی نشان داد که دو روش وزن‌دهی معکوس فاصله (Inverse Distance Weighting - IDW) و کریجینگ (Kriging) دقت بالاتری نسبت به سایر روش‌ها داشتند. روش IDW بر این فرض استوار است که نقاط نزدیک‌تر تأثیر بیشتری بر مقدار تخمینی دارند، در حالی که روش کریجینگ علاوه بر فاصله، ساختار فضایی داده‌ها و همبستگی مکانی را نیز در نظر می‌گیرد (Yeboah, 2026). ارزیابی دقت روش‌ها با استفاده از شاخص ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) نشان داد که هر دو روش از دقت قابل قبولی برخوردار هستند؛ با این حال، به‌دلیل توانایی روش کریجینگ در لحاظ نمودن ساختار فضایی و همبستگی مکانی داده‌ها عملکرد بهتری نسبت به IDW داشت و در پژوهش حاضر روش کریجینگ به‌عنوان روش نهایی برای تهیه نقشه‌ها انتخاب شد. (جدول ۴).

ویرایش اولیه نشده

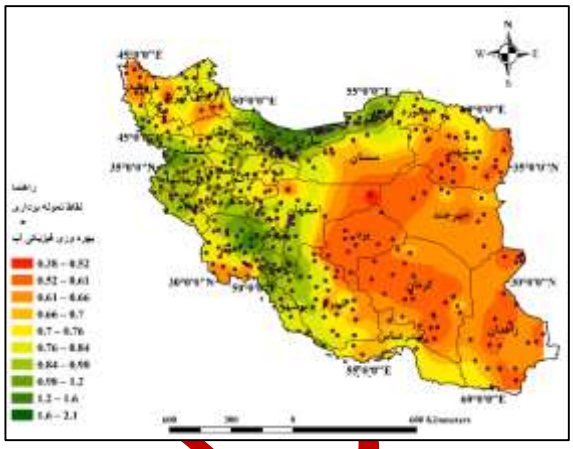
جدول ۳- بهره‌وری آب در استان‌های مختلف کشور با روش‌های مختلف

استان	با احتساب اجاره زمین					بدون احتساب اجاره زمین		
	فیزیکی (kg/m^3)	اقتصادی ($Rial/m^3$)	نسبی فیزیکی بی‌بعد	نسبی اقتصادی بی‌بعد	شکاف اقتصادی ($Rial/m^3$)	اقتصادی ($Rial/m^3$)	نسبی اقتصادی بی‌بعد	شکاف اقتصادی ($Rial/m^3$)
آذربایجان شرقی	۰/۷۰	۹۶۱۴	۰/۳۹	۰/۲۵	۲۸۱۰۳	۱۲۱۳۹	۰/۳۰	۲۸۸۲۶
آذربایجان غربی	۰/۶۹	۷۰۰۹	۰/۳۸	۰/۲۱	۲۶۸۱۰	۱۱۱۸۳	۰/۲۸	۲۸۲۲۳
اردبیل	۰/۷۳	۸۶۱۱	۰/۳۶	۰/۲۲	۳۰۱۵۲	۱۲۶۴۸	۰/۲۸	۳۲۰۶۰
اصفهان	۰/۷۷	۷۱۴۷	۰/۴۱	۰/۲۱	۲۶۲۶۳	۱۰۴۵۱	۰/۲۸	۲۷۴۶۲
البرز	۰/۹۷	۸۸۲۲	۰/۴۹	۰/۲۸	۲۲۳۲۹	۱۵۳۱۰	۰/۳۹	۲۴۳۹۹
ایلام	۰/۸۴	۸۶۸۲	۰/۴۶	۰/۲۶	۲۴۱۲۰	۱۳۲۳۸	۰/۳۴	۲۵۱۳۵
بوشهر	۰/۸۱	۹۴۶۱	۰/۴۶	۰/۲۷	۱۵۰۱۲	۱۳۱۰۳	۰/۳۴	۲۵۴۰۷
تهران	۰/۹۲	۶۹۳۲	۰/۵۱	۰/۲۵	۲۱۳۳۸	۱۳۱۲۸	۰/۳۷	۲۲۵۴۳
چهارمحال‌وبختیاری	۰/۸۶	۸۵۶۴	۰/۴۷	۰/۲۴	۲۷۴۵۱	۱۳۲۴۴	۰/۳۳	۲۷۳۳۹
خراسان جنوبی	۰/۶۳	۴۰۵۸	۰/۴۹	۰/۲۵	۱۷۸۳۷	۸۳۶۲	۰/۳۲	۱۷۹۸۵
خراسان رضوی	۰/۶۲	۵۳۳۵	۰/۴۰	۰/۱۹	۲۲۸۱۷	۷۴۴۱	۰/۲۴	۲۳۴۱۶
خراسان شمالی	۰/۷۲	۷۲۶۱	۰/۳۷	۰/۱۹	۳۰۹۰۰	۱۰۴۹۰	۰/۲۵	۳۱۶۵۹
خوزستان	۰/۷۶	۸۵۵۳	۰/۴۴	۰/۲۸	۲۱۹۳۳	۱۲۳۲۳	۰/۳۵	۲۳۳۶۵
زنجان	۰/۸۰	۹۴۴۶	۰/۴۴	۰/۲۹	۲۳۳۷۰	۱۳۰۰۶	۰/۳۵	۲۴۶۷۷
سمنان	۰/۶۷	۶۸۶۳	۰/۴۰	۰/۲۴	۲۲۳۰۷	۹۳۰۹	۰/۲۸	۲۳۶۰۱
سیستان و بلوچستان	۰/۵۹	۷۰۱۶	۰/۵۰	۰/۳۱	۱۵۷۷۵	۹۲۲۸	۰/۳۷	۱۵۹۵۰
فارس	۰/۷۲	۶۷۶۲	۰/۴۹	۰/۲۸	۱۷۱۹۲	۱۰۰۵۵	۰/۳۶	۱۸۱۷۰
قزوین	۰/۸۸	۷۵۸۳	۰/۴۲	۰/۲۱	۲۹۳۰۵	۱۲۶۲۴	۰/۲۹	۳۰۶۵۰
قم	۰/۷۳	۴۸۱۷	۰/۶۴	۰/۳۷	۸۰۷۸	۸۱۸۹	۰/۳۵	۱۵۲۵۹
کردستان	۰/۹۵	۹۱۷۷	۰/۴۸	۰/۲۵	۲۷۰۵۱	۱۴۸۴۷	۰/۳۵	۲۷۶۰۶
کرمان	۰/۵۷	۵۱۵۳	۰/۴۸	۰/۲۷	۱۴۱۷۳	۷۶۱۲	۰/۳۴	۱۴۹۰۴
کرمانشاه	۰/۸۲	۹۸۸۲	۰/۴۶	۰/۳۲	۲۰۹۵۲	۱۵۶۶۵	۰/۴۰	۲۳۵۸۸
کهگیلویه‌وبویراحمد	۱/۰۱	۱۳۶۱۶	۰/۴۱	۰/۲۶	۳۸۶۰۱	۱۸۱۴۴	۰/۳۳	۳۹۱۱۲
گلستان	۱/۰۳	۱۲۵۸۴	۰/۵۲	۰/۳۷	۲۱۴۳۵	۱۹۱۵۶	۰/۴۵	۲۳۵۰۰
لرستان	۰/۷۹	۷۵۵۲	۰/۴۶	۰/۲۳	۲۴۷۷۷	۱۲۲۷۲	۰/۳۳	۲۵۱۸۹
مازندران	۱/۳۸	۱۵۷۰۳	۰/۵۸	۰/۳۶	۲۷۳۹۶	۲۳۲۳۸	۰/۴۶	۲۷۳۸۱
مرکزی	۰/۷۲	۸۳۷۵	۰/۴۹	۰/۳۱	۱۸۹۹۲	۱۱۱۹۶	۰/۳۶	۱۹۵۰۷
هرمزگان	۰/۷۴	۸۰۲۳	۰/۴۷	۰/۲۹	۱۹۷۵۹	۱۱۱۱۰	۰/۳۵	۲۰۵۲۷
همدان	۰/۷۶	۸۰۰۹	۰/۴۷	۰/۳۰	۱۸۵۷۸	۱۱۶۸۸	۰/۳۷	۱۹۹۴۵
یزد	۰/۴۹	۳۱۸۳	۰/۴۴	۰/۱۸	۱۴۷۲۲	۴۹۵۸	۰/۲۵	۱۵۲۳۱
میانگین کل کشور	۰/۷۸	۷۹۵۹	۰/۴۵	۰/۲۶	۲۲۶۷۶	۱۱۸۰۹	۰/۳۳	۲۳۸۵۳

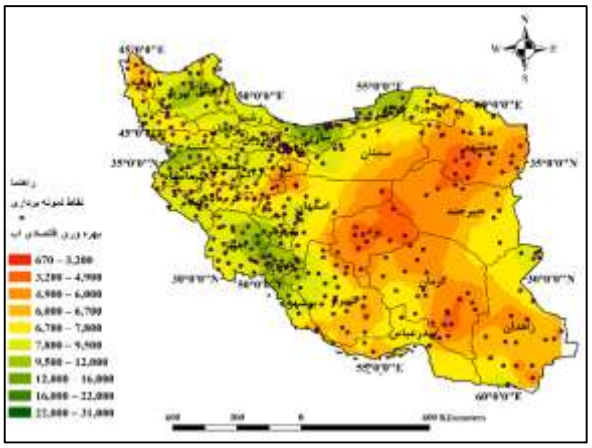
جدول ۴: مقایسه RMSE دو روش IDW و کریجینگ

روش	فیزیکی (kg/m^3)	اقتصادی ($Rial/m^3$)	فیزیکی نسبی (بی بعد)	اقتصادی نسبی (بی بعد)	شکاف اقتصادی ($Rial/m^3$)
IDW	**۰/۱۸۵**	**۴۶۹۱**	**۰/۰۶۱**	**۰/۰۹۹**	**۷۸۱۶**
کریجینگ	**۰/۱۸۱**	**۴۶۹۱**	**۰/۰۶۰**	**۰/۰۹۵**	**۷۶۱۰**

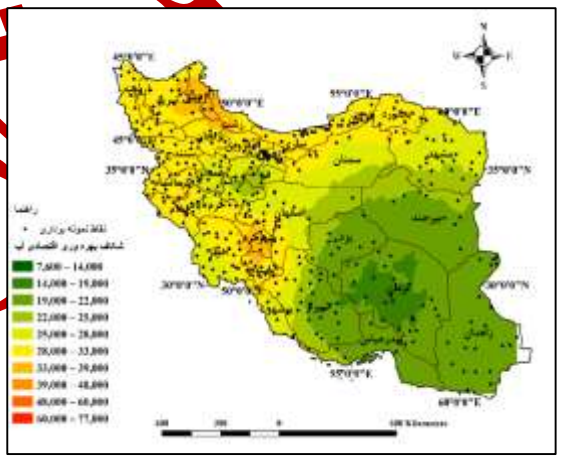
نتایج بهره‌وری آب با روابط بهره‌وری فیزیکی، اقتصادی، شکاف بهره‌وری اقتصادی، بهره‌وری نسبی فیزیکی و بهره‌وری نسبی اقتصادی آب گندم در سراسر کشور با و بدون احتساب اجاره زمین زراعی به‌ترتیب مطابق نقشه‌های شکل ۱ تا ۸ بدست آمد.



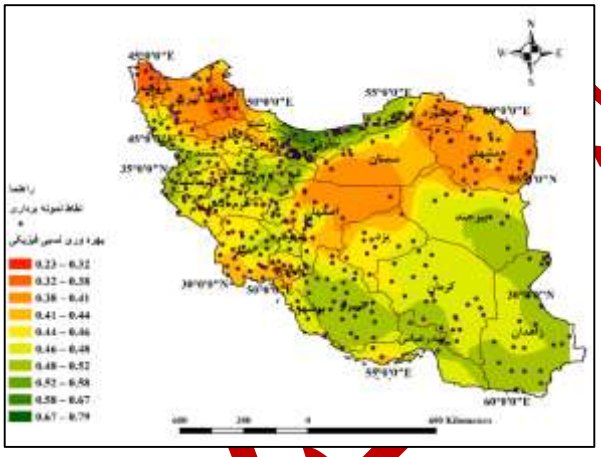
شکل ۱– نقشه بهره‌وری فیزیکی آب گندم کشور (۲/۱–۰/۳۸ کیلوگرم بر مترمکعب)



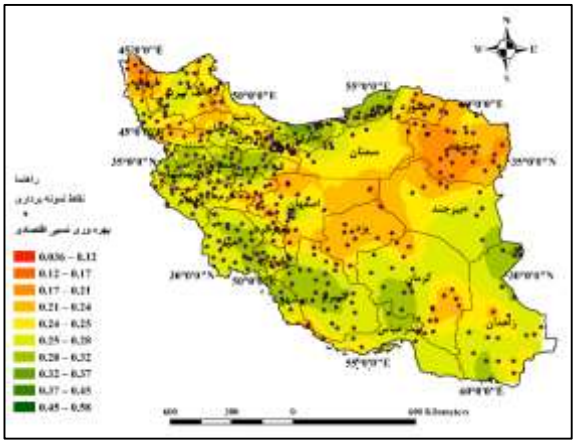
شکل ۲– نقشه بهره‌وری اقتصادی آب گندم کشور با احتساب اجاره زمین (۶۷۰–۳۰۶۷۴ ریال بر متر مکعب)



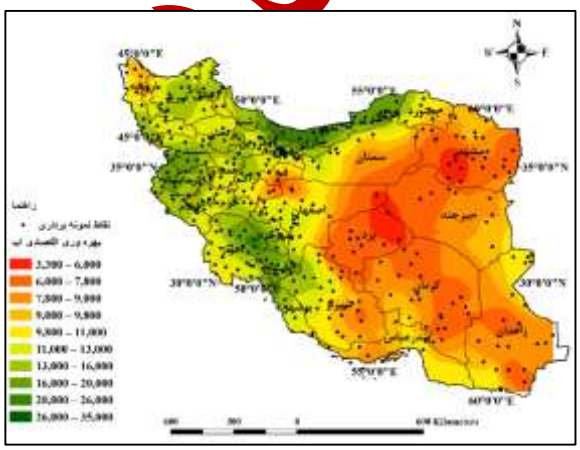
شکل ۳– نقشه شکاف بهره‌وری اقتصادی آب گندم کشور با احتساب اجاره زمین (۷۷۰۰۰–۷۶۳۲ ریال بر متر مکعب)



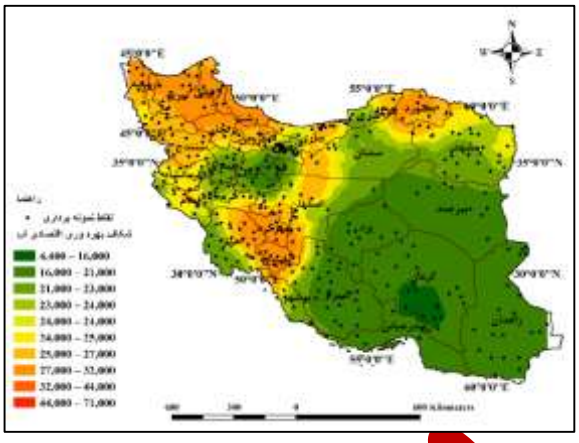
شکل ۴– نقشه بهره‌وری نسبی فیزیکی آب گندم کشور (۰/۷۹–۰/۲۳ بی‌بعد)



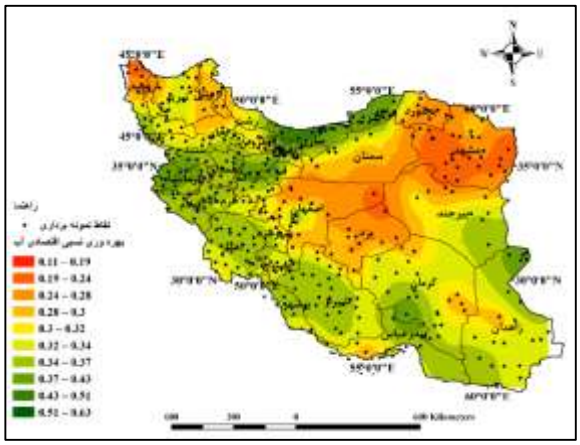
شکل ۵– نقشه بهره‌وری نسبی اقتصادی آب گندم کشور با احتساب اجاره زمین (۰/۵۸–۰/۰۴ بی‌بعد)



شکل ۶– نقشه بهره‌وری اقتصادی آب گندم کشور بدون احتساب اجاره زمین (۳۲۹۸–۳۴۵۶۲ ریال بر متر مکعب)



شکل ۷- نقشه شکاف بهره‌وری اقتصادی آب گندم کشور بدون احتساب اجاره زمین (۷۰۵۳۳-۴۴۱۲ ریال بر متر مکعب)



شکل ۸- نقشه بهره‌وری اقتصادی نسبی آب گندم کشور بدون احتساب اجاره زمین (۰/۶۳-۰/۱۱ بی‌بعد)

۴. بحث

۴-۱. بهره‌وری آب گندم در سال‌های متوالی

۴-۱-۱. تحلیل شاخص‌های مختلف بهره‌وری آب با احتساب اجاره زمین

بهره‌وری فیزیکی آب گندم، در سه سال ابتدایی (۱۳۹۴-۱۳۹۱) و سه سال انتهایی (۱۴۰۲-۱۳۹۹) دهه مورد بررسی، روند کاهشی داشت (جدول ۲). داده‌های عملکرد، مقدار بارش و حجم آب آبیاری گندم نشان داد که کاهش بهره‌وری فیزیکی آب در سه سال اول به‌علت کاهش عملکرد ناشی از مدیریت‌های به‌زراعی مثل پایین بودن راندمان آب آبیاری (۷درصد کمتر از میانگین بازه زمانی مورد بررسی با VIP=۱/۱۵) و به‌نژادی مثل ارقام با عملکرد پایین (حدود یک تن کمتر از میانگین بازه زمانی مورد بررسی با VIP=۱/۲) پایین بود اما کاهش بارش و افزایش نیاز آب آبیاری عامل اصلی کاهش بهره‌وری فیزیکی آب در سه سال آخر بود (VIP=۱/۲۲). مطابق داده‌های آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی، سطح زیرکشت گندم هم در بین سال‌های ۱۳۹۱-۱۳۹۴ و هم در بین سال‌های ۱۴۰۲-۱۳۹۹ بیشترین مقدار (بیش از ۲/۳۵ میلیون هکتار) و در سال‌های دیگر کمتر از ۲ میلیون هکتار بود و نشان داد که افزایش سطح زیرکشت هم از طریق کاهش عملکرد در واحد سطح و هم افزایش حجم آب آبیاری، سبب کاهش بهره‌وری فیزیکی آب گندم در سطح کشور می‌شود (آمارنامه جهاد کشاورزی ۱۳۹۱-۱۴۰۲).

هر چند گندم در سراسر کشور بین سال‌های ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۸ بهره‌وری فیزیکی بالایی داشت اما به‌طور قطع نمی‌توان گفت این مقدار بهره‌وری آب در گندم مطلوب است چراکه در استفاده از این شاخص سقف مشخصی از بهره‌وری آب تعیین نشده است تا بر آن مبنا بتوان تحلیل نمود که آیا بالا بودن بهره‌وری فیزیکی آب در این سال‌ها دلیل بر مطلوب بودن آن هم است یا خیر. به‌عبارت دیگر آیا بالاترین بهره‌وری فیزیکی آب گندم در سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۷ (۰/۹۹ کیلوگرم بر مترمکعب) مطلوب هم هست یا در مقایسه با سایر سال‌های زراعی فقط مقدار بالاتری دارد؟ این از معایب این شاخص است که کارشناس را در تحلیل و ارائه نقشه راه مدیریت آب در مزارع گندم، با عدم دقت همراه می‌کند.

بهره‌وری اقتصادی آب گندم رابطه مستقیم با تورم داشت و متناسب با افزایش قیمت گندم (از ۸۰۰۰ ریال در سال زراعی ۱۳۹۱-۱۳۹۲ به ۱۱۵۰۰۰ ریال در سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۱) و افزایش هزینه کاشت تا برداشت، مقدار آن‌هم افزایش یافت بنابراین مطابق انتظار بهره‌وری اقتصادی آب گندم در سال زراعی ۱۳۹۲-۱۳۹۱ پایین‌ترین (۲۷۸۴ ریال بر مترمکعب) و سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ بالاترین مقدار (۲۹۰۴۰ ریال بر مترمکعب) مقدار را دارا بود و بر مبنای سال زراعی ۱۳۹۲-۱۳۹۱ مقدار بهره‌وری اقتصادی آب گندم تا سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۱، ۹۴۳ درصد افزایش یافت و نشان داد که به‌دلیل وابستگی مستقیم بهره‌وری اقتصادی آب به تورم، نمی‌توان ارزیابی صحیحی از تحلیل بهره‌وری اقتصادی آب گندم ارائه داد و دریافت که آیا واقعا بهره‌وری اقتصادی آب، گندم در سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ بیش از ۹ برابر سال زراعی ۱۳۹۲-۱۳۹۱ بوده است؟ بنابراین مقایسه بهره‌وری آب در سال‌های زراعی مختلف با شاخص بهره‌وری اقتصادی آب، گویای تفاوت واقعی نیست و نمی‌توان تحلیل صحیحی بر اساس این شاخص

ویرایش شده

ارائه نمود. این یکی از معایب این شاخص است که در این مقوله دریافت گردید.

شکاف بهره‌وری اقتصادی آب گندم مطابق تعریف، اختلاف بهره‌وری اقتصادی آب در شرایط بهره‌بردار و شرایط پتانسیل است. هر چه مقدار اختلاف کمتر باشد نشان دهنده این است که بهره‌وری آب در شرایط بهره‌بردار به پتانسیل (بهره‌وری آب بالقوه) نزدیک‌تر شده و در نتیجه بهره‌وری آب بالاتر است. اما شاخص شکاف بهره‌وری اقتصادی آب مانند شاخص بهره‌وری اقتصادی، رابطه مستقیم با تورم ناشی از افزایش قیمت گندم و سایر هزینه‌ها، داشت. بهره‌وری آب در گندم نمی‌تواند صرفا با افزایش قیمت آن افزایش یابد. بنابراین با این شاخص هم نمی‌توان بهره‌وری آب در گندم در سال‌های زراعی متوالی را با هم مقایسه و تحلیل نمود و فقط می‌توان برای یک سال زراعی یا یک مکان با تورم یکسان مورد استفاده قرار داد.

دامنه شاخص بهره‌وری نسبی فیزیکی آب در گندم در دهه مورد بررسی، بین ۰/۴۳ در سال زراعی ۱۴۰۲–۱۴۰۱ تا ۰/۴۹ در سال زراعی ۱۳۹۵–۱۳۹۴ متغیر بود. شاخص بهره‌وری نسبی فیزیکی بیانگر نسبت بهره‌وری فیزیکی آب گندم در شرایط بهره‌بردار به توان بالقوهٔ بهره‌وری فیزیکی آب مزارع گندم است. نتایج در دهه مورد بررسی نشان داد که مقدار بهره‌وری نسبی فیزیکی آب کمتر از ۰/۵ (۵۰ درصد) است یعنی بیش از ۵۰ درصد از توان بالقوه بهره‌وری آب در مزارع گندم در اثر عدم توجه به مدیریت‌های مختلف به‌زراعی یا به‌نژادی، برنامه‌ریزی آب آبیاری، حاصلخیزی خاک، تناسب اراضی و اقلیم و غیره تامین نمی‌شود که با اصلاح و مدیریت صحیح هر یک از موارد ذکر شده قابل دستیابی می‌باشد. عدم توجه به اقتصاد کشاورزی گندم در سال‌های مختلف، از معایب اصلی این شاخص بود که با توجه به هزینه‌های مختلف کاشت گندم در مناطق مختلف، مخصوصا هزینه اجاره زمین، تحلیل واقعی از اینکه آیا در مناطق مختلف کشور اقتصاد نقشی در بهره‌وری آب گندم دارد یا خیر قابل ارائه نبود.

با ورود درآمد و هزینه از کاشت تا برداشت و اجاره زمین به شاخص بهره‌وری نسبی فیزیکی، شاخص دیگری به‌نام شاخص بهره‌وری نسبی اقتصادی آب مطرح شد که به‌دلیل اعمال هزینه تمام شده (کم کردن هزینه از مقدار درآمد)، مقدار آن همواره کمتر از مقدار بهره‌وری نسبی فیزیکی آب در گندم بود. با توجه به متغیر بودن هزینه و اجاره زمین در مناطق مختلف کشور، دامنه نوسانات آن بیشتر از شاخص بهره‌وری فیزیکی نسبی و بین ۰/۲۶ تا ۰/۳۶ بود. این شاخص بر خلاف شاخص شکاف بهره‌وری اقتصادی و بهره‌وری اقتصادی آب تحت تاثیر تورم قرار نگرفت و علی‌رغم افزایش قیمت گندم و هزینه و اجاره زمین در سال زراعی ۱۴۰۲–۱۴۰۱ مقدار شاخص بهره‌وری نسبی اقتصادی کمترین مقدار (۰/۲۶) را در بین سال‌های مورد بررسی داشت. بررسی روند زمانی متغیرها نشان داد که هزینه واقعی تولید از حدود ۱۶/۹۶ میلیون ریال در سال زراعی ۱۳۹۱–۱۳۹۲ به بیش از ۲۸۶/۷۵ میلیون ریال در سال ۱۴۰۱–۱۴۰۲ افزایش یافته است که بیانگر رشد بسیار شدید هزینه‌های تولید در طول دوره مطالعه بود. اگرچه قیمت خرید تضمینی گندم نیز از ۸۰۰۰ به ۱۱۵۰۰۰ ریال بر کیلوگرم افزایش یافته است، اما نتایج تحلیل *PLS* نشان داد که این افزایش عمدتاً نقش جبرانی داشته و نتوانسته است رشد سریع هزینه‌های تولید را به طور کامل خنثی کند. در نتیجه، افزایش هزینه‌های تولید به عنوان مهم‌ترین عامل کاهش شاخص اقتصادی نسبی شناسایی شد.

از سوی دیگر، عملکرد پتانسیل طی دوره مطالعه تغییرات نسبتاً محدودی داشت و در محدوده ۶۶۷۰ تا ۷۰۷۸ کیلوگرم در هکتار باقی ماند. بنابراین، اگرچه این معیار از نظر اطلاعاتی دارای وزن بالایی بود، اما تأثیر آن بر تغییرات شاخص اقتصادی نسبی کمتر از هزینه‌های تولید و قیمت گندم ارزیابی شد. همچنین، عملکرد واقعی در مقایسه با سایر معیارها نوسان محدودی داشت و به همین دلیل سهم اندکی در توضیح تغییرات شاخص اقتصادی نسبی نشان داد.

به طور کلی، نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که کاهش شاخص نسبی اقتصادی در سال‌های پایانی دوره مطالعه عمدتاً ناشی از افزایش شدید هزینه‌های تولید بوده است. هرچند افزایش قیمت خرید تضمینی گندم بخشی از فشار اقتصادی وارد بر تولیدکنندگان را جبران کرده است، اما این افزایش متناسب با رشد هزینه نهاده‌ها و هزینه‌های تولید نبوده و در نتیجه شاخص بهره‌وری نسبی اقتصادی روندی کاهشی را تجربه کرده است. این یافته بیانگر آن است که بهبود پایداری اقتصادی تولید گندم تنها از طریق افزایش قیمت خرید تضمینی امکان‌پذیر نیست و کنترل هزینه‌های تولید، ارتقای بهره‌وری نهاده‌ها و کاهش شکاف بین هزینه و درآمد، نقش تعیین‌کننده‌ای در بهبود وضعیت اقتصادی تولیدکنندگان خواهد داشت.

ویرایش اولیه

۴-۱-۲. تحلیل شاخص‌های مختلف بهره‌وری آب بدون احتساب اجاره زمین

معمولا زمین کشاورزی برای یکسال زراعی اجاره می‌شود و علاوه بر گندم ممکن است کشت دوم هم انجام شود به همین منظور ممکن است احتساب اجاره زمین در برآورد بهره‌وری آب اشکال ایجاد نماید و برای استخراج بهره‌وری آب واقعی گندم، شاخص‌های مختلف بهره‌وری آب بدون احتساب اجاره زمین هم برآورد و تحلیل گردید. بدیهی است به‌دلیل لحاظ نشدن درآمد حاصل از کشت گندم و هزینه‌های مرتبط با آن، تغییری در مقدار شاخص‌های بهره‌وری فیزیکی و بهره‌وری نسبی فیزیکی آب، حاصل نشد. اما شاخص‌های بهره‌وری اقتصادی، شکاف بهره‌وری اقتصادی و بهره‌وری نسبی اقتصادی آب از کاهش هزینه اجاره زمین تاثیر پذیرفتند.

با حذف اجاره زمین کشاورزی از هزینه‌های تمام شده کشت گندم، مقدار شاخص بهره‌وری اقتصادی افزایش یافت اما تاثیر تورم ناشی از افزایش قیمت گندم و سایر هزینه‌های کاشت تا برداشت، سبب شد که اولین سال زراعی مورد بررسی (۱۳۹۲-۱۳۹۱) کمترین بهره‌وری آب (۳۷۰۸ ریال بر مترمکعب) و آخرین سال زراعی (۱۴۰۲-۱۴۰۱) بیشترین بهره‌وری آب (۴۲۵۹۵ ریال بر مترمکعب) را داشته باشند. مقدار شکاف بهره‌وری اقتصادی آب هم تحت تاثیر تورم نتیجه مشابهی ارائه نمود با این تفاوت که اولین سال زراعی مورد بررسی دارای بهره‌وری آب بهتر (شکاف کمتر) و آخرین سال زراعی بدترین بهره‌وری آب (شکاف بیشتر) را نتیجه داد (نتیجه عکس). بنابراین این دو شاخص برای مقایسه و ارزیابی بهره‌وری آب در سال‌های متوالی مناسب نیستند.

با توجه به متغیر بودن سهم اجاره زمین نسبت به کل هزینه‌های جاری سالیانه در طول دهه مورد بررسی، حذف اجاره زمین سبب شد شاخص بهره‌وری نسبی اقتصادی آب به‌طور میانگین ۶ درصد افزایش بیشتری پیدا نماید و در سال‌های با سهم اجاره بالا این مقدار بیشتر بود.

۴-۲. بهره‌وری آب گندم در استان‌ها

۴-۲-۱. تحلیل شاخص‌های مختلف بهره‌وری آب با احتساب اجاره زمین

بررسی بهره‌وری آب در گندم در استان‌های کشور نشان داد که در استان‌های دارای اقلیم خشک و یا فراخشک مانند سیستان و بلوچستان، کرمان و یزد، به‌دلیل افزایش نیاز آب آبیاری (تبخیر و تعرق منهای بارش موثر) و در نتیجه افزایش حجم آب آبیاری، بهره‌وری فیزیکی گندم در آنها کمتر از ۰/۶ کیلوگرم بر متر مکعب و در استان‌های نظیر کهکیلویه و بویراحمد، گلستان و مازندران به‌دلیل بارش زیاد و کاهش حجم آب آبیاری از ۱ کیلوگرم بر متر مکعب عبور کرد. بنابراین بارش، با توجه به تقارن آن با فصل کشت گندم، بیشترین نقش در بهره‌وری فیزیکی آب گندم ایفا نمود و استان‌هایی که بارش بیشتری داشتند و عملکرد گندم در آنها نزدیک به میانگین عملکرد تولید گندم در کشور بود بیشترین بهره‌وری فیزیکی را دارا بودند (جدول ۳).

هزینه بالا در برخی استان‌ها سبب شد که نتایج شاخص بهره‌وری اقتصادی در استان‌های با بهره‌وری اقتصادی پایین‌تر، متفاوت‌تر از شاخص بهره‌وری فیزیکی باشد. در استان‌های خراسان رضوی، قم، کرمان و یزد، علاوه بر بالا بودن حجم آب آبیاری، هزینه جاری کشت و اجاره زمین در طول یک دهه مورد بررسی، به‌ترتیب ۸۰، ۹۴، ۸۰ و ۸۷ میلیون ریال در هکتار[1] بود و باعث شد که بهره‌برداران در این ۴ استان کمترین بهره‌وری اقتصادی آب را داشته باشند. استان‌های دارای بهره‌وری فیزیکی بالا، بهره‌وری اقتصادی بالایی هم داشتند و نشان داد که بارش باران می‌تواند موثرتر از هزینه‌های جاری و ثابت باشد و بهره‌وری اقتصادی را افزایش دهد (جدول ۳).

شکاف بهره‌وری اقتصادی آب (GWP_e) در استان‌های کهکیلویه و بویراحمد، خراسان شمالی و اردبیل در پایین‌ترین حد (شکاف بهره‌وری بیشتر) و در استان‌های کرمان، قم و یزد در بالاترین حد (شکاف بهره‌وری کمتر) قرار داشتند (جدول ۳).

در بررسی بهره‌وری نسبی فیزیکی آب در استان‌های کشور، چهار استان آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، اردبیل و خراسان شمالی به‌ترتیب با ۰/۳۹، ۰/۳۸، ۰/۳۶ و ۰/۳۷ کمترین بهره‌وری آب را داشتند. علی‌رغم بالا بودن میانگین بارش اما توان تولید بالا اراضی کشاورزی این استان‌ها از یک طرف و پایین بودن عملکرد در واحد سطح توسط کشاورزان عامل اصلی این کاهش

۱- اعداد گرد شده‌اند

بهره‌وری آب بود. تفاوت زیاد در نیاز آب آبیاری و حجم آب آبیاری نشان داد که پایین بودن راندمان کاربرد آب آبیاری عامل اصلی در کاهش عملکرد برداشت شده توسط بهره‌برداران می‌باشد. استان‌های مازندران، قم، گلستان و تهران بالاترین بهره‌وری نسبی فیزیکی در بین ۳۰ استان کشور دارا بودند. استان مازندران و گلستان به‌دلیل بارش زیاد و در نتیجه کاهش حجم آب آبیاری و استان قم به‌دلیل مدیریت مناسب‌تر به‌زراعی مثل برنامه‌ریزی آبیاری و مدیریت تغذیه و حاصلخیزی بهینه گندم (کوددهی) مقدار عملکرد در واحد سطح بالا (۳۹۰۰کیلوگرم در هکتار) و نزدیک شدن عملکرد به توان تولید اراضی این مناطق (۵۹۵۲ کیلوگرم در هکتار) دارای بهره‌وری نسبی فیزیکی آب بالایی بودند (جدول ۳).

بهره‌وری نسبی اقتصادی آب گندم به‌دلیل ورود هزینه ثابت و جاری کشت گندم در محاسبات بهروری (رابطه ۶)، کمتر از شاخص بهره‌وری نسبی فیزیکی آب بدست آمد. بهره‌وری نسبی اقتصادی آب در استان‌های خراسان رضوی، خراسان شمالی و یزد کمتر از ۰/۲ (۲۰ درصد) بودند به این معنی که بهره‌وری اقتصادی آب حاصل شده توسط بهره‌بردار کمتر از ۲۰ درصد از بهره‌وری اقتصادی بالقوه گندمزارهای این سه استان بوده است. تفاوت نیاز آب آبیاری و حجم آب آبیاری در استان خراسان رضوی نشان داد که علی‌رغم بالابودن عملکرد، راندمان کاربرد آب آبیاری در این استان پایین بوده و همراه با افزایش هزینه جاری کاشت گندم سبب کاهش بهره‌وری نسبی اقتصادی گندم شده است اما در استان خراسان شمالی کاهش عملکرد در واحد سطح (۳۴۵۹ کیلوگرم در هکتار) نسبت به توان تولید بالقوه گندم (۷۵۴۵ کیلوگرم در هکتار) عامل پایین بودن بهره‌وری نسبی اقتصادی آب در گندم بوده است که ناشی از عدم مدیریت صحیح تغذیه و حاصلخیزی یا عدم رعایت تاریخ کاشت و زمان و نحوه برداشت گندم می‌باشد. در استان یزد افزایش حجم آب آبیاری (۷۱۳۷ مترمکعب در هکتار)، کاهش عملکرد در واحد سطح (۳۵۳۱ کیلوگرم در هکتار)، افزایش هزینه (۸۷۰۰۰۰۰۰ ریال) و افزایش نیاز آب آبیاری (افزایش تبخیر و تعرق و کاهش بارش) سبب شد که پایین‌ترین شاخص بهره‌وری نسبی اقتصادی را در بین همه استان‌ها داشته باشد. در صورت تداوم کاشت گندم در این استان، توجه ویژه به راندمان کاربرد آب آبیاری، کیفیت خاک، مدیریت حاصلخیزی و تناسب اراضی ضروری می‌باشد. استان‌های مازندران و گلستان به دلیل بارش زیاد و تبخیر و تعرق کمتر، بیشترین بهره‌وری نسبی اقتصادی آب را دارا بودند. با توجه به توان تولید بالقوه اراضی پایین این دو استان (حدود ۶۲۰۰کیلوگرم در هکتار)، معرفی ارقام با توان تولید بالا در این دو استان قابل توصیه است (جدول ۳).

هر چند مطابق شاخص بهره‌وری نسبی اقتصادی آب (KWP_e) نسبت بهره‌وری اقتصادی آب در شرایط واقعی (WPE_a) و پتانسیل (WPE_p) و شکاف بهره‌وری اقتصادی آب (GWP_e) اختلاف بین آنها تعریف می‌شود (WPE_p-WPE_a)، اما اگر نسبت WPE_a به WPE_p کمتر باشد الزاما اختلاف آنها بیشتر نخواهد بود بلکه بستگی به مقدار WPE_a و WPE_p دارد. به‌عنوان مثال اگر KWP_e برابر ۰/۲۵ باشد ممکن است این عدد حاصل نسبت عدد ۱ به ۴ یا ۲ به ۸ باشد و حاصل اختلاف آنها (به‌ترتیب ۳ و ۶) الزاما برابر نیست. به همین نگاه، در استان‌هایی که شاخص بهره‌وری نسبی اقتصادی آب، بهره‌وری آب را بالا توصیف می‌کند الزاما شاخص شکاف بهره‌وری اقتصادی آب چنینی نتیجه‌ای را ارائه نمی‌دهد. بر این اساس در استان‌های یزد، کرمان و قم با حداقل و استان کهکیلویه و بویراحمد با حداکثر شکاف بهره‌وری اقتصادی آب بر اساس داده‌های واقعی و همچنین شکاف بهره‌وری نسبی اقتصادی آب گندم در این استان‌ها در جدول ۵ ذکر گردیده است.

میانگین قیمت تضمینی گندم در یک دهه ۳۰۹۸۰ ریال برآورد گردید. در استان‌های یزد شاخص KWP_e بهره‌وری آب گندم را نسبت به سایر استان‌ها کم، اما شاخص GWP_e بالا معرفی نمود (شکاف کمتر بهره‌وری آب بیشتر). علت این نتیجه به مقدار WPE_a و WPE_p برمی‌گردد. هر چند مقدار WPE_a به‌دلیل بالا بودن آب مصرفی و پایین بودن عملکرد واقعی، کم اما به‌دلیل کاهش بارش، مقدار WPE_p نیز نسبت به سایر استان‌ها پایین بود در نتیجه مقدار GWP_e کم (رابطه ۳) و بهره‌وری آب در این استان بر اساس این شاخص بالا بود (هر چه شکاف بهره‌وری آب کمتر باشد بهره‌وری آب بالاتر است)، استان‌های کرمان و قم دارای شرایط مشابه استان یزد بودند با این تفاوت که مقدار شاخص KWP_e در آنها حداقل نبود. اما در استان کهکیلویه و بویراحمد علی‌رغم پایین بودن GWP_e اما مقدار شاخص KWP_e و WPE_a بالا بود . این نتایج نشان داد که در برآورد بهره‌وری آب گندم، شاخص‌های مختلف نتایج مختلفی ارائه می‌دهند بنابراین در محاسبه بهره‌وری آب، استفاده از شاخص بهره‌وری مناسب اهمیت ویژه‌ای دارد.

ویرایش اولیه

جدول ۵- چهار استان با حداقل و حداکثر شکاف بهره‌وری اقتصادی آب

استان	عملکرد پتانسیل (Kg/ha)	عملکرد واقعی(Kg/ha)	هزینه واقعی (Rial/ha)	آب مصرفی واقعی (m^3/ha)	هزینه پتانسیل (Rial/ha)	نیاز آب آبیاری (m^3/ha)	WPE_a (Rial/m^3)	WPE_p (Rial/m^3)	KWP_e بی‌بعد	GWP_e (Rial/m^3)
یزد	۶۲۷۸	۳۵۳۱	۸۶۶۸۴۲۴۲	۷۱۳۷	۹۵۱۹۳۷۵۵	۵۵۴۶	۳۱۸۳	۱۷۹۰۴	۰/۱۸	۱۴۷۲۲
کرمان	۵۸۰۱	۳۶۰۶	۷۹۳۱۵۶۰۹	۶۲۸۲	۸۶۱۱۹۴۵۲	۴۸۴۳	۵۱۵۳	۱۹۳۲۶	۰/۲۷	۱۴۱۷۳
قم	۵۹۵۲	۳۸۶۲	۹۴۲۸۴۰۲۲	۵۲۶۲	۱۰۰۷۶۰۲۹۷	۴۳۲۴	۴۸۱۷	۱۹۳۴۴	۰/۲۵	۱۴۵۲۷
کهگیلویه و ویر احمد	۷۱۳۱	۳۲۶۱	۵۶۹۴۱۲۰۱	۳۲۳۹	۶۸۹۲۹۰۷۸	۲۹۱۱	۱۳۶۱۶	۵۲۲۱۷	۰/۲۶	۳۸۶۰۱

۴-۲-۲. تحلیل شاخص‌های مختلف بهره‌وری آب بدون احتساب اجاره زمین

هزینه اجاره زمین زراعی مانند اطلاعات بازرگانی و تجارت و سیاست‌گذاری جدا از بهره‌وری آب است. بهره‌وری آب اثرات متقابل کلیه عوامل موثر بر تولید محصول از جمله آب آبیاری (کمیت و کیفیت)، خاک مزرعه (کمیت و کیفیت)، نوع گیاه زراعی (فیزیولوژی)، اقلیم منطقه، مدیریت به‌زراعی و به‌نژادی، هزینه از زمان کاشت تا برداشت و درآمد حاصل از فروش محصول است (جعفری و عباسی، ۱۴۰۲). برآورد بهره‌وری آب در یک گیاه زراعی یا باغی، هزینه اجاره زمین، هزینه ایاب و ذهاب، قابلیت فروش محصول و غیره لایه‌های دیگر تصمیم گیری در کشت یا عدم کشت آنها در یک منطقه محسوب می‌شود. از طرفی اجاره زمین معمولا برای یک سال زراعی است و ممکن است علاوه بر گندم، گیاه زراعی دیگر نیز بعد از برداشت کشت شود که استخراج سهم اجاره برای گندم امری ناممکن است. بر این اساس بهره‌وری آب گندم در سطح استان‌های کشور بدون احتساب اجاره زمین زراعی هم محاسبه گردید.

با حذف اجاره زمین زراعی از لیست هزینه‌ها، هر سه شاخص بهره‌وری اقتصادی، شکاف بهره‌وری اقتصادی و بهره‌وری نسبی اقتصادی آب افزایش یافتند. به‌طور میانگین مصرف آب بیش از ۶۳۰۰ مترمکعب در هکتار سبب شد که بهره‌وری اقتصاد آب گندم در استان‌های یزد، خراسان رضوی و کرمان کمتر از ۸۰۰۰ ریال بر مترمکعب شود. اما استان‌های مازندران، گلستان و کهکیلویه و بویراحمد به‌دلیل بارش زیاد و کاهش آب آبیاری مورد نیاز بیشترین بهره‌وری اقتصادی آب (بیش از ۱۸۰۰۰ ریال بر متر مکعب) را دارا بودند. نتایج تقریبا مشابهٔ بهره‌وری اقتصادی آب با و بدون اجاره زمین نشان داد که حجم آب آبیاری نقش بیشتری نسبت به هزینه اجاره زمین در مقدار بهره‌وری اقتصادی آب گندم دارد (جدول ۳).

شاخص شکاف بهره‌وری اقتصادی آب در شرایطی که اجاره زمین در نظر گرفته نشود نتایج مشابهی با در نظر گرفتن اجاره زمین ارائه داد. استان‌های اردبیل، خراسان شمالی و کهکیلویه و بویراحمد بیشترین و استان‌های کرمان، یزد و قم کمترین شکاف بهره‌وری اقتصادی آب را نشان داد این در حالی است که هیچ یک از شاخص‌های دیگر بهره‌وری آب چنین نتایجی را در بر نداشتند.

در مقایسه شاخص بهره‌وری نسبی اقتصادی آب استان‌ها بدون احتساب اجاره زمین، نتایجی مشابه بهره‌وری نسبی اقتصادی آب در شرایط لحاظ شدن اجاره زمین داشت و استان‌های خراسان رضوی، خراسان شمالی و یزد کمترین (کمتر از ۰/۲۵) و استان‌های مازندران، گلستان و کهکیلویه و بویراحمد بیشترین (بیش از ۰/۴) بهره‌وری آب را داشتند و نشان داد که شاخص بهره‌وری نسبی اقتصادی تحت تاثیر هزینه قرار نگرفت. این نتیجه با نتایج مطالعات جعفری و عباسی سال ۱۴۰۲ مطابقت داشت. در این مطالعه با بررسی آنالیز حساسیت اجزای رابطه بهره‌وری نسبی اقتصادی آب (رابطه ۶)، دریافتند که حساسیت این شاخص نسبت به هزینه تمام شده ۶ درصد اما نسبت به حجم آب آبیاری ۲۴ درصد است.

۴-۳. بهره‌وری آب گندم در شهرستان‌ها

۴-۳-۱. تحلیل شاخص‌های مختلف بهره‌وری آب با احتساب اجاره زمین

میانگین بهره‌وری فیزیکی آب گندم در یک دهه (۱۴۰۱-۱۳۹۱) نشان داد که بهره‌وری فیزیکی آب شهرهایی که حجم آب آبیاری

ویرایشاری نشده

ناشی از مدیریت آبیاری و راندمان کاربرد آب آبیاری بیشتری داشتند کمتر از ۰/۶ کیلوگرم بازای هر متر مکعب حجم آب آبیاری بود. جنوب غرب استان خراسان رضوی، شهر بیرجند، استان سیستان و بلوچستان (زابل، میرجاوه، تفتان، ایرانشهر، راسک، قصرقند و گلشن)، شرق و شمال غرب استان اصفهان، کل استان یزد، مرکز و شمال غرب استان کرمان، جنوب و شرق استان خوزستان (بندر ماهشهر و آبادان)، شمال استان آذربایجان غربی (چالدران)، جنوب شرقی استان آذربایجان شرقی (خلخال و میانه) و دلیجان و محلات در استان مرکزی جزء شهرهایی هستند که در این دامنه از شاخص بهره‌وری فیزیکی آب قرار گرفتند. در مقابل در استان‌های مازندران، گلستان، کردستان، کرمانشاه، ایلام، چهارمحال و بختیاری، شرق استان خوزستان، غرب استان فارس و جنوب غرب استان اصفهان (سمیرم) بهره‌وری فیزیکی آب بالای ۱ کیلوگرم بر متر مکعب بود. بارش زیاد مهمترین عامل بالا بودن شاخص بهره‌وری فیزیکی در این نواحی بودند. شاخص بهره‌وری اقتصادی آب هم نتایجی مشابه شاخص بهره‌وری فیزیکی داشت.

نتایج شکاف بهره‌وری اقتصادی آب (شکل ۴)، خلاف نتایج نقشه بهره‌وری اقتصادی آب (شکل ۳) بود یعنی شهرهایی که بهره‌وری اقتصادی آب در آنها پایین بود دارای شکاف بهره‌وری اقتصادی بالایی بودند و بالعکس. این نشان داد که در شهرهایی که بهره‌وری اقتصادی آب در شرایط واقعی (رابطه ۲) پایین است بهره‌وری اقتصادی آب در شرایط استاندارد هم پایین بود. پایین بودن هر دو شاخص سبب شد که اختلاف آنها (شکاف بهره‌وری آب) پایین و در نتیجه شکاف بهره‌وری اقتصادی آب، بهره‌وری آب را مناسب ارزیابی نماید.

زمانی‌که مکان (سراسر کشور) و زمان (یک دهه) بهره‌وری آب یک محصول مد نظر است، روابطی که در آن از نسبت بهره‌وری واقعی به بهره‌وری پتانسیل (رابطه ۵) استفاده می‌شود، از روابطی که اختلاف بهره‌وری پتانسیل و بهره‌وری واقعی را مبنای محاسبه بهره‌وری آب قرار می‌دهند (رابطه ۳) ارزیابی مناسب‌تری ارائه می‌دهند (جعفری و عباسی، ۱۴۰۲). اما عدم استفاده از هزینه و درآمد در بررسی یک دهه بهره‌وری آب گندم در سراسر کشور، آن‌هم با تغییر زیاد هزینه و درآمدها (به‌ترتیب افزایش ۱۷ و ۱۴/۵ برابری) خود یک خطای بزرگی ممکن است در استفاده از شاخص بهره‌وری نسبی فیزیکی ایجاد نماید بنابراین نتایج خلاف انتظار این شاخص در شهرستان‌های شمال شرقی و شمال غربی کشور (شکل ۵) ممکن است ناشی از این موضوع باشد برای دقیق‌تر شدن ارزیابی از شاخص بهره‌وری نسبی اقتصادی آب استفاده شد که در آن هزینه و درآمد بهره‌بردار در طی یک دهه لحاظ گردید.

نتایج بهره‌وری آب گندم بر اساس شاخص بهره‌وری نسبی اقتصادی مطابق شکل ۶ ارائه گردیده است. با عنایت به وجود کلیه عوامل موثر بر بهره‌وری آب گندم در این رابطه از جمله حجم آب آبیاری، اقلیم منطقه، توان تولید گندم در هر مزرعه و عملکرد برداشت شده توسط زارع، هزینه و درآمد و مدیریت به‌زراعی و به‌نژادی، می‌توان برخی دلایل شهرستان‌هایی که شاخص بهره‌وری نسبی اقتصادی آب گندم در آنها پایین یا بالا هستند ذکر نمود.

ارزوئیه در استان کرمان، برخوار اصفهان و جعفرآباد قم، رزن همدان، گمیشان گلستان، میرجاوه و دالاهو کرمانشاه به دلیل عملکرد بالا ناشی از مدیریت حاصلخیزی و مدیریت آب آبیاری دارای بهره‌وری نسبی اقتصادی بالایی بودند اما رقم مورد استفاده در این مناطق با توان اکولوژیکی مناسب نبودند (توان بالقوه کم اراضی). بالا بودن بهره‌وری نسبی اقتصادی در شهرهای شمالی کشور مثل آمل، نکا و ایلام، مراغه، گناوه، و سنندج به دلیل بارش زیاد و نیاز آبیاری کم (اقلیم)، حجم آب آبیاری کم و هزینه پایین اجاره زمین و هزینه جاری کشت گندم بود. نزدیک بودن نیاز آب آبیاری به حجم آب آبیاری در شهرهایی مثل مسجد سلیمان، سردشت دلیل بر راندمان بالای آبیاری یا مدیریت بهتر آب و در نتیجه افزایش بهره‌وری نسبی اقتصادی آب می‌باشد.

در کردکوی، گالیکش، استهبان فارس و بستان‌آباد عملکرد بالای حاصل از مدیریت به‌زراعی و حجم آب آبیاری کم حاصل از مدیریت مناسب آبیاری سبب افزایش بهره‌وری آب گندم گردیده است. علی‌رغم حجم آب آبیاری بالا، عملکرد در واحد سطح بالا و هزینه پایین باعث افزایش بهره‌وری نسبی اقتصادی آب در انار استان کرمان و پاسارگاد استان فارس شده است.

همچنین بررسی‌ها نشان داد که عامل کاهش بهره‌وری نسبی اقتصادی آب گندم در شهرهایی نظیر کلاردشت، رامسر، جویبار، بابل، کاشمر، صالح‌آباد، کوهسرخ، باخرز، گناباد، سبزوار، هلیلان، ایوان، بهاباد، مهریز، اردکان یزد، چهاربرج، پلدشت، خوروبیابانک، آران وبیدگل، سمیرم، کاشان، اصلاندوز، تفتان، کهک، کنگان و دلیجان به دلایلی نظیر کاهش عملکرد، افزایش نیاز آب آبیاری و حجم آب آبیاری، توان اکولوژیکی پایین (عملکرد پتانسیل پایین) و مخصوصا هزینه بالا بود.

ویرایشی نشده

۴-۳-۲. تحلیل شاخص‌های مختلف بهره‌وری آب بدون احتساب اجاره زمین

هزینه اجاره زمین در شاخص‌های مختلف تاثیر متفاوتی داشتند. در شاخص بهره‌وری اقتصادی حذف هزینه اجاره زمین تغییرات بیشتری در بهره‌وری آب ایجاد نمود (مقایسه شکل ۳ و ۷) و سبب شد شهرستان‌های استان قم و برخی شهرهای مازندران مثل کلاردشت، با اجاره حدود صد میلیون ریال در هکتار، از نظر شاخص بهره‌وری اقتصادی آب گندم در در وضعیت بهتری باشند. به‌دلیل حساسیت کم شاخص شکاف بهره‌وری اقتصادی و شاخص بهره‌وری نسبی اقتصادی به هزینه جاری و ثابت (جعفری و عباسی، ۱۴۰۳)، علی‌رغم بالا رفتن بهره‌وری آب اما نسبت آن در سطح کشور تغییر پیدا نکرد (مقایسه شکل ۴ با ۸ و ۶ با ۹).

عدم دسترسی به اطلاعات و داده‌های دقیق مزرعه در کشور مثل تاریخ دقیق کاشت و برداشت، مدیریت آبیاری، مبارزه با علف‌های هرز، مبارزه با آفات و بیماری‌ها، تراکم کشت و غیره سبب شد که از آمارنامه‌ها و سامانه‌های برآورد حجم آب آبیاری منتشر شده توسط وزارت جهاد کشاورزی استفاده شود. این سامانه‌ها مبتنی بر پرسش از بهره‌بردار یا کارشناس مقیم می‌باشد که معمولا همه بهره‌برداران را شامل نمی‌شود این ممکن است عدم‌قطعیتی در داده‌ها به‌وجود بیاورد که با بهره‌وری آب در شرایط واقعی متفاوت نماید. در شاخص‌هایی نظیر شاخص بهره‌وری نسبی اقتصادی آب که بیشترین پارامتر را شامل می‌شود ممکن است این عدم قطعیت بیشتر باشد در صورتی‌که در شاخص‌های بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی که مبتنی بر عملکرد و حجم آب آبیاری است عدم قطعیت کمتر است.

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

نخست شاخص‌هایی که هزینه و درآمد حاصل از کشت گندم در بهره‌وری آب لحاظ نمی‌کنند مناسب برای ارزیابی بهره‌وری آب گندم نیستند. دوم شاخص بهره‌وری اقتصادی آب و شکاف بهره‌وری اقتصادی آب به‌شدت تحت تاثیر تورم سالیانه ناشی از قیمت گندم قرار گرفته و مناسب ارزیابی بهره‌وری آب در سال‌های زراعی متوالی نیستند. سوم هر چند انتظار اینست که پراکندگی بارش منطبق بر نقشه بهره‌وری آب گندم در کشور باشد اما روابط مختلف نتایج متفاوتی ارائه می‌دهند بنابراین انتخاب رابطه بهره‌وری آب گندم، بسته به هدف تعیین شده و داده‌های در دسترس، نقش مهمی دارد. چهارم شاخص بهره‌وری نسبی اقتصادی به دلیل در نظر گرفتن پارامترهای بیشتر و عدم تاثیرپذیری از تورم مناسب در محاسبه بهره‌وری آب گندم در سطح کشور تشخیص داده شد. پیشنهاد می‌گردد بهره‌وری آب برای سایر محصولات در کشور برآورد و بر اساس آن الگو و ترکیب مناسب کشت با هدف کاهش مصرف آب تعیین گردد.

۶. منابع

آمارنامه کشاورزی (۱۴۰۲-۱۳۹۱). گزارش سطح، تولید و عملکرد محصولات زراعی. مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات وزارت جهاد کشاورزی.

اکبری، محسن؛ خدادادحسینی، سیدحمید؛ حسین‌زاده، آمنه و حاتمی‌نژاد، محمد (۱۳۹۷). تجزیه و تحلیل رابطه بین سرمایه اجتماعی، نوآوری سازمانی و بهره‌وری سازمانی. سیاست‌نامه علم و فناوری. ۸(۴)، ۴۸-۳۳.

ابراهیمی‌پاک، نیازعلی؛ تافته، آرش؛ حسینی، سیده‌نرگس و کیخا، فاطمه، ۱۴۰۱. سیستم نیاز آب. مؤسسه تحقیقات خاک و آب. http//: ir.swri.

جعفری، حسین و عباسی، فریبرز (۱۴۰۳). ارزیابی و آنالیز حساسیت پارامترهای موثر بر بهره‌وری نسبی اقتصادی آب. نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۱۸(۴). ۵۴۳-۵۳۱.

جعفری، حسین و عباسی، فریبرز (۱۴۰۲). معرفی و ارزیابی شاخص بهره‌وری نسبی اقتصادی آب. تحقیقات آب و خاک ایران (علوم کشاورزی ایران سابق) - پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، ۵۴(۷)، ۱۰۹۵-۱۱۱۴.

عباسی، نادر (۱۳۹۶). تحلیل‌های فنی در مدیریت و مهندسی کشاورزی ایران. کرج: انتشارات موسسه تحقیقات فنی و مهندسی.

فرحزا، محمدنوید؛ نظری، بیژن؛ اکبری، محمدرضا؛ سادات نائینی، مهکامه و لیاقت، عبدالمجید (۱۳۹۹). ارزیابی بهره‌وری آب فیزیکی و اقتصادی محصولات زراعی در دشت مغان. نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران. ۱۱(۴۲). ۱۸۲-۱۶۶.

ویرایشی نشده

ناصری، ابوالفضل و عباسی فریبرز (۱۴۰۱). برآورد مقدار پتانسیل و شکاف بهره‌وری آب در تولید گندم آبی در ایران. تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی. ۲۶(۸۶)، ۱۱۰-۸۷.

REFERENCES

Abbasi, Nader. (2017). Technical Analysis in Iran's Agricultural *Management and Engineering* (volume one). Agricultural Engineering Research Institute. 31 pages. (In Persian)

Agricultural Statistics (2011-2022). Report on the level, production and performance of agricultural crops, in the agricultural year 2019-2020, Information and Communication Center. Ministry of Jehad-e-Agriculture (in Persian).

Akbari, M., S.H. Khodadad Hosseini, A. Hosseinzadeh and M. Hatminjad (2018) Analyzing the relationship between social capital. *organizational innovation and organizational productivity*. 8(4): 33-48 (in Persian).

EbrahimiPak, NiazAli; Tafteh, Arash؛ Hosseini, SayedehNarges and Kaykha, Fatemeh (2022). Water demand system. Soil and Water Research Institute. (in Persian).http://swri.ir

Farahza, M.N., B. Nazari, M. R. Akbari, M. Sadat Naini and A. Liaghat (2020). Evaluation of physical and economic water productivity of crops in Moghan plain. Journal of Irrigation and Water Engineering. 11(2): 166-182. (in Persian)

Fernández, J.E., Alcon, F., Diaz-Espejo, A., Hernandez-Santana, V., Cuevas, M.V., (2020). Water use indicators and economic analysis for on-farm irrigation decision: A case study of a super high density olive tree orchard. Agric. Water Manag. 237, 106074. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106074.

Food and agriculture organization of the united nationa (2023). Improving water productivity to increase water use efficiency and agricultureal production.

Jafari, H., & Abbasi, F., (2024). Evaluation and Sensitivity Analysis of the Effective Parameters on the Relative Economic Water Productivity Index. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*.No.4, Vol. 18, 531-543.

Jafari, H., & Abbasi, F., (2023). Introducing and evaluation of relative economic water productivity index, Iranian *Journal of Soil and Water Research*, 54 (7), 1095-1114. https://doi.org/10.22059/ijswr.2023.358941.669495.(in Persian)

Jha, A.K., Malla, R., Sharma, M., Panthi, J., Lakhankar, T., Krakauer. N.Y., Pradhanag, S.M., Dahal, P. and Shrestha, M.L., (2016). Impact of irrigation method on water use efficiency the productivity of fodder crops in nepal. climate , 4, Article No.4. https://doi.org/10.3390/cli4010004

Kilemo, D.B. (2022). The review of water use efficiency and water productivity metrics and their role in sustainable water resources management. *Open Access Library Journal*, 9: 7075. https://doi.org/10.4236/oalib.1107075

Molden, D. (1997) Accounting for Water Use and Productivity. *SWIM Report No. 1*, International Irrigation Management Institute, Colombo, Sri Lanka.

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

Naseri, A. and F. Abbasi. (2022). Estimating the amount of potential and water productivity gap in irrigated wheat production in Iran. Engineering Research of Irrigation and Drainage Structures. 68 (32): 87-101. (in Persian).

Rodriguez, M., Pansera, M., Lorenzo, P.C., (2020). Do indicators have politics? A review of the use of energy and carbon intensity indicators in public debates. *J. Clean. Prod.* 243, 118602. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118602.

Veysi, Sh., Galehban, E.,Nouri, M., Mallah, S. andNouri, H. (2024). Comprehensive framework for interpretation of WaPOR water productivity. *Heliyon 10 e36350*. PP15. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e36350.

Trout, T.J., D.T. Manning. (2019). An economic and biophysical model of deficit Irrigation. *Agromy Journal*. 6(3). PP:3182-3194. doi:10.2134/agronj2019.03.0209.

Vladimirova, I., N. Nguyen, J. Schellekens, and I. Vassileva (2018). Assessment of the water productivity index. project report of "Study on EU integrated policy assessment for the freshwater and marine environment, on the economic benefits of EU water policy and on the costs of its non-

implementation"". PP.48.
Yeboah, A. (2026). Geostatistical Interpolation Methods for Cobalt in Indiana Coal Data: A Comparative Analysis of Spatial Interpolation Techniques. Scientific Journal of Engineering, and Technology, 3(1), 1-7.

ویراستاری نشده