Iranian Journal of Soil and Water Research ISNN: 2423-7833
Homepage: http://ijswr.ut.ac.ir

Hidden issues and challenges of the concept and use of water productivity index

Nader Heydari [1*]✉
1. Agricultural Engineering Research Institute (AERI), Agricultural Research, Education, and Extension Organization (AREEO); Karaj, Iran. E-mail: nrheydari@yahoo.com

Article Info

Article type: Review Article

Article history:
Received: Oct. 28, 2023
Revised: Nov. 27, 2023
Accepted: Dec. 13, 2023
Published online: Feb. 20, 2024

Keywords:
Basin,
Challenge,
Field,
Water Productivity,
Water Use.

ABSTRACT

The water productivity index (WP), which is defined as the crop produced per unit of consumed water, has been considered as a key indicator for the optimal use of water in the agricultural sector. It has been heavily relied upon in the Iran's agricultural water policies and plans. However despite several years have passed since the introduction of this concept and index, unfortunately, water crisis still exists and is expanding in the country and measures to increase WP in agricultural products have not yet been able to effectively solve the country's water issues. In this review-analytical paper, the issues and challenges of using this index in practice have been discussed and the shortcomings, challenges, measures, and infrastructure necessary for the proper use of this index have been discussed and analyzed. According to the results, there are hidden issues and challenges (in 8 groups) in its application. The most important of which are the need to deeply understand the concept and definition of WP in the country's expert and management community, and the problems and issues of using the index from the aspect of lack of the required infrastructure for the proper impacts of improving WP in mitigating water scarcity. According to the identified issues and challenges, it was concluded that improving WP could not be a sole measure to solve the country's water crisis, because it fulfills just initial conditions. In order to fulfill conditions sufficiently and to implement related comprehensive measures and interventions, the necessary hardware, software, legal, and policy infrastructures must be provided.

Cite this article: Heydari, N (2024). Hidden issues and challenges of the concept and use of water productivity index, *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 54 (12), 1995-2015. https://doi.org/10.22059/ijswr.2023.367306.669600
© The Author(s).
Publisher: The University of Tehran Press.
DOI: https://doi.org/10.22059/ijswr.2023.367306.669600

مجله تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۵۴، شماره ۱۲ شاپا: ۷۸۳۳-۲۴۲۳
Homepage: http://ijswr.ut.ac.ir

مسائل و چالش‌های پنهان مفهوم و کاربرد شاخص بهره‌وری آب

نادر حیدری[۱*]✉
۱. مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش، و ترویج کشاورزی، کرج، ایران، رایانامه: nrheydari@yahoo.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ مروری

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۸/۶
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۹/۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۹/۲۲
تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۱۲/۱

واژه‌های کلیدی:
آب مصرفی،
بهره‌وری آب،
چالش،
حوضه آبریز،
مزرعه.

چکیده

شاخص بهره‌وری آب یعنی محصول تولیدی به ازای آب مصرفی، به عنوان یک راهکار و شاخص کلیدی در استفاده بهینه از آب در بخش کشاورزی تلّقی و به آن اتکاء زیادی در سیاست‌گذاری‌ها و برنامه¬ریزی¬های آب کشاورزی کشور شده است. با گذشت چندین سال از ورود این مفهوم و شاخص، متأسفانه بحران فزاینده آب در کشور هنوز وجود دارد و اقدامات افزایش بهره‌وری آب محصولات کشاورزی و استفاده از این شاخص در تبین آن، هنوز نتوانسته است به حل مشکل آب کشور کمک مؤثری نماید. در این مقاله تحلیلی به مسائل و چالش¬های کاربرد این شاخص در عمل پرداخته شده است و نقاط ضعف، کاستی‌ها، چالش¬ها، تمهیدات، و زیرساخت‌های لازم برای استفاده مطلوب از این شاخص، بحث و تحلیل شده‌اند. بر اساس نتایج، این مهفوم و شاخص دارای مسائل و چالش¬های پنهان (۸ گروه مسائل) در کاربرد آن در عمل می‌باشد که مهمترین آنها ضرورت شناخت درست از مفهوم و تعریف بهره‌وری آب در جامعه کارشناسی و مدیریتی کشور، و مسائل و مشکلات کاربرد شاخص از جنبه نبود و یا عدم فراهمی زیرساخت‌های مورد نیاز برای تأثیرگذاری مناسب بهبود بهره‌وری آب در حل بحران آب، می¬باشد. با توجه مسائل و چالش¬های احصاء و بررسی شده، نتیجه¬گیری شده است که بهبود بهره¬وری آب به تنهائی نمی¬تواند راه حلی اساسی برای حل بحران آب کشور باشد زیرا آن شرط لازم کار است و شرط کافی نیست. برای تأمین بخش شرط کافی و اعمال راهکارها و مداخلات جامع مرتبط، زیر ساخت¬های سخت افزاری، نرم¬افزاری، قانونی و سیاستی لازم باید تأمین شده باشد.

استناد: حیدری، ن. (۱۴۰۲). مسائل و چالش‌های پنهان مفهوم و کاربرد شاخص بهره‌وری آب. *مجله تحقیقات آب و خاک ایران*، ۵۴ (۱۲)، ۲۰۱۵-۱۹۹۵.
https://doi.org/10.22059/ijswr.2023.367306.669600
ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.
© نویسندگان.
DOI: https://doi.org/10.22059/ijswr.2023.367306.669600

مقدمه

بخش کشاورزی حدود ۷۰ درصد برداشت آب در جهان را به خود اختصاص می‌دهد. لذا حل مسائل مدیریت آب در کشاورزی، بخش مهمی از راه حل برای حل چالش کمبود منابع آب در جهان می باشد (Yu et al., 2021). از میان ۱۰۰ سؤال مهم شناسایی شده برای آینده کشاورزی جهان، دو سؤال مهم مرتبط با بحث بهره‌وری آب عبارتند از: ۱- چه رویکردها و روش‌هایی (شامل: عملیاتی، زراعی، ژنتیکی، کاربرد آبیاری تکمیلی، مدیریت حاصلخیزی، ذخیره‌سازی بارش‌های زمستانه) می‌تواند برای افزایش بهره‌وری آب در کشاورزی توسعه یابد و کدامیک از این رویکردها مقرون به صرفه هستند، و ۲- چه رویکردهای سیستمی را می‌توان برای شناسایی و انطباق گزینه‌های فنی برای افزایش بهره‌وری زمین و آب سیستم‌های کشاورزی و دام متکی بر تولیدات دیم استفاده کرد تا به کاهش فقر در موقعیت‌های مختلف اگرو- اکولوژیکی و اجتماعی-اقتصادی کمک کند (Pretty et al., 2010).

استفاده بهینه از منابع آب در بخش کشاورزی یکی از چالش‌ها و دغدغه‌های بزرگ و مهم مدیریت آب کشاورزی در جهان، به ویژه در مناطق خشک آن بوده است. این امر در سال‌های اخیر و با وقوع پدیده تغییر اقلیم، به موضوع و چالش مهمتری نیز تبدیل شده است. به تبع آن در ادبیات علمی موضوع، اصطلاحات و شاخص‌های مختلفی (به طور عمده راندمان آبیاری و بهره‌وری آب) برای تعریف، تبیین، و تعیین کمّی نحوه استفاده کارآمد از آب، در چند دهه اخیر در این ارتباط توسعه یافته است.

رایج‌ترین و قدیمی‌ترین واژه‌ای که از گذشته و حتی در زمان حاضر و بویژه در کشور ایران، استفاده می‌شود، واژه "راندمان آبیاری"[1] است. شاخص بی‌بعد تعریف شده برای این واژه یعنی شاخص راندمان آبیاری، عبارت است نسبت آب ذخیره شده در منطقه توسعه ریشه گیاه به کل آب کاربردی در مزرعه. ایسرائیلسن (Israelsen, 1950) برای اولین بار شاخص راندمان آبیاری را به صورت "نسبت آب آبیاری مصرف شده توسط محصولات یک مزرعه فاریاب یا آب تأمین شده توسط سامانه آبیاری به آبی که از رودخانه یا سایر منابع آب به کانال یا کانال‌های سامانه آبیاری انتقال می‌یابد"، تعریف کرد. این رویکرد بنیادین در حسابداری آبیاری برای بیش از ۴۰ سال اساساً بدون تغییر باقی ماند. یعنی، از آنجایی که شناخت میزان تلفات آب در مراحل مختلف توزیع و کاربرد آن در مزرعه، جزء اطلاعات و دانش ضروری و مورد نیاز برای طراحان سامانه‌های آبیاری بود، لذا این مبنای حسابداری آب (استفاده از شاخص راندمان آبیاری) مناسب و متناسب با آن هدف مهندسی بوده و در این شرایط، راندمان آبیاری زیاد حاکی از آن بود که نسبت بیشتری از آب موجود در ابتدای طرح آبیاری برای این هدف مهندسی مناسب، یعنی افزایش تعرّق محصول، مورد استفاده کامل قرار گرفته است.

در این رویکرد و تعریف صرفا مهندسی به مدیریت آب، نقش گیاه و سایر عوامل مؤثر بر تولیدات کشاورزی حاصله از آن در استفاده کارا از آب توجه نمی‌شد. تا آنکه واژه کارایی مصرف آب (WUE)[2] که همانا نسبت تولید محصول به تبخیرتعرّق صورت گرفته از گیاه و محیط اطراف آن بود، برای اولین بار توسط ویتز (Viets, 1966) معرفی شد، که در آن بحث استفاده بهینه از آب با در نظر گرفتن عوامل گیاهی و زراعی، نسبتا لحاظ شده است. از آن زمان شاخص کارایی مصرف آب به طور گسترده‌ای برای تعیین عملکرد (فتوسنتز، زیست توده، یا عملکرد فیزیکی و اقتصادی) در واحد آب مورد استفاده (تعرّق، تبخیرتعرق، آب مصرفی، آب کاربردی)، مورد استفاده قرار گرفته است.

بعد از آن نگاه به استفاده بهینه از آب، افق وسیع‌تری یافت و بینش و واژه جامع‌تری یعنی واژه "بهره‌وری آب" (WP)[3] توسط مولدن (Molden, 1997) معرّفی و به این عرصه وارد شد. هدف از ارائه آن تحلیل آب مورد استفاده در سطوح مختلف بود که بر اساس آن شرایط مصرف آب در محدوده‌ها یا مقیاس‌های مختلف گیاه، مزرعه، سامانه تأمین آب یا شبکه آبیاری، و مصارف مختلف در حوضه آبریز مورد بررسی قرار می‌گیرد (حیدری و همکاران، ۱۳۹۵ و Heydari, 2014). بر همین اساس، بهره‌وری آب عبارت است از نسبت عملکرد فیزیکی یا اقتصادی (سود خالص یا ناخالص) حاصل از زراعت، جنگل‌داری، آبزی پروری، دامپروری و یا یک سیستم ترکیبی کشاورزی به میزان آب مصرفی برای رسیدن به این عملکردها. در واقع در بهره‌وری آب نقش هر واحد آب درتولید ناخالص ملی (GNP) یا تولید ناخالص داخلی (GDP) مطرح است که مفهومی به مراتب فراتر و متفاوت‌تر از راندمان آبیاری و یا حتی کارایی مصرف آب دارد.

بهره‌وری در تضاد با اصطلاحات مهندسی کلاسیک برای کارایی (راندمان) است. دیدگاه راندمان آبیاری اگرچه برای برنامه‌ریزی، طراحی، و بهره‌برداری از یک سامانه آبیاری مناسب است، اما این دیدگاه تمایل دارد که آب خروجی از مرز این سیستم مهندسی را به عنوان

1. Irrigation efficiency
2. Water use efficiency
3. Water Productivity

"تلفات" تلقی کند. در مقابل، یک هیدرولوژیست ممکن است این "تلفات" از دیدگاه مهندسی راندمان را به عنوان منبع آب مهم برای سایر بخش‌های چرخه هیدرولوژیک، مانند منبع جریان و تغذیه سفره آب زیر زمینی یا جریان پایه رودخانه، تلقی نماید.

بهرحال در کاربرد مفاهیم و شاخص‌های مختلف تبیین کننده استفاده بهینه و کارا از آب در عمل، مسائل و چالش‌های مختلفی وجود دارند و نباید بدون مطالعه و ارزیابی‌های لازم، به آنها اتکاء زیادی نمود. به عنوان نمونه در گزارش مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی عنوان شده است "که برای اطمینان از کسب موفقیت در افزایش بهره‌وری آب کشاورزی لازم است شاخص‌ها و پارامترهای مختلف تاثیرگذار در بهره‌وری آب که در گذشته و حال به اجرا درآمده، از نظر ثمر بخشی مورد ارزیابی دقیق قرار گیرد" (محمد ولی سامانی و مظاهری، ۱۳۸۸). یا در مورد دیگر در خصوص کاربرد شاخص راندمان آبیاری به عنوان شاخص مناسب برای مدیریت آب، اولین هشدار بازدارنده لازم در سال ۱۹۷۹ و از سوی کار گروه ویژه[1] بین‌سازمانی ایالات متحده اعلام شده است. در خصوص موضوع، این گروه ویژه اظهار نمودند که: "در هر گزارشی که به بحث راندمان آبیاری پرداخته شده است، ابتدا باید واژه "راندمان یا بازده" با دقت زیادی تعریف شود. تعاریف متفاوت زیاد و گاها متناقضی در این ارتباط منتشر شده است. اغلب فرض بر این است که به دلیل اینکه راندمان آبیاری کم است، آب آبیاری زیادی هدر می‌رود، در حالی که ضرورتا این گونه نیست "(US Interagency Task Force, 1979).

علیرغم اهمیت موضوع، منابع علمی منتشر شده در خصوص مسائل و چالش‌های پنهان کاربرد این شاخص‌ها در عمل، کم شمار هستند و از موارد مهم آنها می‌توان منابع نظیرHeydari, 2014 و Bessembinder et al., 2005 ؛ Molden et al., 2003, 2003 ؛ Perry et al., 2009 ؛ Perry 2007؛ و Perry, 2011 را نام برد. این مفهوم و شاخص به طور گسترده‌ای در کشور جاری سازی شده و در متون منابع علمی، قوانین و اسناد بالادستی، برنامه‌های توسعه، برنامه‌ریزی‌ها و تصمیم‌گیری‌های اجرایی، سیاستی، مدیریتی، و پژوهشی مختلف، از آن زیاد استفاده و یا حداقل قید شده است.

از آنجایی که مصرف آب در بخش کشاورزی فاریاب نسبت به سایر بخش‌های مصرف‌کننده آب دارای بازده اقتصادی کمتری است، لذا در شرایط کمبود منابع آب، سایر بخش‌ها به این به عنوان یک منبع بالقوه برای تأمین آب خود نگاه می‌کنند. نمونه آن تأمین مطمئن آب بخش شرب و یا بخش صنعت (به صورت خرید و یا انتقال مجاز و یا غیر مجاز حقابه‌های کشاورزی) در شرایط کمبود منابع آب شدید است که در بازار آب کشور به صورت رسمی و غیر رسمی عمل می‌شود.

رایج‌ترین و گسترده‌ترین رویکرد برای انطباق مدیریت آب کشاورزی با کمبود فزاینده آب، تمرکز بر بهبود بهره‌وری و افزایش راندمان آبیاری در کشاورزی و در نتیجه دستیابی به محصول بیشتر در هر قطره آب است. این رویکرد این فلسفه ضمنی را دارد که از آن جائی که بخش کشاورزی بزرگترین مصرف‌کننده ناکارآمد منابع آب است، افزایش در بهره‌وری آب (حتی اندک) اثرات و نتایج زیادی بر بودجه آب در سطوح محلی و جهانی دارد. لذا فرض اولیه بر آن است چنین افزایشی می‌تواند به تولیدات کشاورزی بیشتر با همان مقدار آب یا همان مقدار تولید کشاورزی با آب کمتر منجر شود. و در مورد حالت دوم، صرفه‌جویی انجام شده در آب می‌تواند به دیگر مصارف با ارزش بیشتر و همچنین تقویت جریان‌های آب برای محیط زیست، تخصیص داده شود. در واقع فرضیه ضمنی که در اینجا وجود دارد آن است که چنین بهبودهایی در بهره‌وری آب و راندمان آبیاری به رفع مسئله مبادله بین افزایش تولید کشاورزی و حفظ و تخصیص مجدد آب کشاورزی کمک می‌کند (Scheierling and Tréguer, 2018).

به تبع این تفکر اولیه و گسترش این نظریه در جهان، در کشور نیز برای حل بحران آب به بهبود شاخص بهره‌وری آب اتکاء و امید زیادی بسته شده است، بدون آن که درک درستی از آن ایجاد شده و شرایط، تمهیدات، و زیر ساخت‌های لازم آن از همه ابعاد فراهم شده باشد. به عنوان نمونه در گزارش مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی اظهار شده است که"تحقیقات به عمل آمده نشان می‌دهد که با بهبود بهره‌وری آب در اراضی آبی و دیم می‌توان برای کشاورزی، محیط زیست، صنعت، و مصارف خانگی به اندازه کافی آب در اختیار داشت. اما این راه حل نیاز به اصلاحات اداری و مدیریتی و سرمایه‌گذاری عمده در تحقیقات، فناوری، امور زیربنایی و مواردی از این دست دارد" (محمد ولی سامانی و مظاهری، ۱۳۸۸). و یا بر اساس مواد ۱ و ۲۵ قانون افزایش بهره‌وری بخش کشاورزی و منابع طبیعی (قانون ۱۱۷۰۳) ، به ترتیب "دولت مکلّف شده است در راستای تحقق سند چشم انداز بیست‌سالهٔ کشور (۱۴۰۲-۱۳۸۲)، سیاست‌های کلی نظام، و قانون سیاست‌های اجرائی اصل ۴۴ قانون اساسی، و به موجب این قانون، زمینه‌ها، برنامه‌ها، تسهیلات و امکانات ارتقاء بهره‌وری و اصلاح الگوهای تولید و مصرف در بخش کشاورزی و منابع طبیعی را فراهم و به مرحله اجراء درآورد" و "وزارت جهاد کشاورزی مؤظف شده است حداکثر شش ماه پس از تصویب این قانون و با همکاری وزارت نیرو نسبت به تعیین شاخص‌های بهره‌وری آب کشاورزی اقدام نموده و به

1. Task Force

تصویب هیأت وزیران رسانده و در پایان هر سال گزارش اقدامات اجرائی در خصوص این شاخص‌ها و نتایج حاصله را به کمیسیون کشاورزی، آب و منابع طبیعی مجلس شورای اسلامی گزارش نماید".

بسیاری از سازمان‌های بین‌المللی و آژانس‌های ملی مرتبط با مدیریت آب، افزایش بهره‌وری و راندمان آبیاری در کشاورزی را به عنوان یک هدف مهم سیاستی ترویج می‌کنند. در راستای این تفکر، سرمایه گذاری‌های دولتی و خصوصی قابل توجهی برای بهبود بهره‌وری آب در کشاورزی فاریاب در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه انجام شده و یا در حال انجام است. با این حال این رویکرد دارای برخی مشکلات جدی است. این مشکلات شامل مسائل مفهومی، روش‌های مورد استفاده برای اندازه‌گیری بهره‌وری و راندمان کشاورزی، و کاربرد این مفاهیم و روش‌ها در زمینه‌های مختلف هستند که همگی بر انتخاب مداخلات و راهکارها و ارزیابی اجرای آن‌ها تأثیر می‌گذارند (Scheierling and Tréguer, 2018).

سابقه فعالیت‌ها و اقدامات گذشته در خصوص موضوع هم در جهان و هم در کشور، حاکی از آن است که کاربرد این شاخص در عمل دارای چالش‌های پنهان زیادی است و موفقیت در غلبه بر بحران آب کشور تنها با تمرکز بر بهبود بهره‌وری آب امکان پذیر نبوده و در واقع بهبود شاخص بهره‌وری آب شرط لازم برای کار می‌باشد، ولی شرط کافی برای آن نیست.

مطالعات و تحقیقات انجام شده در خصوص روش‌ها و راهکارهای افزایش راندمان و بهبود بهره‌وری آب (به طور عمده بهره‌وری فیزیکی آب) (شرط لازم برای صرفه‌جوئی آب)، در کشور پرشمار هستند، ولی در خصوص بخش شرط کافی یعنی اثرگذاری لازم بهبود بهره‌وری آب در کاهش مصارف و صرفه جوئی واقعی آب و همچنین چالش‌های پنهان کاربرد این شاخص در عمل، کم شمار و ناکافی می باشند. البته شاید یکی از دلائل آن ضرورت گذشت زمان کافی از شروع فرایند این وابستگی و اتکا زیاد به این شاخص و بررسی تجارب گذشته برای مشخص شدن این چالش‌ها و مسائل پنهان کاربرد شاخص در عمل بوده است. لذا هدف این مقاله بررسی و تجزیه و تحلیل مسائل و چالش‌های پنهان شاخص بهره‌وری آب در استفاده کاربردی از این شاخص در عمل و با هدف مدیریت و حل بحران آب کشاورزی کشور، می باشد.

مسائل و چالش‌های پنهان مفهوم بهره‌وری آب

کشاورزی فاریاب بزرگترین مصرف کننده آب در سراسر جهان است و نگرانی‌ها در مورد کمبود آب، توجهات زیادی را به مسائل این بخش، که به طور عام تصور همگان آن است که بخشی است با ارزش افزوده کم، ناکارآمد و هدردهنده منابع آب، معطوف کرده است. با این حال، اصطلاحات این بحث نیز به خوبی تعریف نشده است و اغلب حتی در تمایز بین کاربردهای مصرفی و غیر مصرفی آب نیز ناتوان است. در نتیجه، راهکارهای فنی ارائه شده همیشه به نتایج مورد انتظار و مطلوب منجر نشده است و توصیه‌های بسیاری از گزارش‌ها و مقالات در بهترین حالت مشکوک و در بدترین حالت به سادگی اشتباه هستند.

مسائل حوزه آب از جنس مسائل پیچیده و بعضا بدخیم هستند. به ویژه برای مسائل بدخیم راه حل واحد درست و غلط وجود ندارد. بلکه مسئله بسته به سطح ورود و درک مداخله‌گر قابل شناسایی است و راهکار نیز متناسب با این درک اتخاذ می‌شود. با وجود اینکه به ظاهر به نظر می‌رسد مسائل آب مشخص‌اند و همه بر سر آنها اتفاق نظر دارند، در واقعیت این طور نیست. خود همین عدم درک مشترک از مسائل، یکی از چالش‌های حوزه آب است. بنابراین اجماع‌سازی و رسیدن به درک مشترک از مسائل، پیش نیاز اولیه برای مواجهه صحیح با مسائل است (باقری، ۱۴۰۰).

اصولا شناخت کافی از مفهوم و هدف واژه‌های مرتبط با استفاده کارا از آب اهمیت زیادی دارد. تجارب حاکی از آن هستند که این مفاهیم در جامعه کارشناسی (به خصوص کارشناسان دستگاه های اجرایی) خوب تبیین و جاری‌سازی[1] نشده، به درستی از آنها استفاده نمی‌شود و یا حتی برداشت‌های اشتباهی از آنها می‌شود و این صرفا خاص کشور ایران نیست و حتی در منابع علمی بین‌المللی نیز مشاهده می‌شود. به عنوان نمونه در مقاله Xu و همکاران (2021) واژه "کارایی مصرف آب کشاورزی"[2] عملا به جای واژه "راندمان آبیاری"[3] مورد استفاده قرار گرفته است.

این تناقضات در تعریف واژه‌ها و ادراک نامناسب گروه‌ها و گرایش‌های مختلف درگیر مدیریت آب، می‌تواند باعث سردرگمی و ضعف

1. Mainstreaming
2. Water use efficiency
3. Irrigation efficiency

در ارتباط لازم بین سیاست‌گذاران و تصمیم‌گیرندگان و محققان (کسانی که تأثیرات را ارزیابی می‌کنند)، یا حتی باعث افزایش تعارضات بین آنها شود (Yu et al., 2021). به عنوان مثال، تمایز بین واژه "مصرف" یا برداشت[1] (یعنی آب برداشته شده یا منحرف شده) و "مصرف آب"[2] (مقدار آب تخلیه شده که دیگر در سیستم مرجع موجود نیست)، برخلاف تعریف آن برای سایر منابع طبیعی نظیر جنگل، زمین، مواد معدنی یا سوخت‌های فسیلی، برای مدیریت منابع آب بسیار اساسی است.

تدوین اصطلاحات و واژه‌های مناسب مدیریت آب، به طوری که مهندسان آبیاری، مهندسین آب و فاضلاب، هیدرولوژیست‌ها، برنامه‌ریزان و مجلات همگی درک یکسان از آن داشته و بتوانند به طور معناداری در یک بحث مهم مدیریت آب مشارکت کنند، دارای اولویت زیادی است. اولویت و قدم اول در این زمینه تعریف اصطلاحاتی است که می‌توانند بدون ابهام توسط برنامه‌ریزان، هیدرولوژیست‌ها، مهندسان و دیگران مانند حقوقدانان و اقتصاددانان مرتبط با تجزیه و تحلیل منابع آب، مورد استفاده قرار گیرند. با توجه به اینکه علم هیدرولوژی سال‌هاست که وجود داشته است، می‌تواند آزموده‌ترین چارچوب را در این زمینه ارائه داده و لذا هر آنچه که در نهایت متخصصین آبیاری انتخاب و به عنوان راهکار مدیریت و صرفه‌جوئی آب ارائه می‌کنند، باید کاملاً با منطق و تجزیه و تحلیل‌های هیدرولوژیکی مطابقت و همخوانی داشته باشد (Perry, 2007).

بر اساس تصویب‌نامه هیأت وزیران (شماره ۸۳۱۱۵/ت/۴۷۴۴۷ هـ ، مورخ ۱۳۹۲/۴/۹) و به استناد ماده ۲۵ قانون افزایش بهره‌وری بخش کشاورزی و منابع طبیعی، مفاهیم بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب کشاورزی به ترتیب به صورت "مقدار محصول تولید شده (کیلوگرم) به مقدار آب مصرفی کشاورزی (مترمکعب)" و "سود خالص محصول تولید شده (ریال) به مقدار آب مصرفی کشاورزی (متر مکعب)" تعریف شده‌اند. که بر اساس همین تصویب‌نامه، محصول تولید شده عبارت است از کل محصولات تولیدی کشاورزی (اعم از تولیدات اصلی و فرعی) (به استثنای تولیدات زراعی و باغی دیم)، و مقدار آب مصرفی کشاورزی مقدار آبی است که بر اساس سند ملی الگوی مصرف بهینه آب کشاورزی (موضوع تصویب‌نامه هیأت وزیران شماره ۳۸۴۹۷ت۲۰۱۹۳ هـ مورخ ۱۳۷۷/۱۰/۱۰) با رعایت قانون توزیع عادلانه آب و سایر مقررات مرتبط در زمان و مکان مورد تقاضا با ابزار اندازه‌گیری حجمی تحویل و به عنوان آب کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین سود خالص، از کسر ارزش تولید (قیمت واحد محصول در محل تولید ضربدر مقدار محصول تولیدی) از هزینه‌های جاری و ثابت حاصل می‌شود.

در کشور مفهوم افزایش بهره‌وری آب و یا "محصول بیشتر در هر قطره آب"، اغلب و به ویژه در کشاورزی فاریاب، به معنای ظاهری کلمه یعنی فقط به معنای "محصول بیشتر" تفسیر می‌شود. اما آن به عنوان استعاره‌ای از بهره‌وری آب، مزایای هر واحد آب را در تمام بخش‌ها و زمینه‌ها پوشش می‌دهد. از نظر مفهومی، این مفهوم تمامی مزایای مرتبط با آب (اعم از مستقیم و غیرمستقیم) در زمینه‌ها و محیط‌های کشاورزی آبی، کشاورزی دیم، استفاده مجدد از آب، رودخانه و تالاب را پوشش داده و مزایای آن نه تنها در تولید غذا، درآمد و معیشت بهره برداران باید باشد، بلکه باید اثرات بهداشتی و زیست محیطی را نیز شامل شود.

به طور خلاصه، مفهوم بهره‌وری آب باید در کل چرخه هیدرولوژیکی قابل اجرا و کاربرد باشد. از این نظر، بهره‌وری آب به عنوان یک ابزار تحلیلی قدرتمند برای ارتباط مصرف آب در کاربری‌ها، بخش‌ها و مناطق مختلف در یک چارچوب مشترک تلقی می‌شود. از آنجایی که بهره‌وری آب به مداخلات فنی و سیاست‌های اقتصادی حساس است و از آنجایی که تغییرات بهره‌وری آب را می‌توان با دقت نسبتاً خوبی اندازه‌گیری کرد، آن به عنوان یک "الگوریتم راه حل"[3] نیز در نظر گرفته می‌شود (Giordano et al., 2006).

مفهوم بهره‌وری آب که همانا چارچوب ذهنی[4] صرفا "محصول بیشتر در هر قطره آب" می‌باشد، علاوه بر کشور ایران حتی در مؤسسه تحقیقات بین‌المللی مدیریت آب (IWMI) و از زمان معرفی آن توسط دیوید مولدن محقق برجسته همین مؤسسه، همچنان تا سال ۲۰۰۶ حاکم بود. ولی به دلیل ضرورت و پیچیدگی‌های مدیریت آب و به منظور نقش آفرینی هرچه بهتر و هرچه بیشتر آن در حل بحران آب، برخی به روز رسانی‌ها و اصلاحات عمده، به ویژه در مفهوم و نقش بهره‌وری آب از آن زمان در این مؤسسه انجام شده است.

در چارچوب ذهنی اصلاح شده تحقیقات IWMI، بهره‌وری آب نقش و اهمیت مفهومی و تحلیلی بزرگ‌تری نسبت به حالت قبل پیدا نموده است. این الگوی تحقیق اصلاح شده، اگرچه نقش بهره‌وری آب را به عنوان اصول راهنمای تجزیه و تحلیل و تصمیم‌گیری ارتقاء می‌دهد، اما در عین حال، بهره‌وری آب را نه به عنوان یک هدف، بلکه به عنوان وسیله‌ای برای مواجهه با مسائل اصلی مدیریت آب

1. Use or abstraction
2. Water consumption
3. Solution algorithm
4. Paradigm

نظیر باز تخصیص آب در بین بخش‌ها تشخیص داده و معتقد است تمرکز بر بهره‌وری آب، اهمیت عدالت و مسائل توزیعی آب را نباید به خطر انداخته و بلکه باید به آنها توجه داشته باشد. به همین دلیل است که تدوین نقشه هم‌بهره‌وری آب همراه با تدوین نقشه فقر، با هم پیش می‌رود و مسائل دسترسی به آب و تأثیرات آن بر درآمد و معیشت همزمان مورد توجه قرار می‌گیرد. لذا در الگوی جدید IWMI در خصوص مفهوم بهره‌وری آب و کاربرد آن به اندازه کافی انعطاف‌پذیری و حساسیت لازم وجود دارد و نه تنها به آب، بلکه به زمین و سایر منابع نیز توجه داشته و ضمن لحاظ دغدغه و نگرانی‌های پایداری سرزمین، جنبه‌های عدالت توزیع و برابری را هم در بر داشته و پاسخ می‌دهد. بنابراین در این رویکرد جدید، مداخلات فنی و گزینه‌های سیاستی با در نظر گرفتن تأثیرات آنها بر بهره‌وری آب، فقر و معیشت، سلامت، حفاظت از منابع، و پایداری محیط‌زیست ارزیابی می‌شوند و اهداف کارایی و بهره‌وری با مسائل برابری و پایداری متعادل می‌شوند.

بهرحال معظلی که در این زمینه وجود دارد آن است که رویکرد جدید IWMI در خصوص بهره وری آب، علیرغم صحیح بودن آنها در اصل خود، صرفا بحث‌های مفهومی و نظری هستند و این رویکرد روش‌های اندازه‌گیری و کاربرد مفهوم و نتایج اندازه‌گیری‌های بهره‌وری آب در این پارادایم جدید را تاکنون به خوبی مستند و ارائه ننموده است. این حقیقت به نحوی در داخل کشور نیز اذعان شده است. به عنوان نمونه در گزارش مرکز پژوهش‌های مجلس در سال ۱۳۸۸ ذکر شده است که "تعیین و تحلیل شاخص‌های بهره‌وری آب کشاورزی در بسیاری از موارد کار ساده‌ای نیست زیرا آب تنها برای تولیدات کشاورزی به کار نمی‌رود. بهره‌وری آب کشاورزی به منابع آب و سودمندی حاصل از آن ارتباط دارد و بسیاری از پارامترها در این زمینه کیفی بوده و قابل اندازه‌گیری نیستند. مسئله درخور توجه برای بررسی بهره‌وری آب این است که اطلاعات پایه‌ای لازم برای محاسبه شاخص‌های پولی و غیر پولی بهره‌وری آب کشاورزی به اندازه کافی فراهم نیست"(محمدولی سامانی و مظاهری، ۱۳۸۸).

این بحث مفهومی و نظری بودن بهره‌وری آب، در استفاده از آن در کشور بحرانی‌تر بوده، به گونه‌ای که حتی به اصول و چارچوب ذهنی جدید تعریف شده توسط IWMI در خصوص مفهوم جامع بهره‌وری آب که در بالا تشریح شد، نیز توجه‌ای نمی‌شود و هنوز همان تعریف کلاسیک و اولیه از آن، یعنی محصول بیشتر در هر قطره آب، در اذهان کارشناسان، مدیران، و بالطبع در سیاست‌ها و برنامه‌های تدوین و اجرا شده وجود دارد و از این طریق این مفهوم را به عنوان مفهومی معجزه‌گر و بدون شناخت لازم از روش و سازوکارهای کاربرد آن، برای حل بحران آب کشور، تلّقی و تجویز می‌نمایند.

گروه‌ها و جوامع فنی مختلف، نگرش متفاوتی به بحث بهره‌وری آب دارند. واژه بهره‌وری آب به نسبت منافع خالص (به عنوان مثال از محصولات زراعی، جنگلداری، شیلات، دام) به مقدار آب (چه مصرف شده یا برداشته شده از یک منبع) برای تولید این مزایا اشاره دارد. در گسترده‌ترین مفهوم آن، هدف تولید غذا، درآمد، معیشت و مزایای زیست‌محیطی بیشتر با هزینه اجتماعی و زیست‌محیطی کمتر به ازای هر واحد آب مصرفی را منعکس می‌کند (Molden et al., 2010). انتخاب صورت و مخرج کسر به مقیاس تحلیل و علاقه بازیگر و کاربر موضوع، بستگی دارد. بهره‌وری آب را می‌توان به صورت بهره‌وری فیزیکی و به عنوان مثال Kg/m^3 (نسبت کیلوگرم محصول کشاورزی تولیدی به مترمکعب مقدار آب مصرفی یا همان "محصول بیشتر در هر قطره") یا بهره وری اقتصادی یعنی دلار یا ریال بر متر مکعب ($\$/m^3$)، تعریف کرد. باید توجه داشت از آنجایی که این معیار بهره‌وری جزئی است، حداکثر کردن این معیار ممکن است با حداکثر کردن بازده و درآمد خالص کشاورز سازگار نباشد (Wichelns, 2015).

ضرورت نگرش چند رشته‌ای برای حل بحران کمبود آب، مستلزم تعریف و یا تبیین بدون ابهام واژه بهره‌وری است. سیاستگذاران باید آگاهی و روشنی کافی در اصطلاحی که به کار می‌برند، داشته باشند و تصوّرات نادرست اصطلاحات رایج به کار برده شده، مانند "صرفه‌جویی در مصرف آب"، را درک کنند. از دیدگاه سیاست عمومی و اجتماعی، مقیاس حوضه آبریز برای تجزیه و تحلیل اثرات راهکارها و هماهنگ کردن بین انگیزه‌ها، تمایلات، و منافع مختلف مورد نیاز است. برای پرداختن به نگرانی‌های مرتبط با درک اصطلاحات مدیریت آب (از جمله بهره وری آب)، یک چارچوب مشترک برای حسابداری منابع فیزیکی در مکان و زمان نیاز است. چارچوب حسابداری که در آن ارتباطات و راهکارهای مختلف ارائه شده برای بهره‌وری آب، در میان بخش‌ها و بازیگران مختلف، قابل ارزیابی باشد (Yu et al. 2021).

مسائل و چالش‌های پنهان کاربرد شاخص بهره‌وری آب

همانگونه که ملاحظه می‌شود رویکرد ملی به مفهوم بهره‌وری آب (تصویب‌نامه هیات وزیران)، نگاه بسیار ساده و کلاسیک به موضوع است که بسیاری از مسائل مدیریت و بهره‌وری آب در سطح ملی را در بر نمی‌گیرد. چالش اجرائی دیگر آن اتکاء این تعریف از بهره‌وری به واژه مبهم و تعریف نشده "تحویل آب مصرفی در زمان و مکان مورد تقاضا" و همچنین "تحویل آن با اندازه‌گیری و بر مبنای حجمی" است.

بر اساس ماده ۲۶ قانون افزایش بهره‌وری، وزارت نیرو مؤظف شده است که حداکثر یک سال پس از تصویب این قانون (در سال ۱۳۸۹)[۱] اقدامات لازم را برای تحویل حجمی آب به بهره‌برداران با اولویت تشکل‌های قانونی بخش کشاورزی، بر اساس سند ملی آب، ظرفیت تحمل مجاز حوضه‌های آبریز و با در نظر گرفتن شرایط اقتصادی، اجتماعی، زیست محیطی و فنی با اولویت‌های تعریف شده برای تخصیص آب کشاورزی را به عمل آورد. ملاحظه می‌شود که مبنای تصویب‌نامه هیأت وزیران (شماره ۸۳۱۱۵/ت/۴۷۴۴۷ هـ) در خصوص شاخص‌های بهره وری آب، بر مبنای متغیرهایی گذارده شده است که در شرایط فعلی و محتملا تا آینده‌ای دور زیرساخت لازم برای اجرای آن وجود ندارد و یا بر مبنای تجارب گذشته، حتی "اراده سیاسی"[۲] کافی برای اجرای این سیاست در کشور نیز وجود ندارد و پس از گذشت حدود ۱۳ سال از تصویب ماده ۲۶ قانون افزایش بهره‌وری، هنوز توفیق چندانی در این زمینه حاصل نشده است. همچنین پس از تصویب شاخص‌های بهره‌وری آب (نه فقط طبق قانون بعد از شش ماه پس از تصویب ماده ۲۵ قانون افزایش بهره‌وری، بلکه بعد از حدوود ۳۶ ماه از گذشت آن)، گزارش اقدامات اجرائی در خصوص این شاخص‌ها و نتایج حاصله به صورت شش ماهه به کمیسیون کشاورزی، آب و منابع طبیعی مجلس شورای اسلامی به صورت مستند تهیه نشده، یا مرتب ارسال نشده، بازخورد اصلاحی مناسبی در این زمینه تاکنون دریافت نشده، و یا به صورت رسمی منتشر نشده است.

چالش مقیاس در کاربرد راهکارهای بهبود بهره‌وری آب

طیف وسیعی از تمهیدات و راهکارها برای پرداختن به مسئله کمبود آب وجود دارد. بسیاری از آنها مستقیماً به موضوع مدیریت آب در مقیاس‌های مختلف گیاه، مزرعه، شبکه آبیاری، و حوضه آبریز مربوط می‌شوند. بنابراین طراحی و انتخاب راهکارهای مؤثر برای مدیریت مناسب آب، موضوعی چالشی است که با اهداف و انگیزه‌های متفاوتی که بازیگران[۳] مختلف ممکن است داشته باشند، پیچیدگی سیستم‌ها، و مقیاس‌های متعددی که این تمهیدات در آنها انجام می‌شود، بستگی دارد.

بسته به بازیگران مختلف (مثلا کشاورز، مدیر حوضه، بخش محیط زیست، دولت، خانوار، بخش خصوصی)، کاهش یا تعدیل بحران کمبود آب ممکن است هدف اصلی نباشد و مردم و جوامع محلی ممکن است بیشینه شدن درآمد مزرعه و در دسترس بودن غذای محلی را هدف اصلی خود قرار داده باشند. یا در مورد "محیط زیست" ممکن است هدف کند کردن روند کاهش منابع آب و کاهش اثرات آن بر ارائه خدمات زیست بوم باشد. همچنین دولت‌های ملی (استان‌های و اقع در یک حوضه) ممکن است هدفشان تحریک اثرات بر رشد اقتصادی و ایجاد اشتغال باشد. به این ترتیب، بازیگران مختلف ممکن است دنبال طیف وسیعی از تمهیدات و مداخلات در بحث مدیریت آب باشند که برخی از آنها ممکن است مستقیماً مرتبط با آب هم نباشند (مانند برنامه‌های آموزشی شغلی در بخش‌های دیگر، واردات مواد غذایی، ترویج سایر صنایع با پتانسیل رشد بیشتر، برنامه‌های حفاظت اجتماعی، برنامه‌های حفاظت از محیط زیست، و غیره) (Yu et al., 2021). در خصوص موضوع خاص بهره‌وری آب، تمهیدات و مداخلات ممکن است اهداف متفاوتی داشته باشند (Giordano et al., 2017). باید دید این مداخلات و راهکارهای مرتبط با افزایش بهره‌وری آب با چه هدفی هستند. آیا هدف آنها افزایش تولیدات کشاورزی، کاهش مصرف آب کشاورزی، افزایش درآمد در سطح مزرعه، کاهش فقر و نابرابری، و یا در دسترس قرار دادن آب بیشتر برای مصرف-کنندگان پایین دست است. لذا سیاستگذاران عمومی با همکاری ذینفعان، باید اهداف عالیه خود را مشخص کرده و چگونگی حمایت و پشتیبانی مداخلات و راهکارهای بهبود بهره‌وری آب در تأمین این اهداف را شناسایی و تعیین کنند. همچنین به این موضوع واقف باشند که بازیگران مختلف ممکن است اهداف متفاوتی داشته باشند که بعضا با هم متضاد و یا می‌توانند مکمل یکدیگر باشند. لذا مبادلات و بده بستان[۴] در این شرایط اجتناب‌ناپذیر خواهد بود.

با توجه به مباحث فوق و بر اساس شواهد، در بحث بهبود بهره‌وری آب در کشور، اهداف و اقدامات مدّ نظر بیشتر بر افزایش غذا و امنیت غذائی از طریق افزایش تولیدات کشاورزی، و افزایش درآمد کشاورزان گذارده شده است. این تاکید به خوبی در قانون افزایش بهره‌وری بخش کشاورزی و منابع طبیعی (به خصوص مواد قانونی ۲، ۳، ۶، ۹، ۱۴، ۱۸، ۳۱، ۳۲، ۲۵، و ۳۵) نیز متجلّی است. به عنوان نمونه نتیجه اقدامات اجرای این قانون (با فرض اجرای کامل و مناسب) در خصوص کاهش مصرف آب کشاورزی، توزیع مناسب آب و کاهش فقر و نابرابری، و در دسترس قرار گرفتن آب بیشتر برای مصرف‌کنندگان پایین دست و زیست‌بوم‌ها، موفق آمیز نبوده است. مدعای

---

۱. قانون افزایش بهره‌وری بخش کشاورزی و منابع طبیعی مشتمل بر ۳۵ ماده و ۳۶ تبصره در جلسه علنی روز چهارشنبه مورخ ۱۳۸۹/۴/۲۳ مجلس شورای اسلامی تصویب و در تاریخ ۱۳۸۹/۵/۶ به تأیید شورای نگهبان رسید.

2. Political will
3. Actors
4. Trade-Off

آن نیز به عنوان نمونه، خشکیدگی دریاچه ارومیه، بروز مناقشات و بحران آب در مناطق پائین دست حوضه آبریز زاینده رود، و خشکیدگی و یا کمبود آب برای اکثر تالاب‌های کشور و موارد مشابه دیگر بوده است.

تاثیرات تغییر یا جابجایی در مصرف آب، به مقیاس کار بستگی دارد. هر مداخله و یا ارائه راهکار برای بهبود بهره‌وری آب، به صورت اجتناب ناپذیری بر برخی از اجزای بیلان و حسابداری آب تأثیر خواهد داشت. بنابراین در ارزیابی اثرات راهکارهای بهبود بهره‌وری آب، مقیاس دیدگاه انتخاب شده (مزرعه یا حوضه) بسیار مهم است و باید هنگام ارزیابی مداخلات در نظر گرفته شود. بنابراین نگرش به بهره‌وری آب برای اندازه‌گیری و کاربرد آن، می‌تواند بسته به معیارهای مقیاس مورد علاقه، مرزهای سیستم، و بازیگران، به روش‌های مختلف انجام گیرد.

درک این مقیاس‌های مختلف و توجه به آنها مهم است. زیرا اثرات یک راهکار یا مداخله ممکن است در مقیاس‌های فضایی چندگانه، به صورت خواسته و یا ناخواسته رخ دهد. نمونه معروف آن برای مثال، کاربرد فن‌آوری‌های مدرن آبیاری (نظیر آبیاری‌های تحت فشار) است که به عنوان سامانه‌های آبیاری با قابلیت‌های صرفه‌جوئی آب، افزایش راندمان آبیاری، و بهبود بهره‌وری آب، معروف شده و در کشورهای جهان و از جمله کشور ایران، توسعه زیادی یافته‌اند. در حالی که نتایج بسیاری از مطالعات (نظیر Molden, 1997;Murray-Rust et., al., 2004; Perry, 2011) نشان می‌دهد که "صرفه‌جویی" آب در مقیاس کشاورز (مزرعه) یا مقیاس سامانه/شبکه آبیاری ممکن است به صرفه‌جویی آب برای سایر بازیگران در مقیاس بزرگ‌تر یعنی حوضه آبریز، منجر نشود و حتی به مصرف بیشتر آب در مقیاس حوضه نیز منجر شود. یعنی بروز پدیده‌ای که در منابع علمی به آن پدیده "اثر بازگشتی"[1] آب (Berbel et al., 2015; Xu et al., 2021) گفته می‌شود. فناوری‌های مدرن آبیاری که راندمان آبیاری را افزایش می‌دهند، در شرایطی که تخصیص‌ها کنترل نشوند و نظام بهره‌برداری آبیاری از کارآمدی لازم برخوردار نباشند، می‌تواند خود عاملی برای افزایش مصرف آب مزرعه از طریق افزایش سطح زیر کشت و تغییر الگوی کشت به محصولات پر آب‌برتر (نشست امنیت آب و غذا، ۱۳۹۶)، و در نهایت مصرف بیشتر آب و به خصوص افزایش برداشت از منابع آب‌های زیرزمینی، شوند (Grafton et al., 2018). پدیده ای که می توان آن را پارادوکس بهبود بهره‌وری آب نامید (Yu et al., 2021).

بهبود بهره‌وری آب شرط لازم ولی ناکافی در حل بحران آب

هدف سیاستی افزایش تولید کشاورزی باید با هدف جدید حفاظت از آب متعادل و هماهنگ شود. مداخلات و راهکارهایی که در ابتدا و در فاز توسعه بر مداخلات مهندسی و فناوری برای گسترش منابع آب کشاورزی متمرکز شده بودند، باید به‌طور فزاینده‌ای بر راهکارهای مدیریت تقاضا و گزینه‌های "بازتخصیص"[2] تمرکز نموده و همچنانکه اقتصاد آب رشد و بلوغ می‌یابد، سیاست‌ها و ترتیبات سازمانی مربوط به "زمینه خاص"[3] را توسعه دهد.

ورود و جاری‌سازی بحث بازتخصیص آب[4] در مدیریت آب کشور و به خصوص در بحث بهره‌وری آب، خوشبختانه اخیرا تا حدی در کشور کلیک خورده است. در تفاهم‌نامه سند بهره‌وری آب کشاورزی[5]، گام‌های عملیاتی مختلفی برای ارتقای بهره‌وری آب و با در نظر گرفتن پایداری و صرفه‌جوئی واقعی آب، در نظر گرفته شده است. گام اول آن شامل سه مرحله و اقدام است که مورد اول آن به بحث بازتخصیص آب پرداخته و هدف آن به صورت زیر تعریف شده است (نشست هم‌اندیشی باز تخصیص آب، ۱۴۰۲): "تعیین مقدار آب بازتخصیص یا صرفه جوئی و اولویت تعیین تخصیص‌های جدید توام با تهیه سند و برنامه بهره‌وری و انجام اقدامات مؤثر (اجتماعی، اقتصادی، فنی، فناوری و زراعی) و انتظار از تحقق صرفه‌جوئی واقعی، انتخاب مقیاس مکانی و زمانی صرفه‌جوئی، انتخاب فناوری و ابزار مقدار صرفه‌جوئی شده و نظام استمرار آن و لزوما بازنگری‌های مورد نیاز".

با افزایش کم‌آبی، تلاش‌های مستمر برای بهبود بهره‌وری آب کشاورزی باید فراتر از رویکرد محصول در هر قطره حرکت کند. زیرا

---

1. Rebound effect
2. Re-allocation
3. Context specific

۴. باز تخصیص (اصلاح تخصیص) آب بنا به تعریف عبارت است از "جابجائی یا تغییر میزان تخصیص آب بین بخش‌های مختلف مصرف که به هر نحو دارای مجوز تخصیص آب بوده‌اند و آن در زمانی انجام می‌شود که تخصیص فعلی از لحاظ فیزیکی غیر ممکن، از لحاظ اقتصادی غیر کارا و یا از منظر اجتماعی و یا محیط زیستی غیر قابل قبول باشد. همچنین باز تخصیص آب می‌تواند ناشی از تغییر در آب قابل برنامه‌ریزی در طول زمان متاثر از تغییرات آب و هوائی و هیدرولوژیکی حوضه آبریز باشد (کیانی، ۱۴۰۲)

۵ . تفاهم‌نامه (دو جانبه) سند بهره‌وری آب کشاورزی به ابتکار مرکز ملی مطالعات راهبردی کشاورزی و آب اتاق بازرگانی ایران تهیه و در تاریخ ۱۳۹۷/۹/۲۸ (به شماره ۱۰/۱/۱۱۱۶۱/ص) به امضاء وزیر جهاد کشاورزی وقت و رئیس اتاق بازرگانی ایران رسید. پس از نظرخواهی از دستگاه‌های مختلف و بازنگری‌ها، این تفاهم‌نامه به صورت سه جانبه تهیه و در تاریخ ۱۴۰۰/۶/۲ (به شماره ۱۰/۱/۵۱۱۹/ص) به امضاء وزرای وقت نیرو و جهاد کشاورزی و رئیس اتاق بازرگانی ایران رسید.

در بسیاری از شرایط این رویکرد ناکافی و گاهی اوقات معکوس عمل می‌نماید و تلاش غیرمولدی برای انطباق مدیریت آب کشاورزی با اقتصاد آب در حال رشد است. لذا باید چارچوب اقتصاد آب متغیر را در این زمینه به کار گرفت. از طرفی تمام مداخلات و راهکارهای بهبود بهره‌وری آب (سیاست‌گذاری یا فنی) در عمل فعالیت‌ها و اقدامات اجتماعی هستند که با انسان (کشاورزان و کارشناسان) سروکار دارند. از آنجایی که تغییرات در رفتار انسان محتمل است، لذا نتایج پیش‌بینی شده و مورد انتظار هرگز قطعی نیستند. بنابراین نیاز است تا ارزیابی‌ها و پایش‌های مکرر در طول اجرای برنامه‌های بهبود بهره‌وری آب انجام شود. یادگیری و ظرفیت‌سازی در حین اجرای واقعی و در سطح وسیع برنامه‌ها اجتناب ناپذیر بوده و باید به طور گسترده انجام و جاری‌سازی شده تا شانس بیشتری برای موفقیت در برنامه‌ها حاصل شود.

با توجه به آنکه اقتصاد آب در علم مدیریت آب جای خود را دارد باز می‌نماید و در حال جاری شدن و بلوغ است، لذا نیاز است تا در طراحی مداخلات و راهکارهای بهبود بهره‌وری آب، زمینه‌ها و چارچوب‌های هیدرولوژیکی، سیاستی و نهادی محلی، لحاظ شوند. علاوه بر این، سیاست‌ها و مداخلات نهادی خاص-زمینه[1] اهمیت فزاینده‌ای پیدا کرده‌اند. این بدان معناست که پیش ارزیابی‌های بهتر و بیشتر باید برای برآورد هزینه‌ها و منافع اقتصادی و مالی و همچنین اثرات مرتبط با آب گزینه‌های مختلف، انجام شود. همچنین باید بر ارزیابی‌های پس از اجرای راهکارها، برای ارزیابی فرآیندها و نتایج اجرا در راستای اهداف اساسی کار، تاکید شود. این ارزیابی‌ها به ارائه اطلاعات لازم برای تصمیم‌گیرندگان در بخش‌های دولتی و خصوصی کمک زیادی می‌کند.

در مناطق با بحران کم آبی، بحث مدیریت آب باید فوراً فراتر از مسائل صرف مربوط به افزایش بهره‌وری آب (مفهوم محصول در هر قطره) حرکت کند. تا هنگامی که کمبود آب رواج دارد، با افزایش راندمان آبیاری و بهبود بهره‌وری آب، تقاضا برای آب بیشترخواهد شد (Perry, 2018).

تجزیه و تحلیل‌ها از روش‌های اندازه‌گیری موجود بهره‌وری آب نشان می‌دهد که رویکردهای بهتر و جامع‌تری که الزامات یک اقتصاد آبی در حال رشد و بلوغ را، به ویژه در میان روش‌های قیاسی تأمین می‌نماید، در دسترس هستند. این روش‌ها به خوبی برای مسائل مربوط به زمینه خاص مناسب هستند و اغلب به طور مؤثری آن را یکپارچه می‌کنند. راهکارهای بهره‌وری چند عاملی[2] متمرکز بر آب که دربردارنده هزینه‌های فرصت نهاده‌های غیرآبی است و در اکثر روش‌های قیاسی ملحوظ هستند، می‌تواند به طور گسترده‌تری مورد بحث و استفاده قرار گیرند. کاربرد روش‌های چند عاملی ممکن است به منابع، زمان و مهارت‌های بیشتری نسبت به معیارهای بهره‌وری تک عاملی[3] معمول نیاز داشته باشند. ولی استفاده گسترده‌تر از این روش‌ها در بسیاری از موارد با توجه به بزرگی سرمایه‌گذاری‌های عمومی در حال انجام در اجرای راهکارها برای حل بحران کمبود آب و نیاز به انتخاب و اجرای عاقلانه آنها، منطقی می‌باشد (Scheierling and Tréguer, 2018).

سایر مسائل و چالش‌های مرتبط با درک و کاربرد شاخص بهره‌وری آب در عمل

چالش درک درست از شاخص از جنبه ارتباط صورت و مخرج کسر بهره‌وری آب

بر اساس تعریف شاخص بهره‌وری آب، صورت کسر آن تولید کشاورزی (کیلوگرم) و مخرج کسر آب مصرفی (متر مکعب) است. در صورت کسر می‌توان تقسیم‌بندی زیر را از عوامل دخیل در بهره‌وری آب؛ ارائه نمود: ۱- عوامل صرفا کاهنده/ افزاینده عملکرد محصول و غیر مرتبط با آب (Kg) نظیر: حاصلخیزی خاک (کود)، آفات و بیماری‌ها (سم)، تنش‌های محیطی (زنده و غیر زنده) غیر رطوبتی (گرما و تنش حرارتی، آفات و بیماری‌ها، علف‌های هرز، نوع رقم کشت شده (صرفا مقاوم به تنش‌های غیر آبی)، شوری خاک و غیره؛ و ۲- عوامل کاهنده/ افزاینده عملکرد مرتبط با آب (Kg-W) نظیر: تنش‌هایی رطوبتی اثر گذار بر عملکرد محصول که ضمناً منجر به کاهش/ افزایش آب مصرفی نیز می‌شوند (مانند: دور آبیاری، کفایت آبیاری، کشت ارقام مقام به تنش‌های رطوبتی، سیستم کشت، روش خاک‌ورزی و تهیه زمین، کاهش شوری خاک با آبشوئی، افزایش مواد آلی خاک برای افزایش قابلیت نگهداشت آب در خاک، کاربرد روش کشاورزی حفاظتی، و غیره.

مشابه صورت کسر، در مخرج کسر بهره‌وری آب نیز می‌توان تقسیم‌بندی زیر را از عوامل دخیل در بهره‌وری آب، ارائه نمود. یعنی عوامل کاهنده/افزاینده صرفا در حوزه آب مصرفی و کاربرد آب (صرفاً از نوع m^3): به عنوان نمونه شامل کلیه عوامل طراحی آبیاری، بهبود راندمان آبیاری، بافت و ساختمان خاک، عوامل مربوط به لایه (نیمرخ) خاک (بافت و ساختمان)، دبی ورودی، شیب مزرعه، میزان تسطیح

1. Context specific
2. Multifactor productivity
3. Single-factor productivity

خاک، نفوذپذیری، مسائل تخصیص و تحویل حجمی آب، نیاز آبی، آرایش کاشت، آبیاری یکی در میان، کشت روی پشته‌های عریض، و غیره.

سئوال و چالش اساسی در این زمینه آن است که آیا باید عوامل و مؤلفه‌های اثر گذار در صورت و مخرج کسر به صورت مجزا از یک دیگر دیده شوند (که در کشور معمولا اینگونه فرض و عمل می‌شود) و یا برای اثرگذاری بیشتر راهکارها و اقدامات بهبود بهره‌وری آب، باید سراغ عواملی رفت که در صورت و مخرج کسر با یکدیگر مرتبط هستند و ارتباطات داخلی دارند. به عنوان مثال استفاده به موقع و صحیح از کود و یا سموم دفع آفات، صرفا عملکرد محصول (صورت کسر) را افزایش داده و بر مخرج کسر بی تاثیر است. در واقع در این حالت (حالت شماره ۱) افزایش بهره‌وری صرفا با افزایش عملکرد اتفاق افتاده است و روی کاهش مصرف آب در مخرج کسر تاثیری نداشته است. ولی در صورت استفاده از ارقام گیاهی متحمل به تنش‌های رطوبتی و با عملکرد مناسب (حالت شماره ۲) ، ضمن آنکه عملکرد و یا صورت کسر افزایش می یابد، آب کمتری نیز برای تولید مصرف شده و همزمان مخرج کسر نیز کوچکتر می‌شود. لذا اثر گذاری این راهکار بسیار بیشتر و موثر تر از حالتی است که صرفا صورت کسر افزایش یابد. یا برعکس کاربرد راهکارهائی که صرفا باعث کاهش مصرف آب و کوچک شدن مخرج کسر می‌شوند (نظیر افزایش راندمان آبیاری) اگر تاثیر معنی‌داری بر عملکرد محصول نداشته باشند، علیرغم هزینه زیاد اجرای اینگونه راهکارها، باعث افزایش چشمگیری در بهبود بهره‌وری آب نخواهد شد. از طرفی دیگر قابلیت و امکان کاهش در مخرج کسر (کاهش آب مصرفی) محدود بوده و فضا برای کار زیاد نیست زیرا اثرات محیط زیستی زیادی (افزایش شوری خاک، کاهش جریانات برگشتی و غیره) ایجاد خواهد نمود. بنابراین برای بهبود بهره‌وری آب با هدف کاهش مؤثر مصارف آب، تمرکز بیشتر بر راهکارهای زراعی مرتبط با آب در صورت کسر (که افزایش آن محدودیت خاصی هم ندارد) یعنی حالت ۲ (Kg-w) و همچنین اجرا یا رعایت راهکارهای صرفا مدیریت عمومی آب در مخرج کسر (m^3) باید مد نظر قرار گیرد. یعنی راهکارهای مرتبط با مؤلفه‌های اثرگذار در صورت و مخرج کسر که ارتباط داخلی با هم دارند و به طور همزمان صورت کسر را افزایش و مخرج کسر را کاهش می‌دهند، باید انتخاب شوند تا اینکه صرفا افزایش عملکرد و آنهم با هر روشی انجام شود. در این حالت عملا افزایش بهره‌وری زمین[1] و نه افزایش بهره‌وری آب و صرفه‌جویی در آن اتفاق افتاده است. این حالت رویه‌ای بوده است که به عنوان نمونه در اجرا و حتی در مؤسسات تحقیقاتی زراعی تاکنون عمل می‌شده است و در معرفی و کشت ارقام پرمحصول فقط به عملکرد و پر محصول بودن آنها توجه شده بدون آنکه نیاز آبی آنها در نظر گرفته شود[2].

لذا سئوال و چالش اساسی در این زمینه آن است که آیا راهکارها و روش‌های صرف افزایش عملکرد و تولید محصول (Kg) را هم می‌توان راهکار افزایش بهره‌وری آب دانست و یا نه این راهکارهای زراعی باید به کاهش مصرف آب (با جلوگیری از تنش‌هایی که به تنش رطوبتی محصول و در نهایت افت عملکرد منجرمی‌شوند) (Kg-w) نیز کمک نموده و در انطباق با آن باشند. در حالت اول (۱– صورت کسر) بهره‌وری آب افزایش یافته ولی آب کمتری مصرف نشده است (مثلا مزرعه هندوانه یا سیب زمینی که امروزه در کشور با مصرف زیاد کود عملکردش دو برابر می‌شود). ولی در حالت دوم (۲–صورت کسر) ضمن افزایش عملکرد، مصرف آب نیز کاهش یافته است. توجه به این موضوع نقطه کلیدی در استفاده مناسب از شاخص بهره‌وری آب در اثرگذاری آن برای صرفه‌جویی و کاهش مصارف واقعی از آب است و همچنین کلید حل چالش جاری‌سازی[3] و تسرّی[4] مفهوم بهره‌وری آب به دیسیپلین‌های مختلف کشاورزی (زراعت، باغداری، دام، شیلات، مرتع، و جنگل)، می‌باشد.

بر اساس (Perry, 2018)، بهبود بهره‌وری آب از طریق کوچک شدن مخرج کسر بهره‌وری با روش‌هائی نظیر آبیاری مناسب، کاهش تلفات آب، توزیع مناسب آب، زمان بهتر آبیاری، در دسترس بودن بهتر آب برای گیاه و انطباق دقیق مقدار آب کاربردی با نیاز آبی گیاه (به خصوص با کاربرد روش‌های نوین آبیاری) و غیره، در نهایت امکان کاشت محصولات با نیاز آبی بیشتر و حساس‌تر به تنش‌های آبی را فراهم آورده و به طور معمول سبب تغییر الگوی کشت از محصولات کم آب‌بر (مانند غلات) به محصولات پر آب‌برتر ولی با ارزش اقتصادی بیشتر (نظیر توسعه باغات[5]) می‌شود. اما خدمات آبیاری و کاربرد مناسب آب تنها یکی از عوامل محدود کننده است. موارد دیگری مانند کاهش ریسک، میزان دسترسی به بازار، در دسترس بودن منابع مالی، بذر مناسب، وجود نیروی کار و وجود سایر نهاده‌ها (سم، کود، علف‌کش

---

1. Land productivity

۲. خوشبختانه این رویکرد در سال‌های اخیر در کشور مقداری تعدیل شده و با تغییر در سیاست‌های تحقیقات اصلاح و معرّفی ارقام زراعی، علاوه بر معیار عملکرد، معیارهای میزان مصرف آب و بهره وری آب در تحقیقات انتخاب ارقام و لاین‌های امید بخش و برتر گیاهان (به خصوص گندم و جو) لحاظ می‌شود.

3. Mainstreaming

4. Upscalling

۵. مانند آنچه عملا در حوضه دریاچه ارومیه اتفاق افتاد و به گسترش باغات سیب در منطقه منجر شد.

و غیره) نیز اهمیّت دارند و نباید گمان کرد که افزایش بهره‌وری آب (ارزش تولید در واحد آب مصرفی) به تنهایی نتیجه ارائه خدمات بهترآبیاری است. خدمات آبیاری بهتر می‌تواند نقطه شروع تغییر باشد؛ اما به شرطی که محدودیت‌های دیگر نیز مورد توجه قرار گیرند.

چالش مفهوم و تفسیر بهره‌وری آب در شرایط خارج از مدیریت انسانی

مفهوم، تفسیر و اندازه‌گیری بهره‌وری آب در تولیدات کشاورزی در شرایط متاثر و آسیب دیده از عوامل طبیعی و خارج از کنترل انسان نیز چالشی در کاربرد این مفهوم و شاخص در عمل است. به عنوان نمونه هدف و مفهوم بهره‌وری آب در مزرعه و یا باغی که دچار سرمازدگی، تگرگ و سایر بلایای طبیعی خارج از کنترل انسان شده و مثلا محصول آن نابود و یا به یک سوم تقلیل یافته، مشخص نیست. و یا در مورد دیگر مشخص نیست بهره‌وری آب در باغات میوه که تازه به ثمر نشسته‌اند چگونه باید محاسبه شود. آیا باید مقدار آبی که در سال‌های متمادی از غرص نهال تا بلوغ و به ثمر نشستن باغ صرف رشد درختان شده برای تعیین بهره‌وری آب باغ در آن سال مشخص که به بار نشسته و محصول اندکی نیز دارد، به حساب آورد و یا فقط آب صرف شده برای آبیاری و تولید محصول در آن سال خاص محاسبه شود. آیا از این شرایط و شرایط مشابه، نمی‌توان نتیجه گرفت که مفهوم بهره‌وری آب مرتبط با مدیریت انسان برای تولید بیشتر و استفاده کمتر از آب برای تولید است تا صرفا تقسیم ساده تولید و عملکرد به دست آمده بر آب مصرف شده توسط گیاه و مزرعه؟ این مفهوم و نتیجه‌گیری معمولا در ادبیات موضوع (به خصوص در بهره‌وری آب کشاورزی محصولات باغی و دیم) و سیاست‌های اجرائی دیده نشده و خیلی به آن توجه نمی‌شود.

چالش مقایسه مقادیر بهره‌وری آب در شرایط بیوفیزیکال و جغرافیایی و مدیریتی مختلف

در منابع علمی و گزارش‌های مختلف معمولا مقایسه‌ای بین مقادیر بهره‌وری آب کل محصولات کشاورزی و یا محصولی خاص در مناطق مختلف انجام می‌شود بدون آنکه به شرایط محیطی-زیستی[1] و جغرافیایی و مدیریتی مختلف که بهره‌وری آب در آن شرایط حاصل شده است اشاره‌ای شود و به دنبال آن نتیجه‌گیری‌هائی در خصوص موثر بودن راهکارها و عملیات انجام شده در ارتقاء بهره‌وری و موفقیت‌ها، ارائه می‌شود. در حالی که در ارائه مقدار بهره‌وری آب و پیرو بحث‌های قبلی، باید تمامی اطلاعات جانبی لازم برای مقایسه و تفسیر مقادیر ارائه شوند و دلائل ناکارآمدی[2] و کم و یا زیاد بودن بهره‌وری در کنار ارقام برای تفسیرهای لازم و ارائه گزینه‌های بهبود، ارائه شوند. به عنون نمونه روش آبیاری محصولات در میزان بهره‌وری آب بعضی محصولات خاص تأثیر به‌سزایی دارد. مثلاً بر اساس تحقیقات انجام شده، برای زعفران روش آبیاری زیرسطحی و روش لوله بارانی تأثیر زیادی در افزایش بهره‌وری آب این محصول دارد در حالی که در روش‌های معمولی آبیاری بهره‌وری آن بسیار کم‌تر است (اتاق بازرگانی، ۱۴۰۲)، لذا برای قضاوت در خصوص مدیریت آب و بهره‌وری آب این محصول، و سایر محصولات مشابه باید روش آبیاری در کنار عدد بهره‌وری آب حاصله نیز گزارش شود. همچنین به عنوان نمونه دیگر، در ارائه عملکرد آب مصرفی و میزان بهره‌وری آب محصولات کشاورزی نظیر گوجه‌فرنگی، ارقام و گونه‌های گوجه‌فرنگی نقش زیادی در تولید و بهره‌وری آب دارند که باید در گزارش ارقام بهره‌وری آب به آنها اشاره شود.

اطلاعات جانبی که باید به همراه عدد ارائه شده برای بهره‌وری آب گزارش شوند، به عنوان نمونه عبارتند از: ۱- موارد کلی نظیر سال ارائه گزارش و سال اندازه‌گیری نتایج عملکرد و آب مصرفی با توجه به متغیر بودن شرایط اقلیمی سالانه و عملکرد محصول، شرایط اندازه‌گیری (در سطح شرایط مزارع با مدیریت کشاورز و یا تحت شرایط مزارع تحقیقاتی یا پایلوت) ۲- عوامل محیطی-زیستی و محدودکننده تاثیرگذار: نظیر میزان شوری منابع آب و خاک؛ میزان حاصلخیزی خاک؛ ریسک‌های اقلیمی تأثیرگذار در تولید نظیر سرمازدگی، تنش‌های محیطی زنده و غیر زنده؛ شرایط زهداری خاک؛ و عمق لایه محدودکننده و سایر عوامل نامطلوب خاک وغیره. همچنین باید مشخص شوند مؤلفه‌های صورت و مخرج کسر از چه جنسی بوده و چگونه اندازه‌گیری شده‌اند.

لذا با توجه به موارد پتانسیل زیر که در صورت و مخرج کسر قرار می‌گیرد، گزارش مقدار ارائه شده ضمن ارائه واحد ابعادی معین باید حاوی اطلاعات مرتبط زیر در کنار عدد گزارش شده باشد، والا مقایسه ارقام بهره‌وری بعضا گمراه‌کننده بوده و نتیجه موثری نخواهد داشت. مشخص بودن اطلاعاتی نظیر:۱- صورت کسر بهره وری آب شامل: کیلوگرم محصول حاصله (عملکرد اقتصادی، عملکرد دانه (وزن تر یا خشک)، محصولات جانبی دارای ارزش اقتصادی (مثلاً کاه و یا کنجاله تولیدی)، کیفیت محصول تولیدی و ارزش غذایی آن، شرایط تولید (در شرایط فضای باز یا گلخانه)، و روش کاشت (کاشت بذر، نشاء هیدروپونیک، و غیره)؛ ۲- مخرج کسر بهره‌وری آب شامل: نوع آب

1. Bio-Physical
2. Sources of inefficiencies

(تبخیر و تعرّق، آب کاربردی (خالص، ناخالص)، حجم آب کاربردی برای آبشویی (اگر لحاظ شده)، لحاظ یا لحاظ نشدن بارش مؤثر، تأمین آب محصول (با آبیاری کامل یا آبیاری تکمیلی)، روش کشت و تأمین آب محصول (کشت بهاره یا پائیزه)، نیاز آبی مورد نیاز برای تأمین آب آبیاری در آزمایش‌ها (آیا مستقیماً و به روز [1] تعیین شده یا از داده‌های درازمدت (نظیر سند ملی استفاده شده است)، و مواردی مانند اینها.

بهره‌وری آب در تولید محصولات کشاورزی از عواملی همچون اقلیم، آب و هوا، گیاه، خاک، مدیریت آبیاری، عوامل زراعی و مدیریت مزرعه، عوامل اقتصادی–اجتماعی، دانش و تجربه کشاورز و غیره تاثیر می‌پذیرد که تعدادی از این عوامل مدیریت‌پذیر هستند. در گروه‌های مختلف (۳ گروه) پژوهش‌های بهره‌وری آب، آنها بیشتر جزء ابتدا و انتهای زنجیره تولید را لحاظ نموده و کمّی‌سازی اثر تمام اجزای زنجیره تولید مد نظر قرار نگرفته است. همچنین ملاک‌هائی برای تعمیم نتایج حاصله در یک منطقه به شرایط دیگر و مقایسه و ارزیابی وضعیت شاخص بهره‌وری آب در شرایط مختلف وجود ندارد و لذا باید شاخص‌های جدیدی تدوین شود (عزیزی زهان و همکاران (۱۳۹۸).

بر اساس حیدری (۱۴۰۰) میزان بهره‌وری آب محصولات کشاورزی متأثر از عوامل بیوفیزیکال و انسانی (مدیریتی) زیادی است و در کشورها و مناطق مختلف این عوامل با شدت و ضعف‌های مختلف وجود دارند. لذا مقایسه مقادیر بهره‌وری آب، زمانی کامل و از نظر اقدامات مورد نیاز برای بهبود آن اثر بخش خواهد بود که به عوامل کاهنده آن و یا منابع ناکارآمدی آن نیز توجه شود. همچنین در گزارش‌های به روش تعیین بهره‌وری آب و شرایط اندازه‌گیری آن باید اشاره شود تا نتایج بهتر قابل مقایسه باشند. به این موضوع مهم متاسفانه در اکثر مطالعات انجام شده در کشور و حتی جهان توجه نشده و یا اصلا گزارش نمی‌شوند. در واقع مقدار بهره‌وری آب یک عدد ساده جبری نیست که با مقدار به دست آمده در یک منطقه دیگر به راحتی قابل مقایسه و تجزیه و تحلیل باشد.

چالش بهره‌وری فیزیکی یا بهره‌وری اقتصادی و انتخاب شاخص مطلوب برای سیاست‌گذاری

انتخاب شاخص مناسب بهره‌وری آب برای سیاست‌گذاری در تخصیص آب به کشت‌های مختلف و اصلاح الگوی کشت و در واقع اصلاح الگوی مصرف آب حائز اهمیت است. با توجه به مثال‌های زیر مشخص می‌شود که این موضوع بسیار چالشی و انتخاب شاخص بهره‌وری فیزیکی و یا اقتصادی محصولات به عنوان معیاری در این زمینه بسیار سردرگم کننده است.

همانگونه که قبلا نیز تشریح شد، بهره‌وری فیزیکی آب می‌تواند به صورت عملکرد اقتصادی و قابل ارائه به بازار، میزان کالری، انرژی، پروتئین، و ماده گیاهی محصول تولید شده به ازای واحد آب مصرفی برای این ستانده‌ها، تعریف شود. همانند بحث قبلی، نباید به عدد شاخص بهره‌وری فیزیکی آب به شکل یک عدد جبری صرف نگریست. به عنوان نمونه و به عنوان مقادیر حدی، اگر صرفا کیلوگرم محصول تولیدی معیار باشد، کشت هندوانه با بهره وری آب ۷/۸ کیلوگرم بر مترمکعب (باغانی و همکاران، ۱۴۰۰) بر کشت گندم با بهره‌وری آب (۰/۷۸ کیلوگرم بر متر مکعب (طاهری و همکاران، ۱۳۹۹ و باغانی و همکاران، ۱۳۹۷)، ارجح است. در حالی که اگر پروتئین تولیدی ملاک تعیین بهره‌وری آب قرار گیرد، در آن موقع تولید گندم و یا حتی محصولات دامی (علیرغم آب مجازی زیاد آنها ولی به دلیل تولید پروتئین و انرژی زیاد) بر تولید هندوانه ارجحیت خواهند داشت.

بحث بالا در بهره‌وری آب محصولات دامی[2] نیز مطرح است. یعنی بر اساس معیار ظاهری آب مصرفی و بهره‌وری آب در تولید علوفه برای تولید محصولات دامی، ادعا می‌شود محصولات دامی دارای آب مجازی زیاد و بهره‌وری آب کم و مصرف کننده زیاد منابع آب هستند. در حالی که اگر پیرو بحث قبلی با رویکرد تولید پروتئین و انرژی در صورت کسر بهره‌وری به موضوع نگاه شود، شاید اینگونه نباشد و این محصولات ارزش غذایی بیشتری نسبت به محصولات صرفا دارای تولید و عملکرد زیاد (نظیر همان مثال عملکرد و بهره‌وری آب هندوانه) داشته باشند. در سال‌های اخیر این تفکّر که تولیدات دامی به ظاهر بهره‌وری آب کم (و یا در واقع محتوی آب مجازی زیادی) دارند و لذا از نقطه نظر استفاده بهینه از منابع آب در شرایط کم آبی مطلوب نمی‌باشند، به چالش کشیده شده است (حیدری، ۱۳۹۸).

اگر ارزش اقتصادی محصول مد نظر قرار گیرد، تولید زعفران و پسته با بهره‌وری فیزیکی آب بسیار کم (۰/۲۴کیلوگرم بر متر مکعب برای پسته (موسوی فضل و همکاران، ۱۳۹۹)) ولی با بهره‌وری اقتصادی آب بسیار زیاد بر تولید بسیاری از محصولات کشاورزی ارجحیت خواهد داشت. در حالی که ارزش اقتصادی و بهره‌وری اقتصادی آب زیاد این محصولات (به خصوص پسته) که در مناطق با بحران آب زیرزمینی کشت می‌شوند، نه تنها به بهبود شرایط و صرفه‌جوئی آب منجر نشده است، بلکه به دلیل این ارزش اقتصادی زیاد، به تغییر الگوی کشت و حتی توسعه کشت این محصولات نیز دامن زده است.

---

1. Real time
2. Livestock Water Productivity

در نمونه دیگر و در خصوص معیار قرار گرفتن شاخص بهره‌وری اقتصادی آب، با توجه به بهره‌وری اقتصادی آب زیاد محصول برنج، در نتایج تحقیقات مؤسسه بین‌المللی ایومی (IWMI)[1] در حوضه آبریز زاینده رود، توصیه شده است که اگر افزایش بهره‌وری اقتصادی آب در مقیاس حوضه آبریز ملاک عمل باشد، علیرغم بهره‌وری فیزیکی آب کم برنج (۰/۵۷ کیلوگرم بر متر مکعب (یزدانی و همکاران، ۱۴۰۰)) ولی به دلیل بهره‌وری اقتصادی آب زیاد برنج، کشت این محصول در این حوضه آبریز توصیه می‌شود و نباید جلوی کشت آن را گرفت (Murray-Rust et al., 2004). البته این نتیجه‌گیری در زمان خود اعتراض زیادی به دنبال داشت و حتی با توجه به کمبود منابع آب در کشور، بر اساس پیشنهاد وزارت نیرو و تصویب هیئت وزیران، کشت این محصول در کشور، به استثنای مناطق شمالی، از سال ۱۳۹۷ممنوع شد. البته با توجه به ارزش اقتصادی زیاد این محصول و هم بی اثر شدن مصوبه هیئت وزیران با آوردن تبصره‌های مختلف در آن[2]، این قانون عملا رعایت نشده و کشت برنج در استان‌های خشک که به صورت سنتی از قدیم کشت برنج در آنها رایج بوده است (نظیر استان‌های خوزستان، فارس، اصفهان، و حتی اخیرا در مناطقی از استان‌های خشک دیگر که به آب کافی دسترسی دارند)، با نوساناتی در سطح زیر کشت، همانند سابق رواج دارد.

تعیین و ارزیابی بهره‌وری آب محصولات مختلف در کشور باید در نهایت نقشه راه اطلاعات و سیاست‌گذاری لازم برای تدوین و تعیین الگوی کشت متناسب با شرایط اقلیمی در کشور را فراهم کند. در حالی که این‌چنین بررسی یا در کشور انجام نشده است و عملا با این شاخص قضاوت نهایی نیز در این زمینه نمی‌توان نمود. لذا پیرو بحث قبلی، یعنی مثلا بهره‌وری آب بر اساس پروتئین تولیدی یا صرفاً کیلوگرم محصول تولید شده، استفاده مستقیم از این شاخص در انتخاب الگوی کشت و تعیین سطح زیر کشت محصولات کشاورزی، باعث سردرگمی در کار شده و الگوی کشت مطلوب برای شرایط بحران آب کشور را نمی‌توان تنها با تکیه بر این شاخص تعیین نمود.

همچنین مرزبندی استانی در ارائه مقادیر بهره‌وری آب محصولات به تفکیک استان‌های مختلف که بعضا در گزارش‌های مختلف دیده می‌شود، گمراه‌کننده است. به عنوان نمونه و بر اساس نتایج طرح ملی اندازه‌گیری آب مصرفی محصولات زراعی و باغی مختلف[3]، برای آب مصرفی گوجه‌فرنگی (و بالطبع بهره‌وری آب محصول)، در دو استان هرمزگان و بوشهر، ۵۰ درصد تفاوت وجود دارد. در حالی که شرایط آب و خاک، اقلیم، تاریخ کاشت و سایر عملیات کشاورزی در شرایط کشت مزرعه‌ای این محصول در این دو استان تقریباً یکسان هستند. لذا مرزهای جغرافیایی سیاسی نمی‌توانند اختلاف معنی‌داری در بهره‌وری آب ایجاد نموده باشند و بلکه شرایط مدیریت کشاورز قطعا تأثیرگذار بوده است. از آن جائی که تغییرات بهره‌وری در مناطق و استان‌های مختلف کشور زیاد است و تعداد نمونه‌های مورد اندازه‌گیری به دلایل محدودیت‌های اقتصادی، نیروی انسانی، زمان و غیره محدود و کم شمار هستند، لذا پیشنهاد شده است که جمع‌بندی و ارائه نتایج بهره‌وری آب هر محصول صرفاً در مقیاس ملی باشد (اتاق بازرگانی، ۱۴۰۲).

در تعیین شاخص بهره‌وری اقتصادی آب، باید نگاه ملی داشت و ارزش آب با سودی که صرفاً نصیب کشاورزان شده نباید نگریسته و بلکه باید سود در مقیاس ملی مدّ نظر باشد (اتاق بازرگانی، ۱۴۰۲). به عنوان نمونه کشت پسته علیرغم بهره‌وری اقتصادی آب بسیار زیاد آن، ضررهای زیادی به منابع آب زیرزمینی و محیط زیست مناطق خشک و کویری کشور می‌زند. یا کشت هندوانه علیرغم بهره وری فیزیکی آب زیاد (و حتی بهره‌وری آب اقتصادی زیاد در شرایط صدور آن به کشورهای همسایه) منجر به افت زیاد آب زیرزمینی در مناطق تحت کشت و به خصوص استان همدان و مسائل و خسارات ملی ناشی از فرو نشست زمین شده است.

تمام بحث‌های فوق حاکی از آن است که در تصمیم‌سازی‌های آب و تولید محصولات کشاورزی، صرفاً استفاده از شاخص بهره‌وری آب به عنوان معیار اصلی، پیچیدگی و سردرگمی زیادی ایجاد می‌نماید و صرف مزیت نسبی و درآمد زیاد و بهره‌وری فیزیکی و حتی اقتصادی آب زیاد، نمی‌تواند صرفاً و به تنهایی معیار مدیریت آب و انتخاب الگوی کشت مناسب محصولات در مناطق مختلف باشد. در واقع در اینجا شناخت مقدار شاخص بهره‌وری آب محصولات در مناطق، شرط لازم برای مدیریت آب هست ولی شرط کافی نیست. لذا با توجه به سیاست‌ها و اهداف عالیه تولید، حفظ آب، امنیت غذائی، اشتغال، ایجاد درآمد ارزی و غیره درکشور و بسته به هدف مورد نظر،

---

1. International Water Management Institute

۲. بر اساس بند ۱ مصوبه هیئت وزیران (شماره ۱۰۷۸۰۲/ت ۵۵۸۶۸ هـــ مورخ ۱۳۹۷/۸/۱۵) کشت برنج بر اساس الگوی کشت وزارت جهاد کشاورزی صرفا در استان‌های گیلان و مازندران مجاز است. البته بر اساس تبصره همین بند، خشکه کاری برنج در خارج از استان‌های گیلان و مازندران مشروط به آبیاری تحت فشار و نصب کنتور توسط متقاضی و یا تحویل حجمی و استفاده از حداکثر ۷۰۰۰ متر مکعب آب در هکتار در یک دوره کشت، با تایید مشترک جهاد کشاورزی و شرکت آب منطقه‌ای استان، مجاز است. البته در تاریخ ۱۳۹۹/۳/۷ اصلاحاتی در تبصره ۱ (به عنوان تبصره ۲) در خصوص معافیت‌هائی برای کشت برنج در استان خوزستان، در این مصوبه انجام شد.

۳. این طرح بزرگ ملی توسط مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی و به سفارش معاونت آب و خاک وزارت جهاد کشاورزی در سال ۱۳۹۵ اجرای آن آغاز و نتایج نهایی آن در سال ۱۴۰۰ به صورت گزارشات محصولی مختلف و گزارش سنتز به کارفرما ارائه گردید.

می‌توان از شاخص بهره‌وری آب استفاده‌ها و تفسیرهای مختلف را نمود که به نوعی برای این شاخص یک نقطه ضعف و کاستی از نظر معیار شاخص بودن است.

چالش بهره‌وری آب در مقیاس حوضه آبریز[1]

بر اساس تعریف، بهره‌وری آب به صورت عام و در مقیاس بزرگی نظیر زیر حوضه‌ها و یا کل یک حوضه آبریز، عبارت است میزان و یا ارزش کالاها و خدمات تولید شده توسط سیستم‌های تولید کشاورزی مختلف به واحد آب مصرفی به کار رفته در تولید این کالاها و خدمات (Molden, 1997 ;Molden. and Sakthivadive, 1999).

معیارهای ارزیابی بهره‌وری آب حوضه به‌صورت زیر تبیین و معرفی می‌شوند: درآمد (خالص یا ناخالص، متوسط یا حاشیه‌ای[2])، ایجاد اشتغال، عدالت و برابری، ارزآوری، وحفظ تنوع زیستی. در واقع در تعیین بهره‌وری آب حوضه باید به مسائل تولید و بهره‌وری آب گیاه و مزرعه، تولیدات دامی و روش ارزیابی بهره‌وری آب دامی، و مشارکت زیست‌بوم‌های آبی و آبزی‌پروری در بهبود بهره‌وری آب توجه نمود.

به دلیل نیاز به آمار و ارقام زیاد و صحیح از مصرف آب، مقدار آب بازچرخانی شده و مقدار تولیدات مختلف کشاورزی حاصل از دام، مرتع، کشاورزی آبی، آبزیان و غیره، تعیین بهره‌وری آب در این مقیاس دارای چالش‌های زیادی است و شاید به همین دلیل مطالعات انجام شده در خصوص موضوع در کشور و حتی در جهان کم شمار هستند.

در خصوص افزایش بهره‌وری آّب کشاورزی در مقیاس حوضهٔ آبریز مسائل و سئوالات زیر مطرح هستند: ابعاد بهره‌وری آب حوضهٔ آبریز (شامل: سلامت و رفاه انسان، شرایط مناسب اکولوژیکی و اهداف اجتماعی)، ضرورت افزایش بهره‌وری آب در کشاورزی، چه راه‌کارها و تمهیداتی برای افزایش بهره‌وری آب حوضه لازمند، چگونه می‌توان از اطلاعات و ارزیابی‌های بهره‌وری آب، استفاده لازم را برد (کارگاه بهره‌وری آب، ۱۳۸۴). بر این اساس چالش‌های تعیین بهره‌وری آب در مقیاس حوضه آبریز عبارتند از[3]: تدوین روش‌شناسی استاندارد، فرآیندها و ابزار کار، چشم‌انداز و دورنما (محیط زیست و کشاورزی، زراعت، دام، مرتع، و غیره)، انتخاب سیستم‌های زراعی (آبی و دیم)؛ انتخاب خروجی و عملکرد (بیوماس، انرژی، و غیره)؛ کیفیت آب (غیرشور، لب‌شور، و شور)، مسائل و مشکلات مرتبط با ارزیابی بهره‌وری آب دامی، مشارکت زیست‌بوم‌های آبی و آبزی‌پروری در بهبود بهره‌وری آب و روش تعیین بهره‌وری آب در این سیستم‌ها، و ارزیابی بهره‌وری آب در تولید چوب و علوفه از جنگل‌ها و مراتع.

برای تعیین بهره‌وری آب در مقیاس حوضه آبریز، باید تولیدات حاصل از محصولات کشاورزی مختلف و همچنین سایر کاربری‌ها از اراضی مانند منافع حاصله از چرای دام نیز در نظر گرفته شود. بنابراین تغییر رویکرد بهره‌وری فیزیکی آب به بهره‌وری اقتصادی آب، در این شرایط اجتناب ناپذیر است. تخمین بهره‌وری اقتصادی آب نیز کار پیچیده‌ای است که نیازمند داده‌های مربوط به مصرف آب، تولید محصول و ارزش اقتصادی محصولات است که همگی در مقیاس‌های مشابه و یکسان باید در دسترس قرار گیرد.

همانند بسیاری از کشورهای در حال توسعه و یا توسعه نیافته، داده‌های مربوط به مصرف آب در کشور بر اساس مرزهای هیدرولوژیکی هستند و حال آنکه داده‌های تولیدی و اقتصادی بر اساس مرزهای اداری ارائه می‌شوند. این موضوع مشکلات عدم تطبیق مرزهای هیدرولوژیک و استانی را در برآورد بهره‌وری آب در مقیاس حوضه آبریز ایجاد می‌کند (Ahmad et al., 2009).

می‌توان اظهار نمود که بهره‌وری آب بر مبنای تبخیر و تعرق واقعی (Kg/ETa) که معمولا در مقیاس بزرگ مثل یک زیر حوضه و یا کل حوضه آبریز و توسط روش‌های تشریح شده فوق محاسبه می‌شود، برآوردی دقیق و قابل قبولی از بهره‌وری آب یک منطقه است. بهرحال چالش کاربرد این روش آن است که اطلاعاتی از نقش مدیریت کشاورزان و دلائل ناکارآمدی (یا کارآمدی) در مقدار بهره‌وری کم و یا محتملا زیاد حاصله به دست نمی‌دهد و معمولا صورت کسر آن عملکرد اقتصادی محصولات نیست و بلکه معمولا عملکرد رویشی و توده ماده گیاهی است. در حالت ارائه بهره‌وری اقتصادی در مقیاس حوضه آبریز نیز، با توجه به تغییرات قیمت ارز، و تقریب‌های زیاد در مقدار آب مصرفی به دلیل نبود اطلاعات کافی در محاسبه اجزای بیلان، مسائل و مشکلات در حسابداری آب، هزینه‌های فروش محصول

---

۱. این چالش بحث فنی وسیعی است که باید به تشریح آن در مقاله‌ای جداگانه‌ای پرداخت. بهرحال با توجه به حجم مقاله حاضر، در این قسمت رئوس و نکات مهم مرتبط، به صورت مختصر ارائه شده‌اند.

2. Marginal

۳. برگرفته از نتایج کارگاه تخصصی بین‌المللی محاسبهٔ بهره‌وری آب در مقیاس حوضهٔ آبریز. این این کارگاه با هدف اصلی توسعهٔ چارچوبی برای ارزیابی بهره‌وری آب کشاورزی در مقیاس حوضهٔ آبریز و به منظور استفاده از این چارچوب برای کاربرد نتایج آن برای داده‌های مزرعه‌ای و سایر نتایج حاصله در حوضهٔ آبریز کرخه، توسط مؤسسه بین‌المللی ایکاردا در شهر حلب کشور سوریه در تاریخ‌های ۱۵-۱۳ آوریل سال ۲۰۰۵، برگزار شد.

و هزینه‌های تأمین نهاده‌های تولید در بازار اقتصادی آشفته کشورهایی نظیر ایران معمولا نتیجه‌گیری سیاستی و کاربردی زیادی که قابل توصیه به بهره‌برداران و مدیران اجرایی بخش‌های کشاورزی و آب کشور باشد، نمی‌تواند از آن حاصل شود.

چالش شاخص بودن شاخص بهره‌وری آب

بر اساس تعریف، شاخص[1] وسیله و ابزاری برای بیان تغییرات و تحولات کمّی و کیفی پدیده مورد سنجش است. شاخص یک نشانگر آماری است که تغییرات یک متغیر را نسبت به زمان پایه نشان می‌دهد. (Baster, 1972). ویژگی‌های یک شاخص مطلوب عبارتند از(مجمع تشخیص مصلحت نظام ، ۱۳۸۹): ۱- مستند علمی داشته باشد، ۲- بیان کننده واقعیت‌ها باشد، ۳- به تحلیل نیاز نداشته باشد، ۴- سادگی محاسبات، ۵- سادگی و قابلیت درک، ۶- قابلیت تقسیم در سطوح مختلف کشوری، حوضه ای، و استانی و غیره، ۷- روایی یا اعتبار شاخص، ۸- واجد اهمیت بودن موضوع مورد سنجش، ۹- قابلیت ارائه چشم انداز، و ۱۰- قابل اندازه گیری بودن.

با توجه به ماهیّت شاخص بهره‌وری آب و حوزه کاری آن، می‌توان ادعا نمود که این شاخص در مورد ویژگی‌های شماره‌های ۳، ۶، و ۹ فوق، دارای نقص و کاستی است، ولی بقیه ویژگی‌ها را کم و بیش پوشش می‌دهد. یعنی این شاخص به تحلیل و ارائه گزارش لازم، و شرایط اندازه‌گیری و مقیاس کار بستگی داشته؛ مقدار معین آن قابلیت تقسیم و تعمیم به سطوح و مقیاس‌های مختلف را ندارد؛ و به تنهائی قابلیت ارائه چشم‌انداز برای تغییرات و سقف بهبود (نظیر شاخص راندمان آبیاری که سقف بهبود آن ۱۰۰ درصد است)، ندارد. از طرفی دیگر این شاخص بی‌بعد نیست و نمی‌تواند برای مقایسه مقادیر حاصله در شرایط اندازه‌گیری مختلف (نظیر شاخص راندمان آبیاری) مورد استفاده قرار گیرد. این نقیصه همچنین توسط عزیزی زهان و همکاران (۱۳۹۸). نیز اشاره شده و در تحقیق مذکور شاخص‌های بی‌بعد مرتبط از جنس شاخص بهره‌وری آب نظیر شاخص‌های پتانسیل بهره‌وری آب اقلیمی (PCWP)[2]، پتانسیل بهره‌وری آب اراضی (PLWP)[3]، بهره‌وری آب واقعی (AWP)[4]، شکاف بهره‌وری آب (WPG)[5]، شاخص مدیریت بهره‌وری آب (WPMI)[6]، و سطح مدیریت بهره‌وری آب (WPML)[7]، در تلاش برای رفع این کاستی تعریف و معرفی شده‌اند.

نتیجه‌گیری

مفهوم بهره‌وری آب با این هدف اولیه که مسائل تولید و افزایش عملکرد محصولات کشاورزی را در چارچوب میزان آب مصرفی دیده و به آن ارزش داده، تقریبا در دو دهه گذشته در کشور ارائه و تسرّی یافته است. در مقابل رویکرد قدیمی، یعنی معیار صرفاً افزایش عملکرد محصول در واحد سطح، قدمی رو به جلو در بهبود مدیریت منابع آب است. ولی نکته انحرافی موضوع، به خصوص در کشور ایران، در آن است که مفهوم و شاخص بهره‌وری آب به خوبی ادراک نشده و به تنهائی اتکاء زیادی به آن از لحاظ اثرگذاری زیاد آن بر صرفه‌جوئی آب در بخش کشاورزی شده است.

امروز با توجه به کاهش شدید منابع آب مسائل مدیریت آن بسیار پیچیده شده و با اتکاء صرف به یک شاخص و داشتن یک نگاه تک جانبه، نمی‌توان به طور مؤثری مسائل آب را مدیریت نمود. همانگونه که Gleick و همکاران (2011) اظهار نموده‌اند، با وجود تلاش‌ها برای یافتن پاسخ‌های ساده‌گرایانه و جهان شمول، هیچ راه حل ساده و سرراستی برای مدیریت آب وجود ندارد. علاوه بر بهبود بهره‌وری آب، گزینه‌های مختلفی نظیر آبخیزداری، آبخوان‌داری، استفاده تلفیقی از منابع آب، بازچرخانی و تخصیص آب، نمک زدایی منابع آب شور و غیره وجود دارند که بسته به شرایط در حوضه آبریز باید به‌کار گرفته شوند. بنابراین بسته به شرایط باید ترکیبی از راه حل‌های سمت تقاضا و عرضه بر اساس آنچه که از نظر هیدرولوژیکی، اقتصادی، اجتماعی و سیاستی امکان‌پذیر است، استفاده نمود. همچنین برای شناسایی فرصت‌های صرفه‌جویی در مصرف آب باید رویه‌های حسابداری مناسب آب را در نظر گرفت تا در کنار اقدامات برای بهبود بهره‌وری آب، اثرگذاری راهکارها و اقدامات مشخص شده و جهت‌دار شوند. این امر مستلزم داشتن یک رویکرد یکپارچه در سطح حوضه آبریز برای مدیریت پایدار آب است که اجازه می‌دهد تمام راه‌حل‌های چالش‌های آب به روشی سیستمی تجزیه و تحلیل و مقایسه شوند.

در این مقاله مسائل و چالش‌های پنهان کاربرد مفهوم و شاخص بهره‌وری آب در عمل، مورد بحث و تجزیه و تحلیل قرار گرفت. بر

---

1. Index
2. Potential Climatic Water Productivity
3. Potential Land Water Productivity
4. Actual Water Productivity
5. Water Productivity Gap
6. Water Productivity Management Index
7. Water Productivity Management Level

اساس نتایج، در استفاده از این مفهوم و شاخص به عنوان کلید حل مسائل بحران آب به خصوص در بخش کشاورزی کشور، بیش از اندازه بزرگنمایی شده است و به تنهائی و مستقیماً نمی‌تواند در حل مسائل مدیریت آب و برنامه‌ریزی و سیاستگذاری‌ها، از آن استفاده لازم به عمل آید. بهبود بهره‌وری آب شرط لازم در حل مسائل بحران آب می‌باشد ولی شرط کافی نیست. در بخش‌های مختلف مقاله، نقاط ضعف، کاستی‌ها، مسائل، و چالش‌های استفاده از مفهوم و کاربرد شاخص بهره‌وری آب بحث و تحلیل شد و مشخص گردید که مفهوم بهره‌وری آب مفهومی پیچیده بوده و شاخص مبین آن نیز پیچیدگی و مسائل پنهانی داشته و بسته به شرایط، تفسیرهای مختلفی می‌توان از آن نمود که با ماهیت تعریف یک نسبت و کسر به عنوان شاخص، تناقض دارد.

از مهمترین مسائل و چالش‌های کاربرد این شاخص در عمل موضوع فراهمی تمهیدات و زیرساخت‌های مورد نیاز (شرط کافی) برای کاربرد مؤثر آن و چگونگی اثرگذاری اقدامات و راهکار بهبود بهره‌وری آب در صرفه‌جوئی واقعی آب و جلوگیری از مصرف بیشتر آب و به اصطلاح وقوع پدیده"اثربازگشتی"، در نتیجه بهبود بهره‌وری آب در کشاورزی می‌باشد.

بحث‌های انتخاب شاخص بهره‌وری فیزیکی و یا اقتصادی آب برای سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی تولید محصولات کشاورزی از منابع آب محدود و همچنین انتخاب و تعیین بهره‌وری آب در مقیاس حوضه آبریز به عنوان بهره‌وری آب مورد استفاده برای سیاستگذاری و برنامه‌ریزی مدیریت آب در تولیدات کشاورزی و انتخاب الگوی کشت مناسب، نیز از مسائل چالشی مهم در کاربرد این شاخص در عمل می‌باشد که نیاز به مطالعه و بررسی‌های بیشتری دارد.

در پاسخ به این سئوال که آیا بهبود بهره‌وری آب می‌تواند راه حلی اساسی برای حل بحران آب کشور باشد و کشور را از این بحران نجات دهد، باید اذعان شود که پاسخ آن بستگی به انتخاب‌های دشواری دارد که سیاست‌گذاران باید در مورد منابع آب انجام دهند و همچنین برای راهکارها و مداخلات جامع مرتبط، باید زیرساخت‌های سخت‌افزاری، نرم‌افزاری، قانونی و سیاستی لازم (نظیر مباحث تحویل حجمی آب، حسابداری آب، جلوگیری از گسترش سطح زیر کشت، جلوگیری از تغییر الگوی کشت به محصولات آب بر، اصلاح و به روز رسانی قوانین و ایجاد ضمانت‌های اجرایی لازم برای قوانین مصوب، جامع نگری و داشتن نگاه حوضه‌ای و ملی، در نظرگرفتن مشارکت بهره‌برداران، تأمین منابع مالی لازم، و غیره)، تأمین و فراهم شده باشد. انجام این امر به دلیل اهداف و منافع متنوع بازیگران مختلف موضوع و مقیاس‌ها و سیستم‌های متعددی که استفاده از آب کشاورزی در آنها قرار گرفته، بسیار پیچیده بوده و انجام تمامی آنها شاید در کوتاه مدت عملی نباشد.

در خصوص مسائل بهبود بهره‌وری آب و تعیین مقدار آن برای محصولات مختلف کشاورزی در سطح مزرعه و حتی مقیاس ملی، تحقیقات و گزارش‌های مطالعاتی مختلف و متنابهی در سال‌های اخیر در کشور انجام و نتایج آن ارائه شده است. در واقع برای بخش شرط لازم کار، فعالیت‌های نسبتا زیادی انجام شده است، ولی در خصوص مسائل و چالش‌های پنهان کار و چگونگی اثر گذاری لازم اقدامات بهبود بهره‌وری آب در حل بحران آب و صرفه‌جویی واقعی آب در کشاورزی (شرط کافی کار)، خلاء شدید مطالعاتی احساس می‌شود. لذا پیشنهاد می‌شود مطالعات و تحقیقات بیشتری در آینده در خصوص موضوعات مرتبط با شرط کافی کار، همانند موضوعی که این مقاله به آن پرداخته است، انجام شود.

منابع

اتاق بازرگانی (۱۴۰۲). ارائه نتایج طرح ملی اندازه گیری آب مصرفی محصولات زراعی و باغی مختلف، *نشست کارگروه کشاورزی و آب*، مرکز ملی مطالعات راهبردی کشاورزی و آب اتاق بازرگانی–صنایع– معادن–کشاورزی ایران، ۵ مهر ماه ۱۴۰۲، تهران.

باغانی، جواد؛ عباسی، محمد، دهقانیان، سید ابراهیم، مقبلی دامنه، اسماعیل؛ ذوالفقاران، اردلان، گودرزی، مصطفی؛ معیری، منصور؛ سابکی، ابراهیم؛ زارع مهرانی، اسحاق؛ کریمی، محمد؛ آئین، احمد؛ لطفیان، بهمن؛ ابراهیمی، رضا؛ سعیدی، غلام؛ ناصری، ابوالفضل؛ میری، خالد؛. حسینی، یعقوب؛ علیان غیاثی، عبدالمطلب؛ هدایتی پور، ابوالفضل.؛ نجمی، مجتبی؛ طاهری، مهدی؛ حسن بلوچی، موسی؛ حاجبی، عبدالحمید.؛ عباسی، فریبرز؛ عباسی، نادر؛ نخجوانی مقدم، محمد مهدی.؛ اکبری، مهدی؛ غفاری اصل، زهرا؛ تاجیک، فواد؛ و موسوی فضل، سید حسن (۱۴۰۰). تعیین آب کاربردی هندوانه در کشور، گزارش پژوهشی نهایی شماره ۶۰۳۱۸، *مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی*، کرج.

باغانی، جواد؛ معیری، منصور؛ ورجاوند، پیمان؛ سلامتی، نادر، اسلامی، امیر؛ شاهرخ‌نیا، محمد علی؛ کیانی، علی رضا.؛ قدمی فیروزآبادی، علی؛ حقایقی مقدم، ابوالقاسم؛ خسروی، حسن ؛ اخوان، کرامت؛ بهراملو، رضا، ناصری ، ابوالفضل؛ عباسی، فریبرز؛ اکبری، مهدی؛ عباسی، نادر، موسوی‌فضل، سید حسن، طایفه‌رضایی، حیدر؛ حسین‌زاده اجیرلو، صمد؛ غفاری اصل، زهرا، آقایی، م.ج.، دهقانیان، سید ابراهیم؛ یوسف‌گمرکچی، افشین؛ مقبلی‌دامنه، اسماعیل؛ اسلامی، علی رضا؛ نخجوانی‌مقدم، محمد مهدی؛ و نعمتی، شباب. (۱۳۹۷). تعیین آب مصرفی گندم در کشور، گزارش

پژوهشی نهایی، شماره ۵۳۶۳۶، *مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی*، کرج.

باقری، علی (۱۴۰۰). نامه دکتر علی باقری دانشیار گروه مهندسی و مدیریت آب دانشگاه تربیت مدرس به رئیس جمهور، خبر *چاپ شده در روزنامه شرق*، کد خبر ۲۹۶۲۷۹، پنج شنبه ۱۴ مرداد ۱۴۰۰.

محمد ولی سامانی، جمال و مظاهری، م. (۱۳۸۸) بهره‌وری آب در بخش کشاورزی. گروه آب دفتر مطالعات زیر بنایی، *مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی*، کد موضوعی ۲۵۰، شماره مسلسل ۹۹۱۲، مهر ۱۳۸۸، ۲۰ صفحه.

مجمع تشخیص مصلحت نظام (۱۳۸۹). ارزیابی شاخص‌های سیاست‌های کلی نظام در مدیریت آب: جلد پانزدهم- شاخص‌های کلیدی کمّی سازی و ارزیابی سیاست‌های کلی نظام، *کمیسیون زیربنایی مجمع تشخیص مصلحت نظام*، دبیرخانه مجمع تشخیص مصلحت نظام، تیر ۱۳۸۹. تهران، ۶۷ صفحه.

حیدری نادر (۱۳۹۸). چالش‌ها و راهکارهای بهبود بهره‌وری آب در تولید دام، گزارش فنی، *مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی*، شماره ثبت ۵۶۲۳۷، مورخ ۱۳۹۸/۷/۸، ۳۵ صفحه.

حیدری نادر (۱۴۰۰). بهره‌وری آب گندم در ایران و مقایسه آن با مقادیر چند کشور. نشریه پژوهش آب در کشاورزی، جلد ۳۵، شماره ۴، صفحه‌های ۴۲۱-۴۳۵.

حیدری، نادر؛ دهقانی سانیج، حسین؛ علایی تفتی، مسعود (۱۳۹۵). مدیریت تقاضا و مصرف آب کشاورزی در ایران، کتاب، *انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران*. شماره انتشار ۱۶۹، شماره شابک ۷-۹۹-۶۶۶۸-۹۶۴-۹۷۸.

طاهری، مینا؛ رضا وردی‌نژاد، وحید؛ بهمنش، جواد؛ عباسی، فریبرز؛ و باغانی، جواد (۱۳۹۹). تحلیل مکانی شاخص بهره‌وری آب در قطب‌های تولید گندم کشور، نشریه پژوهش آب در کشاورزی. جلد ۳۴، شماره ۲، صفحه‌های ۲۲۷-۲۱۷.

عزیزی زهان ع.ا.؛ لیاقت عبدالمجید؛ و شهابی فر، ک. (۱۳۹۸). تعریف و تعیین شاخص مدیریت بهره‌وری آب و کاربرد آن برای ذرت علوفه‌ای در دشت مغان، *نشریه پژوهش آب در کشاورزی*، جلد ۳۳، شماره ۴، صفحه‌های ۵۳۴-۵۱۹.

کیانی میلاد (۱۴۰۲). بازتخصیص آب و نقشه راه آب کشور، سخنرانی مهندس میلاد کیانی رئیس گروه برنامه‌ریزی منابع آب شرکت مدیریت منابع آب کشور، *نشست هم اندیشی باز تخصیص آب*. مرکز ملی مطالعات راهبردی کشاورزی و آب اتاق بازرگانی ایران، ۱۶ مرداد ۱۴۰۲، تهران، اتاق بازرگانی، صنایع، معادن، و کشاورزی ایران.

موسوی فضل، سید حسن؛ رحیمیان، محمد حسن؛ کوهی، نادر.؛ ریاحی، حمید.؛کرامتی، مجید.؛ عباسی، فریبرز؛ و باغانی، جواد (۱۳۹۹). ارزیابی حجم آب کاربردی و بهره‌وری آب در کانون‌های اصلی تولید پسته کشور (استان‌های کرمان، خراسان رضوی، یزد و سمنان)؛ *نشریه آبیاری و زهکشی ایران*، جلد ۱۴، شماره ۶، صفحه‌های ۲۲۵۶-۲۲۴۴.

نشست هم اندیشی باز تخصیص آب (۱۴۰۲). گزارش نشست هم‌اندیشی باز تخصیص آب، *مرکز ملی مطالعات راهبردی کشاورزی و آب اتاق بازرگانی ایران*، ۱۶ مرداد ۱۴۰۲، تهران، اتاق بازرگانی، صنایع، معادن، و کشاورزی ایران.

نشست امنیت آب و غذا (۱۳۹۶). امنیت آب و غذا در برنامه‌های توسعه پنجساله. جمع‌بندی نشست امنیت آب و عذا در برنامه‌های توسعه پنج ساله، *مرکز بررسی‌های استراتژیک ریاست جمهوری با همکاری مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی و پژوهشکده مهندسی آب دانشگاه تربیت مدرس*، ۳۰ آبان ۱۳۹۶، تهران. مرکز بررسی‌های استراتژیک ریاست جمهوری. ۵ صفحه.

یزدانی، محمد رضا؛ تجددیطلب، کبری؛ حسینی، مریم؛ عبادی، علی اکبر؛ اله قلیپور، مهرزاد؛ مجیدی، فرزاد؛ شکری، واحد حسن؛ علامه، علی رضا؛ کاوسی، مسعود؛ شهدی، عباس؛ اسدی، رضا؛ رضایی، مجتبی؛ سلطانی، شهرام؛ یعقوبی، بیژن؛ یوسفی، روح الله.؛ خشکدامن، مریم؛ شهبازی، حدیث؛ ادیبی، شایگان؛ و علیپور، فاطمه (۱۴۰۰). دستنامه فنی اجرایی ارتقاء بهره وری آب زراعت برنج، *انتشارات مؤسسه تحقیقات برنج کشور*. ثبت در مرکز فناوری اطلاعات و اطلاع رسانی کشاورزی به شماره ۹۵۶۹ مورخ ۱۴۰۰/۳/۱۰، ۵۱ صفحه.

REFERENCES

Ahmad, M.U.D., Islam M.D. A., Masih I., Muthuwatta L. Karimi P., & Turral H. (2009). Mapping basin-level water productivity using remote sensing and secondary data in the Karkheh River Basin, Iran, *Water International*, 34:1,119–133, DOI: 10.1080/02508060802663903.

Azizi Zohan A.A., Liaghat, A. M., & Shahabi Far, K. (2019). Definition and specification of water productivity management index and its application for fodder Maize in Moghan Plain, *Journal of Water Research in Agriculture (Soil and Water Sci.)* 33 (4), 519-534. (in Persian)

Berbel, J., Gutierrez-Martin, C., Rodriguez-Diaz, J.A., Camacho, E. & Montesinos, P. (2015) Literature review on rebound effect of water saving measures and analysis of a Spanish case study, *Water Resources Management*, 29:663–678.

Baghani, J., Abbasi, M., Dehghanian, S.A., Moqbali Doman, A., Zulfiqaran, A., Guderzi, M., Moayeri, M.; Sabki, A., Zare Mehrani, A, Karimi, M., Ayin, A., Lotfian, B., Ebrahimi, R., Saidi, G., Naseri, A., Miri,

Kh., Hosseini, Y., Alian Ghayathi, A., Hedayatipour, A., Najmi, M., Taheri, M., Hassan Balochi, M., Hajbi, A.H., Abbasi, F., Abbasi, N., Nakhjavani Moghadam, M. M., Akbari, M., Ghafari Asl, Z., Tajik, F., & Mousavi Fazl, S.H. (2021). Determining the water applied for watermelon in the Iran. Final research report no. 60318, *Agricultural Engineering Research Institute*, Karaj, Iran. (in Persian)

Baghani, J., Moayeri, M., Verjavand, P., Salah, N., Eslami, A., Shahrukhnia, M.A., Kiani, A.R., Gadami Firouzabadi, A., Haghayeghi Moghadam, A., Khosravi, H.,; Akhvan, K., Bahramlou, R., Naseri, A., Abbasi, F., Akbari, M.; Abbasi, N., Mousavifazl, S.H., Taiferezaei, H., Hosseinzadeh Ajirlou, S.; Ghafari Asl, Z., Aghaei, M.J., Dehghanian, S.A.; Yusef-Gomrakchi, A., Moqbli-Damaneh, A., Eslami, A.R., Nakhjavani-Moghadam, M.M., & Nemati, Sh. (2018). Determining the water consumption of wheat in the Iran, Final Research Report, No. 53636, Agricultural Engineering Research Institute, Karaj, Iran (in Persian).

Bagheri, A. (1400). The letter of Dr. Ali Bagheri, Associate Professor of Water Engineering and Management Department, Tarbiat Modares University to the President, *the news published in Sharq newspaper*, news code 296279, Thursday, August 8, 2021. (in Persian)

Bessembinder, J.J.E., Leffelaar, P.A., Dhindwal, A.S., & Ponsioen, T.C. (2005). Which crop and which drop, and the scope for improvement of water productivity, *Agricultural Water Management*, 73, 113–130.

Chamber of Commerce.(2023). Presentation of the results of the national plan for measuring the water consumption of various agricultural and horticultural crops, *meeting of the working group on agriculture and water*, National Center for Strategic Studies of Agriculture and Water, Commerce Chamber of Industries-Mines-Agriculture of Iran, Sep. 27, 2023, Tehran, Iran (in Persian).

Expediency Council. (2010). Evaluation of indicators of general policies of the Iran in water management: Volume 15 - Key indicators of quantification and evaluation of general policies of the Iran, Infrastructure Commission of the Expediency Council, Secretariat of the Expediency Council, July 2010, Tehran. 67 p. (in Persian).

Giordano, M.A., Rijsberman, F., & Maria Saleth, R.(2006). More crop per drop: Revisiting a research paradigm: Results and synthesis of IWMI's Research 1996-2005. Book, Feb., 2006, *International Water Management Institute*, Colombo, Sri Lanka, ISBN: 1843391120.

Giordano, M., H. Turral, S. M. Scheierling, D. O. Tréguer, & McCornick. P. G. (2017). Beyond "More Crop per Drop": Evolving Thinking on Agricultural Water Productivity, *IWMI Research Report 169*. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute, and Washington, DC: World Bank.

Gleick, P.H., Christian-Smith, J., & Cooley, H. (2011). Water-use efficiency and productivity: rethinking the basin approach, *Water International*, 36(7): 784–798, doi.org/10.1080/02508060.2011.631873.

Heydari, N. (2014). Water productivity in agriculture: challenges in concepts, terms and values, *Irrig. and Drain*. 63: 22–28, DOI: 10.1002/ird.1816.

Heydari, N. (2019).Challenges and measures of improving livestock water productivity. Technical Report no. 56237, *Agricultural Engineering Research Institute*, 35 p. (in Persian)

Heydari, N. (2022). Wheat water productivity in Iran compared with data of some countries. *Journal of Water Research in Agriculture (Soil and Water Sci.)*, 35 (4), 421-435. (in Persian)

Heydari, N., Dehghanisanij, H. & Alaei Tafti, M. (2017). Management of agricultural water demand and use in Iran. Book, *Iranian National Committee on Irrigation and Drainage (IRNCID)*, Pub. No. 169, ISBN: 978-964-6668-99-7, 292 p. (in Persian)

Israelsen, O.W. (1950). Irrigation principles and practices,. *Wiley, New York*, p 471.

Kiani, M..(2023). Water reallocation and the Iran's water road map, the speech of engineer Milad Kiani, the head of the water resources planning department of the Iran's Water Resources Management Company, a joint meeting on water reallocation, *the working group on agriculture and water, National Center for Strategic Studies of Agriculture and Water*, Commerce Chamber of Industries-Mines-Agriculture of Iran, Aug. 7, 2023, Tehran, Iran (in Persian)

Mohammad Wali Samani, J. & Mazaheri, M. (2009) Water productivityin the agricultural sector. Water Group, Infrastructure Studies Office, Islamic Council Research Center, Subject code 250, Serial number 9912, Sep. 2009, 20 p. (in Persian).

Molden, D. (1997). Accounting for water use and productivity. In: *SWIM Paper 1*, IIMI, Colombo.

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*, Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture, 97 (4): 528–35. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2009.03.023.

Molden, D., Murray-Rust, H., Sakthivadivel, R., & Makin, I. (2003). A water-productivity framework for understanding and action. In: Kijne, J.W., Barker, R., & Molden, D. (Eds.), Water Productivity in Agriculture: Limits and Opportunities for Improvement, *Comprehensive Assessment of Water*

Management in Agriculture Series 1. CABI/IWMI, Wallingford/Colombo, pp. 1–18.
Molden, D. & Sakthivadivel, R. (1999). Water accounting to assess use and productivity of water. *Water Resources Development*, 15, 55–71.
Mousavi Fazl, S.H. Rahimian, M.H. Koohi, N., Riahi, H., Keramati, M. Abbasi, F., & Baghani, J. (2021). Evaluation of irrigation water application and productivity of pistachio in the main producer regions of Iran (Kerman, Khorasan Razavi, Yazd and Semnan Provinces). *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*, 14 (6), 2244-2256. (In Persian).
Murray-Rust, H., Droogers. P., & Heydari, N. (2004). Water for the future: Linking Irrigation and water allocation in the Zayandeh Rud Basin, Iran. *IWMI*, Colombo, Sri Lanka, ISBN:92-9090-586-7.
Perry, C. (2007). Efficient irrigation; inefficient communication; flawed recommendations. *Irrigation and Drainage*, vol. 56. Wiley InterScience, pp. 367–378., DOI: 10.1002/ird.323.
Perry, C. (2011). Accounting for water use: Terminology and implications for saving water and increasing production, *Agricultural Water Management*, 98,pp. 1840–1846.
Perry, C., Steduto, P., Allen, R.G. & Burt, CM. (2009). Increasing productivity in irrigated agriculture: agronomic constraints and hydrological realities. *Agricultural Water Management*, 96, pp. 1517–1524.
Pretty, C. (2010). The top 100 questions of importance to the future of global agriculture. *International Journal of Agricultural Sustainability* 8(4): 219–236, doi:10.3763/ijas.2010.0534, www.earthscan.co.uk/journals/ijas.
Perry, C. (2018). Improving irrigation management in conditions of scarcity: Myth vs Truth. *Global Water Forum* www.globalwaterforum.org, Oct.1 , 2018, 8 p.
Scheierling, S. M. & Tréguer, D.O. (2018). Beyond crop per drop: Assessing agricultural water productivity and efficiency in a maturing water economy, International Development in Focus. Washington, DC: *World Bank*. Doi:10.1596/978-1-4648-1298-9, License: Creative Commons Attribution CC BY 3.0 IGO.
Taheri, M., Rezaverdinejad, V., Behmanesh, J., Abbasi, F., & Baghani, J. (2020). Spatial analysis of water productivity index at major wheat production centers of Iran. *Journal of Water Research in Agriculture (Soil and Water Sci.)* 34 (2), 217-227. (in Persian)
US Interagency Task Force. (1979). Irrigation Water Use and Management. *US Gov't. Printing Office*: Washington DC, USA; 143 pp.
Viets, F.G. (1966). Increasing water use efficiency by soil management. In Plant environment and efficient water use, ed. W.H. Pierre *et al.* Madison, Wisconsin, USA: *American Society of Agronomy*.
Water and food security meeting. (2017). Water and food security in five-year development plans. Summary of the meeting on water and food security in five-year development plans, *Presidential Strategic Research Center* in collaboration with Islamic Council Research Center and Water Engineering Research Institute of Tarbiat Modares University, Nov., 21, 2017, Tehran. Center for Presidential Strategic Studies. 5 p. (in Persian)
Wichelns, D. (2015). Water productivity and food security: considering more carefully the farm-level perspective. *Food Security*. 7:247-260.
Workshop on reallocation of water.(2023). Report of the workshop on water re-allocation, *the working group on agriculture and water*, *National Center for Strategic Studies of Agriculture and Water*, Commerce Chamber of Industries-Mines-Agriculture of Iran, Aug. 8, 2023, Tehran, Iran (in Persian)
Xu, H., Yang, R. & Song, J. (2021) Agricultural water use efficiency and rebound effect: A study for China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18:7151-7160.
Yazdani, M.R., Taddidalab, K.; Hosseini, M., Ebadi, A.A., Elah Qalipour, M., Majidi, F.; Shokri Vahad, H., Allameh, A.R,; Causi, M., Shahdi, A.A., Asadi, R. Rezaei, M., Soltani, Sh., Yacoubi, B., Yousefi, R., Khokhdaman, M, Shahbazi, H, Adibi, Sh., & Alipour, F. (2021). Executive technical manual for improving water productivity in rice agriculture, *Iran Rice Research Institute*. registration in the Information Technology and Agricultural Information Center under number 9569 dated May, 31, 2021, 51 p. (in Persian)
Yu, W., Uhlenbrook, S., von Gnechten, R., & van der Bliek, J. (2021). Can water productivity improvements save us from global water scarcity? *White paper 1. FAO*. Rome, 41 p.

Hidden issues and challenges of the concept and use of water productivity

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

The water productivity index (WP), which is defined as the crop produced per unit of consumed water, was launched in the world with the aim of reducing water consumption and allocating more water to the environment. In compliance with that, this theoretical concept and index has presented itself in the literature and even in the macro-level laws and documents and development plans of Iran. Therefore, it has been considered as a key measure and indicator in the optimal use of water in the agricultural sector, and has been heavily relied upon in the Iran's agricultural water policies and plans. However despite several years have passed since the introduction of this concept and index, unfortunately, water crisis still exists and is expanding in the country and measures to increase WP in agriculture have not yet been able to effectively solve the country's water scarcity issues. There are various issues and challenge in use of concepts and indicators explaining the optimal and efficient use of water in practice, and they should not be relied on without the necessary studies and evaluations. Therefore, the objective of this review-analytical paper is to investigate and analyze the hidden issues and challenges of the WP index in its practical use with the aim of managing and mitigating agricultural water crisis in Iran.

Materials and Methods

The research method is mainly based on collecting and reviewing international and national scientific literature related to the subject, use of the national results and statistics, macro-level national laws and documents, experiences and opinions of the experts, together with the required analysis and discussions. This review-analytical paper deals with the problems and challenges of using the WP index in practice. Therefore shortcomings, challenges, arrangements, and necessary infrastructure for the optimal use of this concept and index have been discussed and analyzed.

Results and Discussion

According to the results, the WP index has hidden problems and challenges in its application in practice. These include: 1) The need to properly understand the concept and definition of WP in the water and agriculture experts and management community of the country, 2)The problems and issues of using the index from the aspect of lack of the required infrastructure for the proper impacts of improving WP in mitigating water scarcity, 3) Real and correct understanding of the concept from the aspects of the existence of internal relationship between the numerator and the denominator of the index and the correct selection of relevant solutions for the effectiveness of the activities and interventions, 4) Weaknesses in in index in regard to defining WP in conditions out of human management in the production of agricultural products, 5) Issues and challenges related to comparing the results of WP values in different biophysical, geographical, and management conditions, 6) The challenge of choosing productivity approaches. i.e. physical or economic WP and choosing the optimal national index for water management and choosing the appropriate cropping pattern, 7) The challenge of choosing a management scale and the issues of determining WP at the basin scale, and 8) The existence of flaws and shortcomings in the WP index itself in terms of its comprehensiveness to apply it as an index.

Conclusion

In response to the question whether improving WP can be a fundamental solution to solve the Iran's water scarcity and save the country from this crisis, it must be acknowledged that the answer depends on the difficult choices that policymakers have to make regarding water resources, as well as the provision of necessary hardware, software, legal and policy infrastructures for the related comprehensive solutions and interventions which includes: volume delivery of water, water accounting, preventing the expansion of cultivated area, preventing the changing of the copping pattern to water-intensive crops, updating laws and creating the necessary executive guarantees for the implementation of approved laws, comprehensiveness and having a regional and national perspective, taking into account the participation of the stakeholders, and providing the necessary financial resources. Accomplishing these criteria is very complicated due to the diverse goals and interests of different actors and the various scales and systems in which the use of agricultural water is placed, and doing all of them may not be practical in the short term. Considering the hidden issues and challenges mentioned, improving WP could not be a sole measure to solve the country's water crisis, because it fulfills just initial conditions. In order to fulfill conditions sufficiently and to implement related comprehensive measures and interventions, the necessary hardware, software, legal, and policy infrastructures also must be provided.

Keywords: Basin, Challenge, Field, Water Productivity, Water Use.