نشریه مدیریت آب در کشاورزی
جلد ۷، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۳۹۹، ص. ۱۳۴-۱۱۹

Water Management in Agriculture
Vol. 7, No. 2, Autumn and Winter 2021, 119-134

مقاله فنی- ترویجی

REWAS ابزاری در جهت ارزیابی صرفه‌جویی واقعی آب کشاورزی

حسین دهقانی‌سانیج[۱*]، سالومه سپهری صادقیان[۲] و الهه کنعانی[۳]

چکیده

کمبود آب به‌عنوان یک تهدید جدی برای کشاورزی و امنیت غذایی جهانی مطرح است، بنابراین، صرفه‌جویی در مصرف آب کشاورزی مهم‌ترین مسئله برای غلبه بر کمبود منابع آب است. راه‌حل‌های غلبه بر بحران آب با تکیه بر بهینه‌سازی مصرف آب در بخش کشاورزی ساده نیست و عدم‌توجه و آگاهی از چرخه آب باعث شده تا تعاریف ناقص و ناصحیح توسعه‌یافته و بعضاً برنامه‌ریزی‌ها و سرمایه‌گذاری‌ها را تحت‌الشعاع قرار دهد. چالش اصلی در این رابطه عدم دسترسی به اطلاعات کافی و واقعی در بخش کشاورزی است. به‌دست آوردن داده-های اندازه‌گیری شده و مشاهده‌ای از مصرف و به‌تبع آن صرفه‌جویی واقعی آب در مزارع، نیاز به جمع‌آوری اطلاعات در مقیاس‌های مختلف دارد. شواهد نشان می‌دهد که در اکثر قریب به‌اتفاق موارد، صرفه‌جویی ظاهری در مصرف آب در مقیاس مزرعه هنگامی‌که در مقیاس بزرگ‌تر ارزیابی شود، افزایش مصرف آب را به دنبال داشته است؛ لذا به‌کارگیری هر نوع ابزار ساده و عملی برای ارزیابی تأثیر مداخلات به کار گرفته‌شده در مقیاس مزرعه و مقیاس‌های بزرگ‌تر می‌تواند اثرات قابل‌توجهی را بر رفتار بهره‌برداران در مقابل منابع آبی و مصرف آن داشته باشد. ابزار REWAS که بر اساس مفاهیم حسابداری و بهره‌وری آب توسط سازمان خواروبار جهانی فائو توسعه‌یافته است، برای ارزیابی سریع اثرات مداخلات به‌کار گرفته‌شده در مقیاس مزرعه بر میزان صرفه‌جویی واقعی آب در مقیاس حوضه معرفی شده است.

واژه‌های کلیدی: جریان برگشتی، جریان قابل بازیافت، صرفه‌جویی ظاهری آب، صرفه‌جویی واقعی آب، مصرف مفید

مقدمه

امروزه، افزایش مصرف آب منجر به کمبود آب در بسیاری از مناطق به‌ویژه مناطق خشک و نیمه‌خشک شده است و متأسفانه این روند همچنان ادامه خواهد یافت، زیرا شکاف بین تقاضا و تأمین آب به دلیل عواملی مانند رشد جمعیت و توسعه اقتصادی (Dinar et al., 2019) و عوامل محیطی مانند تخریب زمین (IPCC, 2019) و تغییر اقلیم همچنان در حال افزایش است (Turral et al., 2011, Van Opstal et al., 2020). باتوجه‌به اینکه بخش کشاورزی مصرف‌کننده اصلی منابع آب در جهان می‌باشد، برای حل معضل کم‌آبی تمرکز بر بهینه‌سازی مصرف آب در این بخش از اولویت بیشتری برخوردار است. از طرفی کمبود آب به چالشی در بخش کشاورزی تبدیل‌شده و این مشکل تا جایی پیش‌رفته است که بر معیشت و درآمد کشاورزان نیز تأثیرات منفی داشته است. از طرفی، راه‌حل‌های غلبه بر بحران آب با تکیه بر بهینه‌سازی مصرف آب در بخش کشاورزی کار ساده‌ای نیست و معمولاً انتظارات غیرواقعی را به دنبال داشته است. چالش اصلی در این رابطه عدم دسترسی به اطلاعات کافی و واقعی در بخش کشاورزی بوده که منجر به برداشت‌های ناصحیح و بعضاً راه‌حل

[۱] دانشیار، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، البرز، ایران
(* نویسنده مسئول: Email: h.dehghanisanij@areeo.ac.ir)
[۲] استادیار، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، البرز، ایران
[۳] دانشجوی دکتری، گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران
تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۱/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۳/۰۶
DOR: 20.1001.1.24764531.1399.7.2.9.8

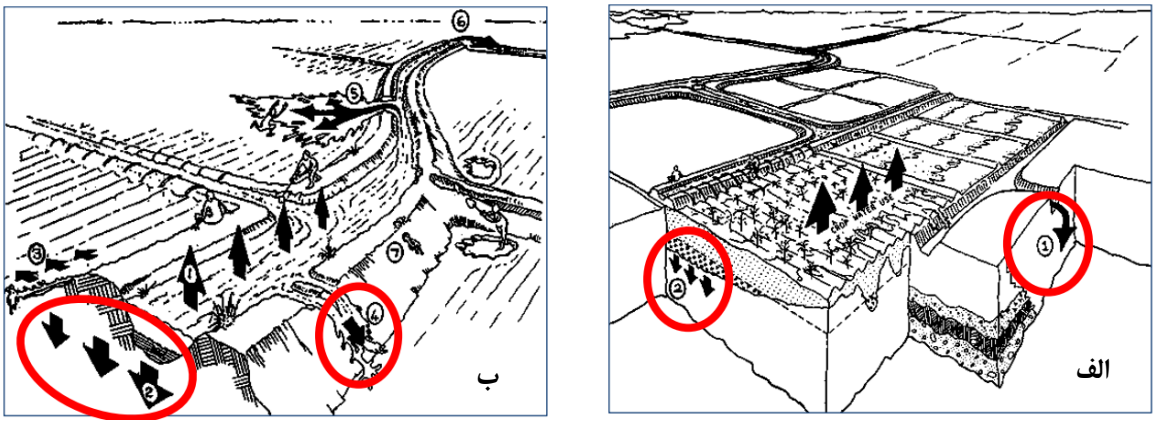
های بیش‌ازحد ساده‌انگارانه شده و مانع اخذ تصمیمات صحیح توسط سیاست‌گذاران می‌گردد. از طرفی به دست آوردن داده های اندازه‌گیری شده و مشاهده‌ای از مصرف و به‌تبع آن صرفه جویی واقعی آب در مزارع، نیاز به جمع‌آوری اطلاعات در سطحی وسیع دارد. تاکنون گزینه‌های صرفه‌جویی در مصرف آب معمولاً بر بهبود تکنیک‌های آبیاری تمرکز بیشتری داشته است (Ward and Pulido-Velazquez., 2008; Adamson and Loch, 2014; Perry and Steduto, 2017; Pérez-Blanco et al., 2020, Van Opstal et al., 2020).

صرفه‌جویی ظاهری در مصرف آب در مقیاس مزرعه هنگامی‌که در مقیاس بزرگ‌تر ارزیابی شود، نه‌تنها منجر به‌صرف جویی نشده است بلکه ممکن است افزایش مصرف آب را نیز به دنبال داشته است (Giordano et al., 2017). بنابراین لزوم به‌کارگیری ابزارهای ساده و عملی برای ارزیابی تأثیر مداخلات به کار گرفته‌شده مقیاس مزرعه، در مقیاس بزرگ‌تر بیش‌ازپیش احساس می‌گردد. به‌طورکلی نتایج مربوط به صرفه جویی واقعی آب حاصل از مدل‌های رایج و محبوبی مانند Cropwat و AquaCrop با مقیاس کوچک و میدانی، باید در مقیاس‌های بزرگ‌تر مانند دشت کشاورزی و یا حوضه آبریز ارزیابی شود. اگرچه در مقیاس حوضه نیز مدل‌های هیدرولوژیکی متعددی وجود دارد، اما این مدل‌ها اکثراً پیچیده و با فرضیات و ورودی‌های زیادی بوده و نیاز به یک ابزار تجزیه‌وتحلیل ساده‌تر وجود دارد که بتواند نتایج مربوط به صرفه‌جویی واقعی آب در مقیاس میدانی را به مقیاس حوضه توسعه دهد.

سازمان خواروبار جهانی فائو همواره نقشی پیشرو در یافتن و ارائه راه‌حل‌های مناسب برای سازگاری با کم‌آبی ایفا کرده است. این سازمان اخیراً، ابزار REWAS را که بر اساس مفاهیم حسابداری و بهره‌وری آب (FAO., 2013) توسعه‌یافته است را برای ارزیابی سریع اثرات مداخلات به‌کار گرفته‌شده در مقیاس میدانی بر میزان صرفه‌جویی واقعی آب در مقیاس حوضه معرفی کرده است.

پیشینه و مفاهیم مربوط به صرفه‌جویی واقعی آب

معمولاً تصور می‌شود که مصرف‌کنندگان آب کشاورزی مقادیر زیادی آب را در طی فرایند آبیاری هدر می‌دهند، بنابراین صرفه‌جویی واقعی آب در زمان آبیاری می‌تواند نیاز به راه‌حل های دیگر برای تأمین آب بیشتر را کاهش دهد (Molden et al., 2001). این تصور از آنجا ناشی می‌شود که بر اساس دانش رایج، راندمان کاربرد آب در مزارع حدود ۲۰ تا ۵۰ درصد است. بنابراین تصور می‌شود که حدود ۸۰ تا ۵۰ درصد باقی‌مانده به‌نوعی ازدست‌رفته است. نمونه‌هایی از این تفکرات در انتشارات مختلف فائو از ۳۰ سال گذشته تابه‌حال به چشم می خورد (Van Opstal et al., 2020) (شکل ۱).



شکل ۱- چشم‌اندازهایی از قرن گذشته در مورد تلفات آب: الف- تلفات آب آبیاری در کانال‌ها و ب - تلفات آب آبیاری در مزرعه که به آب زیرزمینی یا رواناب سطحی ملحق می‌شود. (Food and Agriculture Organizations (FAO), 1989a, 1989b)

ریشه‌ی اصلی این باور غلط مربوط به برداشت نادرست از مفهوم کلاسیک "راندمان آبیاری[1]" است که در مهندسی آبیاری ایجاد شده است. راندمان آبیاری معمولاً به‌عنوان نسبت آب مصرفی[2] به آب کاربردی[3] یا آب خارج‌شده از منبع[4] محاسبه می‌شود. استفاده از این مفهوم کلاسیک در حوضه‌های آبی به‌عنوان یک مجموعه، منجر به تصمیمات نادرست و درنتیجه اتخاذ سیاست‌های نادرست می‌گردد (Keller and Keller, 1995). در مفهوم کلاسیک راندمان، جریان برگشتی[5] و استفاده مجدد[6] از آن لحاظ نمی‌شوند، بنابراین استفاده از مفهوم راندمان آبیاری به‌تنهایی ممکن است این تلقی را به وجود بیاورد که برای افزایش راندمان راهکارهای متعددی وجود دارد، درحالی‌که در واقعیت، باوجود راندمان پایین در آبیاری محلی، به دلیل استفاده مجدد از جریان‌های برگشتی مزارع در سایر مناطق، راه‌حل‌های محدودی برای بهبود راندمان آبیاری در سطح زیر حوضه یا حوضه از منظر صرفه‌جویی واقعی مصرف آب وجود دارد (Van Opstal et al., 2020).

علاوه بر این به دلیل امکان احیای سفره‌های آب زیرزمینی از طریق جریان‌های برگشتی در بعضی مناطق، استراتژی آبیاری بیش‌ازحد در مزارع و مجاز دانستن تلفات نشتی از کانال‌های انتقال آب ممکن است بر ارتقاء راندمان‌های کاربرد یا انتقال در مقیاس‌های کوچک ارجحیت داشته باشد. امروزه پرداختن به مفهوم "صرفه‌جویی واقعی آب" در ادبیات علمی و گزارش‌ها و نشست‌های تخصصی به‌سرعت درحال‌رشد است. در ادامه به‌تفصیل به تعریف این مفاهیم پرداخته شده است.

اصطلاح صرفه‌جویی واقعی آب، درواقع تأکیدی است بر اینکه نتایج حاصل از یک مقیاس میدانی باید به‌کل حوضه گسترش یابد. به‌عبارت‌دیگر، صرفه‌جویی واقعی آب نوعی از مداخلاتی است که مقدار مشخصی آب را برای سایر مصارف آزاد می‌کند(Van Opstal et al., 2020) . تعداد مطالعات موردی در خصوص تکنولوژی‌های حفاظت از منابع آب در مقیاسی فراتر از مزرعه در سال‌های اخیر افزایش‌یافته است، به‌طوری‌که در طول ۴۲ سال (بین سال‌های ۱۹۷۶ تا ۲۰۱۷)، ۲۲۴ مطالعه موردی ثبت شده است که حدود ۹۱ مورد آن (۴۰/۶ ٪) در طول ۹ سال انتهایی بازه بوده‌اند (Van Opstal et al., 2020).

هم‌افزایی دو تخصص آب و زراعت می‌تواند منجر به صرفه‌جویی واقعی در مصرف آب و افزایش بهره‌وری گردد. مثال‌هایی از کنار هم قرارگرفتن مدیریت بهینه آب و عملیات به زراعی که می‌تواند منجر به بهبود بهره‌وری آب شود، عبارت‌اند از: کاهش طول دوره رشد، جابه‌جایی تقویم زراعی، کاربرد مالچ (پلاستیک، خاک، کاه)، کم آبیاری تنظیم‌شده، آرایش کاشت بهینه، کنترل علف‌های هرز، کود مناسب، انتخاب رقم مناسب، خاک‌ورزی حفاظتی، تسطیح و سایر موارد. دومین جنبه مهم در زمینه صرفه‌جویی در مصرف آب، ارتباط بین تبخیر و تعرق و عملکرد محصول است. گزارش شده است که در شرایط یکسان رشد، عملکرد محصول رابطه خطی با تعرق دارد (Perry and Steduto, 2017).

به‌خصوص در کشور ما با تنوع گسترده شیوه‌های آبیاری، محصولات زراعی و مدیریت محصولات، گزینه‌های زیادی برای صرفه‌جویی واقعی آب وجود دارد. پری و استدوتو خاطر-نشان کردند هنگامی‌که داده‌های مزرعه‌ای از تعداد زیادی کشاورز جمع‌آوری گردد، مشاهده می‌شود که بعضی از کشاورزان برای میزان یکسان تعرق محصول، نسبت به سایر کشاورزان عملکرد بیشتری دارند. معمولاً تفسیر رایج این موضوع چنین است که مدیریت بهتر آب و به‌کارگیری تمهیدات زراعی می‌تواند سبب افزایش عملکرد شده و با مصرف آب یکسان تولید افزایش پیدا کند، یا ممکن است با حفظ عملکرد محصول صرفه‌جویی در مصرف آب رخ دهد. همچنین این محققان عنوان کردند که با درنظرگرفتن یک بسته مدیریتی مناسب (اعم از تاریخ کاشت، رقم، تراکم کاشت، وضعیت حاصلخیزی خاک و غیره) و تنها با تغییر میزان آب می‌توان به

[1] Irrigation Efficiency
[2] Water Consumed
[3] Water Apllied
[4] Water Withdrawn from a source
[5] Return Flow
[6] Reuse

رابطه‌ای نسبتاً خطی بین عملکرد و تعرق محصول برای محصولات زراعی دست‌یافت (Perry and Steduto, 2017).

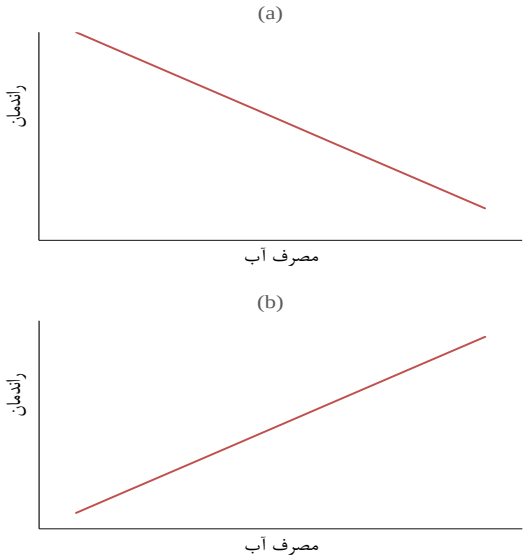
به‌عبارت‌دیگر، اگر با کمبود آب مواجه باشیم، صرفاً با افزایش تأمین آب، تولید (کیلوگرم) افزایش خواهد یافت، لیکن افزایش بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب) محقق نخواهد شد. افزایش بهره‌وری آب (که زمینه را برای صرفه‌جویی واقعی آب فراهم می‌کند)، معمولاً به تغییر در سایر جنبه‌های مدیریت کشاورز با رویکرد آب – زراعت متمرکز است که در آن با همان مقدار مشخص تبخیر و تعرق، صرفه‌جویی واقعی آب یا تولید بیشتر امکان‌پذیر باشد. این غیرخطی بودن رابطه بین تبخیر و تعرق و عملکرد محصول باتوجه به دامنه وسیع اقلیم و نواحی کشاورزی – اقتصادی[1] و شیوه‌های مدیریت مزرعه می‌تواند قابل‌توجه باشد (Van Opstal et al., 2020).

ارتباط بین مداخلات صرفه‌جویی آب و بهره‌وری آب

آیا افزایش بهره‌وری آب باعث صرفه‌جویی آب می‌شود؟

تصور غالب این است مداخلاتی که می‌تواند با مقدار آب کمتر، همان مقدار محصول را تولید کنند، موجب صرفه‌جویی آب می‌شوند. ولی این فرض زمانی درست است که با به‌کارگیری مداخلات، تخصیص آب کاهش یابد. بااین‌حال، در عمل سیستم‌های تخصیص کارآمد و قابل‌اجرا برای تخصیص آب در اغلب مناطق درحال‌توسعه جهان وجود ندارد. به‌عنوان‌مثال اگر یک کشاورز بتواند با یک رقم جدید بذر، تولید محصول را (در هکتار) ۲۰ درصد افزایش دهد، نمی‌توان انتظار داشت که او به‌طور خودکار سطح زیر کشت محصول و یا تخصیص را کاهش دهد. در حقیقت، باید زیرساخت لازم ایجاد شود تا افزایش بهره‌وری آب، اثر منفی افزایش تقاضا برای آب را نداشته باشد.

در صورت عدم وجود زیرساخت‌های فرهنگی، اجتماعی، قانونی و فنی، نمی‌توان مطمئن بود که افزایش بهره‌وری آب در اثر کاربرد مداخلات منجر به کاهش کاربرد آب شود، بلکه حتی ممکن است به دلیل اثرات مثبت اقتصادی کشاورزان را ترغیب به کاربرد آب بیشتر از طریق افزایش سطح زیر کشت و غیره نماید. این مسئله به‌عنوان اثر برگشتی[2] یا Jevon's Paradox شناخته می‌شود. به‌عنوان‌مثال با کاربرد مداخلات فناوری که باعث بهبود راندمان آبیاری می‌شود، انتظار می‌رود که مصرف آب کاهش یابد، اما در واقع این امکان هم وجود دارد که مصرف آب افزایش یابد (شکل ۲)؛ بنابراین در تغییر پارادایم مدیریت آب کشاورزی از دیدگاه راندمان آبیاری محلی به سمت ارزیابی در مقیاس حوضه، باید جنبه مهم صرفه‌جویی آب نیز در نظر گرفته شود (Van Opstal et al., 2020) .



شکل ۲- اثر برگشتی یا Jevon's Paradox در انتظارات از افزایش راندمان آبیاری: a- حالت مطلوب b- حالت نامطلوب

صرفه‌جویی آب

ممکن است بدیهی به نظر برسد که صرفه‌جویی آب به‌طورکلی مثبت تلقی می‌شود، اما سؤال مهمی که باید پرسیده شود این است که چه اتفاقی برای آب صرفه‌جویی شده می‌افتد و در کدام مقیاس (زمانی و مکانی) باید ارزیابی شود. پری

[1] Agro-economic zone

[2] Rebound Effect

تعریف زیر را برای صرفه‌جویی آب ارائه می‌دهد (Perry, 2017).

"صرفه‌جویی آب مداخله‌ای است که منجر به افزایش تدریجی آب برای سایر استفاده‌های مفید می‌شود، ازجمله این موارد می‌توان به خدمات محیط‌زیستی یا حفظ تعادل آبخوان اشاره کرد "

به‌عبارت‌دیگر، اگر هیچ استفاده مفید جایگزینی وجود نداشته باشد، احتمالاً دیگر نیازی به تحقق صرفه‌جویی آب نیست. می‌توان به مفهوم صرفه‌جویی آب این را اضافه کرد که استفاده مفید جایگزین باید یک اولویت بالاتر و یا بهره‌وری آب بالاتری نسبت به استفاده اصلی داشته باشد. معمولاً اولویت توسط فرایندهای تصمیم‌گیری بین بخش‌ها تعیین می‌شود (به‌عنوان‌مثال بخش کشاورزی در مقابل بخش محیط‌زیست)، درحالی‌که بهره‌وری آب بیشتر برای مقایسه کاربرد آب در یک بخش (به‌عنوان‌مثال سبزیجات آبی در مقابل برنج آبی) استفاده می‌شود. با تغییر دیدگاه از مزرعه به حوضه، اغلب مشخص می‌شود که به دلیل استفاده مجدد از آب تلف‌شده[1]، آب بسیار کمتری نسبت به آنچه تصور می‌شد، تلف می‌شود.

از دیدگاه هیدرولوژی، این دانش رایج‌تر است و به آن چرخه آب گفته می‌شود: به این صورت که آب هرگز تلف نمی‌شود، زیرا آب تبخیر شده در جای دیگر به‌صورت باران یا برف به سطح زمین بازمی‌گردد. در علم آبیاری مفهوم "ردیابی آب" از سال ۲۰۰۰ شروع شد و اغلب به‌عنوان حسابداری آب شناخته می‌شود. در ادامه واژه‌شناسی اصطلاحات ردیابی آب ارائه‌شده‌اند.

واژه‌شناسی اصطلاحات "ردیابی آب"[2]

آب کاربردی[3]

مقدار آبی است که برای یک منظور خاص استفاده می‌شود (به‌عنوان‌مثال: آبیاری، نیروگاه برق، فرایندهای صنعتی، شستشوی خانگی و غیره). هرگونه آب کاربردی را می‌توان یا مصرف کرد یا به سیستم بازگرداند، به‌طوری‌که یا در آن سیستم به کار برده شود و یا ذخیره گردد.

آب مصرف‌شده[4]

مقدار آبی است که به مصرف رسیده است و از دسترس خارج می‌شود و امکان استفاده مجدد آن دیگر تحت هیچ شرایطی نیست. آب مصرف‌شده می‌تواند به مصرف مفید (به‌عنوان‌مثال به‌عنوان تعرق گیاه مصرف شود) یا غیرمفید رسیده باشد (به‌عنوان‌مثال به‌عنوان تبخیر از سطح خاک مصرف شود).

آب برگشتی[5]

به آن بخش از آب کاربردی که مصرف نشده و دوباره به مخازن آب‌های سطحی و یا زیرزمینی بازمی‌گردد، آب برگشتی می‌گویند. آب برگشتی می‌تواند قابل بازیافت باشد (به‌عنوان‌مثال، بازگشت به رودخانه یا سفره آب زیرزمینی) یا غیرقابل بازیافت باشد (به دریا برگردد یا آلوده شود).

آب صرفه‌جویی شده[6]

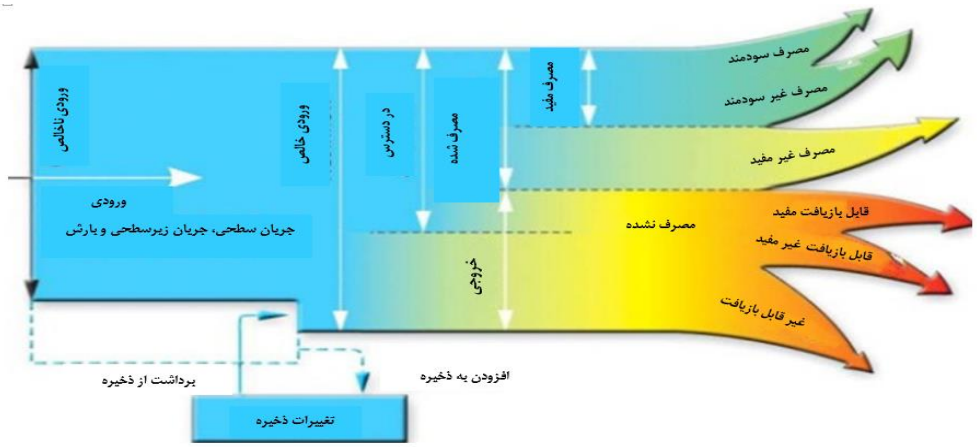
مقدار آب حاصل از کاهش مصرف و یا کسر غیرقابل بازیافت از جریان برگشتی است و می‌تواند برای مصارف جایگزین در دسترس باشد.

صرفه‌جویی در مصرف آب[7]

به فناوری‌ها، روش‌ها و اقدامات اشاره دارد که منجر به کاهش واقعی مصرف آب و یا کاهش کسر غیرقابل بازیافت می‌شود.

بنابراین از دیدگاه ردیابی آب، در قالب حوضه، تمرکز بر روی جریان‌های برداشتی و برگشتی خواهد بود. در شکل (۳) یک نمونه چارچوب حسابداری آب با دیدگاه "ردیابی آب" در کشاورزی آبی ارائه‌شده است.

[1] Lost
[2] Follow the Water
[3] Water Use
[4] Water Consumed
[5] Water Returned
[6] Water Saved
[7] Water Saving



شکل ۳- چارچوب حسابداری آب برای کشاورزی آبی (Molden et al., 2001)

تلاش‌های زیادی برای بهبود و تقویت چارچوب‌های حسابداری آب شده است. پیرو بحث‌های مربوطه، کمیسیون بین‌المللی آبیاری و زهکشی رویکرد ساده‌ای را متمرکز بر چهار مؤلفه اصلی جریان آب اتخاذ کرد و پری باهدف اطمینان از تمرکز بر روی مؤلفه‌های اصلی جریان آب، رویکرد مذکور را ساده‌تر کرد که از آن به‌عنوان رویکرد ردیابی آب نام‌برده می‌شود (Perry., 2007) (شکل ۴). در حقیقت، مفهوم اصلی این است که آب هدایت‌شده به طرح‌های آبیاری را می‌توان به مؤلفه‌های زیر تقسیم کرد:

- **مصرف‌شده[1] (اساساً تبخیر - تعرق)**
  - مصرف مفید[2] (برای هدف در نظر گرفته‌شده یا سایر استفاده‌های مفید مانند اهداف محیط‌زیستی)
  - مصرف غیرمفید (مانند علف‌های هرز که به تولید صدمه می‌زند، تبخیر از سطح خیس‌شده یا بالا آمدن آب در طول دوره آیش)
- **مصرف نشده یا جریان برگشتی[3]**
  - جریان‌های قابل بازیافت[4] (جریان آب به زهکش‌ها و برگشت دوباره آب به سیستم رودخانه برای انحراف احتمالی در پایین‌دست و نفوذ به سفره‌های آب شیرین)
  - جریان‌های غیرقابل بازیافت[5] (نفوذ به سفره‌های آب‌شور، خروج به زهکش‌های فاقد انشعاب در پایین‌دست یا فاقد خروج مستقیم به اقیانوس)

شکل ٤- سیستم ساده حسابداری آب با عنوان "ردیابی آب" (Perry., 2007)

ابزار REWAS

ابزار REWAS توسط کائون و همکاران در سال ۲۰۲۰ به‌منظور ارزیابی سریع صرفه‌جویی واقعی آب در ازای مداخلات میدانی در شبکه‌های آبیاری طراحی شد (Kaune et al. 2020). صرفه‌جویی واقعی آب برای سناریوهای مختلف از مداخلات میدانی با تعیین تغییر نسبی در مصرف آب و تغییر

[1] Consumption
[2] Beneficial consumption
[3] Returen Flows
[4] Recoverable Flow
[5] Non-Recovrable Flow

نسبی در جریان‌های برگشتی، محاسبه می‌شود. در REWAS علاوه بر مصرف آب و جریان‌های برگشتی، تغییر ذخیره و بهره‌وری آب برای هر مداخله میدانی و مرجع به دست می‌آید. در REWAS، فرض می‌شود که یک مداخله میدانی در کل منطقهٔ شبکه آبیاری بدون درنظرگرفتن اختلافات مکانی در رشد محصول، تعرق محصول، مشخصات خاک یا مدیریت یکنواخت مزرعه انجام شود. ابزارهای زیادی وجود دارند که می‌توانند اختلافات مکانی را ارزیابی کنند (به‌عنوان مثال SPHY، VIC،Wflow). اما ویژگی منحصربه‌فرد REWAS این است که این ابزار آب را ردیابی می‌کند و میزان صرفه‌جویی ظاهری آب در مقیاس مزرعه و صرفه‌جویی واقعی آب در مقیاس شبکه را تعیین می‌کند. نمونه‌هایی از مداخلات میدانی عبارت‌اند از:

۱) تغییر برنامه آبیاری

۲) کاربرد فناوری‌های آبیاری

۳) کاربرد شیوه‌های مالچ پاشی

۴) تغییر تراکم گیاه و بسیاری از روش‌های دیگر

هر یک از این مداخلات منجر به تغییر در مصرف آب، تغییر جریان برگشتی، تغییر ذخیره و درنهایت تغییر در بهره‌وری آب می‌شود. در REWAS، برای هر مداخله میدانی، تأثیر در مصرف آب، جریان برگشتی، تغییر ذخیره و بهره‌وری آب در مقیاس مزرعه و در مقیاس شبکه آبیاری شامل مزارع تحت آبیاری، تعیین می‌شود. تصور REWAS در مقیاس مزرعه این است که کشاورز معتقد است که زهکشی و نفوذ آب تلفاتی از آب هستند که قابل بازیافت نیستند، اما در مقیاس شبکه آبیاری، بخشی از آب زهکشی‌شده و بخشی از نفوذ، جریان‌های قابل بازیافت در پایین‌دست هستند. همچنین این ابزار به کاربر این امکان را می‌دهد تا درصد جریان قابل بازیافت حاصل از زهکشی و درصد جریان قابل بازیافت حاصل از نفوذ را انتخاب کند. ازاین‌رو جریان‌های قابل بازیافت و جریان‌های غیرقابل بازیافت حاصل از زهکشی و نفوذ که برای تعیین صرفه‌جویی واقعی آب کلیدی هستند، به دست می‌آیند. این ابزار در مایکرو-سافت Excel توسعه‌یافته است تا قابلیت استفاده، دسترسی، شفاف‌سازی و انتقال داده‌های ورودی و خروجی را افزایش دهد. داده‌های ورودی در REWAS حاصل از مطالعات، تحقیقات میدانی، اندازه‌گیری‌ها، مشاهدات زمینی یا سنجش‌ازدور می-باشند.

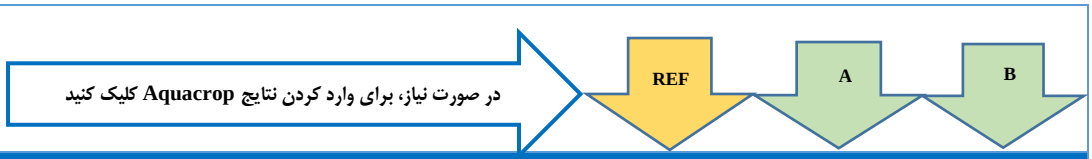
معرفی REWAS

رویکرد REWAS "ردیابی آب" است. به‌عبارت‌دیگر با نادیده گرفتن این واقعیت که این آب توسط کاربران پایین‌دستی استفاده می‌شود، اغلب زهکشی، رواناب و نفوذ به آب‌های زیر-زمینی در بسیاری از موارد به‌عنوان "تلفات" در نظر گرفته می-شود؛ بنابراین، این ادعا که کاهش در زهکشی، رواناب و نفوذ در یک مزرعه باعث صرفه‌جویی آب می‌شود نادرست است، زیرا باید استفاده مجدد در پایین‌دست را نیز در نظر گرفت.

پارامترهای ورودی موردنیاز در REWAS شامل بارندگی، آبیاری، تعرق محصول، تبخیر از سطح خاک، زهکشی و نفوذ عمقی در طول فصل کاشت در یک مزرعه تحت آبیاری هستند (جدول ۱). دامنه نرمال مقادیر نیز برای هرکدام از داده‌های ورودی در جدول (۲) ارائه شده است. کاربر می‌تواند به‌صورت دستی مقادیر داده‌های ورودی را برای سناریوها در سلول‌های اختصاص داده‌شده وارد کند. برای مثال می‌توان تأثیرات سناریوهای مختلف مانند سناریوی مرجع، مداخله A و مداخله B را ارزیابی کرد. برنامه آبیاری، فناوری آبیاری، روش زراعی، تعرق محصول، تبخیر از سطح خاک، زهکشی و نفوذ ممکن است در مداخلات مختلف متفاوت باشند. این تغییرات را می-توان از اندازه‌گیری‌های میدانی، سنجش‌ازدور، مدل‌های رشد محصول یا هر منبع اطلاعاتی موجود دیگر به دست آورد. در صورت لزوم به‌جای استفاده از داده‌های آزمایش‌های میدانی و سنجش‌ازدور، REWAS این قابلیت را دارد که از داده‌های شبیه‌سازی‌شده FAO AquaCrop نیز استفاده کند. همچنین، مساحت منطقه و مؤلفه جریان قابل بازیافت حاصل از زهکشی و نفوذ می‌تواند به‌صورت دستی در فیلدهای مربوطه وارد شود. REWAS به کاربر این امکان را می‌دهد تا مؤلفه جریان قابل

بازیافت حاصل از زهکشی[1] و مؤلفه جریان قابل بازیافت حاصل از نفوذ[2] را انتخاب کند.

جدول ۱- داده‌های ورودی REWAS: داده‌های مزرعه‌ای، شبکه آبیاری و اجزای جریان قابل بازیافت



داده‌های ورودی (Input data)				
		سناریو (Scenario)		
		مرجع (Reference)	مداخله A (Intervention A)	مداخله B (Intervention B)
مزرعه (Field)	واحد (Unit)			
بارندگی (Rainfall)	(mm)			
آبیاری (Irrigation)	(mm)			
تعرق محصول (Crop transpiration)	(mm)			
تبخیر از سطح خاک (Soil evaporation)	(mm)			
زهکشی (Drainage)	(mm)			
نفوذ عمقی (Percolation)	(mm)			
عملکرد (Yield)	(kg/ha)			
شبکه (System)				
مساحت (Area)	(ha)			
مؤلفه جریان قابل بازیافت (Recoverable flow fraction),				
مؤلفه زهکشی قابل بازیافت (Recoverable drainage fraction, RD)	(%)			
مؤلفه نفوذ عمقی قابل بازیافت (Recoverable percolation fraction, RP)	(%)			

جدول ۲- دامنه نرمال مقادیر داده‌های ورودی REWAS

متغیرهای ورودی	واحد		دامنه نرمال مقادیر
بارندگی	mm/season		۰-۱۰۰۰
آبیاری	mm/season		۰-۱۰۰۰
تعرق محصول	mm/season		۰-۱۰۰۰
تبخیر از سطح	mm/season		۰-۱۰۰۰
زهکشی	mm/season		۰-۱۰۰۰
نفوذ	mm/season		۰-۱۰۰۰
عملکرد	kg/ha		۰-۱۰۰۰۰

[1] Recoverable Flow Fraction of Drainage
[2] Recoverable Flow Fraction of Percolation

مؤلفه جریان قابل بازیافت حاصل از جریان برگشتی

در REWAS مؤلفه جریان قابل بازیافت از جریان برگشتی، کلیدی برای برآورد صرفه‌جویی واقعی آب است. با استفاده از مؤلفه جریان قابل بازیافت زهکشی، تخمین آب برگشتی به آب‌های سطحی برای استفاده مجدد احتمالی امکان‌پذیر است.

علاوه براین، استفاده از مؤلفه جریان قابل بازیافت حاصل از نفوذ، امکان برآورد برگشت آب به یک سفره آب زیرزمینی را برای استفاده مجدد بالقوه میسر می‌سازد. مقادیر مؤلفه جریان قابل بازیافت بسته به حوضه می‌تواند بین ۲۰ تا ۹۰ درصد متغیر باشد.

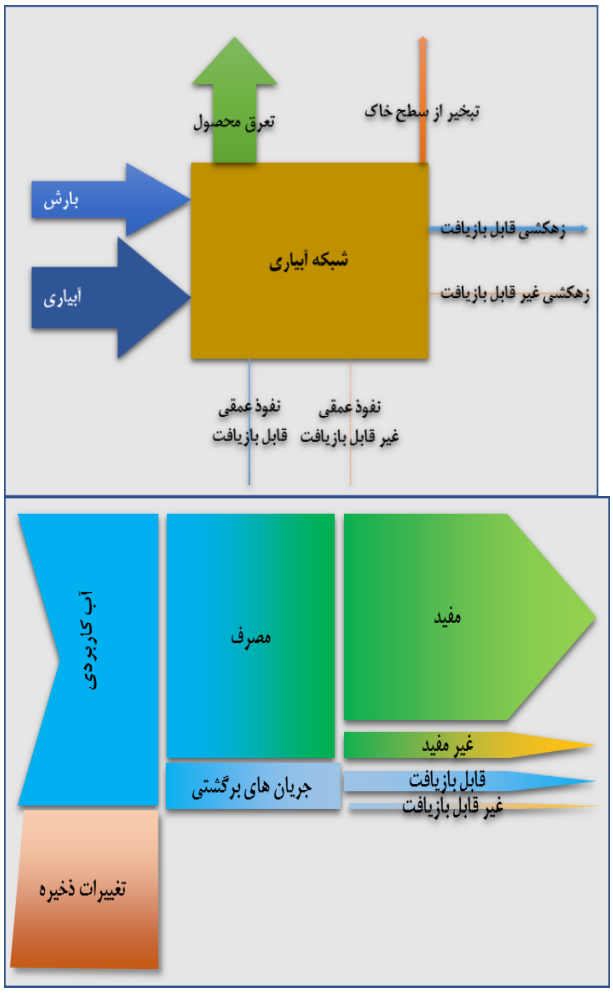
مقادیر دقیق مؤلفه جریان قابل بازیافت به‌سختی حاصل می‌شود. بااین‌حال، آگاهی و دانش از جریان‌های غیرقابل بازیافت در حوضه‌های خاص می‌تواند برآورد مؤلفه جریان‌های بازیافتی را ارائه دهد.

نتایج حاصل از REWAS

در REWAS نتایج خروجی در سطح مزرعه و شبکه از هم تفکیک‌شده‌اند (جدول ۳). نتایج خروجی با اصطلاحات چارچوب حسابداری آب ارائه‌شده‌اند. صرفه‌جویی آب بین سناریو مرجع و مداخلات مختلف (مداخله A و مداخله B) بررسی می‌شود و صرفه‌جویی واقعی آب در مقیاس شبکه و همچنین بهره‌وری آب تعیین می‌شود. کاربر می‌تواند سناریوی موردنظر را در نمودار توازن آب (خروجی‌ها) در مقیاس شبکه نشان دهد (شکل ۵). اندازه پیکان‌ها با توجه به سناریوی انتخاب‌شده تغییر می‌کند.

جدول ۳- نتایج خروجی REWAS در سطح مزرعه (mm) و سطح شبکه (MCM)، برای ارزیابی صرفه‌جویی واقعی آب برای سناریوی مرجع و مداخلات مختلف

نتایج (Results)				
		سناریو (Scenario)		
		مرجع (Reference)	مداخله A (Intervention A)	مداخله B (Intervention B)
نتایج در مقیاس مزرعه (Results Field)	واحد (Unit)			
مصرف مفید (Consumption, beneficial BC)	(mm)			
مصرف غیرمفید (Consumption, non – beneficial BC)	(mm)			
جریان‌های برگشتی (Return flows)	(mm)			
تغییرات ذخیره (Storage changes CH)	(mm)			
بهره‌وری آب (Water productivity WP)	(kg/m^3)			
صرفه‌جویی ظاهری آب (Apparent Water Savings FWS)	(mm)			
درصد ذخیره ظاهری آب (Percentage of Apparent Water Saving % FWS)	**(%)**			
نتایج در مقیاس شبکه (Results System)				
مصرف مفید (Consumption, beneficial BC)	(MCM)			
مصرف غیرمفید (Consumption, non – beneficial NBC)	(MCM)			
جریان‌های برگشتی قابل بازیافت (Return flows, recoverable)	(MCM)			
جریان‌های برگشتی غیرقابل بازیافت (Return flows, non-recoverable)	(MCM)			
تغییرات ذخیره (Storage changes CH)	(MCM)			
بهره‌وری آب (Water productivity WP)	(kg/m^3)			
صرفه‌جویی واقعی آب (Real Water Savings RWS)	(MCM)			
درصد ذخیره واقعی آب (Percentage of Real Water Saving % FWS)	**(%)**			



شکل ۵- نمونه‌ای از نمودار توازن آب (خروجی‌ها) در مقیاس سیستم برای سناریوی مرجع. در مقیاس سیستم جریان‌های بازیافت و جریان‌های غیرقابل بازیافت برای زهکشی و نفوذ حاصل می‌شود.

تئوری و مفاهیم اساسی در REWAS

۱- حسابداری آب

در حسابداری آب، باید بین "کاربرد" آب[1] و "مصرف" آب[2] تمایز قائل شد. در آب کاربردی، بیشتر آب مورداستفاده مستقیماً به همان سیستم هیدرولوژیکی که از آن برداشت‌شده، برمی‌گردد (شاید در محلی دیگر برگشت داده شود و شاید مقداری آب آلوده‌شده و نیز کیفیت آن تنزل یابد اما ازلحاظ فیزیکی آب در دسترس بوده و می‌تواند مورداستفاده مجدد قرار گیرد).

اما زمانی که آب از طریق تبخیر و تعرق مصرف می‌شود، این آب دیگر در دسترس نیست (مگر در سیستم‌های بسته، مانند گلخانه‌های هیدروپونیک که ممکن است در آن تبخیر و تعرق متراکم شده و دوباره مورداستفاده قرار گیرد). موضوع مهم دیگری که توجه به آن بسیار اهمیت دارد، بحث تلفات است. از دیدگاه مهندسی آنچه که تلفات آب نامیده می‌شود، آبی است که از مرزهای انتهایی یک شبکه آبیاری خارج می‌شود که این مقدار آب می‌تواند تصفیه‌شده و مورداستفاده مجدد قرار گیرد.

از دیدگاه یک تحلیل‌گر محیط‌زیست این تلفات نبوده، بلکه می‌تواند به‌عنوان یک منبع تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی و یا جریان آب احیاکننده تالاب‌ها به‌حساب آید.

[1] Using Water
[2] Consuming Water

به‌عبارت‌دیگر تلفات آب از دیدگاه مهندسی می‌تواند منبع تغذیه آب از دیدگاه محیط‌زیستی باشد. چارچوب حسابداری آب جریان‌های مختلفی را که با هر نوع مصرف آب مرتبط هستند، متمایز می‌کند و این چارچوب می‌تواند برای هر بخش و در هر مقیاسی، بدون تغییر اعمال شود (Perry., 2007; Kaune et al., 2020).

آب کاربردی با هر نوع کاربرد آب برای مقاصد معین تعریف می‌شود که ممکن است آبیاری، استفاده برای انرژی برقابی، شستشوی خانگی، فرایندهای صنعتی و غیره باشد.

۲-حسابداری آب در REWAS

در REWAS، چارچوب حسابداری آب برای ارزیابی میزان مصرف آب در شبکه‌های آبیاری ساده شده است. همان‌طور که پیش‌ازاین اشاره شد، بخش "مصرف‌شده" محدود به مصارف مفید و غیرمفید است و بخش "مصرف نشده یا جریان برگشتی" محدود به جریان‌های قابل بازیافت و غیرقابل بازیافت است (جدول ۴). انجام تجزیه‌وتحلیل تکمیلی با درنظرگرفتن سایر بهره‌برداران آب (به‌عنوان‌مثال محیط‌زیست، منطقه شهری و غیره) با استفاده از ابزار WEAP انجام می‌شود.

جدول ٤- مفاهیم به‌کاررفته در ابزار REWAS در شبکه‌های آبیاری بر اساس چارچوب حسابداری آب (Kaune et al., 2020)

آب کاربردی در شبکه‌های آبیاری (WU)	مصرف‌شده (CU)	مصرف مفید (BC) تعرق محصول
		مصرف غیرمفید (NBC) تبخیر از سطح خاک
	غیر مصرف‌شده یا جریان‌های برگشتی (NCU)	جریان‌های قابل بازیافت (RF) - حاصل از زهکشی - حاصل از نفوذ
		جریان‌های غیرقابل بازیافت (NRF) - حاصل از زهکشی - حاصل از نفوذ
	تغییرات ذخیره (CS)	

در REWAS، تعیین اجزای مختلف آب کاربردی برای ارزیابی تأثیر واقعی آن در شبکه‌های آبیاری مهم است. به‌عنوان‌مثال، اگر یک کشاورز با استفاده از فناوری آبیاری پیشرفته و بدون تغییر حجم آب تحویلی به مزرعه خود، سطح محصول را در شبکه آبیاری A افزایش دهد، برخی یا تمام تغییرات زیر می‌تواند اتفاق افتد:

- مصرف مفید (تعرق محصول) افزایش می‌یابد.
- مصرف غیرمفید (تبخیر از سطح خاک مرطوب) کاهش می‌یابد.
- نفوذ عمقی کاهش می‌یابد.
- جریان‌های زهکشی کاهش می‌یابد.

افزایش "مصرف مفید" معمولاً مهم‌ترین تأثیر را دارد، درواقع دلیل اصلی برای معرفی فناوری پیشرفته آبیاری افزایش "مصرف مفید" است. در مقابل کاربرد فناوری‌های نوین آبیاری، کاهش جریان برگشتی به سفره‌های زیرزمینی و سیستم‌های سطحی را به دنبال دارد. توصیف شدت این تغییرات برای ایجاد شفافیت و همه جانبه نگری در هنگام گزارش ارزیابی اثرات فیزیکی کاربرد فناوری‌های پیشرفته آبیاری برای صرفه‌جویی آب ضروری است. ازاین‌رو، هنگامی‌که طرفداران فناوری‌های نوین آبیاری استدلال می‌کنند که کاربرد این فناوری‌ها به علت صرفه‌جویی ظاهری آب در مقیاس مزرعه می‌تواند منجر به دو برابر شدن سطح آبیاری شده بشود، باید این استدلال را به دو برابر شدن نسبت آب تحویل داده‌شده به مزرعه و کاهش دو برابری مقدار جریان‌های برگشتی به محیط‌زیست و سایر مصارف نیز تعمیم داد (Kaune et al., 2020).

۳-جریان قابل بازیافت برای صرفه‌جویی واقعی آب

برای تعیین صرفه‌جویی واقعی آب در شبکه‌های آبیاری، میزان جریان برگشتی حاصل از نفوذ و زهکشی برای سایر بهره‌برداران ارزشمند و مهم است. جریان‌های قابل بازیافت بسته به جنبه‌های محیط‌زیستی، زیرساختی و مدیریتی سیستم-های آبیاری متفاوت هستند. به‌عنوان‌مثال، اگر شبکه آبیاری دارای خاک نسبتاً سبک باشد و آب از سفره‌های زیرزمینی برای

آبیاری مزارع پمپاژ شود، آب قابل بازیافت حاصل از نفوذ ممکن است زیاد باشد. در REWAS مؤلفه جریان قابل بازیافت حاصل از زهکشی و نفوذ می‌باشد و همان‌طور که در بالا توضیح داده شد، این مقادیر بسته به نوع سیستم آبیاری متفاوت است. جریان‌های قابل بازیافت حاصل از زهکشی و نفوذ به‌صورت زیر به دست می‌آیند (Kaune et al., 2020):

$$\text{Drainage Recoverable} = \text{Drainage Total} \times R \quad (۱)$$

$$\text{Percolation Recoverable} = \text{Percolation Total} \times RP \quad (۲)$$

در رابطه، RD[1]: مؤلفه زهکشی قابل بازیافت، $Drainage\ Total$: جریان زهکشی‌شده، $Drainage\ Recoverable$: جریان قابل بازیافت حاصل از زهکشی، RP[2]: مؤلفه نفوذ قابل بازیافت، $Percolation\ Total$: جریان نفوذیافته، $Percolation\ Recoverable$: جریان قابل بازیافت حاصل از نفوذ.

در REWAS، کل جریان قابل بازیافت در شبکه‌های آبیاری ($RFSys$[3]) با استفاده از هر دو جریان قابل بازیافت حاصل از نفوذ عمقی و زهکشی از معادله زیر به دست می‌آید (Kaune et al., 2020).

$$\text{RF Sys} = \text{DrainageRecoverable} + \text{PercolationRecoverable} \quad (۳)$$

متناظر با آن، جریان غیرقابل بازیافت حاصل از زهکشی ($DrainageNRFSys$) و جریان‌های غیرقابل بازیافت حاصل از نفوذ ($PercolationNRFSys$) از معادله‌های ۴ و ۵ به دست می یند و کل جریان غیرقابل بازیافت در مؤلفه‌های آبیاری ($NRFSys$) از معادله ۶ به دست می‌آید (Kaune et al., 2020).

$$\text{rainageNRFSys} = (\text{DrainageTotal}) \times (1 - RD) \quad (۴)$$

$$\text{PercolationNRFSys} = (\text{PercolationTotal}) \times (1 - RP) \quad (۵)$$

$$\text{NRFSys} = (\text{DrainageNRFSys} + \text{PercolationNRFSys}) \quad (۶)$$

[1] Recoverable Drainage Fraction
[2] Recoverable Percolation Fraction
[3] Total Recoverable Flow in Irrigation Systems

٤- بهره‌وری آب در REWAS

بهره‌وری آب به معنای گسترده آن، بازده خالص برای یک واحد آب مصرف‌شده می‌باشد (Molden et al., 2010). هدف از بهبود بهره‌وری آب تولید بیشتر غذا، درآمد، امرارمعاش بهتر و خدمات اکوسیستم با آب کمتر است. بهره‌وری آب از دو جزء محصول و آب تشکیل شده است. بهره‌وری آب یک محصول به‌عنوان نسبت بین مقدار محصول تولیدی و مقدار آب کاربردی تعریف می‌شود. در REWAS، بهره‌وری آب با استفاده از معادله زیر محاسبه می‌شود (Kaune et al., 2020).

$$WP = \frac{CPr}{(BC + NBC)} \quad (۷)$$

در این رابطه CPr[4]: محصول تولیدشده (Mkg)، C: تعرق محصول (مصرف مفید) (Mm^3) و NBC: تبخیر از سطح خاک (مصرف غیرمفید) (Mm^3).

برای محصولات زراعی مانند غلات و گیاهان علوفه‌ای رابطه بین عملکرد محصول و مصرف آب نسبتاً خطی است (Fereres and Soriano, 2007; Howell, 1990; Steduto et al., 2012).

نتیجه‌گیری

تعیین صرفه‌جویی واقعی آب پیچیدگی‌های خاص خود را دارد و بررسی اثر مداخلات مختلف بر میزان صرفه‌جویی آب به مقیاس موردبررسی وابسته می‌باشد. به‌منظور سنجش صرفه‌جویی واقعی آب در مقیاس حوضه لازم است به مفاهیم حسابداری آب توجه شود. با توجه با پیچیدگی‌های حسابداری آب در برقراری ارتباط بین دو مقیاس مزرعه و حوضه، رویکرد "ردیابی آب" با تمرکز بر چهار مؤلفه اصلی جریان آب توسط کمیسیون بین‌المللی آبیاری و زهکشی معرفی شده است. در رویکرد"ردیابی آب"، بخش مصرف‌شده آب شامل دو جزء مصرف مفید و غیرمفید و بخش مصرف نشده یا جریان برگشتی به دو جزء جریان‌های قابل بازیافت و جریان‌های غیرقابل

[4] Crop Production

بازیافت تقسیم می‌شوند. در این رویکرد، زهکشی، رواناب و نفوذ آب به منابع زیرزمینی دیگر به‌عنوان "تلفات غیرمفید" در نظر گرفته نمی‌شوند، زیرا بهره‌برداران پایین‌دست ممکن است از این آب‌های قابل بازیافت استفاده کنند؛ بنابراین، صرفه‌جویی در مصرف آب صرفاً از طریق کاهش مصرف آب و جریان برگشتی غیرقابل بازیافت حاصل می‌شود. رویکرد "ردیابی آب" موجب افزایش آگاهی درباره عوامل دخیل در دستیابی به صرفه‌جویی واقعی آب و ارتقای بهره‌وری آب در بخش کشاورزی و نقش مداخلات مختلف ازجمله کاربرد فناوری‌های نوین آبیاری در کاهش و یا افزایش مصرف آب می‌شود. این رویکرد از توسعه الگوهای بهتر حکمرانی آب حمایت می‌کند، الگوهایی که با ارزیابی صرفه‌جویی واقعی آب، می‌توانند توسعه غیر پایدار اراضی فاریاب را قاعده‌مند سازند. در این راستا ابزار REWAS به‌عنوان ابزاری قدرتمند به‌منظور ارزیابی سریع صرفه‌جویی واقعی آب در ازای مداخلات میدانی در شبکه‌های آبیاری با درنظر گرفتن رویکرد "ردیابی آب" توسط سازمان خواروبار جهانی فائو معرفی شده است. با استفاده از این ابزار مؤلفه‌های اصلی جریان در سناریوهای مختلف ناشی از کاربرد مداخلات مختلف برآورد شده و بر این اساس بهره‌وری آب و همچنین صرفه‌جویی واقعی آب در سناریوهای مختلف قابل‌بررسی خواهند بود. سنجش صرفه‌جویی واقعی آب، بینشی را در زمینه جریان‌های آب در مزرعه، شبکه آبیاری و مقیاس حوضه آبریز در اختیار مدیران و تصمیم‌گیران قرار می‌دهد که بر اساس آن می‌توانند مدیریت سیستم‌های آبی را برای دستیابی به صرفه-جویی واقعی آب و انتخاب مداخلات پایدار بهبود بخشند.

منابع

Adamson, D. and Loch, A. 2014. Possible negative feedbacks from “gold-plating” irrigation infrastructure. Agric. Water Manag. 145, 134–144

Dinar, A., Tieu, A. and Huynh, H. 2019. Water scarcity impacts on global food production. Glob. Food Sec. 23, 212–226. https://doi.org/10.1016/j.gfs.2019.07.007.

FAO, Ed. 2013. Coping With Water Scarcity: An Action Framework For Agriculture And Food Security: FAO Water Reports No 38, Food & Agriculture Org., Rome.

Fereres, E. and Soriano, M. A. 2007. Deficit irrigation for reducing agricultural water use. Journal of Experimental Botany. 58(2): 147–159. doi:10.1093/jxb/erl165, 2007.

Food and Agriculture Organizations (FAO), 1989a. Irrigation Water Management: Irrigation Scheduling.

Food and Agriculture Organizations (FAO), 1989b. Irrigation Water Management: Irrigation Methods.

Giordano, M., Turral, H., Scheierling, S., Treguer, D. and McCornick, P. 2017. Beyond “More Crop per Drop”: evolving thinking on agricultural water productivity. https://doi.org/10.5337/2017.202

Howell, T. A. 1990. Relationships between crop production and transpiration, evapotranspiration, and irrigation, [online] Available from: https://pubag.nal.usda.gov/catalog/613.

IPCC, 2019. Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems.

Kaune, A., Droogers, p., Van Opstal, J.D., Steduto, P. and Perry. C. 2020. REWAS: REal WAter Savings tool: Technical Document.

Keller, A.A. and Keller, J. 1995. Effective Efficiency: A Water Use Efficiency Concept for Allocating Freshwater Resources.

Molden, D., Sakthivadivel, R. and Habib, Z. 2001. Basin-level use and productivity of water: examples from South Asia, Researh Report (IWMI).

Pérez-Blanco, C., Hrast-Essenfelder, A. and Perry, C. 2020. Irrigation technology and waterconservation : from panaceas to actual solutions Submitted.

Perry, C. and Steduto, P. 2017. Does improved irrigation technology save water? A review of the evidence. FAO. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.35540.81280

Perry, C. 2007. Efficient irrigation; inefficient communication; flawed recommendations. Irrig. Drain. 56: 367–378. https://doi.org/10.1002/ird.323.

Steduto, P., Hsiao, T. C., Fereres, E. and Raes, D. 2012. Crop yield response to water, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

Turral, H., Burke, J. and Faures, J.-M. 2011. Climate change, water and food security. FAO Water Reports 36, FAO Water Reports 36.

Van Opstal, J., Droogers, P., Kaune, A., Steduto, P. and Perry, C. 2020. Guidance on Realizing Real Water Savings with Crop Water Productivity Interventions.

Ward, F.A. and Pulido-Velazquez, M. 2008. Water conservation in irrigation can increase water use. Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A. 105, 18215–18220. https://doi.org/10.1073/pnas.0805554105

Water Management in Agriculture
Vol. 7, No. 2, Autumn and Winter 2021, 119-134

نشریه مدیریت آب در کشاورزی
جلد ۷، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۳۹۹، ص. ۱۳۴-۱۱۹

REWAS: Tool for Assessing the Real Agricultural Water Savings

H. Dehghanisanij[1]*, S. Sepehri Sadeghian[2] and E. Kanani[3]

Abstract

Water scarcity has always been a serious challenge for agriculture and food security, Therefore, agricultural water saving is the most important strategy to overcoming water resource scarcity. Solutions to overcoming the water crisis by looking at the agricultural sector are not simple and the lack of attention and awareness of the water cycle has led to incomplete and incorrect definitions and sometimes overshadowing planning and investment. The main challenge in this regard is the lack of access to sufficient and real information in the agricultural sector. On the other hand, obtaining measured observations of real water savings requires extensive data collection. Some evidence shown that apparent water savings at the local level are in reality often limited at a basin scale context or even increased water consumption. Therefore, using any kind of simple and pragmatic tools to evaluate the impact of interventions used on the farm scale and larger scales can have significant effects on behavior of beneficiaries towards water resources and its consumption. The REWAS (Real Water Savings) tool is developed to undertake a quick impact assessment of detailed field scale intervantions (either by models or pilot plots) on basin-scale potential water savings. REWAS is based on proven concepts of water accounting, water productivity and the appropriate water terminology, as promoted by FAO.

Key words: Apparent Water Saving, Beneficial Consumption, Real Water Saving, Recoverable Flow, Return Flow

[1] Associate Professor, Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Alborz, Iran. (*correspondin author E-mail: h.dehghansanij@areeo.ac.ir)
[2] Assistant professor of Irrigation and Drainage Engineering, Agricultural Engineering Research Institute (AERI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
[3] PhD student, Department of Water Engineering, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran