نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۶، جلد ۱۷، بهمن - اسفند ۱۴۰۲، ص. ۱۰۳۳-۱۰۲۵

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.6, Vol. 17, Feb.-Mar. 2024, p. 1025-1033

مقاله علمی-پژوهشی

تحلیلی بر راندمان‌های آبیاری ایران در بستر زمان

فریبرز عباسی[1*]، نادر عباسی[1]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۱۲

چکیده

راندمان آبیاری یکی از شاخص های مهم، پرکاربرد و نسبتا ساده در مباحث مدیریت مصرف آب است که از دیرباز مورد استفاده محققان و کارشناسان مهندسی آبیاری برای طراحی سامانه‌های آبیاری و همچنین ارزیابی وضعیت مصرف و یا تلفات آب در حین آبیاری مزارع و باغات مورد استفاده قرار می‌گیرد. این شاخص که با نسبت آب مصرف شده توسط محصولات کشاورزی به آب منحرف شده از منبع تعریف می‌شود، یک کمیت نسبی است که دارای مؤلفه‌های انتقال و توزیع (نسبت آب خروجی از یک بازه‌ای از سیستم انتقال یا توزیع به آب ورودی به آن بازه) و راندمان کاربرد (نسبت آب مصرفی گیاه به آب کاربردی در مزرعه) است. هدف از این پژوهش ارزیابی مقدار این شاخص و تحلیل تغییرات آن در چند دهۀ گذشته است. بدین منظور از دو بانک داده شامل بانک دادۀ راندمان‌های آبیاری (عباسی و همکاران، ۱۳۹۵) شامل ۱۹۰۰ داده راندمان منتشر شده در سال‌های ۹۴-۱۳۷۰ و بانک داده مربوط به نتایج پروژه تعیین حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب محصولات مختلف زراعی، باغی، سبزی و صیفی که از سال ۱۳۹۵ تا ۱۴۰۰ انجام شده است، می‌باشد. نتایج نشان داد روند کلی تغییرات راندمان‌های آبیاری در کشور مثبت و افزایشی است. به‌طوری‌که متوسط راندمان کاربرد، انتقال و توزیع و شاخص راندمان کل آبیاری در ایران به‌ترتیب حدود ۷۴، ۷۷ و ۵۷ درصد است. شاخص راندمان کل آبیاری در ایران بیش از راندمان کل آبیاری در کشورهای در حال توسعه (۴۵ درصد)، و نزدیک به راندمان آبیاری در کشورهای توسعه یافته (حدود ۶۰ درصد) می‌باشد. تحلیل و ارزیابی تغییرات زمانی شاخص راندمان آبیاری نشان می‌دهد که بخشی از روند صعودی شاخص راندمان آبیاری ناشی از اقدامات مدیریتی و زیربنایی انجام شده توسط دستگاه‌های متولی و بخشی ناشی از کم‌آبیاری اجباری در مزارع و باغات به خاطر کمبود فیزیکی منابع آب است. به‌طوری‌که مورد اخیر تهدید جدی برای منابع خاک بوده و لازم است تمهیدات مناسب برای کنترل شوری و تخریب بیشتر منابع خاک در آینده اندیشیده شود.

واژه‌های کلیدی: راندمان انتقال و توزیع، راندمان کاربرد، مدیریت آبیاری

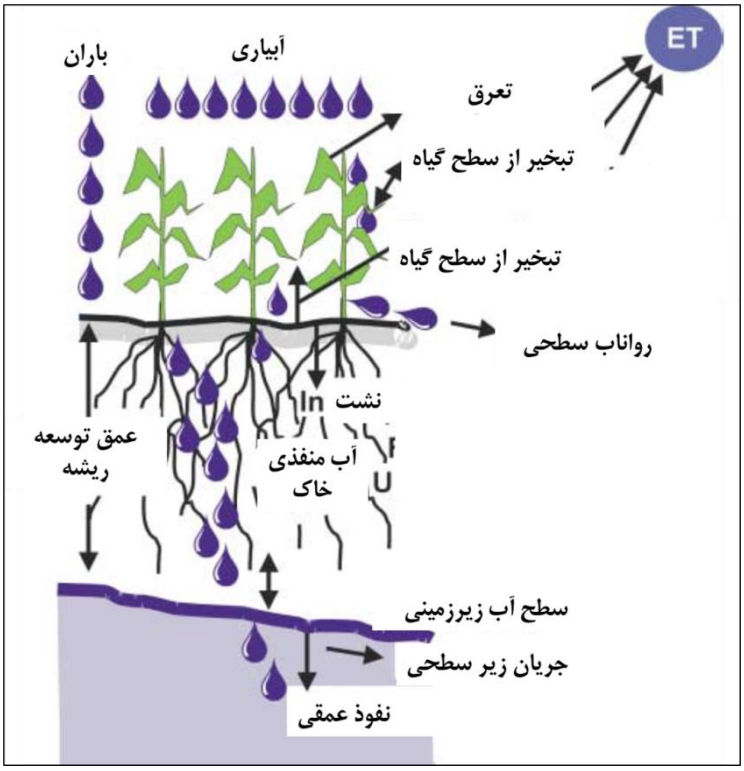
مقدمه [1]

کشاورزی آبی بخش مهمی از تاریخ، فرهنگ، اقتصاد و رکن اصلی امنیت غذایی ایران است. همانند اکثر کشورهای دنیا در ایران نیز بطور طبیعی بخش زیادی از آب تجدیدپذیر در بخش کشاورزی برای آبیاری مزارع و باغات در تولید محصولات کشاورزی و تأمین غذای جمعیت روزافزون کشور مصرف می‌شود. ازاین‌رو، هرگونه اقدامات اصلاحی در روش‌های آبیاری و بهبود مدیریت مصرف آب، نقش مهمی در پایداری کشاورزی و در دسترس بودن آب خواهد داشت. راندمان آبیاری شاخص مهمی برای ارزیابی و تعیین عملکرد و کارآیی روش‌های آبیاری از نظر تأمین آب مورد نیاز نسبت به آب در دسترس برای آبیاری یک واحد زراعی، مزرعه، حوضه، ناحیه آبیاری یا کل حوضه است. ارزش این شاخص و چگونگی تعریف و تفسیر در کشاورزی آبی از منظر اجتماعی به دلیل نقش آن در امنیت غذایی و پاسخگویی به جمعیت رو به رشد جهان بسیار مهم است. با این حال ارتقای راندمان آبیاری در بخش کشاورزی که عمده‌ترین مصرف‌کننده آب نسبت به سایر بخش‌ها است، از اهمیت زیادی برخوردار است که پیش‌نیاز این مهم ارزیابی و تحلیل وضعیت موجود و نیاز مستمر به داده‌های مختلف در مورد مقدار آب، محصولات کشاورزی، وضعیت نگهداری و بهره‌برداری روش‌های آبیاری و شیوه‌های کشاورزی است (Hamdi, 2007).

به‌طور کلی راندمان به توانایی یک تلاش خاص برای ایجاد یک نتیجه معین حداقل مقدار تلفات، هزینه یا تلاش غیرضروری اطلاق می‌شود. در بسیاری از عرصه‌ها نظیر؛ فعالیت‌های اقتصادی، کارکرد

۱- استاد، عضو هیات علمی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
۲- استاد، عضو هیات علمی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
(*- نویسنده مسئول: (Email: Fa.abbasi@areeo.ac.ir

ماشین‌آلات، و فرآیندهای صنعتی، افزایش راندمان به عنوان یک هدف دنبال می‌شود. در مهندسی کشاورزی نیز مفهوم راندمان آبیاری که با نسبت آب مصرف شده توسط محصولات کشاورزی به آب منحرف شده تعریف می‌شود، در طراحی و ارزیابی پروژه‌های آبیاری، پذیرفته شده است. به عنوان مثال اگر در یک مزرعه یا پروژه ۵۰ درصد آب منحرف شده توسط محصول مصرف شود، راندمان آبیاری ۵۰ درصد خواهد بود. مقدار آبی که از محل انحراف تا مصرف توسط گیاه از دسترس خارج می‌شود، ممکن است به شکل‌های مختلف در طول مسیر انتقال و توزیع و یا در داخل واحد زراعی باشد. راندمان کل به‌صورت ترکیبی از دو راندمان انتقال و توزیع (نسبت آب منحرف شده به سیستم انتقال و توزیع) و راندمان کاربرد (نسبت آب مصرفی گیاه به آب کاربردی در مزرعه) تعریف می‌شود (Lonsdale et al., 2020). مؤلفه‌های مختلف آب آبیاری که در تعریف معیارهای مختلف عملکرد و راندمان آبیاری نقش دارند در شکل (۱) ارائه شده است.



شکل ۱- مؤلفه‌های مختلف انتقال آب برای توصیف راندمان آبیاری

در تعریف دیگری "راندمان آبیاری" یک اصطلاح مهندسی پایه است که در علم آبیاری برای توصیف عملکرد آبیاری، ارزیابی مصرف آب آبیاری و ترویج استفاده بهتر از منابع آب، به ویژه منابع مورد استفاده در کشاورزی استفاده می‌شود. به عبارتی دیگر در تعریف راندمان آبیاری سه عامل؛ عملکرد روش آبیاری، یکنواختی مصرف آب و واکنش محصول به آبیاری دخالت دارند که هر یک از این‌ها به هم مرتبط بوده و متأثر از مقیاس مکانی و زمانی هستند (Howell, 2003). مقیاس مکانی می‌تواند از یک ابزار کاربرد آب آبیاری منفرد (یک لوله سیفون، یک لوله دریچه‌دار، یک آبپاش، یک قطره‌چکان) تا یک سامانه آبیاری (یک کرت، چند ردیف جویچه، یک خط آبپاش، یا یک لولهٔ فرعی آبیاری قطره‌ای) و یا در مقیاس‌های وسیع‌تر زمین شامل واحد زراعی، مزرعه، یک کانال آبیاری، یک شبکهٔ آبیاری کامل، یک حوضه آبریز، اراضی آبخور یک رودخانه و یا یک آبخوان باشد. مقیاس زمانی نیز می‌تواند از کاربرد یک تک آبیاری (یا چند آبیاری)، بخشی از فصل زراعی (پیش کاشت، سبز شدن تاجوانه‌زنی یا گرده افشانی، تولید مثل تا بلوغ)، فصل آبیاری یا فصل زراعی، یک سال آبی (معمولاً از ابتدای آب شدن برف بهاری تا پایان دوره آبیاری، یا یک فصل بارانی یا موسمی)، یا یک دوره چند ساله (خشکسالی یا ترسالی) باشد.

فائو در رویکرد جدیدی موضوع صرفه‌جویی واقعی آب (REWAS[1]) را مطرح نموده است که تعابیر به کار رفته برای اجزای بیلان آب در یک پروژه آبیاری متفاوت از مفاهیم سنتی آن است. در این رویکرد مصارف آب به دو بخش مفید و غیرمفید و جریان‌های برگشتی (رواناب سطحی و نفوذ عمقی) نیز به دو بخش قابل بازیافت

[1]- Real Water Savings

و غیرقابل بازیافت تقسیم می‌شود. برای مثال در دیدگاه سنتی راندمان آبیاری، زهکشی، رواناب و نفوذ به آب‌های زیرزمینی در بسیاری از موارد به عنوان «تلفات» تلقی می‌شود، در حالی‌که این آب توسط کاربران پایین‌دست استفاده می‌شود. بنابراین، این ادعا که کاهش زهکشی، رواناب و نفوذ در یک مزرعه باعث صرفه‌جویی در آب می‌شود نادرست است. چرا که استفاده مجدد در پایین دست باید در نظر گرفته شود (Kaune et al., 2020a). در واقع هدف اصلی REWAS ارزیابی سریع تأثیر عملیات بهبود مدیریت آب در مقیاس مزرعه بر صرفه‌جویی در مصرف آب در مقیاس حوضه است. به عبارتی دیگر ممکن است بخشی از آبی که در یک پروژه آبیاری به عنوان رواناب و یا نفوذ عمقی از دسترس خارج می‌شود، در مقیاس بزرگ‌تر از آن پروژه مورد استفاده بوده و تلفات محسوب نشود. شواهد و نتایج مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که در اکثر موارد صرفه‌جویی آشکار آب در مقیاس مزرعه، وقتی در مقیاس‌های بزرگتر ارزیابی می‌شود، باعث افزایش مصرف آب می‌شود (Kaune et al., 2020b). برای مثال، نتایج یک مطالعهٔ انجام شده در کشور نپال نشان داد که با کاهش مقدار آب کاربردی، ۷۵ درصد صرفه‌جویی در مصرف آب حاصل شده است. با بررسی‌های بیشتر مشخص گردید این نتیجه‌گیری با واقعیت مطابقت ندارد. چرا که در آن مطالعه اصل ردیابی مؤلفه‌های آب به درستی انجام نشده و فرض بر این بوده است که تمام جریان‌های برگشتی، تلفات هستند. در حالی که در واقعیت ۸۰ درصد جریان‌های برگشتی توسط کاربران پایین‌دستی بازیابی می‌شوند (Jha et al., 2016). چن و همکاران اثر مقیاس را بر مقدار راندمان آبیاری و صرفه‌جویی آب در یک منطقه کشت برنج واقع در دشت سانجیانگ، شمال شرقی چین، ارزیابی کرده و یک رابطه نمایی برای تأثیر مقیاس در راندمان ارائه نمودند. در این دشت نفوذ و زهکشی که بطور مرسوم به عنوان "تلفات آب" در مقیاس کوچک در نظر گرفته می‌شود، با پمپاژ برای آبیاری مجدد در سایر مزارع استفاده می‌شد. تابع ارائه شده نشان داد که با افزایش مقیاس، تابع استفاده مجدد افزایش و تابع آب برگشتی مؤثر کاهش می‌یابد. همچنین راندمان آبیاری با افزایش مقیاس بصورت تابع نمایی روند افزایشی داشته و با توجه به استفاده مجدد از آب برگشتی از طریق آب‌های زیرزمینی پمپ‌شده، بهره‌وری آب زمانی که مرز مقیاس از مرز ریشهٔ محصول به کل منطقه خاک غیراشباع–اشباع گسترش می‌یابد، به‌طور چشم‌گیری بهبود می‌یابد (Chen et al., 2018).

در تفسیر استاندارد راندمان، منابعی که استفاده می‌شوند ولی به تولید کمک نمی‌کنند، تلفات یا هدر رفت محسوب می‌شوند و کاهش این تلفات، هدف اصلی بهبود راندمان است. چالش استفاده از این مفهوم برای ارزیابی مصرف آب آبیاری (یا حفظ آب) در مواردی است که سطح ارزیابی فراتر از مقیاس مزرعه است. آبی که به مزرعه تحویل داده نمی‌شود یا در تولید مصرف نمی‌شود، اغلب از بین نمی‌رود یا هدر نمی‌رود. بلکه به قسمت دیگری از حوضه منتقل می‌شود و از آن استفاده‌های دیگری مانند تغذیه مجدد سفره‌های زیرزمینی، ورود به جریان رودخانه و تأمین آب کشاورزی در اراضی پایین‌دست صورت می‌گیرد. در این موارد، به حداکثر رساندن راندمان آبیاری ممکن است عواقب ناخواسته‌ای در سایر نقاط سیستم داشته باشد. ولی در شرایط دیگری نیز ممکن است آبی که توسط محصولات مصرف نمی‌شود، از سطح خاک تبخیر می‌شود، توسط گیاهان غیرزراعی مصرف می‌شود، به سمت تالاب‌های شور، و یا محل‌هایی که غیرقابل دسترس هستند، در این موارد، به حداکثر رساندن راندمان با کاهش این گونه موارد ممکن است منجر به صرفه‌جویی در آب شود (Lonsdale et al., 2020).

بطور کلی می‌توان گفت یک تضاد جدی در خصوص مفهوم راندمان آبیاری وجود دارد. افزایش راندمان روش‌های آبیاری به واسطه کاهش جریان‌های برگشتی، یا تغییری در کاهش برداشت آب ایجاد نمی‌کند یا از طریق افزایش تبخیر و تعرق و سطح آبیاری، برداشت از منابع را افزایش می‌دهد. البته تفسیر دقیق این موضوع کمی دشوار است و اغلب با سایر مباحث هیدرولوژی آبیاری اشتباه گرفته می‌شود. ولی آنچه مسلم است این که افزایش راندمان یکی از چندین راه افزایش سطح کشت آبی است. چرا که در سناریوهای افزایش راندمان بر نقش جریان‌های بازگشتی بیش از حد تأکید می‌شود (Lankford, 2023). با این حال، فناوری‌های افزایش راندمان آبیاری و صرفه‌جویی آب در مزرعه به دلیل این‌که بر اقتصاد آبیاری، مقدار آب مورد نیاز برای آبیاری یک زمین خاص، یکنواختی مکانی محصول و عملکرد آن، مقدار آبی که ممکن است به زیر ناحیه ریشه گیاه نفوذ کند و مقدار آبی که می‌تواند به منابع آب سطحی برای مصارف پایین‌دست یا سفره‌های آب زیرزمینی که ممکن است سایر مصارف آب را تأمین کنند، نقش مهمی دارند، همچنان به عنوان راهکاری برای مدیریت کمبود آب در کشاورزی به کار گرفته می‌شوند (Kaune et al., 2020b). در این راستا، تعیین راندمان سامانه‌های آبیاری موجود و ارزیابی نحوهٔ کار آنها از مهم‌ترین و ضروری‌ترین اقدامات لازم برای تصمیم‌گیری و تصمیم‌سازی‌های مرتبط با مصرف بهینهٔ آب، الگوی کشت و کاهش تلفات آب آبیاری است. ارزیابی راندمان آبیاری در کشورهای مختلف سابقه طولانی دارد و همواره مورد توجه سیاستگذاران و برنامه‌ریزان محلی و ملی بوده است.

در ایران پژوهش‌های پراکندهٔ زیادی در خصوص راندمان آبیاری در نقاط مختلف کشور انجام شده است. این پژوهش‌ها در یک مطالعهٔ ملی و تحلیلی در بازهٔ زمانی ۲۵ ساله (۱۳۹۴–۱۳۷۰) توسط عباسی و همکاران جمع‌بندی و در قالب بانک دادهٔ راندمان‌های آبیاری ارائه شده است (عباسی و همکاران، ۱۳۹۵). نتایج این بانک دادهٔ راندمان‌های آبیاری نشان داد که راندمان کاربرد آب آبیاری در کشور از ۲۲/۵ تا ۸۵/۵ درصد متغیر و میانگین آن ۵۶/۰ درصد بود؛ بررسی روند

تغییرات راندمان آب آبیاری در سال‌های مختلف نشان داد که راندمان کاربرد آب آبیاری در دو دهۀ ۸۰-۷۱ و ۹۰-۸۱ و سال‌های ۹۴-۹۱ به‌ترتیب ۵۲، ۵۸/۴ و ۵۸/۸ درصد بود. همچنین، بررسی‌ها نشان داد که راندمان انتقال و توزیع نیز در دهه‌های مذکور به‌ترتیب ۶۷/۰، ۶۸/۵ و ۷۴/۲ درصد بود. بدین‌ترتیب، راندمان کل در دهه‌های یاد شده به‌ترتیب ۲۹/۷، ۳۶/۰ و ۴۳/۸ درصد بود. بدین معنا که از سال ۱۳۷۵ (نیمۀ دهۀ ۸۰-۷۱) تا سال ۱۳۹۴ راندمان کل آبیاری، هر سال حدود ۰/۶ واحد رشد داشته است که نزدیک به مقادیر پیش‌بینی شده در برنامه‌های توسعۀ پنج سالۀ کشور (۱ واحد در سال) بوده است. در این نوشتار، با تکمیل بانک دادۀ راندمان‌های آبیاری عباسی و همکاران (۱۳۹۵)، روند تغییرات راندمان آبیاری در کشور در سه دهۀ اخیر مورد ارزیابی و تحلیل قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش برای ارزیابی و تحلیل داده‌های راندمان آبیاری کشور در سال‌های گذشته از دو بانک داده راندمان‌های آبیاری استفاده شد. نخست بانک دادۀ راندمان‌های آبیاری (عباسی و همکاران، ۱۳۹۵) شامل ۲۰۰ مورد مطالعۀ منتشر شده در خصوص راندمان‌های آبیاری (کاربرد، توزیع و انتقال) در کشور شامل حدود ۱۹۰۰ نوبت آبیاری اندازه‌گیری شده در روش‌های مختلف آبیاری در سال‌های ۹۴-۱۳۷۰ است. داده‌های این بانک دادۀ راندمان‌های آبیاری حاصل پژوهش‌های انجام شده در کشور در مؤسسات تحقیقاتی، دانشگاه‌ها، وزارت نیرو، شرکت‌های مشاور و ... بوده است که در مزارع زارعان و با مدیریت کشاورزان اندازه‌گیری شده‌اند؛ نتایج حاصل از پژوهش‌ها در مقیاس کرت‌های آزمایشی در ایستگاه‌های تحقیقاتی لحاظ نشده است. به عبارتی دیگر، نتایج حاصل از مطالعات مزرعه‌ای در خصوص ارزیابی راندمان آبیاری در سامانه‌ها و شبکه‌های مختلف آبیاری (سنتی و پایین دست سدها) در کشور مورد توجه قرار گرفته است که دستگاه‌های مختلف پژوهشی و اجرایی اندازه‌گیری کرده و به صورت رسمی گزارش شده‌اند.

بانک دادۀ دوم مربوط به داده‌هایی است که از نتایج اجرای یک طرح کلان توسط مؤسسۀ تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی به منظور پایش حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب ۳۵ محصول مختلف زراعی، باغی، سبزی و صیفی از سال ۱۳۹۵ تا ۱۴۰۰ انجام شده است (عباسی، ۱۴۰۲؛ عباسی و همکاران، ۱۴۰۲الف و ب). در حین اجرای این طرح برای تعدادی از محصولات مورد مطالعه، امکان برآورد راندمان کاربرد آب آبیاری وجود داشت. این محصولات شامل ۱۰ محصول عمدۀ زراعی (گندم، برنج، جو، ذرت‌علوفه‌ای، چغندرقند، نیشکر، لوبیا، آفتابگردان، کلزا، سویا)، ۱۲ محصول باغی (زعفران، سیب، زیتون، پرتقال، نارنگی، آلو، لیمو، انجیر، انگور، خرما، انار، پسته) و ۴ محصول سبزی و صیفی (گوجه‌فرنگی، سیب‌زمینی، خیار، پیاز) است. در این مطالعۀ جامع، حجم آب آبیاری محصولات مختلف در قطب‌های تولید آنها با مدیریت بهره‌برداران اندازه‌گیری و سپس راندمان آبیاری برای این داده‌ها به روش زو و همکاران (Zhou et al., 2021) برآورد شده است (رابطۀ ۱):

$$E_a = \frac{ETc-Re}{I} \times 100 \quad \text{.....(۱)}$$

که در آن، E_a راندمان کاربرد آب آبیاری (٪)، ETc نیاز آبی گیاه (میلی‌متر)، Re بارش موثر (میلی‌متر) و I عمق آب آبیاری (میلی‌متر) است.

بانک داده‌های مورد استفاده در این تحلیل شامل بیش از ۶۰۰۰ داده راندمان آبیاری است که در بازه زمانی ۱۳۵۰ الی ۱۴۰۰ قرار دارند. البته با توجه به اینکه داده‌های گزارش شده در بازۀ زمانی ۱۳۵۱ تا ۱۳۷۰ خیلی اندک بوده و امکان تحلیل آنها وجود نداشت، لذا ارزیابی داده‌ها برای سال‌های ۱۳۷۱ به بعد و در چهار بازۀ زمانی (۸۰-۱۳۷۱، ۹۰-۱۳۸۱، ۹۴-۱۳۹۱ و ۱۴۰۰-۱۳۹۵) دسته‌بندی، تحلیل و ارائه شده‌اند.

نتایج و بحث

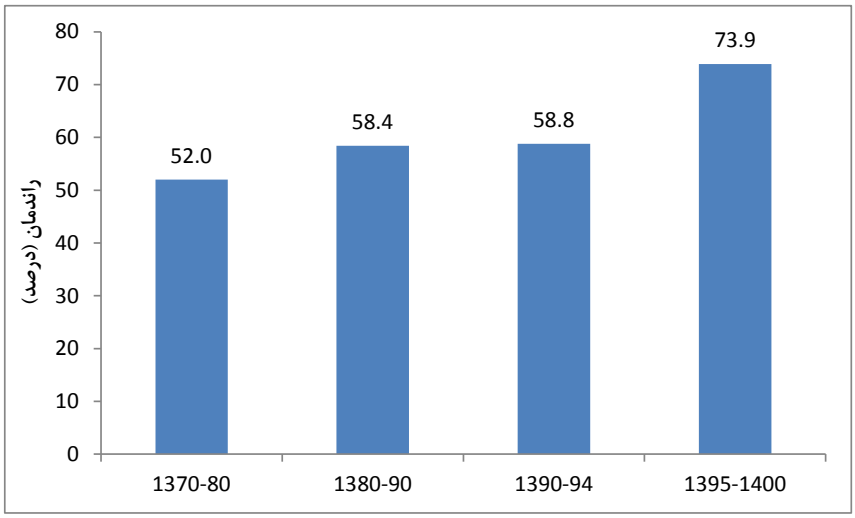
همانطور که اشاره شد، داده‌های گردآوری شده مشتمل بر انواع راندمان‌های انتقال، توزیع و کاربرد بودند که در این تحلیل روند تغییرات آن‌ها در بازه‌های زمانی یاد شده به تفکیک سه نوع راندمان و نیز به تفکیک نوع محصول ارزیابی شدند که نتایج بدست آمده به شرح زیر ارائه می‌شوند.

راندمان کاربرد آب آبیاری

روند تغییرات راندمان کاربرد آب آبیاری در بازه‌های زمانی مختلف در شکل (۲) ارائه شده است. روند تغییرات راندمان کاربرد آب آبیاری در کشور افزایشی و از ۵۲/۰ درصد تا ۷۳/۹ درصد متغیر است. این تغییرات تا سال ۱۳۹۴ تدریجی و به نسبت آهسته ولی در بازۀ زمانی ۱۴۰۰-۱۳۹۵ تغییرات جهشی است. راندمان کاربرد در این بازۀ زمانی کوتاه، افزایش قابل توجه ۱۵ واحدی را داشته است. دلایل مختلفی از جمله توسعۀ زیرساخت‌ها، معرفی تکنولوژی‌های جدید، ارتقای آگاهی بهره‌برداران با اجرای برنامه‌های مختلف آموزشی و ترویجی، کم-آبیاری و غیره برای این افزایش قابل ذکر است. به دلیل کمبود آب در دسترس، اغلب محصولات کشاورزی در سال‌های اخیر با درجات مختلفی از کم‌آبیاری (تا حدود ۵۰ درصد برای باغات پسته) مواجه بوده‌اند (عباسی و همکاران، ۱۴۰۲الف و ب). متوسط راندمان کاربرد فعلی (۷۳/۹ درصد) بیش از راندمان پتانسیل در روش‌های آبیاری سطحی و در حد راندمان پتانسیل برای برخی روش‌های آبیاری بارانی از جمله کلاسیک ثابت و نیمه‌متحرک است. در آبیاری سطحی

راندمان قابل حصول یا پتانسیل ۶۵ درصد و در سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار برای آبیاری بارانی ۸۵ درصد و برای آبیاری قطره‌ای ۹۰ درصد اعلام شده‌است (Solomon, 1988; Howell, 2003; Ali, 2011). زیاد بودن راندمان کاربرد در برخی ارزیابی‌های میدانی دیگر هم گزارش شده است. شکری و همکاران (۱۳۹۸) راندمان کاربرد آب در مزرعه را در اراضی پایاب سد مخزنی دویرج (دهلران) بین ۶۰/۳ تا ۸۰/۵ درصد و میانگین آن را ۶۹/۷ درصد گزارش کردند. سرن و همکاران (Şeren et al. 2023) در ارزیابی راندمان کاربرد در مزارع مجهز شده به ابزارهای تحویل حجمی در ترکیه مقدار این شاخص را ۸۸ درصد اعلام نمودند.

در ارقام راندمان آبیاری مزارع و باغات مورد مطالعه، برخی ارقام به دلیل کم‌آبیاری بیش از مقادیر راندمان پتانسیل بودند. در صورت محدود کردن حداکثر ارقام راندمان کاربرد به مقادیر پتانسیل هر روش آبیاری، میانگین راندمان کاربرد آب آبیاری در بازهٔ زمانی ۱۴۰۰-۱۳۹۵ حدود ۶۴/۰ درصد برآورد می‌شود.



شکل ۲- روند تغییرات راندمان کاربرد آب آبیاری در ایران

راندمان انتقال و توزیع

به دلیل کمبود داده در زمینهٔ راندمان‌های انتقال و توزیع، این دو راندمان با هم ارائه شده‌اند. در شکل (۳) میانگین حسابی، وزنی (نسبت به سطح شبکه) و میانگین حسابی و وزنی راندمان‌های انتقال و توزیع به تفکیک شبکه‌های سنتی و مدرن در بازهٔ زمانی ۱۴۰۰-۱۳۹۵ با هم مقایسه شده‌اند. داده‌های راندمان انتقال و توزیع برای سایر بازه‌های زمانی اندک و قابل ارائه به تفکیک شبکه‌های سنتی و مدرن نیستند. همانطور که ملاحظه می‌شود میانگین راندمان انتقال و توزیع در شبکه‌های سنتی و مدرن به‌ترتیب ۶۵/۵ و ۸۵/۹ درصد و میانگین کلی آن ۷۷/۴ درصد است. در شکل (۴) روند تغییرات راندمان انتقال و توزیع در بازه‌های زمانی مختلف ارائه شده‌است. روند تغییرات راندمان انتقال و توزیع همانند راندمان کاربرد، با گذشت زمان صعودی و از ۵۷/۱ در بازهٔ زمانی ۸۰-۱۳۷۱به ۷۷/۴ درصد در بازهٔ زمانی ۱۴۰۰-۱۳۹۵ افزایش یافته است. بیشترین افزایش در راندمان انتقال و توزیع بعد از بازهٔ زمانی ۹۰-۱۳۸۱ است که تا بازهٔ زمانی ۹۴-۱۳۹۱ حدود ۱۲ واحد رشد داشته است.

راندمان کل آب آبیاری

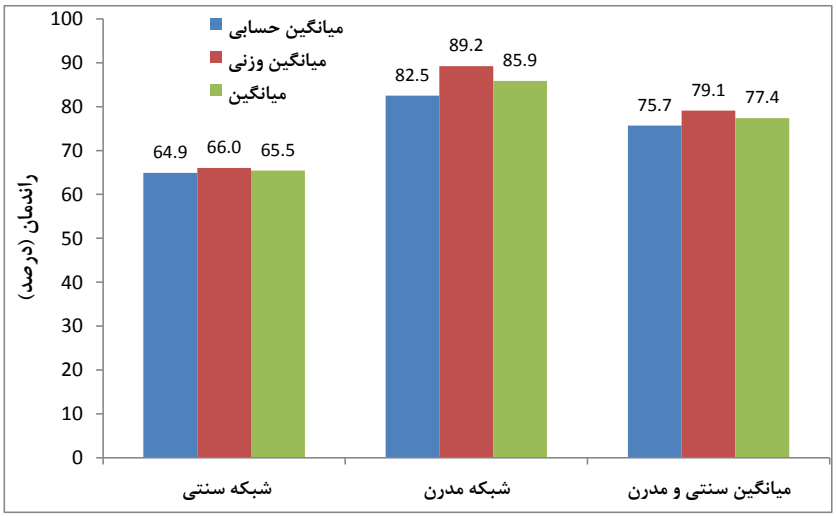
روند تغییرات راندمان کل آبیاری در بازه‌های زمانی مورد نظر در شکل (۵) ارائه شده است. راندمان کل آبیاری در بازهٔ زمانی مورد مطالعه از ۲۹/۷ تا ۵۷/۲ درصد متغیر است. تغییرات راندمان کل همانند سایر راندمان‌ها افزایشی است ولی متوسط آن در بازهٔ زمانی ۱۴۰۰-۱۳۹۵ رشد قابل توجه ۱۳ واحدی را داشته است. دلایل اصلی افزایش راندمان در بالا گفته شد. صرفه‌جویی در مصرف آب و کم-آبیاری به دلیل کاهش تدریجی منابع آب در آن سال‌ها یکی از دلایل اصلی افزایش راندمان آبیاری است. راندمان کل آبیاری در سند ملی دانش بنیان امنیت غذایی ۶۰ درصد برای سال ۱۴۱۱ هدف‌گذاری شده است، که با توجه به روند افزایشی راندمان آبیاری در ۳ دهه گذشته، عدد قابل حصولی است.

در صورت در نظر گرفتن راندمان کاربرد ۶۴ درصد، راندمان کل آبیاری ۴۹/۳ درصد برآورد خواهد شد.

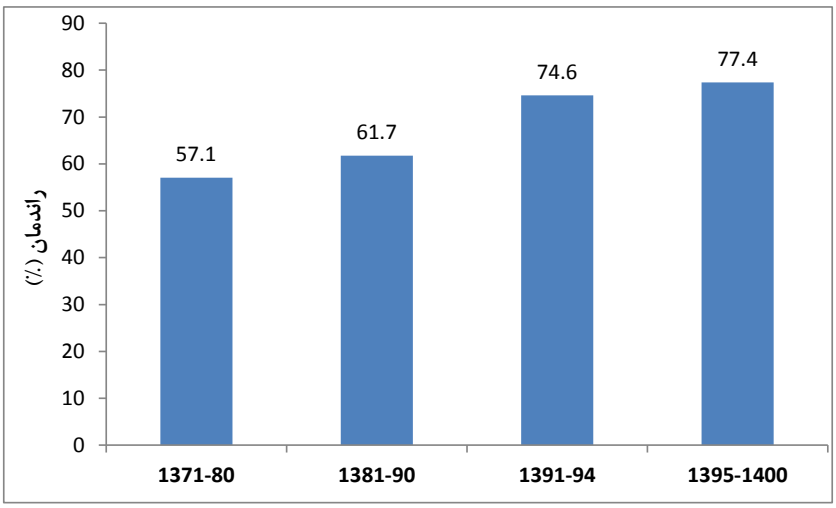
راندمان کاربرد آب آبیاری برای محصولات مختلف

آخرین وضعیت راندمان کاربرد آب آبیاری برای برخی محصولات

کشاورزی در شکل (۶) نشان داده شده است. راندمان آبیاری برای محصولات مورد مطالعه از ۵۶/۳ تا ۹۱/۳ درصد متغیر و متوسط آنها ۷۴/۰ درصد است. پنج محصول پسته (۹۱/۳ درصد)، انگور (۸۶/۸ درصد)، سویا (۸۶/۰ درصد)، آلو (۸۳/۸ درصد)، و گندم (۸۳/۵ درصد) بیشترین راندمان کاربرد آب آبیاری را به خود اختصاص دادند. دلیل اصلی بیشتر بودن راندمان کاربرد آب آبیاری در اراضی باغی (در کنار سایر عوامل گفته شده در بالا)، بیشتر بودن عمق توسعهٔ ریشه در محصولات باغی است. برنج (۵۶/۳ درصد)، نیشکر (۵۹/۷ درصد)، زعفران (۶۱/۵ درصد)، لوبیا (۶۳/۷ درصد)، و پیاز (۶۷/۹ درصد) به نسبت سایر محصولات از راندمان کاربرد کمتری برخوردار بودند. روش آبیاری یک عامل موثر در کم بودن راندمان آبیاری در این محصولات بود. روش آبیاری همه مزارع برنج، نیشکر و زعفران (بر اساس بانک دادهٔ این مطالعه) سطحی و حدود ۳۰ درصد مزارع لوبیا به روش‌های تحت‌فشار (بارانی و قطره‌ای نواری) آبیاری شدند.



شکل ۳- مقایسهٔ راندمان‌های توزیع و انتقال در شبکه‌های سنتی و مدرن آبیاری در بازه زمانی ۱۴۰۰-۱۳۹۵



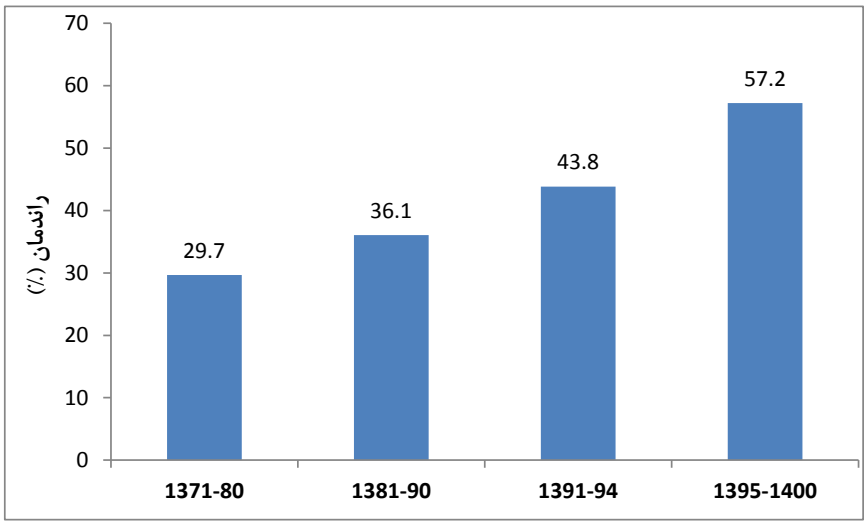
شکل ٤- روند تغییرات راندمان‌های توزیع و انتقال در ایران

نتیجه‌گیری

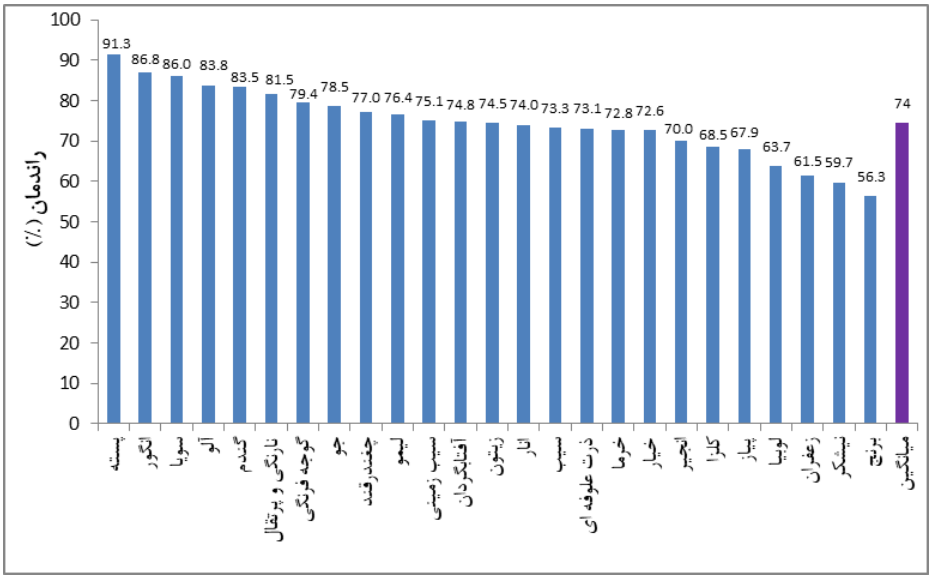
با توجه به نتایج بررسی‌ها و ارزیابی‌های انجام شده در این مطالعه موارد زیر قابل استنتاج و ارائه است:

روند کلی تغییرات راندمان‌های آبیاری در کشور مثبت و افزایشی است. در بازهٔ زمانی مورد مطالعه، راندمان کاربرد بین ۵۲ تا ۷۴ درصد و راندمان کل آبیاری در ایران بین ۳۰ تا ۵۷ درصد متغیر و راندمان کل آبیاری کشور در سال‌های اخیر (۴۹ تا ۵۷ درصد) بیش از راندمان کل آبیاری در کشورهای در حال توسعه است و فاصلهٔ چندانی با راندمان آبیاری در کشورهای توسعه یافته ندارد.

روند صعودی مقادیر راندمان آبیاری در سال‌های گذشته در کشور در درجه اول بیانگر این حقیقت است که اقدامات مدیریتی و زیربنایی انجام شده توسط دستگاه‌های متولی مؤثر و کارساز بوده است. اما تحلیل‌های انجام شده در پژوهش‌های اخیر نشان می‌دهد بخشی از افزایش شاخص راندمان آبیاری در کشور ناشی از کم‌آبیاری اجباری در مزارع و باغات به خاطر کمبود فیزیکی منابع آب است. مورد اخیر تهدید جدی برای منابع خاک خواهد بود؛ چرا که در صورت تداوم منجر به شوری و تخریب بیشتر منابع خاک در آینده خواهد شد. ارزیابی بیشتر شاخص راندمان آبیاری در وضعیت کم‌آبیاری باید در مطالعات آینده مدنظر باشد.



شکل ٥- روند تغییرات راندمان کل آبیاری در ایران



شکل ٦- مقایسهٔ راندمان کاربرد آب آبیاری برای محصولات مختلف

در طول چند دهه اخیر، برای افزایش بهره‌وری آب، تغییراتی در روش‌های آبیاری و زیرساخت‌های منابع آب و خاک (مثل احداث شبکه‌های آبیاری، تجهیز و نوسازی اراضی، زهکشی و غیره) ایجاد شده است که اغلب منجر به افزایش راندمان آبیاری شده است. تغییرات صورت گرفته در فناوری آبیاری برای افزایش راندمان آبیاری، از جمله جایگزینی روش‌های آبیاری سنتی با روش‌های نوین آبیاری و یا تجهیز و نوسازی اراضی و پوشش کانال‌ها، مزایای قابل توجهی در مزرعه مانند کاهش نیروی کار و افزایش تولید به همراه داشته است.

پیامدهای تغییر روش آبیاری با توجه به مسائل خاص هر منطقه مانند ویژگی‌های خاک، نوع محصول، مدیریت آبیاری و تصمیم‌گیری فردی از مکانی به مکان دیگر متفاوت است. راهبردهای مبتنی بر مکان که این عوامل خاص مکانی را در نظر می‌گیرند، برای حمایت یا تقویت کشاورزی آبی و در عین حال متعادل کردن بسیاری از نیازهای دیگر در تأمین آب ضروری هستند.

اندازه‌گیری و پایش آب آبیاری با تصویب بودجه مناسب برای ارزیابی واکنش‌های هیدرولوژیکی به تغییر روش‌های آبیاری و برنامه‌ریزی مؤثر برای مصرف آب در آینده ضروری خواهد بود. سیاستگذاری آب می‌تواند راهبردهای تعادل عرضه و تقاضای آب را در پاسخ به تغییر روش آبیاری، رشد جمعیت و تغییرات آب و هوایی حمایت یا محدود کند. گفتمان معنی‌داری برای ارزیابی سیاست‌های کلیدی مورد نیاز است که می‌توانند از راه‌حل‌های برد-برد خلاقانه برای کشاورزی، زیست‌بوم‌های آبی و دیگر نیازهای ضروری آب حمایت کنند. سیاست‌ها، راهبردها و برنامه‌های تشویقی در کنار مشارکت حداکثری بهره‌برداران، بیشترین تأثیر را خواهند داشت. شاخص راندمان آبیاری به تنهایی شاخص مناسبی برای ارزیابی مدیریت مصرف آب در کشور نیست و ارزیابی سایر شاخص‌ها از جمله شاخص‌های بهره‌وری آب (جعفری و عباسی، ۱۴۰۲) نیز برای برنامه-ریزی‌ها و سیاستگذاری‌های کلان کشور ضروری است.

منابع

جعفری، ح. و ف. عباسی، ۱۴۰۲. معرفی و ارزیابی شاخص بهره‌وری نسبی اقتصادی آب. مجله تحقیقات آب و خاک ایران.. ۵۴(۷): ۱۱۱۴-۱۰۹۵.

شکری، ح.ر.، نجارچی، م.، جعفری‌نیا، ر.، مختاری، ش.، علیزاده، ح.ع. و رحمانی، ا. ۱۳۹۸. ارزیابی آبیاری نواری و مقایسه با مدل WinSRFR (مطالعه موردی در اراضی پایاب سد مخزنی دویرج دهلران). نشریه تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی. ۲۰(۷۴): ۱۵۲-۱۳۹.

عباسی، ف. ۱۴۰۲. تعیین آب کاربردی محصولات سبزی و صیفی در کشور. گزارش پژوهشی نهایی شماره ۶۴۲۰۷ موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، کرج.

عباسی، ف.، باغانی، ج.، یزدانی، م.ر.، حقایقی‌مقدم، ا.، اکبری، م.، معیری، م. و نخجوانی‌مقدم، م.م. ۱۴۰۲الف. تعیین آب مصرفی محصولات زراعی در کشور. گزارش پژوهش نهایی شماره ۶۳۲۸۸، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، کرج.

عباسی، ف.، سهراب، ف. و عباسی، ن. ۱۳۹۵. ارزیابی وضعیت راندمان آب آبیاری در ایران. مجله تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی. (۱۷)۶۷: ۱۱۳-۱۲۸.

عباسی، ف.، موسوی‌فضل، س.ج.، ناصری، ا.، حسن‌اقلی، ع.ر.، نخجوانی‌مقدم، م.م.، عباسی، ن.، افشار، ه.، جلینی، م.، اکبری، م.، شاهرخ‌نیا، م.ع.، سپهری‌صادقیان، س. و قدمی‌فیروزآبادی، ع. ۱۴۰۲ب. تعیین آب مصرفی محصولات باغی در کشور. گزارش پژوهشی نهایی شماره ۶۳۵۸۶ موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، کرج.

Ali, M.H. 2011. Practices of Irrigation and On-farm Water Management. 1st Ed. Vol. 2. Springer Pub. 571 Pages.

Chen, H., Gao, Z., Zeng, W., Liu, J., Tan, X., Han, S., Wang, S., Zhao, Y. and Yu, C. 2018. Scale effects of water saving on irrigation efficiency: Case study of a rice-based groundwater irrigation system on the Sanjiang Plain, northeast China. Sustainability. 10(1): 47; doi: 10.3390/su10010047

Hamdy, A. 2007. Water use efficiency in irrigated agriculture: an analytical review. In: N. Lamaddalena (ed.), M. Shatanawi (ed.), M. Todorovic (ed.), C. Bogliotti (ed.), R. Albrizio (ed.). Water use efficiency and water productivity: WASAMED project. Bari: CIHEAM, 2007. p. 9-19. (Options Méditerranéennes: Série B. Etudes et Recherches; n. 57). 4. WASAMED (WAter SAving in MEDiterranean agriculture) Workshop, 2005/09/30-2005/10/04, Amman (Jordan). http://om.ciheam.org/om/pdf/b57/00800773.pdf

Howell, T.A. 2003. Irrigation efficiency. Encyclopedia of Water Science, doi: 10.1081/E-EWS 120010252.

Jha, A.K., Malla, R., Sharma, M., Panthi, J., Lakhankar, T., Krakauer, N.Y., Pradhanang, S.M., Dahal, P. and Shrestha, M.L. 2016. Impact of irrigation method on water use efficiency and productivity of fodder crops in Nepal. Climate. 4(1): 4, doi: 10.3390/cli4010004.

Kaune, A., Droogers, P., Opstal, J.V., Perry, C. and Steduto, P. 2020a. REWAS: REal WAter Savings tool: FAO's Water Scarcity Program, FutureWater Report.

Kaune, A., López, P., Gevaert, A., Veldkamp, T., Werner, M. and de Fraiture, C. 2020b. The benefit of using an ensemble of global hydrological models in surface water availability for irrigation area planning. Water Resources Management. 34(7), doi: 10.1007/s11269-020-02544-1.

Lankford, B.A. 2023. Resolving the paradoxes of irrigation efficiency: Irrigated systems accounting analyses depletion-based water conservation for reallocation. Agricultural Water Management. 287: 108437

Lonsdale, W.R., Cross, W.F., Dalby, C.E., Meloy, S.E. and Schwend, A.C. 2020. Evaluating Irrigation

Solomon, K.H. 1988. Irrigation Systems and Water Application Efficiencies. Center for Irrigation Technology Irrigation Notes. CAIT Pud # 880104. California State University. Fresno, California.

Zhou, Q., Zhang, Y. and Wub, F. 2021. Evaluation of the most proper management scale on water use efficiency and water productivity: A case study of the Heihe River Basin. China. Agricultural Water Management. 246.

Efficiency: Toward a Sustainable Water Future for Montana. Montana University System Water Center. Montana State University. 42p. doi.org/10.15788/mwc202011.

Şeren, A., Kolsuz, H.U. and Yildirim, M.U. 2023. The effect of remote control ultrasonic water meters and volume-based pricing on water use efficiency. 25th International Congress on Irrigation and Drainage, 1-8 November. Visakhapatnam, India.

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.6, Vol. 17, Feb.-Mar. 2024, p. 1025-1033

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۶، جلد ۱۷، بهمن - اسفند ۱۴۰۲، ص. ۱۰۳۳-۱۰۲۵

An Analysis of Irrigation Efficiencies over Time in Iran

F. Abbasi*[1], N. Abbasi[2]

Recived: Dec.23, 2023 Accepted: Feb. 1, 2024

Abstract:

Irrigation efficiency is one of the important and common indicators in water consumption management, which has been used for a long time by researchers and irrigation experts to design and evaluation of irrigation systems. This index is defined by the ratio of water consumed by crops to water diverted from a source. It is a relative quantity that has the components of conveyance and distribution (the ratio of water output from a section of a conveyance or distribution system to the water entering that section) and application efficiency (the ratio of water used by plant to water used in the field). This research aims to evaluate irrigation efficiencies in Iran and its trends over time. The results of researches and studies conducted in Iran during the past decades have been collected and analyzed. To do this, two databases, including the irrigation efficiency database (Abbasi et al., 2015) containing 1900 efficiency data was published in 1991-2015 and the database related to the results of the applied irrigation water and water productivity project made from 2016 to 2020. The results showed that general trend of changes in irrigation efficiency in Iran has been positive and increasing. So that the average application efficiency, conveyance and distribution and total irrigation efficiency were 74, 77 and 57%, respectively. The total irrigation efficiency in Iran is more than the total irrigation efficiency in developing countries (being 45%), and close to the efficiency in developed countries (being 60%). The analysis and evaluation of the irrigation efficiency over time showed that part of the achievement related to the irrigation efficiency is due to the management and infrastructure measures carried out by the trustees and part is due to the deficit irrigation in fields and gardens due to the physical shortage of water resources. So, the latter case is a serious threat to soil resources and it is necessary to proper measures to control salinity and further destruction of soil resources in the future.

Keywords: Application efficieny, Conveyance and distribution efficiency, Irrigation management

[1]- Professors, Agricultural Engineering Research Institute (AERI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
2- Professors, Agricultural Engineering Research Institute (AERI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
(*- Corresponding author: E-mail: Fa.abbasi@areeo.ac.ir)