

ارزیابی عملکرد شبکه آبیاری پایاب سد گاوشان با شاخص‌های جهانی مدیریت منابع آب

چنور عبدی^۱، ستار زندسلیمی^۲ و حمید زارع ایبانه^{۳*}

چکیده

ارزیابی عملکرد، بخش جدایی‌ناپذیر طرح‌های آبیاری است. در این پژوهش عملکرد شبکه آبیاری پایاب سد گاوشان در منطقه کامیاران استان کردستان با استفاده از برخی شاخص‌های مقایسه‌ای ارائه‌شده توسط مؤسسه بین‌المللی مدیریت آب (IWMI) ارزیابی شد. این شاخص‌ها نیاز به داده‌هایی دارند که در دسترس بوده و به راحتی نیز تحلیل می‌شوند. داده‌های مورد نیاز شامل عملکرد محصول، سطح آبیاری‌شده مزرعه در فصل زراعی، نیاز آبی گیاهان، الگوی کشت و اطلاعات مربوط به میزان آب تحویلی به شبکه است. نتایج عملکرد شبکه مورد مطالعه با توجه به بهره‌وری آب و زمین نشان می‌دهد که به‌طور کلی عملکرد وضعیت فعلی شبکه مطلوب است. تجزیه و تحلیل عملکرد مصرف آب نشان داد که مقادیر تأمین آب نسبی گیاه و تأمین آب آبیاری نسبی گیاه به ترتیب ۱/۳ و ۰/۹۴ محاسبه شد که بیان‌گر آن است که آب مورد نیاز شبکه به میزان ۰/۰۶ کمتر تأمین می‌شود. عملکرد فیزیکی، از نظر تراکم کشت و نسبت آبیاری، خوب ارزیابی شد. ظرفیت آبرسانی کانال اصلی شبکه گاوشان برابر با ۰/۹۷ بوده که می‌توان گفت نیاز آبی گیاه برای الگوی کشت فعلی به صورت تقریبی تأمین می‌شود، اما در صورت تغییر الگوی کشت می‌بایست برای جلوگیری از هر گونه تنش آبی، ابتدا ظرفیت کانال آبرسانی برای تأمین نیاز آبی الگوی کشت جدید در ماه حداکثر نیاز آبی گیاه بررسی شود.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی عملکرد، بهره‌وری، شاخص‌های مقایسه‌ای، طرح آبیاری.

ارجاع: عبدی چ.، زندسلیمی س. و زارع ایبانه ح. ۱۴۰۲. ارزیابی عملکرد شبکه آبیاری پایاب سد گاوشان با شاخص‌های جهانی مدیریت منابع آب. مجله پژوهش آب ایران. ۵۱: ۶۱-۵۱. <https://dx.doi.org/10.22034/IWRJ.2023.14424.2536>

۱- دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا.

۲- دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا.

۳- استاد گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا.

* نویسنده مسئول: Zare@basu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۰۵

مقدمه

امروزه ساختارهای سازمانی تحت‌تأثیر پدیده‌های جهانی‌شدن، تغییرات صنعتی بزرگ‌مقیاس و مسائل زیست‌محیطی به‌سرعت در حال تغییر هستند و لازم است تا مدیران، تصمیمات کارآمدتری در مدیریت عملکرد بگیرند (دراکر، ۱۹۸۷)؛ بنابراین، بهبود مدیریت عملکرد نقش کلیدی در استفاده مناسب از منابع جاری سازمان و ایجاد مزیت رقابتی دارد و ارزیابی عملکرد جزو ضروری مدیریت عملکرد است (جستون، ۲۰۰۸). سیستم ارزیابی عملکرد به‌عنوان یک سیستم اطلاعاتی بوده و باعث کارآمدی مدیریت عملکرد می‌شود (بیتتیچی و همکاران، ۱۹۹۷). رشد جمعیت و محدودیت منابع آب تجدیدپذیر از یک‌سو و لزوم افزایش میزان مواد غذایی برای جمعیت در حال‌رشد از دیگر سو موجب فشار بیش از اندازه به منابع آب شده که لزوم دستیابی به بهره‌وری بالا برای استفاده بهینه از منابع آبی موجود را ضروری می‌سازد (استدوتو و همکاران، ۲۰۱۲؛ یوکار و همکاران، ۲۰۱۰). در همین راستا مدیریت صحیح منابع آبی، به‌دلیل استفاده بهینه از منابع آبی محدود به‌ویژه در بخش کشاورزی به‌واسطه مصرف بیش از ۷۰ درصد کل آب شیرین استحصالی جهان، بهبود کارایی مصرف آب، جلوگیری از اثرات منفی مصرف زیاد آب بر محیط‌زیست، مانند زهکشی، شوری و کاهش سطح آب زیرزمینی امری اجتناب‌ناپذیر است (فائو، ۲۰۲۰). با توجه به روند روبه‌رشد افزایش جمعیت جهان، انتظار می‌رود بسیاری از کشورها در سال‌های آتی با منابع ناکافی آب برای برآوردن نیازهای فعلی کشاورزی، خانگی، صنعتی و زیست‌محیطی مواجه شوند. این بدین معناست که رقابت بین کاربران کشاورزی، صنعتی، خانگی و ... در سطح بی‌سابقه‌ای افزایش خواهد یافت؛ بنابراین مدیریت آب کشاورزی در تأمین نیاز غذایی جمعیت روبه‌رشد جهان بسیار مهم است (تاکشی و عبدالهادی، ۲۰۰۳؛ کونوکو و همکاران، ۲۰۰۴). با وجود نارضایتی از عملکرد پروژه‌های آبیاری در کشورهای در حال‌توسعه، آبیاری از نظر تولیدات کشاورزی، تأمین مواد غذایی، درآمد مردم روستا، سرمایه‌گذاری عمومی برای توسعه روستاها و هزینه‌های بخش کشاورزی مهم است. بررسی شبکه‌های آبیاری، علی‌رغم وعده موتور محرک رشد کشاورزی، در بعضی از کشورها معمولاً بسیار کمتر از پتانسیل خود عمل می‌کنند (آلکن و همکاران، ۲۰۱۷؛ باس و همکاران،

۲۰۰۵؛ دژن، ۲۰۱۵). یکی از دلایل اصلی عملکرد پایین شبکه‌های آبیاری، مدیریت ناکافی آب در سطح سیستم و مزرعه است (چاکمک و همکاران، ۲۰۰۴)؛ بنابراین نظارت و ارزیابی کافی از عملکرد شبکه‌های آبیاری برای بهبود شیوه‌های مدیریت آب و میزان تحقق اهداف و مقاصد طرح، به‌منظور دستیابی به افزایش راندمان آبیاری شبکه ضروری است (سارما و راثو، ۱۹۹۷). ضمن آن‌که فرایند ارزیابی، درک بهتری از نحوه عملکرد یک سیستم را برای ذی‌نفعان مختلف شامل مدیران سیستم، کشاورزان و سیاست‌گذاران در تشخیص مشکلات و شناسایی راه‌حل‌ها و روش‌های بهبود عملکرد سیستم فراهم می‌سازد (چاکمک و همکاران، ۲۰۰۴). به‌همین دلیل یک سیستم مدیریت آب آبیاری برای تعیین نیازها و انتظارات متفاوت ذی‌نفعان، به اشکال مختلف ارزیابی عملکرد نیاز دارد و لازم است مدیران به خواسته‌های کشاورزان به‌عنوان یکی از سهامداران اقتصادی و اجتماعی استراتژیک تجارت آب در شبکه‌های آبیاری توجه کنند. ضمن آنکه، رضایت‌مندی کشاورزان از یک سیستم آبیاری، می‌تواند به پایداری بیشتر سیستم و نیل به اهداف طرح کمک کند (کوسکو و همکاران، ۲۰۰۸). توجه به این نکته برای مدیران بخش آب ضروری است که مشارکت بهره‌برداران خرد در ایجاد شکل‌های کشاورزی، می‌تواند سرمایه اجتماعی آن‌ها و در نتیجه عملکرد شبکه آبیاری محلی را افزایش دهند (لروی، ۲۰۲۳). در همین راستا نتایج تحقیقات اوپسال و آتیس (۲۰۱۰) در ترکیه نشان داد آموزش کشاورزان در مدیریت مشارکتی شبکه آبیاری، برای داشتن عملکرد بهتر همه شاخص‌های ارزیابی شبکه آبیاری و افزایش سطح رضایت کشاورزان مورد نیاز است. برای داشتن یک مدیریت کارآمد آب، بایستی نتایج ارزیابی‌ها با پایش و بررسی همه فعالیت‌های یک شبکه آبیاری، رعایت الزامات فنی، افزایش آموزش و ترویج، به‌صورت روزانه و فصلی انجام و برای تصمیم‌گیری در اختیار مدیران قرار گیرد. بدین‌ترتیب لازم است تا به‌منظور شناسایی مشکلات و ارائه راه‌حل‌های مدیریتی، ضمن تأکید بر زیرساخت‌های فیزیکی و بُعد اجتماعی شبکه‌ها به سیستم نظارت و ارزیابی در همه سطوح مصرف‌کنندگان آب تا مدیران، اهمیت داده شود؛ بنابراین مدیریت مشارکتی آبیاری در بهره‌برداری از سیستم‌های آبیاری، به‌منظور استفاده کارآمد و مؤثر از منابع آبی، امری ضروری است که باید در دستور

در مدیریت و سیاست‌گذاری‌های شبکه است و پیشنهاد کردند که ضمن افزایش مشارکت بهره‌برداران، با به‌کارگیری روش‌های نوین آبیاری و روش‌های به‌زرایی، وضعیت مصرف آب و راندمان آبیاری در شبکه آبیاری قزوین بهبود یابد. انتقال مدیریت آبیاری و مدیریت آبیاری مشارکتی از راه‌حل‌های دستیابی به مدیریت آبیاری پایدار است (اوکورا و همکاران، ۲۰۲۲). همچنین رعایت الگوی کشت مناسب از مؤثرترین عوامل در موفقیت شبکه‌های آبیاری است (دقی‌منچی و همکاران، ۲۰۱۷). دهنوی و صادقی (۱۳۸۵) کمبود منابع آب را به‌عنوان مهم‌ترین عامل محدودکننده تولید و توسعه کشاورزی در منطقه بندامیر اعلام کردند. سرافراز و همکاران (۱۳۹۱) با ارزیابی شبکه آبیاری دز در منطقه خوزستان مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید و توسعه کشاورزی را محدودیت منابع آب، عدم‌استفاده بهینه از زمین، عدم مشارکت آب‌بران و عدم‌استفاده از سیستم‌های نوین آبیاری گزارش کردند. سنر و همکاران (۲۰۰۷) در ارزیابی شبکه آبیاری ناحیه هابربولو در ترکیه با شاخص‌های مؤسسه بین‌المللی مدیریت آب^۱ (IWMI) گزارش کردند که تولید و ارزش ناخالص تولید این شبکه از مقادیر ملی کشور ترکیه کمتر است و دلیل مشکلات شبکه را عدم توان جمع‌آوری هزینه‌های آب از مشترکان، وجود مسائل زیست‌محیطی، ماندابی و شوری اراضی بیان کردند. دژن و همکاران (۲۰۱۲) عملکرد شبکه آبیاری تحت مدیریت تشکل‌های کشاورزی در اتیوپی را با شاخص‌های مقایسه‌ای IWMI ارزیابی کردند. سه گروه از شاخص‌های عملکرد مقایسه‌ای شامل شاخص‌های تأمین آب، بازده کشاورزی و شاخص‌های فیزیکی بررسی شدند. نتایج نشان داد آبیاری محدودتر و سرمایه‌گذاری بیشتر، بهره‌وری بهتری را از زمین در منطقه به‌همراه داشته و مصرف بی‌رویه آب و عدم‌پرداخت هزینه آب آبیاری، از عوامل مؤثر بر بهره‌وری ضعیف آب است. بررسی منابع نشان داد ارزیابی عملکرد پروژه‌های آبیاری برای اطمینان از پایداری کشاورزی آبی امری حیاتی و ضروری است (الشیخا و همکاران، ۲۰۱۸). شاخص‌های مقایسه‌ای به‌دلیل ارزیابی واقعی عملکرد شبکه و ارزیابی بازخورد آن نسبت به مدیریت‌های مختلف، مناسب‌تر از شاخص‌های فرایندی هستند (باس و همکاران، ۱۹۹۴؛ مولدن و همکاران، ۱۹۹۸)؛ بنابراین این

کار قرار گیرد (باس و همکاران، ۲۰۰۵؛ کوسکو و همکاران، ۲۰۰۸)؛ علاوه‌براین، ارزیابی شبکه‌های آبیاری و مدیریت مشارکتی در دستیابی به اطلاعات مفید برای انجام اقدامات اصلاحی برای حداکثرسازی مزایای پروژه‌های آبیاری و دستیابی به معیارهای بهبود برنامه‌ریزی، اجرا و مدیریت پروژه‌های مشابه کمک می‌کند (باس، ۱۹۹۷). مطالعات موردی زیادی در خصوص تأثیر فرایند ارزیابی در بهبود و توسعه عملکرد پروژه‌های آبیاری وجود دارند (PEOPC، ۲۰۱۰). دقی‌منچی و همکاران (۲۰۱۷)، عملکرد شبکه آبیاری را وابسته به اقدامات مدیریتی، میزان آب توزیعی، زیرساخت‌های مناسب، الگوی کشت مناسب، شرایط آب‌وهوایی و شرایط اقتصادی و اجتماعی کشاورزان هر شبکه می‌دانند. از نظر برخی دیگر از پژوهشگران، افزایش راندمان آبیاری، نوعی استراتژی برای افزایش دوام اقتصادی و پایداری کشاورزی آبی است (باستیانس و استودوتو، ۲۰۱۷؛ اژدری و هدایت، ۱۳۹۵). بیشتر پژوهشگران برای ارزیابی عملکرد فرایند مدیریت آبیاری، از شاخص‌های مالی و فیزیکی بهره گرفته‌اند (نایک و کالرو، ۲۰۰۰؛ یرکان، ۲۰۰۳؛ قوش و همکاران، ۲۰۰۵؛ کوسکو و همکاران، ۲۰۰۸). مولدن و همکاران (۱۹۹۸) از پیشروان ارزیابی مدیریت شبکه‌های آبیاری در جهان، با بررسی عملکرد شبکه‌های آبیاری در نقاط مختلف جهان از جمله مکزیک، کلمبیا، بورکینافاسو، ترکیه و پاکستان گزارش کردند که دلیل عملکرد ضعیف شبکه‌های آبیاری، نقایص طراحی و اجرا، و تعمیر و نگهداری پایین‌تر از حد استاندارد شبکه‌های آبیاری است. نتایج ارزیابی‌های ثانی‌خانی و همکاران (۱۳۸۶) برای شبکه آبیاری دشت ساوه نشان داد که مقدار آب مصرفی شبکه بیش از آب مورد نیاز گیاه است. محمدی و ابراهیمیان (۱۳۹۲) عمده مشکلات شبکه‌های آبیاری و زهکشی ایران را پایین‌بودن راندمان آبیاری، کاهش عمر مفید تأسیسات آبیاری و افزایش هزینه‌های مدیریت بهره‌برداری و نگهداری گزارش کردند. عدم هم‌خوانی آب توزیعی با نیاز آبی گیاه، ناتوانی در جمع‌آوری هزینه آب‌بهای مشترکان و وابستگی مالی شبکه به منابع دولتی ازجمله دیگر ضعف‌های مدیریت شبکه محسوب می‌شود (شنکوت، ۲۰۱۵). زارع ایبانه و همکاران (۱۳۹۸) با ارزیابی عملکرد مدیریت آب در شبکه آبیاری دشت قزوین عنوان کردند که مدیریت نامناسب مصرف منابع محدود آب، ناشی از مشارکت کم بهره‌برداران

انتقال آن از طریق تونل گاوشان، وارد کانال اصلی می‌شود و از طریق آبگیرهای تعبیه‌شده در مسیر، اراضی پایاب را مشروب می‌سازد. طول کانال اصلی شبکه ۱۶/۷ کیلومتر و ظرفیت آن ۴/۶ مترمکعب بر ثانیه است. در شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه نشان داده شده است.

داده‌های مورد نیاز در این پژوهش از سازمان‌های آب منطقه‌ای، جهاد کشاورزی و هواشناسی استان کردستان (در بازه زمانی ۱۰ ساله ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۹) جمع‌آوری شد. در جدول ۱ مشخصات اقلیمی ناحیه مورد مطالعه و در جدول ۲ اطلاعات کلی شبکه مورد مطالعه آورده شده است.

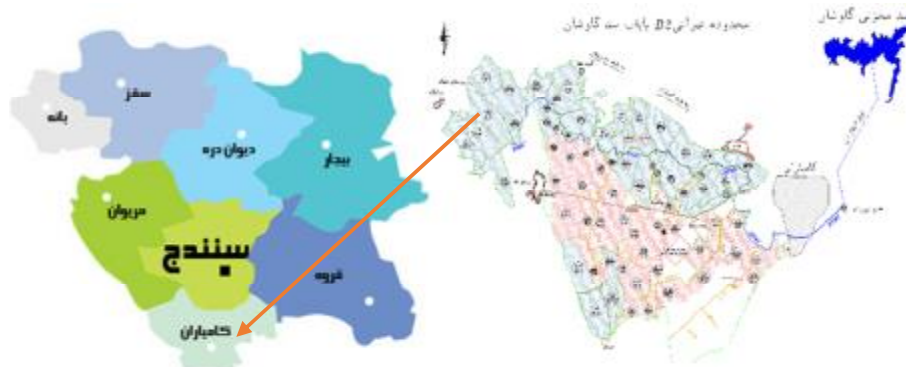
وضعیت عملکرد شبکه آبیاری پایاب سد گاوشان با برخی شاخص‌های مقایسه‌ای طبقه‌بندی‌شده توسط مؤسسه بین‌المللی مدیریت آب (IWMI) در سه گروه کشاورزی، مصرف آب و عملکرد فیزیکی ارزیابی شد (مولدن و همکاران، ۱۹۹۸).

پژوهش به‌منظور ارزیابی شبکه آبیاری و زهکشی پایاب سد گاوشان در استان کردستان با استفاده از شاخص‌های مؤسسه بین‌المللی مدیریت آب (IWMI) به‌عنوان شاخص‌های کارآمد در نشان‌دادن نقاط قوت و ضعف شبکه انجام گرفت. بررسی‌ها نشان می‌دهد تاکنون پژوهشی در این زمینه انجام نشده است و از نتایج آن می‌توان در بهبود عملکرد فعلی شبکه گاوشان استفاده کرد.

مواد و روش‌ها

محدوده مورد مطالعه

در این پژوهش اراضی شبکه فرعی آبیاری و زهکشی ناحیه عمرانی B2 از دشت بيله‌وار کامیاران واقع در پایاب سد مخزنی گاوشان در جنوب استان کردستان به مساحت ۳۵۰۰ هکتار ارزیابی شد. منبع آب شبکه از رودخانه گاورد که یکی از شاخه‌های اصلی رود سیروان است، تأمین می‌شود. آب رودخانه پس از ذخیره‌سازی در سد و



شکل ۱- موقعیت شبکه ناحیه عمرانی B2 پایاب سد گاوشان

جدول ۱- مشخصه‌های اقلیمی منطقه مورد مطالعه

شاخص روزانه	دمای حداکثر روزانه	دمای حداقل روزانه	ساعت آفتابی	بارش	رطوبت نسبی
	(°C)		(h)	(mm)	(%)
میانگین	۱۹/۲	۵/۱	۸/۱	۱/۳	۴۸/۹
حداکثر	۴۴	۳۴	۱۴/۸	۱۱۶/۸	۹۸
حداقل	-۲۰	-۳۳	۰	۰	۵/۱
انحراف معیار	۱۱/۶	۸/۶	۳/۸	۴/۸	۲۱/۳

جدول ۲- اطلاعات کلی شبکه مورد مطالعه

مشخصات اراضی مورد مطالعه	واحد	مقدار
گیاه پایه گندم	هکتار	۳۵۰۰
طول کانال اصلی	کیلومتر	۱۶/۷
روستاهای تحت پوشش	تعداد	۱۱
تعداد بهره‌برداران	نفر	۹۸۵

عملکرد کشاورزی

اطلاعات پایه مربوط به سطح زیر کشت محصولات، مساحت تحت پوشش، عملکرد و ارزش ناخالص محصول ارائه شده است.

الگوی کشت شبکه شامل سه محصول گندم، کلزا و ذرت دانه‌ای است. گندم به دلیل دارا بودن بیشترین سطح زیر کشت به عنوان محصول پایه در نظر گرفته شد. کل سطح زیر کشت آبی شبکه، ۳۵۰۰ هکتار است. در جدول ۳

جدول ۳- اطلاعات سطح زیر کشت، عملکرد و SGVP شبکه پایاب سد گاوشان

نوع محصول	مساحت تحت پوشش هکتار	درصد کشت درصد	میانگین عملکرد تن در هکتار	قیمت محصول کیلوگرم/ریال	SGVP* میلیون ریال	میلیون دلار
گندم	۱۴۰۰	۴۰	۵	۱۱۵۰۰۰	۸۰۵	۲/۹۶
کلزا	۱۰۵۰	۳۰	۲	۲۳۵۰۰۰	۴۹۳/۵	۱/۸۱
ذرت دانه‌ای	۱۰۵۰	۳۰	۸	۱۰۰۰۰۰	۸۴۰	۳/۰۹
مجموع	۳۵۰۰	۱۰۰	--	--	۲۱۳۸/۵	۷/۸۶

قیمت جهانی هر تن گندم در سال ۲۰۲۲ برابر با ۴۲۲/۶۸ دلار است (گزارش فائو، ۲۰۲۲).

*SGVP: استاندارد ارزش ناخالص محصول

ارزیابی عملکرد

پژوهشگران شاخص‌های مختلفی را برای ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری پیشنهاد کرده‌اند. اکثر آن‌ها بر فرایندهای داخلی طرح‌های آبیاری متمرکز بوده و عملکرد را به اهداف مدیریتی مانند سطح آبیاری‌شده، الگوی کشت و توزیع و تحویل آب مرتبط می‌کنند (آبرنتی، ۱۹۸۶؛ لوین، ۱۹۸۲؛ مولدن و گیتس، ۱۹۹۰؛ باس و همکاران، ۱۹۹۴؛ راثو، ۱۹۹۳). در این پژوهش برای ارزیابی عملکرد شبکه مورد مطالعه از شاخص‌های مقایسه‌ای منتخب کشاورزی، مصرف آب و عملکرد فیزیکی ارائه‌شده توسط مؤسسه بین‌المللی مدیریت آب (IWMI) استفاده شد (مولدن و همکاران، ۱۹۹۸) که به تشریح آن‌ها پرداخته می‌شود.

شاخص‌های مقایسه‌ای عملکرد کشاورزی

در این پژوهش از چهار شاخص ارزیابی عملکرد کشاورزی در قالب معادلات (۱) تا (۴) استفاده شد (مولدن و همکاران، ۱۹۹۸).

$$= \frac{\text{ارزش محصول در سطح زیر کشت گیاه (هکتار/دلار)}}{SGVP} \quad (۱)$$

کل سطح زیر کشت شبکه

$$= \frac{\text{ارزش محصول در سطح خالص (هکتار/دلار)}}{SGVP} \quad (۲)$$

سطح خالص شبکه

$$= \text{ارزش محصول در واحد آب تحویلی (مترمکعب/دلار)} \quad (۳)$$

SGVP

حجم آب آبیاری تحویلی به شبکه

$$= \text{ارزش محصول در واحد آب مصرفی (مترمکعب/دلار)} \quad (۴)$$

SGVP

حجم آب مصرفی شبکه یا نیاز آب گیاهان

که در آن: SGVP یا استاندارد ارزش ناخالص محصول (Standardized Gross Value of Production)، برحسب قیمت‌های محلی یا جهانی اندازه‌گیری می‌شود. منظور از کل سطح زیر کشت، مساحت تحت کشت مورد آبیاری، سطح خالص شبکه همان مساحت اسمی محدوده طرح است. حجم آب مصرفی شبکه یا نیاز آبی نیز برابر با تبخیر- تعرق استاندارد گیاه (ETc) است:

$$ETc = K_c \times ET_0 \quad (۵)$$

که ET تبخیر- تعرق گیاه مرجع (mm) است و از برنامه CropWat در بازه زمانی ۱۰ ساله (۱۳۹۰-۱۳۹۹) محاسبه شد (فائو، ۱۹۹۲). K_c ضریب گیاهی مربوط به گیاهان کشت‌شده در شبکه آبیاری است. حجم آب مصرفی در شبکه بر حسب مترمکعب از حاصل ضرب ET_c در سطح زیر کشت هر گیاه، به دست آمد.

برای مقایسه عملکرد سیستم‌های مختلف استاندارد ارزش ناخالص محصول (SGVP)، صرف‌نظر از مکان و نوع گیاه مورد کشت از معادله (۶) استفاده می‌شود (مولدن و همکاران، ۱۹۹۸).

$$= \text{ارزش استاندارد ناخالص محصول (دلار)} \quad (۶)$$

$$\left[\sum_{crop} A_i Y_i \frac{P_i}{P_b} \right] \times P_{world}$$

شاخص تراکم کشت به‌عنوان شاخص عملکرد فیزیکی (شاخص ارزیابی میزان کشت محصولات آبی منطقه) در قالب معادله (۹) محاسبه شد (ورمیلیون، ۲۰۰۰).

$$(9) \quad 100 \times \frac{\text{سطح زیر کشت سالانه}}{\text{سطح قابل کشت اولیه}} = \text{تراکم کشت}$$

تراکم کشت، نشان‌دهنده میزان آب قابل‌دسترس برای آبیاری و استفاده بیشتر از منابع زمین موجود برای تولید محصولات زراعت آبی است. مقادیر تراکم کشت در مناطق با سطح دسترسی کم به آب آبیاری، کمتر از ۱۰۰ درصد و در مناطق دارای منابع آبی مازاد، مقادیر بالاتری از تراکم کشت امکان‌پذیر است.

ارزیابی عملکرد میزان آبیاری

برای ارزیابی عملکرد میزان سطح آبیاری‌شده، از شاخص نسبت آبیاری (معادله (۱۰)) استفاده شد (باس و همکاران، ۱۹۹۴).

$$(10) \quad 100 \times \frac{\text{زمین آبیاری شده}}{\text{پتانسیل زمین قابل آبیاری}} = \text{نسبت آبیاری}$$

که در آن، مؤلفه زمین آبیاری‌شده، مساحتی از زمین مورد آبیاری در طول فصل رشد بر حسب هکتار و مؤلفه پتانسیل زمین قابل آبیاری نیز کل اراضی قابل کشت در محدوده طرح بر حسب هکتار است (ورمیلیون، ۲۰۰۰).

شاخص ظرفیت آبرسانی

شاخص نسبی ظرفیت آبرسانی در تعیین الگوی کشت تأثیرگذار است و از معادله (۱۱) قابل محاسبه است. اگر مقدار این شاخص بزرگ‌تر از یک باشد، به‌معنای برطرف‌شدن نیاز آبیاری گیاه و کمتر از یک بودن آن نیز به‌معنای عدم دریافت آب کافی توسط گیاه و بروز تنش آبی است.

$$(11) \quad \text{ظرفیت کانال اصلی (لیتر در ثانیه)} \\ \text{نیاز آبی ناخالص گیاه در ماه حداکثر (لیتر در ثانیه)} = \text{ظرفیت آبرسانی}$$

نتایج و بحث

شاخص‌های عملکرد کشاورزی برای طرح مورد مطالعه در قالب ارزش محصول به‌ازای سطح زمین و واحد آب در جدول ۴ نشان داده شده است.

نتایج شاخص‌های به‌دست‌آمده نشان‌دهنده وضعیت عملکرد شبکه با توجه به بهره‌وری منابع (زمین و آب) است. به‌طوری‌که هرچه میزان بهره‌وری از منابع بالاتر

که در آن، A_i مساحت تحت کشت گیاه i (هکتار)، Y_i عملکرد گیاه i (تن در هکتار)، P_i قیمت محلی گیاه i (ریال در تن)، P_b قیمت محلی گیاه پایه (ریال در تن)، P_{world} قیمت بین‌المللی گیاه پایه (دلار در تن) است. در این تحقیق، گیاه گندم با بیشترین سطح زیر کشت، به‌عنوان محصول پایه در نظر گرفته شد.

شاخص‌های عملکرد مصرف آب

برای ارزیابی عملکرد مصرف آب از دو شاخص تأمین نسبی آب گیاه^۱ (RWS) و تأمین نسبی آب آبیاری^۲ (RIS) استفاده شد (لوین، ۱۹۸۲؛ پری، ۱۹۹۶):

$RWS =$ تأمین نسبی آب گیاه

$$(7) \quad \frac{\text{کل آب تحویلی (m}^3\text{)}}{\text{آب مورد نیاز گیاه (m}^3\text{)}}$$

$RIS =$ تأمین نسبی آب آبیاری گیاه

$$(8) \quad \frac{\text{کل آب تحویلی به گیاه از طریق آبیاری (m}^3\text{)}}{\text{آبیاری مورد نیاز گیاه (m}^3\text{)}}$$

کل آب تحویلی برابر آب تأمین‌شده از طریق کانال اصلی شبکه به اضافه بارندگی مؤثر است. آب مورد نیاز گیاه همان نیاز آبی خالص گیاه یا آب مصرفی از طریق تبخیر-تعرق (IR) است. کل آب تحویلی به گیاه از طریق آبیاری، برابر با مجموع آب سطحی و آب زیرزمینی پمپاژشده، منهای بارندگی مؤثر است.

نیاز آبیاری و نیاز خالص آبی محصول توسط برنامه CropWat 8 (فائو، ۱۹۹۲) و به‌صورت ماهانه محاسبه شد (آلن و همکاران، ۱۹۹۸). مقدار ماهانه بارندگی مؤثر از روش وزارت کشاورزی ایالات متحده آمریکا (USDA 1967) محاسبه شد. مقادیر RWS و RIS نشان‌دهنده کفایت عرضه آب در برابر تقاضا هستند. با استفاده از این شاخص‌ها می‌توان ارزیابی از بیش‌آبیاری، کم‌آبیاری یا کفایت میزان آب آبیاری با آب مورد نیاز گیاه را داشت. معنا و مفهوم $RIS > 1$ بیش‌آبیاری (آبیاری بیش از نیاز گیاه) و $RSI < 1$ کم‌آبیاری گیاه (آبیاری کمتر از نیاز گیاه) است.

شاخص عملکرد فیزیکی

شاخص‌های فیزیکی به‌دلایل مختلف با تغییر یا ازدست‌دادن زمین آبی مرتبط هستند، در این مطالعه

1- Relative Water Supply

2- Relative Irrigation Supply

حاصل‌خیزی خاک و تناسب زمین بیش از بحث صرف مدیریت آب در کسب مقادیر بالایی از شاخص‌های جدول ۴ اثرگذارند (شنکات، ۲۰۱۵). در این پژوهش ارزش محصول در واحد آب تحویلی کمتر از یک و ارزش محصول در واحد آب مصرفی بیشتر از یک محاسبه شد که مشابه نتایج شنکات (۲۰۱۵) است. در بررسی شبکه آبیاری قزوین توسط زارع ابیانه و همکاران (۱۳۹۸) نیز مقادیر شاخص‌های ارزش محصول در واحد آب تحویلی و ارزش محصول در واحد آب مصرفی به‌ترتیب ۰/۶۸ و ۰/۲۷ به‌دست آمد.

باشد، وضعیت مدیریت آبیاری طرح بهبود یافته است. اگرچه شدت کشت و نوع محصول کشت‌شده نیز در این شاخص‌ها تأثیرگذار است (سنر و همکاران، ۲۰۰۷). در شرایط محدودیت زمین با توجه به شاخص‌های ارزش محصول در سطح زیر کشت گیاه و ارزش محصول در سطح خالص، محصولات دارای ارزش اقتصادی بالا به‌ازای سطح زیر کشت و در شرایط محدودیت منابع آب محصولات دارای ارزش اقتصادی بالا به‌ازای آب مصرفی بایستی کشت شوند. الگوهای کشت و توانایی‌های کشاورزان و مدیران شبکه آبیاری (سنر و همکاران، ۲۰۰۷) و همچنین سایر عوامل کشاورزی از جمله

جدول ۴- شاخص‌های کشاورزی محاسبه‌شده برای شبکه پایاب سد گاوشان

نام شاخص	ارزش محصول		ارزش محصول	
	زیر کشت گیاه	خالص	در واحد آب تحویلی	در واحد آب مصرفی
واحد	(هکتار/دلار)		(متر مکعب/دلار)	
مقدار	۲۲۴۵/۷	۲۲۴۵/۷	۰/۷۹	۱/۷۱

شاخص‌های عملکرد مصرف آب

در جدول ۵ نتایج دو شاخص تأمین آب نسبی گیاه (RWS) و تأمین آب آبیاری نسبی گیاه (RIS) برای ارزیابی عملکرد مصرف آب آمده است. بدین‌منظور لازم بود تا مقادیر نیاز خالص آب گیاه^۱ (CWR) و نیاز آبیاری^۲ (IR) هر محصول محاسبه شود. برای محاسبه نیاز آبیاری الگوی کشت شبکه در هر مرحله رشد، از برنامه CropWat 8 با داشتن اطلاعات تاریخ کاشت و طول رشد بر حسب روز استفاده شد.

مقادیر تأمین آب نسبی گیاه (RWS) و تأمین آب آبیاری نسبی گیاه (RIS) به‌ترتیب ۱/۳ و ۰/۹۴ محاسبه شد (شکل ۲). تفاوت بین مقادیر RWS و RIS به‌دلیل بارندگی در طول فصل رشد گیاه است. میزان بارندگی مؤثر شبکه در طول فصل رشد از مهر تا خرداد، ۲۰۹ میلی‌متر در فصل بود (براساس آمار اخذشده از اداره هواشناسی). شاخص RIS مطابقت‌داشتن عرضه آبیاری با تقاضا را نشان می‌دهد. این شاخص معکوس راندمان آبیاری است و بیان‌گر عملکرد مصرف آب در یک شبکه آبیاری است (کوسکو و همکاران، ۲۰۰۸). مقدار کمتر از یک این شاخص به‌معنی تخصیص آب آبیاری کمتر

نسبت به آب مورد نیاز شبکه و مقدار بزرگ‌تر از ۲/۵ آن نشانه مدیریت نامناسب آب است (لوین، ۱۹۸۲). معمولاً کشاورزان به‌دلیل این تفکر اشتباه که آبیاری بیشتر سبب افزایش عملکرد گیاه می‌شود، تمایل به مصرف آب بیشتر دارند. درحالی‌که آبیاری مازاد بر نیاز گیاه علاوه بر کاهش راندمان و تلفات نفوذ عمقی و شست‌وشوی املاح، مشکلاتی از قبیل ماندابی‌شدن اراضی و مسائل زیست‌محیطی را به‌دنبال دارد و بر عملکرد گیاهان اثر کاهشی دارد (سرافراز و همکاران، ۱۳۹۱). عدم‌مدیریت مناسب، کمبود دانش بهره‌برداران در خصوص نیاز آبی دقیق گیاه و فقدان برنامه‌ریزی مناسب برای توزیع آب از عوامل مؤثر هدررفت آب در شبکه آبیاری هستند (شنکات، ۲۰۱۵). مولدن و همکاران (۱۹۹۸) به‌منظور ممانعت از تنش آبی گیاه یا آبیاری مازاد بر نیاز گیاه، مقدار RIS برابر با یک را توصیه کرده‌اند. نتایج RIS این تحقیق حاکی از آن است که نه‌تنها پراآبیاری اعمال نشده، بلکه آب آبیاری با اختلاف ۶ درصد کمتر از نیاز شبکه، در اختیار گیاه قرار گرفته است. به‌طورکلی مقادیر RWS و RIS محاسبه شده بیانگر این مطلب است که آب مورد نیاز محصولات زراعی در شبکه گاوشان تقریباً تأمین شده است. نتایج شاخص RSI در تحقیق شنکات (۲۰۱۵) در دو شبکه شینا هاموسیت و سلمکو در اتیوپی ۰/۸۱ و

1- Crop water requirements
2- Irrigation requirement

۱/۸۷ به‌دست آمد که به‌ترتیب نشانه کم‌آبیاری و پرآبیاری به‌دست‌آمده توسط باندارا (۲۰۰۳) در شبکه آبیاری سريلانکا هم‌خوانی دارد.

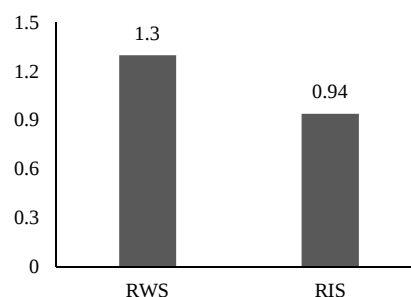
جدول ۵- نتایج نیاز خالص آب گیاه (CWR) و نیاز آبیاری (IR) شبکه گاوشان

نام محصول	نیاز خالص آب گیاه CWR	بارندگی میلی‌متر در فصل	بارندگی مؤثر Re	نیاز آبیاری IR
گندم	۳۹۵	۹۳	۸۷	۴۴۰
کلزا	۴۰۲	۸۶	۸۰	۴۶۰
ذرت دانه‌ای	۷۲۰	۴۴	۴۲	۹۶۸
مجموع	۱۵۱۷	۲۲۳	۲۰۹	۱۸۶۸

شاخص را خشکسالی شدید، کاهش منابع آبی و کشاورزی، افزایش قیمت نهاده‌های کشاورزی و بی‌ثباتی شرایط بازار اعلام کردند. برای بررسی ظرفیت آبرسانی شبکه آبیاری از شاخص ظرفیت کانال (اصلی) آبرسانی^۱ (WDC) برای تأمین نیاز آبیاری استفاده شد. مقادیر بزرگ‌تر از یک شاخص WDC بیان‌گر ظرفیت بیشتر کانال برای تأمین نیاز آبی گیاه و مقادیر کوچک‌تر از یک آن، نشانه ظرفیت کم کانال آبرسانی و عدم‌دریافت آب کافی توسط گیاه است؛ البته مقادیر بزرگ‌تر از یک این شاخص لزوماً به‌معنای پرآبی گیاه نیست و ممکن است مقدار آب تحویلی از کانال متناسب با نیاز آبی گیاه باشد. در مقابل مقادیر کمتر از یک شاخص WDC قطعاً نشانه نبود ظرفیت سازه‌ای برای انتقال و جابه‌جایی آب مورد نیاز گیاه علی‌رغم وجود منبع آبی مطمئن است (زارع ابیانه و همکاران، ۱۳۹۸). ظرفیت آبرسانی کانال اصلی شبکه گاوشان برابر با ۰/۹۷ به‌دست آمد که براین‌اساس نیاز آبی گیاه برای الگوی کشت فعلی تقریباً تأمین می‌شود؛ اما باید توجه داشت که در صورت تغییر الگوی کشت فعلی در سال‌های آتی، باید به این نکته توجه شود که قبل از اجرای الگوی کشت جدید، ابتدا ظرفیت کانال آبرسانی برای تأمین نیاز آبی گیاه در ماه حداکثر مصرف بررسی شود تا گیاه دچار تنش آبی و کاهش عملکرد نشود.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه، عملکرد شبکه آبیاری و زهکشی پایاب سد گاوشان در شهرستان کامیاران با استفاده از شاخص‌های مقایسه‌ای مؤسسه بین‌المللی مدیریت آب (IWMI)



شکل ۲- نمودار مقادیر محاسبه‌شده برای RWS و RIS

شاخص‌های عملکرد فیزیکی، میزان آبیاری و ظرفیت آبرسانی

مقادیر شاخص‌های نسبی عملکرد فیزیکی تراکم کشت، نسبت آبیاری و ظرفیت کانال آبرسانی در شبکه آبیاری گاوشان به‌ترتیب ۱۰۰ درصد، ۱۰۰ درصد و ۰/۹۷ به‌دست آمد. مقادیر تراکم کشت کمتر از ۱۰۰ درصد نشان‌دهنده استفاده کمتر از زمین قابل‌کشت برای کشاورزی آبی است (برتون و همکاران، ۲۰۰۰). شاخص نسبت آبیاری نیز مشابه شاخص تراکم کشت است. در شاخص نسبت آبیاری، تنها سطح آبیاری‌شده در یک فصل زراعی مدنظر قرار می‌گیرد و در شاخص تراکم کشت، سطح زیرکشت همان قطعه زمین طی یک سال زراعی مورد توجه است. به‌عبارتی شاخص نسبت آبیاری به این موضوع اشاره دارد که به چه میزان زمین قابل‌آبیاری، آبیاری شده است؛ بنابراین حصول مقدار نسبت آبیاری ۱۰۰ درصد در شبکه آبیاری گاوشان نشان‌دهنده آبیاری کل اراضی است. در تحقیقات چندساله کوکال و همکاران (۲۰۰۸) مقدار شاخص نسبت آبیاری را در شبکه آبیاری ترکیه بین ۸۲ تا ۸۸ درصد گزارش کردند. آنان عوامل مؤثر بر کاهش این

1- Water Delivery Capacity

منابع

۱. اژدری س. و هدایت ن. ۱۳۹۵. بررسی شاخص‌های عملکرد آبیاری در شبکه آبیاری و زهکشی دز. همایش ملی آب و سازه‌های هیدرولیکی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد دزفول.
 ۲. ثانی‌خانی ه. سلیمی ع. ر. و فرسادی‌زاده د. ۱۳۸۶. معیارهای ارزیابی شبکه‌های آبیاری و زهکشی. (مطالعه موردی: شبکه آبیاری و زهکشی دشت ساوه). نهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان.
 ۳. دهنوی د. و صادقی ن. ۱۳۸۵. شاخص‌های ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری و زهکشی. همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اردیبهشت.
 ۴. زارع ابیانه ح. حیدری آ. و دانشکار آراسته پ. ۱۳۹۸. ارزیابی عملکرد مدیریت آب در شبکه آبیاری دشت قزوین. نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران، ۱۰ (۳۸): ۷۶-۸۸.
 ۵. سرافراز ح. ر. آخوندعلی ع. م. و خرمیان م. ۱۳۹۱. بررسی شاخص‌های عملکرد آبیاری در شبکه آبیاری و زهکشی دز. (منطقه سبیلی). اولین کنفرانس ملی راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار در بخش‌های کشاورزی، منابع طبیعی و محیط‌زیست، اداره کل پدافند غیرعامل وزارت کشور، تهران.
 ۶. محمدی س. و ابراهیمیان ص. ۱۳۹۲. چالش‌های مدیریت بهره‌برداری و نگهداری از شبکه‌های آبیاری و زهکشی. اولین همایش ملی سازه‌های آبی و آبیاری، گرگان.
 7. Abernethy C. L. 1986. Performance measurement in canal water management: a discussion. ODI-IIMI Irrigation Management Network Paper No. 86/2d. London Overseas Development Institute.
 8. Alcon F. Bastida G. Soto-Garc M. Inez-Alvarez V. Martin-Gorri B. and Baille A. 2017. Explaining the performance of irrigation communities in a water-scarce region. Irrigation Science 35: 193-203
 9. Allen R. G. Pereira L. S. Raes D. and Smith M. 1998. Crop Evapotranspiration Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and drainage Paper, No. 56, Rome, Italy
- ارزیابی شد. این شاخص‌ها، برای ارزیابی میزان استفاده از منابعی مانند زمین و آب در تولید محصولات کشاورزی مفید هستند. به‌طور کلی نتایج عملکرد با توجه به بهره‌وری زمین و آب نشان‌دهنده عملکرد مطلوب شبکه در وضعیت فعلی است. مقادیر RWS و RIS شبکه به ترتیب ۱/۳ و ۰/۹۴ است که نشان می‌دهد تقاضای آبیاری کمی بیش از عرضه آن است و باید با آموزش بهره‌برداران، نسبت به خطرات تقاضای بیش از اندازه آگاه‌سازی انجام شود. تفاوت بین مقادیر RWS و RIS به دلیل بارندگی در محدوده شبکه طی فصل زراعی است. به‌طور کلی مقادیر RWS و RIS به تنهایی در این مطالعه نشان می‌دهد که نیاز آبی محصولات در شبکه برآورده شده است. نتایج این ارزیابی برای سیاست‌گذاران و مدیران و محققانی که از شاخص‌های معیارسنجی استفاده می‌کنند و از مطالعات عملکرد مقایسه‌ای بهره می‌گیرند، مفید است. این مطالعه فقط در بخشی از شبکه پایاب سد گاوشان انجام شده است و پیشنهاد می‌شود ارزیابی جامع‌تری در کل پایاب سد گاوشان انجام گیرد تا بتوان عملکرد بخش‌های مختلف شبکه را ارزیابی کرد. همچنین نتایج این مطالعه به تلاش‌ها برای افزایش بهره‌وری و استفاده پایدار از آب آبیاری در طرح‌های مشابه در منطقه کمک خواهد کرد. شبکه فرعی آبیاری و زهکشی پایاب سد گاوشان در سنوات اخیر به سامانه‌های نوین آبیاری مجهز شده که یکی از دلایل وضعیت مطلوب شبکه است؛ بنابراین پیشنهاد می‌شود برای رعایت الگوی کشت توصیه‌شده سازمان جهاد کشاورزی توسط بهره‌برداران، مصرف بهینه و به اندازه نیاز آبی گیاه، حفظ و حراست از تجهیزات شبکه و دستیابی به اهداف پروژه، کشاورزان به‌عنوان متولیان اصلی، مشارکت فعال داشته باشند. پیشنهاد مشارکت کشاورزان در بهبود وضعیت شبکه‌های آبیاری نتیجه تجربیات جهانی و مطالعات در سطح کشور است. بدیهی است در صورت وجود خشکسالی، کاهش بارندگی و محدودیت منابع آبی، کاهش عرضه آب به شبکه با شاخص‌های محاسبه‌شده در این تحقیق تغییر خواهد کرد و می‌بایست برای مواجهه با سناریوهای محتمل، الگوی کشت متناسب با شرایط احتمالی ارائه شود. بدیهی است راحت‌ترین سناریو در شرایط بحرانی، کاهش سطح زیر کشت آبی است.

21. Drucker P. F. 1987. Management: The Problems of Success. Academy of Management Executive. Pp. 13-18.
22. Jeston J. 2008. High performance management industrial engineer. Pp: 33-37.
23. Elshaikha A. Jiaoa X. and Yang S. 2018. Performance evaluation of irrigation projects: Theories methods and techniques. Agricultural Water Management. 203: 87-96.
24. Food and Agricultural Organization (FAO). 1992. CROPWAT A Computer Program for Irrigation Planning and Management Irrigation and Drainage Paper 46. Rome Italy.
25. Food and Agricultural Organization (FAO). 2020. Irrigation Management. Rome. Italy.
26. Food and Agricultural Organization (FAO). 2022. Food-Prices/International-Prices. Rome. Italy.
27. Ghosh S. Singh R. and Kundu D. K. 2005. Evaluation of irrigation-service utility from the perspective of farmers. Water Res. Manage. 19: 467- 482.
28. Kukul Y. S. Akcay S. Anac S. and Yesilirmak E. 2008. Temporal irrigation performance assessment in Turkey: Menemen case study. Agricultural Water Management. 95: 1090-1098.
29. Konukcu F. Istanbuluoğlu A. and Kocaman I. 2004. Social and technical strategies to overcome a possible water crisis in the Thrace Region and Istanbul in the near future International Symposium on Water Resources Management: Risk and Challenges for the 21st Century EWRA Vol. II. 2-4 September Izmir. pp. 531-543.
30. Kuscü H. Demir A. O. and Korukcu A. 2008. An assessment of the irrigation management transfer programme: Case study in the Mustafakemalpaşa irrigation scheme in Turkey. Irrigation and Drainage. 57: 15-22.
31. Leroy D. 2023. An empirical assessment of the institutional performance of community-based water management in a large-scale irrigation system in southern Mexico. Agricultural Water Management. 276: 1-13.
32. Levine G. 1982. Relative water supply: an explanatory variable for irrigation systems. (Technical Report No. 6). Ithaca NY: Cornell University.
33. Molden D. and Gates T. K. 1990. Performance measures for evaluation of Irrigation water delivery systems. Journal of Irrigation and Water Engineering. 116(6): 804-823.
34. Molden D. J. Sakthivadivel R. Christopher J. P. Charlotte F. and Kloezen W. H. 1998. Indicators for comparing performance of
10. Bandara K. M. P. S. 2003. Monitoring irrigation performance in Sri Lanka with high-frequency satellite measurements during the dry season. Agricultural Water Management. 58 (2): 159-170.
11. Bastiaanssen W. G. M. and Steduto P. 2017. Science of the Total Environment The water productivity score (WPS) at global and regional level: Methodology and first results from remote sensing measurements of wheat rice and maize. Science of the Total Environment. 575: 595-611.
12. Bititci U. S. Carrie A. S. Mc Devitt L. 1997. Integrated performance measurement systems: a development guide International Journal of Operations & Production Management. 17 (5): 522-534.
13. Bos M. G. 1997. Performance indicators for irrigation and drainage. Irrig. Drain. Syst. 11: 119-137.
14. Bos M. G. Burton M. A. S. and Molden D. J. 2005. Irrigation and Drainage Performance Assessment: Practical Guidelines. CABI. 158 p.
15. Bos M. G. Murray-Rust D. H. Merrey D. J. Johnson H. G. and Snellen W.B. 1994. Methodologies for assessing performance of irrigation and drainage management. Irrigation and Drainage Systems. 7: 231-262
16. Burton M. Molden D. and Skutsch J. 2000. Benchmarking irrigation and drainage system performance. Position paper IPTRID-FAO- WORLD BANK Working Group on Performance Indicators and Benchmarking Report on a Workshop 3-4 August FAO Rome Italy.
17. Cakmak B. Beyribey M. Yıldırım Y. E. and Kodal S. 2004. Benchmarking performance of irrigation schemes: A case study from Turkey. Irrigation and Drainage. 53: 155-163.
18. Degirmenci H. Tanriverdi C. Arslan F. and Gonen E. 2017. Benchmarking performance of large scale irrigation schemes with comparative indicators in Turkey. Scientific Papers. Series E. Land Reclamation Earth Observation & Surveying Environmental Engineering. 5: 87-92
19. Dejen Z. A. 2015. Hydraulic and operational performance of irrigation schemes in view of water saving and sustainability: Sugar estates and community managed schemes. Ethiopia. Thesis for the degree of doctor in Delft the Netherlands
20. Dejen Z. A. Schultz B. and Hayde1 L. 2012. Comparative irrigation performance assessment in community-managed schemes in Ethiopia. 2012. African Journal of Agricultural Research. 7 (35): 4956-4970.

- Scheme in Turkey. *Journal of Food Agriculture&Environment*. 8(2): 1046-1053.
46. USDA.1967. Irrigation water requirements. Tech. Release. No. 21. United States Dept of Agri. Soil manage. 59: 67-75.
47. Uysal O. K. and Atis E. 2010. Assessing the performance of participatory irrigation management over time: A case study from Turkey. *Agricultural Water Management*. 97(7): 1017-1025.
48. Vermillion D. L. 2000. Guide to monitoring and evaluation of irrigation management transfer. International Network on Participatory Irrigation Managemen Washington. USA. pp. 71.
49. Yercan M. 2003. Management turning-over and participatory management of irrigation schemes: a case study of the Gediz River Basin in Turkey. *Agricultural Water Management*. 62: 205-214.
- irrigated agricultural systems. Research Report 20. Colombo Sri Lanka: International Water Management Institute.
35. Naik G. and Kalro A. H. 2000. A methodology for assessing impact of irrigation management transfer from farmers perspective. *Water Policy*. 2(1): 123-134.
36. Okura F. Budiasa I. W. and Kato T. 2022. Exploring a Balinese irrigation water management system using agent-based modeling and game theory. *Agricultural Water Management*. 274(2022): 1-14.
37. PEOPC 2010. Evaluation Study on Accelerated Irrigation Benefits Programme (AIBP). Programme Evaluation Organisation Planning Commission New Delhi India.
38. Pery C. J. 1996. Quantification and measurement of a minimum set of indicators of the performance of irrigation systems. Colombo Sri Lanka: IWMI.
39. Rao P. S. 1993. Review of Selected Literature on Indicators of Irrigation Performance. International Irrigation Management Institute Colombo Sri Lanka.
40. Sarma P. B. S. and Rao V. V. 1997. Evaluation of an irrigation water management scheme a case study. *Agric. Water Mgt*. 32: 181-195.
41. Sener M. Yuksel A. N. and Konukcu F. 2007. Evaluation of hayrabolu irrigation scheme in Turkey using comparative performance indicators. *Journal of Tekirdage Agricultural Faculty Sener ve ark*. 4(1): 43-54.
42. Shenkut A. 2015. Performance assessment irrigation schemes according to comparative indicators: A case study of Shina-Hamusit and Selamko Ethiopia. *International Journal of Scientific and Research Publications*. 5(12): 451-460.
43. Steduto P. Faurè S. J. M. Hoogeveen J. Winpenny J. T. and Burke J.J. 2012. Coping with water scarcity: An action framework for agriculture and food security FAO. Water reports 38. Rome. Italy.
44. Takeshi H. and Abdelhadi A. W. 2003. Participatory approaches to irrigation systems water resources planning and management. Proceedings of the International Workshop on Participatory Management of Irrigation systems Water Utilization Techniques and Hydrology A Session of the 3rd World Water Forum March Theme: Agriculture Food and Water VI-XII.
45. Ucar Y. Senyigit U. Kadayifci A. and Tuylu G.I. 2010. Evaluation of Water Use Efficiency at Parcel and Scheme Levels: A Case Study of Sarkikaraagac Irrigation

