

## بررسی شاخص های ارزیابی عملکرد تحویل آب در نهر ادامه ی سمت چپ شبکه ی آبیاری درودزن

بهروز شفیعی<sup>۱</sup>، محمدعلی شاهرخ نیا<sup>۲\*</sup>

### چکیده

عملکرد شبکه های آبیاری و زهکشی در کشور از وضعیت مطلوبی برخوردار نبوده و ضروری است با بررسی های همه جانبه مشکلات موجود در این شبکه ها مشخص و رفع گردد. در این مقاله به بررسی شاخص های ارزیابی عملکرد شبکه، در ادامه ی نهر سمت چپ شبکه ی آبیاری و زهکشی درودزن فارس پرداخته شد. برای این بررسی از شاخص کفایت، بازده، عدالت توزیع، اعتمادپذیری توزیع آب و عملکرد تحویل آب استفاده شد. نتایج نشان دادند که شاخص های عدالت توزیع آب و اعتمادپذیری، با دارا بودن مقادیر ۰/۴۲ و ۰/۳۱، عملکرد شبکه را در رده ی ضعیف قرار می دهند. مقدار شاخص کفایت و بازده توزیع آب، به ترتیب ۰/۸۷ و ۰/۷۵ بوده که در رده ی متوسط قرار می گیرند. در حدود نیمی از نهر ها وضعیت خوب، و در سایر نهر ها در وضعیت متوسط و ضعیف بوده است. شاخص عملکرد تحویل آب نیز نشان داد که از ۱۶ نهر مورد بررسی در ۸ نهر آب بیشتر از حد مورد نیاز، ۳ نهر به اندازه نیاز و در ۵ نهر کمتر از حد مورد نیاز تحویل شده است. مقدار متوسط این شاخص ۱/۲۷ بود که نشان می دهد ۲۷٪ آب بیشتر از نیاز تحویل شده است.

**واژه های کلیدی:** عدالت توزیع آب، اعتمادپذیری، بازده، کفایت آبیاری

<sup>۱</sup> دانش آموخته دانشگاه آزاد اسلامی واحد فیروزآباد

<sup>۲</sup> استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران

## مقدمه

عملکرد شبکه های آبیاری و زهکشی در بسیاری از نقاط دنیا، پایین تر از حد مورد انتظار است. ارزیابی عملکرد این گونه شبکه ها می تواند به کاهش مشکلات موجود و افزایش عملکرد آن کمک نماید (واعظ تهرانی و همکاران، ۲۰۱۳). چون تلفات آب نه تنها باعث از دست رفتن آب با ارزش، بلکه باعث صدمات جدی و جانبی از قبیل شور و ماندابی شدن اراضی زراعی، فرسایش خاک، کاهش حاصلخیزی خاک، کاهش کمی و کیفی تولیدات کشاورزی، و در نتیجه آلودگی آبهای زیرزمینی و سطحی می گردد. ضمناً با توجه به مصرف بیشتر منابع آب موجود کشور در بخش کشاورزی، اهمیت بهبود بهره برداری از شبکه های آبیاری در راستای استفاده ی بهینه از آب آبیاری مشخص می شود. برنامه ریزی دقیق آبیاری، اعمال مدیریت قوی، تغییر نحوه ی توزیع آب در شبکه ها و بازسازی و مرمت شبکه ها موضوع هایی هستند که باید به آنها توجه شود. برای نظارت دقیق بر بهره برداری شبکه ها بایستی از ابزارهای نرم افزاری و سخت افزاری مناسب بهره جست. اطلاع رسانی و آموزش بهره برداران در زمینه ی مدیریت و انتقال آب در شبکه و افزایش بهره وری از امور دیگری است که باید به آنها اهتمام جست.

در ایران سرمایه گذاری و هزینه های زیادی در طرح های بزرگ شبکه های آبیاری و زهکشی و تأسیسات مربوطه انجام شده است. اما متأسفانه با این وجود، بازده کلی شبکه ها پایین است (شاهرخ نیا و جوان، ۱۳۸۵). به عنوان مثال، در شبکه ی مغان در آذربایجان شرقی کمتر از ۳۵٪ و در شبکه ی آبیاری در خوزستان کمتر از ۲۵٪ اندازه گیری شده است (سنایی جهرمی، ۱۳۷۴). برای تعیین و بررسی عملکرد یک شبکه از شاخص های ارزیابی عملکرد شبکه استفاده می گردد. سطح مطلوب عملکرد زمانی به دست می آید که اهداف کلی و جزئی به دست آیند و از منابع در دسترس نیز به طور موثر استفاده شود. شاخص های عملکرد باید فراگیر و جهانی باشد، تا بتواند عملکرد یک سامانه را با عملکرد سامانه دیگر مقایسه گردد تا بتوان اطلاعات لازم را جهت اقدامات اصلاحی فراهم آورد. چنانچه مقدار یک شاخص خارج از حدود قابل قبول باشد، نشانه آن است که عملکرد سامانه رضایت

بخش نیست؛ بنابراین، برای بررسی عملکرد، شاخص های زیادی به صورت قراردادی تعریف شده اند. شاهرخ نیا و جوان (۲۰۰۵) شاخص های عملکرد آبیاری را در قسمتی از شبکه آبیاری درودزن بررسی نمودند. برای این ارزیابی ها از شاخص هایی مانند نسبت عملکرد تحویل<sup>۱</sup>، بازده و عدالت توزیع مکانی و زمانی آب استفاده شده است. این شاخص ها در دو حالت با استفاده از سطوح زیر کشت واقعی و سطوح زیر کشت قراردادی تعیین و بررسی شدند. برای این کار در سه فصل آبیاری مختلف مقادیر آب تحویلی به نهرهای درجه ۳ در نهر اردیبهشت اندازه گیری گردید. نتایج نشان می دهند که نهر مطالعه شده از لحاظ عدالت توزیع مکانی و زمانی آب عملکرد خوبی را ندارد و نهرهای بالا دست بیش از نهرهای پایین دست آب برداشت می کنند. همچنین، تفاوت سطوح زیر کشت قراردادی با سطوح زیر کشت واقعی باعث می شود که تفاوت شاخص های عملکرد بسیار زیاد باشد. مولدن و گیتز (۱۹۹۰) تعدادی شاخص های عملکرد را برای استفاده در ارزیابی و طراحی سامانه های انتقال آب جدید یا تجدید احیاء شده ارائه می دهند. این شاخص ها وضعیت عملکرد سامانه را در ارتباط با اهداف کفایت، بازده، قابلیت اعتماد، و عدالت، در انتقال آب نشان می دهند. جدول ۱ مقادیر توصیه شده و مجاز شاخص های عملکرد را نشان می دهد. یاس (۱۹۹۷) شاخص های کفایت و بازدهی آبیاری را تحت عنوان یک شاخص کلی تر دیگر بنام نسبت عملکرد تحویل بیان کرده است.

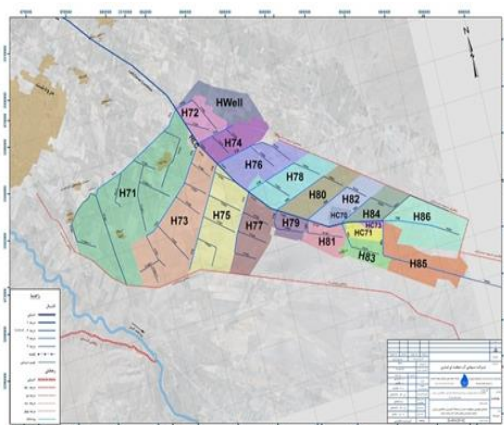
سنائی جهرمی (۱۳۷۴) عملکرد نهر هامون را که قسمتی از شبکه آبیاری و زهکشی درودزن است از نظر انتقال و توزیع به اندازه، به موقع و عادلانه، آب ارزیابی کرد. نتایج حاصل از ارزیابی عملکرد شبکه درودزن از نظر انتقال و توزیع به اندازه و به موقع آب نشان داد که در سال های پرباران و کم باران، چنانچه بهره برداری شبکه در حد بازده کلی پروژه (حدود ۴۶/۵ درصد) انجام گرفته باشد، به ترتیب ۲۰/۶ و ۱۹ درصد از آب مصرفی به صورت غیر قابل اعتماد، توزیع شده است. ارزیابی های انجام شده از نظر عدالت، در انتقال و توزیع آب در سطح کانال های اصلی، اولیه و ثانویه نشان می دهند که توزیع آب در مسیرهای مختلف شبکه نسبت به حد طراحی

<sup>1</sup> delivery performance ratio

کنال اردیبهشت آب دریافت می‌دارند آب بیشتری نسبت به پایین دست کانال برداشت می‌کنند. همچنین، نسبت عملکرد تحویلی در فصل‌های زراعی مختلف در هر کانال با هم متفاوت بوده و در یک فصل به خصوص نیز مقدار آن برای کنال‌های مختلف متفاوت است و نشان از عملکرد ضعیف شبکه را در تحویل آب دارد. کازبکوف و همکاران (۲۰۰۹) چهار تشکل آبیاری را در قرقیزستان از لحاظ شاخص‌های بازده، کفایت آبیاری، عدالت و اعتمادپذیری تحویل آب بررسی کردند. نتایج نشان دادند که به طور کلی تشکل‌های بررسی شده از لحاظ کفایت و بازده آبیاری وضعیت مناسبی داشته‌اند، لیکن از لحاظ عدالت و اعتمادپذیری تحویل آب، شرایط مطلوب نبوده است. ککمک و همکاران (۲۰۱۰) چند شبکه‌ی آبیاری را در ترکیه ارزیابی کردند. نتایج نشان دادند که نسبت تحویل آب از عدد ۲ در قبل از انتقال مدیریت به عدد ۱/۵ در بعد از انتقال مدیریت رسیده که می‌تواند از نظر صرفه جویی در مصرف آب مهم باشد. در شبکه‌های بررسی شده، انتقال مدیریت شبکه به تشکل‌ها باعث افزایش نسبی آب بهای جمع‌آوری شده و کاهش هزینه‌های مدیریت شبکه گردیده بود. مشارکت بهره‌برداران در مدیریت و بهره‌برداری از شبکه‌های آبیاری و زهکشی باعث بهبود بازده، عدالت توزیع آب، سایر خدمات و پایداری بیشتر سامانه گردیده و هزینه‌ها را کاهش داده بود. زرداری و کوردی (۲۰۱۰) اظهار داشتند که بیشتر شبکه‌های آبیاری بزرگ در دنیا عملکرد پایینی را دارند. این داوری شامل بهره‌وری تولید، بازگشت سرمایه و عملکرد تحویل آب می‌شود. در شبکه آبیاری واراوندی پاکستان، با وجود آنکه نهرهای پایین دست آب بیشتری دریافت می‌دارند، به دلیل نوسان‌های بیشتر کمبود آب در پایین دست، عملکرد و منفعت کمتری را نسبت به بالادست دارند. حدوداً بیش از ۵۰٪ آب تحویلی تلف گردیده و یا به صورت ناعادلانه توزیع می‌شود. شاخص عدالت توزیع آب بین ۷ تا ۳۷ درصد متغیر بوده است. خارو و همکاران (۲۰۱۳) در شبکه‌ای در مراکش به بررسی شاخص‌های عملکردی شامل کفایت و عدالت توزیع آب، بر اساس محاسبه تبخیر تعرق گیاه پرداختند. نتایج نشان دادند که مناطق بررسی شده از نظر شاخص‌های بررسی گردیده در وضعیت مطلوب نبوده‌اند. علل این عملکرد ضعیف شامل منابع آب ناکافی، عدم برنامه

متفاوت بوده و سیستم انتقال و توزیع در کل مسیر عادلانه نیست. ارزیابی‌های انجام شده در رابطه با عدالت توزیع آب، به خوبی عملکرد پایین انتقال و توزیع آب در این شبکه را نشان داد؛ بنابراین، عدم کفایت و عدم تأمین به موقع آب و توزیع ناعادلانه‌ی آن در شبکه درودزن باعث شده عملکرد این شبکه ضعیف ارزیابی شود. منتظر و پاشازاده (۱۳۹۰) عملکرد قسمتی از شبکه آبیاری دز را به وسیله مدل Canalman بررسی کردند. نتایج نشان دادند که نهرهای مورد بررسی کفایت و عدالت توزیع آب در حد متوسط و بازده و اعتمادپذیری در حد ضعیف قرار دارند. شاخص بازده تحویل آب در اردیبهشت ۰/۸۸، و از خرداد تا شهریور به ۰/۷۰ رسید. کفایت آبیاری در اردیبهشت ۰/۶۱ بود که در ماه‌های بعد افزایش یافت و در رویدادهایی بیش از اندازه مطلوب بود. زحمتکش و منتظر (۱۳۹۰) به بررسی ۱۸ شبکه آبیاری در سطح دنیا پرداخته و بیان نمودند که بهره‌برداری از سامانه زه آب برگشتی، بهره‌برداری مناسب از تجهیزات اندازه‌گیری و تنظیم جریان، تسطیح اراضی، پوشش نهرها و تشکل‌های فعال آب بران مهمترین عوامل تعیین‌کننده‌ی سطح عملکرد تحویل آب به بهره‌برداران و اقتصاد مناطق تحت پوشش شبکه‌های آبیاری هستند. فرخی و همکاران (۱۳۹۳) توزیع آب را در شبکه آبیاری درودزن با داشتن مقادیر حجم آب ورودی به نهر اصلی و نهرهای زیر مجموعه آن بررسی کردند. نتایج نشان دادند که نهر هامون و ابرج به ترتیب کمترین و بیشترین میزان آب را در واحد سطح نسبت به سایر نهرها دریافت کرده‌اند. سنایی جهرمی و همکاران (۲۰۰۰) عملکرد سه کانال درجه ۳ از شبکه‌ی آبیاری درودزن فارس را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که بازده و عدالت توزیع آب در شبکه وضعیت مطلوبی را ندارد و سیستم نمی‌تواند نیازمندی به آب گیاهان را به اندازه و به موقع تحویل دهد. جوان و همکاران (۲۰۰۲) مسأله مدیریت سه شبکه آبیاری مختلف را در کشور، و از جمله شبکه‌ی آبیاری درودزن فارس بررسی و بیان کرده‌اند توزیع آب در شبکه مذکور نامطمئن و عدالت توزیع آب و بازده پایین است. شاهرخ‌نیا و جوان (۲۰۰۵) جهت شبیه‌سازی جریان در شبکه درودزن از نرم‌افزار Hec-RAS استفاده نموده و به این نتیجه رسیدند که با مقایسه‌ی مقادیر نسبت عملکرد تحویل در سه فصل آبیاری، مزارعی که در ابتدای

ریزی شده، به آنها آب تحویل می شود. بدین ترتیب جریان ثابت و پیوسته ای در طول فصل کشت در شبکه وجود داشته است (شرکت سهامی آب منطقه ای فارس، ۱۳۹۰). کانال مطالعه شده در این تحقیق کانال ادامه ی سمت چپ<sup>۷</sup> شبکه آبیاری درودزن است (شکل ۱). اراضی تحت پوشش این کانال از ۱۳ روستا و حدود ۱۱ هزار هکتار تشکیل شده است، ۸۰۰۰ هکتار آن دارای حق اشتراک بوده و با در نظر گرفتن کشت سالانه و آیش به طور متوسط سالانه ۴۵۰۰ هکتار آن به صورت شتوی و در صورت وجود آب در سالهای گذشته تا ۱۵۰۰ هکتار به کشت صیفی اختصاص می یافت. کانال درجه ی ۲ ادامه ی سمت چپ، شامل ۱۶ کانال درجه ی ۳ است.



شکل ۱- نمایی از موقعیت نهر های مورد بررسی

### روش تحقیق:

در این پژوهش در سال ۹۰-۹۱ به منظور بررسی تحویل آب و عملکرد شبکه، در چهار آبیاری در طول مدت رهاسازی آب در نهر، سرعت جریان آب در ابتدای نهر های درجه ی ۳ با دستگاه پروانه آبی کوچک اندازه گیری گردید. با استفاده از سرعت جریان، بده ورودی ابتدای کلنال های درجه ۳، از کلنال  $T_{V1}$  تا  $T_{R6}$  برآورد گردید. مقدار نیاز آبی گیاه را با استفاده از مقدار هیدرومدول پیشنهادی و میزان اراضی که کشاورزان تحت پوشش هر کانال ( $T_{R6} - T_{V1}$ ) قرارداد منعقد کرده بودند از اداره آبیاری مرودشت اخذ گردید. برای ارزیابی شبکه از شاخص های مختلفی از جمله شاخص های ارائه شده

ریزی آبیاری مناسب و تفاوت در عملیات زراعی انجام شده به وسیله کشاورزان بوده اند.

تحقیقات گذشته نشان می دهند که ارزیابی شبکه های آبیاری و زهکشی برای کاهش مشکلات آنها امری ضروری است. هدف از انجام این تحقیق، اندازه گیری و بررسی شاخص های عملکرد تحویل آب، در نهر ادامه ی سمت چپ شبکه ی آبیاری و زهکشی درودزن است.

### مواد و روشها

#### معرفی شبکه مطالعه شده

شبکه ی آبیاری درودزن در شمال غرب استان فارس و در ۱۰۰ کیلومتری مرکز استان واقع بوده و از سد مخزنی درودزن بر روی رودخانه کر تغذیه می شود. سد مخزنی درودزن از نوع خاکی با هسته رسی است. امور آبیاری و بهره برداری منابع آب در این منطقه ریشه ای تاریخی دارد. وجود شش بند انحرافی کهن به نام های بند امیر، بند فیض آباد، بند تیلکان، بند موان، بند حسن آباد و بند جهان آباد، سیستم آبیاری و زهکشی در این دشت را به شبکه جدید، سنتی و تلفیقی تقسیم نموده است و سالانه بیش از ۴۲۰۰۰ هکتار از آن تحت کشت قرار می گیرد. این شبکه شامل چهار ناحیه ی آبیاری است. یک ناحیه از کانال اصلی<sup>۱</sup> و سه ناحیه دیگر از سه کانال درجه ی ۲ به نام های کانال هامون<sup>۲</sup>، کانال اردیبهشت<sup>۳</sup> و کانال سمت چپ<sup>۴</sup> آبیاری می شود. بده و رقوم سطح آب در کانال اصلی و کانال های درجه ۲ با دریچه های قطاعی<sup>۵</sup> تنظیم می شوند. آبگیرهای واقع در ابتدای کانال های درجه ی ۳ اغلب دارای ۳ روزنه دریچه دار کشویی است که با ارتفاع ثابت آب کار می کنند. بیشتر کانال های موجود از نوع کانال های با مقطع دوزنقه ای با پوشش بتنی هستند که از ابعاد آنها از بالا دست به پایین دست کاسته می شود. برنامه ی آبیاری شبکه را شرکت سهامی آب منطقه ای فارس و شرکت بهره برداری از شبکه های آبیاری و زهکشی استان فارس تعیین و اجرا می کنند. این برنامه بدین صورت است که با توجه به سیاست دولت و توافق کشاورزان، نوع و سطح زیر کشت محصولات تعیین، و بر اساس قرارداد و طرح از قبل برنامه

<sup>5</sup> radial gates

<sup>6</sup> constant head orifice

<sup>7</sup> Left Bank Primary Canal (LBPC)

<sup>1</sup> Main Canal (MC)

<sup>2</sup> Right Bank Primary Canal (RBPC)

<sup>3</sup> Right Bank Secondary Canal (RBSC)

<sup>4</sup> Left Bank primary Canal (LBPC)

این شاخص نشان دهنده ی بازدهی کل سامانه نیست و فقط مربوط به بازدهی تحویل آب در کانال یا مزرعه مطالعه شده است. این شاخص نیز هرچه به یک نزدیک تر باشد بهتر است مقادیر کوچکتر ۱ نشان دهنده اتلاف آب است. شاخص های کفایت و بازدهی آبیاری به وسیله یاس (۱۹۹۷) تحت عنوان یک شاخص کلی تر به نام نسبت عملکرد تحویل ارائه شده است.

### شاخص نسبت عملکرد تحویل آب<sup>۳</sup>

$$DPR = \frac{Q_D}{Q_I} \quad (۵)$$

این رابطه یکی از ساده ترین و مهمترین روابطی است که می توان آن را برای بررسی عملکرد سامانه به کار برد. مطلوب ترین مقدار این نسبت برای هر سامانه آبیاری ۱ است. مقادیر کوچکتر از ۱ نشان دهنده ی ناکافی بودن آبیاری و مقادیر بزرگتر از ۱ نشان دهنده ی اتلاف آب در سامانه است.

### شاخص عدالت توزیع آب<sup>۴</sup>

عدالت توزیع تحویل آب نیز یکی از شاخص های مهم در ارزیابی سامانه آبیاری است و می توان آن را می توان این گونه تعریف کرد:

$$P_E = \frac{1}{T} \sum T CV_R \left[ \frac{Q_D}{Q_I} \right] \quad (۶)$$

$CV_R \left( \frac{Q_D}{Q_I} \right)$ : ضریب مکانی تغییرات بده تحویلی به بده لازم میان آبیگرها در یک دوره ی زمانی است. هرچه مقدار شاخص عدالت توزیع تحویل آب به صفر نزدیک تر باشد، عدالت توزیع آب در منطقه بیشتر خواهد بود.

### شاخص اعتمادپذیری تحویل آب<sup>۵</sup>

شاخص اعتمادپذیری تحویل آب سامانه، بیانگر یکنواختی یا عدالت زمانی توزیع آب در سامانه است.

توسط مولدن و گیتس (۱۹۹۰) به شرح زیر استفاده گردید. مقادیر عددی شاخص های لازم محاسبه و با مقادیر توصیه شده آنها (جدول ۱) مقایسه شد. با استفاده از آزمون دانکن مقایسه میانگین بین آبیاری ها و نهر ها انجام گرفت.

### شاخص کفایت تحویل آب<sup>۱</sup>

$$P_A = 1 \quad (۱)$$

$$Q_D \geq Q_I$$

$$P_A = \frac{1}{T} \sum T \left( \frac{1}{R} \sum R \frac{Q_D}{Q_I} \right) \quad (۲)$$

$$Q_D \leq Q_I$$

که در آن  $P_A$ : شاخص کفایت آبیاری،  $Q_D$ : مقدار واقعی آب داده شده به واحد زراعی ( متر مکعب بر ثانیه)،  $Q_I$ : مقدار آب لازم برای واحد زراعی (متر مکعب بر ثانیه)،  $R$ : تعداد مناطق اندازه گیری شده،  $T$ : تعداد دفعات اندازه گیری،  $\frac{1}{T} \sum T$ : مقدار متوسط زمانی اندازه گیری هاست. هر چه شاخص فوق به عدد ۱ نزدیکتر باشد، کفایت آبیاری بهتر است. مقادیر کمتر از ۱ نشان دهنده ی آن است که آب به میزان کمتر از نیاز به مزرعه تحویل شده است.

### شاخص بازده تحویل آب<sup>۲</sup>

$$P_F = 1 \quad (۳)$$

$$Q_D \leq Q_I$$

$$P_F = \frac{1}{T} \sum T \left( \frac{1}{R} \sum R \frac{Q_I}{Q_D} \right) \quad (۴)$$

$$Q_D \geq Q_I$$

<sup>۴</sup> -water delivery equity ( $P_E$ )

<sup>۵</sup> -water delivery dependability ( $P_D$ )

<sup>۱</sup> water delivery adequacy ( $P_A$ )

<sup>۲</sup> water delivery efficiency ( $P_F$ )

<sup>۳</sup> -delivery performance ratio ( $DPR$ )

جدول ۱- مقادیر توصیه شده شاخص های عملکرد (Molden &amp; Gates, 1990)

شاخص	کلاس های عملکرد		
	ضعیف	متوسط	خوب
کفایت	< ۰/۸	۰/۸-۸/۸۹	۰/۱-۹
بازده	< ۰/۷	۰/۷-۷/۸۴	۰/۱-۸۵
عدالت توزیع	> ۰/۲۵	۰/۰-۱۱/۲۵	۰-۰/۱
اعتمادپذیری	> ۰/۲۰	۰/۰-۱۱/۲۰	۰-۰/۱

جهت برآورد شاخص فوق از شرکت بهره برداری از شبکه ی آبیاری و زهکشی مرودشت اخذ شدند.

$$P_D = \frac{1}{R} \sum R CV_T \left[ \frac{Q_D}{Q_I} \right] \quad (7)$$

### نتایج و بحث

بده اندازه گیری شده، شاخص کفایت تحویل آب، شاخص بازدهی تحویل آب، عدالت توزیع آب و شاخص اعتماد پذیری تحویل آب در ۱۶ نهر بررسی شده، در هر ۴ آبیاری اندازه گیری و در جداول ۲ تا ۶ نشان داده شده اند. طبق جدول ۳، وضعیت شاخص کفایت آبیاری در نهرها متفاوت بوده و در بعضی نهرها در محدوده مطلوب نیست، یعنی به طور متوسط در طول دوره ی آبیاری در ۴ نهر از ۱۶ نهر وضعیت کفایت آبیاری ضعیف، در ۲ نهر متوسط و در بقیه نهرها خوب بوده است. به ویژه در دو نهر آخر، در هیچ یک از آبیاری ها، آب کافی دریافت نشده است. تفاوت دو نهر آخر (T86, T85) با سایر نهرها از نظر آماری به طور معنی دار کمتر شده است. آزمون دانکن نشان می دهد که فقط بین میانگین آبیاری دوم و سوم تفاوت معنی داری در سطح ۵٪ وجود دارد. همچنین، بیشتر نهرهای با شماره زوج که در طرف چپ نهر اصلی واقع هستند، کفایت آبیاری بیشتری نسبت به نهرهای فرد که در سمت راست واقع هستند داشته اند. شاهرخ نیا و جوان (۲۰۰۵) نیز مقدار این شاخص را ۰/۸۹ گزارش نموده اند. کازبکوف و همکاران (۲۰۰۹) میزان شاخص کفایت را برای شبکه های بررسی شده ی خود بین ۰/۹۳ تا ۱/۰ به دست آوردند که بهتر از میزان به دست آمده در این تحقیق (۰/۸۷) است.

در جدول ۴ مقادیر بازدهی یا بازده تحویل آب در نهرهای بررسی شده آورده شده اند. طبق این جدول، در ۷

که در آن  $CV(\frac{Q_D}{Q_I})$ : ضریب تغییرات زمانی بده تحویلی به بده لازم بوده و هرچه مقدار آن به صفر نزدیکتر باشد یکنواختی زمانی تحویل آب بیشتر است. در این پژوهش از شاخص های دیگری نیز جهت ارزیابی شبکه به شرح زیر استفاده شده است.

### شاخص اراضی کشت شده<sup>۱</sup> (باس، ۱۹۹۷)

این شاخص از نسبت مساحت اراضی کشت شده در حال حاضر به کل مساحت اراضی در ابتدا محاسبه می گردد. میزان مساحت اراضی و اطلاعات از طریق شرکت بهره برداری و آبیاری زهکشی و مدیریت جهاد کشاورزی مرودشت اخذ گردید و با توجه به اراضی زیر کشت هر نهر (T71-T86) مقادیر شاخص به دست آمدند.

### شاخص نسبت بده<sup>۲</sup> (باس، ۱۹۹۷)

این شاخص از نسبت بین بده واقعی اندازه گیری شده به بده طراحی حاصل می گردد. بده واقعی در ۱۶ نهر در چهار نوبت آبیاری اندازه گیری شد و بده طراحی طبق نقشه های طراحی در شرکت بهره برداری برای هر نهر از T71 تا T86 به دست آمد.

### شاخص آب بهای جمع آوری شده<sup>۳</sup> (باس، ۱۹۹۷)

این شاخص نسبت آب بهای جمع آوری شده به آب بهایی که باید جمع آوری می شده به دست می آید. مقادیر لازم

<sup>3</sup> fee collection performance

<sup>1</sup> sustainability of irrigable area

<sup>2</sup> discharge ratio

جدول ۲- بده اندازه گیری شده در نهرها

بده (مترمکعب بر ثانیه)					
نام نهر	آبیاری اول	آبیاری دوم	آبیاری سوم	آبیاری چهارم	میانگین
T <sub>71</sub>	۰/۹۳	۱/۲۲	۰/۷۹	۰/۸۳	۰/۹۴
T <sub>72</sub>	۰/۵۹	۰/۴۷	۰/۶۵	۰/۵۶	۰/۵۷
T <sub>73</sub>	۰/۶۵	۰/۴۶	۰/۴۱	۰/۳۸	۰/۴۷
T <sub>74</sub>	۰/۴۶	۰/۵۷	۰/۴۹	۰/۵۱	۰/۵۱
T <sub>75</sub>	۰/۴۲	۰/۳۷	۰/۴۱	۰/۴۲	۰/۴۰
T <sub>76</sub>	۰/۵۲	۰/۶۱	۰/۸۳	۰/۷۵	۰/۶۸
T <sub>77</sub>	۰/۵۷	۰/۴۸	۰/۱۱	۰/۲۶	۰/۳۵
T <sub>78</sub>	۰/۳۸	۰/۵۳	۰/۲۱	۰/۲۱	۰/۳۳
T <sub>79</sub>	۰/۱۰	۰/۲۲	۰/۲۶	۰/۳۲	۰/۲۲
T <sub>80</sub>	۰/۲۳	۰/۶۱	۰/۵۹	۰/۶۵	۰/۵۲
T <sub>81</sub>	۰/۱۰	۰/۳۱	۰/۳۵	۰/۴۵	۰/۳۰
T <sub>82</sub>	۰/۱۸	۰/۲۵	۰/۲۸	۰/۳۸	۰/۲۷
T <sub>83</sub>	۰/۱۵	۰/۲۷	۰/۱۱	۰/۲۷	۰/۲۰
T <sub>84</sub>	۰/۱۵	۰/۳۳	۰/۲۱	۰/۳۵	۰/۲۶
T <sub>85</sub>	۰/۳۳	۰/۲۱	۰/۳۰	۰/۴۵	۰/۳۲
T <sub>86</sub>	۰/۱۳	۰/۲۰	۰/۱۵	۰/۱۷	۰/۱۶
میانگین	۰/۳۷	۰/۴۴	۰/۳۸	۰/۴۳	۰/۴۱

آبیاری انجام شده، شاخص عدالت توزیع آب بیشتر از ۰/۲۵ بوده و در حد ضعیف برآورد می گردد. میزان دو شاخص عدالت توزیع آب و اعتمادپذیری در چهار شبکه بررسی شده به وسیله ی کازیکوف و همکاران (۲۰۰۹) به ترتیب در محدوده ی ۰/۱۲ تا ۱/۰ و ۰/۷۱ تا ۰/۷۹ متغیر بود. همچنین، شاهرخ نیا و جوان (۲۰۰۵) مقادیر این دو شاخص را به ترتیب ۰/۴۱ و ۰/۳۵ گزارش نمودند؛ بنابراین، اگرچه این دو شاخص عملکرد نهر ادامه ی سمت چپ درودزن نسبت به نهر های دو تحقیق وضعیت بهتری داشته، لیکن با توجه به حدود ارائه شده به وسیله ی مولدن و گیتس (۱۹۹۰) از وضعیت مطلوبی برخوردار نیست

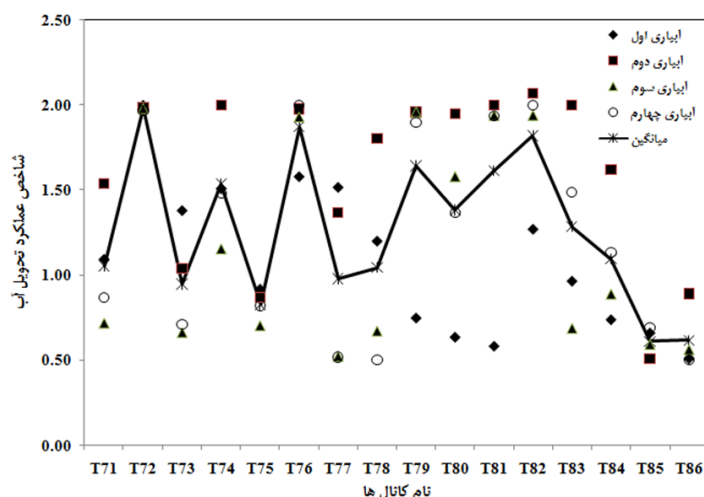
شکل ۲ مقادیر شاخص عملکرد تحویل آب را در نهر های بررسی شده نشان می دهد. طبق اندازه گیری های میدانی در نوبت آبیاری اول نسبت شاخص عملکرد تحویل آب برای ۱۶ نهر درجه ی ۳ اعداد مختلفی به دست آمده

نهر این شاخص ضعیف، در ۱ نهر در حد متوسط و در بقیه نهر ها در حد خوب بوده است. از نظر آماری تفاوت بازده نهر های T<sub>72</sub>, T<sub>76</sub>, T<sub>79</sub>, T<sub>82</sub> باهم معنی دار نبوده و دارای کمترین مقدار است. تفاوت بازده نهر های T<sub>73</sub>, T<sub>75</sub>, T<sub>85</sub>, T<sub>86</sub> که بیشترین مقدار بازده تحویل آب را داشته اند نیز باهم در سطح ۰/۵ معنی دار نشده است. از میان آبیاری ها، آبیاری دوم تفاوت معنی داری با سایر آبیاری ها داشته و سه آبیاری دیگر باهم تفاوت معنی داری ندارند. کازیکوف و همکاران (۲۰۰۹) میزان شاخص بازده را برای شبکه های بررسی شده ی خود بین ۰/۴۵ تا ۰/۹۷ به دست آوردند. شاهرخ نیا و جوان (۲۰۰۵) مقدار این شاخص را ۰/۷۹ گزارش نمودند که کمی بیشتر از مقدار به دست آمده در این تحقیق (۰/۷۵) است.

با توجه به جدول ۵ نیز مشاهده می گردد که شاخص اعتمادپذیری در بیشتر نهرها بیشتر از ۰/۲ بوده و در وضعیت ضعیف قرار می گیرد. طبق جدول ۶ در هر ۴

جدول ۳- نتایج محاسبات شاخص کفایت تحویل آب

نام نهر	آبیاری اول	آبیاری دوم	آبیاری سوم	آبیاری چهارم	میانگین
T <sub>71</sub>	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۷۲	۰/۸۷	۰/۹۰ ab
T <sub>72</sub>	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰ a
T <sub>73</sub>	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۶۶	۰/۷۱	۰/۸۴ abc
T <sub>74</sub>	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰ a
T <sub>75</sub>	۰/۹۲	۰/۸۷	۰/۷۰	۰/۸۲	۰/۸۳ abc
T <sub>76</sub>	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰ a
T <sub>77</sub>	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۵۲	۰/۴۰	۰/۷۳ bc
T <sub>78</sub>	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۶۷	۰/۵۱	۰/۷۹ abc
T <sub>79</sub>	۰/۷۵	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۹۴ ab
T <sub>80</sub>	۰/۶۳	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۹۱ ab
T <sub>81</sub>	۰/۵۸	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۹۰ ab
T <sub>82</sub>	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰ a
T <sub>83</sub>	۰/۹۶	۱/۰۰	۰/۶۹	۱/۰۰	۰/۹۱ ab
T <sub>84</sub>	۰/۷۴	۱/۰۰	۰/۸۹	۱/۰۰	۰/۹۱ ab
T <sub>85</sub>	۰/۶۶	۰/۵۱	۰/۵۹	۰/۶۹	۰/۶۱ c
T <sub>86</sub>	۰/۵۱	۰/۸۹	۰/۵۶	۰/۵۱	۰/۶۲ c
میانگین	۰/۸۶ ab	۰/۹۵ a	۰/۸۱ b	۰/۸۴ ab	۰/۸۷



شکل ۲- مقادیر شاخص عملکرد تحویل آب در نهرهای مختلف

آب، و مقادیر بزرگتر از ۱ نشان دهنده اتلاف آب در سامانه است. با این توصیف در نوبت آبیاری اول در نهر

است که حداکثر آن ۲ و حداقل آن ۰/۵۱ است. مطلوب ترین مقدار این نسبت برای هر سامانه آبیاری ۱ است. مقادیر کوچکتر از ۱ نشان دهنده ی ناکافی بودن



(نهرهای میانی و ابتدایی) آب به مقدار بیشتر از نیاز تحویل گردیده و در نهرهای  $T_{85}, T_{75}, T_{86}$  کمبود تحویل آب وجود داشته است. فقط در نهر  $T_{73}$  نسبت عملکرد تحویل آب مطلوب بوده است. حداکثر نسبت عملکرد تحویل آب در این نوبت آبیاری ۲/۰۷ و حداقل ۰/۵۱ بوده است.

در نوبت آبیاری سوم حداکثر نسبت عملکرد تحویل آب ۱/۹۸ و حداقل آن ۰/۵۲ بوده است. در نهرهای  $T_{74}, T_{72}, T_{82}, T_{81}, T_{80}, T_{79}, T_{76}$ ، بیشتر از نیاز تحویل گردیده است. در نهرهای  $T_{85}, T_{84}, T_{83}, T_{78}, T_{77}, T_{75}, T_{73}, T_{71}, T_{86}$  کمبود تحویل آب وجود داشته است

$T_{86}, T_{85}, T_{84}, T_{83}, T_{81}, T_{80}, T_{79}$ ، (نهرهای میانی و پایین دست) کشاورزان با کمبود آب آبیاری روبرو هستند. در نهرهای  $T_{82}, T_{78}, T_{77}, T_{76}, T_{74}, T_{73}, T_{72}$  (نهرهای ابتدایی یا بالا دست) آب به مقدار بیشتر از لازم تحویل می گردد، و در واقع اتلاف آب وجود داشته و فقط در نهر  $T_{71}$  عملکرد تحویل آب تقریباً مطلوب است، و مناطق پایین دست نهر با عدم ارائه مطلوب تحویل آب روبرو هستند. نتایج شاخص نسبت عملکرد تحویل آب در نوبت آبیاری دوم نشان می دهند که در نهرهای  $T_{79}, T_{78}, T_{77}, T_{76}, T_{74}, T_{72}, T_{71}, T_{84}, T_{83}, T_{82}, T_{81}, T_{80}$

جدول ۴- نتایج محاسبات شاخص بازدهی تحویل آب

شاخص بازدهی تحویل آب					
نام نهر	آبیاری اول	آبیاری دوم	آبیاری سوم	آبیاری چهارم	میانگین
$T_{71}$	۰/۹۱	۰/۶۵	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۸۹ ab
$T_{72}$	۰/۴۳	۰/۵۱	۰/۴۲	۰/۵۱	۰/۴۷ e
$T_{73}$	۰/۷۲	۰/۹۶	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۹۲ a
$T_{74}$	۰/۶۶	۰/۵۰	۰/۸۷	۰/۶۷	۰/۶۸ bcde
$T_{75}$	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰ a
$T_{76}$	۰/۶۳	۰/۵۰	۰/۵۲	۰/۴۹	۰/۵۴ e
$T_{77}$	۰/۶۶	۰/۷۳	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۸۵ abc
$T_{78}$	۰/۸۳	۰/۵۵	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۸۵ abc
$T_{79}$	۰/۳۴	۰/۵۱	۰/۵۱	۰/۵۳	۰/۴۷ e
$T_{80}$	۰/۵۸	۰/۵۱	۰/۶۳	۰/۷۳	۰/۶۱ de
$T_{81}$	۱/۰۰	۰/۴۸	۰/۵۱	۰/۵۲	۰/۶۳ cde
$T_{82}$	۰/۷۸	۰/۴۸	۰/۲۵	۰/۴۹	۰/۵۰ e
$T_{83}$	۱/۰۰	۰/۴۹	۱/۰۰	۰/۶۷	۰/۷۹ abcd
$T_{84}$	۱/۰۰	۰/۶۲	۱/۰۰	۰/۸۸	۰/۸۷ ab
$T_{85}$	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰ a
$T_{86}$	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰ a
میانگین	۰/۷۸a	۰/۶۶b	۰/۷۹ a	۰/۷۸ a	۰/۷۵

جدول ۶-مقادیر شاخص عدالت توزیع آب

نوبت آبیاری	شاخص عدالت توزیع آب
۱	۰/۴۰
۲	۰/۳۱
۳	۰/۵۲
۴	۰/۴۷
میانگین	۰/۴۲

جدول ۵-مقادیر شاخص اعتمادپذیری تحویل آب

نام نهر	شاخص اعتمادپذیری تحویل آب
T <sub>71</sub>	۰/۳۴
T <sub>72</sub>	۰/۰۸
T <sub>73</sub>	۰/۳۵
T <sub>74</sub>	۰/۲۳
T <sub>75</sub>	۰/۱۱
T <sub>76</sub>	۰/۱۱
T <sub>77</sub>	۰/۶
T <sub>78</sub>	۰/۵۶
T <sub>79</sub>	۰/۵۶
T <sub>80</sub>	۰/۴
T <sub>81</sub>	۰/۴۳
T <sub>82</sub>	۰/۲
T <sub>83</sub>	۰/۴۵
T <sub>84</sub>	۰/۳۵
T <sub>85</sub>	۰/۱۳
T <sub>86</sub>	۰/۳
میانگین	۰/۳۱

در نوبت آبیاری چهارم در نهرهای  $T_{71}, T_{73}, T_{75}, T_{77}, T_{78}, T_{85}, T_{86}$  کشاورزان کمبود تحویل آب را داشته اند. در نهرهای  $T_{72}, T_{74}, T_{76}, T_{79}, T_{80}, T_{81}, T_{82}, T_{83}, T_{84}$  نسبت عملکرد تحویل آب بیشتر از مقدار مجاز است.

جدول ۷-مقادیر شاخص اندازه بده

شاخص اندازه بده					
نام نهر	آبیاری اول	آبیاری دوم	آبیاری سوم	آبیاری چهارم	میانگین
T <sub>71</sub>	۰/۴۹	۰/۶۵	۰/۴۲	۰/۴۴	۰/۵۰ efgh
T <sub>72</sub>	۱/۳۶	۱/۰۹	۱/۵۱	۱/۳۰	۱/۳۱ ab
T <sub>73</sub>	۰/۵۹	۰/۴۱	۰/۳۶	۰/۳۴	۰/۴۳ fgh
T <sub>74</sub>	۱/۰۰	۱/۲۳	۰/۹۹	۱/۱۰	۱/۰۸ abc
T <sub>75</sub>	۰/۶۰	۰/۵۲	۰/۵۹	۰/۶۰	۰/۵۸ defgh
T <sub>76</sub>	۱/۰۴	۱/۲۲	۱/۶۵	۱/۴۹	۱/۳۵ a
T <sub>77</sub>	۱/۰۰	۰/۸۴	۰/۱۹	۰/۴۴	۰/۶۲ defg
T <sub>78</sub>	۰/۸۷	۱/۲۳	۰/۴۹	۰/۴۷	۰/۷۷ cdef
T <sub>79</sub>	۰/۳۱	۰/۶۸	۰/۸۱	۱/۰۰	۰/۷۰ cdef
T <sub>80</sub>	۰/۵۵	۱/۴۵	۱/۴۰	۱/۵۴	۱/۲۳ ab
T <sub>81</sub>	۰/۳۱	۰/۹۳	۱/۰۶	۱/۳۵	۰/۹۱ bcde
T <sub>82</sub>	۰/۴۴	۰/۶۰	۰/۶۸	۰/۹۲	۰/۶۶ cdef
T <sub>83</sub>	۰/۷۰	۱/۲۸	۰/۵۱	۱/۴۰	۰/۹۷ abcd
T <sub>84</sub>	۰/۵۲	۱/۰۰	۰/۶۴	۱/۰۵	۰/۸۰ cdef
T <sub>85</sub>	۰/۱۸	۰/۱۱	۰/۱۶	۰/۲۴	۰/۱۷ h
T <sub>86</sub>	۰/۱۷	۰/۲۷	۰/۲۱	۰/۲۳	۰/۲۲ gh
میانگین	۰/۶۳b	۰/۸۴a	۰/۷۲ ab	۰/۸۶ a	۰/۷۶

جدول ۸ - مقادیر شاخص های اراضی کشت شده و آب بهای جمع آوری شده

نام شاخص	نام نهر	آب بهای جمع آوری شده	اراضی کشت شده
		۰/۷۳	۰/۳۰
	T <sub>71</sub>	۰/۷۲	۰/۵۳
	T <sub>72</sub>	۰/۷۰	۰/۳۳
	T <sub>73</sub>	۰/۶۸	۰/۸۷
	T <sub>74</sub>	۰/۶۵	۰/۴۵
	T <sub>75</sub>	۰/۷۱	۰/۵۱
	T <sub>76</sub>	۰/۶۲	۰/۶۴
	T <sub>77</sub>	۰/۵۵	۰/۵۵
	T <sub>78</sub>	۰/۴۸	۰/۶۱
	T <sub>79</sub>	۰/۴۵	۰/۷۷
	T <sub>80</sub>	۰/۴۳	۰/۵۷
	T <sub>81</sub>	۰/۴۱	۰/۳۲
	T <sub>82</sub>	۰/۴۲	۰/۷۶
	T <sub>83</sub>	۰/۳۹	۰/۶۷
	T <sub>84</sub>	۰/۴۰	۰/۲۲
	T <sub>85</sub>	۰/۳۸	۰/۲۷
	T <sub>86</sub>	۰/۵۴	۰/۵۲
	میانگین		

بده در چهار نوبت آبیاری ۰/۶۳، ۰/۸۴، ۰/۷۲ و ۰/۸۶ است؛ بنابراین، میزان بده واقعی نسبت به بده طراحی تناسبی نداشته که این موضوع با توجه به کاهش مساحت اراضی کشت شده، بیانگر توزیع ضعیف آب در شبکه است. این شاخص در آبیاری اول به طور معنی داری از آبیاری دوم و چهارم بیشتر شده است. در دو نهر انتهایی نیز میانگین این شاخص از سایر نهر ها کمتر شده است. مقادیر شاخص های اراضی کشت شده و آب بهای جمع آوری شده در جدول ۸ آورده شده اند که نتایج بررسی آنها به شرح زیراند. شاخص اراضی کشت شده نشان می دهد که وضعیت مساحت اراضی قابل آبیاری در ابتدا در مقابل وضعیت موجود به چه صورت است. طبق محاسبات محاسبات انجام شده برای ۱۶ نهر، مقدار میانگین این شاخص برابر با ۰/۵۲ و بیانگر این است که فقط حدود ۵۲ درصد مساحت اراضی به زیر کشت رفته و مابقی بدون کشت باقی مانده اند. این موضوع باعث کاهش تولید و درآمد کشاورزان گردیده است. نتایج بررسی شاخص آب بهای جمع آوری شده نشان می دهد که به طور میانگین، ۰/۵۴ درصد از درآمد فروش آب به حساب شرکت بهره برداری واریز گردیده است. این موضوع باعث تضعیف بنیه مالی شرکت در خدمات رسانی به کشاورزان می گردد. ضمناً این نکته قابل ذکر است که کشاورزان بالا دست، به علت دریافت مقدار آب بیشتر، در پرداخت آب بها نسبت به کشاورزان پایین دست نهر بهتر عمل کرده اند.

### نتیجه گیری و پیشنهادها

نتایج حاصل از محاسبات شاخص های عملکرد تحویل آب، عملکرد کفایت آبیاری و بازدهی تحویل آب در چهار نوبت آبیاری نشان دهنده آن است که در تعدادی از نهر ها، آب به مقدار بیشتر از نیاز (تا ۲ برابر) و در تعدادی دیگر به میزان کمتر از مورد نیاز (تا ۵۰ درصد) به مزارع تحویل شده است. مقایسه ی میانگین ها نیز نشان داد که به طور کلی در آبیاری دوم به طور معنی داری نسبت به سایر آبیاری ها، آب بیشتری تحویل شده است. همچنین در دو نهر انتهایی، با دریافت آب به اندازه حدود ۶۰٪ لازم، کمترین میزان آب دریافت گردیده است. به طور کلی نهر های واقع در طرف چپ نهر اصلی، آب بیشتری را نسبت به نهرهای سمت راست دریافت داشته اند.

حداکثر شاخص عملکرد تحویل آب ۱/۹۷ و حداقل آن ۰/۵۱ است. با بررسی چهار نوبت آبیاری و نسبت عملکرد تحویل آب مشخص شد که حداقل مقدار شاخص عملکرد تحویل آب در نوبت آبیاری چهارم، مربوط به نهر T<sub>86</sub> و برابر با ۰/۵۱ است. حداکثر شاخص عملکرد تحویل آب مربوط به نهرهای T<sub>72</sub> در نوبت آبیاری اول، نهرهای T<sub>74</sub>، T<sub>81</sub>، T<sub>83</sub> در نوبت آبیاری دوم و نهرهای T<sub>76</sub>، T<sub>82</sub>، در نوبت آبیاری چهارم است و مقدار آن برابر با ۲ است. از نظر آماری، شاخص عملکرد تحویل آب در آبیاری دوم به طور معنی داری از سه آبیاری دیگر بیشتر شده است.

جدول ۷ مقادیر شاخص مقدار یا اندازه ی بده را در چهار نوبت آبیاری نشان می دهد. میانگین شاخص مقدار

- ۱) زحمتکش، م.، و منتظر، ع.ا. ۱۳۹۰. ارزیابی عملکرد تعدادی از شبکه های آبیاری جهان با استفاده از شیوه مقایسه ای و تحلیل داده کاوی. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۵(۵): ۱۰۴۲-۱۰۵۷.
- ۲) سنائی جهرمی، ص.، ۱۳۷۴. مدیریت انتقال و توزیع آب در شبکه آبیاری و زهکشی درودزن. پایان نامه ی کارشناسی ارشد. دانشگاه شیراز. شیراز. ایران.
- ۳) شاهرخ نیا، م. ع.، جوان، م. ۱۳۸۵. بررسی شاخصهای عملکرد آبیاری در شبکه درودزن، مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، ۷(۲۹): ۳۳-۴۵.
- ۴) شرکت سهامی آب منطقه ای فارس. ۱۳۹۰. مطالعات ارزیابی عملکرد، پایش مدیریت بهره برداری و نگهداری، بهبود، ترمیم و بهسازی شبکه آبیاری و زهکشی درودزن. جلد ۹، بررسی و تحلیل وضع موجود و عملکرد مدیریت بهره برداری و نگهداری شبکه و تاسیسات.
- ۵) فرخی، م.، کامگار حقیقی، ع.ا.، سپاسخواه، ع.، زندپارسا، ش.، هنر، ت. ۱۳۹۳. تغییرات زمانی و مکانی آب توزیع شده در نهر های شبکه سد درودزن. نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۴(۸): ۶۸۴-۶۹۳.
- ۶) منتظر، ع.ا. و پاشازاده، ن. ۱۳۹۰. ارزیابی عملکرد توزیع آب در شرایط مختلف بهره برداری نهر اصلی غرب شبکه آبیاری دز با استفاده از مدل هیدرولیکی CANALMAN. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۵(۱): ۱۲۵-۱۳۹.

- 7) Bos, M.G. 1997. Performance indicators for irrigation and drainage. *Irrigation and Drainage Systems* 11: 119-137.
- 8) Cakmak, B., Kibaroglu, A., Kendirli, B., and Gokalp, Z. 2010. Assessment of the irrigation performance of transferred schemes in Turkey: a case study analysis. *Irrigation and Drainage* 59: 138-149.
- 9) Javan, M., Sanaee- Jahromi, S. and Fiuzat, A. A. 2002. Quantifying management of irrigation and drainage systems. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering, ASCE* 128 (1): 19-25.
- 10) Kazbekov, J., Abdullaev, I., Manthrithilake, H., Qureshi, A., and Jumaboev, K. 2009. Evaluating planning and delivery performance of water user associations (WUAs) in Osh Province,

مقادیر شاخص های عدالت توزیع آب و اعتمادپذیری برای شبکه به ترتیب برابر با ۰/۴۲ و ۰/۳۱ شد. بنابراین عملکرد شبکه از لحاظ عدالت توزیع آب در مکان و زمان وضعیت مطلوب نداشته و در رده ضعیف قرار می گیرد. میانگین دو شاخص اراضی کشت شده و آب بهای جمع آوری شده نیز به ترتیب برابر با ۰/۵۲ و ۰/۵۴ بود که از این جنبه ها نیز شبکه وضعیت مناسبی نداشته است. نتایج این تحقیق نشان دادند که به طور کلی وضعیت تحویل و توزیع آب در ادامه ی نهر سمت چپ درودزن، از نظر شاخص های بررسی شده مطلوب نبوده اند. با توجه به اینکه شاخص های استفاده شده علل به وجود آمدن عملکرد مناسب یا نامناسب شبکه را نشان نمی دهند، می توان با انجام بررسی های دیگر علل عملکرد ضعیف یا مناسب شبکه را تعیین نمود. بررسی های میدانی و بررسی های قبلی در شبکه ی درودزن نشان می دهند که تحویل آب در ابتدای نهر های مورد بررسی به صورت دقیق یا حجمی صورت نگرفته و بیشتر بر اساس تجربه میراب ها است. حتی میراب ها اطلاع دقیقی از روابط هیدرولیکی حاکم بر دریچه های تحویل آب را ندارند؛ بنابراین، پیشنهاد می گردد که یک برنامه مدیریتی جامع و دقیق برای کل شبکه تهیه و با احداث سازه های مناسب اندازه گیری و تحویل آب در ابتدای نهرهای درجه ۳، آب را به صورت حجمی تحویل نمود. به میراب ها آموزش کافی در خصوص نحوه ی استفاده از روابط دریچه ها و تحویل آب داده شود. به کشاورزان آموزش و مشارکت بیشتری در امر تحویل آب داده شود تا انگیزه بیشتری برای پرداخت آب بها و همکاری با مدیران شبکه پیدا کنند. لازم است با پایش مستمر عملکرد شبکه، بهبود عملکرد شبکه را ارزیابی و نقاط ضعف موجود را برطرف نمود.

## قدردانی

نویسندگان از همکاری شرکت بهره برداری از شبکه های آبیاری و زهکشی استان فارس، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی و شرکت سهامی آب منطقه ای فارس در انجام این پژوهش تشکر و قدردانی می نمایند.

## منابع

Kyrgyzstan. *Agricultural Water Management* 96: 1259-1267.

11) Kharrou, M.H., Page, M.L., Chehbouni, A., Simonneaux, V., Er-Riki, S., Jarlan, L., Ouzine, L., Khabba, S., and Chehbouni, G. 2013. Assessment of equity and adequacy of water delivery in irrigation systems using remote sensing-based indicators in semi-arid region, Morocco. *Water Resources Management* 27: 4697-4714.

12) Molden, D.J. and Gates, T.K. 1990. Performance measures for evaluation of irrigation- water- delivery system. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering, ASCE* 116: 804-23.

13) Sanaee- Jahromi, S., Depweg, H and Feyen, J. 2000. Water delivery performance in the Doroodzan Irrigation Scheme, Iran. *Irrigation and Drainage Systems*, 14: 207-222.

14) Shahrokhnia, M. A., and Javan, M. 2005. Performance assessment of Doroodzan irrigation network by steady state hydraulic modeling. *Irrigation and Drainage Systems*, 19: 189- 206.

15) Vaez Tehrani, M., Monem, M.J., and Bagheri, A. 2013. A system dynamics approach to model rehabilitation of irrigation networks case study: Qazvin irrigation network, Iran. *Irrigation and Drainage* 62: 193-207.

16) Zardari, N. and Cordery, I. 2010. Estimating the effectiveness of a rotational irrigation delivery system: a case study from Pakistan. *Irrigation and Drainage* 59: 277-290.

