

## بررسی عملکرد تحویل آب در شبکه آبیاری درودزن در دو نیاز آبی مختلف

محمدعلی شاهرخ‌نیا<sup>۱\*</sup> و عبدالمطلب علیان‌غیائی<sup>۲</sup>

۱ و ۲ به‌ترتیب: استادیار؛ و کارشناس ارشد بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران  
تاریخ دریافت: ۹۶/۱۰/۱۱؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱/۲۸

### چکیده

در این پژوهش، با هدف ارزیابی تحویل آب در شبکه آبیاری و زهکشی درودزن، شاخص عملکرد شبکه شامل کفایت تحویل آب، بازده تحویل آب، عدالت توزیع آب، اعتمادپذیری تحویل آب و نسبت عملکرد تحویل آب محاسبه گردید. این شاخص‌ها در دو نوبت آبیاری و در ۱۲ کانال درجه ۳ اندازه‌گیری و بررسی شدند. بررسی‌ها با دو رویکرد از لحاظ آب مورد نیاز شبکه بر اساس طراحی اولیه و در شرایط فعلی در کشت گندم دنبال شد. از پارامترهای آماری خطای استاندارد، خطای میانگین و آزمون مربع کای برای تحلیل‌های آماری استفاده شد. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که شاخص عدالت و اعتمادپذیری توزیع آب در شبکه به‌ترتیب برابر با ۰/۳۱ و ۰/۱۲ است که با توجه به استانداردهای موجود به‌ترتیب در حد ضعیف و در حد متوسط قرار می‌گیرند. میانگین شاخص عملکرد تحویل آب در شبکه بر اساس دو رویکرد طراحی اولیه و شرایط فعلی به‌ترتیب ۱/۴۱ و ۰/۶۱ است که نشان می‌دهد بر اساس طراحی اولیه، ۴۱ درصد آب بیش از اندازه و در شرایط فعلی، ۳۹ درصد آب کمتر از نیاز تحویل می‌شود. شاخص بازده تحویل آب بر اساس دو رویکرد مورد بررسی به‌ترتیب ۰/۷۹ و ۰/۹۷ و شاخص کفایت تحویل آب به‌ترتیب ۰/۹۳ و ۰/۵۶ است. به‌طور کلی تفاوت بین شاخص‌های کفایت تحویل آب، بازده تحویل آب، و عملکرد تحویل آب در دو نیاز آبی مختلف قابل توجه است که باید به‌جای هیدرومدول اولیه، هیدرومدول بر اساس روش پنمن ماتیت ملاک مدیریت شبکه آبیاری درودزن قرار گیرد.

### واژه‌های کلیدی

اعتمادپذیری، بازده، عدالت توزیع آب، کفایت آبیاری، نسبت عملکرد تحویل آب

### مقدمه

باشد. چنانچه مقدار شاخص خارج از حدود قابل قبول باشد، نشانه آن است که عملکرد سیستم رضایت‌بخش نیست. بر اساس مطالعات، لازم است توزیع آب از لحاظ کفایت (به اندازه بودن)، به موقع بودن و عدالت ارزیابی شود (Rao, 1993). نتایج حاصل از یک ارزیابی شبکه درودزن از نظر انتقال و توزیع به اندازه و به موقع آب نشان می‌دهد که در سال‌های پرباران (۱۳۷۲-۱۳۷۱) و کم‌باران (۱۳۷۳-۱۳۷۲) چنانچه بهره‌برداری شبکه در حد بازده

در هر سامانه آبیاری، عملکرد عبارت است از میزان دستیابی به اهداف سیستم که می‌تواند به‌صورت یک یا چند عامل بیان شود. با استفاده از شاخص‌هایی می‌توان عملکرد هر شبکه را ارزیابی کرد. این شاخص‌ها علاوه بر کمیت، کیفیت را نیز بررسی می‌کنند. سطح مطلوب عملکرد موقعی به‌دست می‌آید که هدف‌های کلی و جزئی محقق و از منابع در دسترس نیز به‌طور موثر استفاده شده

اعتمادپذیری عملکرد مطلوب ندارد و مقدار آب دریافتی کانال‌های بالادست بیشتر از مقدار آب دریافتی کانال‌های پایین‌دست است؛ این محقق اضافه می‌کند که از نظر سایر شاخص‌های بهره‌برداری و خدمات نیز شبکه درودزن در وضعیت مناسبی نیست. واعظ‌تهرانی و همکاران (Vaez-Tehrani et al., 2013) با ارزیابی شبکه آبیاری و زهکشی قزوین ضمن تاکید بر اهمیت شاخص‌های کفایت، بازده، عدالت و اعتمادپذیری توزیع آب، نوسازی شبکه‌های آبیاری را به‌منظور ارتقای شاخص‌های تحویل آب لازم برشمرده‌اند. مهم‌ترین سیاست از میان سیاست‌های اجرا شده، تثبیت سطوح زیر کشت در شبکه بود.

شرکت سهامی آب منطقه‌ای فارس (Anon, 2012) با مطالعه عملکرد مدیریت شبکه آبیاری و زهکشی درودزن گزارش داده است که از میان ۹۴ شاخص ارزیابی، حدود ۵۰ درصد از شاخص‌ها در محدوده ضعیف، ۲۵ درصد در محدوده متوسط و ۲۵ درصد در محدوده خوب قرار دارند؛ از مصرف‌کنندگان آب حدود ۸۸ درصد از بی‌نظمی موجود در رهاسازی آب و ۸۵ درصد از متناسب نبودن آب تحویلی با میزان آب بها، ۶۹ درصد از نهادها و سازمان‌های مرتبط ناراضی‌اند؛ تامین نشدن حقایق حقایق‌بران و بی‌عدالتی در پایاب و سراب به‌ترتیب ۷۴ و ۸۱ درصد موارد را به‌خود اختصاص داده است؛ بازده انتقال در کل شبکه اصلی به‌طور متوسط حدود ۷۷ درصد برآورد شده که طبق نظر مشاور مربوط در رده ضعیف قرار می‌گیرد؛ بازده توزیع در کانال‌های درجه ۳ و ۴ به‌طور متوسط حدود ۷۷ درصد و در رده متوسط است؛ بازده کاربرد آب در مزرعه در حدود ۵۶ درصد و در رده متوسط قرار دارد؛ بازده کل شبکه حدود ۳۳ درصد و بسیار ضعیف برآورد می‌شود (طبق نظر مشاور مربوط)؛ شاخص وضعیت سازه‌ها در شبکه انتقال و شبکه توزیع به‌ترتیب ضعیف و متوسط برآورد می‌شود (Anon, 2012). فرخی و همکاران

کلی پروژه (حدود ۴۶/۵ درصد) انجام گرفته باشد، به‌ترتیب ۲۰/۶ و ۱۹ درصد از آب مصرفی به‌صورت غیر قابل اعتماد توزیع شده است (Sanaee-Jahromi, 1995). شاهرخ‌نیا و جوان (Shahrokhnia & Javan, 2005) تأثیر مسائل هیدرولیکی سازه‌های شبکه درودزن را بر شاخص‌های عملکرد بررسی کردند و نشان دادند که تغییرات در بازشدگی دریچه‌ها و انتخاب ضریب دبی نادرست برای دریچه‌ها، افزایش ضریب زبری کانال‌ها و نوسانات آب باعث تغییرات زیادی در شاخص‌های عملکرد شبکه می‌شود. جوان و همکاران (Javan et al., 2002) مسائل مدیریتی سه شبکه آبیاری مختلف را در کشور و از جمله شبکه آبیاری درودزن فارس را بررسی و اعلام کرده‌اند توزیع آب در شبکه مذکور نامطمئن و عدالت توزیع آب و بازده پایین است.

مولدن و گیتس (Molden & Gates, 1990) تعدادی شاخص عملکرد را برای ارزیابی سیستم‌های انتقال آب ارائه داده‌اند. این شاخص‌ها، وضعیت عملکرد سیستم را در ارتباط با اهداف کفایت، بازده، قابلیت اعتماد، و عدالت در انتقال آب نشان می‌دهند. شاهرخ‌نیا و جوان (Shahrokhnia & Javan, 2005) با استفاده از شاخص‌های مولدن و گیتس، عملکرد شبکه را از لحاظ توزیع آب در قسمتی از شبکه آبیاری درودزن در استان فارس بررسی کردند و نشان دادند که کانال مورد مطالعه عملکرد خوبی از لحاظ عدالت توزیع مکانی و زمانی آب ندارد و کانال‌های بالادست بیشتر از کانال‌های پایین‌دست آب برداشت می‌کنند؛ آنها همچنین نشان دادند تفاوت سطوح زیرکشت قراردادی با سطوح زیرکشت واقعی باعث می‌شود تفاوت شاخص‌های عملکرد بسیار زیاد باشد که در بررسی‌ها باید به این موضوع توجه شود. شفیی (Shafiee, 2009) کانال ادامه سمت چپ در شبکه آبیاری درودزن را با اندازه‌گیری شاخص‌های ارزیابی مولدن و گیتس بررسی کرده و نشان داد کانال مورد مطالعه از لحاظ عدالت توزیع و

که قطب کشاورزی استان فارس است، را آبیاری می‌کند. بنابراین، با توجه به اهمیت ویژه این منطقه در تولیدات کشاورزی و اقتصاد منطقه، بررسی مشکلات آن و ارائه راه‌حل‌های مناسب اهمیت ویژه دارد. یکی از مسائل مهم این منطقه، کمبود آب برای آبیاری و نیز نارضایتی کشاورزان از وضعیت توزیع آب است. هر ساله اعتراضاتی مبنی بر تحویل آب ناکافی و غیر عادلانه در بعضی از نقاط شبکه از طرف کشاورزان به مسئولان وارد می‌شود. نکته جدید در این تحقیق که به آن پرداخته شده، تأثیر انتخاب روش برآورد نیاز آبی شبکه بر شاخص‌های ارزیابی تحویل آب است. هدف از این پژوهش، بررسی عملکرد شبکه آبیاری و زهکشی درودزن با استفاده از شاخص‌های ارزیابی تحویل آب است.

### مواد و روش‌ها

شبکه آبیاری و زهکشی درودزن در حدود ۵۰ کیلومتری شمال غربی شهرستان شیراز واقع است و رودخانه کر تقریباً از وسط آن می‌گذرد. سد درودزن با حداکثر ظرفیت ۱ میلیارد متر مکعب، از قدیمی‌ترین سدهای ساخته شده در کشور است. حجم تنظیمی سد در سال‌های بهره‌برداری حدود ۷۶۰ میلیون مترمکعب در سال است که آب مورد نیاز حدود ۴۲۰۰۰ هکتار از اراضی رامجرد و ۳۴۰۰۰ هکتار از اراضی منطقه کربال و کنار مرودشت را تأمین می‌کند. آب شرب قسمتی از شهر شیراز، تعدادی از روستاها و کارخانه‌های صنعتی نیز از این سد تأمین می‌شود. کانال اصلی شبکه آبیاری و زهکشی درودزن (MC) از محل خروجی نیروگاه سد درودزن با دبی ۴۱ مترمکعب در ثانیه شروع می‌شود و پس از طی ۲۲/۲۲ کیلومتر به سازه آب‌پخش می‌رسد. از این به بعد به سه کانال درجه ۱ با نام‌های سمت چپ (LBPC)، اردیبهشت (RBSC)، و هامون (RBPC) منشعب می‌گردد. مساحت تحت پوشش کانال‌ها در چهار منطقه اصلی شبکه

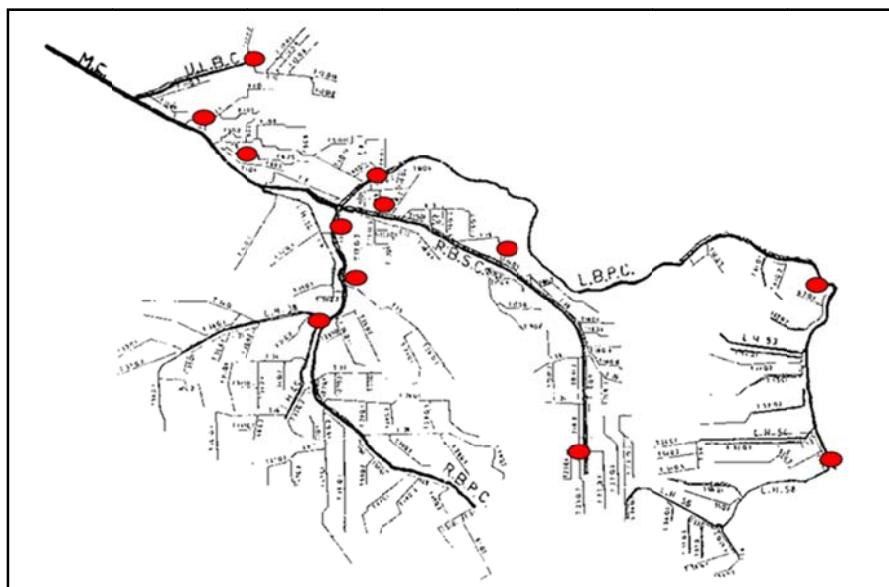
(Farokhi *et al.*, 2015) با بررسی توزیع آب در چهار کانال اصلی درودزن گزارش داده‌اند که بر اساس شاخص حجم آب تخصیص یافته سالانه بر واحد سطح کانال هامون کمترین و کانال ابرج بیشترین مقدار آب را دریافت کرده‌اند.

مقدار چهار شاخص کفایت، راندمان، اعتمادپذیری و عدالت توزیع به‌طور متوسط در شبکه دانگجین کره جنوبی به‌ترتیب ۰/۸۳، ۰/۸۷، ۰/۲۷ و ۰/۲۳ است (Nam *et al.*, 2016). در تحقیقاتی مشابه در گدیز ترکیه، مقدار این شاخص‌ها به‌ترتیب برابر با ۰/۶۰، ۰/۷۷، ۰/۵۴ و ۰/۵۱ برآورد شده است (Korkmaz *et al.*, 2009). در حوضه رودخانه نیجر در مالی افریقا، مقادیر این شاخص‌ها به‌ترتیب برابر با ۰/۹۱، ۰/۵۹، ۰/۱۸ و ۰/۱۴ اعلام شده است (Vandersypen *et al.*, 2006). در دلتای رود نیل در مصر، مقدار شاخص‌های کفایت، اعتمادپذیری و عدالت توزیع آب به‌ترتیب برابر با ۰/۶۶، ۰/۱۸ و ۰/۲۶ به‌دست آمده است (Aly *et al.*, 2013). بررسی کفایت و عدالت توزیع آب در حوضه ایندوس پاکستان نشان می‌دهد که عدالت توزیع آب در کانال‌های مورد بررسی کمتر از ۰/۱۰ بوده که مطلوب است اما کفایت توزیع آب در دو فصل تابستان و زمستان به‌طور متوسط حدود ۰/۶۰ و ۰/۶۷ به‌دست آمده که مطلوب نیست (Usman *et al.*, 2015). در ترکیه (Cakmak *et al.*, 2010)، پاکستان (Zardari & Cordery, 2010)، تونس (Ghazouani *et al.*, 2012)، اسپانیا (Lorite *et al.*, 2012)، مراکش (Kharrou *et al.*, 2013)، قرقیزستان (Kazbekov *et al.*, 2009) و اتیوپی (Bekele & Tilahun, 2006; Dejen *et al.*, 2015; Osmen & Kaman, 2015)، نیز به مطالعاتی مشابه پرداخته و استفاده از این شاخص‌های مولدن و گیتس را مفید دانسته‌اند.

شبکه آبیاری و زهکشی درودزن فارس یکی از مهمترین شبکه‌های آبیاری مدرن در کشور است و دشت مرودشت،

زمین‌های زیردست هر ناحیه و کل شبکه تهیه می‌شود. طبق برنامه‌های سالانه شورای کشت شهرستان، شتوی کاری شامل گندم و جو معمولاً بدون محدودیت است و در صیفی‌کاری برای برخی از محصولات محدودیت‌هایی اعمال می‌شود (Anon, 2012).

آبیاری درودزن به ترتیب ۸۲۳۰، ۱۰۸۴۰، ۴۹۴۰ و ۱۸۷۶۰ هکتار است. شکل ۱، کانال‌های آبیاری شبکه درودزن را در محدوده رامجرد و درودزن نشان می‌دهد. هر سال، شرکت بهره‌برداری اطلاعات منابع آب قابل دریافت از سد درودزن را اخذ می‌کند و بر این اساس برنامه کشت



شکل ۱- نمایی از کانال‌های آبیاری شبکه درودزن و نقاط مورد بررسی

شاخص‌های ارزیابی عملکرد تحویل آب شاخص کفایت تحویل نشان می‌دهد که چه کسری از آب مورد نیاز از کانال مورد نظر دریافت شده است (روابط ۱ و ۲). هرچه شاخص فوق به عدد ۱ نزدیک‌تر باشد، کفایت آبیاری بهتر است. مقادیر کمتر از ۱ نشان‌دهنده آن است که آب کمتر از میزان مورد نیاز به مزرعه تحویل شده است.

$$P_A = 1 \quad Q_D > Q_I \quad (1)$$

$$P_A = \frac{1}{T} \sum_T \left( \frac{1}{R} \sum_R \frac{Q_D}{Q_I} \right) \quad (2)$$

$$Q_D \leq Q_I$$

هدف از این تحقیق، اندازه‌گیری شاخص‌های ارزیابی تحویل آب در چهار کانال اصلی، هامون، اردیبهشت و سمت چپ در شبکه آبیاری درودزن است. تعداد کانال‌های فرعی در نظر گرفته شده در هر یک از این چهار منطقه ۳ کانال و مجموعاً ۱۲ کانال است. با توجه به تحقیقات پیشین در داخل و خارج از کشور، شاخص‌هایی که مولدن و گیتس ارائه داده‌اند اهمیت و اعتبار زیادی دارند و از آنها استفاده شده است. این شاخص‌ها عبارت‌اند از کفایت تحویل آب، بازده تحویل آب، اعتمادپذیری و عدالت تحویل آب. یک شاخص مهم دیگر با نام نسبت عملکرد تحویل آب نیز اندازه‌گیری و بررسی گردید؛ این شاخص را باس (Bos, 1997) معرفی کرده است.

سیستم است. با توجه به محاسبه مقادیر دبی واقعی یا مقدار آب تحویلی به کشاورزان و مقدار آب مورد نیاز گیاه، شاخص نسبت عملکرد تحویل آب را می‌توان به‌دست آورد. عدالت توزیع یا تحویل آب ( $P_E$ ) نیز یکی از شاخص‌های مهم در ارزیابی سیستم آبیاری است و آن را می‌توان با استفاده از رابطه ۶ به‌دست آورد. هرچه مقدار شاخص عدالت توزیع آب به صفر نزدیک‌تر باشد، عدالت توزیع آب در منطقه بیشتر خواهد بود.

$$P_E = \frac{1}{T} \sum_T CV_R \left[ \frac{Q_D}{Q_I} \right] \quad (6)$$

که در آن،

$CV_R = \frac{Q_D}{Q_I}$  ضریب مکانی تغییرات بده تحویلی به بده مورد نیاز میان آبیگرها در یک دوره زمانی. شاخص اعتمادپذیری تحویل آب ( $P_D$ ) سیستم، بیانگر یکنواختی یا عدالت زمانی توزیع آب در سیستم است که از رابطه ۷ برآورد می‌شود.

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

که در آن،

$CV_T = \frac{Q_D}{Q_I}$  ضریب تغییرات زمانی بده تحویلی به بده مورد نیاز و مقدار آن هرچه به صفر نزدیک‌تر باشد یکنواختی زمانی تحویل آب بیشتر است. و  $\frac{1}{R} \sum_R$  متوسط مقادیر اندازه‌گیری شده در مکان‌های مختلف. مقادیری که از محاسبه شاخص‌های فوق به‌دست می‌آید با جدول ۱ مقایسه می‌شود و وضعیت عملکرد شبکه را می‌توان مقایسه و ارزیابی کرد.

که در آن‌ها،  $P_A$  شاخص کفایت آبیاری؛  $Q_D$  مقدار واقعی آب داده شده به واحد زارعی؛  $Q_I$  مقدار آب مورد نیاز واحد زارعی؛  $R$  تعداد مناطق اندازه‌گیری شده؛ و  $T$  تعداد دفعات اندازه‌گیری. با اندازه‌گیری شاخص بازدهی تحویل آب ( $P_F$ ) از روابط ۳ و ۴، می‌توان ارزیابی خوبی از لحاظ اتلاف آب در سیستم به‌دست آورد.

$$P_F = 1 - Q_D \langle Q_I \rangle \quad (3)$$

$$P_F = \frac{1}{T} \sum_T \left( \frac{1}{R} \sum_R \frac{Q_I}{Q_D} \right) \quad (4)$$

$$Q_D \leq Q_I$$

این شاخص نشان‌دهنده بازدهی کل سیستم نیست و فقط مربوط است به تحویل آب در کانال یا مزرعه مورد مطالعه. این شاخص نیز هرچه به یک نزدیک‌تر باشد بهتر است. مقادیر کوچک‌تر از ۱ نشان‌دهنده اتلاف آب است. این شاخص ارزیابی خوبی از لحاظ اتلاف آب در سیستم نشان می‌دهد. شاخص‌های کفایت و بازدهی آبیاری را باس (Bos, 1997) تحت عنوان شاخص کلی‌تر به‌نام نسبت عملکرد تحویل<sup>۱</sup> ارائه داده است (رابطه ۵).

$$DPR = \frac{Q_D}{Q_I} \quad (5)$$

این رابطه یکی از ساده‌ترین و مهمترین روابطی است که برای بررسی عملکرد سیستم می‌توان به‌کار برد. مطلوب‌ترین مقدار این نسبت برای هر سیستم آبیاری ۱ است. مقادیر کوچک‌تر از ۱ نشان‌دهنده ناکافی بودن آبیاری و مقادیر بزرگ‌تر از ۱ نشان‌دهنده اتلاف آب در

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

شاخص ارزیابی	کلاس‌های عملکرد		
	ضعیف	متوسط	خوب
کفایت تحویل آب ( $P_A$ )	$< 0.8$	$0.8-0.89$	$0.9-1$
بازده تحویل آب ( $P_F$ )	$< 0.7$	$0.7-0.84$	$0.85-1$
عدالت توزیع آب ( $P_E$ )	$> 0.25$	$0.11-0.25$	$0-0.1$
اعتمادپذیری توزیع آب ( $P_D$ )	$> 0.20$	$0.11-0.20$	$0-0.1$

مطلق (تفاوت مقدار شاخص با عدد ۱)، خطای میانگین مربعات (خطا یا تفاوت استاندارد شده)، و آزمون مربع کای استفاده گردید (Tsay, 2005).

### نتایج و بحث

جدول ۲ مقادیر شاخص کفایت تحویل آب (PA) را بر اساس اندازه‌گیری‌های میدانی از دو روش نشان می‌دهد. در این جدول مقادیر برابر ۱ بیانگر این است که آب دریافت شده در ابتدای کانال درجه ۳ به اندازه و یا بیشتر از حد مورد نیاز بوده است. بنابراین بر اساس هیدرومدول، در اکثر کانال‌های مورد بررسی، میزان آب کافی یا بیشتر از نیاز دریافت شده است. در کانال T-15، شاخص کفایت آبیاری در اندازه‌گیری اول در حد ضعیف (۰/۷۳) و در اندازه‌گیری دوم در حد متوسط (۰/۸۲) و به‌طور کلی در حد ضعیف (۰/۷۷) بوده است. در کانال T-24، در هر دو اندازه‌گیری، میزان شاخص کفایت تحویل آب در حد ضعیف و در نتیجه به‌طور کلی نیز در حد ضعیف (۰/۵۹) بوده است. با توجه به جدول ۱، به‌طور کلی کفایت تحویل آب در کانال‌های مورد بررسی بیشتر از ۰/۹۰ بوده (۰/۹۳) و در محدوده "خوب" واقع می‌شود. اما بر اساس نیاز آبی، فقط در دو کانال T-8 و T-12 کفایت آبیاری خوب است و کفایت تحویل آب کانال‌های دیگر در محدوده ضعیف قرار می‌گیرد. میانگین کفایت تحویل آب برای کل کانال‌های مورد بررسی ۰/۵۶ است که در محدوده ضعیف واقع می‌شود. میانگین تفاوت استاندارد مقادیر برآورد شده بر

به‌منظور اندازه‌گیری و بررسی شاخص‌های ارزیابی شبکه، سرعت جریان آب تحویلی در ابتدای کانال‌های انتخابی با استفاده از دستگاه میکرومولینه اندازه‌گیری و با ضرب کردن سرعت متوسط جریان در سطح مقطع جریان، دبی آب تحویلی محاسبه شد. این اندازه‌گیری‌ها ۲ بار در طول فصل آبیاری گندم در سال ۹۴-۹۵ تکرار شد. شاخص‌های ارزیابی شبکه توسط فرمول‌های ارائه شده اندازه‌گیری و با استانداردهای موجود (جدول ۱) مقایسه گردید. آب مورد نیاز در شبکه را می‌توان به روش‌های مختلف برآورد کرد و از این‌رو تفاوت در این برآوردها باعث تفاوت در شاخص‌های ارزیابی نیز می‌شود. در این تحقیق دو روش یا دو رویکرد در نظر گرفته شده است، یکی بر اساس طرح اولیه شبکه و دیگری در شرایط فعلی. بر اساس طرح اولیه شبکه، میزان آب مورد نیاز شبکه در کانال‌های درجه ۳ بر اساس هیدرومدول برابر یک (یک لیتر بر ثانیه بر هکتار) محاسبه و تحویل می‌شود. از سوی دیگر، می‌توان نیاز آبی فعلی شبکه در سطح کانال‌های درجه ۳ را با برآورد میزان نیاز آبی خالص مزرعه (تبخیر و تعرق گیاه) و لحاظ کردن بازده‌ها نیز محاسبه کرد. بدین‌منظور، میزان نیاز آبی گیاه گندم در طول دوره تحویل آب از روش پنمن ماتیت برآورد گردید. با لحاظ کردن بازده توزیع ۷۷ درصد و بازده کاربرد آب در مزرعه ۵۶ درصد میزان آب مورد نیاز در ابتدای کانال‌های درجه ۳ به‌دست آمد (Anon, 2012). برای مقایسه شاخص‌های ارزیابی در دو روش برآورد، از مشخصه‌های آماری میانگین خطای

اساس هیدرومدول (۰/۱۴) کمتر از برآورد بر اساس نیاز آبی (۰/۴۹) است. آزمون مربع کای نیز نشان می‌دهد که شاخص کفایت تحویل آب برآورد شده بر اساس نیاز آبی، در هر دو اندازه‌گیری تفاوت معنی‌داری با عدد ۱ دارد در حالی که شاخص کفایت تحویل آب برآورد شده بر اساس هیدرومدول، تفاوت معنی‌داری با عدد ۱ ندارد. سطح معنی‌داری برابر ۱ در روش هیدرومدول و سطح معنی‌داری کمتر از ۰/۹۵ در روش نیاز آبی، گویای این مطلب است. جدول ۳ مقادیر شاخص کفایت تحویل آب را به تفکیک کانال‌های اصلی شبکه نشان می‌دهد. بر پایه این جدول و بر اساس هیدرومدول، کفایت تحویل آب در کانال اردیبهشت ضعیف و در سه کانال دیگر خوب است. بر اساس نیاز آبی فقط کفایت تحویل آب در کانال اصلی در محدوده خوب قرار دارد و در دیگر کانال‌ها ضعیف است.

نکته قابل تأمل در اینجا این است که با توجه به اینکه تحویل آب در شبکه بر اساس هیدرومدول ۱ است، شاخص‌های برآورد شده بر اساس هیدرومدول میزان موفقیت مدیران شبکه را در رسیدن به اهداف نشان می‌دهد. در حالی که شاخص‌های برآورد شده بر اساس نیاز آبی، میزان برآورده شدن نیاز آبی گیاه به‌منظور تولید حداکثر را نشان می‌دهد. با توجه به اینکه مدیریت آبیاری شبکه بر اساس هیدرومدول تحویل آب را برنامه‌ریزی می‌کند می‌توان این‌گونه نتیجه گرفت که مدیران شبکه در تأمین آب مورد نیاز مزارع موفق بوده‌اند (چون هیدرومدول آب تحویلی کمتر از ۱ نشده است)، با این همه، میزان آب تحویل شده برای برآورده کردن نیاز مزارع (بر اساس روش پنمن مانیت و راندمان‌های فعلی توزیع و کاربرد آب) کافی نبوده است.

جدول ۲- مقادیر شاخص کفایت تحویل آب در کانال‌های مورد بررسی

نام کانال	بر اساس نیاز آبی			بر اساس هیدرومدول		
	میانگین	اندازه‌گیری دوم	اندازه‌گیری اول	میانگین	اندازه‌گیری دوم	اندازه‌گیری اول
T-12	۰/۹۹	۰/۹۷	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰
T-4	۰/۴۴	۰/۴۸	۰/۴۰	۰/۹۶	۱/۰۰	۰/۹۲
T-8	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰
T-30	۰/۷۶	۰/۶۶	۰/۸۶	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰
T-34	۰/۶۱	۰/۵۶	۰/۶۶	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰
T-27	۰/۴۷	۰/۴۲	۰/۵۲	۰/۹۹	۰/۹۷	۱/۰۰
T-15	۰/۳۴	۰/۳۶	۰/۳۲	۰/۷۷	۰/۸۲	۰/۷۳
T-20	۰/۴۲	۰/۴۵	۰/۳۹	۰/۹۵	۱/۰۰	۰/۹۰
T-24	۰/۲۶	۰/۲۳	۰/۲۸	۰/۵۹	۰/۵۳	۰/۶۴
T-10	۰/۶۰	۰/۵۵	۰/۶۴	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰
T-45	۰/۴۵	۰/۴۲	۰/۴۹	۰/۹۸	۰/۹۶	۱/۰۰
T-58	۰/۴۱	۰/۳۹	۰/۴۴	۰/۹۴	۰/۸۹	۱/۰۰
	۰/۵۶	۰/۵۴	۰/۵۸	۰/۹۳	۰/۹۳	۰/۹۳
	۰/۴۴	۰/۴۶	۰/۴۲	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۷
	۰/۴۹	۰/۵۱	۰/۴۸	۰/۱۴	۰/۱۵	۰/۱۴
	۷/۶۵	۸/۴۰	۷/۲۴	۰/۳۷	۰/۴۷	۰/۳۲
	۰/۷۵	۰/۶۸	۰/۷۸	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰

جدول ۳- شاخص کفایت تحویل آب در کانال‌ها به تفکیک شبکه

بر اساس نیاز آبی			بر اساس هیدرومدول			میانگین	نوع کانال
میانگین	اندازه‌گیری دوم	اندازه‌گیری اول	میانگین	اندازه‌گیری دوم	اندازه‌گیری اول		
۰/۸۱	۰/۸۲	۰/۸۰	۰/۹۹	۱/۰۰	۰/۹۷	اصلی	میانگین
۰/۶۲	۰/۵۵	۰/۶۸	۱/۰۰	۰/۹۹	۱/۰۰	هامون	
۰/۳۴	۰/۳۵	۰/۳۳	۰/۷۷	۰/۷۸	۰/۷۶	اردیبهشت	
۰/۴۹	۰/۴۵	۰/۵۲	۰/۹۸	۰/۹۵	۱/۰۰	سمت چپ	
۰/۵۶	۰/۵۴	۰/۵۸	۰/۹۳	۰/۹۳	۰/۹۳		

برآورد شده بر اساس هیدرومدول تفاوت معنی‌داری با عدد ۱ دارد.

طبق جدول ۵، بازده تحویل آب بر اساس هیدرومدول در کانال اصلی ضعیف (۰/۵۵)، در کانال اردیبهشت و سمت چپ خوب، و در کانال هامون متوسط است. میانگین بازده تحویل آب شبکه‌ها نیز در حد متوسط (۰/۷۹) است. بر اساس نیاز آبی، بازده تحویل آب کانال‌های شبکه، به‌جز کانال اصلی، برابر ۱ و در کانال اصلی نیز ۰/۹۷ است که در محدوده خوب قرار می‌گیرد.

جدول‌های ۶ و ۷ مقادیر شاخص عملکرد تحویل آب (DPR) را در کانال‌ها و شبکه‌های مورد بررسی نشان می‌دهند. این شاخص ترکیبی از دو شاخص کفایت و بازده تحویل آب است که مقادیر بزرگ‌تر از ۱ آن نشان‌دهنده تحویل آب بیش از اندازه و مقادیر کمتر از ۱ آن نشان‌دهنده تحویل آب کمتر از اندازه مورد نیاز است. جدول ۶ نشان می‌دهد که بر اساس هیدرومدول، آب توزیع شده در ۵ کانال از ۱۲ کانال بیش از حد مورد نیاز، در دو کانال کمتر از حد مورد نیاز، و در بقیه در حدود میزان مورد نیاز است. در کانال T-12 که در اوایل شبکه قرار دارد، میزان آب تحویلی ۲/۴ برابر و در کانال T-8 تقریباً ۳/۵ برابر میزان مورد نیاز است. میزان متوسط این شاخص برای کانال‌های مورد بررسی ۱/۴ و بدین معناست

برای اینکه مشخص شود آیا آب بیش از اندازه تحویل داده شده یا نه، شاخص کفایت تحویل آب کارایی ندارد و باید شاخص بازده تحویل آب (PF) را نیز بررسی کرد. جدول ۴ مقادیر شاخص بازده تحویل آب را برای کانال‌های مورد بررسی نشان می‌دهد. مقادیر کمتر از ۱ بیانگر تحویل آب بیش از اندازه به کانال مورد نظر است. بیشترین میزان تحویل آب در کانال T-8 دیده می‌شود که بازده تحویل آب از دو روش را به‌مقدار متوسط ۰/۲۹ و ۰/۶۶ رسانیده است. بر اساس هیدرومدول، بازده تحویل آب کانال‌های T-12 و T-30 نیز ضعیف است. بازده کانال‌های T-10 و T-34 در حد متوسط و بازده تحویل آب سایر کانال‌ها در حد خوب است. متوسط میزان بازده تحویل آب کانال‌های مورد بررسی بر اساس هیدرومدول ۰/۷۹ و در حد متوسط است. اما بر اساس نیاز آبی، بازده تحویل آب اغلب کانال‌ها برابر با عدد ۱ است که دلیل آن تأمین نشدن آب مورد نیاز بوده است. میزان متوسط بازده کانال‌ها بر اساس نیاز آبی ۰/۹۷ و در محدوده خوب واقع است. میانگین تفاوت استاندارد مقادیر برآورد شده بر اساس هیدرومدول (۰/۳۱) بیشتر از برآورد بر اساس نیاز آبی (۰/۱۰) است. آزمون مربع کای نیز نشان می‌دهد که شاخص بازده تحویل آب برآورد شده بر اساس نیاز آبی، در هر دو اندازه‌گیری، تفاوت معنی‌داری با مقدار استاندارد آن، یعنی عدد ۱، ندارد، در حالی که شاخص کفایت تحویل آب



بررسی عملکرد تحویل آب در شبکه آبیاری درودزن...

که به طور متوسط ۴۰ درصد آب بیشتر تحویل کانال‌ها می‌شود. از میان شبکه‌های مورد بررسی (جدول ۷)، به جز کانال اردیبهشت که آب کمتری دریافت می‌کند (۰/۷۸)، در سه کانال دیگر آب بیش از اندازه تحویل می‌شود که بیشترین آن مربوط به کانال اصلی است که در بالادست قرار دارد. بر اساس نیاز آبی، نتایجی متفاوت مشاهده می‌شود. بر این اساس، فقط در یک کانال (T-8) میزان آب تحویل شده بیشتر از حد مورد نیاز است، در یک کانال (T-12) آب به اندازه تحویل می‌شود و در سایر کانال‌ها آب تحویل شده کمتر از حد مورد نیاز است. در بعضی از کانال‌ها میزان آب تحویل شده بسیار کم است مانند کانال T-24 که فقط ۲۶ درصد آب مورد نیاز به آن تحویل شده است. میانگین تفاوت استاندارد مقادیر برآورد شده بر اساس هیدرومدول (۰/۸۹) بیشتر از مقادیر برآورد شده بر اساس نیاز آبی (۰/۵۲) است. آزمون مربع کای نیز نشان می‌دهد که شاخص کفایت تحویل آب برآورد شده بر اساس نیاز آبی و شاخص کفایت تحویل آب برآورد شده بر اساس هیدرومدول، در هر دو اندازه‌گیری، تفاوت معنی‌دار با عدد ۱ دارند که تفاوت برآورد بر اساس نیاز آبی بیشتر است.

جدول ۷ نشان می‌دهد که از میان چهار زیر شبکه موجود، فقط زیر شبکه اصلی آب کافی دریافت می‌کند و سایر زیر شبکه‌ها آب کمتر از حد نیاز دریافت می‌کنند و به طور کلی ۶۱ درصد از آب مورد نیاز تامین می‌شود.

جدول ۴- شاخص بازده تحویل آب در کانال‌های مورد بررسی

بر اساس نیاز آبی			بر اساس هیدرومدول			نام کانال
میانگین	اندازه‌گیری دوم	اندازه‌گیری اول	میانگین	اندازه‌گیری دوم	اندازه‌گیری اول	
۰/۹۴	۱/۰۰	۰/۸۹	۰/۴۲	۰/۴۵	۰/۳۹	T-12
۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۹۵	۰/۹۰	۱/۰۰	T-4
۰/۶۶	۰/۷۲	۰/۶۰	۰/۲۹	۰/۳۱	۰/۲۶	T-8
۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۵۸	۰/۶۶	۰/۵۱	T-30
۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۷۲	۰/۷۸	۰/۶۶	T-34
۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۹۱	۱/۰۰	۰/۸۳	T-27
۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	T-15
۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۹۸	۰/۹۷	۱/۰۰	T-20
۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	T-24
۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۷۳	۰/۷۸	۰/۶۸	T-10
۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۹۵	۱/۰۰	۰/۹۰	T-45
۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۹۹	۱/۰۰	۰/۹۸	T-58
۰/۹۷	۰/۹۸	۰/۹۶	۰/۷۹	۰/۸۲	۰/۷۷	میانگین
۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۲۱	۰/۱۸	۰/۲۳	میانگین تفاوت نسبت به ۱
۰/۱۰	۰/۰۸	۰/۱۲	۰/۳۱	۰/۲۹	۰/۳۴	میانگین خطای استاندارد نسبت به ۱
۰/۱۸	۰/۱۱	۰/۲۸	۳/۱۱	۲/۵۲	۳/۹۰	مقدار مربع کای
۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۹۸	۰/۹۹	۰/۹۷	سطح معنی داری آزمون مربع کای

جدول ۵- شاخص بازده تحویل آب در کانال‌ها به تفکیک شبکه

بر اساس نیاز آبی			بر اساس هیدرومدول			نام کانال
میانگین	اندازه‌گیری دوم	اندازه‌گیری اول	میانگین	اندازه‌گیری دوم	اندازه‌گیری اول	
۰/۸۷	۰/۹۱	۰/۸۳	۰/۵۵	۰/۵۵	۰/۵۵	اصلی
۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۷۴	۰/۸۱	۰/۶۶	هامون
۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۹۹	۱/۰۰	اردیبهشت
۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۸۹	۰/۹۳	۰/۸۵	سمت چپ
۰/۹۷	۰/۹۸	۰/۹۶	۰/۷۹	۰/۸۲	۰/۷۷	میانگین

جدول ۶- شاخص نسبت عملکرد تحویل آب در کانال‌های مورد بررسی

بر اساس نیاز آبی			بر اساس هیدرومدول			نام کانال
میانگین	اندازه‌گیری دوم	اندازه‌گیری اول	میانگین	اندازه‌گیری دوم	اندازه‌گیری اول	
۱/۰۵	۰/۹۷	۱/۱۲	۲/۴۱	۲/۲۳	۲/۵۸	T-12
۰/۴۴	۰/۴۸	۰/۴۰	۱/۰۲	۱/۱۱	۰/۹۲	T-4
۱/۵۳	۱/۳۹	۱/۶۶	۳/۵۱	۳/۲۱	۳/۸۲	T-8
۰/۷۶	۰/۶۶	۰/۸۶	۱/۷۵	۱/۵۳	۱/۹۸	T-30
۰/۶۱	۰/۵۶	۰/۶۶	۱/۴۰	۱/۲۸	۱/۵۲	T-34
۰/۴۷	۰/۴۲	۰/۵۲	۱/۰۹	۰/۹۷	۱/۲۱	T-27
۰/۳۴	۰/۳۶	۰/۳۲	۰/۷۷	۰/۸۲	۰/۷۳	T-15
۰/۴۲	۰/۴۵	۰/۳۹	۰/۹۷	۱/۰۳	۰/۹۰	T-20
۰/۲۶	۰/۲۳	۰/۲۸	۰/۵۹	۰/۵۳	۰/۶۴	T-24
۰/۶۰	۰/۵۵	۰/۶۴	۱/۳۸	۱/۲۸	۱/۴۸	T-10
۰/۴۵	۰/۴۲	۰/۴۹	۱/۰۴	۰/۹۶	۱/۱۲	T-45
۰/۴۱	۰/۳۹	۰/۴۴	۰/۹۵	۰/۸۹	۱/۰۲	T-58
۰/۶۱	۰/۵۷	۰/۶۵	۱/۴۱	۱/۳۲	۱/۴۹	میانگین
۰/۴۸	۰/۴۹	۰/۴۸	۰/۵۳	۰/۴۶	۰/۶۳	میانگین تفاوت نسبت به ۱
۰/۵۲	۰/۵۲	۰/۵۲	۰/۸۹	۰/۷۷	۱/۰۱	میانگین تفاوت استاندارد نسبت به ۱
۷/۸۳	۸/۵۱	۷/۵۱	۳/۵۴	۲/۹۹	۴/۲۴	مقدار مربع کای
۰/۷۳	۰/۶۷	۰/۷۶	۰/۹۸	۰/۹۹	۰/۹۶	سطح معنی داری آزمون مربع کای

جدول ۷- شاخص نسبت عملکرد تحویل آب در کانال‌ها به تفکیک شبکه

بر اساس نیاز آبی			بر اساس هیدرومدول			نام کانال
میانگین	اندازه‌گیری دوم	اندازه‌گیری اول	میانگین	اندازه‌گیری دوم	اندازه‌گیری اول	
۱/۰۱	۰/۹۵	۱/۰۶	۲/۳۱	۲/۱۸	۲/۴۴	اصلی
۰/۶۱	۰/۵۵	۰/۶۸	۱/۴۲	۱/۲۶	۱/۵۷	هامون
۰/۳۴	۰/۳۵	۰/۳۳	۰/۷۸	۰/۸۰	۰/۷۶	اردیبهشت
۰/۴۹	۰/۴۵	۰/۵۲	۱/۱۲	۱/۰۴	۱/۲۰	سمت چپ
۰/۶۱	۰/۵۷	۰/۶۵	۱/۴۱	۱/۳۲	۱/۴۹	میانگین

بررسی عملکرد تحویل آب در شبکه آبیاری درودزن...

جدول‌های ۸ و ۹ مقادیر شاخص اعتمادپذیری را برای کانال‌ها و شبکه‌های مورد بررسی نشان می‌دهند. شاخص اعتمادپذیری در واقع عدالت توزیع آب از نظر زمانی است. مقدار این شاخص در هر دو رویکرد، استفاده از هیدرومدول یا نیاز آبی، مساوی است. با توجه به جدول ۸، اگر مقدار این شاخص بیشتر از ۰/۲ باشد عملکرد شبکه از این نظر ضعیف برآورد می‌شود. طبق جدول ۸، اعتمادپذیری تحویل آب در شش کانال خوب و در شش کانال دیگر در حد متوسط است. مقدار متوسط این شاخص در کانال‌های مورد بررسی ۰/۱۲ است که از این لحاظ عملکرد کل شبکه در حد متوسط قرار می‌گیرد. آزمون مربع کای نیز نشان می‌دهد که مقدار متوسط این شاخص برای کل شبکه به طور معنی‌داری با عدد صفر تفاوت دارد. اعتمادپذیری کانال‌های اصلی و هامون در حد متوسط و اعتمادپذیری کانال‌های اردیبهشت و سمت چپ با احتیاط در حد خوب است.

جدول ۸- شاخص اعتمادپذیری تحویل آب در کانال‌های مورد بررسی

میانگین		نام کانال
۰/۱۰	T-12	
۰/۱۴	T-4	
۰/۱۲	T-8	
۰/۱۸	T-30	
۰/۱۲	T-34	
۰/۱۵	T-27	
۰/۰۸	T-15	
۰/۱۰	T-20	
۰/۱۳	T-24	
۰/۱۰	T-10	
۰/۱۰	T-45	
۰/۱۰	T-58	
۰/۱۲		میانگین
۰/۱۲		میانگین تفاوت نسبت به صفر
۰/۱۲		میانگین تفاوت استاندارد نسبت به صفر
۱/۴۲		مقدار مربع کای
۱/۰۰		سطح معنی‌داری آزمون مربع کای

جدول ۹- شاخص اعتمادپذیری تحویل آب در کانال‌های مختلف

اعتمادپذیری		نام کانال
۰/۱۲	اصلی	
۰/۱۵	هامون	
۰/۱۰	سمت چپ	
۰/۱۰	اردیبهشت	
۰/۱۲		میانگین

می‌دهد در این کانال عدالت توزیع آب ضعیف است. آزمون مربع کای نشان می‌دهد که عدالت توزیع آب در شبکه به‌طور معنی‌داری از عدد صفر بیشتر است. متوسط شاخص عدالت توزیع آب در شبکه ۰/۳۱ و به این معناست که کل شبکه نیز در رده ضعیف قرار می‌گیرد. بررسی عدالت توزیع آب در بین همه کانال‌های درجه ۳ مورد بررسی نشان می‌دهد که مقدار این شاخص در اندازه‌گیری اول و دوم به ترتیب ۰/۶۲ و ۰/۵۵ و به‌طور متوسط ۰/۵۸، یعنی بالاست که نشان می‌دهد عدالت توزیع آب در بین کانال‌های شبکه ضعیف است.

جدول ۱۰، مقادیر شاخص عدالت توزیع آب را در چهار کانال مورد بررسی نشان می‌دهد. مقدار این شاخص نیز مشابه شاخص اعتمادپذیری تحویل آب، در هر دو رویکرد، استفاده از هیدرومدول یا نیاز آبی، مساوی است. طبق جدول ۱، اگر مقدار این شاخص بیشتر از ۰/۲۵ باشد، عدالت توزیع آب در رده ضعیف قرار می‌گیرد. اندازه‌گیری‌ها نشان می‌دهد که در سه کانال هامون، سمت چپ و اردیبهشت، شاخص عدالت توزیع آب کمتر از ۰/۲۵ و بیشتر از ۰/۱۰ است و متوسط برآورد می‌شود. اما در کانال اصلی میانگین این شاخص ۰/۵۴ است که نشان

جدول ۱۰- شاخص عدالت توزیع آب در کانال‌های مختلف

میانگین	اندازه‌گیری اول	اندازه‌گیری دوم	میانگین
۰/۵۴	۰/۴۸	۰/۶۰	اصلی
۰/۲۴	۰/۲۲	۰/۲۵	هامون
۰/۲۰	۰/۱۹	۰/۲۰	سمت چپ
۰/۲۵	۰/۳۲	۰/۱۸	اردیبهشت
۰/۳۱	۰/۳۰	۰/۳۱	میانگین
۰/۳۱	۰/۳۰	۰/۳۱	میانگین تفاوت نسبت به صفر
۰/۳۳	۰/۳۲	۰/۳۵	میانگین خطای استاندارد نسبت به صفر
۱/۲۲	۰/۲۱	۱/۲۳	مقدار مربع کای
۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۴	سطح معنی‌داری آزمون مربع کای

اساس هیدرومدول نزدیک به ۱۰۰ درصد و بر اساس نیاز آبی بین ۴۹ تا ۸۱ درصد است. علت تفاوت زیاد بین مقادیر این شاخص در دو حالت مورد بررسی این است که مقدار نیاز آبی برآورد شده با توجه به بازدها و روش پنمن مانیتیت بیشتر از میزان هیدرومدول ۱ است و در نتیجه میزان شاخص کفایت تحویل آب کاهش یافته است.

- بر اساس هیدرومدول ۱، میانگین بازده تحویل آب در شبکه ۷۹ درصد است که در رده متوسط قرار می‌گیرد. بر اساس نیاز آبی، متوسط بازده تحویل آب کل شبکه ۹۷ درصد است که نشان می‌دهد به‌جز در کانال اصلی، در سایر کانال‌ها آب تحویل شده به اندازه یا کمتر از میزان

### نتیجه‌گیری

- نتایج ارزیابی عملکرد تحویل آب در کانال‌های شبکه آبیاری درودزن نشان می‌دهد که کانال‌های درجه ۳ مورد بررسی بر اساس هیدرومدول و نیاز آبی به‌طور متوسط و به‌ترتیب از کفایت آبیاری ۹۳ درصد و ۵۶ درصد برخوردارند که با توجه به شاخص‌هایی که مولدن و گیتس توصیه کرده‌اند به‌ترتیب در رده خوب و ضعیف قرار می‌گیرد. کمترین میزان کفایت آبیاری مربوط به کانال اردیبهشت است که چند سالی است آب در آن به‌صورت حجمی تحویل می‌شود (بر اساس هیدرومدول ۷۷ درصد و نیاز آبی ۳۴ درصد). کفایت تحویل آب سایر کانال‌ها بر

مورد بررسی دارد. با توجه به به‌روز بودن و در نتیجه دقیق‌تر بودن نیاز آبی نسبت به هیدرومدولی که در ابتدای طراحی شبکه و در شرایط ایده‌آل لحاظ گردیده، باید تحویل آب در شبکه بر اساس نیاز آبی باشد که در تحقیقات گذشته، *Kazbekov et al., 2009; Kharrou et al., 2013; Bekele & Tilahun, 2006*، نیز به آن اشاره شده است. اما با توجه به اینکه متولیان تحویل آب در شبکه بر اساس هیدرومدول آب را تحویل داده‌اند، استفاده از شاخص‌های ارزیابی بر اساس هیدرومدول می‌تواند در ارزیابی متولیان تحویل آب از لحاظ رسیدن به اهداف خود مفید باشد. بنابراین می‌توان گفت که متولیان تحویل آب به اهداف خود در حد کفایت تحویل آب- در حد خوب- و بازده تحویل آب - در حد متوسط- رسیده اند ولی با توجه به شاخص عملکرد تحویل آب، بیش از ۴۰ درصد آب اضافی تحویل کل شبکه داده‌اند که مطلوب نیست.

- با توجه به وضعیت فعلی بازده‌های شبکه و تفاوت زیاد هیدرومدول در نظر گرفته با نیاز واقعی، پیشنهاد می‌شود میزان آب تخصیصی بر اساس نیاز آبی و بازده‌های واقعی برنامه‌ریزی شود. همچنین، با توجه به تجربه سایر کشورها، تحویل آب در سراسر فصل رشد از حالت دبی ثابت به دبی متغیر تبدیل شود. آب به‌صورت حجمی و با استفاده از سازه‌های دقیق اندازه‌گیری آب تحویل شود. سطوح زیر کشت محصولات کشاورزی مرتبط با هر کانال نیز با توجه به حداکثر دبی مجاز آن کانال و بازده‌های توزیع و کاربرد آب تنظیم شود.

مورد نیاز است. در این مورد نیز تفاوت بین مقدار نیاز آبی واقعی و هیدرومدول ۱ باعث تفاوت بین مقادیر شاخص‌ها در دو حالت مورد بررسی شده است.

- بر اساس هیدرومدول ۱، میانگین شاخص عملکرد تحویل آب در کانال‌های مورد بررسی ۱/۴۱ است که نشان می‌دهد به‌طور متوسط اندکی بیش از ۴۰ درصد آب بیشتر تحویل شده است. بر اساس نیاز آبی میزان متوسط این شاخص ۰/۶۱ است. بنابراین، به‌جز کانال اصلی، دیگر کانال‌ها آب کمتر از حد نیاز دریافت داشته‌اند.

- شاخص عدالت توزیع آب در هر دو روش مورد بررسی در کل شبکه به‌طور متوسط ۰/۳۱ است که ضعیف ارزیابی می‌شود، یعنی اگرچه آب زیادی در شبکه به مصرف رسیده اما این آب به‌صورت عادلانه بین مزارع تقسیم نشده است. بیشترین و کمترین میزان این شاخص نیز به‌ترتیب متعلق به کانال‌های منشعب از کانال اصلی (۰/۵۴) و کانال سمت چپ (۰/۲۰) است.

- شاخص اعتمادپذیری توزیع آب یا عدالت زمانی توزیع آب در هر دو روش مورد بررسی به‌طور میانگین برای کل شبکه ۰/۱۲ به‌دست آمده که در رده "متوسط" قرار می‌گیرد. بیشترین و کمترین میزان این شاخص به‌ترتیب متعلق به کانال‌های منشعب از کانال هامون (۰/۱۵) و کانال سمت چپ و اردیبهشت (۰/۱۰) است.

- تفاوت بین بعضی از شاخص‌های ارزیابی شبکه در دو حالت استفاده از هیدرومدول و نیاز آبی، نشان از تفاوت زیاد بین میزان آب مورد نیاز برآورد شده در دو حالت

## قدردانی

نویسندگان از مساعدت‌های شرکت سهامی آب منطقه‌ای فارس، شرکت بهره‌برداری از شبکه‌های آبیاری و زهکشی فارس، سازمان جهاد کشاورزی استان فارس، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس و موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی در اجرا شدن این تحقیق قدردانی می‌نمایند.

## مراجع

- Aly, A. M., Kitamura, Y. and Shimizu, K. 2013. Assessment of irrigation practices at the tertiary canal level in an improved system- a case study of Wasat area, the Nile Delta. *Paddy Water Environ.* 11, 445-454.
- Anon. 2012. Evaluation studies of performance, monitoring of management, operation and maintenance, improvement, repair and upgrade of Doroodzan irrigation and drainage network. Fars Regional Water Authority. (in Persian)
- Bekele, Z. and Tilahun, K. 2006. On-farm performance evaluation of improved traditional small-scale irrigation practices: a case study from Dire Dawa area, Ethiopia. *Irrig. Drain. Syst.* 20, 83-98.
- Bos, M.G. 1997. Performance indicators for irrigation and drainage. *Irrig. Drain. Sys.* 11, 119-137.
- Cakmak, B., Kibaroglu, A., Kendirli, B. and Gokalp, Z. 2010. Assessment of the irrigation performance of transferred schemes in Turkey: a case study analysis. *Irrig. Drain.* 59, 138-149.
- Dejen, Z. A., Schultz, B. and Hayde, L. 2015. Water delivery performance at Metahara large-scale irrigation scheme, Ethiopia. *Irrig. Drain.* 64, 470-490. doi:10.1002/ird.1917.
- Farokhi, M., Kamgar-Haghighi, A. A., Sepaskhah, A. R., Zand-Parsa, S. H. and Honar, T. 2015. Spatial and temporal variation of distributed water in irrigation network of Doroodzan dam. *Iranian J. Irrig. Drain.* 8(4), 684-693. (in Persian)
- Ghazouani, W., Marlet, S., Mekki, I., Harrington, L. W. and Vidal, A. 2012. Farmers' practices and community management of irrigation: why do they not math in Fatnassa oasis? *Irrig. Drain.* 61, 39-51.
- Javan, M., Sanaee-Jahromi, S. and Fiuzat, A. A. 2002. Quantifying management of irrigation and drainage systems. *J. Irrig. Drain. Eng. ASDCE.* 128(1): 19-25.
- 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, Kyrgyzstan. *Agr. Water Manage.* 96, 1259-1267.
- 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 Resour. Manag.* 27, 4697-4714.
- Korkmaz, N., Avic, M., Unal H. B., Asik, S. and Gunduz, M. 2009. Evaluation of the water delivery performance of the Menemen Left Bank irrigation system using variables measured on-site. *J. Irrig. Drain. Eng.* 135, 633-642.
- Lorite, I. J., Garcia-Vila, M., Carmona, M. A., Santos, C. and Soriano, M. A. 2012. Assessment of the irrigation advisory services' recommendations and farmers' irrigation management: a case study in southern Spain. *Water Resour. Manag.* 26, 2397-2419.
- Molden, D. J. and Gates, T. K. 1990. Performance measures for evaluation of irrigation-water-delivery system. *J. Irrig. Drain- ASCE.* 116(6): 804-23.
- Nam, W. H., Hong, E. M. and Choi, J. Y. 2016. Assessment of water delivery efficiency in irrigation canals using performance indicators. *Irrig. Sci.* 34, 129-143.
- Osmen, S. and Kaman, H. 2015. Assessing the performance of irrigation schemes in Antalya valley located in Mediterranean region of Turkey. *Water Resour.* 42(3): 397-403.

- Rao, P. S. 1993. Review of selected literature on indicators of irrigation performance. Reports H013467. International Irrigation Management Institute (IIMI). Colombo, Sri Lanka.
- Sanaee-Jahromi, S. 1995. Water delivery and distribution management in Doroodzan irrigation and drainage network. M. Sc. Thesis. Shiraz University. Shiraz, Iran. (in Persian)
- Shafiee, B. 2009. Evaluation of irrigation performance indicators at the left bank canal in Doroodzan irrigation network. M. Sc. Thesis. Islamic Azad University, Firouzabad Branch. Iran. (in Persian)
- Shahrokhnia, M. A. and Javan, M. 2005. Performance assessment of Doroodzan irrigation network by steady state hydraulic modeling. *Irrig. Drain. Sys.* 19, 189- 206.
- Tsay, R. S. 2005. *Analysis of Financial Time Series*, John Wiley & Sons.
- Usman, M., Liedl, R. and Awan, U. K. 2015. Spatio-temporal estimation of consumptive water use for assessment of irrigation system performance and management of water resources in irrigated Indus Basin, Pakistan. *J. Hydrol.* 525, 26-41.
- 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. *Irrig. Drain.* 62, 193-207.
- Vandersypen, K., Bengaly, K., Keita, A. C. T., Sidibe, S., Raes, D. and Jamin, J. Y. 2006. Irrigation performance at tertiary level in the rice schemes of the Office du Niger (Mali): adequate water delivery through over supply. *Agr. Water Manage.* 83, 144-152.
- Zardari, N. and Cordery, I. 2010. Estimating the effectiveness of a rotational irrigation delivery system: a case study from Pakistan. *Irrig. Drain.* 59, 277-290.



## **Evaluation of Water Delivery Performance in Doroodzan Irrigation Network under Two Different Water Requirement**

**M. A. Shahrokhnia\* and A. Olyan-Ghiasi**

\* Corresponding Author: Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran. Email: mashahrokh@yahoo.com

Received: 1 January 2018, Accepted: 17 April 2018

The subject of this study was to evaluate the water delivery and find solution for increasing water productivity in Doroodzan irrigation and drainage network. Five water delivery indices such as water delivery adequacy, water delivery efficiency, water delivery equity, water delivery dependability, and delivery performance ratio were measured. The indices were measured in 12 selected third grade tertiary canals for at two irrigation intervals during spring season. Evaluations were accomplished for two water requirement scenarios based on the primary design condition (based on hydromedol) and current condition (based on Penman Montieth evapotranspiration model and efficiencies). Statistical analysis was performed using Chi-squared test and standard and average errors. Results showed that the water delivery equity and water delivery dependability values were equal to 0.31 and 0.12, which can be categorized as poor and fair, respectively, based on the standard values. The average of water delivery performance ratio based on the primary and current condition approaches were 1.41 and 0.61, which indicates that the excess and deficit delivered water were about 41% and 39%, respectively. Water delivery efficiency index for the two approaches were about 0.79 and 0.97, while the water delivery adequacy were about 0.93 and 0.56, respectively. Generally, the differences between the water delivery adequacy, water delivery efficiency and delivery performance ratio in the two studied water requirement approaches were considerable. Therefore, the approach based on Penman Montieth evapotranspiration model and efficiencies should be considered instead of hydromedol approach for water requirement assessment in Doroodzan irrigation network.

**Keywords:** Water Delivery Equity, Efficiency, Irrigation Adequacy, Dependability, Delivery Performance Ratio