



## مدیریت آب و آبیاری

دوره ۴ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۳

صفحه‌های ۱۴۷-۱۳۷

# مقایسه عملکرد حال حاضر شبکه آبیاری و زهکشی ورامین با سناریوی شب‌خاموشی

مینا سادات سیدجوادی\*<sup>۱</sup>، محمود مشعل<sup>۲</sup>

۱. کارشناس ارشد دانشگاه تهران، پردیس ابوریحان، پاکدشت، ایران.

۲. دانشیار دانشگاه تهران، پردیس ابوریحان، پاکدشت، ایران.

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۳/۴

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۲/۹/۳۰

### چکیده

یکی از عواقب مدیریت و بهره‌برداری ضعیف در شبکه‌های آبیاری، تحویل و توزیع نامناسب آب به کانال‌ها و انشعابات و به تبع آن توزیع نامناسب آب در سطح اراضی پایین دست است. این تحقیق با هدف شبیه‌سازی و ارزیابی عملکرد شبکه آبیاری ورامین با استفاده از نرم‌افزار هیدرودینامیکی سوبک انجام گرفته است. به منظور ارزیابی عملکرد شبکه و مقایسه نتایج حاصل از شبیه‌سازی، از شاخص‌های مولدن و گیتس استفاده شده است. شبیه‌سازی برای سه کانال درجه دو واقع در محدوده‌های ابتدایی، میانی و انتهایی شبکه برای سناریوی دور تناوب آبیاری هفت‌روزه و شب‌خاموشی تعریف شده است. با توجه به نتایج به دست آمده از شاخص‌های راندمان، کفایت، عدالت و اعتمادپذیری توزیع به ترتیب با مقادیر ۱، ۰/۵۹، ۰/۲۱ و ۰/۰۳۴ در کل شبکه آبیاری ورامین می‌توان گفت سناریوی شب‌خاموشی دارای عملکرد مناسب‌تری است. در نتیجه می‌توان اظهار داشت که پایین دست شبکه در سناریوی شب‌خاموشی نسبت به سناریوی تناوب هفت‌روزه آب کافی در اختیار آب بران پایین دست قرار می‌دهد و آنها نیز می‌توانند به طور عادلانه همانند آب بران بالادست، از شبکه آب برداشت کنند.

کلیدواژه‌ها: بهره‌برداری، شاخص‌های ارزیابی عملکرد، شبیه‌سازی، کانال درجه دو، مدل هیدرودینامیکی Sobek.

## مقدمه

نیاز روزافزون جوامع بشری به مواد غذایی و به تبع آن توزیع محصولات کشاورزی، احداث و توسعه شبکه‌های آبیاری را ایجاب کرده است. مطالعات در بیشتر شبکه‌های آبیاری در کشورهای در حال توسعه، حاکی از عدم بازده مورد انتظار آنهاست که اغلب ناشی از عملیات بهره‌برداری و نگهداری نادرست و مدیریت غیرمؤثر حاکم بر این سیستم‌ها تشخیص داده شده است. یکی از عواقب مدیریت و بهره‌برداری ضعیف در شبکه‌های آبیاری، تحویل و توزیع نامناسب آب به کانال‌ها و انشعابات و به تبع آن توزیع نامناسب آب در سطح اراضی پایین‌دست است. به طوری که در یک کانال آبیاری، آب تحویلی به اراضی پایین‌دست هر دریچه با نیاز واقعی آن تطابق ندارد و در بعضی تا حد زیادی بیشتر و در بعضی نیز کمتر است. این عدم تناسب و بی‌عدالتی در تحویل و توزیع آب، نه تنها سبب خسارات ناشی از کاهش محصول و نارضایتی زارغانی که کمتر از نیاز خود آب دریافت کرده‌اند می‌شود، بلکه برای مزارعی که بیش از حد نیاز آب دریافت کرده‌اند نیز موجب کاهش محصول در اثر آبیاری بیش از حد یا افزایش هزینه‌های کارگری به‌منظور مهار آب اضافی پیش‌بینی نشده می‌شود. تحویل و توزیع نامناسب آب علاوه بر مشکلات یادشده، در نهایت موجب افزایش تلفات آب در سطح شبکه می‌شود و خسارات ناشی از آن نظیر ماندابی شدن اراضی پایین‌دست و مجموع همه اینها سبب کاهش بهره‌وری کشاورزی خواهد شد. پس می‌توان گفت یکی از اساسی‌ترین راهکارها برای ارتقای بهره‌وری آب کشاورزی، تعیین روش‌های بهره‌برداری بهینه شبکه‌های توزیع است. به طوری که در یک دوره تحویل آب، شاخص‌های مهمی نظیر راندمان توزیع، کفایت توزیع، عدالت توزیع و اعتمادپذیری توزیع همزمان برای همه آبیگرهای کانال تا حد امکان ارتقا یابند [۴].

بنابراین برای تحویل و توزیع بهینه آب در کانال‌های آبیاری در راستای ارتقای بهره‌وری از آب کشاورزی می‌توان ترکیب مناسبی از شاخص‌های کمی را در یک تابع هدف در مقایسه با سطح ایده‌آلشان و با رعایت قیودها و محدودیت‌ها (شرایط واقعی) بهینه کرده و راهکارهای بهبود را استخراج کرد. در این فرایند رابطه شاخص‌ها با متغیرهای هیدرولیکی کانال به رژیم و معادلات هیدرولیکی حاکم بر پدیده جریان در طول زمان و مکان بستگی دارد و مناسب‌تر است که این ارتباط از طریق یک مدل شبیه‌سازی هیدرودینامیک صورت گیرد. از طرفی ترکیب شاخص‌ها در تابع هدف، تابعی پیچیده، چندمتغیره و غیرصریح را به وجود می‌آورد که به کارگیری روش‌های کلاسیک، بهینه‌سازی را دشوار می‌کند. بنابراین امکان بهبود عملکرد هیدرولیکی شبکه‌های آبیاری با به خدمت گرفتن مدل‌های هیدرودینامیک، طراحی و اجرای سیستم‌های کنترل و شیوه‌های بهینه‌سازی میسر می‌شود. در این راستا، مدل‌های هیدرولیکی براساس معادلات جریان غیردائمی از توانمندی مطلوبی در مطالعه فرایند بهره‌برداری شبکه‌های آبیاری برخوردارند [۵]. براساس مطالعات انجام‌گرفته، به‌منظور بهینه‌سازی برنامه توزیع آب شبکه آبیاری قوری چای از مدل ICSS-POM استفاده شده است. با بررسی گزینه‌های بهره‌برداری سه‌گانه که برای این شبکه پیشنهاد شده بود (روش بهره‌برداری جریان مداوم با دبی ثابت، جریان مداوم با دبی متغیر، و جریان متغیر) و با استفاده از مدل یادشده، نتایج نشان دادند که، روش جریان مداوم با دبی متغیر گزینه بهره‌برداری مناسب‌تری نسبت به دیگر روش‌ها است [۲]. کانال BP19 واقع در واحد عمرانی F2 یکی از کانال‌های درجه دو شبکه آبیاری و زهکشی فومنات است. با استفاده از مدل هیدرولیکی کانال من<sup>۱</sup> و بررسی

1. CANALMAN

### مواد و روش‌ها

این مطالعه بر روی شبکه آبیاری و زهکشی دشت ورامین انجام گرفته است. این دشت در بخش شمالی ایران و در دامنه جنوبی البرز واقع شده که در حدود ۴۰ کیلومتری جنوب شرقی تهران در  $40^{\circ}$   $51^{\circ}$  طول شرقی و بین  $35^{\circ}$   $30^{\circ}$  عرض شمالی واقع است. وسعت اراضی خالص تحت آبیاری این شبکه حدود ۵۰۰۰۰ هکتار است که نیاز آبی سالانه آن حدود ۶۰۰ میلیون متر مکعب برآورد شده است. این شبکه براساس جریان دائمی آب، و به صورت شبانه‌روزی (۲۴ ساعته) طراحی شده و دارای ۷۶۰ کیلومتر کانال انتقال و زهکش است که حدود ۵۰۰ کیلومتر آن را کانال‌های درجه ۳ و ۴ تشکیل می‌دهد و همچنین دارای حدود ۲۰۰۰ دریاچه و بنای فنی است. این تحقیق بر روی سه کانال درجه دو به نام‌های شریف‌آباد (SH)، AU و BV به ترتیب واقع در محدوده ابتدایی، میانی و انتهایی کانال اصلی AB شبکه آبیاری ورامین که دارای طول ۱۳ کیلومتر، عرض کف متغیر بین ۲/۴-۳/۶ متر، ۲۹ دراپ، و میانگین دبی عبوری ۲۶ مترمکعب است، صورت گرفته است. مشخصات کانال‌های مطالعه‌شده در جدول ۱ بیان شده است [۳].

در حال حاضر عملکرد شبکه به این صورت است که، آب مورد نیاز هر کانال براساس موجودی کل آب شبکه به صورت شبانه‌روزی در اختیار آب‌بران قرار می‌گیرد. در این وضعیت، بیشتر مشترکان و کشاورزان به خصوص در پایین دست شبکه، در فصل بهره‌برداری از نظر برداشت آب دچار مشکل می‌شوند. به عبارت دیگر در این وضعیت، آب‌بران ابتدایی هر کانال، از نظر برداشت آب از شبکه، بهره بیشتری می‌برند و آب‌بران انتهایی شبکه، در طول مدت روز از آب کافی برخوردار نیستند. در نتیجه در بخشی از ساعات شب، آب به صورت هرز و بدون بهره‌دهی کافی از شبکه خارج می‌شود.

شاخص‌های ارزیابی عملکرد مولدن و گیتس، به این نتیجه رسیدند که سازه آمیل بهترین سازه تنظیم برای کنترل و تنظیم جریان در شبکه مورد نظر است. همچنین این تحقیق نشان داد که مدل مذکور می‌تواند ابزار مناسبی برای انتخاب بهترین گزینه بهره‌برداری از بین روش‌های مختلف بهره‌برداری باشد [۱]. در ارزیابی عملکرد توزیع آب و گزینه‌های مختلف بهره‌برداری کانال اصلی غرب دز، با هدف کاربرد مدل هیدرولیکی کانال من به بررسی سناریوی شب‌خاموشی پرداخته شد. ارزیابی عملکرد گزینه‌های بهره‌برداری شب‌خاموشی نشان داد که اجرای عملیات شب‌خاموشی در بسیاری از بازه‌های کانال موجب بهبود کمی شاخص‌های ارزیابی عملکرد توزیع آب می‌شود [۸]. در این نوع مدل‌ها معادله اصلی برای بررسی شرایط شبکه، معادله سنت - ونانت است که براساس روش‌های حل عددی، قابل حل هستند. این نوع مدل‌ها به دلیل توان بررسی اختلالات شبکه، برای گزینه‌های ارزیابی و بهره‌برداری از شبکه‌های آبیاری نیز به کار برده می‌شوند [۷]. تحقیق حاضر به بررسی و مقایسه سناریوی هفت‌روزه براساس دور آبیاری در زمان طراحی و سناریوی شب‌خاموشی در شبکه می‌پردازد. در این تحقیق، به علت وجود سازه‌های کنترلی شبکه (سرریزهای نوک اردکی)، که در تنظیم و ثبات عمق بالادست آبگیرها تأثیر بسزایی دارد، می‌توان دبی ثابتی را با وجود این نوع سازه‌ها شبیه‌سازی کرد. بنابراین روش بهره‌برداری با دبی ثابت ورودی در آبگیرهای نیربیک هر کانال بررسی شده است. با توجه به نتایج، به بررسی وضعیت کنونی شبکه و بهره‌برداری به صورت شب‌خاموشی به خصوص در پایین دست شبکه با استفاده از مدل هیدرولیکی سوبک<sup>۱</sup> پرداخته می‌شود.

1. Sobek

جدول ۱. مشخصات کانال‌های درجه ۲ شبکه آبیاری ورامین [۳]

نام کانال	میانگین دبی عبوری (m <sup>3</sup> /s)	طول کانال (km)	ارتفاع کانال (m)	عرض کف کانال (m)	تعداد دریاچه‌های آبیگیر	نوع دریاچه‌ها	تعداد سازه‌های تنظیم	نوع سازه‌های تنظیم
SH	۲	۶	۰/۹	۱/۲	۹	XX <sub>2</sub>	۹	
DUCK BILL	۱/۸	۴/۳	۱/۳-۰/۸	۰/۹	۵	XX <sub>2</sub> &L	۵	
BV	۲/۵۵	۶/۲	-۰/۹۵ ۱/۴۵	۰/۹	۵	XX <sub>2</sub> &C	۵	

\* کلیه کانال‌ها دارای دریاچه‌های نریپیک، مقطع دوزنقه‌ای بتنی، شیب جانبی ۱:۱/۵ و ضریب زبری ۰/۰۱۵ هستند.

که از نوع سرریزهای نوک‌اردکی هستند، دبی ثابتی در نظر گرفته شده و در مدل هیدرودینامیکی سوپک شبیه‌سازی شده است.

به منظور واسنجی و صحت‌سنجی مدل سوپک از شاخص‌های آماری حداکثر خطا (ME)، ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE)، راندمان شبیه‌سازی (EF) و ضریب خطای پسماند استفاده شده است [۶]. برای واسنجی مدل از دوره یکماهه داده‌های واقعی بهره‌برداری (اردیبهشت ۱۳۸۸) استفاده شده است. بدین صورت که داده‌های ۱۵ روز اول برای واسنجی و داده‌های ۱۵ روز دوم برای صحت‌سنجی به کار رفته است.

شبیه‌سازی جریان شبکه براساس داده‌های واقعی و داده‌های الگوی کشت، به صورت غیرماندگار در گام‌های زمانی پنج دقیقه‌ای انجام گرفته است. برای محاسبه داده‌های الگوی کشت براساس الگوی کشت اراضی تحت پوشش کانال‌های مورد نظر از نرم‌افزار Cropwat استفاده شده است. در شبیه‌سازی، داده‌های الگوی کشت به منظور تعیین آبی که باید به آب‌بران تحویل داده شود به کار گرفته شده است، این مقدار در شبیه‌سازی با پارامتر  $Q_{R}$  (دبی مورد نیاز) مشخص شده است. هدف از اجرای این تحقیق، ارزیابی عملکرد کنونی شبکه آبیاری و زهکشی ورامین

به دلیل اینکه این شبکه در حالت عادی و روش اصلی بهره‌برداری خود، آب را به صورت شبانه‌روزی در اختیار مصرف‌کنندگان قرار می‌دهد، تصمیم گرفته شد سناریوی دوره تناوب هفت‌روزه، برای به‌تناوب درآوردن آب تحویلی به مصرف‌کنندگان اتخاذ شود. تناوب در نظر گرفته شده بنابر الگوی کشت منطقه و براساس دور آبیاری که در طراحی اولیه اتخاذ شده، برآورد شده است. برای جلوگیری از هز رفتن آب و استفاده بهینه از آب موجود در شبکه، سناریوی شب‌خاموشی مدنظر قرار گرفت. براساس سناریوی شب‌خاموشی، بهره‌برداری از شبکه بدین صورت است که آبیگرهای ابتدایی هر کانال از ساعت هشت صبح تا هشت شب و آبیگرهای انتهایی هر کانال از ساعت هشت شب تا هشت صبح آبیگیری کنند (با توجه به وجود میراب‌ها در شبکه ورامین، این نوع برداشت می‌تواند به صورت گردشی باشد). با وجود این شرایط، آب‌بران ابتدایی و انتهایی، هم در روز و هم در شب از کانال‌ها آب برداشت می‌کنند).

سرریز ثابت سد انحرافی احداث شده بر روی شبکه، موجب ایجاد تراز ثابت آب بالادست شده و به عنوان شرایط مرز بالادست در شبیه‌سازی‌های هیدرولیکی استفاده شده است. با توجه به وجود سازه‌های کنترل دبی،

### شاخص‌های مدیریتی ارزیابی عملکرد

شاخص‌های دسته‌بندی‌شده در این دیدگاه، پارامترهایی هستند که به‌طور مستقیم به مدیریت دستگاه بهره‌برداری بستگی دارند و قابلیت دستگاه اداره‌کننده بر آنها تأثیرگذار است. در بین شاخص‌های کمی ارائه‌شده برای این مجموعه شاخص‌های مولدن و گیتس<sup>۳</sup> به‌لحاظ بی‌بعد بودن و سادگی اندازه‌گیری آنها مناسب‌ترین شاخص‌ها تشخیص داده شده‌اند [۹].

### شاخص راندمان توزیع<sup>۴</sup>

اگر رفتار هیدرولیکی جریان، در یک شبکه انتقال و توزیع آب طوری باشد که به یک انشعاب بیش از مقدار مورد نیاز آب تحویل داده شود، با توجه به مقدار این خطا در تحویل آب، راندمان توزیع کاهش می‌یابد. رابطه این شاخص به‌صورت زیر ارائه شده است:

$$P_F = \frac{1}{T} \sum_T \left[ \frac{1}{N} \sum_N (P_f) \right] P_f = \begin{cases} \frac{Q_D}{Q_R}, & Q_R > Q_D \\ 1, & Q_D \leq Q_R \end{cases}$$

این شاخص بنا به تعریف و رابطه در نظر گرفته‌شده به‌دلیل آنکه به‌صورت نسبی  $\frac{Q_D}{Q_R}$  تعریف می‌شود نشان‌دهنده مازاد آب تحویلی شبکه است.

### شاخص کفایت توزیع<sup>۵</sup>

عبارت است از نسبت مقدار آب تحویل داده‌شده به مقدار آب مورد نیاز آبیگرها و به‌صورت رابطه<sup>۲</sup> تعریف شده است:

(بنابر سناریوی تناوب هفت‌روزه) براساس شرایط اولیه طراحی و ایجاد شرایط جدید بهره‌برداری به‌صورت شب‌خاموشی و مقایسه عملکرد شبکه با سناریوی تناوب هفت‌روزه است. برای بررسی عملکرد این سناریوها در شبکه از شاخص‌های ارزیابی عملکرد مولدن و گیتس، و برای شبیه‌سازی از مدل هیدرولیکی سوپک استفاده شده است که در ادامه به توضیح آنها پرداخته می‌شود.

### مدل SOBEK

مدل سوپک، بسته‌ای نرم‌افزاری است که قابلیت کاربری در حوزه‌های مختلف مدیریت رودخانه‌ها، مناطق شهری و روستایی را برای مجاری روباز دارد. این مدل توسط مؤسسه هیدرولیک دلفت<sup>۱</sup> با همکاری دانشگاه تیودلفت کشور هلند توسعه یافته است. در این مدل هفت مدول مختلف وجود دارد که با توجه به اهداف شبیه‌سازی از حالت ترکیبی این مدول‌ها نیز می‌توان استفاده کرد. مدول Water Flow به‌منظور شبیه‌سازی جریان‌های دائمی و غیردائمی مجاری روباز به‌کار گرفته می‌شود. در این مدل برای حل معادلات سنت و نانت از شمای محاسباتی جدیدی موسوم به شمای دلفت<sup>۲</sup> که یک شیوه حل ضمنی در قالب یک شبکه متناوب است، استفاده می‌شود. به‌کارگیری شمای دلفت در حل معادلات، قابلیت شبیه‌سازی پدیده‌های مختلفی نظیر امواج حاصل از برگشت آب، جریان‌های بسیار کم در حد خشکی کانال و جریان‌های فوق‌بحرانی را با دقت زیادی برای این مدل فراهم آورده است. امکان شبیه‌سازی انواع مختلف سازه آبیگر، سرریزها، پمپ‌ها، آبریزهای عمودی و مایل، سیفون معکوس، کالورت، آکدوک، مخازن کنترل، دریچه‌های چنددهانه و کانال‌های با سطح مقطع مرکب وجود دارد [۱۱].

3. Molden et. al  
4. Efficiency Index  
5. Adequacy Index

1. WL/Delft Hydraulics, 2000  
2. Delft Hydraulic Scheme

### بحث و نتایج

مقادیر میانگین شاخص‌های آماری برای واسنجی و صحت‌سنجی مدل (شدت جریان عبوری از بازه‌های کانال‌ها) در هریک از کانال‌های SH، AU، و BV در جدول ۳ نشان داده شده است. مقادیر بیانگر این مطلب است که مدل به‌خوبی واسنجی شده است و از این رو می‌تواند به‌منظور شبیه‌سازی سناریوهای مختلف برای شبکه آبیاری ورامین استفاده شود و از دقت مطلوبی برخوردار باشد. در ادامه به بررسی نتایج به‌دست‌آمده از مدل برای سناریوهای مطرح‌شده پرداخته شده است.

### شاخص راندمان توزیع

شاخص راندمان توزیع بیانگر وجود مازاد آب است. همان‌طور که در شکل ۱ نشان داده شده است، همه کانال‌ها، شاخصی برابر یک دارند که نشان‌دهنده خوب بودن راندمان توزیع آب در شبکه است، به‌جز کانال BV که شاخص راندمان توزیع آن در هر دو سناریو ۰/۹۹ است. کاهش ۰/۰۱ آن مربوط به کاهش ۰/۰۱ دبی در آبیگر انتهایی است، که این کاهش نشان‌دهنده افزایش آب توزیعی مازاد در پایین‌دست شبکه است. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از سناریوی شب‌خاموشی می‌توان بیان کرد با ارائه و برنامه‌ریزی براساس این سناریو از هدررفت شبانه‌روزی آب در شبکه جلوگیری می‌شود و همه آبیگرها می‌توانند در این وضعیت آب مورد نیاز خود را دریافت کنند. در صورتی‌که در سناریوی هفت‌روزه، مازاد آب به‌علت شبانه‌روزی بودن تحویل آب بسیار زیاد است و همه آبیگرها به مقدار مورد نیاز خود آب دریافت نمی‌کنند و بیشتر آب تحویلی به هدر می‌رود.

$$P_A = 1 \begin{cases} \frac{Q_D}{Q_R}, Q_R > Q_D \\ 1, Q_R \leq Q_D \end{cases} \quad (2)$$

$$P_A = 1 \frac{1}{T} \sum_T \left[ \frac{1}{N} \sum_N (P_A) \right]$$

### شاخص عدالت توزیع<sup>۱</sup>

بیانگر حد تناسب موجود بین مقادیر تحویلی و مورد نیاز آب در انشعابات، در یک دوره زمانی ثابت برای آبیگرهای واقع‌شده در طول کانال است که به‌صورت رابطه ۳ ارائه شده است:

$$P_E = 1 \frac{1}{T} \sum_T CV_R \left( \frac{Q_D}{Q_R} \right) \quad (3)$$

### شاخص اعتمادپذیری توزیع<sup>۲</sup>

برای بیان یک انشعاب منفرد می‌توان از یکنواختی زمانی در تحویل آب استفاده کرد که در رابطه ۴ ارائه شده است:

$$P_D = 1 \frac{1}{N} \sum_N CV_T \left( \frac{Q_D}{Q_R} \right) \quad (4)$$

در همه روابط ذکرشده،  $Q_R$ : دبی مورد تقاضای دریچه؛  $Q_D$ : دبی واقعی تحویلی به هر دریچه؛  $R$ : تعداد دریچه‌های آبیگر؛  $T$ : تعداد گام‌های زمانی مناسب در یک دوره تحویل است و از رابطه  $T = 1 \frac{t_{dur}}{\Delta t}$  محاسبه می‌شود.  $T_{dur}^1$  و  $\Delta T$  به ترتیب طول دوره بهره‌برداری و طول گام زمانی محاسبات هیدرولیکی بر حسب ساعت است.  $CV_T'$  و  $CV_R$  ضریب تغییرات مکانی و زمانی هستند. مقدار ایده‌آل شاخص‌های عدالت و اعتمادپذیری توزیع صفر و شاخص‌های راندمان و کفایت یک است. برای درک بهتر از وضعیت هر یک از شاخص‌های ذکرشده جدول ۲ می‌توان استفاده کرد [۹، ۱۰].

1. Equity Index
2. Dependability Index

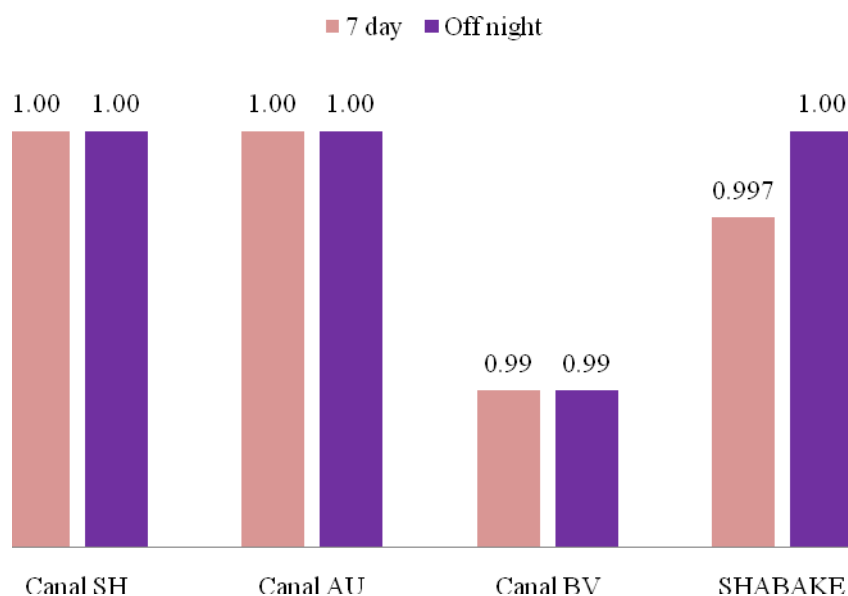
مقایسه عملکرد حال حاضر شبکه آبیاری و زهکشی ورامین با سناریوی شب‌خاموشی

جدول ۲. مقادیر استاندارد شاخص‌های ارزیابی عملکرد هیدرولیکی شبکه‌های آبیاری [۹، ۱۰]

شاخص‌های ارزیابی	کلاس‌های ارزیابی		
	ضعیف	متوسط	خوب
کفایت	$0/80 >$	$0/80 - 0/89$	$0/9 - 1$
راندمان	$0/70 >$	$0/70 - 0/84$	$0/85 - 1$
عدالت	$0/25 <$	$0/70 - 0/84$	$0/85 - 1$
اعتمادپذیری	$0/20 <$	$0/11 - 0/2$	$0 - 0/1$

جدول ۳. پارامترهای آماری واسنجی و صحت‌سنجی مدل سوپک در کانال‌های شبکه تحت مطالعه

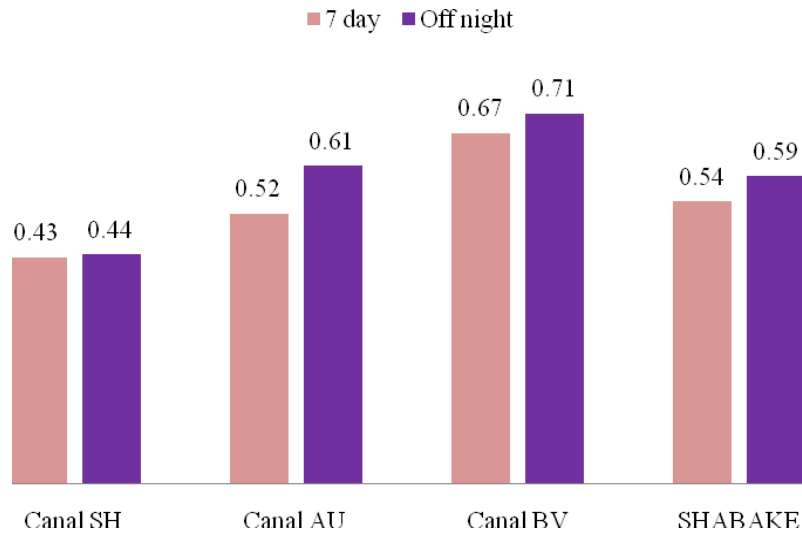
پارامتر آماری	کانال SH		کانال AU		کانال BV	
	صحت‌سنجی	واسنجی	صحت‌سنجی	واسنجی	صحت‌سنجی	واسنجی
ME	0/030	0/025	0/033	0/026	0/031	0/028
RMSE	1/116	0/996	1/112	1/086	1/114	1/079
EF	0/998	0/999	0/996	0/997	0/998	0/997
CRM	0/012	0/014	0/011	0/013	0/011	0/014



شکل ۱. شاخص راندمان تحویل شبکه

مدیریت آب و آبیاری

دوره ۴ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۳



شکل ۲. شاخص کفایت توزیع شبکه

### شاخص کفایت توزیع

سطح رضایت بهره‌برداران از نحوه تحویل و توزیع آب در شبکه را می‌توان بیان دیگری از شاخص کفایت توزیع آب دانست، به عبارت دیگر در این شاخص مقدار آب دریافتی بهره‌برداران نسبت به آب تحویل و توزیع شده در شبکه سنجیده می‌شود. نتایج به دست آمده دو سناریوی تعریف شده در این تحقیق طبق شکل ۲ نشان می‌دهند که شاخص کفایت توزیع کانال‌های SH، AU و BV در سناریوی هفت‌روزه به ترتیب ۰/۴۳، ۰/۵۲ و ۰/۶۷ است که میانگین کل شبکه برای این شاخص ۰/۵۴ برآورد شده است و برای سناریوی شب‌خاموشی شاخص کفایت توزیع کانال‌های SH، AU و BV و کل شبکه به ترتیب ۰/۴۴، ۰/۶۱، ۰/۷۱ و ۰/۵۹ است. همان‌طور که پیش‌بینی شده بود، کلیه نتایج به دست آمده در سناریوی هفت‌روزه در محدوده ضعیف ارزیابی می‌شوند، در صورتی که در سناریوی شب‌خاموشی که هدف اصلی آن تحویل و توزیع مناسب آب در پایین دست شبکه است، نتایج کانال BV نشان می‌دهد که نسبت به دیگر کانال‌ها تحویل و توزیع

آب مناسب‌تری صورت گرفته است. در نتیجه سناریوی شب‌خاموشی نسبت به سناریوی هفت‌روزه که در حال حاضر در شبکه در حال اجرا است، گزینه خوبی برای بهره‌برداری است و در این شرایط، وضعیت آبرسانی به پایین دست شبکه در موقعیت مطلوب‌تری قرار می‌گیرد.

### شاخص عدالت توزیع

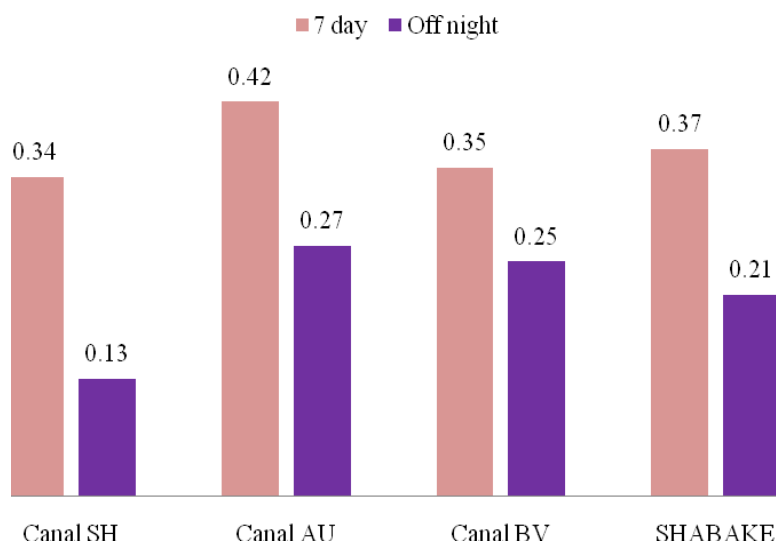
همان‌طور که در قبل گفته شد، شاخص عدالت توزیع بیانگر تحویل و توزیع آب در انشعابات شبکه، در یک دوره زمانی ثابت برای آبیگرهای واقع در طول کانال است. اگر این شاخص در دامنه خوبی قرار گیرد، می‌توان نتیجه گرفت که سناریوی مدنظر هم از نظر کیفیت زمان تحویل و هم از نظر کمیت مقدار توزیع آب در شرایط خوبی قرار دارد و بهره‌برداران با آن روش می‌توانند عملکرد مناسبی داشته باشند. در سناریوی هفت‌روزه مقدار شاخص عدالت توزیع در کانال‌های SH، AU، BV و کل شبکه به ترتیب ۰/۳۴، ۰/۴۲، ۰/۳۵ و ۰/۳۷ برآورد شده است و برای سناریوی شب‌خاموشی طبق شکل ۳ به ترتیب



## مقایسه عملکرد حال حاضر شبکه آبیاری و زهکشی ورامین با سناریوی شب‌خاموشی

دارای عملکرد متوسط و مطلوبی نسبت به سناریوی هفت‌روزه است. بنابراین می‌توان ادعان داشت که سناریوی شب‌خاموشی عملکرد مناسبی داشته و با این شرایط می‌توان از شبکه بهره‌برداری کرد و آب‌بران می‌توانند در این صورت بازده بیشتری داشته باشند.

۰/۱۳، ۰/۲۷، ۰/۲۵ و ۰/۲۱ است. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده و جدول ۱ می‌توان نتیجه گرفت که سناریوی هفت‌روزه عملکرد ضعیفی داشته است، در صورتی که در سناریوی شب‌خاموشی عملکرد کانال SH خوب، کانال AU ضعیف و کانال BV متوسط بوده است و کل شبکه



شکل ۳. شاخص عدالت توزیع شبکه

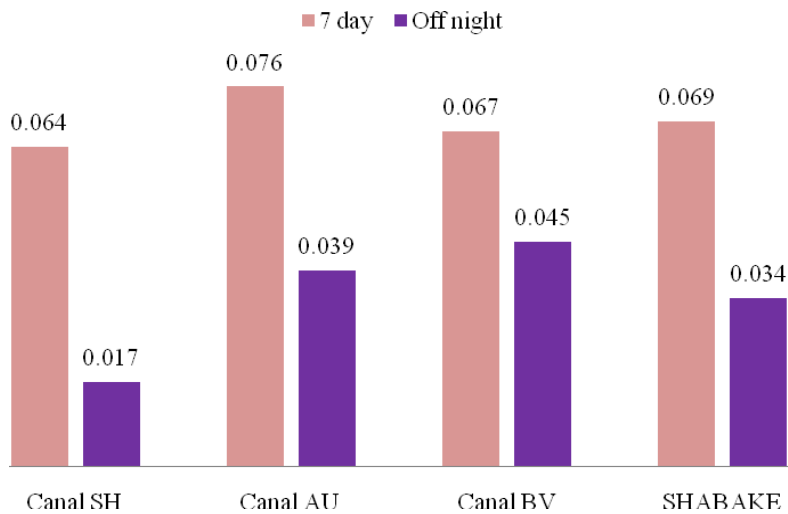
مقدار شاخص اعتمادپذیری توزیع برای کانال‌های AU و BV بیش از کانال SH است، زیرا تغییرات جریان در میانه و انتهای شبکه بیشتر از ابتدای شبکه است و با برطرف کردن مشکلاتی همچون لایروبی، تسهیل در ضریب زبری جریان یا عملکرد درست آبیگرها می‌توان از تغییرات ناگهانی جریان در شبکه جلوگیری کرد تا این کانال‌ها نیز در تلاطم کمتری جریان مورد نیاز خود را دریافت کنند. در کل بنابر بررسی‌ها و نتایج به‌دست‌آمده درباره این شاخص می‌توان بیان کرد که سناریوی شب‌خاموشی عملکرد بهتری برای شبکه دارد و تغییرات و اختلالات هیدرولیکی جریان در این شیوه بهره‌برداری کمتر است، زیرا جریان در زمان مناسب و به تبع آن با تلاطم کمتری در اختیار بهره‌برداران قرار می‌گیرد.

### شاخص اعتمادپذیری توزیع

در شبیه‌سازی روش‌های مورد نظر طبق شکل ۴ و نتایج به‌دست‌آمده، شاخص اعتمادپذیری توزیع در دامنه خوبی قرار گرفته است. این بدان معنا است که تغییرات و مقدار استهلاک جریان از بالادست به پایین‌دست در سازه‌ها و کانال‌های شبکه به‌ازای ۰/۰۱ متر تغییرات در دامنه خوبی قرار دارد و تلورانس جریان در نحوه تحویل و توزیع شبکه تأثیر کمی خواهد داشت. شاخص اعتمادپذیری توزیع در کانال‌های SH، AU، BV و کل شبکه برای سناریوی هفت‌روزه به ترتیب ۰/۰۶۴، ۰/۰۷۶، ۰/۰۶۷ و ۰/۰۶۹ و برای سناریوی شب‌خاموشی به ترتیب برابر با ۰/۰۱۷، ۰/۰۳۹، ۰/۰۴۵ و ۰/۰۳۴ است. کم بودن این شاخص در کانال SH در هر دو سناریو بیانگر این است که اختلالات هیدرولیکی تأثیر کمی در بالادست دارد و طولانی بودن کانال سبب تسهیل در تغییرات جریان در کانال می‌شود.

### مدیریت آب و آبیاری

دوره ۴ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۳



شکل ۴. شاخص اعتمادپذیری توزیع شبکه

### نتیجه گیری

با توجه به نتایج به دست آمده از شاخص‌های راندمان توزیع، کفایت توزیع، عدالت توزیع و اعتمادپذیری توزیع، کفایت توزیع و اعتمادپذیری توزیع به ترتیب با مقادیر ۰/۹۹، ۰/۵۴، ۰/۳۷ و ۰/۶۹ در کل شبکه آبیاری و زهکشی ورامین برای سناریو هفت‌روزه می‌توان گفت سناریوی هفت‌روزه به غیر از شاخص اعتمادپذیری توزیع نتایج مطلوبی نداشته است. اگر این شیوه بهره‌برداری (سناریوی تناوب هفت‌روزه) در برنامه‌ریزی‌های اصلی شبکه ادامه پیدا کند، می‌توان اذعان داشت که پایین دست شبکه در این وضعیت دارای آب کافی نخواهد بود و بهره‌برداران پایین دست شبکه و همه کانال‌های تحت پوشش شبکه نخواهند توانست به‌طور عادلانه همانند بهره‌برداران بالادست، از شبکه آب برداشت کنند. با توجه به نتایج به دست آمده از شاخص کفایت توزیع و شرایط حاضر بهره‌برداری شبکه به همین شیوه می‌توان بیان کرد که هدررفت آب در شبکه زیاد است و در این وضعیت، هزینه‌های مازاد برای رفع ماندابی شدن پایین دست افزایش می‌یابد. نتایج به دست آمده از

شاخص‌های راندمان توزیع، کفایت توزیع، عدالت توزیع و اعتمادپذیری توزیع به ترتیب با مقادیر ۰/۵۹، ۰/۲۱ و ۰/۳۴ برای سناریوی شب‌خاموشی، بیانگر این است که اگر در برنامه‌ریزی‌های اصلی شبکه این نوع بهره‌برداری مدنظر مدیران و آب‌بران قرار گیرد (با توجه به وجود میراب‌ها در شبکه ورامین، سناریوی شب‌خاموشی می‌تواند به صورت گردشی باشد. با وجود این شرایط، آب‌بران ابتدایی و انتهایی، هم در روز و هم در شب از کانال‌ها، آب برداشت می‌کنند)، پایین دست شبکه نیز در هر وضعیتی دارای آب کافی خواهد بود و بهره‌برداران پایین دست می‌توانند به‌طور عادلانه همانند بهره‌برداران بالادست، از شبکه آب برداشت کنند. با توجه به نتایج به دست آمده از شاخص راندمان توزیع می‌توان بیان کرد که اگر سناریوی شب‌خاموشی را به شیوه‌ای که در این تحقیق بررسی شده است، در شبکه تحت مطالعه اجرا کنند، از هدررفت آب در شبکه جلوگیری می‌شود و هزینه‌های مازاد برای رفع ماندابی شدن پایین دست کاهش می‌یابد. نتایج به دست آمده از شاخص اعتمادپذیری توزیع در

یازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران،  
دانشگاه تهران، ایران.

۵. منعم م ج.، قدوسی ح. و عمادی ع (۱۳۸۵) کمی  
کردن عملکرد بهره‌برداری کانال‌های آبیاری در شرایط  
تغییر نیاز با استفاده از مدل هیدرودینامیک و تحلیل  
جریان غیرماندگار. پژوهش کشاورزی آب، خاک و  
گیاه در کشاورزی. جلد ششم. شماره سوم.

6. Evaluation and comparison of five simulation models estimating drainage fluxes under corn. Environmental Quality. 27.1376-1381.
7. Montazar A and Kouchakzadeh S (2005) Application of hydraulic sensitivity indicators in canal assessment. Irrigation and Drainage. 54: 443-454.
8. Montazar A and Pashzadeh N (2011) Performance assessment of west main canal of Dez in the different water operational scenarios using CANALMAN model. Sciences and Industry of Agriculture. 25 (2): 142-153.
9. Molden DJ and Gates TK (1990) Performance measures evaluation of irrigation water delivery system. Irrigation and Drainage Engineering. ASCE. Vol.116. No. 6.
10. Shahrokhnia MA and Javan M (2005) Performance assessment of Doroodzan irrigation network by steady state hydraulic modeling. Irrigation and Drainage Systems. 19: 189-206.
11. WL/Delft Hydraulic (2000) Sobek Manual and Technical Refrence The Netherlands.

هر دو سناریوی تحت بررسی، بیانگر توزیع زمانی مناسب آب و رسیدن آن به تمامی آبگیرها در زمان مناسب و در تلورانس زمانی منظم در کل شبکه و هر یک از کانال‌ها است. دلیل این امر نیز طولانی بودن مسیر کانال اصلی شبکه است که سبب ایجاد تلورانس زمانی منظم شبکه می‌شود.

## منابع

۱. صفوی س م (۱۳۹۰) بررسی وضعیت و عملکرد سازه‌های کنترل و تنظیم در کانال‌های اصلی شبکه آبیاری و ارائه راهکارهای بهبود و سازه‌های مناسب - مطالعه موردی شبکه فومنت. دانشگاه تهران. تهران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد.
۲. کسب دوز ش.، منعم م ج. و کوچک‌زاده، ص (۱۳۷۷) کاربرد مدل هیدرودینامیک ICSS-POM در تعیین مناسب‌ترین گزینه توزیع آب در شبکه آبیاری - مطالعه موردی شبکه آبیاری قوری چای. مجموعه مقالات نهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، کمیته ملی آبیاری و زهکشی، ایران.
۳. گزارش شرکت بهره‌برداری و آبیاری استان تهران، حوزه مدیریت آبیاری جنوب شرق تهران. (۱۳۷۹).
۴. محسنی موحد ا. و منعم م ج (۱۳۸۱) معرفی مدل ICSS-POM برای ارزیابی عملکرد و بهینه‌سازی بهره‌برداری کانال‌های آبیاری. مجموعه مقالات