نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۴، جلد ۱۶، مهر - آبان ۱۴۰۱، ص. ۶۹۶-۶۸۵

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.4, Vol. 16, Oct.-Nov. 2022, p. 685-696

مقاله علمی-پژوهشی

ارزیابی هیدرولیکی انعطاف‌پذیری در بهره‌برداری با روش تحویل برحسب درخواست در شبکه‌های آبیاری

گلبرگ هادی سراجی[۱]، محمدجواد منعم[۲*]، هاجر ساوری[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۱/۳۱

چکیده

محققین شبکه‌های آبیاری لزوم تغییر روش‌های تحویل و توزیع آب را به روش‌های انعطاف‌پذیر مطرح کرده‌اند. درروش برحسب درخواست تعدد و تنوع زمانی و مکانی درخواست‌ها، برنامه‌ریزی توزیع و تحویل آب را مشکل و اجرای آن را پیچیده می‌کند. یکی از چالش‌ها در این شرایط، تشدید رفتار جریان غیر ماندگار است. ناپایدار بودن جریان، موجب تحویل آب به آبگیرها، با مازاد یا کمبود احتمالی می‌شود که برخلاف تصور اولیه باعث ضعف عملکرد می‌شود؛ بنابراین لازم است عملکرد هیدرولیکی روش‌های برحسب درخواست قبل از توصیه آن‌ها ارزیابی شود. در این تحقیق با توجه به طبقه‌بندی روش‌های برحسب درخواست سه گزینه اصلی تعریف گردید. برای ارزیابی درست گزینه‌ها، حجم آب تحویلی به هر یک از آبگیرها در تمامی نوبت‌های تحویل یکسان در نظر گرفته شد. برای این منظور در هر یک از گزینه‌ها از میان سه عامل دبی، مدت تحویل و دور آبیاری، دو عامل متغیر در نظر گرفته شد. با در نظر گرفتن گزینه‌های افزایش و کاهش درخواست، جمعاً چهارده سناریو تعریف شد. سناریوها در کانال عقیلی شرقی واقع در شبکه گتوند در استان خوزستان با استفاده از مدل ICSS شبیه‌سازی شد و مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد اگرچه با افزایش انعطاف‌پذیری، ناپایداری جریان نیز افزایش می‌یابد، اما در صورت اجرای درست عملیات تنظیم سازه‌ها، عملکرد هیدرولیکی کانال در گزینه‌های مختلف، تفاوت چندانی ندارند و بیشترین مازاد یا کمبود تحویل آب به آبگیرها در بین سناریوها در حدود سه درصد حجم کل آب درخواستی بوده است. کمترین میزان شاخص‌های کفایت و راندمان به ترتیب برابر است با: ۰/۹۷۰ و ۰/۹۶۸ و بیشترین مقدار شاخص‌های عدالت و پایداری به ترتیب ۰/۰۸۲ و ۰/۰۵۶ به دست آمد که همگی به مقدار ایده آل خود بسیار نزدیک است؛ بنابراین صرف‌نظر از رفتار هیدرولیکی جریان، با تعیین و اجرای صحیح عملیات بهره‌برداری، سطوح مختلف انعطاف‌پذیری برای انواع روش‌های برحسب درخواست، قابل‌دسترس خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: برنامه تحویل و توزیع آب، جریان غیر ماندگار، روش‌های برحسب درخواست، کانال‌های آبیاری، مدل‌های هیدرودینامیک

مقدمه

یکی از دلایل عملکرد ضعیف سامانه‌های آبیاری، توزیع نامناسب آب تحویلی به کشاورزان است (منعم و همکاران، ۱۳۸۵). در برنامه‌ریزی تحویل آب سه عامل میزان جریان (Q)، مدت‌زمان (T) و تناوب یا دور آبیاری (F) و همچنین دو عامل تصمیم‌گیرنده کشاورز و مدیر شبکه دخیل است. بر اساس ثابت یا متغیر بودن، کم و یا زیاد بودن دامنهٔ تغییرات سه عامل نخست و اینکه تصمیم‌گیرنده در مورد این پارامترها چه کسی باشد (زارع، مدیر شبکه و یا توافقی)، انواع روش‌های تحویل و توزیع آب با انعطاف‌پذیری‌های متفاوت قابل‌تعریف است. بر این اساس سه روش اصلی توزیع آب در شبکه های آبیاری، روش گردشی (Rotational)، برحسب تمایل (On Demand) و برحسب درخواست (توافقی، Arranged) است. روش‌های گردشی عموماً به دلیل ثابت بودن عوامل تحویل در طول فصل رشد و مشارکت حداقلی کشاورزان در تعیین آن‌ها دارای کمترین میزان انعطاف‌پذیری و روش برحسب تمایل به دلیل متغیر بودن عوامل تحویل در دامنه زیاد و تعیین آن‌ها توسط کشاورز دارای حداکثر انعطاف‌پذیری می‌باشند. درروش برحسب درخواست میزان آب برداشتی، دور آبیاری و زمان آبیاری بین مصرف‌کنندگان و سازمان بهره‌برداری موردتوافق قرارگرفته و برنامه‌ریزی می‌شود. روش برحسب تمایل نیاز به ظرفیت بالا برای کانال‌ها و سازه‌ها، مخازن ذخیره و سامانه‌های خودکار دارد که هزینه زیادی را در پی دارد.

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی و مدیریت آب ،دانشکده کشاورزی،دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
۲- استاد گروه مهندسی و مدیریت آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
۳- دانش‌آموخته دکتری، گروه مهندسی و مدیریت آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
(*- نویسنده مسئول: (Email: monem_mj@modares.ac.ir
DOR: 20.1001.1.20087942.1401.16.4.15.8

برنامه تحویل آب در شبکه‌های آبیاری و زهکشی کشور بیشتر با روش گردشی در حال اجرا است و نیاز به افزایش انعطاف‌پذیری متناسب با تغییرات نیاز آبی گیاه و آزادی عمل کشاورزان در دریافت آب از شبکه محسوس است. کاربرد روش برحسب درخواست در شبکه‌های موجود با اندک تغییراتی در شبکه امکان‌پذیر است و ضمن پرهیز از هزینه‌های زیاد موجب افزایش انعطاف‌پذیری می‌شود. در مناطقی مانند ایران که کشوری کم آب است، افزایش انعطاف‌پذیری، کاهش تلفات آب و صرفه‌جویی در مصرف آب را نیز به دنبال دارد؛ زیرا با افزایش قابلیت مدیریت آبیاری، امکان مصرف بهینه همین مقدار آب محدود توسط زارعین فراهم می‌شود. نکته‌ای که درروش برحسب درخواست وجود دارد تنوع گسترده سناریوهای بهره‌برداری است. اینکه چه تعداد متقاضی، به‌طور هم‌زمان، با چه مقدار دبی در چه مدت‌زمانی و با چه دور آبیاری، سفارش آب داشته باشند، سناریوهای بی‌شماری را پدید می‌آورد (نقایی و منعم، ۱۳۹۶). از طرفی در شبکه‌های آبیاری در طول مسیر کانال با تغییر تنظیمات سازه‌های مختلف اعم از ورودی شبکه، سازه‌های آب‌بند و آبگیرهای جانبی، همواره موج‌های مثبت و منفی که همان جریان غیر ماندگار است تشکیل شده و به سمت بالادست و پایین‌دست کانال حرکت می‌کند. وجود جریان‌های غیر ماندگار باعث تغییرات دبی و عمق در زمان و مکان در سرتاسر شبکه و سازه‌های آبی موجود خواهد شد که تبعات هیدرولیکی در شبکه ایجاد می‌کند. با توجه به تنوع روش‌های برحسب درخواست در شبکه‌های آبیاری، هر یک از آن‌ها تأثیرات خاص خود را ازنظر هیدرولیکی بر عملکرد شبکه خواهد داشت.

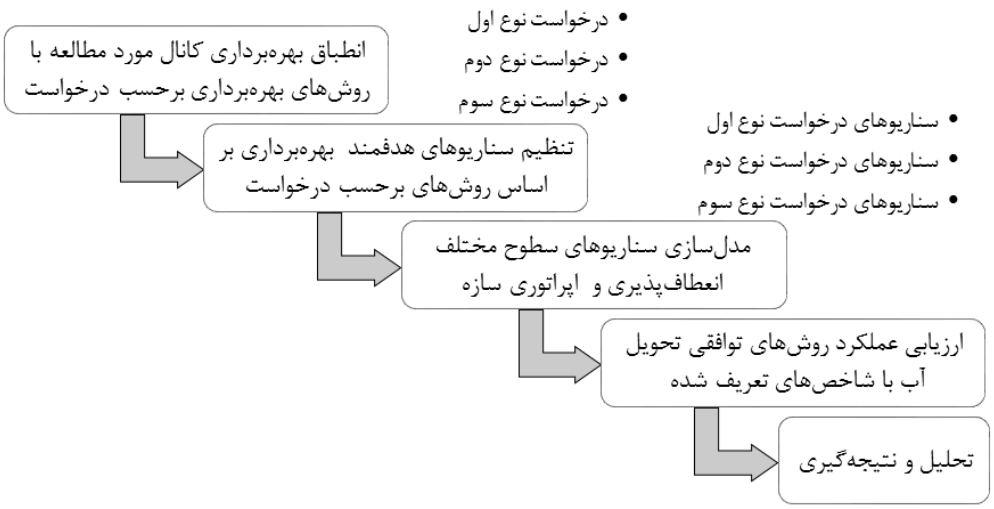
منتظر و پاشازاده عملکرد توزیع آب در شرایط مختلف بهره‌برداری کانال اصلی غرب شبکه آبیاری دز را با استفاده از مدل هیدرولیکی CanalMan ارزیابی نمودند. بر اساس شاخص‌های تعریف‌شده توسط مولدن و همکاران، شاخص کفایت و عدالت آبیاری در آبگیرهای کانال از شرایطی متوسط و شاخص راندمان تحویل و اعتمادپذیری تحویل آب در کانال از وضعیتی ضعیف برخوردار می‌باشد (Montazarand Pashazadeh, 2010). یلتقیان خیابانی و همکاران (۱۳۹۸) برای ارزیابی افزایش انعطاف‌پذیری ناشی از کاربرد سامانه‌های خودکار در شرایط نوسانات آب ورودی به شبکه از مدل هیدرودینامیک ICSS استفاده کردند و نشان دادند که این اقدام موجب بهبود عدالت توزیع آب در کانال اصلی آبیاری می‌شود. نقایی و منعم با استفاده از مدل کلمان حساسیت عوامل مختلف تحویل برحسب درخواست را بر ظرفیت کانال‌های آبیاری بررسی نمودند و اثرات تغییرات هر یک از عوامل را نشان دادند (Naghaei and Monem, 2019).

ساوری و منعم (۱۴۰۰) طبقه‌بندی روش‌های برحسب درخواست را بر اساس تغییرات عوامل تحویل و مدت‌زمان لازم از سفارش درخواست آب تا تحویل آن با استفاده از اطلاعات تعدادی از شبکه‌های داخل و خارج از کشور ارائه نمودند. خاییز و هاشمی با توسعه مدل هیدرولیکی به ارزیابی عملکرد شبکه نکوآباد در مرکز ایران در شرایط عادی و شرایط کم‌آبی پرداختند. نتایج نشان داده است که با توجه به زیرساخت‌های محدود موجود در شبکه‌های آبیاری، برای بهبود مدیریت عملیات لزوماً نیازی به سرمایه‌گذاری گسترده در نوسازی و بهسازی نیست و با استفاده از جایگزین‌های غیر سازه‌ای می‌توان شاخص کفایت توزیع آب روزانه را به میزان قابل قبولی بهبود بخشید (Khaeez and Hashemi, 2021). مونسرات و همکاران با استفاده از مدل کلمان ظرفیت موردنیاز کانال‌های آبیاری را در شبکه‌ای در اسپانیا برای روش تحویل برحسب درخواست تعیین نمودند(Monserrat et al., 2021) .

تحقیقات انجام‌شده تاکنون در مورد روش‌های برحسب درخواست نشان می‌دهد که اصولاً کاربرد این روش‌ها برای افزایش انعطاف‌پذیری در شبکه‌های موجود با روش گردشی و بهره‌برداری دستی توصیه شده است. همچنین انواع مدل‌های جریان ماندگار و غیر ماندگار در کانال‌های مختلف برای ارزیابی عملکرد روش‌های مختلف بهره‌برداری در شرایط متفاوت کاهش و افزایش جریان مورداستفاده تحقیقات قرار گرفته است، اما با توجه به تشدید جریانات غیر ماندگار ناشی از افزایش انعطاف‌پذیری در روش برحسب درخواست، اثرات آن بر عملکرد هیدرولیکی کانال‌ها مورد بررسی قرار نگرفته. برای ارزیابی هیدرولیکی انواع روش‌های برحسب درخواست لازم است رفتار جریان در اثر کاربرد هریک از آن‌ها بررسی شود. مناسب‌ترین ابزار برای مطالعه جریان‌های غیر ماندگار و ارزیابی عملکرد آن‌ها مدل‌های هیدرودینامیک است که توانایی شبیه‌سازی جریان در انواع کانال‌های آبیاری را در شرایط تغییرات جریان داشته باشد (قدوسی و همکاران، ۱۳۸۸). در این تحقیق از مدل هیدرودینامیک ICSS برای این منظور استفاده شده است. در ادامه ابتدا مدل ICSS و کانال عقیلی شرقی مختصراً معرفی شده است. سپس نحوه برنامه‌ریزی برحسب درخواست و انطباق بهره‌برداری کانال موردمطالعه با روش‌های بهره‌برداری برحسب درخواست ارائه شده است و در پی آن سناریوهایی هدفمند تعریف شده‌اند. برای ارزیابی هیدرولیکی عملکرد کانال از شاخص‌های راندمان، کفایت، عدالت و پایداری تحویل، خطای تنظیم عمق جریان و کمبود و مازاد حجم آب تحویلی استفاده شده است که در ادامه معرفی شده‌اند. در انتها نتایج شبیه‌سازی ارائه شده و نتایج موردبحث قرار گرفته‌اند.

مواد و روش‌ها

در ابتدا برای بهتر مشخص شدن شیوه انجام تحقیق، شکل ۱ (فلوچارت مراحل روش انجام تحقیق) نمایش داده شده است.



شکل ۱- مراحل روش انجام تحقیق

معرفی مدل هیدرودینامیک ICSS

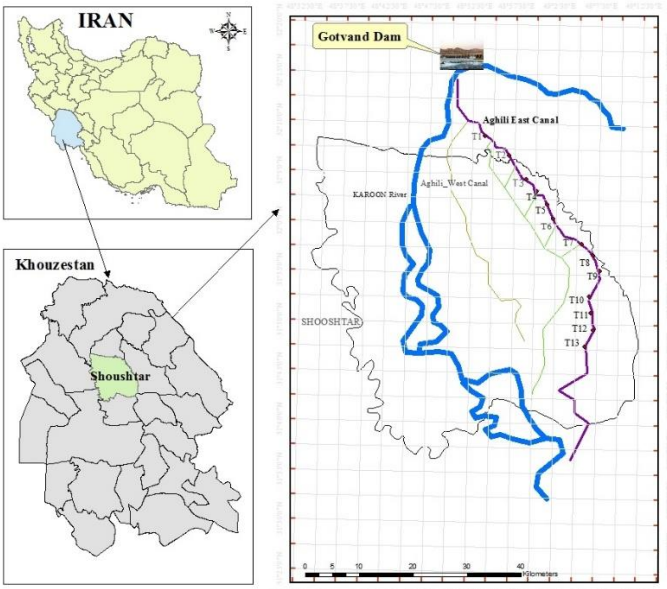
مدل ICSS یک مدل هیدرودینامیک یک‌بعدی است که به‌منظور شبیه‌سازی هیدرولیکی، هیدرولوژیکی و بهره‌برداری از سامانه‌های انتقال و توزیع آب آبیاری، در سال ۱۹۸۵ توسط دکتر مانز طراحی شده است و سپس توسط محققین مختلف ازجمله منعم به‌منظور ارزیابی شبکه‌های آبیاری و روش‌ها بهره‌برداری بهینه از آن‌ها توسعه یافت. مدل ICSS قادر است جریان ماندگار و غیر ماندگار را برای شرایط مختلف بهره‌برداری از کانال‌های آبیاری با انواع شکل مقطع کانال همراه با طیف وسیعی از سازه‌ها توأم با جریانات گسترده ورودی و خروجی را شبیه‌سازی کند. (منعم و همکاران، ۱۳۸۴ ؛ Savari et al., 2016).

معرفی کانال عقیلی شرقی

به‌منظور ارزیابی هیدرولیکی روش‌های بهره‌برداری برحسب درخواست، کانال عقیلی شرقی واقع در شبکه آبیاری عقیلی از شبکه گتوند انتخاب شده است. علت انتخاب این کانال وضعیت نسبتاً مناسب آن ازنظر فیزیکی و بهره‌برداری و دسترسی به اطلاعات کامل آن بوده است. شبکه آبیاری عقیلی متشکل از کانال اصلی عقیلی و دو کانال درجه‌یک به نام‌های کانال عقیلی شرقی و کانال عقیلی غربی است. حداکثر ظرفیت کانال عقیلی شرقی ۵ مترمکعب در ثانیه است. کانال عقیلی شرقی به‌صورت بتنی با مقطع ذوزنقه‌ای با شیب جانبی ۱:۱ ساخته شده است. طول این کانال حدود ۱۷ کیلومتر است. عرض کف کانال ۱/۵ و ۱/۰ متر و شیب طولی کانال بین ۰/۰۰۰۴ تا ۰/۰۰۱ متغیر می‌باشد. این کانال دارای ۲۱ سازه آبگیر و ۱۱ سازه آب‌بند است. نوع دریچه‌های آبگیر و آب‌بند کشویی مستطیلی است که تنظیم آن‌ها به‌صورت دستی است. ابعاد دریچه‌های مستطیلی آبگیر ۰/۳× ۰/۶ متر (عرض × ارتفاع) و ابعاد دریچه‌های کشویی آب‌بند ۱/۵ × ۱/۵ برای پنج آب‌بند ابتدا و ۱/۰ × ۱/۰ برای شش آب‌بند انتهایی است (Savari et al., 2016). الگوی کشت شبکه آبیاری و زهکشی عقیلی شامل کشت‌های زمستانه و تابستانه است. کشت زمستانه شامل محصولات عمده گندم و سیب‌زمینی و محصولات جزیی سبزیجات، صیفی‌جات و پیاز می‌باشد. کشت تابستانه شامل محصولات عمده لوبیا، ذرت و گوجه‌فرنگی و محصولات جزئی سبزیجات و صیفی‌جات می‌باشد (ابراهیمیان و همکاران ۱۳۹۷). در شکل ۲ موقعیت کانال مورد مطالعه نشان داده شده است.

انطباق بهره‌برداری کانال موردمطالعه با روش‌های بهره‌برداری برحسب درخواست

دسته‌بندی کلی روش‌های برحسب درخواست با توجه به ثابت یا متغیر بودن عوامل تحویل برای سطوح مختلف انعطاف‌پذیری صورت می‌گیرد. در صورت متغیر بودن هر سه عامل تحویل، حداکثر انعطاف-پذیری و در صورت متغیر بودن تنها یک عامل حداقل انعطاف‌پذیری ایجاد می‌شود. درصورتی‌که دو عامل تحویل متغیر در نظر گرفته شوند انعطاف‌پذیری در حد متوسط خواهد بود. گزینه‌های موردبررسی در این تحقیق در این دسته قرار می‌گیرند. حجم آب موردنیاز هر آبگیر با توجه به نیاز آبی محصولات کشت‌شده قبل از دوره تحویل آب در شبکه‌ها قابل‌محاسبه است و بر اساس این حجم برنامه تحویل آب را می‌توان تنظیم نمود. برای انطباق بهره‌برداری کانال موردمطالعه با روش‌های بهره‌برداری برحسب درخواست فرض شده است این حجم در نوبت‌های آبیاری ثابت باشد. بر اساس این فرض برنامه‌ریزی با دو عامل متغیر از سه عامل تحویل صورت گرفته است.



شکل ۲- موقعیت جغرافیایی استان خوزستان، شهرستان شوشتر و نمای کلی از کانال عقیلی شرقی

بر این اساس با امکان تغییرات دور آبیاری ۳، ۶، ۱۰، ۱۵ و ۳۰ روزه و مدت‌زمان آبیاری ۳، ۶، ۱۲ و ۲۴ ساعته، سه نوع روش برحسب درخواست با اسامی درخواست نوع اول، نوع دوم و نوع سوم مطابق جدول ۱ تعریف و نام‌گذاری شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، در هرکدام از این سه نوع درخواست یکی از عوامل سه‌گانه تحویل، ثابت در نظر گرفته شده است. به‌منظور تأمین حد بالای انعطاف‌پذیری در گزینه‌های مختلف، مقادیر ثابت برای دبی، مدت‌زمان و دور آبیاری به ترتیب ۱۵۰ لیتر در ثانیه، ۲۴ ساعت و ۳ روز در نظر گرفته شده است. لازم به ذکر است که حجم آب موردنیاز برای هر آبگیر بر اساس مساحت تحت پوشش آن و نیاز آبیاری برای ماه حداکثر مصرف الگوی زارعی منطقه که در حال حاضر کشت غالب آن گندم است، در نظر گرفته شده است. این حجم در پرمصرف‌ترین ماه برای گندم در منطقه موردتحقیق برابر ۱۰۸۰ مترمکعب در هکتار برآورد شده است.

درروش برحسب درخواست نوع اول شدت‌جریان ثابت و دو عامل مدت‌زمان و دور آبیاری متغیر است. دبی ثابت برابر ۱۵۰ لیتر بر ثانیه در نظر گرفته شده و مدت‌زمان متغیر برابر ۳، ۶، ۱۲ و ۲۴ ساعته در نظر گرفته شده است. دور آبیاری درخواستی هر آبگیر برای گزینه‌های مختلف مدت‌زمان آبیاری، با توجه به حجم ثابت محاسبه می‌شود. با فرض ثابت بودن حجم آب تحویلی، در بیشتر موارد دور آبیاری و یا تعداد دفعات آبیاری، عددی غیر صحیح و مغایر با مفروضات به دست می‌آید که برای اصلاح آن، دبی و یا زمان آبیاری دریکی از نوبت‌ها اصلاح شده است. به‌عنوان‌مثال برای آبگیر اول با مساحت ۴۰ هکتار و نیاز ۴۳،۲۰۰ مترمکعب در ماه با دبی ۱۵۰ لیتر بر ثانیه و مدت‌زمان ۶ ساعت، دور آبیاری ۲/۳ روز و تعداد دفعات آبیاری ۱۳/۳ به دست می‌آید. این آبگیر می‌تواند ۱۲ نوبت با دبی ۱۵۰ لیتر بر ثانیه و مدت‌زمان ۶ ساعت، و یک نوبت با دبی ۲۰۰ لیتر بر ثانیه و مدت‌زمان ۶ ساعت آب دریافت کند تا درمجموع حجم آب موردنیاز ۴۳،۲۰۰ مترمکعب را دریافت کند.

تنظیم و تشریح سناریوهای بهره‌برداری بر اساس روش‌های برحسب درخواست

ازآنجایی‌که هدف از این تحقیق ارزیابی عملکرد هیدرولیکی با افزایش انعطاف‌پذیری در روش‌های توافقی و بررسی امکان مغایرت آن با انعطاف‌پذیری موردنظر است، در تعریف سناریوها از هر دسته از انواع روش‌های برحسب درخواست و از انعطاف‌پذیری کم به زیاد نمونه‌هایی انتخاب و موردبررسی قرارگرفته است. نکته‌ای که برای تنظیم سناریوها مهم است، در نظر گرفتن تعداد آبگیرهایی است که به‌طور هم‌زمان در حال بهره‌برداری است. این عامل بر روی حداقل و حداکثر درخواست‌ها و تغییرات جریان در سراب کانال و رفتار هیدرولیکی در طول کانال مؤثر است.

طبق نظر کارشناسان شرکت بهره‌برداری شبکه آبیاری گتوند حداکثر و حداقل تعداد آبگیرهایی که در یک روز به‌طور هم‌زمان بهره‌برداری می‌شود به ترتیب برابر با ۱۷ و ۴ آبگیر بوده است، بنابراین میزان حداکثر دبی بهره‌برداری در کانال برابر مجموع دبی ۱۷ آبگیر (۸۰٪ کل آبگیرها) در نظر گرفته شده است. با این شرایط که:

۱- عمق آب در وضعیت جریان ماندگار ثانویه در محدوده مجاز عمق هدف (y_t ٪۱۵±) قرار گیرد.
۲- دبی مجموع درخواست‌ها از ظرفیت کانال بیشتر نشود.
۳- دبی درخواستی از ظرفیت دریچه آبگیر بیشتر نباشد.

جدول ۱- انطباق بهره‌برداری کانال عقیلی با روش‌های برحسب درخواست در صورت ثابت بودن حجم آب تحویلی در هر نوبت آبیاری

ردیف	انواع درخواست	دبی تحویلی (Q)	مدت‌زمان (t)	دور آبیاری (f)	دبی تحویلی (لیتر بر ثانیه)	مدت‌زمان (ساعت)	دور آبیاری (روز)	تعداد دفعات آبیاری در ماه
۱	درخواست نوع ۱	ثابت	متغیر	متغیر	۱۵۰	۲۴	با توجه به حجم ثابت آبیاری محاسبه شده است	با توجه به حجم ثابت آبیاری محاسبه شده است
۲						۱۲		
۳						۶		
۴						۳		
۱	درخواست نوع ۲	متغیر	ثابت	متغیر	با توجه به حجم ثابت آبیاری محاسبه شده است.	۲۴	۳۰	۱
۲							۱۵	۲
۳							۱۰	۳
۴							۶	۵
۵							۳	۱۰
۱	درخواست نوع ۳	متغیر	متغیر	ثابت	با توجه به حجم ثابت آبیاری محاسبه شده است.	۲۴	۳	۱۰
۲						۱۲		
۳						۹		
۴						۶		
۵						۳		

فاصله زمانی از حالت شرایط ماندگار اولیه و شروع تنظیم سازه‌ها تا زمانی که جریان در کانال به حالت ماندگار ثانویه برسد، زمان تأخیر گفته می‌شود که بر عملکرد جریان مؤثر است. لذا برای تعریف سناریوها و ارزیابی عملکرد هیدرولیکی شرایط اولیه و ثانویه جریان در کانال تعیین‌شده‌اند. ازآنجایی‌که شرایط حداکثری تغییرات نیاز بیشترین تأثیر را بر رفتار هیدرولیکی جریان دارد، بنابراین کمترین و بیشترین درخواست‌ها به همراه کمترین و بیشترین تعداد آبگیر در هر سناریو برگزیده‌شده است. به عبارتی سعی شده است در تعریف سناریوها بحرانی‌ترین وضعیت درخواست‌ها در شرایط اولیه و ثانویه جریان که حداکثر تغییرات افزایشی و کاهشی را دارد، در نظر گرفته شود. قابل‌ذکر است که برای پیشگیری از خشک شدن کانال، مقدار ۱۰۰ لیتر در ثانیه دبی خروجی در انتهای کانال به‌عنوان دبی موردنیاز پایین‌دست، در کلیه سناریوها در نظر گرفته شد که در دبی ورودی در سراب کانال لحاظ شده است.

سناریوهای درخواست نوع اول: دبی تحویلی ثابت، مدت‌زمان و دور متغیر

درروش نوع اول شدت دبی تحویلی به آبگیرها ثابت و دو عامل مدت‌زمان و دور آبیاری متغیر است. دبی ثابت برابر ۱۵۰ لیتر بر ثانیه در نظر گرفته‌شده و مدت‌زمان متغیر برابر ۳، ۶، ۱۲ و ۲۴ ساعته در نظر گرفته شده است. دور آبیاری درخواستی هر آبگیر برای گزینه‌های مختلف مدت‌زمان آبیاری، با توجه به حجم ثابت محاسبه شده است. با توجه به حداقل و حداکثر تعداد آبگیرهایی که هم‌زمان در حال بهره‌برداری هستند که به ترتیب ۴ و ۱۷ آبگیر هستند و به‌صورت تصادفی تعیین‌شده‌اند، مجموع کل حداکثر و حداقل درخواست‌ها در نظر گرفته می‌شود. بدین ترتیب ۴ سناریو برای حالت حداکثری افزایش درخواست (سناریو ۱ تا ۴) و ۴ سناریو برای حالت حداکثری کاهش درخواست در زمان‌های متفاوت (سناریو ۵ تا ۸) تنظیم شده است. با این وصف دبی ورودی در سراب کانال برای سناریوهای افزایشی در شرایط اولیه و ثانویه به ترتیب ۷۰۰ و ۲۶۵۰ لیتر بر ثانیه در نظر گرفته شد و برای سناریوهای کاهشی برعکس آن بود.

سناریوهای درخواست نوع دوم: مدت‌زمان آبیاری ثابت، دبی تحویلی و دور متغیر

درروش نوع دوم مدت‌زمان آبیاری ثابت و برابر ۲۴ ساعت و دور آبیاری ۳، ۶، ۱۰، ۱۵ و ۳۰ روز است. دبی جریان تحویلی هر آبگیر برای گزینه‌های مختلف دور آبیاری با توجه به حجم ثابت آبیاری در هر نوبت محاسبه شده است. در این حالت دو سناریو ۹ و ۱۰ به

بیشترین تغییرات افزایش و کاهش درخواست در دو نوبت متوالی آبیاری اختصاص داده شده است. در درخواست نوع دوم کمترین میزان جریان را دور آبیاری ۳ روزه و بیشترین میزان جریان قابل‌قبول برای همه آبگیرها را دور آبیاری ۱۰ روزه دارا است.

سناریوهای درخواست نوع سوم: دور آبیاری ثابت، دبی تحویلی و مدت‌زمان متغیر

درروش نوع سوم دور آبیاری ثابت و برابر ۳ روز و مدت‌زمان آبیاری به‌صورت متغیر ۳، ۶، ۹، ۱۲ و ۲۴ ساعته در نظر گرفته‌شده است. دبی جریان درخواستی هر آبگیر برای گزینه‌های مختلف مدت آبیاری، با توجه به حجم ثابت آبیاری در هر نوبت محاسبه‌شده است. در این بخش برای دو سناریو ۱۱ و ۱۲ مانند سناریوهای ۹ و ۱۰ بیشترین تغییرات افزایش و کاهش درخواست در دو نوبت متوالی آبیاری تعریف شده است. برای بررسی اثرات امکان تغییر دبی درخواستی حتی در طول یک نوبت آبیاری و ایجاد حداکثر انعطاف-پذیری سناریو ۱۳ تعریف شد. با در نظر گرفتن دور آبیاری ثابت ۳ روزه و باز بودن همه آبگیرها، در این سناریو، تغییرات کاهشی و افزایشی دبی در بازه‌های زمانی ۶ ساعته در طول یک نوبت آبیاری (۲۴ ساعته) در نظر گرفته شد. در این سناریو برای نشان دادن بیشترین انعطاف‌پذیری، تمام آبگیرها در هر ۶ ساعت می‌توانند درخواست آب داشته باشند. همچنین برای تأمین حداکثر انعطاف‌پذیری برای زارعین دامنه تغییرات دبی در ۱۲ ساعت اول زیاد (افزایش و کاهش ۴۰ درصدی) و در ۱۲ ساعت دوم کمتر (افزایش و کاهش ۲۰ درصدی) در نظر گرفته شد. چکیده عناوین سناریوهای تعریف شده و مشخصات آن‌ها در جدول ۲ ارائه شده است.

شاخص‌های ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری

به‌منظور ارزیابی عملکرد تحویل آب در شرایط جریان‌های غیر ماندگار از چهار شاخص ارزیابی عملکرد کفایت، راندمان، پایداری و عدالت در تحویل معرفی‌شده توسط مولدن و گیتس (Molden and Gates, 1990) و برای ارزیابی کنترل سطح آب شاخص‌های خطای حداکثر مطلق (MAE) و خطای مطلق تجمعی (IAE) ارائه شده توسط کلمنز و همکاران (Clemmens et al, 1998) استفاده شده است. علاوه بر این، مقادیر مازاد یا کمبود آب تحویلی نیز محاسبه و گزارش شده است.

جدول ۲- مشخصات سناریوهای تعریف‌شده

نوع سناریو و مشخصات آن	شماره سناریو	تغییرات جریان	مدت‌زمان آبیاری (ساعت)
نوع اول دبی درخواستی هر آبگیر ثابت (۱۵۰ لیتر بر ثانیه) دور و مدت‌زمان آبیاری متغیر	۱	افزایشی	۲۴
	۲		۱۲
	۳		۶
	۴		۳
	۵	کاهشی	۲۴
	۶		۱۲
	۷		۶
	۸		۳
نوع دوم زمان آبیاری ثابت (۲۴ ساعته) دبی و دور متغیر	۹	افزایشی	۲۴
	۱۰	کاهشی	۲۴
نوع سوم دور آبیاری ثابت (۳ روزه) دبی و زمان آبیاری متغیر	۱۱	افزایشی	۹
	۱۲	کاهشی	۲۴
	۱۳	افزایش و کاهش دبی، هر ۶ ساعت یک‌بار، در طول یک نوبت آبیاری ۲۴ ساعته	۲۴(۴×۶)

شاخص‌های کفایت (MPA)، راندمان (MPF)، عدالت (MPE) و پایداری (MPD) به‌صورت روابط ۱ تا ۴ تعریف می‌شود.

$$MPA = \frac{1}{T}\sum_{T}\left(\frac{1}{N}\sum_{N}P_A\right)\begin{cases} P_A=\frac{Q_D}{Q_R} & if\ Q_D \le Q_R \\ P_A=1 & if\ Q_D > Q_R \end{cases} \quad (۱)$$

$$MPF = \frac{1}{T}\sum_{T}\left(\frac{1}{N}\sum_{N}P_F\right)\begin{cases} P_F=\frac{Q_D}{Q_R} & if\ Q_R \le Q_D \\ P_F=1 & if\ Q_R > Q_D \end{cases} \quad (۲)$$

$$MPE = \frac{1}{T}\sum_{T} CV_N\left(\frac{Q_D}{Q_R}\right) \quad (۳)$$

$$MPD = \frac{1}{N}\sum_{N} CV_T\left(\frac{Q_D}{Q_R}\right) \quad (۴)$$

$$T = \frac{T_{dur}}{\Delta t} \quad (۵)$$

در این روابط N تعداد نقاط آبگیر و T تعداد گام‌های زمانی محاسباتی در یک دوره تحویل است و از رابطه (۵) محاسبه می‌شود، T_{dur} مدت‌زمان تحویل آب در یک نوبت آبیاری و Δt طول گام زمانی محاسبات است. PA و PF به ترتیب شاخص کفایت و راندمان تحویل هر آبگیر و QD و QR به ترتیب دبی تحویلی و درخواستی هر آبگیر هستند. همچنین $CV_N(\frac{Q_D}{Q_R})$ ضریب تغییرات مکانی نسبت $\frac{Q_D}{Q_R}$ بین آبگیرها در هر گام زمانی و $CV_T(\frac{Q_D}{Q_R})$ ضریب تغییرات زمانی نسبت $\frac{Q_D}{Q_R}$ در گام‌های زمانی به هر آبگیر است. مقدار ایده آل شاخص کفایت و راندمان عدد یک و شاخص عدالت و پایداری عدد صفر است. مولدن و گیتس یک استاندارد برای شاخص‌های عملکرد مطابق جدول ۳ پیشنهاد داده‌اند.

جدول ۳ - مقادیر توصیه‌شده شاخص‌های عملکرد (Molden and Gates, 1990)

شاخص		کلاس‌های عملکرد		
		خوب	متوسط	ضعیف
(کفایت)	MPA	۰/۹–۱	۰/۸–۰/۸۹	< ۰/۸
(راندمان)	MPF	۰/۸۵–۱	۰/۷–۰/۸۴	< ۰/۷
(عدالت)	MPE	۰/۰–۰/۱	۰/۱۱–۰/۲۵	> ۰/۲۵
(پایداری)	MPD	۰/۰–۰/۱	۰/۱۱–۰/۲۰	> ۰/۲۰

خطای حداکثر مطلق (MAE) و خطای مطلق تجمعی (IAE) تنظیم عمق جریان به‌صورت روابط ۶ و ۷ تعریف می‌شود.

$$MAE = \frac{\max(|y_{target} - y|)}{y_{target}} \quad (۶)$$

$$IAE = \frac{\frac{t}{T}\sum_{t=0}^{T}(|y_{target} - y|)}{y_{target}} \quad (۷)$$

که در آن، y سطح آب مشاهده‌شده یا محاسبه‌شده توسط مدل در گام زمانی محاسباتی t ، y_{target} عمق هدف و T طول دوره بهره‌برداری است.

نتایج و بحث

در این قسمت هدف مقایسه عملکرد هیدرولیکی سناریوهای تعریف‌شده است. ازآنجایی‌که میراب کانال پس از دریافت برنامه تحویل روزانه، برای تنظیم سازه‌ها با موتورسیکلت در طول کانال حرکت کرده و به ترتیب سازه‌ها را از بالادست به پایین‌دست تنظیم می‌کند لذا برای دستیابی به هدف مذکور ابتدا الگوی زمانی بهره‌برداری بر اساس سرعت حرکت میراب تهیه شده است. سپس هرکدام از سناریوها با استفاده از مدل ICSS شبیه‌سازی شده است.

شبیه‌سازی سناریوها

داده‌های موردنیاز برای شبیه‌سازی، ارزیابی و تحلیل سناریوهای بهره‌برداری از کانال عقیلی شرقی در مدل ICSS عبارت است از دبی ورودی به کانال و زمان و میزان تنظیم هر سازه برای تأمین درخواست‌های موردتوافق. روش مرسوم بهره‌برداری در شبکه عقیلی، روش برحسب درخواست با دبی متغیر، دوره تحویل ۱۰ روزه و زمان تحویل ۲۴ ساعته است. زمان تنظیم سازه‌ها بر اساس شرایط واقعی بهره‌برداری کانال موردنظر که سرعت حرکت موتورسیکلت و فاصله بین سازه‌هاست، در نظر گرفته شده است. با این فرض زمان تنظیم آخرین دریچه سه ساعت بعد از تنظیم اولین دریچه از بالادست است.

برای شبیه‌سازی سناریوها ابتدا میزان بازشدگی دریچه‌های تنظیم برای رسیدن به عمق هدف (عمق بالادست سازه تنظیم) بر اساس جریان ماندگار ثانویه با سعی و خطا محاسبه شده، سپس هرکدام از سناریوها در شرایط غیر ماندگار با مدل هیدرودینامیک ICSS شبیه‌سازی شد. با تعیین دبی تحویلی به آبگیرها و عمق آب در سازه‌های تنظیم، شاخص‌های ارزیابی محاسبه شده‌اند. مقادیر عمق نرمال در بازه‌های مختلف به‌عنوان عمق هدف برای تنظیم سازه‌های آب‌بند در نظر گرفته شده است.

نتایج شبیه‌سازی سناریوها

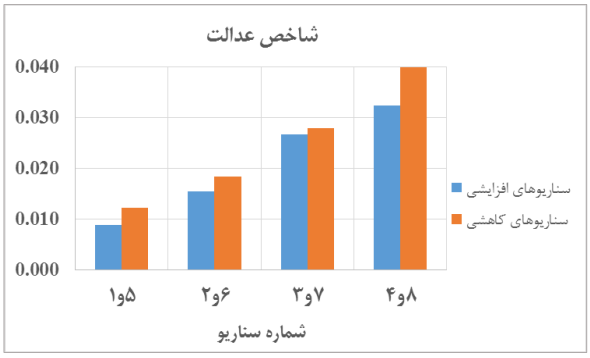
نتایج شاخص‌های عملکرد توزیع و تحویل آب

نتایج محاسبات شاخص‌های عملکرد توزیع و تحویل آب در سناریوهای مختلف در جدول ۴ ارائه شده است. این نتایج برای سناریوهای ۱ تا ۸ نشان می‌دهد، مقادیر شاخص‌های کفایت، راندمان، عدالت و پایداری در دسته‌بندی مولدن و گیتس که مطابق جدول ۳ به سه دسته خوب، متوسط و ضعیف تقسیم می‌شود، در محدوده خوب قرار گرفته است. همگی این شاخص‌ها به مقدار ایده آل خود بسیار نزدیک می‌باشد؛ اما مشخص است که هرچه زمان آبیاری کوتاه‌تر شده است تمامی شاخص‌های تحویل بخصوص شاخص عدالت، در

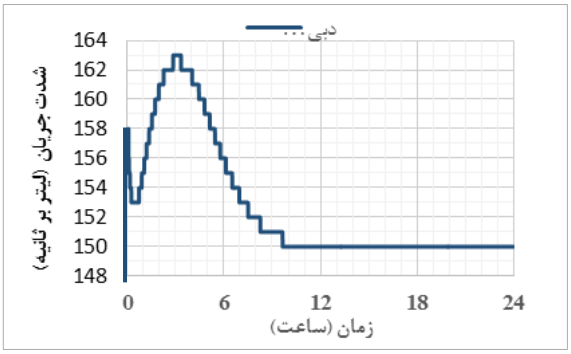
هر نوبت تحویل مختصراً از میزان ایده آل فاصله گرفته است. البته شاخص عدالت در سناریوهای کاهشی، نسبت به سناریوهای افزایشی قدری ضعیف‌تر بوده است که نشان از تأثیر تفاوت رفتار هیدرولیکی امواج منفی، در مقایسه با امواج مثبت است (شکل ۳). لذا چنانچه دستورالعمل‌های بهره‌برداری توصیه‌شده به‌خوبی اجرا شود، حتی رفتار هیدرولیکی جریان کاهشی نیز، افزایش انعطاف‌پذیری را چندان تحت‌الشعاع قرار نمی‌دهد. کاهش مدت‌زمان آبیاری امکان اعمال مدیریت آبیاری بیشتری برای کشاورز فراهم می‌کند و انعطاف‌پذیری را افزایش می‌دهد ولی در مقابل موجب افزایش ناپایداری جریان در کانال می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که کاهش مدت‌زمان آبیاری حتی برای جریان کاهشی تأثیر زیادی بر کاهش شاخص‌های تحویل نداشته است. نمونه‌ای از نمودار تغییرات دبی تحویلی به آبگیر در طول زمان تحویل ۲۴ ساعته برای آبگیر TO20 که در انتهای کانال قرار دارد در شکل ۴ نشان داده شده است. پس از شروع عملیات بهره-برداری با توجه به تغییرات عمق و دبی در طول کانال، نوسانات دبی تحویلی به آبگیر مشاهده می‌شود و عملاً ۱۰ ساعت طول کشیده تا جریان آبگیر در حد ۱۵۰ لیتر بر ثانیه تثبیت شود. سایر آبگیرها در همه سناریوها رفتاری مشابه داشته‌اند و شاخص‌های عملکرد تحویل بر اساس این نمودار برای کلیه آبگیرها و کانال محاسبه شده است. نوسانات جریان تحویلی بر عملکرد کانال تأثیرگذار است و ممکن است مزایای انعطاف‌پذیری بالاتر را تحت‌الشعاع قرار دهد.

در سناریو ۱۳ مطابق جدول ۲، هر ۶ ساعت یک‌بار میزان درخواست‌ها تغییر می‌کند؛ اما باوجود تغییرات پی‌درپی در میزان درخواست دبی، مقادیر شاخص‌های تحویل همانند سناریوهای پیشین نشان‌دهنده وضعیت مطلوب بهره‌برداری بوده و شاخص‌ها به میزان ایده آل خود بسیار نزدیک است.

نتایج محاسبه‌شده شاخص‌های مذکور برای سناریوهای مختلف در جدول ۴ ارائه شده است.



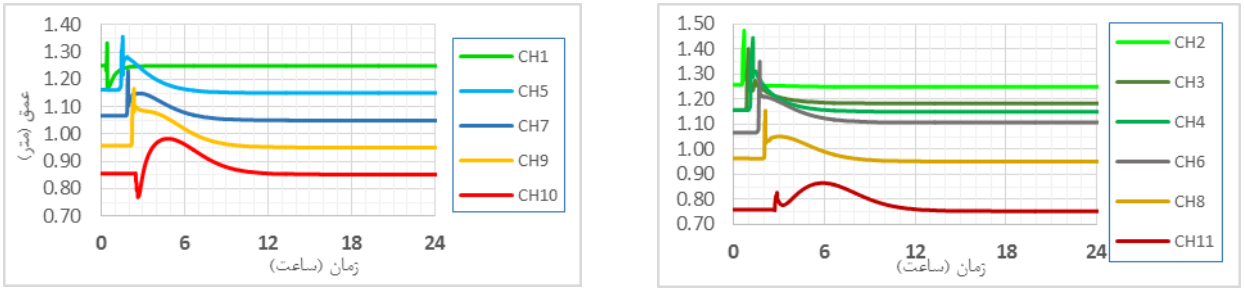
شکل ۳- مقایسه شاخص عدالت در چهار سناریوی افزایشی و کاهشی درخواست نوع اول



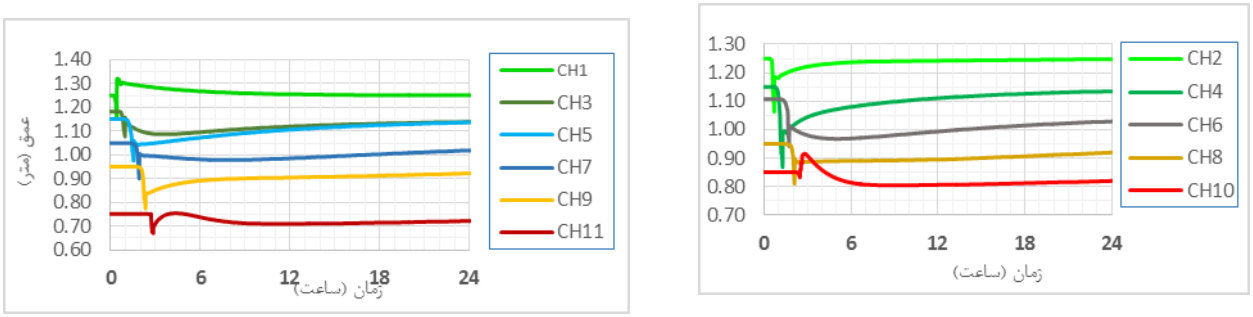
شکل ٤- نمودار تغییرات دبی تحویلی در آبگیر TO20 (سناریو ۱)

نتایج شاخص‌های ارزیابی کنترل سطح آب

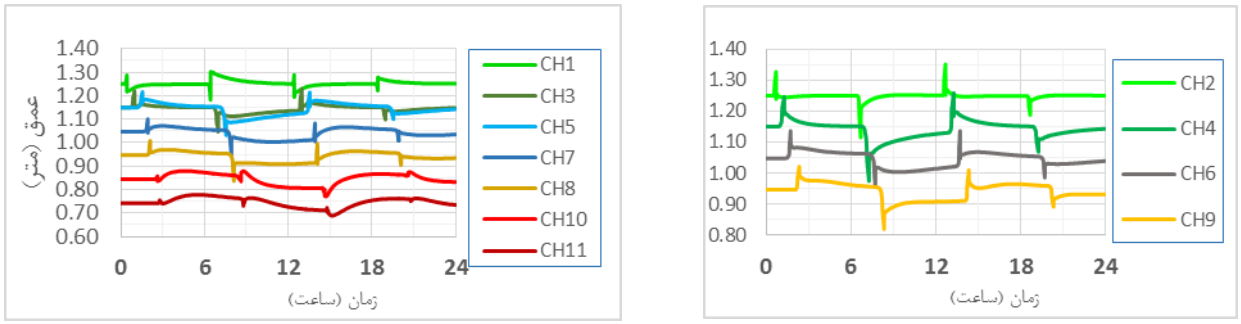
نمودار تغییرات سطح آب در بالادست ۱۱ آببند برای سناریوی ۱ (افزایشی) در شکل ۵ و برای سناریوی ۵ (کاهشی)، در شکل ۶ نشان داده شده است. سایر سناریوهای افزایشی و کاهشی رفتار مشابهی داشته‌اند. در این نمودارها مشاهده می‌شود که ابتدا عمق آب بالادست در تمام آببندها (CHn که n شماره آببند است) در جریان اولیه ثابت بوده و تمام آببندها عمق هدف را تأمین نموده‌اند. با توجه به زمان تنظیم سازه آببند و دریچه‌های آبگیر در بالادست همه آببندها به‌غیراز دو آببند انتهایی، یک موج کوتاه‌مدت حداکثر ۱۵ دقیقه‌ای ایجاد شده است و تغییرات حداکثری عمق در این مدت اتفاق افتاده است، و بعدازآن تغییرات تدریجی سطح آب مشاهده می‌شود. زمان رسیدن به جریان ماندگار هرچه به انتهای کانال نزدیک‌تر می‌شویم طولانی‌تر است (بین ۱ تا ۹ ساعت). برای مقایسه تغییرات سطح آب بالادست سازه‌های آببند در سناریو ۱ که ۲۴ ساعته است می‌توان از مقدار شاخص IAE نتیجه گرفت که هر چه فاصله از سراب کانال بیشتر شود، اثر منفی تغییرات سطح آب ناشی از جریان غیر ماندگار بیشتر است. میزان شاخص IAE در سازه‌ها به ترتیب از بالادست به سمت پایین‌دست بیشتر می‌شود. با توجه به جدول ۴ مشخص می‌شود که میزان درصد مازاد تحویل در سناریو ۱ تا ۴ به‌صورت افزایشی است. نمودار تغییرات عمق آب در بالادست آببندها برای سناریوی ۱۳ (افزایشی و کاهشی) در شکل ۷ نشان داده شده است. مشاهده می‌شود که نوسانات عمق آب در ۴ مرحله افزایشی و کاهشی اتفاق افتاده است. مشخص است که در آببندهای ابتدایی تراز سطح آب طی ۶ ساعت و قبل از اجرای عملیات بهره-برداری بعدی تثبیت‌شده است. اما در آببندهای انتهایی به دلیل بعد مسافت از سراب کانال، هنگام اجرای عملیات بهره‌برداری بعدی هنوز سطح آب تثبیت نشده و رفتار جریان غیر ماندگار مراحل مختلف با یکدیگر تداخل پیداکرده‌اند.



شکل ۵- نمودار تغییرات عمق در سناریو شماره ۱ (سناریوی افزایشی)



شکل ٦- نمودار تغییرات عمق در سناریو شماره ۵ (سناریوی کاهشی)



شکل ۷- نمودار تغییرات عمق در سناریو شماره ۱۳ (سناریوی افزایشی و کاهشی)

جدول ٤- نتایج کلی سناریوهای مختلف

نوع درخواست	شماره سناریو	MPA	MPF	MPE	MPD	MAE(٪)	IAE (٪)	کمبود و مازاد تحویل (مترمکعب)	کمبود و مازاد تحویل (درصد)
نوع اول	سناریو ۱	۰/۹۹۹	۰/۹۹۴	۰/۰۰۹	۰/۰۱۵	۲۵/۶۵	۱/۵۱	۱,۳۱۴	۰/۶
	سناریو ۲	۰/۹۹۹	۰/۹۸۷	۰/۰۱۵	۰/۰۱۹	۲۵/۶۵	۲/۹۳	۱,۳۹۹	۱/۳
	سناریو ۳	۰/۹۹۹	۰/۹۷۶	۰/۰۲۷	۰/۰۱۹	۲۵/۶۵	۵/۳۷	۱,۳۴۰	۲/۴
	سناریو ۴	۰/۹۹۸	۰/۹۶۸	۰/۰۳۲	۰/۰۱۸	۲۵/۶۵	۷/۲۹	۸۶۳	۳/۱
	سناریو ۵	۰/۹۷۴	۰/۹۹۹	۰/۰۱۲	۰/۰۲۶	۲۴/۴۳	۳/۷۲	-۱,۱۹۳	-۲/۵
	سناریو ۶	۰/۹۷۰	۰/۹۹۸	۰/۰۱۸	۰/۰۳۲	۲۴/۴۳	۴/۸۲	-۶۸۴	-۲/۸
	سناریو ۷	۰/۹۷۰	۰/۹۹۵	۰/۰۲۸	۰/۰۴۲	۲۴/۴۳	۵/۴۰	-۳۰۷	-۲/۵
	سناریو ۸	۰/۹۷۴	۰/۹۹۱	۰/۰۴۰	۰/۰۵۶	۲۴/۴۳	۵/۷۵	-۱,۰۴۲	-۲/۶
نوع دوم	سناریو ۹	۰/۹۹۷	۱/۰۰۰	۰/۰۰۵	۰/۰۱۰	۲۴/۰۰	۵/۱۴	-۷۳۷	-۰/۲
	سناریو ۱۰	۰/۹۹۵	۰/۹۹۱	۰/۰۸۲	۰/۰۱۳	۱۸/۶۱	۱/۷۰	۲۳۷	۰/۴
نوع سوم	سناریو ۱۱	۰/۹۸۷	۰/۹۹۲	۰/۰۴۲	۰/۰۱۴	۲۴/۲۶	۵/۲۶	-۴۳۰	-۰/۴
	سناریو ۱۲	۰/۹۷۴	۰/۹۹۶	۰/۰۲۲	۰/۰۳۱	۲۴/۰۹	۰/۵۲	-۳۵۸	-۱/۹
	سناریو ۱۳	۰/۹۹۳	۰/۹۹۸	۰/۰۱۰	۰/۰۱۶	۲۴/۴۸	۲/۹۰	-۳۹۹	-۰/۳

نتایج کلی چهارده سناریو شامل شاخص‌های ارزیابی کفایت (MPA)، راندمان (MPF)، عدالت (MPE)، خطای حداکثر مطلق (MAE)، خطای مطلق تجمعی (IAE) و کمبود و مازاد تحویل در جدول ۴ نشان داده‌شده است. همان‌طور که در جدول مشاهده می‌شود، با توجه به محاسبات انجام‌شده حداکثر میزان کمبود و یا مازاد آب در سناریوها ۳/۱ درصد است.

نتیجه‌گیری

- در صورت هماهنگی درخواست‌ها با ظرفیت کانال و اجرای دقیق عملیات بهره‌برداری، انعطاف‌پذیری پیش‌بینی‌شده با عملکرد هیدرولیکی شبکه انطباق داشته و می‌توان به میزان ایده آل شاخص‌های کفایت، راندمان، عدالت و پایداری تحویل دست‌یافت. میزان کمبود و یا مازاد تحویل آب به لحاظ حجمی در بیشتر سناریوها کمتر از یک درصد است و در بدترین حالت برابر ۳/۱ درصد است.
- در تمام سناریوها تغییرات سطح آب در محدوده مجاز قرار گرفته به‌طوری‌که علاوه بر تأمین میزان درخواست‌ها، امواج ایجادشده موجب سرریز از کانال و هدر رفت آب نمی‌گردد.
- لازم به ذکر است که بسته به سیاست مدیریت شبکه مبنی بر سطح انعطاف‌پذیری موردنظر، گزینه‌های مختلف عملیات بهره-برداری را می‌توان اجرا نمود. هرچه عوامل تحویل بیشتری متغیر در نظر گرفته شوند و دامنه تغییرات آن‌ها بیشتر باشد و تعداد کشاورزانی که هم‌زمان می‌توانند آبگیری کنند بیشتر شود، انعطاف‌پذیری بیشتر و به تناسب آن عملیات بهره‌برداری پیچیده‌تر می‌شود. با افزایش انعطاف‌پذیری امکان مدیریت آبیاری بهتر برای کشاورز ایجاد می‌شود که می‌تواند موجب افزایش تولید محصول و بهره‌وری مصرف آب شود. توجیه افزایش انعطاف‌پذیری در مقابل پیچیدگی عملیات بهره‌برداری بسته به سیاست‌های مدیریت شبکه، امکانات اجرایی بهره-برداری در شبکه، دانش کشاورزان از مدیریت آبیاری، پذیرش اجتماعی روش برحسب درخواست، مقدار آب در دسترس، قیمت آب و بسیاری عوامل دیگر دارد که نیازمند تحقیقات مستقل دیگر است. هدف این مقاله مقایسه عملکرد هیدرولیکی گزینه-های مختلف بوده است که آیا ازنظر رفتار جریان غیر ماندگار، عملکرد کانال با انعطاف‌پذیری پیش‌بینی‌شده انطباق دارد؟ نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که در صورت اجرای دقیق دستورالعمل‌های بهره‌برداری می‌توان به مزایای مورد انتظار از افزایش انعطاف‌پذیری دست‌یافت و عملکرد کانال تحت‌الشعاع انعطاف‌پذیری بالاتر قرار نمی‌گیرد.
- استفاده از مدل‌های هیدرولیکی برای کمک به تعیین دستورالعمل‌های بهره‌برداری بسیار مؤثر است، اما چالش مهم در این مسئله اجرای دقیق عملیات بهره‌برداری در عمل در سطح شبکه است. با توجه به تنوع و تعدد درخواست‌ها در زمان و مکان و محدودیت‌های اجرایی عملیات بهره‌برداری در شبکه، با افزایش انعطاف‌پذیری، احتمال انحراف از عملیات بهره‌برداری مناسب ازنظر میزان و زمان‌بندی تنظیم سازه‌ها بیشتر می‌شود که باید در کاربرد برنامه‌های برحسب درخواست در شبکه‌ها موردتوجه قرار گیرد. کاربرد سامانه‌های خودکار در این شرایط می‌تواند موجب اجرای دقیق عملیات بهره‌برداری در زمان خود شود و بالاترین سطح انعطاف‌پذیری روش برحسب درخواست با عملیات بهره‌برداری پیچیده را بدون تغییر در سیستم کنترل بالادست اجرا نماید. هزینه سامانه‌های خودکار در برابر افزایش انعطاف‌پذیری و بهره‌وری آب قابل ارزیابی خواهد بود.
- مشخص است که یکی از مشکلات اجرای روش برحسب درخواست تعیین ظرفیت کانال و سازه‌ها متناسب با سطح انعطاف‌پذیری موردنظر و برنامه‌ریزی عملیات بهره‌برداری است. در این خصوص علاوه بر استفاده از مدل‌های هیدرودینامیک و روش سعی و خطا با آزمون سناریوهای مختلف، می‌توان با استفاده از داده‌های ثبت‌شده درخواست زارعین و تحلیل‌های آماری، توزیع آماری درخواست‌ها در شبکه را استخراج نمود و از آن برای تعیین ظرفیت‌ها و برنامه‌ریزی عملیات بهره‌برداری استفاده کرد.

منابع

ابراهیمیان، ف.، منعم، م. ج. و دلاور، م. ۱۳۹۷. بررسی تأثیر مدیریت توزیع و تحویل در شرایط کمبود آب بر میزان شاخص بهره‌وری آب با استفاده از مدل‌های هیدرودینامیک و شبیه‌ساز تولید محصول. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۱ (۱۳): ۱۵۲-۱۴۵.

ساوری، ه. و منعم، م. ج. ۱۴۰۰. تحلیل و دسته‌بندی روش‌های تحویل و توزیع آب برحسب درخواست در شبکه‌های آبیاری. مجله مدیریت آب و آبیاری. ۱۱ (۲): ۱۵۸-۱۴۵.

قدوسی، ح.، منعم، م.ج. و عمادی، ع. ۱۳۸۸. استفاده از مدل‌های هیدرودینامیک در تعیین عملکرد کانال‌های آبیاری در شرایط ایجاد جریان‌های غیر ماندگار متغیر تدریجی. همایش ملی علوم آب، خاک، گیاه و مکانیزاسیون کشاورزی، ۱۱ و ۱۲ اسفند، دانشگاه آزاد اسلامی (دزفول).

نقایی، ر. و منعم، م. ج. ۱۳۹۶. تعیین ظرفیت کانال‌های آبیاری برای

روش تحویل برحسب درخواست با استفاده از مدل کلمان–مطالعه موردی (شبکه عقیلی شرقی). شانزدهمین کنفرانس هیدرولیک ایران، ۱۵–۱۶ شهریور، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل.

یلتقیان خیابانی، م.، هاشمی شاهدانی، س.، بنی حبیب، م. ا. و حسنی، ی. ۱۳۹۸. ارزیابی عملکرد سامانه‌های کنترل خودکار در بهبود عدالت توزیع آب در کانال اصلی آبیاری متاثر از نوسانات ورودی. مجله تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی. ۲۰ (۷۴): ۷۵–۹۲.

Clemmens, A. J., Kacerek, T. F., Grawitz, B. and Schuurmans, W. 1998. Test cases for canal control algorithms. J. Irrig. Drain. Eng. 124: 23-30.

Khaeez, S. and Hashemi, S.M. 2021. Non-structural modification of agricultural water distribution systems in large-scale irrigation districts. Computers and Electronics in Agriculture. 184: 106102 (1-13).

Molden, D. J. and Gates, T. K. 1990. Performance measures for evaluation of irrigation water delivery systems. J. Irrig. Drain. Eng. 116 (6): 804-823.

Monserrat, J., Naghaee, R., Cots, L. and Monem, M. J. 2021. Application of Clément's First Formula to an Arranged-Schedule Secondary Canal. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. ASCE. 147 (2): 06020016-1-7.

Montazar, A. A. and Pashazadeh, N. 2010. Performance Assessment of West Main Canal of Dez in the Different Water Operational Scenarios Using CanalMan Model. Journal of Water and Soil. 25: 125-139

Naghaei, R. and Monem, M. J. 2019. Sensitivity Analysis of Irrigation Canal Capacity With Respect to Farmers' Degree of Freedom Using First Clemment's model (Case Study: East Aghili Canal). 3rd world Irrigation Forum. 1-7 September, Bali, Indonesia.

Savari, H., Monem, M. J. and Shahverdi, K. 2016. Comparing the Performance of FSL and Traditional Operation Methods for On-Request Water Delivery in the Aghili Network, Iran. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 142(11): 04016055 (1-8).

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.4, Vol. 16, Oct.-Nov. 2022, p. 685-696

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۴، جلد ۱۶، مهر - آبان ۱۴۰۱، ص. ۶۹۶-۶۸۵

Evaluation of Operational Flexibility for on Request Delivery Method from Hydraulics Point of view in Irrigation Networks

G. Hadiseraji[1], M.J. Monem [2]*, H. Savari[3]

Recived: Feb.02, 2022 Accepted: Apr.20, 2022

Abstract

Irrigation Researchers have recommended changing water delivery methods from rotational to on-request methods to enhance flexibility. The diversity of requests in the on-request method makes it difficult to plan and implement the water distribution. The intensified unsteady flow is a challenge concerning the hydraulic performance and flexibility of canals. Flow instability may be associated with excess or deficiency of water delivery, leading to poor performance contrary to the initial intention. Thus, the hydraulic performance of various on-request methods needs to be assessed before recommending them. In this research, based on the classification of on-request methods three options are defined. To facilitate the evaluation of different options identical volume of water is delivered to the turnouts during the irrigation cycle in all delivery rotations. To this end, out of the three delivery factors of flow rate, duration, and frequency, two factors are considered to be variable. An overall of 14 scenarios was defined by separating the conditions for increasing and decreasing demands. The scenarios were simulated and evaluated in the East Aghili canal using ICSS model. The results show that, even though with increasing the flexibility, unsteady flow behavior is increased, however, if the structures are adjusted accurately, the hydraulic performance of the canal would not be much different. The maximum deviation of water delivery to turnouts among scenarios is about 3% by volume. The lowest values of Adequacy and Efficiency indexes of water delivery are equal to: 0.970 and 0.968, respectively, and the highest values of Equity and Dependability indexes are 0.082 and 0.056, respectively, which shows that all of them are very close to their ideal values. Hence, regardless of the hydraulic behavior of the flow, different levels of flexibility can be achieved for a variety of on-request methods by correctly determining and performing the operation instructions.

Keywords: Flexibility, Hydrodynamic Model, Irrigation Networks, On Request Method

1- M.sc. Graduate, Department Water Engineering and Management, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

2- Professor, Department Water Engineering and Management, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

3 -PhD Graduate, Department Water Engineering and Management, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

(* -Corresponding Author Email: monem_mj@modares.ac.ir)