دوره (۲)
شماره (۱)
پیاپی (۳)
بهار و تابستان (۱۴۰۲)
شماره صفحه: ۱۲۰-۱۰۷

نشریه علمی پژوهش‌های نوین در مهندسی آب پایدار

بررسی عملکرد دستگاه‌های اندازه‌گیری الکترونیکی و مکانیکی در سنجش پارامترهای هیدرولیکی جریان (مطالعه موردی: شبکه آبیاری و زهکشی مهاباد)

مرتضی صمدیان*[۱]، یعقوب آژدان[۲]، محمد اشرفی[۳]

تاریخ ارسال: ۱۴۰۲/۰۴/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۳۰
DOI: 10.22103/nrswe.2023.21590.1039

چکیده

نظام بهره‌برداری از شبکه‌های آبیاری و زهکشی می‌تواند در انتخاب نوع ابزار اندازه‌گیری و بهره‌برداری آن مؤثر باشد. انتخاب ابزارهای اندازه‌گیری جریان به عواملی مانند دقت مورد نیاز، هزینه، الزامات حفاظتی و نگهداری، ملاحظات هیدرولیکی، تطبیق با شرایط بهره‌برداری و ... بستگی دارد. هدف از این تحقیق مقایسه کاربردی روش‌های مختلف اندازه‌گیری پارامترهای هیدرولیکی جریان در شبکه‌های آبیاری در حال بهره‌برداری به منظور تعیین مناسب‌ترین ابزار جهت اندازه‌گیری دبی می‌باشد. در این تحقیق دستگاه مکانیکی مولینه (MO)، دستگاه الکترونیکی دبی سنج پرتابل التراسونیک مجهز به ارتفاع‌سنج فشاری (CC) و دستگاه الکترونیکی دبی سنج راداری مجهز به ارتفاع‌سنج التراسونیک (OFR) در یک نقطه مشترک و ثابت در کانال ساحل چپ شبکه آبیاری و زهکشی مهاباد (LMC) در سه تراز سطح آب ۰/۶، ۱ و ۱/۲ متری مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد تغییرات متوسط دبی محاسباتی ادوات اندازه‌گیری MO، CC و OFR در تراز ۰/۶ و ۱ متری در حدود ۲۳٪ گردید. در تراز ۱/۲ متری به دلیل افزایش گذر حجمی جریان، تشکیل امواج سطحی و الگوی جریان مناسب؛ تغییرات دبی دستگاه‌های OFR و CC کمتر از ۵٪ بوده که بر اساس ماهیت سنجش تجهیزات نشان از دقت قابل قبول هر دو می‌باشد. ضمناً می‌توان اذعان نمود که دستگاه OFR با کالیبراسیون دوره‌ای توسط دستگاه CC می‌تواند به‌عنوان ابزاری مفید در سنجش پارامترهای دبی، سرعت و ارتفاع سطح آب استفاده گردد.

واژگان کلیدی: ارزیابی، اندازه‌گیری، پارامتر هیدرولیکی، دبی سنج راداری، دبی سنج التراسونیک، مولینه

[۱]* - نویسنده مسئول و دانشجوی دکتری علوم و مهندسی منابع آب، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. Email:Samadian.Morteza@gmail.com

[۲] - دانش آموخته دکتری سازه های آبی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.

[۳] - دانش آموخته دکتری علوم و مهندسی منابع آب، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

مقدمه

سنجش به معنی برداشت و ذخیره اطلاعات معنی‌دار در خصوص پارامترهای مورد نظر است. علاوه بر قرائت مستقیم، امروزه با در دسترس بودن فناوری رایانه‌ای، مطلوب‌ترین و مؤثرترین سیستم‌های سنجش به طریقی که اطلاعات مورد نظر با فواصل زمانی کوتاه و عملاً بدون وقفه در اختیار کاربران قرار گیرد نیز روز به روز گسترش می‌یابد. همچنین سازه‌ها، تجهیزات و ادوات اندازه‌گیری بر اساس شناخت رفتار جریان آب در مجرایی معین و در واحد زمان، طراحی و ساخته شده یا می‌شوند. یکی از مهم‌ترین شاخص‌ها جهت مدیریت کمی آب، اندازه‌گیری پارامترهای هیدرولیکی و پایش آن به وسیله مناسب‌ترین سازه یا ابزار اندازه‌گیری پارامترهای هیدرولیکی می‌باشد. طرح‌های ارزیابی وضعیت آبیاری، به عنوان بخشی از مدیریت و ارزیابی تقاضا، عامل مهمی در استفاده کارآمد و مؤثر از منابع آبی و به حداقل رساندن تلفات آب هستند (Asres 2016). اندازه‌گیری پارامترهای هیدرولیکی جریان آب از جمله عمق، سرعت و دبی جریان در کانال‌ها از اولین ضروریات مدیریت مناسب آب می‌باشد. به رغم وجود انواع سازه‌های اندازه‌گیری، تحقیق بر روی سازه‌هایی با مزایای نسبی بیشتر و معایب نسبی کمتر همچنان ادامه دارد. بالاترین مقدار مصرف آب در کشور متعلق به بخش کشاورزی است و هر بهبود اندکی در مدیریت و بهره‌برداری آب آبیاری در این بخش انجام شود، نتایج بهتری را به دنبال خواهد داشت. اعمال مدیریت بر مصارف آب در بخش کشاورزی ضرورتی اجتناب‌ناپذیر است که بدون مشارکت کشاورزان و کنترل میزان برداشت‌ها از منابع آبی امکان‌پذیر نیست. دستیابی به این مهم بدون توجه به تجهیزات اندازه‌گیری جریان آب و تحویل حجمی آب ناممکن خواهد بود؛ بنابراین برای کنترل میزان برداشت آب توسط کشاورزان، می‌توان با استفاده از دستگاه‌های اندازه‌گیری و تحویل آب، ضمن تحقق اهداف مدیریتی بخش آب، پتانسیل بالایی را در ذخیره و حفظ منابع آب فراهم کرد (Kianmehr et al. 2016). به عبارتی دیگر این امر موجب تسهیل در استقرار نظام حسابداری آب و شفاف‌سازی در دریافت آب‌بها گردیده و امکانات پایه‌ای برای برنامه‌ریزی استفاده بهینه از آب را فراهم می‌نماید (Program and budget publication number 833, 2021). در کشور ما هرچند اکثر شبکه‌ها مجهز به تنظیم‌کننده‌های سطح آب و دریچه‌هایی با توان تحویل حجمی آب به مصرف‌کننده هستند، اما در بیشتر شبکه‌های آبیاری کشور تحویل آب به مصرف‌کننده و دریافت آب‌بها متناسب با وسعت سطوح زیر کشت انواع محصولات انجام پذیرفته و دقت کنترل حجم آب تحویلی به مصرف‌کننده، از میزان بالایی برخوردار نیست. از طرفی چون مصرف‌کنندگان برای واحد حجم آب پول پرداخت نمی‌کنند، اهمیت چندانی به کاهش آب مصرفی نمی‌دهند. با این اوصاف فرآیند تحویل حجمی آب نیازمند به‌کارگیری هم‌زمان سه موضوع مدیریت توزیع آب متناسب با تحویل حجمی، تجهیزات لازم برای اندازه‌گیری و کنترل حجم آب تحویلی و تولید اطلاعات و کاربرد آن در نظام تحویل حجمی آب است. با این هدف اندازه‌گیری دبی، مبنای توزیع دقیق آب و مدیریت اصولی بهره‌برداری در شبکه‌های آبیاری است که باید به‌وسیله تجهیزات و ادوات مربوطه با دقت مناسب سنجش گردد. (Morlock et al. 2002) با انجام ارزیابی میدانی در شبکه‌های آبیاری به این نتیجه رسیدند که جهت عملکرد هرچه بهتر این ابزار، بهتر است که کالیبراسیون در محل نصب نیز صورت پذیرد. (Lozano et al. 2009) به ارزیابی عملکرد دو نوع ابزار اندازه‌گیری دبی شامل زمان- گذر و داپلر در شبکه‌های آبیاری اسپانیا پرداختند. نتایج آنان نشان داد که هر دو روش دارای دقت بالایی بوده و دبی عبوری را به خوبی اندازه‌گیری نموده است؛ اما نوع داپلری که در کف کانال نصب گردیده بود به دلیل اینکه رسوبات و آشغال بر روی آن جمع می‌گردید دو بار در طول فصل آبیاری نیازمند پاک‌سازی و نصب مجدد بود در حالی که نوع زمان- گذر نصب شده در دیواره کانال، در طول فصل آبیاری به طور پیوسته و بدون نیاز به تنظیم و نصب مجدد عملکرد مناسب‌تری داشته است. در مطالعه دیگری (Barkhordari et al. 2020) پتانسیل دستگاه‌های کنترل خودکار را برای کاهش هم‌زمان تلفات نشت و بهبود عملکرد بهره‌برداری سازه‌ها بررسی کردند. برای دستیابی به این هدف، یک مدل نشت با یک مدل شبیه‌سازی بهره‌برداری ادغام شد. توانایی مدل‌های یکپارچه برای شبیه‌سازی کاهش تلفات برای کانال اصلی یک منطقه آبیاری در جنوب غربی اوکلاهاما در

ایالات‌متحده آزمایش شد. (Mohammadi et al. 2019) به کمک دستگاه دبی سنج صوتی در ۴۰ نقطه منتخب در شبکه آبیاری و زهکشی ورامین به بررسی عملکرد انتقال آب کانال پرداختند. نتایج حاکی از آن بود که اولاً استفاده از ابزار صدرالاشاره در این مطالعه دقت مناسبی را برای تعیین تلفات نشت و بازده انتقال آب فراهم نموده است. ثانیاً راندمان انتقال برای کانال‌های شبکه اصلی، درجه دو و سه در یک کیلومتر اول به ترتیب ۹۵، ۹۱/۵ و ۸۹/۳ درصد است. در پژوهشی دیگر در شبکه آبیاری و زهکشی زرینه‌رود؛ به منظور تعیین مناسب‌ترین مکان کالیبراسیون سازه LTF از دبی سنج پروفایلر همبستگی متقاطع[۴] استفاده استفاده و به کمک مدل ریاضی HEC-RES تغییرات سطح تراز جریان شبیه‌سازی و نتایج حاکی از آن بود که درصد انحراف شیب تراز انرژی نسبت به شیب کف کانال در حد فاصله ۱۵ متری پائین‌دست سازه فلوم در سناریوهای مختلف تغییرات بازشدگی دریچه در حدود ۰/۳۳ و ۰/۶۷ درصد بوده که نشان از شرایط پایدار جریان دارد. همچنین با توجه به داده‌های ثبت شده توسط دستگاه CC، مشاهده گردید که تغییرات دبی اندازه‌گیری شده در بازه‌ای که اختلاف تراز خط انرژی با شیب کف کم است؛ ناچیز بوده و عملاً مقادیر آن تثبیت گردیده که نشان از موقعیت مناسب بازه مذکور جهت عملیات کالیبراسیون و تهیه جداول دبی-اشل به کمک فنّاوری پروفایلر همبستگی متقاطع (CC) در آن فاصله می‌باشد (Samadian et al. 2019). همچنین در مطالعه‌ای به منظور تعیین رابطه دبی- اشل به کمک فنّاوری پروفایلر از نوع همبستگی متقاطع (CC) میزان دقت این دستگاه در تعیین رابطه دبی-اشل چهار سازه فلوم گلوبلند مورد ارزیابی قرار گرفت (Mohammadi et al. 2019). در تحقیقی دیگر (Chen and Liu 2020) به منظور مقایسه دقت اندازه‌گیری جریان از سه نوع فلومتر سیستم آکوستیک داپلر[۵]، مخزن یدک‌کش کالیبره شده[۶] و سرعت‌سنج راداری[۷] استفاده نمودند. نتایج نشان داد که RSV می‌تواند به طور مؤثر دبی رودخانه را در جریان کانال باز تخمین بزند. تعریف یک سیستم کنترلی برای به دست آوردن داده‌های هیدرولوژیکی که بتواند سطح رودخانه‌ها و دبی‌ها را تحت کنترل نگه دارد تا از هشدارهای اولیه سیل و مدیریت آب پشتیبانی کند، ضروری است(Paoletti et al. 2023). در تحقیقی (Chen et al. 2012) به اهمیت اندازه-گیری دبی لحظه‌ای در جریانات جزر و مدی بر اساس شاخص سرعت اشاره نمودند. همچنین در پژوهشی دیگر (Bechle and Wu 2014) بر اساس اصل آنتروپی؛ یک روش مبتنی بر آن را برای تخمین دبی رودخانه‌ها بر اساس اندازه‌گیری‌های سرعت سطحی ارائه نمودند. (Scherelis et al. 2020) به منظور توسعه روش‌های استاندارد ارزیابی اثرات زیست‌محیطی (EIA) در استرالیا؛ به کمک دبی سنج داپلر آکوستیک (ADCP) مقدار جریان هدایت شده قبل از توربین به محل تجمع ماهی‌ها را برای یافتن شاخصی برای زیست توده ماهی استفاده نمودند.

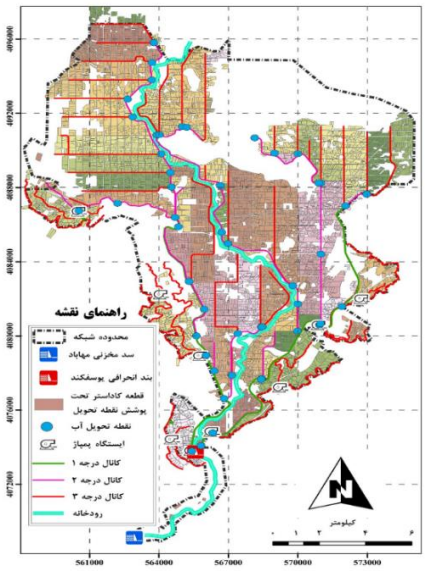
با این تفاسیر در این پژوهش؛ با در نظر گرفتن ضرورت‌های اندازه‌گیری جریان آب از جهات مختلف مانند استفاده بهینه از منابع آب محدود، اعمال مدیریت تقاضا، افزایش بهره‌وری، ارزیابی شبکه آبیاری و زهکشی و تحویل حجمی آب مورد اهمیت است که در هر منطقه میزان اهمیت این عوامل متفاوت است. فراهم شدن امکان مدیریت برنامه‌ریزی کشت، تحقق تحویل حجمی آب و مدیریت منابع آب در دسترس و قابل تحویل به شبکه و نیز زمینه‌سازی برای تعیین آب بهاء بر مبنای حجم آب تحویلی را می‌توان به عنوان بخشی از نتایج و پیامدهای مثبت اندازه‌گیری کمی آب در نظر گرفت. در این راستا از آنجایی که نتایج اندازه-گیری مستمر جریان آب یکی از اساسی‌ترین شاخص‌ها برای ارزیابی عملکرد شبکه می‌باشد، با انجام عملیات هیدرومتری و مقایسه فنی ادوات مختلف مکانیکی و الکترونیکی نسبت به اندازه‌گیری پارامترهای عمق؛ سرعت و دبی جریان آب در شبکه آبیاری در حال بهره‌برداری با هدف تعیین مناسب‌ترین ابزار جهت اندازه‌گیری و پایش مقادیر کمی جریان آب پرداخته شد. برای نیل به این هدف به کمک گراف بازشدگی دریچه کشویی هیدرولیکی بند انحرافی؛ دستگاه‌های مکانیکی مولینه، دبی سنج پرتابل التراسونیک با فنّاوری همبستگی متقاطع مجهز به ارتفاع‌سنج فشاری و دبی سنج راداری مجهز به ارتفاع‌سنج التراسونیک در یک

[۴] Cross Correlation (CC)
[۵] Acoustic Doppler Profiler (ADP)
[۶] Propeller-Type Fowmeters (PTF)
[۷] Radar Surface Velocimeter (RSV)

نقطه مشترک و ثابت در ترازهای مختلف آب مورد ارزیابی قرار گرفتند که در ادامه یادداشت‌های فنی و نتایج حاصله ارائه شده است.

مواد و روش‌ها

شبکه آبیاری و زهکشی مهاباد از جنوب به شهر مهاباد و از غرب و شرق به ارتفاعات منطقه و از شمال به دریاچه ارومیه محدود می‌شود. سد مخزنی مهاباد به عنوان مهم‌ترین سازه آبی این طرح در فاصله کمتر از یک کیلومتری بالادست شهر مهاباد با اهداف تأمین آب مطمئن کشاورزی، کنترل سیلاب‌دشت مهاباد، تأمین آب شرب شهر و تولید برق‌آبی قرار دارد. مطالعات اولیه شبکه آبیاری و زهکشی مهاباد در سال ۱۳۴۱ آغاز و مراحل طراحی و اجرایی آن تا سال ۱۳۵۷ به پایان رسیده و بهره‌برداری از پروژه آغاز گردید. این شبکه در حال حاضر با وسعت حدود ۱۲۰۸۷ هکتار در حال بهره‌برداری (۹۴٪ اراضی زراعی و باغی و ۶٪ آیش، مرتع و مسکونی) دارای پتانسیل بالا جهت تولید محصولات کشاورزی بوده و رودخانه مهاباد چای منبع اصلی تأمین آب شبکه و تغذیه‌کننده سفره آب زیرزمینی می‌باشد. شبکه آبیاری و زهکشی مهاباد بعد از بند انحرافی یوسف کند، شامل کانال‌های اصلی RMC و LMC و کانال‌های درجه دو RC2-1، RC2-2، RC2-3، RC2-4 و RC2-5 در ساحل راست و LC2-1، LC2-2، LC2-3، LC2-4، LC2-5 و LC2-6 در ساحل چپ می‌باشد. همچنین کانال‌های درجه ۳ به تعداد ۱۸ رشته در ساحل راست (RC3-2-1…RC3-5-3) و ۱۶ رشته در ساحل چپ (LC3-1-1…LC3-6-0) وجود دارد. زهکش‌های اصلی این شبکه نیز شامل RMD-8، RMD-9، RMD-12 و RMD-13 در ساحل راست و زهکش‌های LMD-18b، LMD-19 در ساحل چپ را تشکیل می‌دهند. زهکش‌ها عمدتاً وظیفه جمع‌آوری زه آب زهکش‌های درجه ۳ و تخلیه آن‌ها به رودخانه مهاباد و نهایتاً به دریاچه ارومیه را بر عهده دارند. در شکل (۱) نمایی از موقعیت بند انحرافی، کانال‌های اصلی ساحل راست و چپ شبکه آبیاری و زهکشی مهاباد ارائه شده است.



شکل (۱): نمایی از موقعیت بند انحرافی، کانال‌های اصلی ساحل راست و چپ شبکه آبیاری و زهکشی مهاباد

- انتخاب کاربردی ابزار اندازه‌گیری مناسب

بررسی عملکرد شبکه‌های آبیاری به منظور انجام برنامه-ریزی و بهبود شبکه‌ها و سامانه‌های آبیاری امری ضروری می‌باشد (Sojodi and Hashemi 2021). همان‌طور که در توضیحات قبل بدان اشاره شد؛ اندازه‌گیری دقیق آب تحویلی و آب مصرفی در یک شبکه آبیاری و زهکشی از اهمیت بالایی برخوردار است. ضرورت اندازه‌گیری از منظر امکان برنامه‌ریزی استفاده بهینه از آب، اصلاح برنامه آبیاری، تحویل حجمی آب، بهبود مدیریت تقاضا، مسائل اجتماعی (توزیع عادلانه)، ارزیابی شبکه و برنامه‌ریزی کلان حوضه‌ای حائز اهمیت است (Program and budget publication number 833, 2021). در انتخاب روش‌ها و تجهیزات

اندازه‌گیری آب در شبکه‌های ثقلی و جریان آزاد باید ملاحظات کلی من‌جمله؛ سازگاری سازه انتخابی با حدود تغییرات آبدهی در کانال، توجه به پیوسته یا متناوب بودن جریان، رعایت افت بار هیدرولیکی در اثر کاربرد سازه یا تجهیزات اندازه‌گیری، استاندارد بودن و واسنجی تجهیزات، دقت اندازه‌گیری مورد انتظار، هزینه‌های اولیه و دوره‌ای قابل تأمین برای سازه یا تجهیزات اندازه‌گیری، قابلیت عبور اجسام شناور از سازه یا تجهیزات اندازه‌گیری در صورت لزوم، توجه به رسوب‌گذاری در محل اندازه‌گیری، امنیت و حفاظت سازه یا تجهیزات اندازه‌گیری، سهولت دسترسی و موجود بودن، سهولت به‌کارگیری سازه یا تجهیزات اندازه‌گیری، قابلیت جابه‌جایی سازه یا تجهیزات اندازه‌گیری و نیازهای نگهداری و تعمیرات را در نظر داشت. سازه‌های هیدرولیکی مورد استفاده در شبکه‌های آبیاری و زهکشی یا پیشنهاد داده شده توسط مراجع مختلف برای اندازه‌گیری جریان آب در کانال‌های روباز در دو گروه الف) سازه‌ها و تجهیزات استاندارد شامل: انواع سرریزها، فلوم‌ها، روزنه‌ها، مدول نیرپیک، روش‌های با فنّاوری جدید مانند جریان‌سنج‌های آلتراسونیک، راداری و لیزری و ب) سازه‌ها و روش‌های غیراستاندارد شامل: دریچه کشویی، دریچه قطاعی، جسم شناور، تندآب، کالورت و سیفون قابل طبقه‌بندی است. هر کدام از سازه‌ها و تجهیزات، ویژگی‌هایی دارند که ضروری است مهندسان و کاربران در شبکه‌های در حال بهره‌برداری با امکانات و محدودیت‌های آن‌ها آشنا باشند. روش‌های اندازه‌گیری خودکار بر اساس چگونگی تماس با آب در دو شکل کاملاً متفاوت روش‌های تماسی[۸] من‌جمله ابزارها و تجهیزات اندازه‌گیری تراز سطح آب با استفاده از شناور و پتانسیومتر یا شناور و قرقره (پولی)، با استفاده از هدایت الکتریکی، روش خازنی، روش حسگر فشاری و ... و روش‌های غیر تماسی[۹] من‌جمله روش آلتراسونیک، راداری، لیزری و ... قابل دسترسی و استفاده است. با توجه به اهداف این پژوهش تجهیزات دبی سنجی راداری و التراسونیک گروه (ب) بررسی و ارزیابی شده که در ادامه ملاحظات فنی، نتایج و بحث مقایسه میدانی آن‌ها ارائه شده است (Program and budget publication number 833, 2021).

- روش راداری

مزیت عمده در این روش، مستقل بودن آن از عوامل محیطی است. همچنین از نقطه نظر میزان پهن‌شدگی پالس امواج راداری، این روش برتری قابل توجه به روش‌های دیگر دارد Program and budget publication number 833, 2021). روش اندازه‌گیری امواج راداری، قابلیت انعکاس از مواد سطح بر اساس ثابت دی‌الکتریک مواد است. هرگونه موادی که ثابت دی‌الکتریک بزرگ‌تر از ۲ داشته باشند مانند آب، نفت خام، آمونیاک و ... می‌توانند سیگنال‌های رادار و ماکروویو را منعکس کنند. از طرفی، سیگنال‌های رادار تمایل به عبور از داخل مواد با ثابت دی‌الکتریک کمتر از ۲ مانند آب، بخار، برخی گازها و فوم دارند؛ بنابراین گازها و فوم حداقل تأثیر را روی اندازه‌گیری‌های راداری دارند. پرتو راداری از قسمت انتهایی سنسور که با زاویه مشخص نسبت به سطح جریان نصب شده است، منتقل می‌شود. این پرتو منتقل‌شده، با مایع تماس پیدا کرده و بخشی از سیگنال انتقال‌یافته با فرکانسی متفاوت نسبت به سیگنال انتقال‌یافته منعکس می‌شود. سیگنال‌های برگشتی به سمت منبع ارسالی برگردانده شده و فرکانس این سیگنال‌ها با فرکانس سیگنال‌های انتقال‌یافته مقایسه می‌شوند. تفاوت فرکانس‌ها، امکان اندازه‌گیری مستقیم سرعت و مسیر ذرات جریان را فراهم می‌سازد. فلومترهای مخصوص کانال‌های باز که راداری هستند، نیاز به میزانی زبری جهت انعکاس قسمتی از امواج ارسالی دارد. امواج راداری ارسالی دارای طول موج ۲۴ گیگاهرتز می‌باشند. این فرکانس به علت کوتاه بودن طول‌موج که امکان اندازه‌گیری سرعت با حداقل اختلاط را می‌دهد، انتخاب شده است. پردازش سیگنال برگشتی از سطح جریان توسط مدار پردازشگر پیچیده انجام می‌شود. این مدار پردازشگر تبدیل فوریه یا بر اساس معادلات سنت-ونانت، نمونه‌هایی از سیگنال‌های بازگشتی

[۸] Contact Method

[۹] Non-Contact Method

را دریافت و این سیگنال‌ها را به طیف‌های انرژی (این طیف‌ها مکان‌هایی را که حداکثر میزان انرژی را دارند تعریف می‌کنند) و در نتیجه میزان سرعت تبدیل می‌کند. ارتفاع سیال نیز با استفاده از یک سنسور سطح (اولتراسونیک، رادار یا فشار) اندازه‌گیری می‌شود و با توجه به سطح مقطع، حجم عبوری با استفاده از معادله پیوستگی ($Q = A.V$) در واحد زمان محاسبه می‌شود.

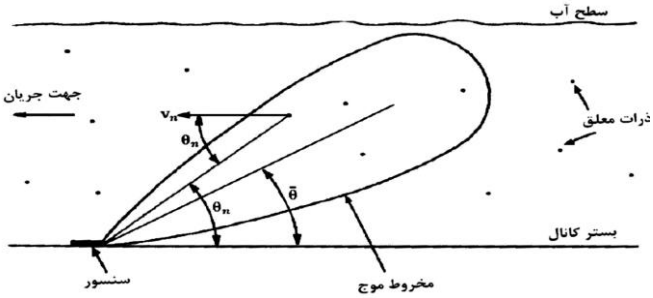
- روش داپلر

یکی از روش‌های شناخت جریان و به دست آوردن اطلاعات مربوط به آن؛ امواج التراسونیک می‌باشد. در این روش، فاصله عنصر اندازه‌گیری تا سطح آب از طریق زمان رفت و برگشت امواج صوتی صورت می‌گیرد. در دبی سنجی با امواج التراسونیک، از امواجی با فرکانس ۲۰ کیلوهرتز تا ۲/۴۵ مگاهرتز جهت سنجش میزان حجم سیال بکار می‌رود. به عبارتی دیگر روش اندازه‌گیری سرعت در این فنّاوری بر اساس پدیده‌ای است که نخستین بار توسط "کریستسن داپلر" در سال ۱۸۴۳ تحت عنوان قانون داپلر معرفی گردید. اصول اثر داپلر در واقع تفاوت یا تغییر در فرکانس‌های ارسالی و دریافتی موج‌ها به یک شیء در حال حرکت است. در این روش دستگاه شامل یک فرستنده و یک گیرنده می‌باشد (Samadian et al. 2019). بر این اساس سرعت ذره در حال حرکت در آب از رابطه (۱) به دست می‌آید:

$$v_n = \frac{f_D c}{2 f_s \cos\theta_n} \qquad (۱)$$

که در آن، v_n: سرعت نسبی بین موج صوتی ارسال شده از منبع و بازتابش شده توسط ذره n، f_D :تغییر فرکانس ایجاد شده توسط ذره n، f_s:فرکانس امواج ساطع شده از فرستنده، c :سرعت امواج التراسونیک در آب و زاویه بین خط سیر حرکت ذرات معلق و باریکه موج.

در شکل (۲)؛ اصول اندازه‌گیری در دبی سنج‌های داپلری ارائه شده است.



θ_n : زاویه حرکت ذره و سنسور، $\bar{\theta}$: زاویه محور موج و جهت جریان، θ_w: عرض موج

شکل (۲): اصول اندازه‌گیری در دبی سنج‌های داپلری (ISO 15769. 2019).

در تکمیل توضیحات صدرالاشاره، در دبی سنج‌های داپلری پروفایلر از نوع همبستگی متقاطع (CC) در واقع نوعی عکس‌برداری از کل مقطع جریان صورت می‌گیرد. اساس کار این نوع پروفایلر به این صورت است که یک موج التراسونیک با یک زاویه مشخص و معین به درون آب ساطع می‌گردد. امواج التراسونیک توسط ذرات معلق موجود در آب بازتابش شده و بازتابش آن توسط سیستم دریافت می‌گردد. سیگنال دریافتی با توجه به اندازه شکل ذره بازتابنده، دارای شکل خاص خود خواهند بود. این سیگنال‌های دریافتی توسط پردازشگر دیجیتالی سیگنال پردازش شده و ذخیره می‌گردند (شکل ۳-الف). پس از یک زمان مشخص، یک موج التراسونیک دیگر به داخل جریان آب ساطع می‌گردد. در سطوح مختلف جریان، سرعت جریان متفاوت است لذا ذرات بازتابنده متناسب با فاصله آن‌ها از کف کانال، نسبت به اندازه‌گیری قبلی به جلوتر حرکت کرده‌اند. نتیجه یک تصویر تحریف شده از ذرات بازتابنده خواهد بود (شکل ۳-ب) این دو نمونه موج بازتابش شده توسط پردازشگر دیجیتالی سیگنال با استفاده از روش همبستگی عرضی، به طور اتوماتیک جهت تعیین تشابهات میان آن‌ها، چک می‌گردند. تمامی سیگنال‌های غیر متشابه

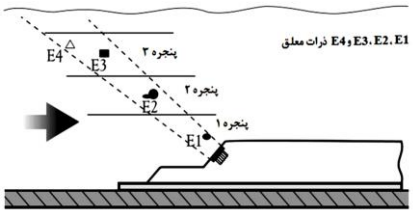
حذف گردیده تا تنها دو سیگنال کاملاً متشابه باقی بماند. تعداد زیادی از پنجره‌های اندازه‌گیری بر حسب ارتفاع آب با استفاده از این روش مورد آنالیز قرار می‌گیرند. در نهایت در هر پنجره، دو موج مشابه تعیین شده و تفاوت زمانی آن‌ها محاسبه می‌گردد (شکل ۳-ج) (Morlock et al. 2002). با توجه به اینکه سطح آب در هر لحظه توسط سنسور عمق سنج اندازه‌گیری می‌شود، موقعیت هر پنجره و اندازه آن متناسب با عمق جریان مشخص است. با مشخص بودن زاویه تابش موج و سرعت موج التراسونیک، زمان شروع و پایان هر پنجره مشخص می‌باشد. در نهایت بر اساس زاویه تابش موج، اختلاف زمانی ارسال دو موج و تفاوت الگوی سیگنال در پنجره‌ها، پروفیل سرعت به دست می‌آید. در نهایت با استفاده از مدل‌های ریاضی، الگوی سه‌بعدی پروفیل جریان استخراج می‌گردد (Samadian et al. 2019). ضمناً از آنجایی که در روش داپلر دستگاه بر اساس اندازه‌گیری میزان اغتشاش در موج ارسالی (تغییر در فرکانس ارسالی) دبی را محاسبه می‌نماید، دستگاه بیشترین اغتشاش دریافتی (تغییر فرکانس) را مبنای سرعت جریان قرار می‌دهد. لذا با توجه به اینکه بر اساس پروفیل سرعت جریان، سرعت در تمام ارتفاعات جریان یکسان نیست، این سرعت تنها تخمینی از سرعت متوسط هست. همچنین در صورت تغییر رژیم جریان عبوری کالیبراسیون مجدد دستگاه بر مبنای پروفیل جدید جریان ضروری می‌باشد، در غیر این صورت خطای اندازه‌گیری به طرز محسوسی افزایش می‌یابد؛ بنابراین در این شرایط مزیت استفاده از فنّاوری CC نمود می‌یابد. در شکل (۳) نحوه عملکرد فنّاوری همبستگی متقاطع ارائه شده است (Samadian et al. 2019).

با در نظر گرفتن مطالب ذکر شده و عوامل ناسازگار با عملکرد مناسب این ادوات، داشتن انتظار واقع‌گرایانه از دقت این ابزار حائز اهمیت است. در عمل، به‌ندرت با شرایط ایده آل برای مثال طول کافی، مسیر مستقیم، سطح مقطع یکنواخت، توزیع یکنواخت سرعت و ذرات مواجه بوده و ممکن است دقت بهتر هرچند که از سوی سازندگان ادعا شود قابل دستیابی نباشد. با این وجود در بسیاری از موارد تکنیک اندازه‌گیری دبی ارائه شده ممکن است بسته به شرایط تنها روش ممکن بوده و عدم قطعیت ٪ ۱۰ و بیشتر نیز قابل قبول باشد (ISO 15769. 2019).

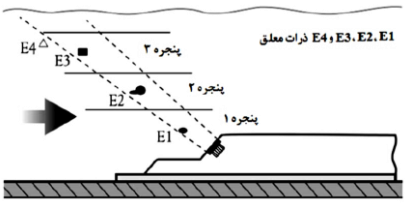
نتایج و بحث

یکی از مهم‌ترین شاخص‌ها جهت مدیریت کمی آب، اندازه‌گیری پارامترهای هیدرولیکی جریان آب است. شناخت و مطالعه هرچه بیشتر ابزارهای اندازه‌گیری جریان آب، دید جامع‌تری جهت به‌کارگیری مناسب‌تر آن‌ها در اختیار ما قرار خواهد داد. لذا اهمیت و ضرورت اندازه‌گیری آب، بررسی محدودیت‌ها، مزایا و معایب هر یک از آن‌ها، بررسی ملاحظات فنی و دیدگاه‌های بهره‌برداری، اجتماعی، اقتصادی و حفاظتی و ... همگی در انتخاب و تعیین مناسب‌ترین سازه یا ابزار اندازه‌گیری پارامترهای هیدرولیکی جریان آب نقش بسزایی خواهند داشت.

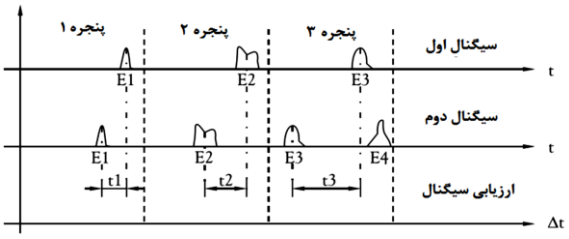
هدف از این بررسی مقایسه فنی ادوات مختلف اندازه‌گیری عمق؛ سرعت و دبی جریان آب در شبکه‌های آبیاری در حال بهره‌برداری و تعیین مناسب‌ترین ابزار جهت اندازه‌گیری دبی می‌باشد. برای نیل به این هدف به کمک گراف بازشدگی دریچه کشویی هیدرولیکی بند انحرافی یوسف کند مهاباد (نام اختصاری: SG)؛ دستگاه‌های مکانیکی مولینه (نام اختصاری: MO)، دبی سنج پرتابل التراسونیک با فنّاوری همبستگی متقاطع و ارتفاع‌سنج فشاری (نام اختصاری: CC) و دبی سنج راداری و ارتفاع‌سنج التراسونیک (نام اختصاری: OFR) در یک نقطه مشترک و ثابت در کانال ساحل چپ شبکه آبیاری و زهکشی مهاباد (LMC) مورد ارزیابی قرار گرفتند. در این تحقیق داده‌های ثبت شده بر اساس ۳ تکرار و دریچه کشویی هیدرولیکی کانال LMC بر اساس منحنی فرمان بند انحرافی و در سه تراز ۰/۶، ۱ و ۱/۲ متری به منظور هدایت آب مخزن بند به داخل کانال اصلی توسط اپراتور گشوده شد. در شکل (۴) نمودار منحنی فرمان و میزان بازشدگی دریچه کشویی هیدرولیکی کانال LMC و در شکل (۵-الف، ب و ج)؛ به ترتیب گزارش تصویری از عملیات هیدرومتری جریان آب در کانال LMC به کمک دستگاه‌های MO، CC و OFR نشان داده شده است.



ب) وضعیت جریان و ذرات معلق در سیگنال ارسالی دوم

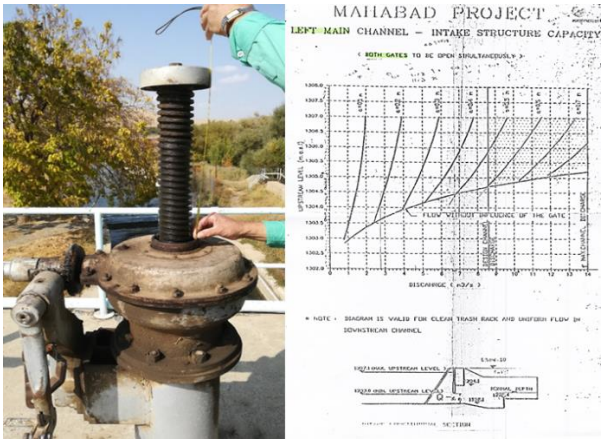


الف) وضعیت جریان و ذرات معلق در سیگنال ارسالی اول



ج) تصاویر سیگنال‌های دریافتی و ارزیابی آن‌ها

شکل (۳): نحوه عملکرد فنّاوری همبستگی متقاطع(Samadian et al. 2019).



شکل (۴): نمودار منحنی فرمان و میزان بازشدگی دریچه کشویی هیدرولیکی کانال LMC

شکل (۵): "الف، ب و ج" به ترتیب نمایی از عملیات هیدرومتری جریان آب در کانال LMC به کمک دستگاه‌های MO، CC وOFR

- گشودگی اول (تراز ۰/۶ متری):

در این وضعیت مقدار دبی کانال بر اساس گراف بند انحرافی ۰/۸ مترمکعب بر ثانیه بوده و متوسط تغییرات پارامترهای هیدرولیکی عمق آب (ΔH)، سرعت (ΔV) و دبی جریان (ΔQ) توسط سه دستگاه MO، OFR وCC بعد از ۳ تکرار مورد سنجش قرار گرفت. مقدار عمق آب اندازه‌گیری شده توسط دستگاه‌های MO، OFR وCC به ترتیب ۰/۵۳۰، ۰/۵۱۰ و ۰/۵۲۷ متر شد. همچنین مقدار سرعت متوسط جریان و دبی عبوری از کانال LMC توسط دستگاه‌های MO، OFR وCC به ترتیب ۰/۴۱۷، ۰/۳۱۰ و ۰/۳۷۰ متر بر ثانیه و ۰/۸۶۰، ۰/۶۰۰ و ۰/۷۰۰ مترمکعب بر ثانیه اندازه‌گیری گردید.

- گشودگی دوم (تراز ۱ متری):

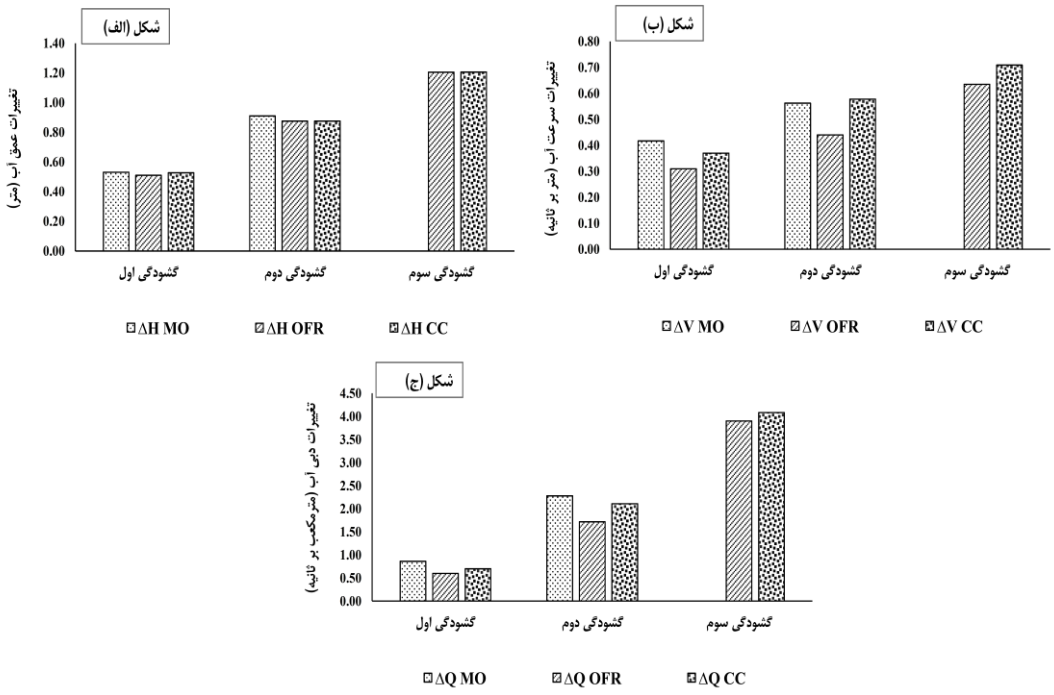
در این وضعیت مقدار دبی کانال بر اساس گراف بند انحرافی ۲ مترمکعب بر ثانیه بوده و متوسط تغییرات پارامترهای هیدرولیکی عمق آب (ΔH)، سرعت (ΔV) و دبی جریان (ΔQ) توسط سه دستگاه MO، OFR و CC بعد از ۳ تکرار مورد سنجش قرار گرفت. مقدار عمق آب توسط دستگاه‌های MO، OFR وCC به ترتیب ۰/۹۱۰، ۰/۸۷۶ و ۰/۸۷۶ متر اندازه‌گیری شد. همچنین مقدار سرعت متوسط جریان و دبی عبوری از کانال LMC توسط دستگاه‌های MO، OFR وCC به ترتیب ۰/۵۶۲، ۰/۴۴۰ و ۰/۵۷۸ متر بر ثانیه و ۲/۲۷۹، ۱/۷۱۵ و ۲/۱۰۶ مترمکعب بر ثانیه اندازه‌گیری گردید.

- گشودگی سوم (تراز ۱/۲ متری):

در این وضعیت مقدار دبی کانال بر اساس گراف بند انحرافی ۴ مترمکعب بر ثانیه بوده و متوسط تغییرات پارامترهای هیدرولیکی عمق آب (ΔH)، سرعت (ΔV) و دبی جریان (ΔQ) توسط سه دستگاه MO، OFR وCC بعد از ۳ تکرار مورد سنجش قرار گرفت. مقدار عمق آب توسط دستگاه‌های OFR وCC به ترتیب ۱/۲۰۵ و ۱/۲۰۶ متر اندازه‌گیری شد. همچنین مقدار سرعت متوسط جریان و دبی عبوری از کانال LMC توسط دستگاه‌های OFR وCC به ترتیب ۰/۶۳۵ و ۰/۷۰۹ متر بر ثانیه و ۳/۹۰۰ و ۴/۰۸۱ مترمکعب بر ثانیه اندازه‌گیری گردید. شایان ذکر است به دلیل افزایش گشودگی دریچه کشویی بند انحرافی و افزایش سرعت جریان آب؛ میزان ورود خزه و جلبک از مخزن بند انحرافی به کانال LMC شدت یافته و باعث گیرکردن به پروانه مولینه شد. عملاً شواهد حاکی از آن بود که در این حالت دستگاه MO عملکرد نداشته و امکان ادامه سنجش پارامترهای عمق آب، سرعت و دبی جریان میسر نشد.

در شکل (۶-الف، ب و ج)؛ به ترتیب نتایج اندازه‌گیری پارامترهای هیدرولیکی جریان آب (تغییرات عمق، سرعت و دبی) در کانال LMC در سه وضعیت گشودگی اول، دوم و سوم به کمک دستگاه‌های MO، OFR وCC نشان داده شده است. یکی از موضوعات مهم در هر پژوهش بررسی درصد تغییرات (افزایش یا کاهش) یک متغیر اندازه‌گیری در مراحل مختلف بررسی است. در جدول (۱) مقادیر متوسط ثبت شده توسط هر سه دستگاه و در حالات مختلف گشودگی دریچه کشویی و در جدول (۲) مقایسه دو به دو هر یک از دستگاه‌های اندازه‌گیری ارائه شده است. به عنوان مثال بر اساس این جدول مشاهده می‌گردد درصد تغییرات داده‌های برداشت شده عمق جریان در گشودگی اول توسط MO و OFR در حدود ۳/۹۲ درصد می‌باشد.

در خصوص بررسی تغییرات عمق جریان آب در هر سه دستگاه MO، CC و OFR، مشاهده شد در هر سه وضعیت گشودگی، میانگین تغییرات پارامتر زیر ۳٪ بوده که نشان از عملکرد دقیق سنسور ارتفاع‌سنج التراسونیک دبی سنج راداری، سنسور ارتفاع‌سنج فشاری دبی سنج پرتابل التراسونیک و میله مدرج مولینه دارد.



شکل (۶): "الف، ب و ج" به ترتیب نتایج اندازه‌گیری پارامترهای هیدرولیکی جریان آب (تغییرات عمق، سرعت و دبی) در کانال LMC در سه وضعیت گشودگی اول، دوم و سوم به کمک دستگاه‌های MO، OFR وCC

جدول (۱): مقادیر متوسط ثبت شده توسط هر سه دستگاه و در حالات مختلف گشودگی دریچه کشویی

تراز سطح آب (متر)	دستگاه اندازه‌گیری	عمق متوسط در بستر کانال (متر)	سرعت متوسط جریان (متر بر ثانیه)	دبی (مترمکعب بر ثانیه)	دبی گراف (مترمکعب بر ثانیه)	درصد خطا
۱	MO	۰/۵۳۰	۰/۴۱۷	۰/۸۶۰	۰/۸۰۰	۷/۵۰
	OFR	۰/۵۱۰	۰/۳۱۰	۰/۶۰۰		-۲۵
	CC	۰/۵۲۷	۰/۳۷۰	۰/۷۰۰		-۱۲/۵۰
۲	MO	۰/۹۱۰	۰/۵۶۲	۲/۲۷۹	۲/۰۰۰	۱۳/۹۵
	OFR	۰/۸۷۶	۰/۴۴۰	۱/۷۱۵		-۱۴/۲۵
	CC	۰/۸۷۶	۰/۵۷۸	۲/۱۰۶		۵/۳۱
۳	MO	در این عمق به دلیل وجود خزه در داخل آب امکان اندازه‌گیری میسر نشد.			۴/۰۰۰	-
	OFR	۱/۲۰۵	۰/۶۳۵	۳/۹۰۰		-۲/۵۰
	CC	۱/۲۰۶	۰/۷۰۹	۴/۰۸۱		۲/۰۳

همچنین در مقایسه دو به دو دستگاه‌ها بیشترین قطعیت تغییرات عمق آب بین دو دستگاه MO و CC می‌باشد. در خصوص بررسی تغییرات سرعت آب در هر سه دستگاه MO، CC و OFR، مشاهده شد در هر سه وضعیت گشودگی، متوسط تغییرات پارامتر سرعت کمتر از ۲۰٪ بوده که با مقایسه دو به دو دستگاه‌ها بیشترین قطعیت تغییرات عمق آب بین دو دستگاه OFR و CC در وضعیت گشودگی سوم (در حدود ۱۰٪) و زمانی که کانال دارای عمق آب بیشتری است می‌باشد.

جدول (۲): مقایسه دستگاه‌های مورد ارزیابی در حالات مختلف گشودگی دریچه کشویی

دستگاه	درصد تغییرات پارامترها در گشودگی اول			درصد تغییرات پارامترها در گشودگی دوم			درصد تغییرات پارامترها در گشودگی سوم		
	ΔH (m)	ΔV (mps)	ΔQ (cms)	ΔH (m)	ΔV (mps)	ΔQ (cms)	ΔH (m)	ΔV (mps)	ΔQ (cms)
MO-OFR	۳/۹۲	۳۴/۵۲	۴۳/۳۳	۳/۹۴	۲۷/۷۳	۳۲/۸۹	-	-	-
CC-OFR	۳/۲۵	۱۶/۲۲	۱۴/۲۹	۰/۰۰	۲۳/۸۱	۱۸/۵۸	۰/۰۴	۱۰/۴۱	۴/۴۴
MO-CC	۰/۵۵	۱۲/۷۰	۲۲/۸۶	۳/۹۴	۲/۶۸	۸/۲۰	-	-	-

بر اساس رابطه پیوستگی با بررسی تغییرات دبی جریان آب در هر سه دستگاه MO، CC و OFR، نتایج حاکی از آن بود که متوسط تغییرات دبی در وضعیت گشودگی اول و دوم در حدود ۲۳٪ بوده که با افزایش عمق آب در کانال، ایجاد تلاطم در سطح آب (تشکیل موج‌های سینوسی) و ذرات معلق در آن در گشودگی سوم؛ تغییرات دبی در مقایسه دو به دو تجهیزات اندازه‌گیری در دو دستگاه OFR و CC کمتر از ۵٪ بوده که نشان از دامنه دقت قابل قبول می‌باشد. ضمناً بر اساس مطالب فوق و جدول (۱) مشاهده گردید درصد خطای دبی محاسباتی با دبی مشاهداتی (عدد گراف بند انحرافی در سه تراز ۰/۶، ۱ و ۱/۲ متری) در تراز ۱/۲ کمترین مقدار را داشته که معید این مطلب است که عملکرد دستگاه‌های الکترونیکی CC و OFR در مواقعی که عمق آب در کانال بیشتر باشد به دلیل نوسان سطح آب و هد فشاری بیشتر دقت ثبت داده‌ها بیشتر خواهد بود. شایان‌ذکر است این روند در هر ۳ تکرار مشاهده شد.

نتیجه‌گیری

در شبکه‌های آبیاری و زهکشی به منظور برنامه‌ریزی و شناخت مسائل بهره‌برداری، ارزیابی دوره‌ای عملکرد شبکه‌های آبیاری و زهکشی از جنبه‌های گوناگون ضرورت دارد و بخشی از آن را ارزیابی عملکرد هیدرولیکی پس از ساخت و در دوران بهره‌برداری تشکیل می‌دهد. در این راستا تجهیزات اندازه‌گیری آب در نقاط و موقعیت‌های مختلف منتخب در گستره شبکه‌های آبیاری و زهکشی نقش بسزایی در ارزیابی دارد. بنابراین فرآیند ارزیابی سریع سامانه اندازه‌گیری آب در پروژه‌های آبیاری، برنامه کوتاه‌مدت جمع‌آوری و تجزیه‌وتحلیل داده‌های میدانی و ستادی است. با توجه به توضیحات ارائه شده و نتایج به دست آمده موارد ذیل حائز اهمیت می‌باشند:

- از نظر دیدگاه بهره‌برداری به منظور پایش مقدار جریان آب ورودی به شبکه‌های اصلی آبیاری، دستگاه دبی سنج راداری مجهز به سنسور ارتفاع‌سنج التراسونیک (OFR) در صورت رعایت تمهیدات حفاظتی و نصب در موقعیت مناسب (طبق دستورالعمل کارخانه سازنده) می‌تواند به عنوان ابزاری مفید در سنجش پارامترهای هیدرولیکی جریان آب مثمر ثمر باشد. از جمله ویژگی‌های بهره‌برداری این دستگاه نصب در خارج از کانال بوده که می‌توان در فصول غیر آبیاری نسبت به جمع‌آوری آن اقدام نمود. همچنین در این وسیله مشکلات ناشی از لایروبی کانال به بیل مکانیکی و احتمال تخریب آن عملاً وجود نخواهد داشت. در صورتی که در دستگاه‌های ترانزیت تایم منصوبه در جداره کانال‌ها احتمال سرقت و تخریب وجود خواهد داشت.
- دستگاه دبی سنج پرتابل التراسونیک با فنّاوری همبستگی متقاطع و ارتفاع‌سنج فشاری (CC)، به عنوان ابزاری پرتابل و قابل حمل با دقت بالا (در صورت نبود خطای انسانی) به منظور انجام عملیات کالیبراسیون سایر دستگاه‌ها من‌جمله OFR و سازه‌های هیدرولیکی موجود (من‌جمله فلوم گلوبلند) و تعیین رابطه دبی- اشل کاربرد

دارد. همچنین از این دستگاه می‌توان در نقاط تحویل به منظور صحت سنجی مقدار حجم آب عبوری با جداول دبی-اشل استفاده نمود.

- دستگاه سرعت‌سنج مولینه (MO)، به عنوان ابزاری مکانیکی از قدیم‌الایام در عملیات هیدرومتری کانال‌های روباز و رودخانه‌ها کاربرد داشته و دارد. ولی در این بررسی مشاهده شد در صورت وجود خزه و جلبک در داخل آب و احتمال گیرکردن به پروانه مولینه امکان اندازه‌گیری وجود نخواهد داشت. ضمناً در این وسیله اهمیت حرفه‌ای بودن اپراتور بسیار حائز اهمیت است.

- تجهیزات اندازه‌گیری التراسونیک و راداری همانند سایر دستگاه‌ها دارای معایب (من‌جمله قیمت اولیه و نگهداری) و مزایایی (من‌جمله دقت بالا و خطای کمتر) بوده و بسته به شرایط عملکردی و نحوه استفاده از آن دارای دقت و کارایی متفاوتی خواهد بود. اگرچه این تجهیزات تقریباً نوپا و جدید تلقی می‌شود ولی با اندکی دقت در انتخاب آن برای اندازه‌گیری تجهیزات، کالیبراسیون و صحت‌سنج مناسب، می‌توان به‌دقت دلخواه دست یافت.

– به همان اندازه که انتظار دقت بالا از تجهیزات اندازه‌گیری الکترونیکی وجود دارد، به همان اندازه نیز ضروری است که در نگهداری و حفاظت این تجهیزات دقت و تمهیدات کافی به کار بسته شود.

منابع

1. Asres, Sisay B. 2016. Evaluating and enhancing irrigation water management in the upper Blue Nile basin, Ethiopia: The case of Koga large scale irrigation scheme. Agricultural Water Management, 170(C): 26-35. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.10.025.
2. Barkhordari S., Shahadany S.H., Taghvaeian S., Firoozfar A.R., and Maestre J.M. 2020. Reducing losses in earthen agricultural water conveyance and distribution systems by employing automatic control systems. Computers and Electronics in Agriculture, 1(168), 105-122. https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.105122.
3. Bechle, A. J., and Wu, C. 2014. An entropy-based surface velocity method for estuarine discharge measurement. Water Resources Research, 50, 6106–6128. https://doi.org/10.1002/2014WR015353.
4. Chen, FW., and Liu, CW.2020. Assessing the applicability of flow measurement by using non-contact observation methods in open channels. Environmental Monitoring and Assessment, 192(5), 289. https://doi.org/10.1007/s10661-020-8226-1.
5. Chen YC, Yang TM, Hsu NS and Kuo TM. 2012. Real-time discharge measurement in tidal streams by an index velocity. Environ Monit Assess, 184(10):6423-36. doi: 10.1007/s10661-011-2430-y. Epub 2011 Nov 29. PMID: 22124583.
6. Deputy of Technical, Infrastructure and Production Affairs & Department of Technical & Executive Affairs, Consultants and Contractors (Program and budget publication number 833). 2021. Selection and Operation Criteria for Water Measuring Equipment in Irrigation and Drainage Networks, Plan and Budget Organization, Iran. p. 31–43 (In Persian)
7. ISO 15769 .2010. Hydrometry - Guidelines for the application of acoustic velocity meters using the Doppler and echo correlation methods.
8. Kianmehr H., Jangi Marni A., Najafi B., and Ramezani H. 2016. The use of flow measurement method equipped with data transmission tool in irrigation networks, 15th Iranian Hydraulic Conference, Technical and Engineering Faculty, Imam Khomeini International University. Qazvin, Iran. (In Persian)

9. Lozano D. and Mateos L. 2009. Field evaluation of ultrasonic flow meters for measuring water discharge in irrigation canals. Irrigation and Drainage. 58: 189–198.
10. Mohammadi, A., Parvaresh Rizi, A., and Abbasi, N. 2019. Field measurement and analysis of water losses at the main and tertiary levels of irrigation canals: Varamin Irrigation Scheme, Iran. Global Ecology and Conservation, 1(18), e00646. https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00646
11. Mohammadi J., Akbarian H., Samadian M. 2019. Determining the Discharg-Height relationship using cross correlation profiler technology. 3rd Iranian National Conference on Hydrology. University of Tabriz,Tabriz, Iran. (In Persian).
12. Morlock S.E., Nguyen H.T., and Ross J.H. 2002. Feasibility of Acoustic Doppler Velocity Meters for the Production of Discharge Records from US Geological Survey Stream Flow-Gauging Stations. Water Resources Investigations Report, 01-4157, Denver, Colorado. https://doi.org/10.3133/wri20014157.
13. Paoletti M., Pellegrini M., Belli A., Pierleoni P., Sini F., Pezzotta N., and Palma L.2023. Discharge Monitoring in Open-Channels: An Operational Rating Curve Management Tool. Sensors, 23(4):2035. doi: 10.3390/s23042035.
14. Samadian M., Akbarian H., and Mohammadi J. 2019. Determining the most suitable place for calibration of long throat flume structure using CC profiler and HEC-RAS model, 1th international congress and the fourth national congress of irrigation and drainage of Iran. Urmia, Iran. (In Persian).
15. Scherelis C., Penesis I., Hemer MA., Cossu R., and Wright JT.2020. Dataset for concurrent echo sounder and ADCP measurements at a tidal energy candidate site in Australia. Data in Brief, 31:105873. doi: 10.1016/j.dib.2020.105873.
16. Sojodi Z., and Hashemi Shahdani M. 2021. Review of Water Conveyance and Distribution Efficiency in Irrigation Networks in Iran and its Estimation Methods, Journal of Environmental Research and Technology, 6 (9), 75-87. (In Persian).

Vol (2)
No (1)
Serial Number (3)
Spring-Summer (2023)
Pages:107-120

New Researches in Sustainable Water Engineering

Investigating the Performance of Electronic and Mechanical Measuring Devices in Measuring Flow Hydraulic Parameters (Case Study: Mahabad Irrigation and Drainage Network)

Morteza Samadian *[1], Yaghoub Azhdan[2], Mohammad Ashrafi[3]

DOI: 10.22103/nrswe.2023.21590.1039

Abstract

The exploitation system of irrigation and drainage networks can be effective in choosing the type of measurement tool and its exploitation. The selection of flow measurement tools depends on factors such as required accuracy, cost, protection and maintenance requirements, hydraulic considerations, adaptation to operating conditions, etc. The purpose of this research is to compare the practical methods of measuring the hydraulic parameters of flow in irrigation networks in operation in order to determine the most suitable tool for measuring flow. In this research, the flow meter mechanical device (MO), an electronic portable ultrasonic flow meter device equipped with an pressure altimeter (CC) and electronic radar flow meter device equipped with ultrasonic altimeter (OFR) an common and fixed point in the left bank channel of the irrigation and drainage network Mahabad (LMC) were evaluated at three water levels of 0.6, 1 and 1.2 meters. The results showed that the average flow rate changes of MO, CC and OFR measuring instruments at 0.6 and 1 meter levels were about 23%. At the level of 1.2 meters due to the increase in flow volume, the formation of surface waves and the proper flow pattern; the flow rate changes of OFR and CC devices are less than 5%, which shows the acceptable accuracy of both devices based on the nature of the measurement equipment. In addition, it can be acknowledged that the OFR device with periodic calibration by the CC device can be used as a useful tool in measuring the parameters of flow, velocity and water level height.

Keywords: Evaluation, Measurement, Hydraulic parameter Radar flow meter, Ultrasonic flow meter, Flow meter.

[1]*- Corresponding author and Ph.D. candidate of water resources science and engineering, Tabriz University, Tabriz, Iran. Email: Samadian.Morteza@gmail.com
[2] - Graduated with a PhD in hydraulic structures, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran.
[3] - Graduated with a doctorate in water resources science and engineering, Urmia University, Urmia, Iran.