مجله علمی- پژوهشی
دوره 12، شماره 3، پاییز 1396

ارزیابی عملکرد هیدرولیکی سازه‌های تنظیم و توزیع آب در شبکه آبیاری ورامین

امیر محمدی[1]، عاطفه پرورش‌ریزی[2*]، نادر عباسی[3]

1- دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران
2- استادیار گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج
3- دانشیار پژوهشی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

[*] parvarsh@ut.ac.ir

چکیده- در هر شبکه آبیاری سازه‌های متفاوتی وظیفه تنظیم رقوم آب و همچنین آبگیری را بر عهده دارند. از بین آنها می‌توان به سرریزهای نوک‌اردکی و آبگیرهای مدول نیرپیک اشاره کرد که در بسیاری از شبکه‌های آبیاری کشور به‌کار رفته‌اند. برای بهبود بهره‌برداری از شبکه‌های آبیاری، ارزیابی عملکرد هیدرولیکی این سازه‌ها و اطلاع از کارایی وضع موجود آنها باید جزء برنامه مدیریت بهره‌برداری و نگهداری شبکه آبیاری باشد؛ در حالی که این مهم کمتر مورد توجه مدیران بهره‌برداری قرار گرفته است. هدف از انجام تحقیق حاضر ارزیابی عملکرد فنی و وضعیت بهره‌برداری سازه‌های تنظیم، توزیع و کنترل جریان در شبکه آبیاری ورامین است. به این منظور عملکرد 15 دریچه آبگیر از نوع مدول نیرپیک و هفت سازه تنظیم سطح آب از نوع سرریز نوک‌اردکی، با کاربرد تجهیزات دقیق اندازه‌گیری دبی ارزیابی شد. مقایسه دبی اسمی و دبی اندازه‌گیری شده نشان می‌دهد که دریچه‌های نیرپیک در محدوده‌ی 8-% تا 83% خطا در آبدهی دارند و به طور متوسط 22% بیش از مقدار مورد نظر بهره‌بردار، آب عبور می‌دهند. تنظیم نامناسب سطح آب توسط سازه نوک‌اردکی، انباشت رسوب و فرار آب از حاشیه دریچه‌های آبگیر، از دلایل اصلی این اختلاف دبی است. سازه‌های تنظیم نیز به‌دلیل عدم خدمات مناسب دچار آسیب‌های ساختاری شده‌اند؛ بطوریکه مقدار متوسط ضریب دبی جریان در سرریزهای نوک‌اردکی به 1/55 افزایش یافته است. بنابراین با رفع مشکلات فنی و نگهداری که در نتایج این تحقیق آمده است، می‌توان به الگوی مناسبی از توزیع آب رسید.

کلید واژگان: شبکه آبیاری ورامین، دبی طراحی، آبگیر نیرپیک، سرریز نوک‌اردکی، عملکرد هیدرولیکی.

1- مقدمه

احداث شبکه‌های آبیاری و زهکشی مدرن به‌منظور استفاده بهینه از منابع آب، به‌عنوان یک راه‌کار مقابله با وضع بحرانی منابع آب مورد توجه است. در این راستا تاکنون نزدیک به 1/8 میلیون هکتار از اراضی تحت کشت آبی به شبکه‌های مدرن آبیاری و زهکشی مجهز شده‌اند و طی برنامه‌های توسعه کشور این رقم تا حدود 3/5 میلیون هکتار قابل افزایش است. بنابراین هنوز توان بالقوه زیادی برای افزایش سطح زیر کشت و توسعه شبکه‌های مدرن آبیاری و زهکشی وجود دارد. سازه‌های انتقال، تنظیم و توزیع آب یکی از اجزای مهم در شبکه‌های آبیاری هستند که نقش اساسی در تحویل و توزیع عادلانه آب دارند. در حقیقت کارکرد مناسب یک شبکه آبیاری که با هزینه‌های بسیار احداث می‌شود، منوط به عملکرد قابل‌قبول بخش‌های مختلف شبکه و به‌خصوص سازه‌های تنظیم و توزیع آب است. از طرف دیگر شواهد، مستندات و

ارزیابی‌های انجام شده در خصوص عملکرد و وضعیت بهره‌برداری شبکه‌های آبیاری احداث شده نشان می‌دهد که اغلب آنها در مراحل مختلف بهره‌برداری دچار مسائل متعددی هستند و اهداف اولیه آنها تأمین نمی‌شود (کولیوند و حاتم، 1391).

کشورهای در حال توسعه، نیازمند طرح و ارائه روش‌های ارزان قیمت و با فناوری ساده برای توسعه منابع آب و حفاظت از منابع آب موجود هستند. طرح‌های ارزیابی وضعیت آبیاری، به‌عنوان 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). با وجود آنکه ده‌ها سال از آغاز توسعه و بهره‌برداری از شبکه‌های مدرن آبیاری در ایران می‌گذرد، اما تاکنون نظارت عالی بر کارکرد و فعالیت آنها صورت نگرفته است (اسدالهی، 1380). با توجه به اهمیت سازه‌های تنظیم و کنترل، تحقیق بر روی عملکرد و مسائل مربوطه مورد توجه تعداد زیادی از محققان داخلی و خارجی بوده است. با توجه به تأثیر نوسانات سطح آب بر میزان دبی عبوری از آبگیرها، استفاده از کنترل‌کننده‌های سطح آب اهمیت می‌یابد (Burt, 1987). بررسی‌های انجام شده توسط رضوی نبوی (1373) بر ضرایب دریچه‌های نیرپیک در شبکه قزوین نشان داد که بیشترین درصد خطای تغییرات ضرایب هیدرولیکی این دریچه‌ها مربوط به نحوه ساخت دریچه‌ها است. وی پیشنهاد نمود که حداقل هر 5 سال یک بار، مدول‌های نیرپیک واسنجی شوند و از منحنی‌های جایگزین استفاده شود. تحقیقات عباسی (1379) در خصوص راندمان‌های انتقال و توزیع شبکه آبیاری قزوین نشان داد که یکی از مشکلات مهم شبکه آبیاری دشت قزوین، ناشی از بهره‌برداری نادرست از دریچه‌های نصب شده روی کانال‌هاست. دستکاری دریچه‌ها و تنظیم کننده‌های آمیل در این شبکه و مسائل ناشی از گرفتگی دریچه‌ها و استفاده از شیوه‌های نادرست برای حل این مسئله نیز یکی دیگر از مشکلات در شبکه آبیاری دشت قزوین بوده است. اخوان گیگلو و موسوی (1385) ضمن بررسی عملکرد تعدادی از سازه‌های کنترل جریان شبکه آبیاری مغان به این نتیجه رسیدند که بهتر است به‌جای دریچه‌های کشویی از دریچه‌های مدول مثل نیرپیک استفاده شود. پاسبان عیسی‌لو (1385) در تحقیقی که بر روی دریچه‌های تنظیم و آبگیر یکی از کانال‌های شبکه آبیاری مغان انجام داد، نتیجه گرفت که در دریچه‌های اصلی آبگیری، دبی واقعی از 4/8 تا 24 درصد بیش از دبی اسمی است و برعکس در دریچه‌های کشویی آبگیر مزارع، دبی واقعی به طور متوسط بین 11/4 تا 28/4 درصد کمتر از دبی پیش‌بینی شده است.

طی ارزیابی سازه‌های تنظیم و توزیع آب در شبکه آبیاری قزوین توسط کرامتی طرقی (1388)، مشخص شد که عواملی نظیر نشت آب از زیر دریچه‌های بسته، کج شدن شاترها (دریچه‌ها) بر اثر دستکاری یا عوامل ناخواسته دیگر، بیشتر یا کمتر بودن سطح آب در کانال از حدود استاندارد و نوسانات سطح آب در کانال باعث اختلال در میزان دبی عبوری از دریچه‌ها شده‌اند. کاظمی محسن آبادی (1386) تحلیل عملکرد سازه‌های آبگیری و تنظیم آب را در شبکه آبیاری قزوین انجام داد. در این راستا سازه‌های مذکور از نظر فیزیکی و اجرا، عملکرد هیدرولیکی، افت انرژی، دبی عبوری، مسایل و شرایط بهره‌برداری و موارد مشابه مورد بررسی قرار گرفتند. در این تحقیق وجود رسوب در کانال‌ها، کهنگی دریچه‌ها و رشد علف هرز به‌عنوان مشکلات اصلی شبکه معرفی شدند. Jorabloo and Sarkardeh (2010) به ارزیابی عملکرد شش دریچه نیرپیک در شبکه گرمسار پرداختند. نتایج آنها نشان داد که یکی از عوامل مخل عملکرد آبگیر نیرپیک، انباشت رسوب در کانال‌ها است. آنها ضمن تاکید بر بروز مشکلات فنی و فرهنگی پس از 20 سال از اجرا و بهره‌برداری شبکه، تعمیر و جایگزینی تجهیزات فرسوده را امری ضروری دانستند. Nam et al. (2016) برای ارتقاء مدیریت آب، تحقیقاتی را در ناحیه آبیاری گیم‌جائی[1] در غرب کره‌جنوبی انجام دادند. هدف از تحقیق صورت گرفته ارزیابی عملکرد تحویل آب با بهره‌گیری از شاخص‌های کفایت، عدالت و اعتمادپذیری بود. نتایج این تحقیق حاکی از عملکرد قابل‌قبول در بخش بهره‌وری است، ولی عملکرد توزیع آب در بخش کفایت و اعتمادپذیری مناسب نبوده و

[1] Gimjae

ضعیف گزارش شده است. همچنین نتایج آنالیز توزیع زمانی و مکانی این شاخص‌ها نشان داد که بخشی از این کمبودها ریشه در مدیریت و نحوه بهره‌برداری دارند و بخش دیگر مربوط به ساختار فیزیکی شبکه است. Dejen et al. (2015) با انجام تحقیقاتی بر روی طرح آبیاری متاهارا[2] در اتیوپی ضمن ارزیابی عرضه و تقاضای آب در منطقه مورد مطالعه، به ارزیابی عملکرد توزیع آب بر روی 15 آبگیر در کانالی به طول 10 کیلومتر پرداختند. در این مطالعه به‌منظور تعیین عملکرد تحویل آب از شاخص‌های کفایت، عدالت و اعتمادپذیری استفاده شد. نتایج نشان داد که میانگین تخصیص آبیاری سالانه 24% بیش از تقاضا است. Aly et al. (2013) طی تحقیقی به ارزیابی عملکرد توزیع آب در دلتای نیل پرداختند. آنها کمبود آب در کانال اصلی شبکه را مشکل اصلی توزیع آب معرفی کردند. همچنین در بخشی از نتایج به فقدان برنامه‌ریزی الگوی کشت اشاره شده که زمینه را برای تضعیف بیشتر توزیع آب فراهم می‌کند. Kurse et al. (2013) با انجام ارزیابی عملکرد جامع یک پروژه آبیاری در شمال شرقی هند به بررسی پارامترهایی نظیر تلفات انتقال، بازده توزیع و در دسترس بودن آب پرداختند. متوسط بازده سیستم توزیع در این مطالعه 35/3% به‌دست آمد. آنها بهبود سیستم‌های مدیریت و توزیع آب برای تحقق عدالت در توزیع را امری اجتناب‌ناپذیر معرفی کردند. مسائل ناشی از عملکرد نامناسب سازه‌های انتقال، تنظیم و توزیع آب، در نهایت به توزیع نامناسب و ناعادلانه آب منتهی شده و ضمن کاهش راندمان‌های انتقال و توزیع، بهره‌برداری و نگهداری از کل شبکه را مختل می‌نماید. علاوه بر این در سالهای اخیر این بحث که آیا مدول‌های نیرپیک که در بسیاری از شبکه‌های آبیاری کشور به‌کار رفته‌اند، در حال حاضر سازه‌های مناسبی برای آبگیری هستند یا خیر؛ و آیا در طراحی‌های جدید هم می‌توانند گزینه مناسبی باشند، بین کارشناسان اجرایی و بهره‌برداران مطرح است.

هدف از انجام این تحقیق ارزیابی عملکرد فنی و وضعیت بهره‌برداری سازه‌های تنظیم و توزیع جریان در شبکه آبیاری ورامین است. بدین منظور با گردآوری اطلاعات و بررسی مدارک و مستندات، بازدیدها و اندازه‌گیری‌های میدانی، کارایی و مسائل اجرایی، بهره‌برداری و نگهداری سازه‌های تنظیم و کنترل آب مطالعه و تحلیل شده است.

2- مواد و روش‌ها

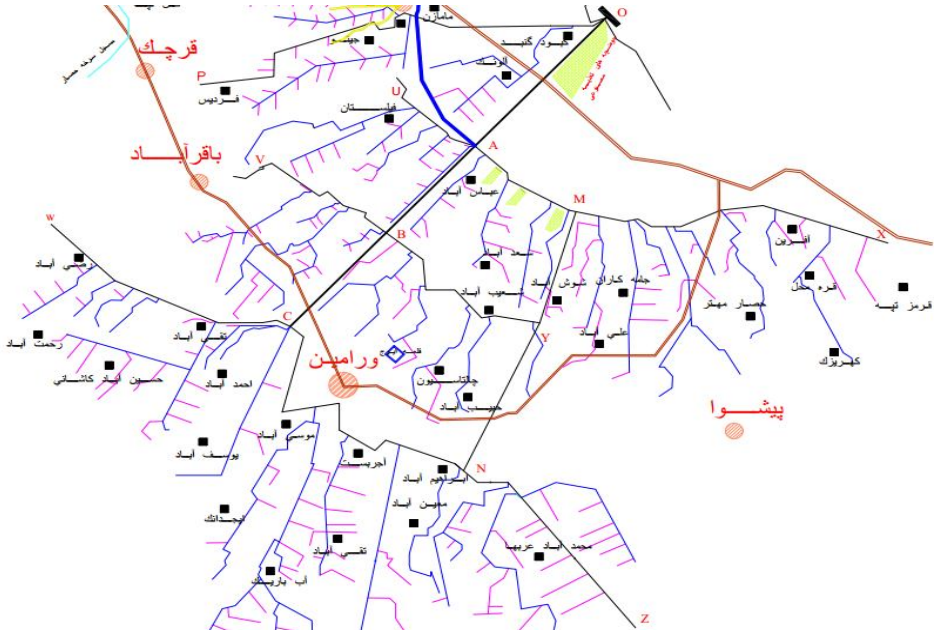
2-1- شبکه آبیاری زهکشی ورامین

شبکه آبیاری و زهکشی ورامین- پاکدشت در دامنه جنوبی کوه‌های البرز واقع شده است و در حدود 40 کیلومتری جنوب شرقی تهران، در طول جغرافیایی از 44 درجه و 36 دقیقه تا 51 درجه و 40 دقیقه و عرض جغرافیایی از 35 درجه و 30 دقیقه تا 35 درجه و 46 دقیقه قرار دارد. وسعت اراضی تحت کشت شبکه حدود 60 هزار هکتار است. هرچند که دشت از الگوی کشت خاصی برخوردار نیست، ولی دارای کشت‌های غالب گندم و جو، یونجه و شبدر، ذرت علوفه‌ای و دانه‌ای، سبزیجات برگی، صیفی‌جات و تعدادی باغ است (طبایی و منتظر، 1391). طبق شکل 1 شبکه آبیاری ورامین متشکل از شش کانال اصلی، به نام‌های AMX به طول 16566 متر و پوشش 23% از اراضی شبکه، شاخه AU به طول 4296 متر و پوشش 6% از اراضی، شاخه BY به طول 8382 متر و پوشش 7% از اراضی، شاخه BV به طول 8062 متر و پوشش 8/2% از اراضی، شاخه CNZ به طول 20591 متر و پوشش 31% از اراضی و شاخه CW به طول 8200 متر است.

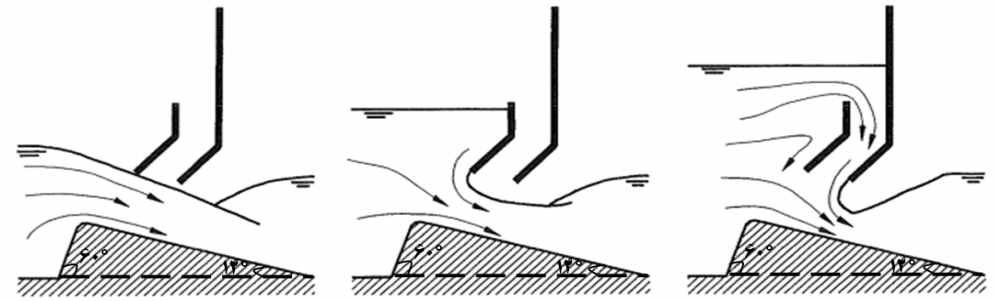
2-2- آبگیرهای مدول نیرپیک

مدول‌های روزنه‌ای نیرپیک، وظیفه تنظیم و توزیع جریان آب را دارند. این سازه‌ها در شرایطی که نوسان سطح آب در حد مجاز باشد، عمل توزیع جریان را با دقت بیشتری انجام می‌دهند. این دریچه‌ها در پنج نوع و با ابعاد مختلف تولید می‌شوند. دریچه‌های مورد بررسی در این تحقیق از نوع XX دو نقابه هستند که دبی عبوری از هر دسی‌متر عرض دهانه آن معادل20 لیتر برثانیه است.. ساختمان این مدول‌ها شامل یک سرریز ثابت با شیب60 درجه در قسمت بالادست و شیب 12 درجه در قسمت پایین‌دست است (شکل 2).

[2] Metahara



شکل 1 نقشه شبکه آبیاری ورامین



شکل2 اصول کارکرد توزیع کننده دو نقابه نیرپیک

در بالای سرریز مدول، یک یا دو سپر فلزی ثابت با شیب 35 درجه موجود است. هنگامی که سطح آب پایین‌تر از لبه سپر یا سپرها باشد، مدول مانند سرریز عمل می‌کند. شرایط کاری به عنوان تثبیت کننده دبی جریان زمانی فراهم می‌شود که سطح آب از لبه سپر بالاتر باشد؛ در این حالت دریچه تبدیل به روزنه شده و جریان، تابع رفتار آب در روزنه‌های تحت فشار است. سطح اسمی آب بالای تاج سرریز در تمامی دریچه‌های نوع XX دو نقابه، 28 سانتی‌متر است. منظور از دبی اسمی، مقدار جریانی است که سازه باید در شرایط بهره‌برداری تعریف شده، از خود عبور دهد و مقدار آن با توجه به نوع سازه، ابعاد و تعداد دریچه‌های باز تعیین می‌شود. با در اختیار داشتن ارتفاع آب روی تاج سرریز و با استفاده از روابط جدول 1، دبی اسمی قابل اصلاح است. این مقادیر با عنوان دبی محاسباتی در جدول 3 ارائه شده است. در صورت یکسان بودن سطح اسمی و واقعی آب بالای تاج، مقدار دبی اسمی و محاسباتی نیز برابر خواهند شد.

برای دستیابی به روابط ریاضی دبی- ارتفاع در دریچه نیرپیک مطابق با نمودار شکل 3، که درصد تغییرات دبی در مقایسه با دبی اسمی را نسبت به ارتفاع آب روی تاج سرریز نشان می‌دهد، منحنی مشخصه به پنج ناحیه همگن تقسیم می‌شود. روابط برازش شده بر منحنی خاص

هر ناحیه برای نوع XX_2، در جدول 1 ارائه شده است. این روابط برای اصلاح دبی اسمی و به‌دست آوردن دبی محاسباتی کاربرد دارند (Vatankhah et al. 2008). در جدول 1، H ارتفاع آب بالای تاج سرریز و q^* نسبت دبی عبوری از سازه (دبی محاسباتی) به دبی اسمی است که بر اساس منحنی مشخصه شرکت سازنده تعیین می‌شود.

3-2- سازه‌های تنظیم سطح آب با سرریز ثابت

سرریز ثابت نوک‌اردکی رقوم نسبتاً ثابتی از سطح آب را در کانال‌های انتقال آب تامین می‌کند. برای زاویه β کمتر از 45 درجه، سرریز مایل و برای زاویه β بین 45 تا 70 درجه، سرریز نوک‌اردکی نسبت به انواع دیگر ترجیح داده می‌شود (شکل 4). بخش عمده‌ای از سازه‌های تنظیم آب بکار رفته در شبکه ورامین از نوع ثابت نوک‌اردکی است. یکی از ویژگی‌های مشترک سرریزها، امکان اندازه‌گیری حجم جریان عبوری است. در سرریزهای نوک‌اردکی نیز با استفاده از رابطه (1)، دبی جریان قابل محاسبه است.

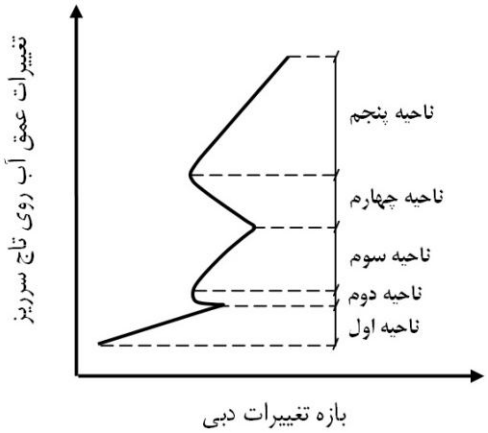
برای محاسبه دبی، از فرمول عمومی جریان بر روی سرریز به‌شرح زیر استفاده می‌شود (امیری و سیاهی، 1390).

$$Q = CLH_e^{3/2} \qquad (1)$$

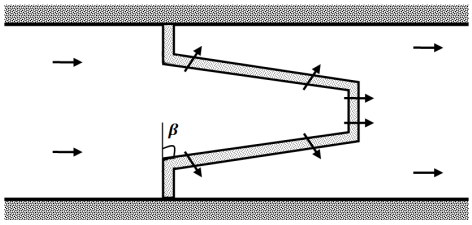
در رابطه (1)، Q دبی جریان عبوری از روی سرریز بر حسب مترمکعب بر ثانیه، L طول مؤثر سرریز بر حسب متر، H_e ارتفاع بار آبی کل بر روی سرریز (شامل ارتفاع ناشی از انرژی جنبشی) بر حسب متر و C ضریب جریان عبوری از روی سرریز است. مقدار ضریب جریان در سرریزهای ثابت که دارای لبه‌ی پهن هستند، به شکل سرریز و زاویه β بستگی دارد و اندازه آن برای مقادیر β>45° مطابق جدول 2 است (امیری و سیاهی، 1390).

4-2- روش انجام تحقیق و اندازه‌گیری میدانی

گام نخست از عملیات تحقیقاتی با بازدیدهای مکرر از شبکه ورامین و شناسایی محل دقیق سازه‌های تنظیم و آبگیر آغاز شد. در گام بعدی، تعدادی دریچه نیرپیک نوع XX_2 و سازه نوک‌اردکی که حالات مختلف ساختاری و بهره‌برداری را در بر می‌گرفتند، مورد ارزیابی واقع شدند. فرایند داده‌برداری در منطقه‌ای با بیش از 50 هزار هکتار وسعت، در هر شش شاخه معرفی شده صورت پذیرفت. در مرحله جمع‌آوری اطلاعات تمام طول کانال‌های درجه یک، حدود 70 درصد کانال‌های درجه دو و بخشی از کانال‌های درجه سه پیمایش شد.



شکل 3 نواحی مختلف منحنی مشخصه مدول نیرپیک دو نقابه



شکل 4 سرریز ثابت نوک اردکی

جدول 1 رابطه دبی- ارتفاع در نواحی مختلف ارتفاعی دریچه نیرپیک XX_2

ناحیه ارتفاعی	ارتفاع آب روی تاج سرریز	رابطه بدون بعد دبی- ارتفاع
اول	$20.2 \leq H < 22.25$	$q^* = {}^1/_{10}(0.4898H^{0.9691})$
دوم	$22.25 \leq H < 23.5$	$q^* = {}^1/_{10}(0.3713H^2 - 17.359H + 212.37)$
سوم	$23.5 \leq H < 30.5$	$q^* = {}^1/_{10}(0.0127H^2 - 0.5365H + 15.077)$
چهارم	$30.5 \leq H < 35.8$	$q^* = {}^1/_{10}(0.0149H^2 - 1.1934H + 33.099)$
پنجم	$35.8 \leq H < 48.4$	$q^* = {}^1/_{10}(0.125H + 4.9383)$

جدول 2 مقادیر ضریب جریان عبوری از روی سرریزهای ثابت (امیری و سیاهی، 1390)

شکل تاج سرریز	نوع سرریز ثابت		
	نوک‌اردکی	مایل	Z شکل
لبه مربعی	1/417	1/506	1/373
لبه گرد در بالادست	1/595	1/683	1/506

طی فرایند ارزیابی، دبی در بیش از 50 نقطه منتخب با دستگاه جریان‌سنج فراصوت اندازه‌گیری شد و اطلاعات کمّی و کیفی مورد نیاز برداشت شد. روند گزینش نقاط اندازه‌گیری به این صورت بود که نزدیکترین محل پس از سازه مورد نظر (آبگیر یا آب‌بند) که شرایط لازم برای استقرار دستگاه جریان‌سنج را داشته باشد، انتخاب می‌شد. این شرایط شامل عدم انباشت رسوب، عدم رشد علف هرز، عدم بازشدگی و تنگنا در طول کانال، عدم شیب معکوس یا تند، عدم تلاطم جریان، عدم ورود و خروج آب ما بین دستگاه و سازه مورد بررسی، وجود سطح مقطع مشخص و دسترسی آسان در فاصله 5 متری استقرار حسگر جریان‌سنج است. در ارزیابی دریچه‌های نیرپیک اطلاعاتی مانند نوع دریچه، ظرفیت کل، تعداد دریچه‌های باز، ارتفاع آب روی تاج سرریز، انباشت رسوب در بالادست، وضعیت جریان در پایین‌دست (آزاد یا مستغرق) و فرار آب از حاشیه دریچه‌ها مورد توجه قرار می‌گرفت. در سرریزهای نوک‌اردکی نیز اطلاعاتی مانند طول سرریز، ارتفاع آب روی تاج سرریز، شکل لبه سرریز و برقراری جریان آزاد در پایین‌دست سرریز مورد بررسی و اندازه‌گیری قرار می‌گرفت. در مواردی کدورت جریان آب و تجمع رسوب در کانال‌ها امکان تعیین سطح مقطع دقیق جریان را نمی‌داد و داده‌برداری چند دفعه انجام شد. در نهایت داده‌های 15 آبگیر نیرپیک XX_2 و هفت سرریز نوک‌اردکی در تحلیل نهایی استفاده شد.

2-5- معرفی دستگاه جریان‌سنج پرتابل فراصوت Mainstream[1]

در این تحقیق ابزار مورد استفاده برای اندازه‌گیری دبی، جریان‌سنج فراصوت داپلر است. این دستگاه برای کانال‌های روباز و شرایط مختلف از جمله مایعات همراه با حباب یا حاوی ذرات جامد معلق مناسب است. حباب‌ها و مواد معلق جامد، نقش ردیاب را ایفا کرده و موجب انعکاس امواج به سمت پروب سرعت می‌شوند. سرعت جریان آب با تعیین اختلاف فرکانس امواج بازگشتی محاسبه می‌شود. نرخ جریان عبوری برابر است با حاصل‌ضرب سرعت اندازه‌گیری شده در سطح مقطع جریان (که توسط حسگر ارتفاع به‌دست آمده است). اولین گام برای کار با دستگاه، واسنجی حسگر ارتفاع جریان است. بدین منظور از یک مخزن آب استفاده شد. روش کار به این شکل است که هم‌زمان با افزودن پلکانی آب در گام‌های 5 سانتی‌متری در مخزن، عمق آب با کمک نرم‌افزار ارتباطی به دستگاه معرفی می‌شود. دستگاه با انجام درونیابی خودکار بین اعداد جدول واسنجی، به تخمین عمق واقعی نقاط مورد نظر می‌پردازد. واسنجی در حین تحقیق دو بار دیگر هم تکرار شد تا از صحت نتایج اطمینان کامل حاصل شود. یکی از ویژگی‌های این دستگاه گزارش کیفیت سیگنال است. این پارامتر درصدی از اطلاعات ثبت‌شده قابل‌قبول را نشان می‌دهد که در تعیین سرعت جریان اثرگذار است و معیار ارزشمندی برای نظارت بر اندازه‌گیری جریان است. برای کارکرد صحیح دبی‌سنج‌های فراصوت داپلر، وجود منعکس کننده صوت در سیال عبوری (مواد معلق جامد) ضروری است.

3- بحث در مورد نتایج

نتایج این تحقیق در دو بخش شامل ارزیابی عملکرد سازه توزیع (مدول نیرپیک) و ارزیابی عملکرد سازه تنظیم (سرریز نوک‌اردکی) ارائه می‌شود.

3-1- ارزیابی عملکرد دریچه نیرپیک

نتایج حاصل از اندازه‌گیری دبی واقعی دریچه‌های نیرپیک (تعیین شده با دستگاه دبی‌سنج)، و مقایسه آن با دبی اسمی و محاسباتی (دبی محاسباتی، دبی اسمی اصلاح شده توسط منحنی مشخصه و روابط مستخرج از آن است) در جدول 3 آمده است. یکی از عوامل بروز اختلاف بین رقوم سطح آب بالای تاج سرریز نیرپیک با سطح اسمی آن، طراحی و انتخاب تراز نامناسب برای نصب سازه‌های تنظیم یا آبگیر است.

[1] Mainstream portable A-V flow meter

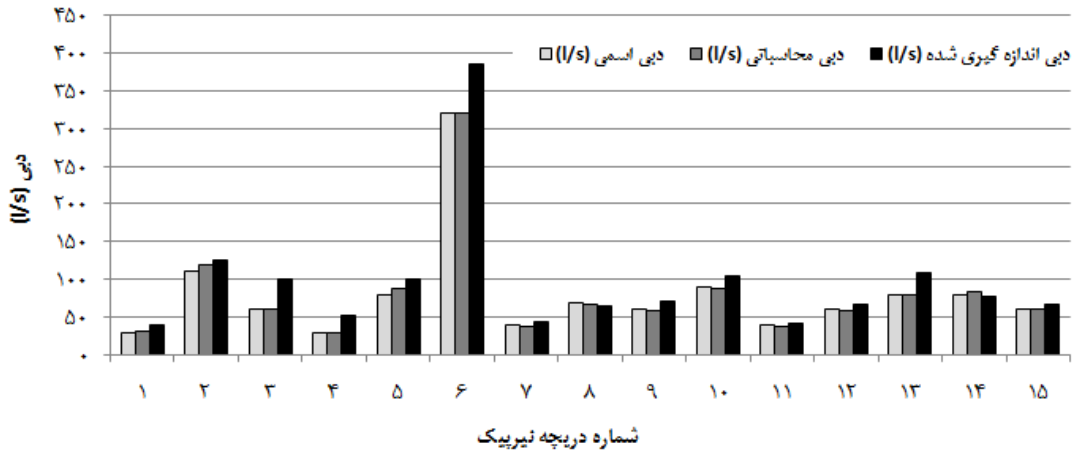
جدول3 نتایج دبی اندازه‌گیری شده، اسمی و محاسباتی دریچه‌های نیرپیک نوع XX_2

شماره	دبی اسمی (l/s)	دبی محاسباتی (l/s)	دبی اندازه‌گیری شده (l/s)	سطح آب بالای تاج سرریز نیرپیک (cm)	اختلاف دبی اندازه‌گیری شده با دبی محاسباتی (%)
1	30	31	39	43	26
2	110	119	125	47	5
3	60	61	100	42	64
4	30	29	53	25	83
5	80	87	101	48	16
6	320	320	384	28	20
7	40	38	44	37	16
8	70	67	66	25	-2
9	60	58	75	38	23
10	90	88	105	34	20
11	40	38	42	37	10
12	60	59	66	27	12
13	80	80	109	28	36
14	80	83	76	30	-8
15	60	61	68	29	11

این موضوع می‌تواند باعث ایجاد اختلاف بین دبی واقعی (اندازه‌گیری شده) با دبی اسمی شود. با این وجود طراحی آبگیر نیرپیک به‌گونه‌ای است که در صورت تغییر در شرایط هیدرولیکی بالادست، می‌تواند کمترین انحراف بین دبی واقعی و اسمی را ایجاد کند.

ستون آخر جدول 3 با حذف اثر تغییرات سطح آب بالای تاج سرریز دریچه نیرپیک، نشان می‌دهد که بخش عمده‌ای از اختلاف بین دبی اسمی و محاسباتی، فارغ از اثرات تغییر سطح آب پشت دریچه است. مقایسه دبی اندازه‌گیری شده با دبی اسمی و محاسباتی نشان می‌دهد که در اکثر موارد، دریچه‌های نیرپیک حجم آبی مازاد بر مقدار تعریف شده توسط بهره‌بردار را عبور می‌دهند (شکل 5). این اختلاف ریشه در عواملی نظیر ضعف در طراحی، نصب و بهره‌برداری سازه دارد. هر یک از این عوامل می‌تواند عملکرد آبگیر را مختل نماید، اما در این بین مشکلات ناشی از عدم بهره‌برداری صحیح مشهودتر است. در واقع بدلیل نبود دستورالعمل‌ها و ضوابط مشخص و مدون بهره‌برداری و نگهداری، سازه تا مرز تخریب کامل پیش رفته و عملکرد آن کاهش می‌یابد. طبق شکل 6 اغلب دریچه‌ها به‌دلیل مشکلات ساختاری و بهره‌برداری، عملکرد مناسبی ندارند و به‌استثنای دو دریچه که با کسری حجم آب عبوری مواجه هستند، سایر دریچه‌ها (حتی تا بیش از 80 درصد) بیش از مقدار تعیین‌شده آب عبور می‌دهند. اکثر دریچه‌ها از وضعیت آب‌بندی مناسبی برخوردار نیستند و از حاشیه دریچه‌های کشویی، فرار آب دارند. این وضعیت فارغ از اثرات مخرب موضعی، می‌تواند اثرات زیان‌باری بر سناریوهای مدیریتی اعمال شده، بر جای بگذارد و در آبگیرهای انتهایی شبکه کمبود آب ایجاد کند. فرسودگی و تغییر شکل ظاهری دریچه‌ها، عدم نصب دریچه در تراز مناسب، عدم تنظیم مناسب سطح آب توسط سازه تنظیم، انباشت رسوب در مسیر عبور آب و دستکاری توسط افراد غیر متخصص از دیگر عوامل تشدید کننده میزان خطا هستند.

یکی از موارد شایع که موجب ابراز نارضایتی آب‌بران منطقه است، تصور پایین بودن تراز آب پشت دریچه‌ها در محل آبگیری است. مشاهده شد که افراد غیر متخصص اقدام به دستکاری سازه تنظیم سطح آب می‌کنند تا این مشکل را حل کنند.



شکل 5 مقایسه دبی اسمی و محاسباتی با دبی اندازه‌گیری شده برای دریچه‌های نوع XX_2

شکل6 اختلاف دبی اندازه‌گیری شده با دبی محاسباتی برای دریچه‌های نوع XX_2

این در حالی است که دریچه‌ی نیرپیک دارای منحنی مشخصه زیگزاگی شکل بوده (شکل 3) و با افزایش عمق آب پشت سازه، لزوماً دبی افزایش پیدا نخواهد کرد. برای مثال در دریچه نیرپیک تیپ XX_2 همزمان با افزایش سطح آب بالای تاج سرریز از 30 به 35 سانتی‌متر، دبی عبوری توسط سازه تا 10% کاهش می‌یابد. به‌نظر می‌رسد، می‌توان با آشنا کردن کشاورزان با سازوکار عمل این دریچه‌ها از دستکاری آنها کاست. در شکل 7 مقادیر اندازه‌گیری شده ارتفاع آب بالای تاج سرریز نیرپیک XX_2 در برابر شکل واقعی سازه قرار داده شده است. مشاهده می‌شود بر خلاف ضوابط نصب و طراحی، در برخی از دریچه‌ها ارتفاع آب از 28 cm (سطح اسمی آب به‌ازای دبی طراحی) تجاوز کرده است که علت آن از دو منظر قابل بررسی است.

الف- عدم نصب دریچه در تراز مناسب: در مواردی مشاهده می‌شود دریچه‌های نیرپیک در تراز نامناسب و کارشناسی نشده نصب شده است. این امر تبعاتی نظیر افزایش غیر مجاز سطح آب پشت دریچه را به دنبال دارد و گاهی آب از روی سازه سرریز می‌کند. از سوی دیگر نصب در تراز بالاتر منجر به عدم تامین ارتفاع مورد نیاز آب در پشت دریچه شده و سازه از حالت روزنه به سرریز تغییر وضعیت می‌دهد.

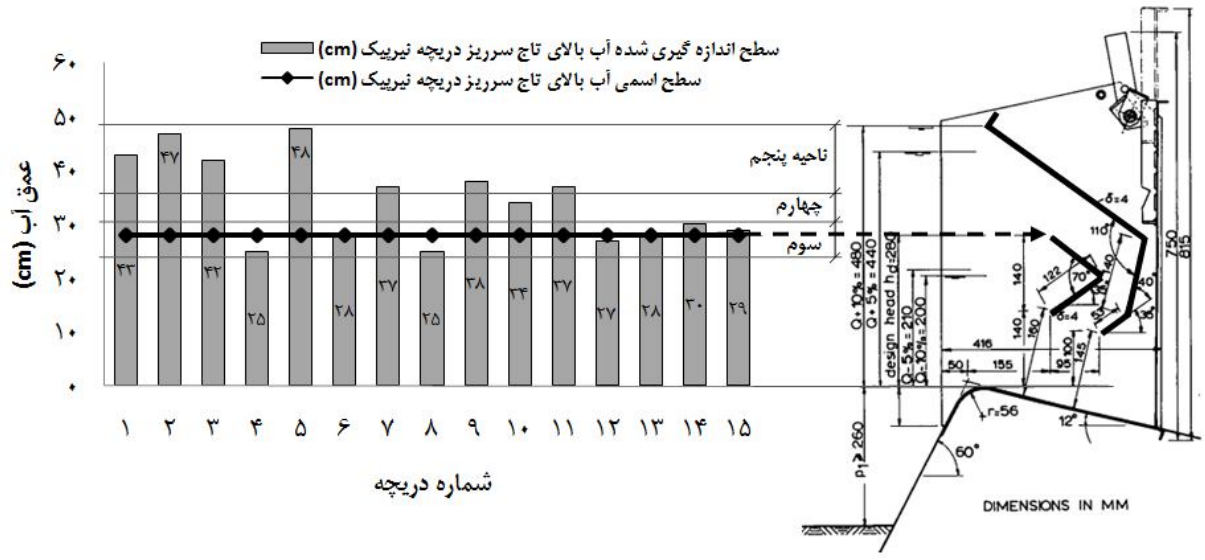
ب: عملکرد نامناسب سازه تنظیم: سازه تنظیم موجب افزایش رقوم سطح آب به اندازه مورد نیاز می‌شود، به طوری که آبگیرها بتوانند حجم تعیین شده آب را عبور دهند. هرگونه ضعف در عملکرد این سازه‌ها تاثیر مستقیم بر ارتفاع آب پشت دریچه خواهد گذاشت. رسوبات انباشته شده در ورودی آبگیرها نقش انکارناپذیری در افزایش رقوم

سطح آب بالادست نیرپیک‌ها و اخلال در فرایند توزیع آب دارد. در شکل 7، ابعاد نمودار و دریچه هم مقیاس بوده و نمودار میله‌ای، سطح واقعی آب را بر روی تاج سرریز نیرپیک نشان می‌دهد. مشخص است که به استثنای دریچه‌های 4 و 8، در سایر دریچه‌ها سطح آب از تیغه اول فراتر رفته و جریان آب توسط تیغه دوم کنترل می‌شود. این موضوع لزوم بکارگیری دریچه‌های دو نقابه برای مهار بهتر جریان در زمان افزایش سطح آب را آشکار می‌سازد.

برای تحلیل بهتر عوامل مؤثر در عملکرد آبگیر نیرپیک، تعدادی از دریچه‌های شکل‌های 6 و7 در شرایط مختلف نصب و بهره‌برداری مقایسه شده‌اند. برای حذف اثر سازه تنظیم و تراز نصب دریچه نیرپیک در عملکرد آبگیرها، دریچه‌هایی که سطح آب بالای تاج سرریز آنها در شرایط بهره‌برداری، یکسان ثبت شده است، با یکدیگر مقایسه می‌شوند. دریچه‌های 6 و 13 به لحاظ شرایط تئوری در وضعیت کاملاً مشابهی قرار دارند و انتظار می‌رود حجم جریانی عبوری هر دو سازه مساوی، و برابر با دبی اسمی باشد، اما اختلاف 20 و 36 درصدی نسبت به دبی اسمی و اختلاف 16 درصدی نسبت به یکدیگر را نشان می‌دهند. به‌طور مشابه دریچه‌های 7 و 11 نیز در شرایط یکسان در میزان دبی عبوری اختلاف دارند. اوج اختلاف بین دریچه‌های 4 و 8 مشاهده می‌شود. بر اساس روابط ریاضی مستخرج از منحنی مشخصه، این دو دریچه مجاز به کاهش 4 درصدی دبی عبوری نسبت به دبی اسمی هستند. در صورتی که دریچه چهار، 77 درصد بیش از دبی اسمی و دریچه هشت، 6 درصد کمتر از دبی اسمی آبدهی دارند. شواهد فوق نشان می‌دهد که بخش عمده‌ای از خطای حادث شده در میزان آبدهی دریچه‌ها، فارغ از حساسیت هیدرولیکی و تغییرات سطح آب پشت دریچه‌ها بوده و تحت تاثیر مستقیم فرسودگی ساختمانی و نارسایی‌های بهره‌برداری و نگهداری از دریچه‌ها است. از این‌رو ضروری است اقدامات و تدابیر لازم برای اجرای دستورالعمل‌های بهره‌برداری و نگهداری توسط دستگاه بهره‌بردار صورت گیرد. در همین راستا، تضمین عملکرد قابل‌قبول آبگیرهای نیرپیک در شبکه ورامین منوط‌به انجام اصلاحات ساختاری نظیر پاکسازی و آب‌بندی کامل دریچه‌ها، تعمیر درز و اتصالات معیوب، تخلیه مواد رسوبی در اطراف دریچه‌ها، نصب آشغالگیر در ورودی آبگیرها، تعویض دریچه‌های فرسوده و بازدید پیوسته از تأسیسات وابسته (مانند سازه تنظیم) است.

2-3- ارزیابی عملکرد سازه‌های تنظیم نوک‌اردکی

در جدول 4 دبی واقعی و دبی اندازه‌گیری شده عبوری از سرریز نوک‌اردکی، با دبی محاسبه شده توسط رابطه (1) مقایسه شده است.



شکل 7 مقایسه سطح اسمی آب به ازای دبی طراحی با سطح اندازه‌گیری شده بالای تاج سرریز دریچه نیرپیک نوع XX_2

جدول4 اندازه‌گیری و تحلیل دبی درسرریزهای نوک‌اردکی

شماره سرریز	ارتفاع بار آبی کل روی سرریز (cm)	طول مؤثر (m)	دبی اسمی به‌ازای C=1/417 (l/s)	دبی اندازه‌گیری شده (l/s)	اختلاف دبی واقعی با دبی اسمی به‌ازای C=1/417 (%)	مقدار واقعی ضریب جریان
1	5/4	5/3	94	101	7/7	1/526
2	7/3	17/5	489	546	11/6	1/581
3	12	13	766	813	6/21	1/505
4	9/5	8/2	340	361	6	1/501
5	12/3	12/5	764	851	11/4	1/578
6	5/4	5/3	94	101	6/1	1/526
7	9/3	8	321	368	14/4	1/620

با توجه به جدول 2 مقادیر ضریب جریان عبوری از روی سرریز نوک‌اردکی در حالت لبه مربع 1/417 و در حالت لبه گرد 1/595 است. سرریزهای مورد بررسی در این مطالعه عمدتاً از نوع لبه مربع بوده‌اند، ولی در گذر زمان فرسوده شده و حالت تیزی خود را از دست داده‌اند. بنابراین انتظار می‌رود ضریب جریان برای این سرریزها بیش از 1/417 باشد. سرریزهایی که سالها از ساخت و بهره‌برداری آنها گذشته است را نمی‌توان بطور مطلق لبه گرد یا لبه مربع نامید؛ به خصوص اگر در طول یک سرریز، بخش‌هایی در اثر خوردگی لبه گرد شده و باقی نقاط لبه مربع مانده باشند. دبی واقعی که با تجهیزات پیشرفته اندازه‌گیری شده است، از دبی اسمی در حالت لبه مربع فاصله گرفته و به مقدار دبی اسمی در حالت لبه گرد نزدیک شده است. این موضوع تایید کننده اثر خوردگی لبه سرریز بر میزان ضریب دبی جریان است، به‌طوری که همزمان با خوردگی لبه سرریزهای نوک‌اردکی، میزان ضریب جریان نیز در حال افزایش است. در ستون آخر جدول 4 مقادیر واقعی ضریب جریان برای هر سرریز (در شرایط منطقه) به تفکیک محاسبه شده است.

تحقیق انجام گرفته در شبکه آبیاری گرمسار توسط جورابلو و سرکرده (2010)، نشان می‌دهد که وضعیت کیفی سازه ها در دو شبکه مشابهت هایی دارد. انباشت رسوب در کانال و به تبع آن سرریز آب از روی دریچه‌های آبگیر، موجب عملکرد نامناسب نیرپیک‌ها شده و توزیع عادلانه آب را با اخلال مواجه می‌سازد. فرسودگی تجهیزات و رشد علف هرز از مشکلات رایج در شبکه‌های آبیاری و زهکشی کشور است. این مشکل در شبکه‌هایی مانند ورامین که زمان زیادی از ساخت آنها می‌گذرد، بیشتر مشاهده می‌شود. بر خلاف گزارش کاظمی محسن‌آبادی (1386) که استغراق بیش از حد در پایین‌دست برخی از آبگیرها را عاملی برای کاهش دبی عبوری از دریچه نیرپیک در شبکه قزوین دانسته، این مشکل در آبگیرهای شبکه ورامین مشهود نبود، چرا که شیب مناسب پس از آبگیر، امکان عبور جریان را به صورت آزاد فراهم می‌کند. همچنین نتایج تحقیق پاسبان عیسی‌لو (1385) که برای ارزیابی عملکرد دریچه‌های نیرپیک در شبکه آبیاری مغان انجام گرفت، همسو با نتایج به دست آمده از این تحقیق، نشان می‌دهد که به‌طور نسبی، دبی واقعی در آبگیرها بیش از دبی اسمی است. در این پژوهش اندازه‌گیری دبی با ابزاری که دقت قابل توجهی دارد، ولی به طور معمول در اختیار شبکه‌های آبیاری کشور نیست، انجام شد و از این رو از دیگر پژوهش‌های داخل کشور متمایز است. تحلیل داده‌های حاصل از اندازه‌گیری‌ها نیز با رویکرد جدیدی انجام شد و ضریب واقعی جریان در تنظیم کننده‌ها نیز به دست آمد که تا مدتی می‌تواند در مدیریت شبکه آبیاری به کار رود.

4- نتیجه‌گیری

برای 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. نتایج تحقیق حاضر بر روی سازه‌های توزیع و تنظیم سطح آب شبکه آبیاری ورامین، نشان می‌دهد که بیشتر سازه‌ها دچار فرسودگی و تغییر ساختار فیزیکی شده‌اند. عدم آب‌بندی مناسب نیرپیک‌ها موجب اتلاف حجم زیادی از آب می‌شود. در مواردی نصب دریچه‌ها در تراز نامناسب موجب اخلال در فرایند آبگیری شده است. در مواردی اختلاف دبی واقعی با دبی محاسباتی در دریچه‌های نیرپیک نشان از مشکلات طراحی سازه دارد. همچنین منحنی مشخصه‌ی ارائه شده توسط شرکت سازنده غالباً با وضعیت فعلی سازه‌ها تطابق ندارد. مجموعه عوامل فوق سبب شده است که این سازه‌ها به طور متوسط 22 درصد بیش ازمقدار مورد نظر، آب را عبور دهند. سازه‌های تنظیم بکار رفته در شبکه آبیاری نیز با وجود ساختار ساده، نقش کلیدی در عملکرد آن دارند. با اخلال در کار سازه نوک‌اردکی، آبگیرها با مشکل جدی مواجه می‌شوند. تغییر وضعیت سرریزهای نوک‌اردکی از حالت لبه‌مربع به لبه گرد در اثر خوردگی نیز سبب شده است که میزان ضریب جریان افزایش یابد. به‌دلیل تفاوت در میزان خوردگی، عدد به‌دست آمده برای ضریب جریان برای هر سرریز انحصاری بوده و قابل تعمیم نیست. باید توجه داشت که برخی از مشکلات برای زیرساختی با بیش از 37 سال قدمت دور از ذهن نیست، اما این مشکلات که بیشتر به سلامت سازه‌ها و عملکرد صحیح آنها بازمی‌گردد با عملیات مناسب بهره‌برداری و نگهداری قابل پیشگیری هستند. بنابراین برای بهبود عملکرد و حفظ استانداردهای تأسیسات شبکه آبیاری، ضروری است که نهاد بهره‌بردار، اولویت‌های نگهداری و تعمیرات را منظور کند و در موعد مقرر اقدام به رفع مشکلات نماید. خودکارسازی بهره‌برداری و تجهیز شبکه به ابزار کنترل و پایش، ضمن ثبت مستندات، مقابله با مشکلات بهره‌برداری را عملی می‌کند و امکان ارزیابی دوره‌ای را فراهم می‌کند.

5- فهرست علایم

ضریب دبی جریان در سرریز	C
ارتفاع بار آبی کل بر روی تاج سرریز نوک‌اردکی	H_e
سطح آب بالای تاج سرریز دریچه نیرپیک	H
طول مؤثر سرریز	L
دبی جریان	Q
نسبت دبی محاسباتی به دبی اسمی	q^*
زاویه انحراف بدنه سرریز نسبت به محور کانال	β

6- سپاسگزاری

این تحقیق با حمایت مالی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی و با شماره طرح 93137-14-14-4 و همچنین حمایت معاونت پژوهشی دانشگاه تهران به انجام رسیده است. بدینوسیله نویسندگان بابت حمایت از انجام این تحقیق، قدردانی می‌کنند.

7- مراجع

اخوان گیگلو، ک. و موسوی، ع. (1385). "ارزیابی عملکرد هیدرولیکی سازه‌های آبی در ارتباط با مدیریت شبکه آبیاری مغان"، اولین سمینار ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی، اهواز.

اسدالهی، ا. (1380). سومین کارگاه فنی ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری و زهکشی. تهران.

امیری تکلدانی، ا. و سیاهی، م. ک. (1390). *طراحی کانال‌های آبیاری و سازه‌های وابسته*، انتشارات دانشگاه تهران.

پاسبان عیسی‌لو، ن. (1385). "کاربرد مدل شبیه‌سازی canalman در بهره‌برداری از شبکه آبیاری مغان"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تبریز.

رضوی نبوی، م. (1373). "ضرایب تجربی در دریچه‌های نیرپیک"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

طبایی، خ و منتظر، ع.ا. (1391). "ارزیابی عملکرد واقعی توزیع و تحویل آب در شبکه آبیاری دشت ورامین"، همایش ملی مهندسی آب و فاضلاب، مرکز علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، کرمان.

عباسی، ن. (1379). "ارزیابی مسائل فنی و بهره‌برداری از سیستم‌های انتقال و توزیع و کنترل جریان در شبکه آبیاری قزوین"، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، نشریه شماره 169.

کاظمی محسن آبادی، س. (1386). "تحلیل عملکرد سازه‌های آبگیری و تنظیم آب و ارائه راهکارهای جایگزین در شبکه آبیاری دشت قزوین"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران

کرامتی طرقی، م. (1388). "ارزیابی سازه‌های تنظیم و توزیع آب در شبکه آبیاری قزوین"، گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. شماره 88/885.

کولیوند، ا. و حاتم، ا. (1391). "لزوم توجه به مسائل بهره‌برداری و نگهداری شبکه‌های آبیاری و زهکشی در زمان شناخت، طراحی و اجرا در جهت مدیریت بهینه منابع آب"، سومین همایش ملی مدیریت جامع منابع آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ساری.

Aly, A. M., Kitamura, Y., and Shimizu, K. (2013). "Assessment of irrigation practices at the tertiary canal level in an improved system-a case study of Wasat area, the Nile Delta". J. Paddy and Water Environment, 11(1-4), 445-454.

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". J. Agricultural Water Management 170: 26-35.

Burt, C. M. (1987). Overview of canal control concepts, procedure, planning, operation. Rehabilitation and automation of irrigation water delivery system. ASCE. New York.

Dejen, Z. A., Schultz, B., and Hayde, L. (2015). "Water delivery performance at Metahara large-scale irrigation scheme, Ethiopia". J. Irrigation and Drainage, 64(4), 479-490.

Jorabloo, M. and Sarkardeh, H. (2010). "Hydraulic evaluation of Neyrpic-Modules at water distribution network of Garmsar plain". J. World Appl. Sci. 10(11): 1363-1367.

Kusre, B. C., Patra, S. C., and Dutta, B. (2013). "Ex post performance evaluation studies of Kaldiya medium irrigation project in Assam, India". J. Irrigation and Drainage, 62(5), 666-678.

Merriam, J. L. (1973). "Float value provides variable flow rate at low pressures". Agricultural and Urban Consideration in Irrigation, ASCE Special Conference. Ft. Collins, Colo. April. 22-24. pp. 385-402.

Nam, W. H., Hong, E. M., and Choi, J. Y. (2016). "Assessment of water delivery efficiency in irrigation canals using performance indicators". J. Irrigation Science, 34(2), 129-143.

Vatankhah,A., Kouchakzadeh, S., and Hoorfar, A. (2008). "Developing effective sensitivity indicator for irrigation network components". International Journal of Agricultural Research, 3(1), 17-36.