تحقیقات مهندسی سازه های آبیاری و زهکشی /دوره۲٤/شماره ۹۱ /تابستان ۱٤۰۲/صفحه ۲۲-٤۹

نوع مقاله: پژوهشی

استفاده از سازه جداکننده سیار با دیواره تیغه‌ای در اصلاح و بازسازی کانال‌های انتقال آب در حین بهره‌برداری (مطالعه موردی: کانال اصلی شبکه آبیاری مغان – ایران)

ایاز قوی بازو*[۱]، تلمان حاجی اف[۲]

[*۱]دانشجوی دکترای مهندسی عمران – سازه‌های هیدرولیکی، دانشگاه معماری و ساختمان آذربایجان، باکو، آذربایجان

[۲]استاد، گروه مهندسی عمران، دانشگاه معماری و ساختمان آذربایجان، باکو، آذربایجان.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۱۳ تاریخ پذیرش : ۱۴۰۲/۰۸/۱۴

چکیده

اهداف اصلی احداث شبکه‌های آبیاری، بهره‌وری بهینه از منابع آبی- خاکی می‌باشد. بهسازی کانال انتقال آب در این شبکه‌ها، نقش مهمی در تامین آب و افزایش کارایی شبکه دارد. انجام عملیات اصلاح، بازسازی و پوشش بتنی کانال خاکی با ظرفیت بیش از ۵۰ مترمکعب درثانیه، معمولاً بیشترین سهم هزینه‌های سرمایه‌گذاری، بهره‌برداری و نگهداری را به‌خود اختصاص می‌دهد. از این رو استفاده از تکنولوژی‌های نوین و مقرون به‌صرفه، با لحاظ اصول فنی بهینه هیدرولیکی- اقتصادی همواره مورد توجه بوده است. فناوری مورد استفاده در این پژوهش، انتقال جریان آب درحین بهره‌برداری بواسطه‌ی سازه دیواره تیغه‌ای جداکننده سیار بطول ۱۰۰ الی ۱۵۰ متر متشکل از بهم پیوستن پانل‌های متعددی به ابعاد (۳*۲/۰*۳) متر از جنس فایبرگلاس که نصب بر روی سازه خرپای سورتمه‌ای به ابعاد (۱*۸/۰*٦) متر است، انجام شده است. سازه با قرار گرفتن در آکس کف کانال با چرخاندن بال‌ها تحت زاویه ٤۵ و یا ۹۰ درجه به سمت دیواره جانبی از ورود آب به مقطع محصور شده، جلوگیری می‌نماید و با انجام عملیات خشک‌اندازی اصلاح و بازسازی کانال امکان‌پذیر می‌شود. نتایج بررسی‌ها نشان داد، هزینه‌های عملیات اجرایی اصلاح و بازسازی کانال اصلی در روش پیشنهادی حدود ۲/۷ برابر مقرون به صرفه‌تر از روش کانال انحرافی موقت مرسوم است. بر این اساس امکان بکارگیری سازه پیشنهادی با حفظ شرایط اصول فنی و بهینه هیدرولیکی- اقتصادی برای اجرای عملیات پوشش بتنی در مقاطع خاکی کانال اصلی بدون قطع جریان آب، فراهم است.

واژه‌های کلیدی: پوشش بتنی، تیغه‌ای جداکننده سیار، خرپای سورتمه‌ای، شبکه آبیاری مغان.

نگارنده مسئول : Email : ayazghavibazoo@gmail.com

https://doi.org/10.22092/IDSER.2023.362797.1548

مقدمه

هدف از احداث شبکه‌های آبیاری مدرن، فراهم آوردن امکان بهره‌وری از منابع آب و خاک با ایجاد تأسیساتی است، که در آن‌ها اصول و ضوابط فنی بهینه هیدرولیکی و اقتصادی طرح رعایت شود. در این راستا کانال اصلی انتقال آب، برای تأمین آب مورد نیاز اراضی کشاورزی تحت پوشش شبکه و رونق اقتصاد کشاورزی منطقه‌ای و ملی، نقش بسیار حائز اهمیت و مستثنایی را ایفا می‌نماید. اجرای پوشش کانال‌های انتقال آب درحال بهره‌برداری همواره یکی از مسائل و مشکلات عدیده‌ی بهره‌برداری و نگهداری شبکه‌های بزرگ آبیاری در سطح دنیا مطرح می‌باشد. در ایران نیز با توجه به مسائل و مشکلات عمده بهره‌برداری موجود در اراضی تحت پوشش شبکه‌های مدرن، از قبیل زهدار شدن اراضی در اثر نشت آب از بدنه کانال‌های خاکی، همواره پوشش بتنی کانال‌ها جهت جلوگیری از هدر رفت آب مورد توجه بوده، و در دستور کار معاونت امور منابع آب وزارت نیرو و شرکت‌های آب منطقه‌ای قرار گرفته است. کانال اصلی شبکه آبیاری مغان جنوبی در ایران با ظرفیت انتقال ۸۰ مترمکعب در ثانیه، کانال اصلی قارا باغ علیا با ظرفیت ۱۱۰ مترمکعب در ثانیه و کانال اصلی انتقال آب شیروان علیا با ظرفیت ۸۵ مترمکعب در ثانیه در جمهوری آذربایجان از آن جمله می‌باشند (Rahmati, 2021).

در کانال‌هایی با دبی جریان بیش از ۴۰ مترمکعب در ثانیه و عرض بالای بیش از ۲۰ متر با مجاری خاکی، همواره لایروبی کف آن‌ها با بیل مکانیکی معمولی ممکن نمی‌باشد. در پلان طراحی این کانال‌ها توپوگرافی شیب زمین کم بوده، و متناسب با آن سرعت جریان آب در کانال نیز کمتر شده است. درنتیجه علف‌های هرز رشد و نمو کرده، و باعث رسوب‌گذاری شدید در کانال گشته، و نهایتاً منجر به تلفات نشت و هدر رفت آب در مسیر کانال اصلی گردیده است. به‌طوری که، حداکثر ظرفیت انتقال آب کانال اصلی مغان جنوبی در ایران جهت تأمین نیاز ناخالص آب مورد نیاز اراضی تحت پوشش شبکه در برآورد طراحی اولیه ۸۰ مترمکعب در ثانیه شده است. درحالی‌که در وضعیت موجود بر اساس نتایج حاصله از اندازه‌گیری انجام گرفته به‌روش حجم دبی ورودی- خروجی حداکثر ظرفیت انتقال آب در کانال اصلی مغان بیش از ۶۸ مترمکعب در ثانیه مقدور نمی‌باشد. این بدان معنی است؛ تلفات و نشت آب در مسیر کانال اصلی بسیار زیاد بوده، و از حد مجاز درکانال‌های خاکی بیشتر شده، و ظرفیت انتقال آب در کانال اصلی شبکه آبیاری مغان در اثر رسوب‌گذاری به‌طور قابل توجهی کاهش یافته است. ظرفیت انتقال آب در کانال اصلی شیروان و قره‌باغ در جمهوری آذربایجان نیز در وضع موجود چنین شرایطی دارد. بنابراین اعمال دبی عبوری به حالت ظرفیت طراحی، حداقل‌سازی تلفات حاصل از نشت آب، رفع مشکلات رسوب‌گذاری در مسیر کانال‌ها از اهمیت بسیار فوق‌العاده‌ای برخوردار می‌باشد. تاکنون این موضوع به عنوان یک مشکل اساسی و پراهمیت در سطح دنیا درکانال‌های انتقال آب شبکه‌های آبیاری باقی مانده است.

نمونه‌ای از تحقیقات محدود انجام شده در جهان عبارتند از: برت (Burt, 1991) به بررسی اصلاح و نوسازی کانال‌های انتقال در شبکه‌های آبیاری در دیدگاه وسیع بین‌المللی با مقایسه بین کشورهای کمتر توسعه یافته و کشورهای پیشرفته پرداخته و اذعان کردند: در اغلب سیستم‌ها نیاز به برنامه منظم و دقیق نگهداری و بازسازی از شبکه‌هاست. هرو (Herve, 2000) با مطالعه نوسازی کانال سوات در پاکستان نشان داد: اغلب کانال‌های آب تا حدود ۳ برابر ظرفیت بعد از نوسازی می‌توانند آب دریافت کنند، و جهت افزایش اطمینان‌پذیری انتقال آب، اجرای اهداف نوسازی افزایش ظرفیت تحویل آب ضروری است. دوردو (Durdu, 2009) در ترکیه با بررسی بازسازی و بهبود سیستم‌های آبیاری و کانال‌های آبیاری اتوماتیک نشان دادند: اعتمادپذیری تأمین آب یک سیستم به بهبود

عملکرد کانال‌های انتقال آب آن سیستم وابسته است، که با پیمایش و بازسازی و اصلاح و مکانیزه کردن کانال‌ها امکان پذیر است. در نشریه ۵۲۳ فائو (FAO, 2008) نیز بر این مطالب تاکید شده است. لوزانو و همکاران (Lozano *et al.*, 2010) با شبیه‌سازی کنترل اتوماتیک کانال‌های آبیاری در جنوب اسپانیا نشان دادند، بهبود مدیریت آب در کانال‌های آبیاری از طریق حفظ، نگهداری، اصلاح و بازسازی آن‌ها، تنها راه حل بهبود و افزایش راندمان سیستم‌های آبیاری می‌باشد.

راندمان بسیار پایین مصرف آب در بخش کشاورزی مانع از بهره‌وری مطلوب از منابع آب و خاک بوده است. مهم‌ترین و اصلی‌ترین هدف از احداث و توسعه شبکه‌های مدرن آبیاری در کشور، ارتقاء راندمان آب آبیاری و در نهایت جلوگیری از اتلاف آب می باشد. لیکن به نظر می‌رسد شبکه‌های آبیاری و زهکشی در کشور ما بیش از آنکه از مسائلی همچون فقر، تخصص، تأمین تجهیزات، توسعه نرم‌افزاری و روش‌های نوین در طراحی و ساخت در رنج باشد، در چالش بزرگ بهره‌برداری و نگهداری گرفتار بوده است. جوکار و همکاران (Jokar *at al.*, 2015) در بررسی راندمان مصرف آب کشاورزی در شبکه مدرن درودزن نشان دادند: راندمان بسیار پایین آبیاری و اتلاف زیاد آب در فصل توزیع آب به علت تخصیص اعتبارات ناکافی در عملیات تعمیر و نگهداری، و زهکش‌ها، پوشش بتنی انهار سنتی متعدد و با طول زیاد در شبکه مدرن، عدم اعمال فنون و تکنیک‌های مدیریت مبارزه با علف‌های هرز و عدم تعیین ارزش واقعی آب است. ساعی و همکاران (Saie *at al.*, 2013) در یک مطالعه به ارزیابی عملکرد فنی و هیدرولیکی کانال‌های آبیاری استان سمنان و ارائه راهکارهای بهبود عملکرد آن‌ها پرداخته و نشان دادند: توسعه‌ی شبکه‌های آبیاری و تجهیز و نوسازی شبکه‌های آبیاری یکی از ارکان اصلی توسعه در بخش آب و کشاورزی است. وجود مشکلاتی از قبیل رسوب‌گذاری در کانال‌ها، رشد علف‌های هرز در برم کانال‌ها، آب‌بندی نامناسب درزهای انقباض در بدنه کانال‌ها، ترک‌های طولی و عرضی در برخی کانال‌ها، تخریب بتن درآپ‌ها، پرشدن تنظیم کننده‌های نوک مرغابی از رسوب، عملکرد نامناسب دریچه‌های نیرپیک و غیره از اهم نارسائی‌های شبکه‌ی آبیاری گرمسار می‌باشد. صومعه و همکاران (somehe *et al.*, 2000) با ارزیابی اثربخشی اقدامات بهسازی شبکه آبیاری و زهکشی دشت مغان نشان دادند: محدودیت منابع آب و خاک و ضعف عملکرد شبکه‌های آبیاری و زهکشی ضرورت بهبود بهره‌وری و ارتقای عملکرد شبکه‌ها را ایجاب می‌کند. با توجه به اینکه ساخت شبکه‌های آبیاری و زهکشی سرمایه عظیمی را طلب می‌کند، بهسازی آن می‌تواند راهکار مناسبی برای افزایش بهره‌وری آب گردد. در این تحقیق اثربخشی بهسازی کل شبکه در مغان بسیار پایین نشان داده است. اخوان و همکاران (Akhavan *et al.*, 2021) با بررسی راندمان انتقال و مشکلات بهره‌برداری ازکانال‌های پیش‌ساختهٔ بتنی در شبکهٔ آبیاری مغان نشان دادند؛ کارایی نامناسب واشرهای آب‌بندی و رشد گیاهان آبزی، تخریب ابنیه‌ها و دریچه‌ها، آبگیری غیراصولی و شکستگی و تعمیر نشدن کانال‌ها، و آبگیری بیش از ظرفیت کانال‌های و مهم‌تر از همه نبود تشکل نگهداری و بهره‌برداری از مهم‌ترین مشکلات بهره‌برداران این کانال‌ها می‌باشد. شاهدانی و همکاران (Shahdany *et al.*, 2016) نیز میزان تلفات در کانال اصلی شبکه آبیاری و زهکشی رود دشت اصفهان ۴۵ درصد به‌دست آوردند. برخورداری و شاهدانی (Barkhordari and Shahdani, 2020) با استفاده از مدل عددی SEEP/W به آنالیز و تعیین میزان تراوش در کانال خاکی آبیاری در شبکهٔ آبیاری دشت مغان پرداختند. نتایج آنالیزها حاکی از آن است که با توجه به شدت وقوع پدیده‌های مختلف مانند رسوب‌گذاری و فرسایش در دراز مدت، می‌توان حداکثر میزان تراوش تا ۲۰۸۳۸ میلی‌لیتر در روز و حداقل میزان تراوش تا ۲۴۵ میلی‌لیتر در روز را پیش‌بینی کرد. محمدی و همکاران (Mohammadi *et al.*, 2019) در مطالعه‌ای در شبکه آبیاری و زهکشی ورامین به بررسی عملکرد انتقال آب کانال در بیش از ۴۰ نقطه در کانال‌های اصلی، درجه دوم

و درجه سوم مورد تجزیه و تحلیل قراردادند. نتایج این مطالعه نشان داد که راندمان انتقال برای کانال‌های اصلی، درجه دوم و سوم در ۱۰۰۰ متر به ترتیب ۹۵، ۹۱ و ۸۹ درصد است. سجودی و شاهدانی (Sojodi and Shahdani, 2021) در مرور عوامل مؤثر بر راندمان آبیاری در شبکه‌های ایران نشان داد: تلفات در سیستم‌های انتقال و توزیع آب کشاورزی به دو دلیل اصلی رخ می‌دهد: زشت و عملکرد نامناسب سازه‌های هیدرولیکی کانال که باعث ایجاد تلفات بهره‌برداری می‌شود. عوامل مختلفی از جمله رشد علف‌های هرز در کانال‌ها، تجمع رسوب در کانال‌ها، تجمع زباله در کانال‌ها، ترک خوردن پوشش کانال، خرد شدن یا جابه‌جایی قطعات بتن در کانال‌ها، تخریب به دلیل کیفیت نامناسب مصالح و عدم وجود دانش کافی بهره‌برداری در سطح کلان و خرد تصمیم‌گیران آب کشور سبب افزایش تلفات در سامانه‌های توزیع و تحویل کشاورزی هستند. عوامل تأثیرگذار در بهره‌برداری شبکه‌ها شامل انجام منظم فرایند نگهداری سالانه و بهسازی آن‌ها و ... است. کانونی (Kanooni, 2007) راندمان آبیاری جویچه‌ای تحت مدیریت‌های مختلف در منطقه مغان مورد ارزیابی قرارداد و نشان داد قسمت عمده تلفات به‌صورت نفوذ عمقی بوده و مدیریت آبیاری در مزرعه نقش بسزایی در جلوگیری از تلفات آبیاری دارد. عدم توجه به خصوصیات بافت خاک و کمبود رطوبت در ناحیه توسعه ریشه، شیب زمین، طول قطعات آبیاری و نامناسب بودن زمان شروع آبیاری با نیاز آبی گیاه، سبب استفاده بی‌رویه و افزایش هدر رفت آب قابل دسترس در مزارع شده است. (Rahmati and Monem, 2021)

با استفاده از فرایند مسکات برای ارزیابی و بهبود شبکه آبیاری و زهکشی گتوند نشان دادند اصلاح شیوه‌های مرسوم و قدیمی توزیع آب و جایگزینی آن‌ها با روش‌های توزیع حجمی، ظرفیت مناسبی برای کاهش تلفات آب و ارتقای بهره‌وری در شبکه ایجاد می‌کند. تمام مطالعات ضرورت اصلاح و بازسازی کانال‌های انتقال را نشان می‌دهند. لذا در این پژوهش جهت اصلاح و بازسازی کانال خاکی انتقال در زمان بهره‌برداری توسط دیواره تیغه‌ای جداکننده سیار بکار گرفته شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

دشت مغان با مساحتی بالغ بر ۳۵۰ هزار هکتار در شمال‌غربی ایران در استان اردبیل در طول و عرض جغرافیایی ۴۷/۵ تا ۴۸ و ۳۹/۲ تا ۳۹/۴ واقع شده است. این منطقه از شمال‌غرب به رودخانه ارس، از شرق به مرز بین‌المللی ایران و جمهوری آذربایجان، از جنوب به شهرستان مشکین‌شهر و از مغرب به شهرستان اهر محدود می‌گردد. حدود ۹۰/۴ هزار هکتار اراضی ناخالص و ۷۲ هزار هکتار اراضی خالص قابل آبیاری در آن وجود دارد (Moghan Irrigation and Drainage Network Operation Company, 2009). شکل (۱) موقعیت جغرافیایی محدوده طرح و محل اجرای پوشش مورد بحث در شبکه آبیاری مغان را نشان می‌دهد.

شبکه آبیاری مغان با هدف تحت پوشش قراردادن ۷۲ هزار هکتار اراضی خالص با آبگیری از سد انحرافی میل و مغان در طول بیش از ۵۰ سال مورد بهره‌برداری قرار گرفته است. کانال اصلی شبکه آبیاری دشت مغان از انتهای حوضچه های رسوبگیر سد انحرافی میل و مغان، با ۸ دریچه کشویی با حداکثر دبی ۸۰ متر مکعب در ثانیه در شرایط گشودگی کامل تغذیه می‌شود. کانال مذکور که به عنوان کانال مادر عمل می‌کند عمدتاً دارای بدنهٔ خاکی است که پس از تأمین آب اراضی زراعی تحت پوشش در مسیر به طول ۳۵ کیلومتر به دریاچه شهرک می‌ریزد . این کانال در راستای شمال شرقی دریاچه با ظرفیت انتقال ۳۸ مترمکعب در ثانیه ادامه دارد و مسافت بالغ بر ۷۸ کیلومتر را می‌پیماید. پس از تأمین آب کشاورزی، شرب، صنعت در مسیر، نهایتاً در جنوب شهرستان بیله‌سوار به رودخانه بالهارود تخلیه می‌گردد. مجموع طول کانال اصلی قبل و بعد از دریاچه شهرک ۱۱۴ کیلومتر است، که در راستای

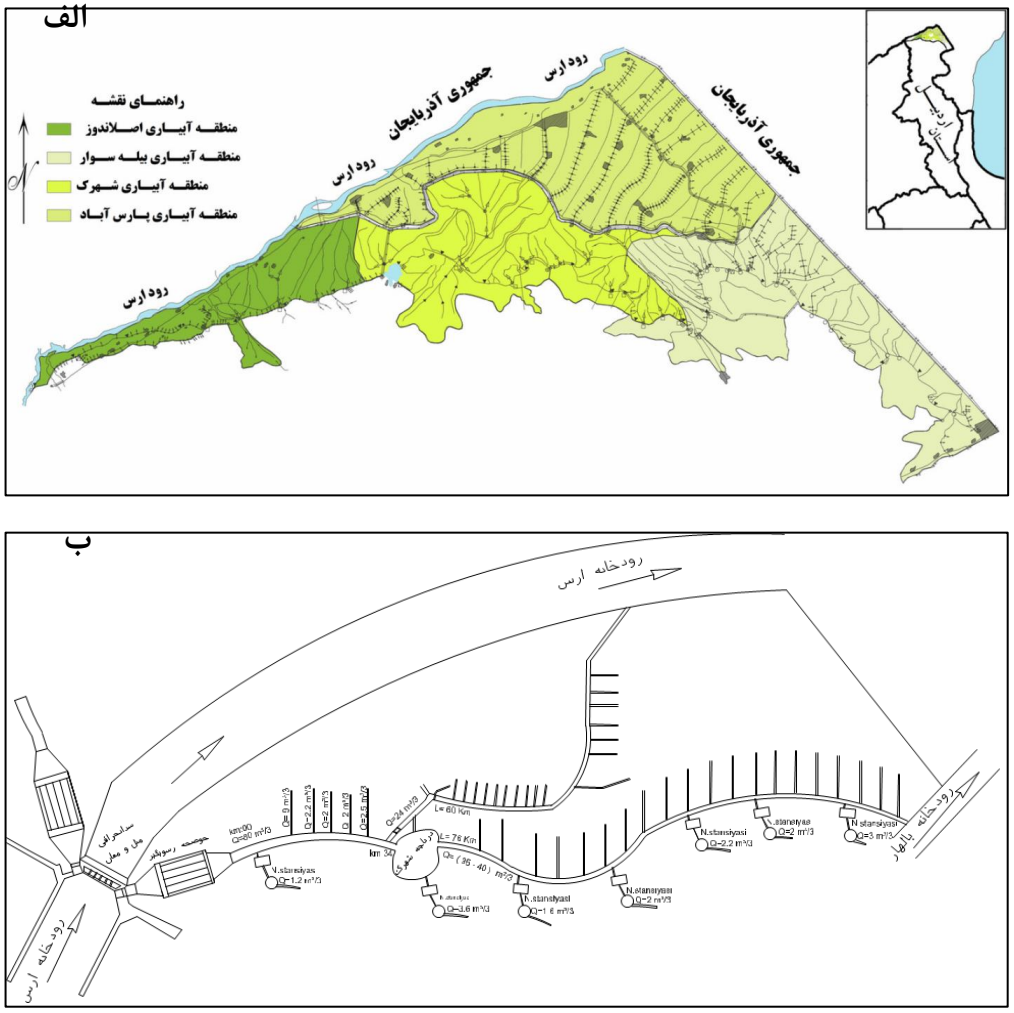
جلوگیری از هدر رفت بی‌رویه منابع آب قابل دسترس ناشی از نشت بیش از حد مجاز از بدنه خاکی کانال تا سال ۱۳۸۸در حدود ۱۴کیلومتر آن بعد از دریاچه و در منتهی الیه کانال پوشش بتنی گردیده است (Barkhordari and Shahdani, 2020). و در جهت تداوم کاهش تلفات نشت آب از بدنه خاکی کانال در طول مدت ۵ سال اخیر (۱۴۰۱-۱۳۹۷) نیز به طول ۱۳ کیلومتر از کانال اصلی قبل از دریاچه پوشش بتنی انجام گرفت که در مجموع ۲۴ درصد از مقاطع خاکی کانال اصلی مغان تاکنون به‌منظور جلوگیری از تلفات آب ناشی از نشت لاینینگ گردیده است.

در دهه‌های گذشته مشکل نشت و نفوذ آب در مقاطع خاکی کانال‌های اصلی انتقال و شبکه توزیع آب در این شبکه به یک موضوع مهم و چالش جدی بهره‌برداری تبدیل شده است. در این رابطه در سال ۱۳۷۰ مطالعاتی توسط شرکت مهندسین مشاور یکم به‌منظور تهیه طرح ترمیم، اصلاح و بهسازی کانال‌ها با روش اندازه‌گیری جریان ورودی- خروجی و با اندازه‌گیری میزان نشت در ۳۲ نقطه در طول کانال‌های اصلی و مسیرهای بحرانی انجام شده است (Moghan Irrigation and Drainage Network Operation Company, 2009).

میزان تلفات آب و نشت متعارف درکانال‌های با پوشش خاکی در گزارشات فائو بین ۳ تا ۸۶ درصد و کمتر از ۱۰۰ لیتر در مترمربع در روز برآورد شده است. هرچند پوشش دار کردن کانال‌ها کاملاً از تلفات آب ناشی از نشت و نفوذ از جداره کانال جلوگیری نمی‌کند. لذا قبل از هرگونه اتخاذ تصمیم باید میزان حجم آبی صرفه‌جویی ناشی از پوشش‌دار نمودن را برآورد نمود. لیکن با پوشش کانال می‌توان حدود ۶۰ تا ۸۰ درصد از تلفات آب در کانال‌های بدون پوشش را کاهش داد. به‌طوری که طبق توصیه USBR تلفات مسیر کانال با پوشش بتنی نباید از ۳۰ لیتر در مترمربع در روز تجاوز نماید، یا کمتر از ۳ درصد باشد.

کانال اصلی آبرسان به شبکه آبیاری و زهکشی مغان برای اهداف مصارف آبیاری اراضی کشاورزی، شرب و صنعت و سایر از رودخانه ارس تأمین آب می شود، که از محل سد قزل قشلاق (سد مشترک مرزی دولتین ایران و جمهوری آذربایجان) می‌باشد (Fakhrabad, 2009). کانال همواره در حال بهره‌برداری بوده، و به همین سبب رسوبات زیادی در مسیر تر سبب گردیده، ظرفیت انتقال آب به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش یافته است. به‌طوری که طول کانال اصلی تا دریاچه شهرک ۳۴ کیلومتر، حداکثر ظرفیت انتقال آب در آن بیشینه ۸۰ مترمکعب برثانیه و متوسط ظرفیت انتقال نرمال در طول سال ۶۲-۶۰ مترمکعب برثانیه می‌باشد، و در طول مسیر از کانال اصلی تا دریاچه طبیعی ۶ کانال درجه ۲ منشعب و تأمین آب می‌گردد. حداکثر ظرفیت انتقال آب در آن‌ها بدون در نظر گرفتن تلفات آب در مسیر جریان ۱۰ مترمکعب برثانیه می‌باشد. انتهای کانال اصلی نهایتاً به دریاچه طبیعی منتهی می‌شود.

با توجه به طراحی اولیه، ظرفیت انتقال آب در کانال در کیلومتر ۳۴ به‌میزان ۶۴ مترمکعب برثانیه به دریاچه مخزنی وارد می‌گردد و پس از ته نشینی رسوبات در آن، از کانال به‌میزان بیشینه ۲۴ مترمکعب برثانیه برای تأمین آب مورد نیاز اراضی تحت پوشش کانال درجه ۱ تحت عنوان کانال A و مابقی آن از طریق ادامه کانال اصلی بعد از دریاچه با دبی بیشینه ۳۸ مترمکعب برثانیه جهت تأمین آب مورد نیاز اراضی کشاورزی، شرب، صنعت و غیره به اراضی پائین‌دست قسمت شمال‌شرقی شبکه آبیاری انتقال داده می‌شود. درحالت کلی حدود ۳۸ درصد از طول کانال اصلی در مسیر خاک‌برداری، بالغ بر ۴۸ درصد آن به‌طور متوسط ۵۰ درصد در خاک‌برداری و ۵۰ درصد در خاکریزی قرار گرفته، مابقی مقاطع آن در خاکریزی واقع شده است. سرعت جریان آب در کانال ۰/۷۵-۰/۶۲متر برثانیه می‌باشد.



شکل ۱- الف) شماتیک شبکه آبیاری و زهکشی مغان

ب)جزئیات کانال اصلی و کانال درجه ۲ منشعب از آن در شبکه آبیاری مغان

Fig 1- a) Schematic of Moghan irrigation and drainage network

b) Details of the main canal and the secondary canal branching from it in the Moghan irrigation network.

روش تحقیق

برداشت آب مورد نیاز شبکه آبیاری و زهکشی مغان از رودخانه ارس از طریق سد انحرافی میل و مغان قبل از ورود به کانال اصلی به یک حوضچه رسوبگیر جهت تله‌اندازی رسوبات بار معلق در آن هدایت می‌شود. این حوضچه رسوبگیر از نوع آرامشی با حداکثر دبی آبگیری ۹۵ مترمکعب درثانیه دارای چهار واحد مستطیل شکل و هر واحد متشکل از سه گالری می‌باشد، که ۱۵ مترمکعب از آن بعد از شستشو به رودخانه برگشته، و مابقی به کانال اصلی وارد می‌شود.در وضعیت موجود با توجه به کاهش پوشش گیاهی حوضه میانی رودخانه ارس در فاصله ۲۶۰ کیلومتری سد مخزنی ارس در بالادست سد انحرافی میل و مغان و به دنبال آن افزایش میزان غلظت بار معلق در رودخانه ارس، راندمان تله‌اندازی بار معلق در حوضچه رسوبگیر به حداقل مقدار خود کاهش یافته است. به همین دلیل رسوبات بیش از حد مجاز به‌میزان ۱۸ تا ۲۵ گرم بر لیتر وارد کانال انتقال آب می‌گردد.

علیرغم اینکه بیش از ۵۰ سال از عمر مفید شبکه سپری شده است، انجام عملیات پوششی کانال اصلی با مصالحی از قبیل خاک غیرقابل نفوذ (متراکم کردن خاک بستر، پوشش با لایه نازک متراکم شده رسی، پوشش با بنتونیت) و یا پوشش بتنی در راستای جلوگیری از آب شستگی و کاهش اتلاف آب از بدنه خاکی کانال اصلی خیلی کم و به‌صورت موضعی در آن اتفاق افتاده است. در راستای کاهش رسوبات و جلوگیری از تلفات هدر رفت آب ناشی از نشت در کانال‌ها، با ایجاد تکنولوژی قابل دسترس و با به‌کارگیری اصول و روش مثمر ثمر و مقرون به صرفه، می‌توان جهت انجام عملیات پاکسازی و پوشش بتنی کانال ها آن را مورد استفاده قرارداد، و این مسئله از لحاظ تجربی و علمی دارای اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. باتوجه به اینکه پارامترهای هیدرولیکی کانال بسیار زیاد می‌باشند، تعمیر و اصلاح و بازسازی آن با اصول و تکنولوژی شناخته شده و معلوم در زیر آب مقدور و امکان‌پذیر نمی‌باشد. مسئله بسیار اساسی و حائز اهمیت این است که در کانال اصلی انتقال آب بدون قطع جریان آب (در حین بهره‌برداری) و جلوگیری از هر گونه هزینه‌های گزاف، سرسام‌آور و غیراصولی و توجیه‌ناپذیر که برای احداث کانال انحرافی موقت در جوار کانال اصلی جهت انتقال و تأمین آب مورد نیاز مصارف پایین دست که جهت مهیا و آماده ساختن شرایط کاری مناسب برای انجام عملیات اصلاح، بازسازی و پوشش بتنی در کانال مورد استفاده قرار می‌گیرند. بعد از اتمام عملیات مورد نظر در کانال اصلی با پرکردن و هموار نمودن به حالت اولیه برگردانده می‌شود. بنابراین در راستای جلوگیری از هزینه‌های سنگین انجام عملیات احداث کانال انحرافی موقت و خاکریزی، هموار کردن و اعاده به حالت اولیه آن، استفاده و به‌کارگیری از اصول و روش نوین، بهینه هیدرولیکی، اقتصادی و مقرون به صرفه و قابل دسترس با ایجاد و فراهم ساختن مکانیزم نوآوری قابل اجرا جهت انجام عملیات اصلاح و باز سازی و پوشش بتنی کانال در حین بهره‌برداری مورد بحث می‌باشد. لذا بکارگیری و استفاده از پوشش با مواد ارزان و با کیفیت قابل اطمینان، با بکارگیری تکنولوژی و فن‌آوری نوین مورد انتظار می‌باشد.

روش‌های اصلاح و بازسازی کانال‌های انتقال آب درحال بهره‌برداری

حجم عملیات اصلاح، بازسازی- تعمیرات و مرمت اساسی در کانال‌های بزرگ بستگی به شرایط و وضعیت موجود کانال دارد. هدف اصلی از انجام این عملیات، پوشش‌دار نمودن سطح مقطع خیس شده و به حداقل رساندن میزان هدر رفت آب ناشی از نشت می‌باشد. از آنجایی‌که وضعیت انواع کانال‌های در حال بهره‌برداری متفاوت هستند، فرآیند عملیاتی که در آن ها انجام می‌گیرد نیز به نوبه خود متفاوت خواهد بود:

۱- در کانال‌های رسوب‌گذاری شده با وجود حجم بسیار بالای رشد نی و علف‌های هرز باید حین پاک‌سازی رسوبات و علف‌های هرز انجام عملیات حفاری، صاف و هموار کردن، عملیات پوشش‌گذاری و تکمیلی انجام داد.

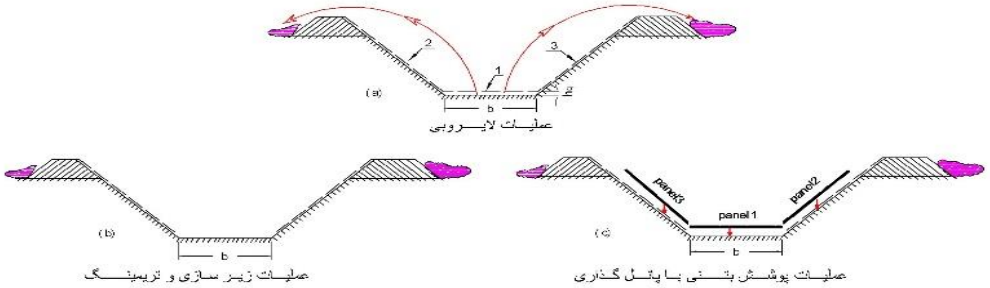
۲- انجام عملیات تمیزکردن، حفاری و ترمینگ در کانال‌های خاکی که دارای رسوب کم و یا بدون رسوب می‌باشند، هم‌زمان با یک دستگاه تک‌کاره (مانند بیل مکانیکی) انجام می‌گیرد. سپس در مقاطع آماده شده برای انجام عملیات پوششی مورد نظر با رعایت اصول فنی مطابق فرآیند پوششی تکمیل و به اتمام می‌رسد.

استفاده از طرح‌های فناوری انجام عملیات اصلاح و بازسازی کانال انتقال آب در حین بهره‌برداری (زیرآب) به دور روش مرسوم عملیات پوشش کانال و روش کانال انحراف موقت استفاده می‌شود:

الف) روش پوشش کانال به روش تشک بتنی

یکی از روش‌های متداول طراحی و ارائه فناوری انجام عملیات اصلاح و بازسازی کانال انتقال آب در حین بهره‌برداری به روش پوشش کانال استفاده از مواد پلاستیکی انعطاف‌پذیر، مانند تشک الاستیکی با پوشاندن

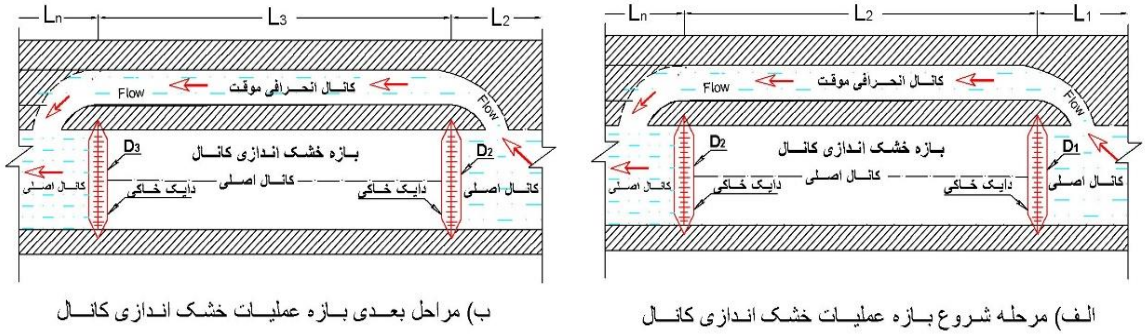
کل محیط کانال یا پو شش به‌و سیله قطعات بتنی نواری و یا قطعات پانلی درکف و دیواره جانبی کانال‌ها می‌باشد که در شـــکل ۲ (زیرآب) نمای کلی آن آورده شـــده اســـت (شرکت بهره‌برداری از شبکه‌های آبیاری و زهکشی مغان، ۱۳۸۸). اخیراً در کشور آلمان نیز از روش تشک بتنی برای این منظور اســـتفاده می‌شـــود. در این روش پس از اتمام انجام عملیات حفاری، پاکســـازی، اصـــلاح، بازســـازی و تریمینگ مقاطع کانال انتقال آب با رعایت اصـــول فنی در کف و دیواره جانبی کانال از یک تشک دو جداره از جنس ژئوتکستایل تشکیل گردیده است و سطح بالائی و پائینی آن توسط نخ‌هایی از جنس پلی آمید به هم متصل شده‌اند. به نحوی که شرایط لازم برای تزریق بتن رقیق شده توسط پمپ در جداره تشک را امکان‌پذیر و میسر می‌سازد، مورد اســـتفاده قرار می‌گیرد. کلرید ســـیلیکون به بتن اضـــافه می شود تا بدین سان تسریع در سرعت گیرش بتن اتفاق بیافتد تا زودتر از زمان گیرش بتن معمولی، سفت و سخت شود (Denisov, 1966). هیچ یک از روش‌های ذکر شده و مرســـوم به‌طور گســـترده در انجام عملیات پوشـــش کانال انتقال آب مورد اســـتفاده نمی‌باشـــند زیرا هر یک از آن‌ها دارای نواقصات و معایب فنی متعددی می‌باشند بطوری‌که کیفیت ساخت و ساز در آن‌ها پایین بوده، و از محل ژوئن و درزها آب نشـــت می‌نماید، پرکردن با مصـــالح بتنی در محل دوخت‌ها و یکپارچه نمودن آن به سختی و دشواری انجام می‌گیرد. همچنین تشک‌های الاستیک توسط نی و علف‌های هرز ســـوراخ شـــده، و بدین طریق عمر مفید و عملکرد آن‌ها کاهش می‌یابد. یکی از معایب روش آلمانی، اجرای سـختی فرآیندهای تکنولوژیکی آن کندی سـفت و سخت شدن پوشش بتنی بکار رفته و هزینه بالای تولید و ساخت و ساز آن است.



شکل۲- عملیات پوشش بتنی در کانال‌های در حین بهره‌برداری با رسوب کم و یا بدون رسوب توسط پانل‌های بتنی مسلح
Fig 2- Concrete coating operations in channels during operation with little or no sediment by reinforced concrete panels

ب) روش کانال انحرافی موقت

یـک روش دیگر قـابـل اعتمـاد در این خصـــوص خشـک‌اندازی کانال می‌باشـد، فناوری مورد اسـتفاده حال حاضر در این زمینه، روش انتقال جریان آب از طریق ایجاد کانال‌های انحرافی موقت است (شکل ۳).



ب) مراحل بعدی بازه عملیات خشک اندازی کانال

الف) مرحله شروع بازه عملیات خشک اندازی کانال

شکل ۳- انتقال جریان آب از طریق روش کانال انحرافی موقت و عملیات خشک اندازی برای اصلاح و بازسازی کانال اصلی

Fig 3- Transferring water flow through the method of temporary diversion channel and drying operations for the correction and reconstruction of the main channel

اگر چه این روش از نظر ساخت دارای مزایای بسیاری است اما از نظر اقتصادی و زمان مقرون به صرفه نیست. همچنین برای انجام عملیات ساخت کانال انحرافی موقت باید مکانی مناسب و فضای کافی وجود داشته باشد. علاوه‌براین، از طریق خطوط لوله سیار و روش‌های مشابه نیز جهت انتقال و هدایت آب به‌صورت موقت معمولاً در کانال های کوچک و با ظرفیت کمتر (کانال انتقال آب درجه ۲) مورد استفاده قرار می‌گیرند. بنابراین با در نظر گرفتن قابلیت اطمینان روش کانال انحرافی موقت، در راستای انتقال و تأمین مطمئن و به موقع آب مورد نیاز پائین دست و علیرغم وجود برخی محدودیت‌ها، در این تحقیق به عنوان نمونه اولیه آنالوگ مورد تصویب قرار گرفت.

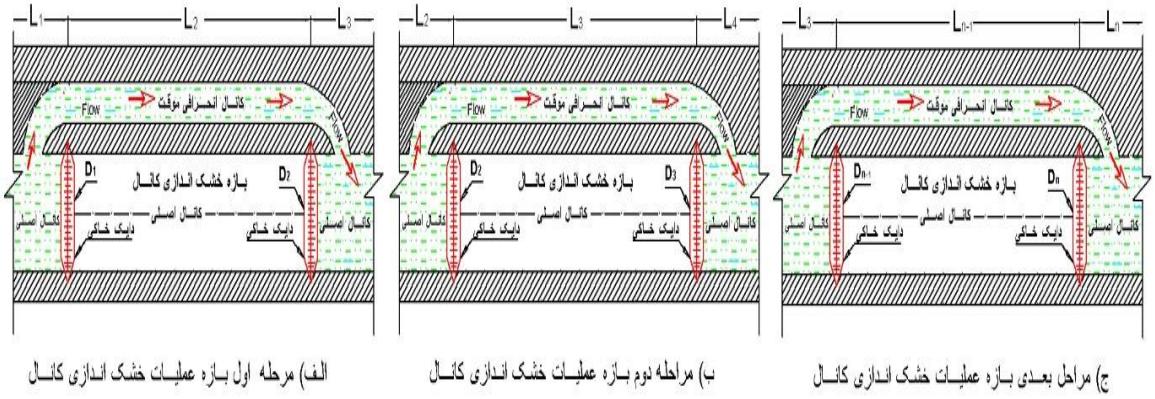
در منطقه مغان تاکنون، انجام عملیات اصلاح و بازسازی با تحمیل ضرر و زیان قابل ملاحظه‌ای به اقتصاد بخش کشاورزی منطقه در طول انجام عملیات و با قطع کامل جریان آب درکانال انتقال آب در مدت زمان انجام آن عملیات و در بازه زمانی ۱ الی ۲ سال انجام گرفته است. در این روش، در مراحل متعدد عملیات اصلاح و بهسازی آب بر اساس ظرفیت مورد نیاز به داخل یک کانال انحرافی موقت در هر بخش از کانال اصلی هدایت می‌شود. اما نکته قابل تأمل در این‌خصوص این است که هزینه‌های احداث کانال انحرافی موقت و بازگشت به حالت اولیه طی مراحل خاکریزی و تسطیح به‌مراتب بیش از هزینه انجام عملیات اصلاح، بازسازی و پوشش بتنی کانال اصلی می‌باشد. لذا با توجه به وسیع بودن دامنه اقدامات بهسازی و اصلاح در این کانال‌ها بخصوص شبکه وسیع مغان استفاده از تکنولوژی‌ها و فن‌آوری‌های نوین را دو چندان ضروری می‌نماید.

کانال انحرافی موقت

در روش کانال انحرافی موقت کانال اصلی به چندین بازه عملیات کاری تقسیم می‌شود و در ابتدا و انتهای هرکدام از این بازه‌های عملیاتی در مقطع کانال اصلی دایک‌های خاکی در محل اتصال با کانال انحرافی جهت هدایت جریان آب به داخل آن ساخته می‌شوند (شکل ۴). پس از اتمام عملیات اصلاح و بازسازی، کانال‌های انحرافی موقت و دایک‌های خاکی احداث شده در مقاطع کانال اصلی به نوبت حذف و برداشته می‌شوند (شکل ۵). از کانال‌های انحرافی موقت باید بر اساس دبی مورد نیاز اراضی کشاورزی پائین‌دست رهاسازی انجام شود.

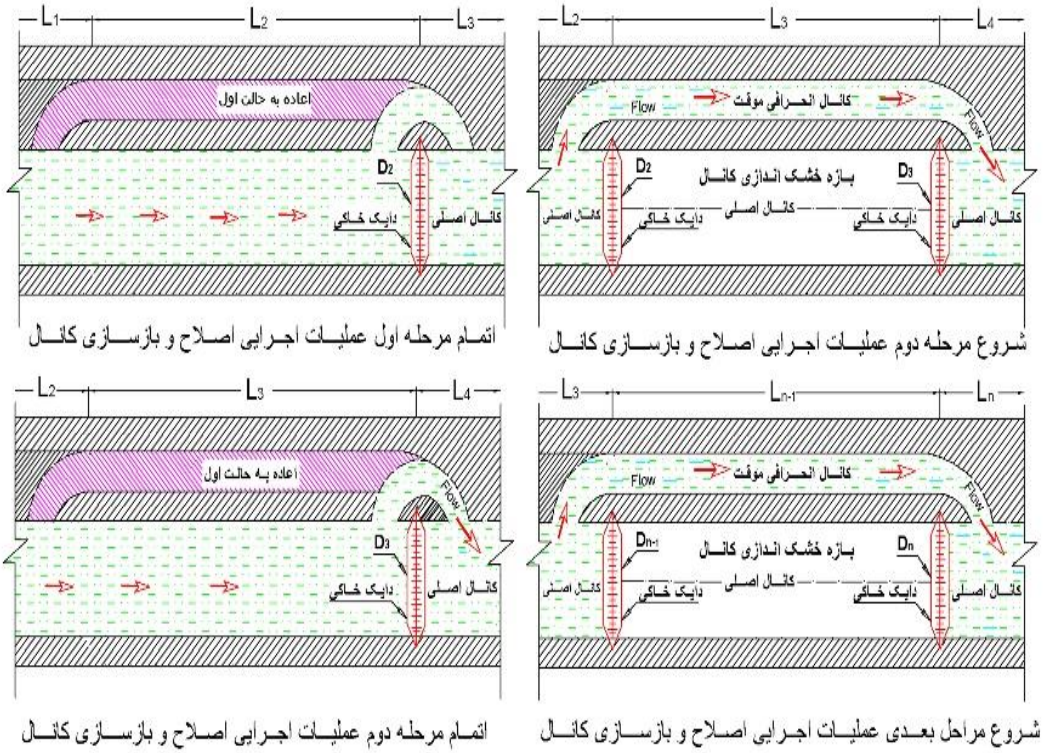
وقتی به کانال انحرافی موقت جریان آب انتقال داده می‌شود که در مقطع کانال اصلی قبل از دایک خاکی کلیه مراحل عملیات اصلاح و بازسازی در آن انجام گرفته و آماده بهره‌برداری شود تا بتواند جریان آب را به کانال انحرافی موقت تخلیه و هدایت کند. از آنجا که حجم این

مراحل از حجم عملیات حفاری (خاکبرداری) بسیار کوچکتر است و چون کانال‌ها موقتی هستند عملیات خاکبرداری شده به‌عنوان مصالح مورد نیاز برای پرکردن کانال انحرافی موقت (اعاده به حالت اول) در طرفین کانال‌ها ریخته و دپو می‌شوند و عملیات ساخت‌وساز در مقاطع کانال اصلی انجام می‌شود.



شکل ٤- طرح کلی انتقال آب مورد نیاز کانال اصلی به روش کانال انحرافی موقت در حین بهره برداری

Fig 4- General plan of the water transfer required by the main channel by the temporary diversion channel method during operation



شکل ٥- مراحل عملیات اجرایی اصلاح و بازسازی کانال اصلی به روش کانال انحرافی موقت در حین بهره‌برداری

Fig 5- The stages of the executive operation of the main channel modification and reconstruction by the temporary diversion channel method during operation

شکل۶- مراحل عملیات اجرایی ایجاد دایک خاکی، انحراف آب به کانال انحرافی، لایروبی و تریمینگ کانال اصلی مغان به روش کانال انحرافی موقت در حین بهره‌برداری

Fig 6- Steps of executive operation of creating an earthen dike, diverting water to a diversion channel, dredging and trimming the main Moghan canal using a temporary diversion channel during operation.

شکل۷- مراحل عملیات اجرایی درناژ کف، شفته‌ریزی و پوشش بتنی کانال اصلی مغان به‌روش کانال انحرافی موقت در حین بهره‌برداری

Fig 7- Stages of floor drainage, shafting and concrete coating of the main Moghan canal using the temporary diversion channel method during operation

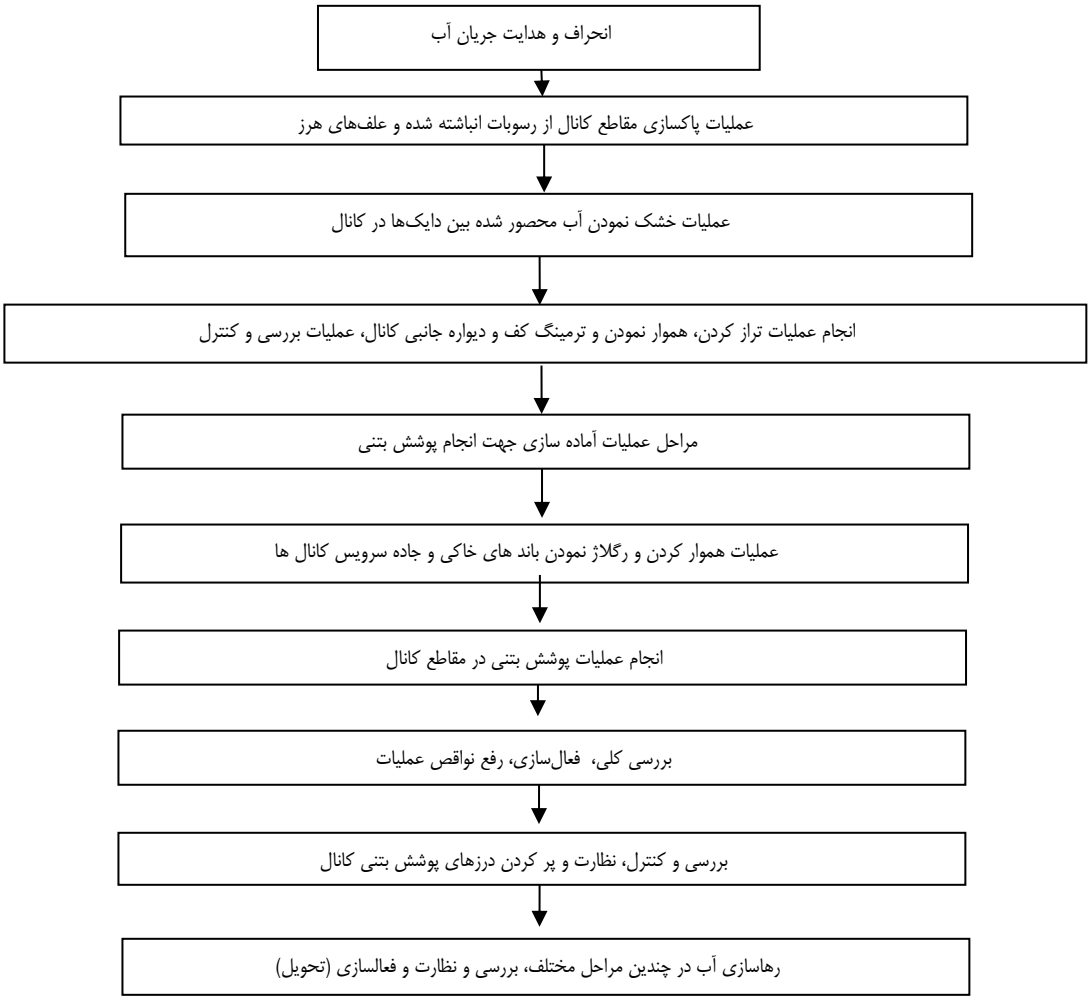
تجزیه و تحلیل مطالعات عملی، نظری و نتایج تحقیقات اولیه نشان داد؛ درکانال‌های اصلی انتقال آب که جریان در آن‌ها دائمی و درحال بهره‌برداری می‌باشند، برای انجام عملیات پاکسازی، اصلاح و بازسازی اساسی در آن‌ها، دستورالعمل‌ها و روش‌های زیر بسیار حائز اهمیت بوده و همواره در دستور کار روزانه قرار داشت (Sahehzade, 2008).

۱- بهبود روش" کانال انحرافی موقت" در شرایط عملیات بهره‌برداری کانال و به حداقل رساندن عملیات خاکی.

۲- بکارگیری مداوم عملیات تکنولوژیکی در کانال اصلی در تمام فصل‌ها با عنوان "اجرای عملیات در فصول مختلف درکانال" در شرایط قطع جریان آب در کانال در ماه‌های با حداقل تقاضای آب، علیرغم اینکه در برخی از ماه‌های سال جریان آب کمتری در کانال مورد نیاز است، ولی تداوم جریان آب در طول این ماه‌ها در کانال ادامه دارد، که نیازمند اجرای عملیات با دقت بیشتر در حفاری و خاکبرداری در تمام ماه‌ها است.

۳- توسعه و بکارگیری یک روش کارآمد جدید برای انجام عملیات بازسازی بدون قطع جریان آب در کانال.

فرآیند کلی اصلاح و بازسازی ساختاری کانال اصلی در شکل ۸ نشان داده شده است. با توجه به اینکه در اصلاح و بازسازی کانال‌های اصلی انتقال آب برای اهداف افزایش ظرفیت دبی عبوری کانال اصلی نسبت به دبی طراحی اولیه و اهداف بهبود و بازسازی تخریبات ناشی از عدم بهره‌برداری و نگهداری اصولی کانال، انباشت لجن و رسوب زیاد، رشد و نمو نی و علف‌های هرز، نشت آب بیش از حد مجاز، درصورت نیاز به افزایش پایداری شیب جانبی کانال و یا انجام عملیات خاص و پیچیده‌ای در مقاطع کانال انتقال آب انجام می‌شود. اما ممکن است بسته به ترکیب شرایط ساختمان مکانیک خاک و دقت ماشین‌الات، علاوه بر موارد ارائه شده در نمودار ساختاری، موارد عملیات متراکم‌سازی، قلوه‌سنگ‌کاری و تقویت با آرماتور بر روی سطح مقطع فعال کانال نیز انجام شود.



شکل ۸- فرآیند نمودار اصلاح و بازسازی ساختاری کانال اصلی

Fig 8- Process diagram of structural modification and reconstruction of the main channel

بسیاری از فرآیندهای تکنولوژیکی، عملیات و فعالیت‌ها می‌توانند به صورت موازی با یک یا چند دستگاه ماشین‌آلات انجام شوند. معیارهای رسیدگی به این موضوعات شاخص‌های پیچیده اقتصادی در واحد قیمت برآوردی است. به عبارت دیگر، هزینه تأمین و انتقال آب در کانال، هزینه‌های ساخت و ساز و نگهداری در طول یک کیلومتر از کانال، یا انتخاب ۱۰۰ متر طول از مقطع کانال و برآورد هزینه آن، که باید به‌عنوان پایه‌ای برای تعیین هزینه‌ها ملاک عمل قرار گیرد.

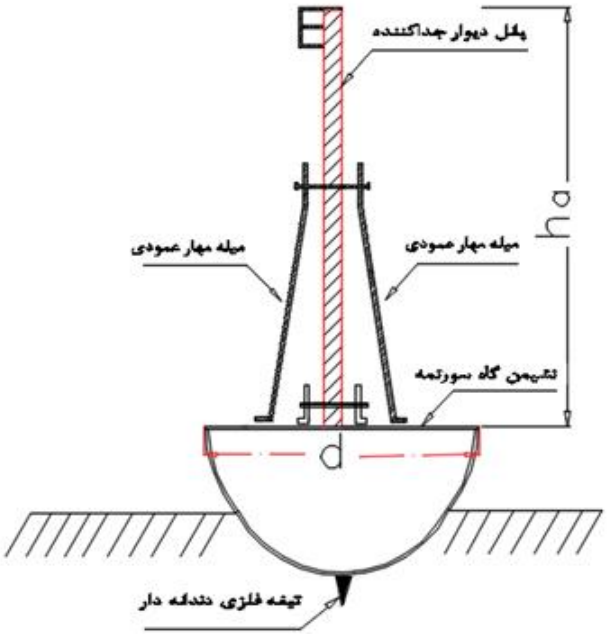
روش اجرای تحقیق

در تحقیق حاضر، اصول و روش مکانیسم نحوه انجام عملیات اساسی اصلاح و بازسازی، لایروبی و پاک سازی رسوبات در مقاطع خاکی کانال‌ها در حین بهره‌برداری و بدون قطع جریان آب در آن در منطقه مغان مورد بررسی و تجزیه- تحلیل قرار گرفت. برای این منظور از فن‌آوری‌های کارآمد و بهینه اقتصادی- هیدرولیکی با بکارگیری مؤثرترین تکنولوژی‌ها و فن‌آوری‌های نوین و اثر بخش استفاده شد. در این زمینه آمار و اطلاعات لازم جمع‌آوری و تجزیه- تحلیل شده و تکنولوژی‌ها و فن‌آوری‌های نوین ارزیابی گردید. مسائل کارهای علمی و نظری پژوهش در دانشگاه معماری و ساختمان جمهوری آذربایجان در آزمایشگاه سازه‌های هیدرولیکی و تکنولوژی دانشکده عمران سازه هیدرولیکی انجام گرفت، و مسائل عملی از جمله، تحقیقات تجربی در طی مدت سال‌های ۲۰۰۸ الی ۲۰۱۰ میلادی در کیلومتر از(۰۰+ ۲۲- ۰۰+۲۰) در کانال اصلی شبکه آبیاری مغان جنوبی در ایران جهت عملیاتی شدن تحقیق مورد بررسی قرار گرفت.

دیواره تیغه‌ای جداکننده سیار به‌عنوان روش پیشنهادی تحقیق

دیوارهای پارتیشن‌بندی یا جداسازی برای اهداف قطع و جلوگیری از جریان آب در مسیر مشخص (رودخانه‌ها، کانال‌ها و سایر منابع آب) در مواقع پاکسازی و یا اصلاح، باز سازی آن‌ها جهت انحراف و هدایت آب در میسر جدید از مواد محلی برای مدت معین و یا دائمی احداث می‌گردند، که در اغلب موارد، به‌طور موقتی ساخته می‌شوند (Велиев, 1990).

این سازه به دو شکل ساخته می‌شود، یکی به صورت شناور- کشنده و دیگری به‌طور کامل شناور که تعادل ایستایی آن‌ها، به‌وسیله وزنه تعادل بالانس برقرار می‌شود. هر دو آن‌ها ساختار یکسانی دارند. پانل‌های دیوار جداسازی که در شکل ۹ نشان داده شده از ورق‌های فلزی یا کامپوزیتی با خاصیت ارتجاعی و دارای استحکام در حد تأمل نیروهای جانبی وارده ناشی از هیدرواستاتیک و هیدرودینامیک برآن بر اساس ضرورت نیاز ساخته می‌شوند. مطابق شکل ۹ این پانل‌های دیواره جداکننده بر روی نشیمنگاه سازه سورتمه‌ای قرارداده شده و قسمت تحتانی گوشه‌ها به پروفیل از دو طرف جوشکاری شده و به هماهنگ‌کننده (کانکتور) یا به تاج سازه سورتمه محکم بسته و متصل می‌شود. سازه سورتمه‌ها از ورق‌های فلزی بسته به عمق آب و عرض کف کانال انتقال آب و به‌طول ۱۵۰- ۱۰۰ متر ساخته می‌شوند. یک قطعه فلزی دندانه‌دار به شکل اره به ارتفاع ۲۰-۱۵سانتی‌متر در زیر آن به‌وسیله جوشکاری متصل می شود تا از نفوذ و یا جریان آب در کانال از کف سازه سورتمه به‌طرف میدان عملیات ایجاد شده جلوگیری و به‌عنوان Cut Off عمل می‌نماید، تا مانع ورود جریان آب از زیر سورتمه به داخل میدان عملیات کاری ایجاد شده برای انجام اصلاح و بازسازی مقاطع کانال شود.



شکل ۹- نمای مقطع برش عرضی دیوار تیغه‌ای جداکننده

Fig 9- Cross-sectional view of the separating blade wall

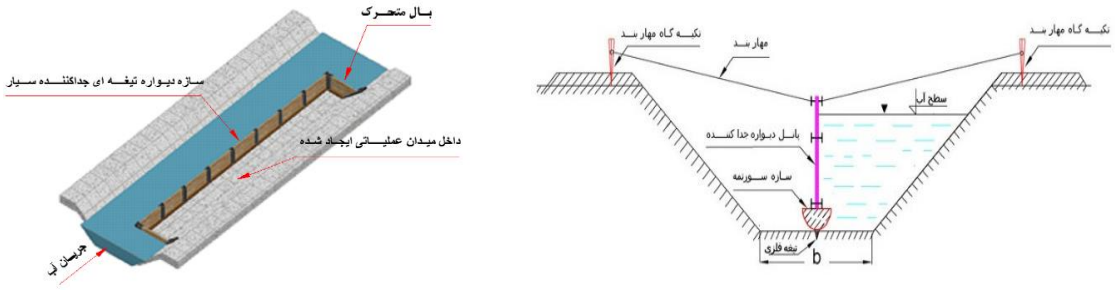
در روش پیشنهادی، در حین بهره‌برداری از کانال اصلی و بدون اینکه جریان آب در آن قطع گردد عملیات لایروبی، اصلاح، بازسازی و پوشش بتنی مورد نظر در کانال انتقال آب از طریق یک سازه جداکننده سیار (سازه‌ی سورتمه‌ای با دیواره تیغه‌ای جداکننده سیار) در آکس کف کانال انتقال آب قرارداده می‌شود و توسط دو بال متحرک به‌طول ۵ الی ۷ متر به شکل مثلث قائم‌الزاویه با اتصال لولایی در ابتدا و انتهای آن قرار می‌گیرد. این سازه متشکل از به هم پیوستن پانل‌های متعددی به ابعاد (۳ *۰/۲* ۳) متر از جنس پلی اتلین و یا مواد کامپوزیتی فایبرگلاس می‌با شد که بر روی یک خرپای سورتمه‌ای به ابعاد (۱*۰/۸*۶) متر که به‌طول ۱۰۰ الی ۱۵۰ متر پشت سر هم متصل شده و پس از نصب پانل‌ها بر روی آن‌ها و آب‌بندی با نوار لاستیکی همانند یک دیوار جداکننده‌ی جریان آب در کانال عمل می‌نمایند. بال‌های متحرک سازه مذکور با چرخاندن تحت زاویه ۴۵ و یا ۹۰ درجه به یک طرف دیواره جانبی کانال از ورود جریان آب به داخل محدوده حصار شده جلوگیری کرده، و به‌عنوان یک سازه سیار انحراف‌دهنده آب از آکس کف کانال به هرکدام از دیواره‌های جانبی در حین بهره‌برداری عمل می‌نماید. در فصولی از سال که نیاز آبی اراضی تحت پوشش کانال اصلی بیش از ۵۰ درصد حداکثر ظرفیت طراحی کانال نباشد، با رعایت اصولی فنی بهره‌برداری به‌وسیله جرثقیل در آکس کف کانال مورد نظر قرار گرفته، و از طریق بستن بال‌های متحرک در بالادست و پائین‌دست سازه سیار تحت زوایای قید شده، از ورود جریان آب به داخل مقطع محصور شده کانال در بازه عملیاتی مورد نظر جلوگیری به‌عمل می‌آید. انتقال جریان آب مورد نیاز به پائین‌دست از مقطع تنگ شده کانال جریان پیدا می‌کند، و در داخل میدان عملیاتی ایجاد شده بین بال‌ها و بدنه طولی سازه سیار و دیواره جانبی کانال، پس از انجام عملیات پایداری و مهاربندی دیواره سیار در مقابل واژگونی و یا هرگونه ناپایداری ناشی از فشار نیروهای هیدرواستاتیکی، هیدرودینامیکی، آب داخل میدان عملیاتی ایجاد شده از طریق پمپ آب تخلیه و اصطلاحاً خشک‌اندازی می شود. جهت جلوگیری نشست آب از زیر سازه دیواره تیغه‌ای

جداکننده سیار و بال‌ها به داخل میدان عملیاتی ایجاد شده از طریق تیغه فولادی دندانه‌دار که در زیر آن‌ها به ضخامت ۱۰ میلی‌متر و به ارتفاع ۳۰-۲۰ سانتی‌متر بسته به نوع و شرایط مکانیک خاک کف و دیواره جانبی کانال با ایجاد نیروی فشاری به‌وسیله چرخاندن میله شفت متصل به آن به‌صورت مکانیکی یا از طریق سیستم جک هیدرولیکی در عمق ۳۰-۲۰ سانتی‌متر کف و دیواره جانبی کانال خاکی فرو می‌رود، تا مانند دیوار آب‌بند عمل نموده، و مانع نفوذ جریان آب از کف و دیواره جانبی کانال به داخل میدان عملیاتی گردد (شکل ۱۰). در جدول ۱ مشخصات فنی دیواره تیغه‌ای جدا کننده سیار آورده شده است.

جدول۱- مشخصات فنی دیواره تیغه‌ای جداکننده سیار

Table 1- Technical specifications of the mobile separating blade wall

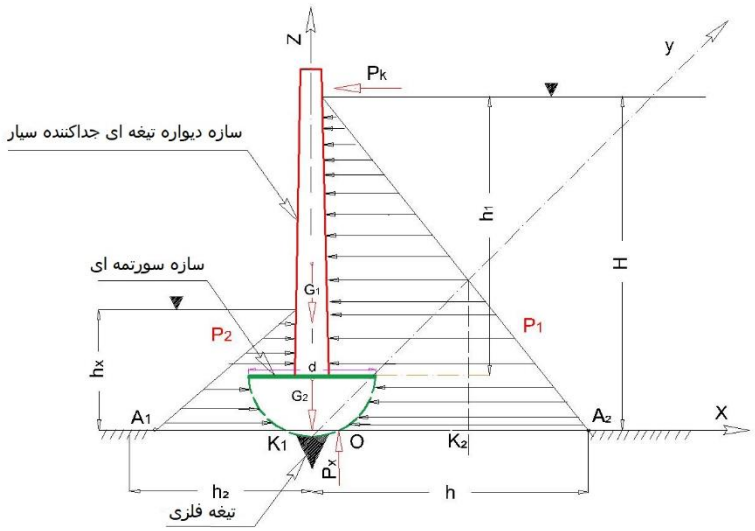
شرح موارد	پارامترها
طول هر قطعه پانل دیواره تیغه‌ای جداکننده سیار	L_t =3 m
ارتفاع دیواره تیغه‌ای جداکننده سیار	H_t =2.5-3 m
ضخامت دیواره تیغه‌ای جداکننده سیار	T_t =0.2-0.30 m
طول هر قطعه پانل سازه سورتمه‌ای	L_s =6 m
ارتفاع سازه سورتمه‌ای	h_s= 0.8-1 m
قطر لوله سازه سورتمه‌ای	D_s =0.8-1 m
ارتفاع تیغه فلز دندانه‌دار به عنوان cutoff	h_{cot} =0.2-0.3m
طول بال متحرک	L_b=5-7 m
طول کل یک سازه دیواره تیغه‌ای جداکننده سیار	L_T=100-150 m
طول کل یک سازه سورتمه‌ای	L_S =100-150 m



شکل ۱۰- انجام عملیات خشک کردن مقطع کانال با روش سازه پیشنهادی جهت اصلاح و بازسازی در حین بهره برداری

Fig 10- Carrying out the drying operation of the channel section with the proposed structural method for modification and reconstruction during operation

بدین طریق شـــرایط عملیات اجرایی لازم برای انجام پوشـــش بتنی پس از خشـــک‌اندازی کامل (تخلیه آب)، لایروبی، پاکســازی، آماده‌ســازی کف کانال با قلوه ســنگ، شـــفته‌ریزی و اجرای ژئوتکســـتایل و ژئو-ممبران مهیا و فراهم می‌شـــود. این عملیـات اجرایی بـدون حرکـت و جابجایی ســـازه ســـیار، فقط با چرخاندن بال‌های متحرک ابتدایی و انتهایی (بالا دست و پائین د ست) به‌طرف دیواره جانبی مقابل کانال تکرار می‌گردد و بعد از اتمام کلیه عملیات مورد نظر در هر دو طرف کانال ســـازه دیواره تیغه‌ای ســـیار برای نقل و انتقال آماده شـــده به‌وســـیله جرثقیل یا با سیم بکسل توسط نیروی کشنده تراکتور به مقاطع بازه عملیات بعدی انتقال می‌یابد. تا بدین ترتیب در راستای جلوگیری از تلفات و هدر رفت آب ناشی از زشت در کانال‌های خاکی بدون قطع جریان آب افزایش راندمان انتقال به واسطه‌ی روش پیشـنهادی با حفظ شـرایط فنی لازم و بهینه هیدرولیکی- اقتصـــادی امکان ســـنجی به‌کارگیری ســـازه پیشـــنهادی برای انجام عملیات اجرایی پوشـش بتنی در کانال انتقال آب با مجرای خاکی در حین بهره‌برداری فراهم گردید. در شکل ۱۱ شماتیک محاسبات پایداری دیواره تیغه‌ای جداکننده نشان داده شده است.



شکل ۱۱- محاسبات پایداری دیواره تیغه‌ای جدا کننده
Fig 11- Calculations of the stability of the separating blade wall

وقتی که سازه دیواره تیغه‌ای جداکننده سیار به‌طور کامل بر روی آکس کف کانال قرار بگیرد، نیروی فشار آب Uplift طبق رابطه (۱) باعث بلند شدن آن می‌شود.

$$P_x = \frac{\pi r}{2} d(H - h_1).\gamma \qquad (۱)$$

P_x نیروی فشار بالابر آب (برکنش) Kg/Cm^2
d- قطر سازه سورتمه ای(متر)، H- عمق نرمال آب در کانال (متر) ، h_1- عمق آب بر روی سازه سورتمه ای (متر)وقتی که به‌تدریج آب داخل میدان عملیات ایجاد شده کاهش پیدا می‌کند، قسمت سازه سورتمه‌ای دیواره تیغه‌ای سیار بر روی رسوبات کف کانال قرار می‌گیرد:

$$P_1 = \frac{1}{2} d(H - h_x)^2 \cdot \gamma \qquad (۲)$$

γ - وزن مخصوص آب (N/m^3)

نیروهای عمودی وارد بر سیستم، وزن دیواره تیغه‌ای جدا کنندهG_1، وزن خالی سازه سورتمه‌ای G_2 و در مرحله بعدی وزن بالاست آب تزریق شده در مخزن لوله‌ای سازه سورتمه‌ای G3 است.

K_d ضریب پایداری دیواره تیغه‌ای جدا کننده در برابر نیروهای ناپایداری بر اساس رابطه ۳ محاسبه شده است.

$$K_d = \frac{(G_1 + G_2 + G_3 - P_x) \cdot tg\ \varphi_q}{\sum M_a} = \frac{(G_1 + G_2 + G_3 - P_x) \cdot tg\ \varphi_q}{P_k \cdot H_a + P_1 \frac{H}{3} + \frac{2H}{3} P_\vartheta} \quad (۳)$$

$tg\varphi_q$ - ضریب مقاومت اصطکاکی آب نسبت به دیواره تیغه‌ای جدا کننده ($tg\varphi q= 0.1- 0.3$) ، P_k- تأثیر نیروی باد بر روی بالاسر دیواره تیغه‌ای جدا کننده

در این معادله پس از جایگذاری مقادیر هر کدام از پارامترها، ضریب پایداری همواره باید $K_d >1.25$ با شد، تا سازه دیواره تیغه‌ای سیار همواره حالت پایداری داشته با شد. بنابراین باتوجه به سهولت دستر سی انجام عملیات اجرایی اصلاح و بازسازی مقاطع خاکی کانال در شرایط موقعیت مکانی صعب العبور و مناطق مسکونی و نظر به مشخصات فنی و بهینه هیدرولیکی و اقتصادی بکارگیری روش سازه دیواره تیغه‌ای جداکننده سیار نسبت به روش‌های متداول کانال انحرافی موقت و یا تشک بتنی به لحاظ جدید و جنبه نوآوری داشتن برتری دارد.

ارزیابی روش پیشنهادی با شاخص‌های فنی- اقتصادی

برای ارزیابی روش اجرا و تعیین مزیت آن نسبت به سایر روش‌ها معمولاً از رویکردهایی با کارایی اقتصادی طرح استفاده می‌شود. در این تحقیق، هنگام انجام عملیات تعمیرات اساسی یا بازسازی در کانال اصلی، کارهای جانبی زیر به‌عنوان شاخص‌های مقایسه فنی و اقتصادی در نظر گرفته شد:

۱- محاسبه شاخص‌های فنی- اقتصادی و هزینه‌های عملیات بهره‌برداری و نگهداری دیواره‌های تیغه‌ای جداکننده سیار.

محاسبه مکانیسم نحوه آب‌انبار، به حرکت درآوردن، شرایط کار، مهاربندی و لنگر انداختن دیواره تیغه‌ای جداکننده سیار.

در تحقیق انجام گرفته ارزیابی اصول فنی و مقرون به صرفه بودن در قیاس با روش‌های متداول کانال انحرافی موقت و یا تشک‌های بتنی با روش پیشنهادی انجام گرفت. امکان به کارگیری و استفاده از تکنولوژی فنی روش پیشنهادی در موقعیت‌های مکانی مسیر گذر کانال خاکی از مناطق صعب العبور و مسکونی و یا عبور کانال از مسیر ترانشِ بسیار مناسب و انجام عملیات اصلاح و بازسازی مقطع خاکی کانال با کمترین هزینه کرد و مقرون به صرفه به آسانی قابل اجرا می با شد. در صورتیکه در روش کانال انحرافی موقت اجرای عملیات مزبور غیرممکن و یا با هزینه کرد بسیار گزاف و غیرقابل توجیه فنی و اقتصادی امکان پذیر می‌باشد.

در روش کانال انحرافی موقت به دلیل موقتی بودن و عدم رعایت مبانی اصول فنی عملیات اجرای کانال خاکی ضریب زبری دیواره جانبی آن بیشتر از کانال خاکی در وضعیت موجود بوده و انتقال آب با افت انرژی هیدرولیکی بیش از حد مجاز در آن جریان می‌یابد. درحالیکه در روش پیشنهادی یک طرف دیواره جانبی کانال موجود و دیواره جانبی دیگر آن سازه دیواره تیغه‌ای سیار با سطح صیقلی صاف و با ضریب زبری $n=0.013$ با افت انرژی هیدرولیکی کمتری نسبت به کانال انحرافی موقت جریان پیدا می‌کند. به همین دلیل از جمله "شرایط فنی لازم و بهینه هیدرولیکی- اقتصادی" استفاده شده است.

نتایج و بحث

با توجه به ضرورت تحقق اهداف پژوهش، امکان‌سنجی به‌کارگیری روش پیشنهادی برای انجام عملیات اجرایی اصلاح، باز سازی و پوشش بتنی مقطع خاکی کانال، بدون قطع جریان آب درکانال اصلی انتقال آب مغان جنوبی از کیلومتر از ۱ الی ۱۱ آن انجام گرفت. روش احداث کانال انحرافی موقت در امتداد کانال اصلی با احداث دایک‌های خاکی در مقطع عرضی کانال اصلی جهت قطع جریان آب در محدوده بازه عملیات اجرایی مقاطع محصور شده بین دایک ها و هدایت جریان آب مورد نیاز با ایجاد مقطع انحرافی در دیواره جانبی کانال در بالادست دایک خاکی به داخل کانال انحرافی موقت و هدایت مجدد جریان آب از طریق دایک خاکی انتهایی در پائین دست به داخل کانال اصلی برای اجرای عملیات اصلاح و بازسازی و پوشش بتنی

در بازه‌های عملیاتی متعددی از مقطع خاکی کانال بدون قطع جریان آب با صرف هزینه‌های گزاف عملیات احداث کانال انحرافی موقت و پوشش بتنی کانال اصلی انجام گرفت. ازاین‌رو باتوجه به تحمیل هزینه گزاف و غیرمتعارف بار مالی در روش استفاده از کانال انحرافی موقت بر اجرای طرح اصلاح و بازسازی کانال اصلی، در راستای کاهش هزینه‌های بیش از حد متعارف از روش جدید "سازه دیواره تیغه‌ای جداکننده سیار" به‌عنوان راهکار مناسب و مقرون به صرفه جهت استفاده و بکارگیری آن در اصلاح و بازسازی کانال پیشنهاد شد. شرکت آب منطقه‌ای نیز بنا به نیاز مبرم و ضرورت موضوع جهت عملیاتی شدن طرح در کانال اصلی مغان قول مساعدت به‌کارگیری و استفاده از تکنولوژی نوین پیشنهادی را داد. در این روش حداقل هزینه تمام شده ۲/۷ برابر کمتر از هزینه احداث کانال انحرافی به‌ازای واحد طول (۱ کیلومتر) می‌باشد. همچنین در انجام عملیات لایروبی، پاکسازی، صاف و هموار کردن مقطع کانال اصلی مغان جنوبی از مشابه بیل مکانیکی بوم بلند که با بکارگیری از تکنولوژی نوین توسط پرفسور تلمان حاجی‌اف جهت انجام عملیات لایروبی در شرایط خاص و درکانال‌های با مقاطع بزرگ اختراع گردیده، مورد استفاده و به کار گرفته شد (Hajiyev, 2008-2012).

نتایج نمونه‌برداری

با توجه به نتایج نمونه‌برداری‌های انجام گرفته از ابتدای کانال، قطر ذرات رسوبات ۲-۰/۰۰۱ میلی‌متر اندازه‌گیری و قطر ذرات بار معلق ۲-۰/۵ میلی‌متر در حدود ۲۱ درصد تعیین و مشخص شد. قطر ذرات بار معلق در نمونه‌برداری‌های انجام شده در مقطع بعد از حوضچه رسوبگیر، حدود ۰/۰۰۱ تا ۱ میلی‌متر بود، که در حدود ۱۸ درصد از بار معلق دارای قطر حدود ۰/۱ تا ۱ میلی‌متر بودند. در نمونه‌برداری انجام گرفته از دریاچه شهرک که جریان آب پس از طی مسافت ۳۵ کیلومتر از طریق کانال اصلی وارد آن می‌شود، قطر ذرات بار معلق نمونه‌برداری حدود ۰/۰۰۱ تا ۰/۰۵ میلی‌متر تعیین گردید. تجزیه و تحلیل نتایج نشان داد، رسوب‌گذاری در طول مقاطع کانال اصلی شبکه آبیاری مغان در طول مدت ۲۰ سال اخیر بهره‌برداری از آن، بیش از حد مجاز افزایش یافته است.

پوشش (دامنه) محاسبات اقتصادی

همان‌طور که در مباحث نظری و عملی اشاره شد، در کانال اصلی شبکه‌های آبیاری بدون قطع جریان آب در کانال (در حین بهره برداری) و بدون احداث کانال انحرافی موقت با استفاده از تکنولوژی و فناوری نوین موضوعات نظری و عملی ساختار تولید محصول، مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت و نسبت به عملیاتی شدن موضوع راهکارهای لازم ارائه طریق گردید. با این حال لازم و ضروری است که برای ارزیابی پیشنهادها و تعیین مزیت آن‌ها، باید یک محاسبه کارایی اقتصادی از طرح انجام شود.

در کلیه روش‌های مورد استفاده برای اجرای عملیات «پاکسازی و تعمیر» یا «اصلاح و بازسازی» در کانال اصلی، کارهای انجام شده و حجم آن‌ها یکسان است. بنابراین، هنگامی‌که پارامترهای روش‌ها مقایسه می‌شوند، استاندارد مورد استفاده درکانال اصلی برای انجام عملیاتی که دارای محتوای یکسان می‌باشند، نیازی به محاسبه پارامترهای اقتصادی آن‌ها نمی‌باشد.

نتایج اندازه‌گیری انجام شده در کانال اصلی و محاسبه شاخص‌های فیزیکی و اقتصادی

نتایج تحقیقات انجام شده در کانال اصلی نشان داد: ارتفاع رسوبات در کف کانال h_c=20-60 cm، در دیواره‌های جانبی کانال h_c=3.0-45 cm و حجم عملیات حفاری رسوبات در طول کانال L=10 km است. میانگین حسابی دبی آب مورد نیاز ۳۰ درصد حداکثر دبی یا ظرفیت طراحی کانال اصلی را تشکیل می‌دهد که معادل Q_0=0.3*80=24 m/s می‌باشد. همچنین پارامترهای کانال کمکی انحرافی موقت به شرح زیر به دست آمد:

Q_0=24 m^3/s; b_m=12 m; m_1=1.5; h_k=4.7 m;
$V_ə$=0.85 m/sec; h_1=2.1 m; h_2=2.6

و در صورتیکه عرض کف کانال کمکی موقت b=6 m باشد، عمق آب در کانال کمکی انحرافی هم‌تراز با سطح آب در کانال اصلی در بالادست دایک احداث شده خواهد بود. همچنین ارتفاع دایک ها (دیواره تیغه‌ای) در پایین دست کانال L1، باید دیواره تیغه‌ای برای بالادست کانال L2 باشد، به همین ترتیب دیواره تیغه‌ای در پایین دست کانالL2، برای کانال بعدی Lx دیواره تیغه‌ای بالادست خواهد بود و غیره. ارتفاع همه دیواره‌های تیغه‌ای (دایک‌ها) با مقدار Ha=2.9 متر یکسان هستند. پس از انجام محاسبه لازم طول واقعی کانال های انحرافی موقت l_{kf} = 445 به دست آمد. تعداد کانال‌های انحرافی موقت که جهت اصلاح و بازسازی در طول ۱۰کیلومتر از کانال اصلی ساخته می‌شوند برابرند با:

$$n_k = \frac{10000}{400} = 25$$

بنابراین طول کل واقعی کانال های انحرافی موقت (کمکی) به تعداد زیر به دست می‌آید:

$$L = n_k \cdot l_{kf} = 25 \times 445 = 11125\ m$$

زمانی به کانال انحرافی موقت (کمکی) بعدی جریان آب انتقال داده می‌شود، که در مقطع کانال اصلی قبل از دیواره تیغه‌ای (دایک) کلیه مراحل عملیات اصلاح و باز سازی در آن انجام گرفته و آماده بهره‌برداری شود، تا بتواند جریان آب را به کانال انحرافی موقت بعدی تخلیه و هدایت کند. بنابراین، سطح تراز ورودی کف مقطع کانال انحرافی موقت بعدی را به نسبت اختلاف افزایش سرعت آب در کانال اصلی قبل و بعد از اصلاح و بازسازی در راستای کاهش هزینه‌های عملیاتی خاکی احداث کانال انحرافی موقت (کمک) افزایش داد.

پس از محاسبه حجم عملیات فیزیکی، احداث کانال های کمکی، حجم عملیات حفاری خاک در یک کانال انحرافی موقت (همراه با پوشش گیاهی) و حجم عملیات خاکریزی و ساخت و ساز آن به دست می‌آید. در کلیه کانال‌های انتقال آب احداث باند خاکی در طرفین آن لازم‌الاجرا است. از آنجا که این حجم از حجم عملیات حفاری (خاکبرداری) بسیار کوچکتر است و چون کانال‌ها موقتی هستند، عملیات خاکبرداری شده به عنوان مصالح زباله‌ای در باند طرفین کانال‌ها ریخته و دپو می‌شوند و عملیات ساخت و ساز در مقاطع کانال اصلی انجام می‌شود.

لازم به ذکر است؛ اتصال کانال‌های کمکی (انحرافی موقت) به کانال اصلی بیش از ۷-۵ درصد از حجم عملیات فیزیکی کار اصلی را تشکیل می‌دهد. در کنار عملیات اجرایی اصلی نیاز هست مراحل اضافی نیز صورت بگیرد. تخریب دیواره تیغه‌ای احداث شده در مقاطع کانال اصلی و پرکردن یا بکفیل (back fill) کانال کمکی با مصالح خاکی، که حجم و هزینه انجام این عملیات تقریباً برابر با هزینه ساخت و ساز دیواره‌های تیغه‌ای است. و همچنین حجم عملیات پرکردن با مصالح خاکی (بکفیل) کانال‌های کمکی موقت برابر با حجم عملیات حفاری انجام شده برای احداث آن‌ها است.

هنگام انجام عملیات تعمیرات اساسی یا بازسازی در کانال اصلی، کارهای جانبی و اضافی زیر به‌عنوان بخشی از شاخص‌های مقایسه فنی و اقتصادی در نظر گرفته می‌شوند:

۱- شاخص‌های فنی و اقتصادی و هزینه‌های عملیات بهره‌برداری و نگهداری جداسازی سیار (دیواره‌های تیغه‌ای جداکننده سیار).

۲- مکانیزم نحوه آب‌اندازی، به حرکت درآوردن، به حالت شرایط کار کردن، مهاربندی و لنگر انداختن دیواره تیغه‌ای جداکننده سیار.

۳- تعداد چرخش بال‌های دیواره تیغه‌ای جداکننده سیار به طرف دیواره جانبی کانال اصلی

۴- عملیات حفاری نوار باریک باقی مانده در زیر دیواره تیغه‌ای جداکننده سیار، پس از اتمام عملیات اساسی اصلاح، بازسازی و پوشش بتن در مقاطع کانال اصلی، اصلاح و نوسازی، پوشش رویه بتنی و پرکردن درزهای انبساط با مواد ماستیک، این‌ها کار اضافی به حساب می‌آیند.

۵- سایر کارها از قبیل: بیرون آوردن (خارج کردن) دیواره تیغه‌ای جداکننده سیار از داخل کانال اصلی

(جداســـازی قطعات از هم، یا نقل و انتقال به مکان دیگر به‌وسیله ماشین یدک کشش یا جرثقیل)

۶- ترمیم خرابی‌ها (در صورت وجود).

نتایج محاسبات و بررسی‌ها نشان داد، طول کل مسیر تلفات نشـــت و نفوذ آب از جداره کانال بین مقاطع مختلف حدود ۱۷۸ کیلومتر بوده، که در برخی مقاطع چشـــمگیر و بیش از حد مجاز می‌باشـــد. جزئیات تلفات مســـیر که با دســـتگاه اندازه‌گیری Q-liner با دقت ۲ درصـــد خطای اندازه‌گیری در بازه عملیات مختلف کانال اصـــلی برآورد گردید و میزان تلفات ناشی از نشت در طول بازه مسیرهای انتخاب شده در جدول (۱) ارائه شده است. همچنین پس از صحت سنجی دقت اندازه‌گیری‌ها با تعمیم به کل مسیر کانال اصلی میزان حجم کل تلفات نشت آب بالغ بر ۱۱۶ میلیون مترمکعب در سال برآورد شد. (جدول۲).

جدول ۲-نتایج محاسبه میزان وقوع تلفات بیش از حد مجاز بین مقاطع مختلف در مسیر کانال‌های اصلی شبکه آبیاری مغان جنوبی
Table 2- The results of the calculation of the occurrence of losses exceeding the permissible limit between different sections along the main canals of the South Moghan irrigation network

نام کانال	موقعیت KM	محیط خیس شده m	میزان نشت آب L/m^2day	متوسط نشت آب در مسیر کانال m^3/s	حجم کل نشت آب $m^3/year$
کانال اصلی قبل از دریاچه شهرک	(2+000-2+360)	21.00	11030.00	0.965	30432240
کانال اصلی بعد از دریاچه شهرک	(35+00)-(36+800)	21.10	455.00	0.2	6307200
کانال اصلی A	(70+340)-(78+400)	6.31	158.00	0.012	378432
	(36+800)-(33+360)	14.28	105.00	0.21	6622560
	(46+580)-(50+260)	10.79	239.00	0.11	3468960
جمع کل تلفات					**47209392**

جدول ۳- نتایج محاسبه میزان کل تلفات آب بین مقاطع مختلف در مسیر کانال‌های اصلی شبکه آبیاری مغان جنوبی
Table 3- The results of calculating the total amount of water losses between different sections along the main canals of the South Moghan irrigation network

نام کانال	موقعیت	متوسط نشت آب در	حجم کل نشت آب
	KM	مسیر کانال m^3/s	$m^3/year$
کانال اصلی قبل از دریاچه شهرک	(0+000)-(31+500)	1.67	52665120
کانال اصلی بعد از دریاچه شهرک	(0+000)-(78+320)	0.92	29013120
کانال اصلی A	(0+000)-(57+430)	1.089	34342704
جمع کل تلفات			116020944

جدول ٤- اصلاح و بازسازی کانال اصلی شبکه آبیاری مغان- ایران در حین بهره برداری در طول۱۰ کیلومتر

Table 4- Modification and reconstruction of the main canal of the Moghan-Iran irrigation network during operation for 10 km

روش‌ها و کارهای انجام شده	واحد اندازه‌گیری	حجم عملیات m^3	زمان (h)	تکنیک‌های اساسی	قیمت هر واحد (mant)	کل هزینه‌ها (mant)
روش کانال کمکی موقت						
عملیات آماده‌سازی	-	-	10,0	-	25	250
عملیات خاکبرداری از کف کانال (کلاس II-III)	10^3 m^3	226,675	180	-بولدوزر N = 220 kw	14	2520
			2550,0	-بیل مکانیکی با حجم باکت 1.5 m^3	21	53550
ساخت و ساز دیواره‌های تیغه‌ای (دایک های خاکی)	m^3 10^3	17,0	255,0	حجم خاک قرضه G = 20 ton بولدوزر N = 220kw	15	3825
			60,0		14	840
تخریب دیواره‌های تیغه‌ای (دایک‌های خاکی)	m^3 10^3	17,0	112,0	به‌وسیله بیل مکانکی یا دراگلاین با حجم باکت Q = 1.5 m^3	21	2352
تعمیر و ترمیم محل اتصال کانال انحرافی کمکی موقت به کانال اصلی						
خاکریزی	10^3 m^3	7,0	116,0	-بیل مکانیکی با حجم باکت 1,5 m^3	20	2320
				-N =220 kw بولدوزر	14	1624
متراکم کردن	10^3 m^3	7,0	140,0	مکانیزمی که با حرکت و جابجای آن با بار G=25 ton خاک را متراکم می‌نماید.	12	1680
تسطیح و هموار کردن	10^3 m^3	0,8	6,0	-بیل مکانیکی با حجم باکت: Q=1,0 m^3 -عرض باکت B≈1.2 m	20	120
پرکردن کانال کمکی انحرافی موقت	10^3 m^3	222,0	210,0	-بولدوزر220kw	14,0	2940
			2040	-بیل مکانیکی با حجم باکت:Q = 1.5 m^3	21,0	43000
جمع						115041
سایر عملیات (٥ ٪)						5759
جمع کل						120800

ادامه جدول ٤- اصلاح و بازسازی کانال اصلی شبکه آبیاری مغان- ایران در حین بهره برداری در طول ۱۰ کیلومتر

Table 4- Modification and reconstruction of the main canal of the Moghan-Iran irrigation network during operation for 10 km

روش پیشنهادی (دیواره تیغه‌ای جدا کننده سیار)						
قراردادن دیواره تیغه‌ای جدا کننده سیار در مرکز کف کانال اصلی، چفت و بست و تنظیم کردن آن و غیره	10%	۱ بار برای ۱۰کیلومتراز طول کانال	5,0	با جرثقیل بیل مکانیکی G =30 ton	30	150
نقل و انتقال و قرار گرفتن دیواره تیغه‌ای جدا کننده سیار در محل جدید	بر تکنیک فرآیند	L=165 m 140	70	بیل مکانیکی جرثقیلی G =30 ton	30	21000
قراردادن دیواره تیغه‌ای جداکننده در وضعیت آماده بکار، چرخاندن بال‌ها و مهار کردن آن‌ها، لنگر انداختن	فرآیند بار تکنیک	L=165 m 140	140	بیل مکانیکی جرثقلی G =30 ton	30	4200
آماده بکار کردن دیواره تیغه‌ای به وضعیت حمل و نقل	فرآیند بار تکنیک	L=165 m 140	140	بیل مکانیکی جرثقلی G =30 ton	30	4200
انجام عملیات اضافی حفاری و تسطیح در نوار باریک باقی مانده در زیر سازه سورتمه‌ای دیواره جداکننده سیار	$m^3\,10^3$	5,39 2,0	146	با بیل مکانیکی، بیل معکوس Q=0.50 m	18.0	3128
عملیات دستی	$m^3\,10^3$	<0,5	250	ابزار دستی مکانیکی	8,0	2000
تخلیه آب باقیمانده در حوضچه (میدانچه عملیات)	$m^3\,10^3$	2,4×140=336,0	50 300	-جرثقیل به ظرفیت G=5 ton -موتور پمپ آب به ظرفیت M>300 *l*/s	20 3	1000 900
هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری دیواره تیغه‌ای جداکننده سیار	روز	200	130 0	-	18	23400
جمع						41078
(سایر هزینه‌ها ۸ ٪)						3452
جمع کل						44530

قیمت آیتم‌ها در جدول فوق از فهرست بهای موجود در سال‌های ۱۹۸۲ تا ۱۹۸۳ میلادی بر حسب واحد پول منات[1] کشور آذربایجان گرفته شده و تبدیل به واحد پول رایج کشور (ریال) به نرخ روز گردید، و در محاسبات شاخص ضریب تعدیل برابر(۴,۴-۳,۳) برای سال ۲۰۱۳ ملاک عمل قرار گرفت. ضرایب تبدیل بروز نمودن این آیتم‌ها با احتساب شاخص تورم سالانه بر مبنای شاخص سال ۲۰۱۳ میلادی تا آخر سال ۲۰۲۲ میلادی برابر با ۱۱/۳-۱۰/۷ در نظر گرفته شد. (شاخص ضریب تعدیل ۱۰برابری مطابق با متوسط آنالیز فهرست بهای آبیاری و زهکشی بر مبنای ۳ ماهه اول سال۱۳۹۲ لغایت ۳ ماهه آخر سال ۱۴۰۱ سازمان برنامه بودجه کشور).

الف) کل هزینه‌های مربوط به ساخت و ساز کانال اصلی به روش کانال انحرافی کمکی موقت توأم با رهاسازی، انتقال و تأمین آب مورد نیاز مصارف کشاورزی،

[1] manat

شرب و صنعت پائین‌د ست در طول ۱۰ کیلومتر از کانال اصلی شبکه آبیاری مغان جنوبی به میزان

$$\sum C_k = (120800 \times 4) \times 11 = 5315200.0\ mant$$

و با تبدیل واحد پول منات به واحد پول رایج کشور (ریال) به ازای هر منات به نرخ روز ۲۸۵۰۰۰ ریال

$$\sum C_k = 5315200.0 \times 285000 = 1514832000000 \text{ ریال}$$

برآورد گردید.

ب) هزینه کل ساخت و ساز کانال اصلی به روش دیواره تیغه‌ای جداکننده سیار (روش پیشنهاد شده) توأم با رهاسازی، انتقال و تأمین آب مورد نیاز مصارف کشاورزی، شرب و صنعت پائین دست کانال اصلی،

$$\sum C_a = (44530 \times 4)11 = 1959320.0\ mant$$

و با تبدیل واحد پول منات به ریال به نرخ روز

$$\sum C_a = 1959320.0 \times 285000 = 558406200000 \text{ ریال}$$

برآورد گردید.

تفاوت ارقام نشان می‌دهد، هزینه های مربوط به عملیات ساخت و ساز، توأم با رهاسازی، انتقال و تأمین آب مورد نیاز مصارف پائین‌دست کانال اصلی، در روش دیواره تیغه‌ای جداکننده سیار پیشنهادی در مقایسه با روش کانال انحرافی کمکی موقت، هزینه های انجام عملیات اصلاح و بازسازی کانال اصلی در روش پیشنهادی تخمین در حدود ۲/۷ برابر ارزان‌تر از روش کانال انحرافی کمکی موقت تمام می‌شود.

عملیات پوشش بتنی کانال اصلی می‌تواند، از طریق پانل‌های بتنی مسلح پیش ساخته و یا بتن‌ریزی یکپارچه با شابلون‌گذاری انجام شود. هزینه‌های هم‌زمان برای محاسبات اقتصادی در هر دو گزینه (حمل و نقل تجهیزات از یک موقعیت به محل دیگر، تخریب- مونتاژ)، حفظ نیروی کار، تأمین اسکان در منطقه جدید، آب آشامیدنی، انرژی برق، هزینه سوخت اضافه در برآورد هزینه‌های تمام شده ملاک عمل قرار نگرفته است. بنابراین ملاحظه می‌شود، انحراف و هدایت انتقال جریان آب در مقطع تنگ شده از طریق سازه دیواره تیغه‌ای جداکننده سیار در مقاطع مختلف از کانال اصلی از هر جهت مثمر ثمر و مقرون به‌صرفه بوده، و هزینه مصالح مصرفی اولیه طرح (هزینه تمام شده طرح) را بسیار پایین می‌آورد. با در نظر گرفتن اینکه ساخت و ساز و پروسه مراحل کاری تکنولوژی تولید آن برای اولین بار ساخته شده است. موارد فوق‌الذکر تائید و تصدیق می‌نمایند، که موضوع از لحاظ مشاهدات فنی و بهینه هیدرولیکی، اقتصادی و سهولت عملیات اجرایی بسیار با اهمیت و ضروری است (Ghavibazou, 2014). برای آن دو اختراع ثبت گردیده است و به موازات آن سایر اصول و روش‌های موجود نیز مورد بررسی و تجزیه- تحلیل قرار گرفته است. نتایج به دست از این تحقیق با مطالعات مشابه از جمله Rahmati and Monem, 2021 و Fakhrabad, and Manem, 2018. و Shahdany et al, 2016 و Mohammadi et al., 2019 و بسیاری تحقیقات دیگر مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در تحقیق حاضر، پارامترهای هیدرولیکی و فنی، نحوه عملکرد و شرایط فعلی کانال اصلی شبکه آبیاری مغان جنوبی مورد مطالعه و تحلیل قرار گرفت. از آنجایی که، جریان آب در کانال‌های اصلی انتقال آب در شبکه‌های آبیاری بزرگ به‌طور مداوم و مستمر در آن جاری است به همین منظور پیشینه تحقیقات نظری و عملی محققان در مورد به کارگیری روش های انجام عملیات پاکسازی (رسوب‌زدایی)، تعمیرات اساسی، اصلاح و بازسازی کانال‌های اصلی انتقال آب با جریان مداوم و مستمر در شبکه‌های آبیاری بزرگ جمع‌آوری، بررسی و مورد تجزیه- تحلیل قرار گرفت.

با توجه به تجارب مکسوبه و بررسی‌های به‌عمل آمده، می‌توان اذعان داشت، هیچ روش مؤثری برای انجام عملیات تعمیرات اساسی در کانال‌های اصلی انتقال آب که جریان آب دائم و مستمر برای تأمین آب مصارف کشاورزی، شرب، صنعت و... در آن‌ها همواره جاری و ساری است،

تاکنون قابل عملیات اجرایی نبوده است. تنها روش قابل‌استفاده در این خصوص، روش اجرای کانال انحرافی موقت کمکی به موازات کانال اصلی انتقال آب می‌باشد. امکان‌سنجی عملیات اجرایی اصول فنی پاکسازی و لایروبی رسوبات، تعمیق و تعریض کانال‌های اصلی انتقال آب در زیر آب (در حین بهره‌برداری)، مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت، و پس از تکمیل یافته‌ها موضوع انتخاب گردید، و جهت عملیاتی شدن در اصلاح و بازسازی کانال اصلی مغان در ایران مورد استفاده قرار گرفت.

روش عملیات اجرایی کانال انحرافی موقت مطابق با رژیم سیستم توزیع جریان آب در کانال اصلی شبکه آبیاری مغان جنوبی (جریان تدریجی) تکمیل گردید. سازمان‌دهی عملیات ساخت و ساز در کانال‌های انحرافی موقتی و دائمی با تقسیم‌بندی متوالی مقاطع کانال اصلی با "کاهش مصرف" و فناوری "موازی‌سازی" (باز و بسته کردن و بکارگیری عملیات فن‌آوری مطابق با نیاز آب) انجام گرفت. انجام عملیات لایروبی رسوبات و مکانیزم تعمیق کانال‌های بزرگ در حین بهره‌برداری، با انواع مختلف بیل مکانیکی و دستگاه شناور لایروب با کاربردی مؤثر و مقرون به صرفه و بی‌نظیر آماده گردید. از آنجا که روش‌ها و پیشنهادات شناخته شده، حتی پس از تکمیل شدن نیز با نقص همراه هستند، لذا به همین دلیل روش مؤثر جدیدی تحت عنوان"روش دیواره تیغه‌ای جداکننده سیار" تدوین گردید، که مکانیزم عملیاتی شدن پارامترهای فنی و تکنولوژیکی ساخت آن به‌طور گسترده مورد بررسی و تحقیق قرار گرفت. ابتدا عملیات سازه دیواره تیغه‌ای جداکننده سیار در شرایط آزمایشگاهی، به صورت تجربی مورد بررسی قرار گرفت. تقسیم‌بندی مقاطع کانال اصلی در روش سازه دیواره تیغه‌ای جداکننده سیار، خشک کردن میدان عملیات محصور شده، انجام عملیات خاکی، بتن‌ریزی و فن‌آوری تکنولوژی آن ارائه و مشخص شد، که در این روش، انجام عملیات پوشش مقاطع کانال انتقال آب با استفاده از پانل‌های بتن آرمِ آماده، آسان‌تر و بسیار مقرون به صرفه خواهد بود.

همچنین محاسبه شاخص‌های مقایسه فنی و اقتصادی ساخت و ساز، توأم با انتقال مصارف مورد نیاز پائین‌دست با روش های مختلف نشان داد، روش دیواره تیغه‌ای جداکننده سیار از نظر فنی، تکنولوژیکی و اقتصادی در تعمیرات اساسی و بازسازی کانال‌های اصلی بسیار مناسب و مقرون به صرفه است. روش پیشنهادی یک تکنیک جدید است که، کاربرد آن در تولید برای تکمیل شدن، نیاز مبرم به انجام تحقیقات عملی در طبیعت وجود خواهد داشت. ازاین‌رو پیشنهاد می‌گردد، روش ارائه شده برای اصلاح و بازسازی و پوشش بتنی مقاطع خاکی کانال ها در سایر شبکه‌ها نیز مورد ارزیابی فنی قرار گیرد تا امکان بکارگیری از مزیت تکنولوژی روش نوین در راستای بهسازی و اصلاح شبکه‌های کشور به‌صورت مقرون به صرفه و اقتصادی مورد استفاده واقع شود.

مراجع

Akhavan, K., Abbasi, n., Biglou, M., Ahmadpari, H. (2021). Investigation on Conveyance Efficiency and Operation Issues of Precast Concrete Channels (Canalette) in Moghan Irrigation Network. *Irrigation and Drainage Structures Engineering Research*. 22(83):21-42.

Barkhordari, S., and Shahedani, S., M.H. (2020). Analysis and Determine of Seepage Rate in Irrigation Earthen Canal Using Numerical Model (Case Study: Main Canal of Moghan Plain Irrigation Network), *Irrigation and Drainage Structures Engineering Research*. 21(80): 37-54.

Burt, C.M., (1999). CURRENT CANAL MODERNIZATION FROM AN INTERNATIONAL PERSPECTIVE, *Irrigation Training and Research Center (ITRC):* 99-103.

Denisov N.,Ya. (1966). Construction properties of clay rocks and their use in hydrotechnical construction. M., 186 p.

Durdu, O.,F. (2009). Modernization of irrigation systems with canal automation Turkey, *ADU Ziraat Fakultesi Dergisi*, 6(2): 69-79.

Fakhrabad, A., and Manem, M.J. (2018). Evaluation and ranking of the four regions in the Moghan irrigation and drainage network exploitation company with the classical model approach, *Master's thesis*, Tarbiat Modares University. (In Persian)

Ghavibazuo A.,U. (2014) .Irrigation channels lining during operation by use of concrete mattress (case study: Moghan irrigation and drainage network), *Sylwan Journal.* 158(8):568-576.

Hajiyev T.M., Qavibazu A.U.(2011). Machinery cleaning main line Kanalov Journal "Stroitelzhnye i dorozhnye mashiny", *Moscow*, (8):16-18.

Herve, L.P. (2002). How Design, Managment and Policy Affect the Performance of Irrigation Projects, *Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations*, 155p.

Jokar, J., Mousavi, S.A.A., Bustani, F. (2014). Investigating the efficiency of agricultural water consumption in the modern Drudzen network and comparing it with the national document on agricultural water consumption. Master's thesis. Islamic Azad University, Maroodasht branch.(In Persian)

Kanooni, A.,(2007). Evaluation of Furrow Irrigation Eficiency under Different Mnagement in Moghan Region, *Irrigation and Drainage Structures Engineering Research*, (8)2: 17-32. KM-ACA Consulting Engineers "Report of supplementary studies on water leakage control in the main canal and canal A and 2nd level canals of Moghan plain irrigation and drainage network" volume 4. (In Persian)

Moghan Irrigation and Drainage Networks Exploitation Company, (2009). *Annual performance of Moghan Irrigation and Drainage Company for crop year*. 87-88: 104. (In Persian)

Mohammadi, A., Parvaresh Rizi, A., 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.

Monastery, b. Sh., Hasanpour, F., Manem, M.J., Tabatabai, S.M., (2018). Evaluating the effectiveness of irrigation and drainage network improvement measures in the Mughan Plain. *Master's thesis*. University of Zabol. (In Persian)

Rahmati, A., and Manem, M. (2021), application of Muscat process to evaluate and improve Gatund irrigation and drainage network, *Water and Irrigation Management*, 11 (4): 845-866.(In Persian).

Report of technical studies and review of irrigation and drainage network correction and reconstruction, Moghan Engineers, Consultant IKM and others. C. A. (In Persian)

Saie, J.M., Azhdari, K., Imamqolizadeh, S., Karimi, G.H., Rahimian, M., (2013). Evaluation of the technical and hydraulic performance of the irrigation canals of Semnan province and providing solutions to improve their performance. *Master's thesis*, Shahrood University of Technology. (In Persian)

Sajodi, Z., and Shahabi, M.H. (2021). A review of the efficiency of water transfer and distribution in the water supply networks and its estimation methods, *Environmental research and technology*, 6(9): 75-87. (In Persian)

Salehzadə Ь.Є.(2008). Elastik-plastik konstruksiya elementlərinin dayanəqləpə və rəqsləri məsələləri. Avtoreferat. B.

Shahdany, S.M., Adib Majd, E., Firoozfar, A., Maestre, j. m. (2016). Improving Operation of a Main Irrigation Canal Suffering from Inflow Fluctuation within a Centralized Model Predictive Control System: Case Study of Roodasht Canal, Iran. *Journal of Irrigation and Drainage Engineerin*, 142 (11): 1-9.

Zheleznyakov G.V.(1981). Capacity of channels of canals and rivers. L. 318.

Велиев Д.З.(1990). Устойчивость русел земляных каналов при учете касате-льных напряжений,создаваемых потоком.Автореферат. М. 18.

Irrigation and Drainage Structures Engineering Research/Vol.24/No.91/ Summer 2023/P:22-49

Original Research

The Feasibility of Using New Technologies in the Modification and Reconstruction of Water Transmission Channels During Operation (Case Study: The Main Channel of Moghan Irrigation Network- Iran)

***Ayaz Ghavibazou, Telman Hajiyev**

PhD student in civil engineering - hydraulic structures, Azerbaijan Architecture and Construction University, Baku, Azerbaijan
Received: 4 July 2023, **Accepted**: 5 November 2023, **Email**:ayazghavibazoo@gmail.com
https://doi.org/10.22092/IDSER.2023.362797.1548

Extended Abstract

Introduction

This study aims to examine building modern irrigation networks to provide the possibility of productivity of water and soil resources by creating facilities, in which the optimal technical principles and criteria of hydraulic and economic design are observed. In this regard, the main water transfer channel plays a vital and exceptional role in supplying the required water for agricultural lands covered by the network and for the prosperity of the regional and national agricultural economy. Covering the water transmission channels in operation is always one of the numerous problems and problems of operation and maintenance of large irrigation networks in the world. In Iran, due to the major issues and problems of exploitation in the lands covered by modern networks, such as land drainage due to water leakage from the bodies of earthen canals, concrete covering of canals has always been considered to prevent water wastage, and it is on the agenda. The deputy of water resources affairs of the Ministry of Energy and regional water companies was established. The main canal of the South Moghan irrigation network in Iran with a transfer capacity of 80 cubic meters per second, the main channel of Upper Garabagh with a capacity of 110 cubic meters per second and the main water transfer channel of Upper Shirvan with a capacity of 85 cubic meters per second in the Republic of Azerbaijan are among them.

Materials and Methods

The withdrawal of water needed by the Moghan irrigation and drainage network from the Aras River is directed through the Mil and Moghan diversion dam before entering the main channel to a sediment catchment basin to trap suspended sediments in it. This calm sediment collection pond with a maximum water intake of 95 cubic meters per second has four rectangular units and each unit consists of three galleries, 15 cubic meters of which are returned to the river after washing, and the rest enters the main channel. In the current state, due to the reduction of vegetation in the middle basin of the Aras River at a distance of 260 km from the Aras Reservoir Dam upstream of the Mil and Moghan Diversion Dam and the subsequent increase in the concentration of suspended load in the Aras River, the trapping efficiency of the suspended load in the sedimentation basin has decreased to its minimum value. For this reason, sediments exceeding the permissible limit of 18 to 25 g/L enter the water transfer channel.

Even though more than 45 years of the useful life of the network have passed, covering operations of the main channel with materials, such as impermeable soil (compaction of bed soil, cover with a thin compacted layer of clay, cover with bentonite) or concrete cover to prevent washing water and reduce water loss from the earthen body of the main channel has happened very little and locally.

Results and Discussion

Considering the necessity of realizing the research objectives, the feasibility of using the proposed method to carry out the executive operations of improvement, reconstruction, and concrete covering of the soil section of the canal, without interrupting the water flow in the main water transmission channel of South Moghan from its kilometer 1 to 11, was conducted (Hasanpour and Tabatabai, 2010). The method of constructing a temporary diverting channel along the main channel by constructing earthen dikes in the cross-section of the main channel to cut off the water flow within the scope of operational operations of the enclosed sections between the dikes and directing the required water flow by creating a diverting section in the side wall of the channel upstream of the earthen dike into the temporary diversion channel and re-directing the water flow through the end earthen dyke downstream into the main channel for the implementation of repair and reconstruction operations and concrete coating in several operating intervals of the earth section of the channel without interrupting the water flow by spending exorbitant costs of the construction operation of the temporary diversion channel and the concrete cover of the main channel were done. Therefore, due to the imposition of excessive and unconventional financial burden in the method of using a temporary diversion channel on the implementation of the main channel modification and reconstruction plan, to reduce the excessive conventional costs, the new method of "wall structure of mobile separating blades" as a solution suitable and cost-effective for its use and application in the repair and reconstruction of the canal was suggested. The regional water company also promised to assist in the application and use of the new technology proposed to operate the project in the main Moghan canal, based on the urgent need and necessity of the issue. In this method, the minimum cost is 2.7 times lower than the cost of constructing a diversion channel per unit length (1 km). Also, in carrying out dredging operations, cleaning and smoothing the section of the main canal of southern Moghan, similar to the long-boom excavator, which was invented by Professor Telman Hajief to carry out dredging operations in special conditions and channels with large sections, using modern technology, was used. (Hashmi-Shadheni et al., 2016)

Conclusion

Since the well-known methods and proposals are accompanied by defects even after completion, therefore a new effective method was developed under the title of "mobile separating blade wall method", which is the mechanism of operationalizing the technical and technological parameters of its construction widely. It was investigated and researched. First, the operation of the mobile separating blade wall structure in laboratory conditions was investigated experimentally. The division of the main channel sections in the method of the mobile separating blade wall structure, drying the enclosed operation field, carrying out soil operations, concreting, and its technological technology was presented, and determined, that in this method, carrying out the operation of covering the sections of the water transmission channel using concrete panels Arme will be ready, easier and very affordable.

Also, the calculation of the technical and economic comparison indicators of the construction, along with the transfer of the required costs downstream with different methods showed that the mobile dividing wall method is very suitable and economical in terms of technical, technological, and economic aspects in the major repairs and reconstruction of the main channels. The proposed method is a new technique that for its application in production, there will be an urgent need to conduct practical research in nature. Therefore, it is suggested that the presented method be conducted and evaluated for other networks so that all the country's networks can be improved and modified more cost-effectively.

Keywords: Concrete cover, Mobile separating blades, Sled truss, Irrigation network.