

روش‌های برآورد نشت در کانال‌ها و بررسی نشت و راندمان توزیع در شبکه آبیاری درودزن

محمدعلی شاهرخ نیا^{۱*} و عبدالمطلب علیان‌غیائی^۲

چکیده

با توجه به کمبود منابع آب در کشور، کاهش تلفات و افزایش بهره‌وری مصرف آب در کشاورزی امری ضروری است. مدیریت و بهره‌وری مصرف آب ضعیف در شبکه‌های آبیاری و زهکشی نشان می‌دهد که این بخش نیاز به توجه ویژه دارد. شبکه آبیاری و زهکشی درودزن فارس یکی از شبکه‌های آبیاری و زهکشی مدرن کشور است که دشت حاصلخیز مرودشت که یکی از قطب‌های کشاورزی استان می‌باشد را تغذیه می‌نماید. تاکنون بررسی میدانی کمی در خصوص میزان نشت آب و راندمان توزیع در کانال‌های آبیاری این شبکه انجام گرفته است. در این پژوهش تجربیات پژوهش‌های قبلی در مورد روش‌های برآورد میزان نشت آب در کانال آورده شد. میزان نشت و راندمان توزیع آب در کانال‌های آبیاری درجه ۳، در چهار منطقه اصلی آبیاری شبکه اندازه‌گیری گردید. جمعاً ۱۲ کانال و در هر کانال در سه بازه اندازه‌گیری‌ها انجام شد. میزان نشت آب با استفاده از روش دبی ورودی خروجی و به کمک میکرومولینه برآورد شد. راندمان توزیع آب نیز با توجه به میزان نشت و نسبت دبی خروجی به ورودی شبکه توزیع برآورد گردید. میزان تلفات نشت و تبخیر در شبکه درودزن با و بدون احتساب ادامه کانال‌های سمت چپ و سمت راست به ترتیب حدود ۴۸۸۵۰۰ و ۳۳۵۹۰۰ مترمکعب بر روز بود. راندمان توزیع آب در کانال‌های درجه ۳ و ۴ حدود ۸۱ درصد برآورد گردید. به‌طور متوسط حدود ۱۵ درصد از آب رهاسازی شده در اثر نشت و تبخیر در کانال‌های درجه ۳ و ۴ تلف گردیده است. بنابراین توصیه می‌شود به‌منظور بهبود مدیریت شبکه درودزن، میزان تحویل آب در نقاط مختلف را با توجه به مقادیر نشت و راندمان‌های برآورد شده تعیین نمود.

واژه‌های کلیدی: اتلاف آب، دبی ورودی خروجی، میکرومولینه.

مقدمه

می‌باشد. یکی از اجزاء تلفات آب در کانال‌ها، نشت یا تراوش آب از طریق دیواره‌ها و کف کانال‌های آبیاری است. آگاهی از مقدار و شرایط ایجاد تلفات، می‌تواند برای بهبود وضع مدیریت منابع آب و تصمیم‌گیری و توجیه پوشش آنها و استفاده بهتر از منابع آب مفید باشد. با تقلیل تلفات آب در آنها فعلی به نصف، می‌توان از آب صرفه‌جویی شده، اراضی دیگری را که دچار کمبود آب هستند آبیاری نمود. در بعضی شرایط می‌توان با پوشش نمودن کانال‌های خاکی تا ۸۰ درصد تلفات نشت آب را کاهش داده و راندمان انتقال را بالا برد. در کشورهای کم باران از جمله ایران، موضوع تأمین آب همواره یکی از مهم‌ترین مشکلات بوده است. امروزه برای انجام پروژه‌ها و طرح‌های آبی و تولید محصولات یا افزایش آن، انتقال آب باید بر اساس یک راندمان قابل قبول انجام پذیرد (Akkuzu, 2012).

شبکه آبیاری و زهکشی مجموعه‌ای از کانال‌ها و تأسیسات وابسته به آن است که آب را از منبع آب به مزرعه انتقال داده و همچنین زهاب خروجی را از منطقه خارج می‌نماید. در یک شبکه آبیاری کانال‌های درجه‌یک، درجه دو، درجه سه و درجه چهار وجود دارد. کانال اصلی می‌تواند کانال درجه‌یک باشد. کانال درجه دو خود به تعدادی کانال درجه سه و کانال درجه سه به تعدادی کانال درجه چهار که به ترتیب مساحت اراضی کمتری تحت پوشش دارد تقسیم می‌گردد. به همین ترتیب زهکش‌های اصلی درجه‌یک، درجه دو، درجه سه و درجه چهار وجود دارد. در بسیاری از شبکه‌های آبیاری مقدار واقعی آب قابل استفاده برای محصولات بسیار کمتر از مقدار اولیه آب در ابتدای شبکه انتقال

روش‌های برآورد نشت در کانال‌ها

روش‌های اندازه‌گیری نشت آب به دودسته کلی اندازه‌گیری مستقیم و اندازه‌گیری غیرمستقیم قابل دسته‌بندی هستند. امروزه دقیق‌ترین روش اندازه‌گیری نشت از کانال‌ها روش‌های مستقیم می‌باشد. برای اندازه‌گیری نشت آب از کانال‌ها به روش اندازه‌گیری مستقیم، به مقدار واقعی اتلاف آب در اثر نشت از کانال در شرایط کارکرد (وقتی کانال پر است)، موردنیاز است. محاسبه مقدار واقعی نشت بدون نیاز به استفاده از روابط تئوری و استنتاج

^۱استادیار پژوهشی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران (*نویسنده مسئول: mashahrokh@yahoo.com)

^۲کارشناس ارشد بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۶/۸/۲

تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۱/۲۵

آلام و بوتا در کشور پاکستان دو روش اندازه‌گیری نشت آب از کانال، یعنی روش دبی ورودی-خروجی و روش حوضچه‌ای را مورد آزمون و مقایسه قرار دادند و دریافتند که روش حوضچه‌ای دقیق‌تر از روش دبی ورودی-خروجی بوده و در نقاطی که طول کانال کم باشد یا میزان نشت کم باشد بهتر است از روش حوضچه‌ای استفاده نمود (Alam and Bhutta, 2004). ارشد نشت آب در کانال‌های آبیاری در پاکستان را با روش دبی ورودی-خروجی اندازه‌گیری و گزارش نمود که در کانال‌های سنتی حدود ۶۶ درصد و در کانال‌های پوشش شده حدود ۴۴ درصد اتلاف آب وجود دارد (Arshad, 2004). آکوزو و همکاران با استفاده از روش جریان ورودی-خروجی میزان نشت آب در کانال‌های اصلی آبیاری سیمانی در جنوب ترکیه را ۳ درصد در هر کیلومتر از طول کانال گزارش نمودند. میزان متوسط تلفات در کانال‌های درجه ۲ و ۳ منطقه به ترتیب حدود ۳ درصد و ۶ درصد در ۱۰۰ متر از طول کانال بوده است. همچنین شکل کانال تأثیر معنی‌داری بر میزان نشت دارد و میزان نشت آب اندازه‌گیری شده در کانال‌ها نسبت به ۳۰ سال گذشته افزایش چشم‌گیری داشته است (Akkuzu et al., 2007). سارکی و همکاران بیان نمودند که در کشور پاکستان حدود ۳۵ تا ۴۰ درصد آب وارد شده به کانال‌های آبیاری در اثر نشت تلف می‌شود (Sarki et al., 2008). کینزلی و همکاران میزان نشت آب در کانال‌های ریوگراند آمریکا را با روش دبی ورودی-خروجی اندازه‌گیری و نشت اندازه‌گیری شده را به صورت روابط لگاریتم نپری، به صورت توابعی از دبی، محیط خیس شده، عرض بالای آب و سطح مقطع جریان ارائه کرد. از این میان، روابطی که بر اساس دبی و عرض بالای آب بودند برای منطقه مورد مطالعه پیشنهاد گردید (Kinzli et al., 2010). آکوزو به بررسی میزان نشت آب در کانال‌های بتنی آمریکا با استفاده از مدل‌های تجربی موریتز و دیویس ویلسون و روش مستقیم دبی ورودی-خروجی پرداخت. نتایج نشان داد که ضمن تأکید بر اهمیت استفاده از مدل‌های تجربی نشت، ممکن است این مدل‌ها در همه نقاط قابل کاربرد نباشند و لازم است برای هر منطقه واسنجی شوند (Akkuzu, 2012). یائو و همکاران میزان نشت در کانالی با پوشش‌های مختلف را مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند میزان نشت در کانال با پوشش رسی و بستر تحکیم یافته کمترین میزان نشت را داشته و پس از آن کانال با بستر تحکیم یافته و کانال با پوشش بتنی قرار می‌گیرد. همچنین علاوه بر نوع پوشش، میزان نفوذپذیری خاک بستر نیز تأثیر به‌سزایی در میزان نشت دارد (Yao et al., 2012).

مارتین و گیتز اندازه‌گیری نشت آب کانال با روش دبی ورودی-خروجی را روشی مناسب دانسته و بیان داشتند عواملی

از روی سایر عوامل نظیر نفوذپذیری خاک و غیره، انجام می‌پذیرد. اندازه‌گیری ورودی و خروجی آب کانال (روش دبی ورودی-خروجی) و آزمایش حوضچه‌ای دو روش برای اندازه‌گیری مستقیم مقدار نشت از کانال هستند.

روش‌های برآورد غیرمستقیم نشت آب شامل معادلات تئوری و تجربی می‌باشد که دارای دقت کمتری نسبت به روش مستقیم می‌باشند. در معادلات تجربی تعیین نشت، فرض می‌شود که مقدار نشت تابعی از ظرفیت کانال و ضرایب تجربی مربوط به تیپ خاک و پوشش کانال می‌باشد. این معادلات به خاطر نادیده گرفتن اثر شرایط آب‌های زیرسطحی که می‌تواند تأثیر عمده‌ای بر میزان تخمین نشت از کانال داشته باشد، دارای مقداری خطا می‌باشد. میزان نشت لزوماً با جریان آب کانال که با استفاده از سازه تنظیم‌کننده تقریباً ثابت نگه داشته شود، متناسب نیست (McLeod, 1996).

روش‌های دیگر شامل مدل‌های تئوری ریاضی مبتنی بر فیزیک جریان آب‌های زیرزمینی است و تخمینی از نشت کانال-ها را هنگامی که اطلاعات مورد نیاز محلی جمع‌آوری شده باشد، ارائه می‌دهد. این اطلاعات شامل ارزیابی آب‌های زیرزمینی، خاک، مشخصات آبخوان و وضعیت هیدرولیکی در حالتی که نشت رخ می‌دهد، می‌باشد. محققین دریافتند که معادلاتی ساده قادرند میزان نشت را با خطای ۱۵ درصد نسبت به مقادیر اندازه‌گیری شده ارائه دهند (USBR, 1951). بکری و اواد میزان نشت آب در کانال‌های آبیاری مصر را از روش دبی ورودی-خروجی اندازه‌گیری نموده و فرمول‌هایی جهت ارتباط میزان نشت به خصوصیات هیدرولیکی جریان ارائه نمودند. ایشان اظهار داشتند که میزان نشت آب به عواملی از جمله جنس خاک زیر کانال، سطح آب زیرزمینی نسبت به سطح آب در کانال، عمق آب در کانال، هدایت هیدرولیکی خاک و خصوصیات شیمیایی آب و خاک بستگی دارد. میزان نشت آب را می‌توان با اندازه‌گیری مستقیم، اندازه‌گیری غیرمستقیم و برآورد به‌وسیله فرمول‌های تجربی انجام داد (Bakry and Awad, 1997). اقبال و همکاران در جنوب آلبرتای کانادا میزان نشت آب در کانال‌های آبیاری را تعیین و مشاهده نمودند در اثر مرمت، نوسازی و مدرن نمودن سیستم انتقال آب، میزان تلفات نشت کاهش یافته و از ۱۵ درصد در سال ۱۹۹۱ به ۲/۵ درصد در سال ۱۹۹۹ رسیده است (Iqbal et al., 2002). کنتور اظهار نموده که نشت آب تابع نفوذپذیری مواد بستر، محیط خیس شده و ارتفاع آب در کانال می‌باشد. بنابراین می‌توان میزان نشت را به صورت درصدی از دبی کانال تعریف نمود که در کانال‌های آبیاری طولانی در زمین‌های نفوذپذیر، میزان تلفات آب ممکن است به بیش از ۴۰ درصد نیز برسد (Contor, 2004).

نمودند و معادلات تجربی نشت را برای آن منطقه واسنجی کردند. نتایج نشان داد که روش‌های تجربی تخمین نشت، میزان نشت را کمتر از واقعیت برآورد می‌کنند و بهترین روش را برای منطقه مورد مطالعه خود، روش اینگهام و موریتس معرفی نمودند. نصری و دادمهر (۱۳۸۷) بیان داشتند که حدود نیمی از آب ره‌اشده در کانال‌های آبیاری در پاکستان، قبل از رسیدن به مزرعه تلف می‌شود. همچنین در یک اندازه‌گیری در گرمسار، میزان نشت آب از کانال‌ها حدود ۴۰ درصد بوده است. ایشان اظهار داشتند که جهت برآورد میزان نشت از کانال‌های آب روش‌های گوناگونی وجود دارد که در سه دسته تقسیم‌بندی می‌شود: راهکارهای تئوری برآورد نشت آب از کانال‌ها، راهکارهای تجربی برآورد نشت آب از کانال‌ها و روش‌های عملی اندازه‌گیری نشت آب از کانال‌ها.

از میان روش‌های فوق‌الذکر روش‌های عملی اندازه‌گیری نشت آب از کانال‌ها کاربردی‌تر و دقیق‌تر می‌باشند و می‌توان از آن‌ها در شرایط مختلف استفاده کرد. قبل از پوشش‌دار کردن کانال، یک آزمایش حوضچه‌ای یا ورودی-خروجی جریان باید انجام شود تا داده‌های نشت قبل از انجام پروژه برای ارزیابی پوشش از نظر میزان ذخیره آب، به دست آید. ایشان در نهایت پیشنهاد نمودند که برای هر محل و به‌طور مستقل دلایل ایجاد نشت، پارامترهای مؤثر بر آن و نحوه تعامل با آن، بایستی مورد بررسی قرار گیرد. مشاورین مطالعات منطقه خلیج فارس (۱۳۸۸) راندمان آبیاری را در قسمت‌های مختلف شبکه سنتی چشمه حسین‌آباد بیضا در استان فارس را با روش دبی ورودی-خروجی اندازه‌گیری نمودند. راندمان انتقال و توزیع در ۸ مسیر مختلف حدود ۲۱، ۲۴، ۲۵، ۲۹، ۴۰، ۴۳، ۶۷ و ۷۴ درصد بود. میانگین راندمان انتقال و توزیع در منطقه حدود ۶۳ درصد برآورد گردید. شاه‌رخ‌نیا و زارع (۱۳۹۳) تحقیقی در مورد نشت آب در کانال‌های شهرستان داراب انجام داد. نتایج نشان داد که پوشش نمودن کانال‌های آبیاری سنتی در شرایط مختلف بین ۸۵ تا ۹۷ درصد، نشت آب را کاهش داده است. در کانال‌های سنتی بین ۳ تا ۷ درصد از دبی کانال در هر کیلومتر از طول کانال، در اثر نشت به هدر می‌رود که با پوشش نمودن این کانال‌ها تلفات نشت به کمتر از ۰/۶ درصد رسیده است. حیدری‌زاده و سالمی (۱۳۹۳) به بررسی روابط اینگهام و ودرنیکو در کانال‌های خاکی اصفهان پرداختند و نشان دادند که معادله ودرنیکو بهتر از معادله اینگهام قادر به تخمین میزان نشت می‌باشد. آذری فرد جهرمی و همکاران (۱۳۹۴) میزان نشت آب در کانال‌های آبیاری مرودشت فارس را با روش حوضچه‌ای اندازه‌گیری و به مقایسه این روش با نشت شبیه‌سازی شده از فرمول‌های تجربی و

مانند تغییرات مکانی نشت، خطای فردی و خطای ادوات اندازه‌گیری می‌تواند باعث عدم اطمینان به نتایج و افزایش ضریب تغییرات گردد. همچنین جریان غیر ماندگار در کانال می‌تواند باعث تغییرات در حجم آب موجود در کانال و تغییرات در میزان نشت گردد (Martin and Gates, 2014). رضاپور طبری و مزک مری بیان داشته که انتخاب شکل مقطع مناسب برای کانال باعث کاهش میزان نشت می‌شود. همچنین گزارش نموده که خطای صحت سنجی مدل‌های مختلف به ترتیب از مدل SEEP/W، موریتز، دیویس ویلسون، مولس ورث-ینی دومیا تا مدل اینگهام افزایش می‌یابد (Rezapour Tabari and Mazak, 2016).

کشکولی (۱۳۶۶) میزان نشت آب در کانال‌های آبیاری خاکی خوزستان را از دو روش حوضچه‌ای و دبی ورودی-خروجی اندازه‌گیری نمود و نتیجه گرفت که میزان نشت اندازه‌گیری شده در دو روش نزدیک به هم می‌باشد. میزان نشت آب در شبکه شاوور ۲/۴ و در اهواز ۳/۲ لیتر بر ثانیه در ۱۰۰ متر بوده است. حیدری‌زاده (۱۳۶۸) در تحقیق خود به این نتیجه رسید که به‌طور تقریبی می‌توان ۶۰ تا ۸۰ درصد از تلفات نشت آب در کانال‌های سنتی را با پوشش نمودن آن، کاهش داد. همچنین به‌طور تقریبی ثابت شده است که برای مناطقی که تهیه آب برای تولید محصولات با ارزش، کم است، کاهش دادن تلفات نشت به مقدار ۵ درصد کل آب انتقال‌یافته، اقتصادی است. پایدار (۱۳۷۰) نشت آب در کانال‌های آبیاری را با استفاده از یک مدل ریاضی که جریان را دوبعدی و ماندگار فرض می‌کرد شبیه‌سازی و برآورد نمود. مقایسه نتایج بدست آمده از مدل و نشت برآورد شده از روش حوضچه‌ای نشان داد که تفاوت این دو روش کم بوده است. میزان نشت برای دو کانال مورد بررسی در روش حوضچه‌ای ۱/۱۷ و ۰/۴ و به‌وسیله مدل ۱/۲۱ و ۰/۴۹ مترمکعب بر مترمربع در روز بوده است.

عراق علوی (۱۳۷۲) با استفاده از روش دبی ورودی-خروجی میزان نشت را در کانال‌های آبیاری اصفهان اندازه‌گیری نمود. نتایج نشان داد که میزان تبخیر نسبت به میزان نشت بسیار ناچیز بوده و در کانال‌های بتنی میزان نشت حدود ۰/۱۵ تا ۰/۱۷ مترمکعب بر مترمربع در روز بوده است. زرین‌بال و مردانی (۱۳۸۳) میزان نشت آب در کانال‌های آبیاری استان فارس را با استفاده از یک فرمول تجربی محاسبه و گزارش نمودند. ایشان بیان نمودند چنانچه فقط سیستم‌های انتقال آب بهبود یابد سالیانه حدود ۱/۸ میلیارد مترمکعب صرفه‌جویی در مصرف آب خواهد بود که حدود ۱۷ درصد آب مصرفی در بخش کشاورزی استان فارس می‌باشد.

سالمی و سپاسخواه (۱۳۸۵) میزان نشت آب در چند کانال رودست اصفهان را با روش جریان ورودی-خروجی اندازه‌گیری

راندمان پروژه یا کل^۴

راندمان پروژه و یا راندمان کل از رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$Rp = Rc \times Rd \times Ra \quad (5)$$

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

شبکه آبیاری و زهکشی درودزن در حدود ۵۰ کیلومتری شمال غربی شهرستان شیراز واقع گردیده و رودخانه کر تقریباً از وسط آن عبور می‌نماید. این شبکه آب مورد نیاز مزارع پایین دست را از سد درود زن تأمین می‌نماید. این سد با حداکثر ظرفیت ۱ میلیارد مترمکعب، از قدیمی‌ترین سدهای ساخته شده در کشور می‌باشد. حجم تنظیمی سد در سال‌های بهره‌برداری حدود ۷۶۰ میلیون مترمکعب در سال بوده که آب مورد نیاز حدود ۴۲۰۰۰ هکتار از اراضی رامجرد و ۳۴۰۰۰ هکتار از اراضی منطقه کربال و کنار مرودشت را تأمین می‌کند. آب شرب قسمتی از شهر شیراز، تعدادی از روستاها و کارخانه‌های صنعتی نیز از این سد تأمین می‌گردد.

شبکه اصلی آبیاری و زهکشی درودزن در سال ۱۳۵۶ به بهره‌برداری رسیده و کار ساخت شبکه‌های فرعی از سال ۱۳۶۰ آغاز و به تدریج تا سال ۱۳۶۷ به بهره‌برداری رسید. شبکه اصلی آبیاری و زهکشی درودزن دارای ۸ کانال اصلی درجه ۱ و ۲ به طول ۱۹۴ کیلومتر، ۲۳۴ کانال درجه ۳ و ۴ به طول ۵۱۷ کیلومتر، ۱۸۵ کانال زهکش روباز به طول ۶۹۱ کیلومتر، ۱۶۷۴ کیلومتر جاده سرویس، ۲۸۹۷ عدد دریاچه فلزی آبگیر، ۲۰۰۳ سازه و تجهیزات هیدرولیکی تنظیم‌کننده، ۳۲۹ سرریز، ۵۱۰ پل و زیرگذر و ۵۸۰ کیلومتر نهر سنتی با ۴۴۰ دهانه آبگیر می‌باشد (شرکت سهامی آب منطقه‌ای فارس، ۱۳۹۰).

کانال اصلی شبکه آبیاری و زهکشی درودزن (MC) از محل خروجی نیروگاه سد درودزن با دبی ۴۱ مترمکعب در ثانیه شروع شده و پس از طی ۲۲/۲۲ کیلومتر به سازه آب پخش می‌رسد. از این به بعد به سه کانال درجه ۱ با نام‌های سمت چپ (LBPC)، اردیبهشت (RBSC) و هامون (RBPC) منشعب می‌گردد. در کیلومتر ۱۰+۲۹۳ کانال اصلی، کانالی به نام ابرج (ULBC) نیز به طول تقریبی ۵ کیلومتر منشعب می‌شود. شکل ۱ کانال‌های آبیاری شبکه درودزن در محدوده رامجرد و درودزن را نشان می‌دهد.

مدل‌های MSEEP و SEEP/W پرداختند. نتایج نشان داد که این دو مدل و فرمول میسرا تفاوت کمتری با روش حوضچه‌ای داشته‌اند.

تعاریفی توسط باس و ناخترن (۱۹۹۰) در مورد راندمان‌های آبیاری به شرح زیر ارائه شده است.

راندمان انتقال^۱، Rc

انتقال عبارت است از حرکت آب از منبع به طرف آبگیرهای واحد آبیاری از طریق کانال‌های اصلی، جانبی یا ثانویه رابطه عبارت است از:

$$Rc = \frac{V_d + V_r}{V_c + V_1} \quad (1)$$

که در آن V_d : حجم آبی که به ابتدای سیستم توزیع وارد شده، V_c : حجم آب وارد شده از مقصد یا رودخانه به سیستم، V_1 : حجم آب ورودی از سایر منابع به سیستم انتقال و V_2 : حجم آب داده شده به استفاده‌کننده‌های دیگر از سیستم انتقال است.

راندمان توزیع^۲، Rd

راندمان توزیع عبارت است از انتقال آب به داخل مزرعه از طریق کانال‌های درجه ۳ یا ۴ و از رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$Rd = \frac{V_f + V_r}{V_d} \quad (2)$$

که در آن V_f : حجم آب آبیاری داده شده به مزرعه، V_2 : حجم آب داده شده به استفاده‌کننده‌های دیگر از سیستم انتقال و V_d : حجم آبی که به ابتدای سیستم توزیع وارد شده است

راندمان کاربرد مزرعه^۳، Ra

راندمان کاربرد عبارت است از انتقال آب از داخل مزرعه به گیاه. این راندمان نسبت بین مقدار آب تأمین شده در داخل مزرعه و مقدار آب مورد نیاز جهت نگهداری رطوبت خاک در حد نیاز گیاه می‌باشد. این راندمان از رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$Ra = \frac{vm}{vf} \quad (3)$$

$$vm = ETp - pe \quad (4)$$

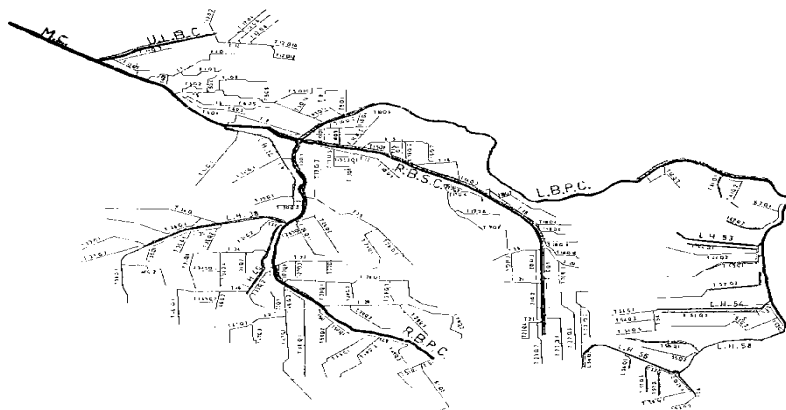
که در آن V_m : حجم آب آبیاری مورد نیاز جهت جلوگیری از استرس گیاه، V_f : حجم آب آبیاری داده شده به مزرعه، ET_p : یعنی تبخیر تعرق گیاه و p_e : بارندگی مؤثر است.

^۱ Conveyance Ratio

^۲ Distribution Ratio

^۳ Field Application Ratio

^۴ Overall Consumed Ratio



شکل ۱- نمایی از کانال‌های آبیاری شبکه درودزن در محدوده رامجرد و درودزن

سه بازه انتخاب و در ابتدا و انتهای بازه‌های انتخابی، میزان دبی با استفاده از دستگاه میکرومولینه مدل (Valeport 002) ساخت کشور انگلستان اندازه‌گیری گردید. اندازه‌گیری سرعت در سه عمق ۰/۱۵، ۰/۵۰ و ۰/۸۵ عمق آب در کانال و به فواصل افقی ۲۰ سانتی‌متر در عرض کانال انجام شد. این اندازه‌گیری‌ها ۲ مرتبه در طول فصل آبیاری گندم در فروردین و اردیبهشت‌ماه سال ۹۴-۹۵ که بیشترین نیاز آبی برای گندم وجود دارد، انجام شد. به علت کمبود آب، کشت محصولات صیفی در تابستان انجام نشد.

هدف از این پژوهش اندازه‌گیری و بررسی میزان نشت آب در چهار منطقه اصلی شبکه مدرن آبیاری درودزن با روش پیشنهادی بود. تعداد کانال‌های فرعی در نظر گرفته شده در هر کدام از این چهار منطقه ۳ کانال و مجموعاً ۱۲ کانال بود. مشخصات کانال‌های انتخابی در جدول ۱ آورده شده است. میزان نشت از روش دبی ورودی خروجی که یک روش مستقیم اندازه‌گیری نشت است و طبق بررسی‌های انجام شده قبلی دقت بیشتری نسبت به فرمول‌های تجربی دارد استفاده گردید. به منظور اندازه‌گیری و بررسی نشت و راندمان توزیع، در هر کانال

جدول ۱- مشخصات کانال‌های مورد بررسی

کانال اصلی	کانال درجه ۳	دبی (l/s)	شیب	عرض کف (m)	شیب جداره	سطح زیر پوشش (ha)	طول (m)	عمق آب (m)
اصلی	T-4	۸۸۵	۰/۰۰۰۷۵	۰/۶	۱/۱:۵	۹۰۱	۲۵۵۴	۰/۶۱
	T-8	۶۶۰	۰/۰۰۰۷۵	۰/۶	۱/۱:۵	۲۹۹	۴۴۲۴	۰/۵۴
	T-12	۹۷۰	۰/۰۰۰۷۵	۰/۹	۱/۱:۵	۱۳۷۲	۵۲۷۴	۰/۵۸
هامون	T-27	۹۰۰	۰/۰۰۰۵	۰/۹	۱/۱:۵	۵۵۷	۲۵۶۵	۰/۶۱
	T-30	۸۰۰	۰/۰۰۰۶۵	۰/۶	۱/۱:۵	۷۵۷	۲۳۶۷	۰/۶۱
	T-34	۱۰۰۰	۰/۰۰۰۴	۰/۹	۱/۱:۵	۹۸۳	۲۱۴۵	۰/۶۸
اردیبهشت	T-15	۹۰۹	۰/۰۰۰۴	۱/۲	۱/۱:۵	۸۰۴	۳۹۵۰	۰/۶۰
	T-20	۱۲۵۰	۰/۰۰۱	۰/۹	۱/۱:۵	۹۹۶	۱۵۰۰	۰/۶۱
	T-24	۴۱۰	۰/۰۰۰۵	۰/۶	۱/۱:۵	۳۷۸	۱۶۰۰	۰/۴۷
سمت چپ	T-10	۱۰۳۰	۰/۰۰۰۵۵	۰/۹	۱/۱:۵	۸۴۲	۳۱۰۸	۰/۶۰
	T-45	۹۱۰	۰/۰۰۰۴	۰/۹	۱/۱:۵	۸۷۶	۱۰۳۰	۰/۶۵
	T-58	۸۰۰	۰/۰۰۰۷۵	۰/۶	۱/۱:۵	۵۴۶	۴۱۴	۰/۵۹

نتایج و بحث

با استفاده از مقادیر نشت جداول ۳ و ۲ و طول کانال‌های درجه ۳ و ۴ شبکه، مقادیر تلفات روزانه تبخیر و نشت در کانال‌های اصلی و کل شبکه محاسبه گردیده که در جدول ۴ آورده شده است. جهت محاسبه میزان تبخیر از آمار هواشناسی همان سال در ایستگاه تخت جمشید استفاده گردید. ملاحظه می‌گردد که میزان مجموع تلفات تبخیر و نشت در شبکه حدود ۴۸۸۵۰۰ مترمکعب در روز بوده است. میزان تلفات تبخیر نسبت به تلفات نشت بسیار ناچیز و حدود ۰/۸ درصد تلفات نشت می‌باشد (کمتر از ۱ درصد).

جدول ۴- مقادیر تلفات روزانه نشت و تبخیر آب در کانال‌های مختلف

نام کانال	تلفات نشت	تلفات تبخیر	مجموع
	(m ³)		
اصلی	۷۷۸۴۳	۵۷۵	۷۸۴۱۸
هامون	۱۵۱۴۴۰	۱۱۲۱	۱۵۲۵۶۱
اردیبهشت	۵۵۲۰۵	۴۴۷	۵۵۶۵۲
سمت چپ	۴۸۸۷۳	۳۷۷	۴۹۲۵۰
ادامه سمت چپ	۱۰۸۳۳۸	۸۴۵	۱۰۹۱۸۳
ادامه سمت راست	۴۳۰۴۸	۳۳۹	۴۳۳۸۶
مجموع	۴۸۴۷۴۶	۳۷۰۳	۴۸۸۴۴۹

با اخذ اطلاعات رهاسازی آب در شبکه در سال‌های مختلف، میزان تلفات، درصد تلفات و راندمان توزیع شبکه برآورد گردیده که اطلاعات آن در جدول ۵ آورده شده است. در این محاسبات میزان تلفات انتقال آب با توجه به مطالعات قبلی (مهندسین مشاور مهتاب قدس، ۱۳۹۱)، ۷۷ درصد در نظر گرفته شده است. مشاهده می‌گردد که راندمان توزیع در سال‌های مختلف بین ۷۵ تا ۸۵ درصد متغیر بوده و به‌طور متوسط ۸۱ درصد بوده است. نتایج نشان می‌دهد که متوسط میزان حجم رهاسازی آب در ابتدای شبکه و حجم تلفات در سال‌های مختلف به ترتیب ۲۱۴ و ۳۰ میلیون مترمکعب بوده که به‌طور متوسط حدود ۱۵ درصد از آب رهاسازی شده در اثر نشت و تبخیر در سیستم توزیع (کانال‌های درجه ۳ و ۴) تلف گردیده است.

جدول ۲ مقادیر نشت در واحد سطح کانال‌های درجه ۳ و جدول ۳ مقادیر نشت در واحد طول کانال‌های درجه ۳ را نشان می‌دهند. نتایج نشان می‌دهد که میانگین نشت در واحد سطح کانال‌های منشعب از کانال اصلی ۰/۶۲۵ مترمکعب بر مترمربع بر روز بوده که از میانگین نشت در واحد سطح سه کانال دیگر بیشتر است. کمترین میزان نشت مربوط به کانال‌های منشعب از کانال اردیبهشت با ۰/۵۴۰ مترمکعب بر مترمربع بر روز بود. متوسط میزان نشت در واحد سطح کانال‌های مورد بررسی ۰/۵۶۴ مترمکعب بر مترمربع بر روز برآورد گردید. میزان متوسط نشت در واحد طول کل کانال‌ها ۱۲۹۵ مترمکعب بر کیلومتر بر روز بود. در بین کانال‌های اصلی نیز بیشترین و کمترین میزان نشت در واحد طول مربوط به کانال اصلی و سمت چپ با به ترتیب ۱۴۱۷ و ۱۱۴۴ مترمکعب بر کیلومتر بر روز می‌باشد.

جدول ۲- مقادیر نشت در واحد سطح کانال‌های مورد بررسی

نام کانال	اندازه‌گیری اول	اندازه‌گیری دوم	میانگین
	(m ³ /m ² /day)		
اصلی	۰/۶۳۰	۰/۶۲۰	۰/۶۲۵
هامون	۰/۵۳۸	۰/۵۴۳	۰/۵۴۱
اردیبهشت	۰/۵۳۲	۰/۵۴۸	۰/۵۴۰
سمت چپ	۰/۵۶۲	۰/۵۴۰	۰/۵۵۱
میانگین	۰/۵۶۶	۰/۵۶۳	۰/۵۶۴

جدول ۳- مقادیر نشت در واحد طول کانال‌های مورد بررسی

نام کانال	اندازه‌گیری اول	اندازه‌گیری دوم	میانگین
	(m ³ /km/day)		
اصلی	۱۴۲۶	۱۴۰۸	۱۴۱۷
هامون	۱۳۵۶	۱۳۴۱	۱۳۴۹
اردیبهشت	۱۲۴۴	۱۲۹۵	۱۲۶۹
سمت چپ	۱۱۸۰	۱۱۰۷	۱۱۴۴
میانگین	۱۳۰۲	۱۲۸۸	۱۲۹۵

جدول ۵- اطلاعات رهاسازی آب، تلفات نشت و راندمان توزیع آب در شبکه در سال‌های مختلف

سال	حجم رهاسازی در ابتدای شبکه (MCM)	تعداد روز رهاسازی آب	حجم تلفات (MCM)	درصد تلفات در سیستم توزیع (%)	حجم تحویل شده در ابتدای سیستم توزیع (MCM)	راندمان توزیع (%)
۹۴-۱۳۹۳	۶۴	۱۹	۹	۱۵	۴۹	۸۱
۹۳-۱۳۹۲	۱۵۲	۴۳	۲۱	۱۴	۱۱۷	۸۲
۹۲-۱۳۹۱	۲۲۴	۸۱	۴۰	۱۸	۱۷۲	۷۷
۹۱-۱۳۹۰	۲۶۸	۸۵	۴۲	۱۵	۲۰۶	۸۰
۹۰-۱۳۸۹	۱۷۳	۴۶	۲۲	۱۳	۱۳۳	۸۳
۸۹-۱۳۸۸	۹۹	۳۰	۱۵	۱۵	۷۶	۸۱
۸۸-۱۳۸۷	۲۸	۱۱	۵	۱۹	۲۲	۷۵
۸۷-۱۳۸۶	۲۲۸	۷۴	۳۶	۱۶	۱۷۶	۷۹
۸۶-۱۳۸۵	۱۸۹	۵۶	۲۷	۱۴	۱۴۶	۸۱
۸۵-۱۳۸۴	۲۹۷	۸۱	۴۰	۱۳	۲۲۹	۸۳
۸۴-۱۳۸۳	۳۲۲	۸۳	۴۱	۱۳	۲۴۸	۸۴
۸۳-۱۳۸۲	۳۹۷	۱۱۱	۵۴	۱۴	۳۰۶	۸۲
۸۲-۱۳۸۱	۲۵۳	۶۵	۳۲	۱۳	۱۹۵	۸۴
۸۱-۱۳۸۰	۲۹۸	۸۷	۴۲	۱۴	۲۲۹	۸۱
۸۰-۱۳۷۹	۱۸۵	۷۳	۳۶	۱۹	۱۴۲	۷۵
۷۹-۱۳۷۸	۲۳۹	۶۵	۳۲	۱۳	۱۸۴	۸۳
۷۸-۱۳۷۷	۲۵۷	۶۲	۳۰	۱۲	۱۹۸	۸۵
۷۷-۱۳۷۶	۲۰۸	۵۵	۲۷	۱۳	۱۶۰	۸۳
۷۶-۱۳۷۵	۱۷۷	۵۷	۲۸	۱۶	۱۳۶	۸۰
میانگین	۲۱۴	۶۲	۳۰	۱۵	۱۶۵	۸۱

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

از میان روش‌های اندازه‌گیری نشت، روش‌های عملی اندازه‌گیری نشت آب از کانال‌ها کاربردی‌تر و دقیق‌تر می‌باشند و می‌توان از آن‌ها در شرایط مختلف استفاده کرد. بررسی این روش در شبکه آبیاری درودزن نشان داد که کمترین و بیشترین میزان نشت آب در واحد سطح خیس شده کانال به ترتیب مربوط به کانال اردیبهشت و اصلی با ۰/۵۴۰ و ۰/۶۲۵ مترمکعب بر مترمربع بر روز و میانگین کل ۰/۵۶۴ مترمکعب بر مترمربع بر روز بود. تفاوت در مقادیر نشت کانال‌ها به علت فرسودگی غیریکنواخت در کانال‌ها و عمق و عرض غیر یکسان کانال‌ها است که باعث تفاوت در سطح خیس شده کانال‌ها می‌گردد. کمترین و بیشترین میزان نشت آب در واحد طول کانال به ترتیب مربوط به کانال سمت چپ و اصلی با ۱۱۴۴ و ۱۴۱۷ مترمکعب بر کیلومتر بر روز و میانگین کل ۱۲۹۵ مترمکعب بر کیلومتر بر روز بود. بنابراین میزان تلفات نشت و تبخیر در شبکه درودزن با احتساب ادامه کانال‌های سمت چپ و سمت راست حدود ۴۸۸۵۰۰ مترمکعب بر روز بود. با بررسی آمار ۱۹ ساله تحویل آب در شبکه درودزن مشخص شد که راندمان توزیع آب در کانال‌های درجه ۳ و ۴ حدود ۸۱ درصد بوده است. به‌طور متوسط حدود ۱۵ درصد از آب رهاسازی شده در اثر نشت و

تبخیر در کانال‌های درجه ۳ و ۴ تلف گردیده است. پیشنهاد می‌گردد میزان آب تخصیصی به کانال‌های آبیاری درودزن در فصول آبی با توجه به مقادیر تلفات برآورد شده در این تحقیق تنظیم گردد. همچنین با ترمیم پوشش‌های فرسوده فعلی کانال‌ها، میزان تلفات نشت را کاهش و راندمان را افزایش داد. تحویل حجمی آب در شبکه، استفاده از سازه‌های دقیق اندازه‌گیری آب و انجام تحقیقات بیشتر در این زمینه می‌تواند به بهبود شاخص‌های تحویل آب در شبکه کمک نماید.

مراجع

آذری فرد جهرمی، ح.، شاهرخ‌نیا، م.ع. و سنایی جهرمی، س. ۱۳۹۴. برآورد میزان نشت آب در کانال‌های آبیاری پوشش شده‌ی شهرستان مرودشت با استفاده از مدل‌های SEEP/W و MSEEP. نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۹(۹): ۹۴۸-۹۵۹.

پایدار، ز. ۱۳۷۰. مدل ریاضی تلفات نشت از کانال‌های آبیاری، مجله آب، ۱۰: ۱۵-۲۲.

حیدری‌زاده، م. ۱۳۶۸. بررسی تلفات نشت از کانال‌های آبیاری. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.

- Menemen open channel irrigation network. Turk J. Agric. For., 31: 11-22.
- Alam, M.M. and Bhutta, M.N. 2004. Comparative evaluation of canal seepage investigation techniques, Agric. Wat. Man. 66: 65-76.
- Arshad, M. 2004. Contribution of irrigation conveyance system components to the recharge potential in Rechna Doab under lined and unlined options. Ph. D. thesis, University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan.
- Bakry, M.F. and Awad, A.A. 1997. Practical estimation of seepage losses along earthen canals in Egypt. Water Resources Management, 11: 197-206.
- Bos, M.G. and Nugteren, J.N. 1990. On irrigation efficiencies. International Institute for Land Reclamation and Improvement. ILRI Publication 19.
- Contor, B.A. 2004. Irrigation conveyance loss. Technical Report 04-008, Idaho Water Research Institute, University of Idaho, Idaho, USA.
- Iqbal, Z., MacLean, R.T. Taylor, B.D. Hecker, F.J. and Bennet, D.R. 2002. Seepage losses from irrigation canals in southern Alberta. Canadian Bios. Eng., 44(1): 21-27.
- Kinzli, K.D., Martinez, M., Oad, R., Prior, A. and Gensler, D. 2010. Using an ADCP to determine canal seepage loss in an irrigation district. Agricultural water management, 91: 801-810.
- Martin, C.A. and Gates, T.K. 2014. Uncertainty of canal seepage losses estimated using flowing water balance with acoustic Doppler devices. Journal of Hydrology, 517: 746-761.
- Mcleod, A.J. 1996. Review of Murray Region Seepage Investigations, Catchment Processes and Modelling Branch, Department of Land and water Conservation, Paramatta.
- Rezapour Tabari, M.M. and Mazak Mari, M. 2016. The Integrated Approach of Simulation and Optimization in Determining the Optimum Dimensions of Canal for Seepage Control. Water Resour Manage, 30: 1271-1292.
- Sarki, A., Memon, S.Q. and Leghari, M. 2008. Comparison of different methods for computing seepage losses in an earthen watercourse, Agricultura Tropica Et Subtropica, 41(4): 197-205.
- USBR. 1951. Progress Report-Seepage loss Measurement Studies, Lower-Cost Canal lining Program, Hydraulic Laboratory Report, No.Hyd. 317.
- Yao, L., Feng, S., Maa, X., Huo, Z., Kang, S. and Barry, D.A. 2012. Coupled effects of canal lining and multi-layered soil structure on canal seepage and soil water dynamics. Journal of Hydrology, (430-431): 91-102.
- حیدری زاده، م. و سالمی، ح.ر. ۱۳۹۳. بررسی کاربرد معادله تجربی اینگهام و معادله تئوری ودرنیکو در برآورد نشت آب از کانال‌های منطقه رودشت اصفهان. نشریه پژوهش آب در کشاورزی، ۲۸(۴): ۷۰۳-۷۱۲.
- زرین‌بال، ع.ا. و مردانی، ا. ۱۳۸۳. بررسی طرح پوشش کانال‌های انتقال آب استان فارس. مدیریت آب و خاک، سازمان جهاد کشاورزی استان فارس.
- سالمی، ح.ر. و سپاسخواه، ع.ل. ۱۳۸۵. اصلاح معادلات تجربی نشت آب از کانال در منطقه رودشت اصفهان، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۰(۱): ۲۹-۴۲.
- شاهرخ‌نیا، م.ع. و زارع، ا. ۱۳۹۳. بررسی فنی و اقتصادی پوشش کانال‌های آبیاری شهرستان داراب. نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۸(۱): ۴۲-۵۰.
- شرکت سهامی آب منطقه‌ای فارس. ۱۳۹۰. مطالعات ارزیابی عملکرد، پایش مدیریت بهره‌برداری و نگهداری، بهبود، ترمیم و بهسازی شبکه آبیاری و زهکشی درودزن. جلد ۹، بررسی و تحلیل وضع موجود و عملکرد مدیریت بهره‌برداری و نگهداری شبکه و تأسیسات.
- عراق‌علوی، س. ۱۳۷۲. مدیریت توزیع آب زاینده‌رود بر اساس برآورد راندمان انتقال آب در کانال‌های زیردست سد. پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه صنعتی اصفهان.
- کشکولی، ح.ع. ۱۳۶۶. یک بررسی مختصر میزان و علل تلفات آب در تعدادی از کانال‌های خاکی خوزستان. مجله علوم کشاورزی، ۱۸: ۱-۱۳.
- مشاورین مطالعات منطقه خلیج فارس. ۱۳۸۸. بررسی راندمان در شبکه آبیاری چشمه حسین‌آباد بیضا. شرکت خدمات مهندسی آب و خاک کشور.
- مهندسین مشاور مهتاب قدس. ۱۳۹۱. مطالعات ارزیابی عملکرد، پایش مدیریت بهره‌برداری و نگهداری، بهبود، ترمیم و بهسازی شبکه آبیاری و زهکشی درودزن. جلد ۱۳-۲: نتایج ارزیابی عملکرد.
- نصری، ب. و دادمهر، ر. ۱۳۸۷. ملاحظات فنی در علاج نشت آب از شبکه‌های آبیاری و زهکشی: مطالعه موردی شبکه آبیاری و زهکشی مهتاباد. مجموعه مقالات چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه تهران، اردیبهشت ۱۳۸۷.
- Akkuzu, E. 2012. Usefulness of Empirical Equations in Assessing Canal Losses through Seepage in Concrete-Lined Canal. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 138(5): 445-460.
- Akkuzu, E., Unal, H.B. and Karatas, B.S. 2007. Determination of water conveyance loss in the

Methods of Seepage Estimation in Canals and Evaluation of Seepage and Distribution Efficiency in Doroodzan Irrigation System

M.A. Shahrokhnia^{*} and A. Olyan Ghiasi[†]

Abstract

Because of limited water resources in Iran, decrease the water seepages and increase the water are necessary. Water productivity and the management conditions of irrigation and drainage systems shows that more attention should be paid to this subject. Doroodzan irrigation and drainage network is one of Iranian modern irrigation and drainage networks. This network irrigates Marvdasht plain fertile farms. There are not enough field studies about seepage losses in the related irrigation canals. In this study the previous experiences on seepage estimation is mentioned. The seepage losses were measured in 12 tertiary irrigation canals located on the four main irrigation districts in Doroodzan irrigation network. Seepage values were measured using inflow outflow method using a flow velocity meter. The values of seepage and evaporation losses was about 488500 and 335900 cubic meter per day, with and without considering the canals continued to the left and right bank canals. The average distribution efficiency in tertiary and quaternary canals was about 81 percent. About 15 percent of the delivered water in the beginning of the system was wasted in tertiary and quaternary canals due to seepage and evaporation losses. Therefore, it is suggested to use these seepage and distribution efficiency rates to raise the water delivery performance in Doroodzan irrigation system.

Keywords: Waste Water, Inflow Outflow Method, Flow Meter.

[\] Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran. (*Corresponding author, Email: mashahrokh@yahoo.com)

[†] M.Sc., Agricultural Engineering Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran.

Received: 24 Oct, 2017

Accepted: 14 Feb, 2018

