

## ارزیابی راندمان توزیع آب در کانال‌های بتنی و کانال‌ها در شبکه‌های آبیاری استان خوزستان

نادر سلامتی<sup>۱\*</sup>، پیمان ورجاوند<sup>۲</sup>، شکراله آبسالان<sup>۳</sup>، آذرخش عزیزی<sup>۴</sup>، محی‌الدین گوشه<sup>۵</sup>

و جعفر حبیبی اصل<sup>۶</sup>

۱، ۲، ۳، ۴ و ۶ - به ترتیب: استادیاران؛ مربیان پژوهش؛ و استادیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران  
۵- مربی پژوهش بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران  
تاریخ دریافت: ۹۷/۳/۲۹؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۷/۲۲

### چکیده

کانال‌های آبیاری از مهم‌ترین بخش‌های شبکه آبیاری و زهکشی هستند و نقش مؤثری در کاهش تلفات آب و افزایش راندمان توزیع آب دارند. این تحقیق از سال ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۷ در شبکه‌های آبیاری استان خوزستان اجرا شده است. در این پژوهش برای تعیین راندمان توزیع آب، از روش دبی ورودی- خروجی با استفاده از دستگاه مولینه و تقسیم‌بندی سطح مقطع جریان استفاده شد. به‌منظور تاثیر دادن ابعاد کانال و حجم آب انتقالی توسط کانال برای رسیدن به درک بهتر از میزان تلفات آب، از پارامتر درصد تلفات آب در کیلومتر طول کانال نسبت به دبی ورودی استفاده شد. تعداد ۲۶ کانال بتنی دوزنقه‌ای و ۱۷ کانال هر دو از درجه ۳ و ۴، در مجموع ۴۳ کانال در شهرستان‌های امیدیه، اندیمشک، گتوند، بهبهان، حمیدیه، دزفول، شوش، شوشتر، رامشیر، اهواز، باوی و شادگان در استان خوزستان ارزیابی شدند. دامنه تغییرات راندمان توزیع آب در کانال‌ها و کانال‌های درجه ۳ و ۴ از ۳۸/۹ درصد در شهرستان رامشیر تا ۹۹/۷ درصد در شهرستان شوشتر در نوسان بود. مقدار تلفات آب در هر کیلومتر طول کانال از ۲۰/۹۲ تا ۱۲۴۵۴/۱۰ متر مکعب در روز به ترتیب در شهرستان شوشتر و رامشیر تغییر می‌کرد. در کانال‌های بتنی دوزنقه‌ای شاخص تلفات آب نسبت به دبی ورودی در هر کیلومتر کانال از ۳۵/۰ درصد در شهرستان شوشتر تا ۶۱/۷۶ درصد در شهرستان اهواز در نوسان بود. در کانال‌ها، میانگین بازه‌های مورد بررسی، راندمان توزیع آب، مقدار تلفات آب در هر کیلومتر طول کانال و تلفات آب نسبت به دبی ورودی در هر کیلومتر کانال‌ها به ترتیب ۹۷۸ متر، ۸۴/۳ درصد، ۲۱۳۳/۱۱ متر مکعب در روز و ۱۷/۱۸ درصد محاسبه شد. مقایسه میانگین شاخص‌های محاسبه شده در کانال‌ها و کانال‌ها با آزمون تی نشان داد مقدار تلفات آب در هر کیلومتر طول کانال بتنی دوزنقه‌ای با ۱۹۲۰/۰۵ متر مکعب در روز نسبت به کانال‌ها با مقدار ۲۱۳۳/۱۱ متر مکعب در روز اختلاف معنی‌داری ندارد. محاسبه ضریب‌های همبستگی پیرسون نشان داد که هر گونه روند افزایش یا کاهش در شاخص‌های دبی، سرعت و سطح حجم آب عبوری چه در بالادست و چه در پایین دست و میزان بازه مورد بررسی موجب تغییراتی معنی‌دار در روند تغییرات راندمان توزیع آب نمی‌شود. برای جلوگیری از تلفات آب در کانال‌های توزیع آب آبیاری، باید مواردی مانند رشد علف‌های هرز در کانال‌ها، تجمع رسوب در کانال‌ها، تجمع زباله در کانال‌ها، ترک‌خوردگی پوشش کانال‌ها، خرد شدن یا جابه‌جایی قطعات بتن در کانال‌ها، تخریب ناشی از کیفیت نامناسب مصالح استفاده شده، تخریب ناشی از مسائل اجرایی را کنترل و رفع کرد.

### واژه‌های کلیدی

تلفات آب، نشت، کانال‌های درجه ۳ و ۴

### مقدمه

یکی از راه‌های جلوگیری از تلفات، اجرای اصولی و علمی شبکه‌های آبیاری و افزایش راندمان آبیاری است. در همین راستا، ضروری است تا شبکه‌های آبیاری و زهکشی اجرا شده ارزیابی و نقاط ضعف و قوت آنها شناسایی شوند.

ایران کشوری است که بیشتر نقاط آن دارای اقلیم خشک و نیمه خشک و با کمبود آب روبه‌روست، از این رو جلوگیری از تلفات این منبع ملی اهمیت روزافزونی دارد.

بیشتر از مشکلات بهره‌برداری و نگهداری کانال درجاست، بزرگ بودن ابعاد کانالت موجی می‌شود تردد ماشین‌آلات دشوارتر و احتمال آسیب دیدن آنها بیشتر شود. چون کانالت در ابعاد بزرگ‌تر کمتر ساخته می‌شود، این مسئله نیز استفاده از کانالت و جایگزینی آن در ابعاد بزرگ را محدودتر می‌کند. نتایج مطالعه موردی توسط عطاری و همکاران (Attari et al., 2014) در شبکه فرعی آبیاری و زهکشی میاناب شوشتر داروین ۲ و ۳ نشان داده است که از یک طرف افزایش ۴ درصد در راندمان آبیاری (از ۸۶ درصد در کانال‌های درجا به ۹۶ درصد در کانال‌های نیم‌لوله پیش‌ساخته) و کاهش ۵/۵ درصد هزینه‌ی احداث هر متر کانالت (۱/۰۴ میلیون ریال) نسبت به کانال درجا (۱/۱ میلیون ریال) اتفاق افتاده است و از طرف دیگر مدیریت بهینه مصرف آب در کانال‌های نیم‌لوله پیش‌ساخته نسبت به کانال‌های درجا موجب کاهش تلفات آب و سرعت بیش‌تر جریان با دبی برابر در کانالت، رسوب گذاری کمتری را نسبت به کانال درجا موجب گردیده و تمرکز بسیار بالا در ساخت کانالت موجب افزایش سرعت و کیفیت ساخت و کاهش میزان خطا در عملیات اجرایی شده است.

نتایج تحقیقات احتشامی و همکاران (Ehteshami et al., 2000) نشان می‌دهد که متوسط بازده انتقال و توزیع آب در شرق قزوین به ترتیب ۹۰/۴۷ و ۶۰/۸۸ درصد و در غرب قزوین معادل ۴۷/۴ و ۴۵/۴ درصد محاسبه شده است و با این ترتیب بازده شبکه آبیاری در شرق قزوین برابر ۵۵/۱ درصد و در غرب آن معادل ۴۰/۴ درصد است. نتایج تحقیقی دیگر در دشت قزوین نشان می‌دهد که میانگین بازده توزیع آب در کانال‌های درجه ۳ و ۴ به ترتیب ۸۶/۱ و ۷۷/۱ درصد است. نتایج عملکرد این شبکه نشان می‌دهد که به دلیل کنترل، بازبینی، و مرمت نشدن قسمت‌های تخریب شده، بازده توزیع آب رو به کاهش است و این کاهش در قسمت‌های غربی شبکه که

کانال‌های بتنی از سال ۱۳۴۰ و کانال‌های پیش‌ساخته از سال ۱۳۶۵ در کشور ما به کار گرفته شده‌اند (Attari et al., 2014). فرامرز (Faramarz, 2011) در تحقیقی مزایا و معایب کانالت نسبت به کانال درجا را تولید متمرکز کانالت و قطعات لازم آن، افزایش کیفیت در ساخت بتن و افزایش سرعت اجراء، در مقایسه با روش بتن درجا، گزارش کرده است. امکان تعویض قطعات آسیب‌دیده در شرایط نامناسب آب و هوایی، بدون توقف عملیات اجرایی نیز از دیگر مزایای کانالت گزارش شده است. در مقابل، نداشتن توجه اقتصادی در سرمایه‌گذاری اولیه برای پروژه‌های با سطح محدود و نیاز به سرمایه‌گذاری اولیه بالا در این پروژه‌ها از یک سو و تخصیص قسمتی از اراضی کشاورزی به کارخانه تولید و محل دپوی موقت کانالت و لوازم وابسته (که موجب آسیب رسیدن به کانالت و قطعات مربوطه در اثر عبور و مرور ادوات کشاورزی نیز خواهد شد) از سوی دیگر، عیوب استفاده از کانالت‌ها را مشخص می‌کند.

شاهوردی و همکاران (Shahverdi et al., 2010) در تحقیقی چهار گزینه کانال با مقطع دوزنقه‌ای بتنی، دوزنقه‌ای خاکی، فلوم مستطیلی و کانالت را در شبکه فرعی آبیاری و زهکشی استان مازندران از نظر زیست‌محیطی بررسی کردند و مهم‌ترین مسئله زیست‌محیطی را برداشت مصالح قرصه دانستند و از آنجا که کانالت حداقل نیاز به مصالح خاکی‌تر را داشته است، این مقطع را بهترین گزینه اعلام کرده‌اند. در بحث مقایسه فنی و اقتصادی شبکه فرعی کانالت، موسوی حسب و همکاران (Mousavihasab et al., 2013) با مقایسه چهار روش احداث شبکه در شمال هوفل به این نتیجه رسیدند که هزینه اجرایی احداث کانالت نسبت به هزینه احداث کانال فرعی با لوله (با خاک‌برداری یا خاکریزی) و کانال بتنی درجا (با خاکریزی) پایین‌تر و از این رو نسبت سود به هزینه آن از سه مورد فوق بیشتر است. اما به دلایل زیر این گزینه پذیرفته نشد: مشکلات بهره‌برداری و نگهداری از کانالت در سایز بزرگ بسیار

گزارش کردند. آکوزو و همکاران (Akkuzu *et al.*, 2007) در کانال‌های درجه ۳ مقدار راندمان توزیع آب برای کانال‌های دوزنقه‌ای را ۹۴/۹ درصد (۷ درصد تلفات) در ۱۰۰ متر معادل ۵/۱۷ متر مکعب در متر مربع در روز و برای فلوم بتنی ۵/۱ درصد تلفات در ۱۰۰ متر تعیین کردند. بررسی‌های شاهرخ‌نیا و جوان (Shahrokhnia & Javan, 2004) در کانال‌های آبیاری شهرستان داراب نشان می‌دهد که میزان متوسط نشت در کانال‌های بدون پوشش مورد مطالعه ۱۹۷/۷ میلی‌متر در روز بر متر مربع است که پس از اجرای پوشش بتنی به ۱۶/۳ میلی‌متر در روز بر متر مربع تقلیل یافته است. کینزلی و همکاران (Kinzli *et al.*, 2010) مقدار تلفات آب را در کانال‌های اصلی ۰/۶۴ درصد در کیلومتر و در کانال‌های درجه ۲ و نهرهای آبیاری شبیه هم ۱/۹۳ و ۱/۸۴ درصد در کیلومتر تعیین کرده‌اند. این محققان همچنین گزارش کرده‌اند که بین تلفات آب در فصل‌های مختلف اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. سینگ و سینگ (Singh & Singh, 2014) در مقایسه تلفات نشت و تبخیر از کانال آبیاری ناروانا در هند، گزارش کرده‌اند که مقدار متوسط تلفات آب حدود ۴۷/۲ متر مکعب روز است و نیز اینکه بیش از ۹۹ درصد تلفات آب در اثر نشت و کمتر از ۱ درصد تلفات در اثر تبخیر است. مروا و عمران (Marwaa & Omran, 2016) تلفات نشت را به روش ورودی خروجی در بخشی از کانال اصلی و سه کانال توزیع<sup>۱</sup> آب پوشش شده در عراق اندازه‌گیری و با مقادیر برآورد حاصل از دو روش موریتز<sup>۲</sup> و دیویس ویلسون<sup>۳</sup> مقایسه کردند و مقدار راندمان انتقال را در آنها به‌دست آوردند. نتایج تحقیق نشان داده است که میانگین تلفات در کانال اصلی و ۳ کانال توزیع آب به ترتیب ۵ و ۴/۳ متر مکعب در متر مربع در روز است. راندمان انتقال در کانال اصلی و ۳ کانال توزیع آب به ترتیب ۹۵/۲۱، ۸۳/۶۸، ۸۱/۲۰ و ۹۰/۳۳ درصد تعیین شد. بررسی راندمان انتقال

مدت زمان کمتری از عمر آن می‌گذرد شدیدتر است (Sohrabi & Javadvpourborujeni, 2005). نتایج پژوهشی دیگر نشان می‌دهد که در خصوص شبکه توزیع، راندمان آب آبیاری بین ۴۵ تا ۸۶/۵ درصد تغییر کرده است. این مقادیر کم راندمان شبکه آبیاری شاوور بسیار بحرانی و نگران‌کننده است و با توجه به ضرورت بهره‌برداری بهینه از منابع آب و خاک، لازم است این راندمان با در پیش گرفتن روش‌های مدیریتی صحیح افزایش یابد (Maarufi & Soltani, 2006). بر اساس نتایج به‌دست آمده، بیشترین و کمترین راندمان کانال‌های فرعی به ترتیب ۹۷/۰۹ و ۶۴/۸۱ درصد در کانال‌های B.C-9 و L.C-1 دیده می‌شود و راندمان ۲۴ کانال فرعی بین این دو مقدار متغیر است. متوسط راندمان ۲۴ کانال فرعی ۸۹/۰۵ درصد به‌دست آمده است (Rezaverdinezhad *et al.*, 2015). نتایج پژوهشی دیگر نشان می‌دهد مقادیر راندمان در کانال‌های توزیع بین ۸۷ تا ۹۸ و در کانال انتقال بین ۹۱ تا ۹۹ درصد است (Sohrabi *et al.*, 2009).

عسکر و اریک (Askar & Eric, 2009) می‌گویند تبخیر از سطح آب و نشت از دیواره و کف کانال مهمترین منابع تلفات در مسیر کانال‌ها هستند و معمولاً تلفات ناشی از تبخیر نسبت به تلفات ناشی از نشت کمتر است و اهمیت کمتری دارد. نتایج تحقیق شینی‌دشتگل و همکاران (Sheini-Dashtgul *et al.*, 2013) نشان می‌دهد که متوسط راندمان انتقال و توزیع آب در کانال‌های اصلی و فرعی سیبلی ۶۵/۲ و E4، ۵۶/۸ درصد است. بیشترین سهم تلفات آب از شکستگی‌های بدنه کانال ناشی از شرایط نامناسب درزهای انبساط، نشت از سازه‌های تحویل آب، رشد علف‌های هرز است و بخشی نیز مربوط می‌شود به تلفات اجتناب‌ناپذیر تبخیر سطحی. اقبال و همکاران (Iqbal *et al.*, 2002) مقدار نشت را در کانال‌های آبیاری ۱۱ حوزه آبخیز در کانادا با طول عمر یکسان را ۱/۵ درصد

1- Hilla Main Canal and three Distributary Canals

2- Moritz

3- Davis-Wilson

هدف از اجرای این تحقیق، ارزیابی و مقایسه راندمان توزیع آب کانال‌های بتنی دوزنقه‌ای و کانال‌های درجه ۳ و ۴ در شبکه‌های آبیاری استان خوزستان است.

### مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر بر اساس اطلاعات جمع‌آوری شده از نقاط مختلف شبکه‌های مدرن توزیع آب آبیاری در استان خوزستان از سال ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۷ اجرا شده است. در هر منطقه از شبکه‌های آبیاری، بازه‌های خاصی از کانال برای برداشت اطلاعات انتخاب و از روش دبی ورودی-خروجی برای بررسی تلفات آب در بخش توزیع آب استفاده شد. در این روش، دو مقطع متوالی از کانال مورد بررسی انتخاب و با توجه به شرایط مقطع عبوری جریان، مقطع عرضی تقسیم‌بندی و سرعت جریان با دستگاه مولینه در هر بخش از مقطع اندازه‌گیری شد و سرانجام دبی دو مقطع ورودی و خروجی محاسبه شد. در هر بازه که آبگیر فعال وجود داشت (بازه‌های نسبتاً طولانی)، دبی آبگیرهای فعال نیز اندازه‌گیری شد. ولی این اندازه‌گیری تا آنجا که ممکن بود در فاصله‌هایی ادامه داشت که تنها عامل تلفات آب حاصل نشت و تبخیر باشد و آبگیر از کانال منشعب نشده باشد. در روش دبی ورودی و خروجی، اختلاف دو دبی مذکور تلفات تلقی می‌شود. در هنگام آزمایش، کل مقادیر آب منحرف شده و مقادیر آب ورودی به کانال به دقت اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری دبی در این روش از مولینه و نیز سازه‌های اندازه‌گیری استفاده شد. راندمان انتقال آب در بخش توزیع آب بر حسب درصد، مقدار آب تلف شده در هر متر طول کانال یا درصد تلفات آب نسبت به دبی ورودی محاسبه شد.

از رابطه ۱،  $E_d$  یا بازده توزیع آب بر حسب درصد محاسبه شد (Mousavi & Akhavan, 2007):

و توزیع آب در شبکه دروزن نشان‌دهنده آن است که راندمان این شبکه به ترتیب در حدود ۴۰ و ۴۳ درصد است.

(Roosbeh, 1996; Shahrokhnia & Javan, 2004).

سالمی (Salemi, 1999) در بررسی معادلات تجربی نشت از کانال، در منطقه روددشت اصفهان نتیجه‌گیری کرده است که معادلات تجربی به کار رفته کاستی‌هایی دارند و برای محاسبه نشت بهتر است از روش عملی اندازه‌گیری دبی ورودی و خروجی استفاده شود و ضریب معادلات برای هر منطقه اصلاح شود. کشکولی (Kashkoli, 1987) میزان نشت را به دو روش دبی ورودی و خروجی و حوضچه‌ای در نمونه‌هایی در منطقه شاوور و اهواز اندازه‌گیری کرد و نشان داد که میزان نشت اندازه‌گیری شده به دو روش فوق به هم نزدیک است و برای منطقه اهواز میزان نشت در حدود  $3/2$  و برای شاوور  $2/4$  لیتر بر ثانیه در هر  $100$  متر طول کانال به ازای عرض بالای آب کانال است. طاهری‌قناد (Taheri-Qanad, 2009) در بررسی راندمان انتقال و توزیع آب در شبکه آبیاری دز، تلفات آب را  $27$  درصد و راندمان انتقال و توزیع آب را  $73$  درصد بدون احتساب تلفات موجود در کانال‌های خاکی اصلی برآورد کرده‌است. ترک‌های موجود در سطح بتن لاینینگ کانال‌های آبیاری و زهکشی که باعث ایجاد درز و در نتیجه تخریب رویه بتنی کانال‌ها می‌شود، از عواملی است که همه ساله باعث هدر رفتن مقادیر زیادی آب و نیز ایجاد خسارات مالی می‌شود. از این رو باید ضمن جلوگیری از به وجود آمدن درز، تعداد آنها را به حداقل رساند. با توجه به اقلیم خوزستان و شرایط ویژه خاک مناطق مختلف آن، ایجاد درز انبساط طولی در تمامی کانال‌های آن حتی با سطح خیس شده کمتر از  $9$  مترمربع نیز ضروری است (Salahshour et al., 2005).

ارزیابی راندمان توزیع آب در کانال‌های بتنی ...

$L$  = درصد تلفات آب؛ و  $Q_i$  و  $Q_o$  = به ترتیب دبی ورودی و خروجی از بازه اندازه‌گیری.

برای بررسی تاثیر طول در تلفات آب در بخش انتقال و توزیع آب، از رابطه ۳ استفاده شد:

$$q = \frac{Q_i - Q_o}{l} \times 86400 \quad (3)$$

که در آن،

$L$  = طول بازه کانال (متر)؛  $Q_i$  و  $Q_o$  = به ترتیب دبی ورودی و خروجی (متر مکعب در ثانیه)؛ و  $q$  = دبی تلفات در هر کیلومتر طول کانال (متر مکعب در روز در کیلومتر طول).  
به منظور تاثیر دادن ابعاد کانال و حجم آب انتقالی از کانال برای رسیدن به درک بهتر از میزان تلفات، از پارامتر درصد تلفات در کیلومتر طول کانال نسبت به دبی ورودی استفاده شد. این پارامتر به صورت رابطه ۴ محاسبه می‌شود:

$$L_l = \frac{q}{86400 \times Q_i} \times 100 \quad (4)$$

برای محاسبه دبی در مقاطع ورودی و خروجی از رابطه ۵ استفاده شد:

$$Q = \sum_{i=1}^n v_i \times A_i \quad (5)$$

که در آن،

$Q$  = دبی عبوری از مقطع (متر مکعب در ثانیه)؛  
 $v_i$  = سرعت متوسط هر بخش از مقطع کانال (متر در ثانیه)؛ و  $A_i$  = مساحت هر بخش از مقطع (متر مربع).

نتایج حاصل از این روش برای محاسبه تلفات انتقال آب، هم نشانی را در نظر گرفته و هم تبخیر را؛ در این روش این دو از هم تفکیک نمی‌شوند.

$$E_d = \left( \frac{V_f + V_{od}}{V_d} \right) \times 100 \quad (1)$$

که در آن،

$V_f$  = حجم آب داده شده به ابتدای قطعه زراعی؛  $V_{od}$  = حجم آب تحویلی به مصارف غیر آبیاری که از طریق شبکه توزیع آب می‌رسد؛ و  $V_d$  = حجم آب تحویلی به شبکه توزیع آب.

برای اندازه‌گیری سرعت آب از دستگاهی به نام مولینه یا پروانه آبی استفاده شد. مولینه بر حسب نوع کار به یک میله اندازه‌گیری متصل است یا با کابل آویزان می‌شود. سرعت در دو نقطه ۰/۲ و ۰/۸ عمق از سطح آب برای کانال‌های بزرگ و میانگین‌گیری از آنها و ۰/۶ عمق برای کانال‌های کوچک برای تعیین میانگین سرعت اندازه‌گیری شد. محاسبه تلفات آب ناشی از نشانی و تبخیر در بازه‌های انتخابی با استفاده از روش دبی ورودی و خروجی و برداشت سرعت با دستگاه مولینه انجام شد. شرایط هندسی مقطع کانال توزیع آب مانند عرض سطح آب، شیب دیواره کانال و تصویر مقطع عرضی عبوری جریان در محل‌های برداشت، و اطلاعات سرعت نیز برداشت گردید. تقسیم‌بندی‌ها برای اندازه‌گیری در شبکه‌های آبیاری کارون بزرگ، شمال خوزستان، کرخه و شاوور و زهره و جراحی اجرا شد. شبکه‌های مذکور شبکه‌های اصلی آبیاری استان خوزستان هستند. در هر شهرستان، شبکه مورد نظر انتخاب شد و داده‌برداری‌ها با توجه به وسعت و طول شبکه توزیع آب ادامه یافت.

در روش دبی ورودی - خروجی از رابطه ۲ برای محاسبه درصد تلفات آب در کانال استفاده شد (Mousavi & Akhavan, 2007):

$$L = \frac{Q_i - Q_o}{Q_i} \times 100 \quad (2)$$

که در آن،

مکعب در روز در شهرستان رامشیر ثبت شده است (جدول ۱). این تغییرات در شاخص درصد تلفات آب نسبت به دبی ورودی در هر کیلومتر کانال از ۰/۳۵ درصد در شهرستان شوشتر تا ۶۱/۷۶ درصد در شهرستان اهواز در نوسان است (جدول ۱). میانگین بازه‌های مورد بررسی، راندمان توزیع آب، مقدار تلفات آب در هر کیلومتر طول کانال و درصد تلفات آب نسبت به دبی ورودی در هر کیلومتر از کانال‌های مورد بررسی به ترتیب ۲۱۲۹ متر، ۸۱/۸ درصد، ۲۱۳۴/۶۵ مترمکعب در روز و ۱۴/۷۳ درصد محاسبه شده است (جدول ۱). میانگین راندمان توزیع آب محاسبه شده در تحقیقات احتشامی و همکاران (Taheri-Qanad, 2000)، طاهری‌فناد (Ehteshami et al., 2009)، روزبه (Roozbeh, 1996) و شاهرخ‌نیا و جوان (Shahrokhnia & Javan, 2004)، شینی‌دشتگل و همکاران (Sheini-Dashtgul et al., 2013) و معروفی و سلطانی (Maarufi & Soltani, 2006) از نتایج این پژوهش کمتر است. ولی میانگین راندمان توزیع آب محاسبه شده توسط سهرابی و جوادپوربروجنی (Sohrabi & Javadpourborujeni, 2005) و روزبه (Roozbeh, 1996) با میانگین راندمان توزیع آب محاسبه شده در این پژوهش همخوانی دارد.

دامنه تغییرات راندمان توزیع آب در تحقیقات رضوردی‌نژاد (Rezaverdinezhad et al., 2015) و معروفی و سلطانی (Maarufi & Soltani, 2006) از دامنه تغییرات راندمان توزیع آب در این پژوهش کمتر ولی میانگین راندمان توزیع آب محاسبه شده توسط رضوردی‌نژاد (Rezaverdinezhad et al., 2015)، آکوزو و همکاران (Akkuzu et al., 2007) و سهرابی و همکاران (Sohrabi et al., 2009) از راندمان توزیع آب محاسبه شده در این تحقیق بیشتر است. مقدار تلفات نشت محاسبه شده توسط مروا و عمران (Marwaa & Omran, 2016) احتمالاً به دلیل اندک بودن تعداد بازه‌های مورد

برای مقایسه آماری نتایج اندازه‌گیری و محاسبه شده در کانال‌های درجه ۳ و ۴ بتنی با پوشش دوزنقه‌ای و کانال‌های درجه ۳ و ۴ و شبکه‌های آبیاری استان خوزستان، از آزمون تی (t-Test) استفاده شد. مقادیر خروجی آزمون تی دو مقدار آماره  $T^1$  و  $T^2$  بحرانی<sup>۲</sup> هستند. اگر قدرمطلق مقادیر آماره  $T$  از  $T$  بحرانی کوچک‌تر باشد، نتیجه آزمون بی‌معنی بودن اختلاف مقادیر اندازه‌گیری شده را در کانال‌های بتنی دوزنقه‌ای، نسبت به کانال‌ها، نشان می‌دهد و گرنه مقادیر اندازه‌گیری شده، اختلاف معنی‌دار خواهند داشت. برای مقایسه آماری نتایج محاسبه شده در کانال‌های فوق و شبکه‌های آبیاری و زهکشی خوزستان از ضریب‌های همبستگی پیرسون برای پارامترهای محاسبه شده استفاده گردید. بدین‌منظور، ضریب‌های همبستگی بر اساس تعداد مقاطعی که پارامترهای محاسبه شده در آنها ارزیابی شد و بر اساس معنی‌دار بودن روند تغییرات این پارامترها در سطوح ۱ و ۵ درصد و همسو یا ناهمسو بودن این روند، بررسی و تجزیه و تحلیل انجام پذیرفت. در این تحقیق در مجموع ۴۳ کانال و کانالت (۲۶ کانال‌های بتنی دوزنقه‌ای و ۱۷ کانالت هر دو از درجه ۳ و ۴) ارزیابی شدند.

## نتایج و بحث

دامنه تغییرات بازه مورد بررسی در ۴۳ کانال شبکه توزیع آب (کانال‌های با پوشش بتنی دوزنقه‌ای و کانالت‌ها، هر دو از درجه ۳ و ۴) متغیر بود؛ کمترین آن ۴۴۵ متر در شهرستان باوی و بیشترین آن ۸۸۵۰ متر در شهرستان گتوند (جدول ۱). این دامنه تغییرات در راندمان توزیع آب از ۳۸/۹۲ درصد در شهرستان رامشیر تا ۹۹/۶۹ درصد در شهرستان شوشتر در نوسان بود (جدول ۱). دامنه تغییرات مقدار تلفات آب در هر کیلومتر طول کانال، از ۲۰/۹۲ متر مکعب در روز در شهرستان شوشتر تا ۱۲۳۵۴/۱۰ متر

دوزنقه به‌ترتیب ۳۱۳۴ متر، ۸۲/۴ درصد، ۱۹۲۰/۰۵ متر مکعب در روز و ۹/۴۹ درصد محاسبه شده است (جدول ۲).

دامنه تغییرات بازه مورد بررسی در کانال‌ها از ۴۴۵ متر در شهرستان باوی تا ۱۸۵۲ متر در شهرستان بهبهان متغیر است (شکل ۱- الف). این دامنه تغییرات در راندمان توزیع آب از ۳۸/۹ درصد در شهرستان رامشیر تا ۹۹/۷ درصد در شهرستان شوشتر متغیر است (شکل ۱- ب). مقدار تلفات آب در هر کیلومتر طول کانال از ۲۰/۹۲ متر مکعب در روز در شهرستان شوشتر تا ۴۲۶۱/۸۸ متر مکعب در روز در شهرستان شوش نشان داده شده است (شکل ۲- الف). این تغییرات در شاخص تلفات آب نسبت به دبی ورودی در هر کیلومتر کانالت از ۰/۳۵ درصد در شهرستان شوشتر تا ۶۱/۷۶ درصد در شهرستان اهواز در نوسان است (شکل ۲- ب). دامنه تغییرات بازه در داده‌های مورد بررسی به گونه‌ای است که ۳۴/۹ درصد بین ۳۹۹ تا ۱۰۰۰ متر، ۴۱/۹ درصد بین ۱۱۰۰ تا ۲۹۰۰ متر، ۱۸/۷ درصد بین ۳۴۲۸ تا ۵۵۰۰ متر و ۴/۵ درصد بیش از ۸۴۰۰ متر، طول داشتند (شکل ۱- الف). دامنه تغییرات راندمان توزیع آب در داده‌های مورد بررسی چنان است که ۲۳/۳ درصد از ۳۸/۹ تا ۷۰/۰ درصد، ۴۱/۸ درصد بین ۷۱/۵ تا ۹۱/۵ درصد، ۳۴/۹ درصد بین ۹۱/۹ تا ۹۹/۷ درصد در نوسان هستند (شکل ۱- ب). دامنه تغییرات تلفات آب در داده‌های مورد بررسی به گونه‌ای است که ۲۵/۵ درصد بین ۲۱ تا ۲۸۸، ۲۳/۳ درصد بین ۴۲۸ تا ۶۸۱، ۲۷/۹ درصد بین ۱۰۵۸ تا ۲۵۶۰، ۱۸/۶ درصد بین ۳۰۲۸ تا ۷۳۲۳ و ۴/۷ درصد تغییراتی بین ۷۳۳۳ تا ۱۲۳۵۴ مترمکعب در روز در هر کیلومتر کانال را پوشش می‌دهند (شکل ۲- الف). دامنه تغییرات تلفات آب در داده‌های مورد بررسی چنان است که ۱۴/۰ درصد بین ۰/۳۵ تا ۱/۱۹، ۲۳/۳ درصد بین ۱/۳ تا ۳/۰، ۲۷/۹ درصد از ۳/۴ تا ۱۰/۱، ۱۸/۶ درصد بین ۱۱ تا ۲۴ و ۱۶/۳ درصد

بررسی آنها، کمتر است از آنچه در این پژوهش به‌دست آمده است. در این تحقیق بازه‌هایی وجود دارند که تلفات آب در آنها نیز از نتایج تحقیقات مروا و عمران (Marwaa & Omran, 2016) کمتر است. میانگین تلفات آب در گزارش سینگ و سینگ (Singh & Singh, 2014) و کینزلی و همکاران (Kinzli et al., 2010) از آنچه در این تحقیق به‌دست آمده بسیار کمتر است. این نشان‌دهنده توجه هر چه بیشتر به کاهش تلفات آب در کانال‌های توزیع است. نتایج بررسی‌های شاهرخ‌نیا و جوان (Shahrokhnia & Javan, 2004) در مورد میزان متوسط نشت در کانال‌های بتنی از نتایج به‌دست آمده در این پژوهش بیشتر است. مقدار نشت محاسبه شده توسط اقبال و همکاران (Iqbal et al., 2002) از میانگین مقدار نشت کانال‌های توزیع آب در این پژوهش پایین‌تر است. مقدار نشت محاسبه شده توسط کشکولی (Kashkoli, 1987) با میانگین مقدار نشت کانال‌های توزیع آب در این پژوهش همخوانی دارد.

دامنه تغییرات بازه مورد بررسی در کانال‌های بتنی دوزنقه‌ای از ۸۰۰ متر در شهرستان دزفول تا ۸۸۵۰ متر در شهرستان گتوند متغیر است (شکل ۱- الف). این دامنه تغییرات در راندمان توزیع آب از ۴۲/۰ درصد در شهرستان شوشتر تا ۹۷/۷ درصد در شهرستان شوش نوسان دارد (شکل ۱- ب). دامنه تلفات آب در هر کیلومتر طول کانال از ۱۷۱/۱۴ مترمکعب در روز در شهرستان اندیمشک تا ۱۲۰۳۴/۵۶ متر مکعب در روز در شهرستان دزفول نشان داده شده است (شکل ۲- الف). این تغییرات در شاخص تلفات آب نسبت به دبی ورودی در هر کیلومتر کانال از ۰/۵۴ درصد در شهرستان شوش تا ۵۲/۷۳ درصد در شهرستان شوشتر در نوسان است (شکل ۲- ب). میانگین بازه‌های مورد بررسی، راندمان توزیع آب، مقدار تلفات آب در هر کیلومتر طول کانال و درصد تلفات آب نسبت به دبی ورودی در هر کیلومتر در کانال‌های بتنی با شکل

بازه مورد بررسی برای محاسبه راندمان توزیع آب در کانال‌های درجه ۴ از میانگین بازه این پژوهش نیز کمتر است.

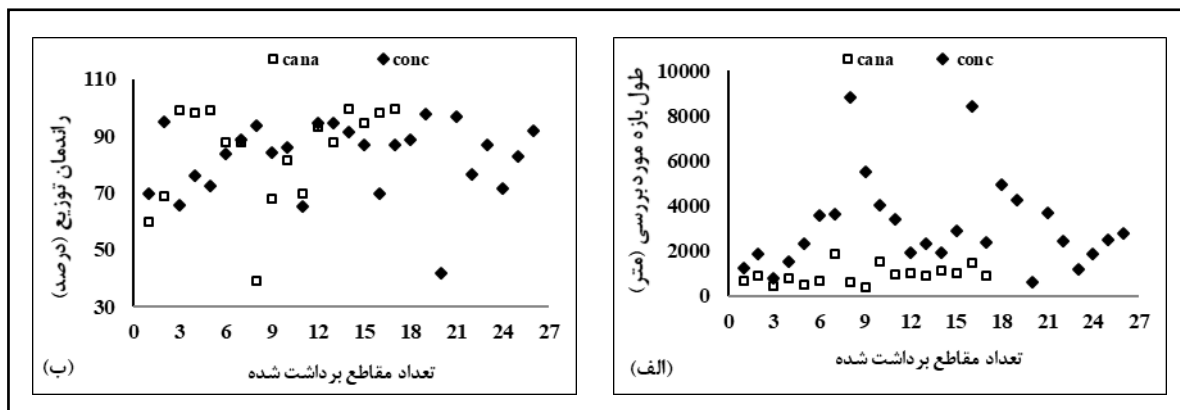
دلایل عمده تنوع تلفات در کانال‌ها و کانالت‌ها با درجه ۳ و ۴ در این تحقیق و پژوهش‌های دیگر را می‌توان به این موارد نسبت داد: متفاوت بودن و تنوع تغییرات درزهای طولی در دیواره جانبی و عرض کانال، تخریب لاینینگ به صورت موردی، رشد علف‌های هرز در درزهای ایجاد شده، رسوبات جمع شده در کانال، فقدان مدیریت صحیح بهره‌برداری در بعضی نقاط شبکه‌های مختلف، شکستگی‌های بدنه کانال ناشی از شرایط نامناسب درزهای انبساط و نشست از سازه‌های تحویل آب. بخشی از دلایل تنوع تلفات در کانال‌ها و کانالت‌ها با درجه ۳ و ۴ در این تحقیق و پژوهش‌های دیگر را نیز می‌توان به تلفات اجتناب‌ناپذیر ناشی از تبخیر سطحی نسبت داد. برای جلوگیری از تلفات آب در کانال‌های توزیع آب آبیاری، باید مواردی از قبیل رشد علف‌های هرز در کانال‌ها، تجمع رسوب در کانال‌ها، تجمع زباله در کانال‌ها، ترک خوردگی پوشش کانال‌ها، خرد شدن یا جابه‌جایی قطعات بتن در کانال‌ها، تخریب ناشی از کیفیت نامناسب مصالح استفاده شده، تخریب ناشی از مسائل اجرایی، تخریب ناشی از مسائل فرهنگی و اجتماعی، مسائل ناشی از بهره‌برداری و نگهداری را کنترل و رفع کرد. با تعمیر و بازسازی قسمت‌های تخریب شده کانال‌ها، واسنجی و اصلاح سازه‌های اندازه‌گیری موجود در شبکه، از بین بردن گیاهان کناره‌های کانال، اجرای برنامه‌های پیشی و بازبینی‌های تغییر و اصلاح مقاطع کانال‌ها می‌توان زمینه افزایش راندمان توزیع آب را فراهم کرد.

بین ۳۱ تا ۶۱۸/۸ درصد تلفات آب نسبت به دبی ورودی در هر کیلومتر را پوشش می‌دهند (شکل ۲-ب). میانگین بازه‌های مورد بررسی، راندمان توزیع آب، مقدار تلفات آب در هر کیلومتر طول کانال و تلفات نسبت به دبی ورودی در هر کیلومتر در مجموع کانالت‌های درجه ۳ و ۴ به ترتیب ۹۷۸ متر، ۸۴/۳ درصد، ۲۱۳۳/۱۱ متر مکعب در روز و ۱۷/۱۸ درصد محاسبه شده است (جدول ۲).

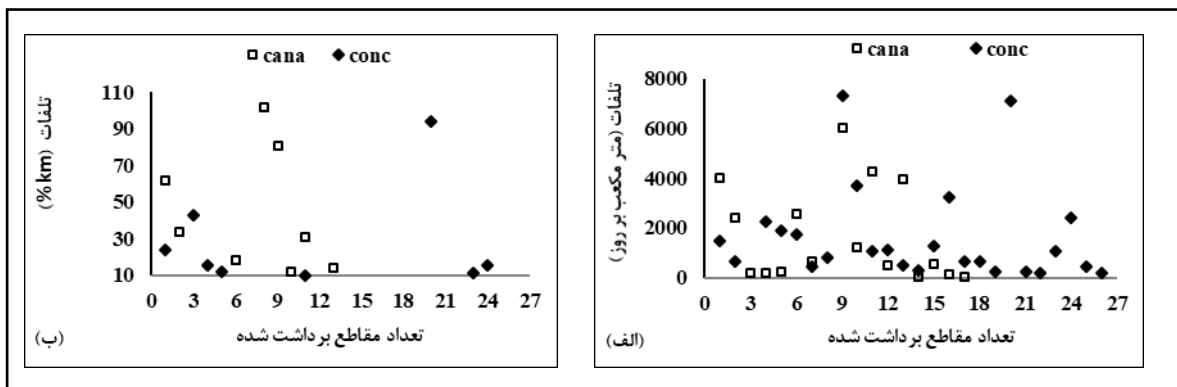
این کانال‌های بتنی ذوزنقه‌ای و کانالت‌ها هر دو دارای کانال‌های درجه ۳ و ۴ هستند. نتایج این پژوهش با نتایج تحقیقات دیگر به صورت خاص‌تر و از زوایای درجه ۳ و ۴ این کانال‌ها بدین شرح مقایسه شده است: بازه توزیع آب در کانال‌های درجه ۳ محاسبه شده توسط سهرابی و جوادی‌پور بروجنی (Sohrabi & Javadpour, 2005) با میانگین بازه توزیع آب در کانال‌های درجه ۳ این تحقیق همخوانی دارد و در هر دو تحقیق این میانگین بازه از ۸۰ درصد بالاتر است؛ اما آن مقدار که سهرابی و جوادی‌پور بروجنی (Sohrabi & Javadpour, 2005) اندازه‌گیری کرده‌اند از میانگین بازه اندازه‌گیری شده در کانال‌های درجه ۳ این پژوهش به مراتب کوچک‌تر است. راندمان توزیع آب محاسبه شده برای کانال‌های درجه ۳ توسط آکوزو و همکاران (Akkuzu et al., 2007)، احتمالاً به دلیل کوچک بودن بازه برداشتی تحقیق آنها، از راندمان توزیع آب محاسبه شده برای کانال‌های درجه ۳ این پژوهش بیشتر است. میانگین راندمان توزیع آب در کانال درجه ۴ محاسبه شده توسط سهرابی و جوادی‌پور بروجنی (Sohrabi & Javadpour, 2005) از میانگین راندمان توزیع آب در کانال‌های درجه ۴ این پژوهش کمتر است. حتی میانگین



ارزیابی راندمان توزیع آب در کانال‌های بتنی ...



شکل ۱- طول بازه‌های مورد بررسی و راندمان توزیع آب در  
الف) کانال‌های بتنی دوزنقه‌ای (conc) و ب) کانال‌ها (cana)



شکل ۲- مقدار تلفات آب در هر کیلومتر طول  
الف) کانال (conc) و ب) کانال (cana) و درصد تلفات آب نسبت به دبی ورودی در هر کیلومتر کانال (conc) و کانال (cana)

جدول ۱ - مشخصات مقاطع برداشت شده، راندمان توزیع آب، تلفات آب در هر کیلومتر طول کانال و تلفات آب نسبت به دبی ورودی در هر کیلومتر کانال

شهرستان	درجه کانال	فاصله دو مقطع (متر)	بالادست			پایین دست			دبی آبیگری (مترمکعب بر ثانیه)	راندمان توزیع آب (درصد)	تلفات (مترمکعب بر روز)	تلفات (درصد)
			سرعت (متر بر ثانیه)	دبی (مترمکعب بر ثانیه)	شکل	سرعت (متر بر ثانیه)	دبی (مترمکعب بر ثانیه)	شکل				
امیدیه	۳	۱۹۵۱	۰/۶۷۷	۰/۶۸۵	۰/۴۶۴	دوزنقه	۰/۶۶۹	۰/۳۰۰	۰/۲۰۱	۹۴/۶	۱۱۰۷/۱۳	۱/۸۹
امیدیه	۳	۳۴۲۸	۰/۳۱۱	۰/۳۸۹	۰/۱۲۱	دوزنقه	۰/۱۵۷	۰/۵۰۳	۰/۰۷۹	۶۵/۳	۱۰۵۸/۵۸	۳/۹۴
بهبهان	۳	۱۸۸۹	۰/۳۸۵	۰/۷۳۲	۰/۲۸۲	دوزنقه	۰/۲۰۰	۰/۸۷۰	۰/۱۷۴	۹۵/۰	۶۴۰/۳۴	۱/۹۳
بهبهان	۳	۶۷۵	۰/۲۶۳	۰/۶۲۴	۰/۱۶۴	کانال	۰/۱۲۸	۱/۱۲۵	۰/۱۴۴	۰	۲۵۶۰/۰۰	۱۸/۰۶
بهبهان	۳	۱۸۵۲	۰/۱۳۹	۰/۸۳۵	۰/۱۱۶	کانال	۰/۰۶۰	۱/۷۰۰	۰/۱۰۲	۰	۶۵۳/۱۳	۵/۴۴
حمیدیه	۳	۵۵۰۰	۳/۴۱۶	۰/۸۶۵	۲/۹۵۴	دوزنقه	۲/۱۱۲	۰/۷۱۵	۱/۵۱۰	۰/۹۷۸	۷۳۲۲/۷۸	۲/۸۷
حمیدیه	۳	۴۰۵۰	۲/۴۰۳	۰/۵۲۲	۱/۲۵۵	دوزنقه	۱/۶۴۵	۰/۵۸۳	۰/۹۵۹	۰/۱۲۱	۳۷۲۰/۷۷	۳/۴۳
حمیدیه	۴	۱۸۵۰	۰/۵۶۷	۰/۳۱۹	۰/۱۸۱	دوزنقه	۰/۴۱۲	۰/۳۱۴	۰/۱۲۹	۰	۲۴۰۴/۸۰	۱۵/۴۰
حمیدیه	۴	۱۰۰۰	۰/۳۹۴	۰/۴۰۷	۰/۱۲۱	کانال	۰/۱۸۳	۰/۱۹۶	۰/۰۲۷	۰/۰۸۸	۵۴۳/۷۲	۵/۱۸
دزفول	۳	۱۵۵۰	۰/۲۶۸	۰/۶۳۴	۰/۱۷۰	دوزنقه	۰/۱۸۳	۰/۷۰۸	۰/۱۳۰	۰	۲۲۵۵/۷۱	۱۵/۳۵
دزفول	۳	۳۵۸۰	۱/۴۰۸	۰/۳۱۱	۰/۴۳۸	دوزنقه	۰/۵۶۱	۰/۴۵۴	۰/۲۵۵	۰/۱۱۲	۱۷۳۰/۹۲	۴/۵۷
دزفول	۴	۱۱۸۰	۰/۴۰۶	۰/۲۷۵	۰/۱۱۲	دوزنقه	۰/۱۶۰	۰/۲۸۹	۰/۰۴۶	۰/۰۵۱	۱۰۶۷/۲۹	۱۱/۰۸
دزفول	۳	۲۳۰۰	۰/۴۶۸	۰/۳۸۹	۰/۱۸۲	دوزنقه	۰/۱۰۴	۰/۴۹۴	۰/۰۵۱	۰/۰۸۰	۱۸۸۹/۶۸	۱۲/۰۲
دزفول	۴	۱۲۵۰	۰/۲۱۸	۰/۳۶۸	۰/۰۸۰	دوزنقه	۰/۰۴۲	۰/۲۶۵	۰/۰۱۱	۰/۰۴۴	۱۷۵۸/۶۱	۲۵/۴۰
دزفول	۴	۱۱۰۰	۰/۲۰۵	۰/۶۷۴	۰/۱۰۴	کانال	۰/۱۳۰	۱/۰۲۷	۰/۱۰۱	۰/۰۰۳	۳۵/۶۵	۰/۴۰
گتوند	۳	۳۶۵۰	۰/۲۷۸	۰/۶۳۴	۰/۱۷۶	دوزنقه	۰/۱۱۱	۰/۴۱۲	۰/۰۴۶	۰/۱۱۱	۴۶۳/۳۱	۳/۰۵
گتوند	۳	۸۸۵۰	۱/۸۵۸	۰/۷۱۳	۱/۳۲۴	دوزنقه	۱/۳۶۰	۰/۷۳۰	۰/۹۹۳	۰/۲۵۰	۷۹۶/۱۷	۰/۷۰
شوش	۳	۹۸۰	۰/۲۳۸	۰/۸۹۱	۰/۱۶۰	کانال	۰/۱۸۷	۰/۷۹۱	۰/۱۱۲	۰	۴۲۶۱/۸۸	۳۰/۷۸
شوش	۳	۱۰۰۰	۰/۱۹۶	۰/۵۹۳	۰/۰۸۸	کانال	۰/۴۶۴	۰/۲۳۳	۰/۰۸۲	۰	۵۱۴/۳۷	۶/۷۸
شوش	۳	۴۹۳۰	۰/۴۶۸	۰/۷۴۶	۰/۳۴۹	دوزنقه	۰/۴۸۶	۰/۳۸۷	۰/۱۸۸	۰/۱۲۲	۶۸۰/۸۲	۲/۲۶
شوش	۴	۲۸۰۰	۰/۲۴۴	۰/۳۱۸	۰/۰۷۸	دوزنقه	۰/۰۸۳	۰/۵۱۹	۰/۰۴۳	۰/۰۲۹	۱۹۳/۲۸	۲/۸۸
شوش	۴	۲۴۷۰	۰/۱۴۸	۰/۴۷۸	۰/۰۷۰	دوزنقه	۰/۰۸۷	۰/۳۵۴	۰/۰۳۱	۰/۰۲۸	۴۲۸/۱۳	۷/۰۰
شوش	۳	۸۴۱۷	۵/۲۶۵	۰/۲۰۰	۱/۰۵۳	دوزنقه	۲/۷۰۴	۰/۰۸۴	۰/۲۲۶	۰/۵۱۱	۳۲۴۸/۸۷	۳/۵۷
شوش	۳	۲۴۰۰	۰/۵۱۴	۰/۲۶۳	۰/۱۳۶	دوزنقه	۰/۳۰۴	۰/۳۸۸	۰/۱۱۸	۰	۶۳۹/۲۸	۵/۴۶
شوش	۳	۲۹۰۰	۰/۷۷۳	۰/۴۳۵	۰/۳۳۶	دوزنقه	۰/۴۵۲	۰/۶۱۸	۰/۲۷۹	۰/۰۱۴	۱۲۹۶/۸۳	۴/۴۷
شوش	۳	۴۲۶۷	۰/۹۸۰	۰/۵۷۴	۰/۵۶۳	دوزنقه	۰/۹۰۲	۰/۴۷۶	۰/۴۲۹	۰/۱۲۱	۲۶۳/۰۴	۰/۵۴
شوشتر	۳	۳۶۷۰	۰/۷۵۸	۰/۵۰۰	۰/۳۷۹	دوزنقه	۰/۲۱۷	۰/۳۹۰	۰/۰۸۵	۰/۲۸۳	۲۵۶/۴۶	۰/۷۸
شوشتر	۳	۱۱۰۰	۰/۳۰۲	۰/۲۹۰	۰/۰۸۷	دوزنقه	۰/۱۲۲	۰/۳۰۲	۰/۰۳۷	۰	۳۹۸۲/۶۰	۵۲/۷۳
شوشتر	۴	۹۰۵	۰/۱۹۱	۰/۴۸۱	۰/۰۷۰	کانال	۰/۱۴۶	۰/۶۳	۰/۰۶۹	۰	۲۰/۹۲	۰/۳۵
شوشتر	۳	۹۰۰	۰/۴۴۸	۰/۹۸۵	۰/۳۳۴	کانال	۰/۱۴۶	۰/۴۰۷	۰/۰۴۵	۰/۲۴۸	۳۹۵۴/۹۶	۱۳/۷۱
شادگان	۳	۱۹۵۰	۰/۲۲۰	۰/۳۴۶	۰/۰۷۶	دوزنقه	۰/۱۵۲	۰/۴۵۸	۰/۰۶۹	۰	۲۸۷/۷۷	۴/۳۸
اهواز	۳	۶۵۰	۰/۱۹۶	۰/۵۰۶	۰/۰۷۵	کانال	۰/۳۰۰	۰/۰۹۵	۰/۰۲۸	۰/۰۱۶	۷۷۸۶/۱۸	۱۲۰/۲۴
رامشیر	۳	۲۳۲۰	۰/۳۸۰	۰/۶۳۰	۰/۲۳۹	دوزنقه	۰/۳۰۲	۰/۳۷۵	۰/۱۱۳	۰/۱۱۳	۴۷۸/۸۴	۲/۳۲
رامشیر	۴	۱۴۵۰	۰/۲۰۵	۰/۷۲۹	۰/۱۱۳	کانال	۰/۲۲۳	۰/۴۴۴	۰/۰۷۵	۰/۰۳۶	۱۱۶/۴۳	۱/۱۹
رامشیر	۳	۱۵۵۰	۰/۲۰۵	۰/۷۵۴	۰/۱۱۷	کانال	۰/۱۷۰	۰/۲۷۱	۰/۰۳۵	۰/۰۶۰	۱۲۰۸/۴۲	۱۱/۹۸
رامشیر	۳	۱۰۹۸	۰/۴۵۹	۰/۵۶۰	۰/۲۵۷	کانال	۰/۲۰۵	۰/۲۷۸	۰/۰۵۷	۰/۰۴۳	۱۲۳۵۴/۱۰	۵۵/۶۴
رامشیر	۳	۷۹۹	۰/۲۸۸	۰/۳۰۲	۰/۰۸۷	کانال	۰/۰۹۸	۰/۶۰۲	۰/۰۵۹	۰	۳۰۲۷/۷۸	۴۰/۲۸
اندیمشک	۳	۱۲۵۰	۰/۲۳۴	۰/۳۱۰	۰/۰۷۳	دوزنقه	۰/۰۷۰	۰/۴۳۰	۰/۰۳۰	۰/۰۲۱	۱۵۰۲/۱۰	۲۳/۹۷
اندیمشک	۴	۲۴۳۰	۰/۰۲۷	۰/۷۵۹	۰/۰۲۱	دوزنقه	۰/۰۳۲	۰/۵۰۵	۰/۰۱۶	۰	۱۷۱/۱۴	۹/۵۶
باوی	۳	۸۰۰	۰/۱۷۰	۰/۸۰۴	۰/۱۰۳	کانال	۰/۲۰۵	۰/۶۵۵	۰/۱۰۱	۰	۲۰۷/۱۴	۲/۳۲
باوی	۳	۵۱۰	۰/۴۰۱	۰/۴۹۶	۰/۱۹۹	کانال	۰/۲۰۵	۰/۹۶۶	۰/۱۹۸	۰	۲۱۷/۵۷	۱/۲۷
باوی	۳	۴۴۵	۰/۱۵۸	۰/۷۴۲	۰/۰۸۸	کانال	۰/۱۳۸	۰/۸۳۹	۰/۰۸۸	۰	۱۸۱/۸۹	۲/۳۸
باوی	۳	۹۲۰	۰/۲۹۷	۰/۳۷۰	۰/۰۸۳	کانال	۰/۲۲۸	۰/۳۳۳	۰/۰۵۷	۰	۲۴۰۶/۴۸	۳۳/۵۵

تلفات (مترمکعب بر روز) = مقدار تلفات آب در هر کیلومتر طول کانال / تلفات (درصد) = تلفات آب نسبت به دبی ورودی در هر کیلومتر کانال

دارد تمهیدات مقتضی برای کاهش تلفات آب طول کانالت مد نظر قرار گیرد و برای جلوگیری از تلفات آب در کانالت‌های درجه ۳ نیز باید مواردی از قبیل رشد علف‌های هرز، تجمع رسوب و زباله در کانال‌ها، ترک خوردگی پوشش کانال‌ها، و تخریب ناشی از کیفیت نامناسب مصالح استفاده شده را کنترل و رفع کرد. درصد تلفات آب در کانال بتنی دوزنقه‌ای با درصد تلفات آب در کانالت‌ها اختلاف معنی‌داری با هم ندارند. مقادیر تلفات آب در کانال‌ها و کانالت‌ها به ترتیب معادل ۱۱/۰۹ و ۲۲/۳۰ درصد محاسبه شده است. میزان تلفات آب در کانالت‌ها نسبت به کانال‌های بتنی دوزنقه‌ای هر چند معنی‌دار نیست ولی قابل توجه است به طوری که میزان تلفات آب در کانالت‌ها حدود ۲ برابر میزان تلفات آب در کانال‌های بتنی دوزنقه‌ای به دست آمده است (جدول ۲).

مقایسه میانگین شاخص‌های اندازه‌گیری و محاسبه شده مربوط به کانال‌های بتنی دوزنقه‌ای و کانالت‌ها با آزمون تی نشان می‌دهد که میانگین بازه مورد بررسی در کانال‌های بتنی دوزنقه‌ای با مقدار ۳۱۳۴ متر برتری معنی‌داری نسبت به کانالت‌ها با مقدار ۹۷۸ متر دارد. میانگین راندمان توزیع آب در کانال‌ها و کانالت‌ها به ترتیب با مقادیر ۸۲/۴ و ۸۴/۳ درصد برتری معنی‌داری نسبت به هم ندارند. مقدار تلفات آب در هر کیلومتر طول کانال در کانال بتنی دوزنقه‌ای با مقدار ۱۹۲۰/۰۵ متر مکعب در روز نسبت به مقدار تلفات آب در هر کیلومتر طول کانالت‌ها با مقدار ۲۱۳۳/۱۱ متر مکعب در روز اختلاف معنی‌داری ندارد. ولی اختلاف قابل توجه است و نشان از میزان تلفات آب بیشتر در کانالت‌ها نسبت به کانال‌های بتنی دوزنقه‌ای دارد. به عبارت دیگر، ضرورت

جدول ۲ - نتایج مقایسه میانگین شاخص‌های محاسبه شده در آزمون

تیما	کانال	کانالت	آمار	بحرانی	تیما	کانال	کانالت	آمار	بحرانی
بازه مورد بررسی (متر)	۳۱۳۴	۹۷۸	-۵/۴۷۹	۲/۰۶۰	تلفات (مترمکعب در روز)	۱۹۲۰/۰۵	۲۱۳۳/۱۱	۰/۲۸۲	۲/۰۶۰
راندمان توزیع (درصد)	۸۲/۴	۸۴/۳	۰/۵۳۰	۲/۰۶۰	تلفات (درصد)	۹/۴۹	۱۷/۱۸	۱/۹۴۰	۲/۰۶۰
تلفات (متر مکعب در روز) = مقدار تلفات آب در هر کیلومتر طول کانال					تلفات (درصد) = تلفات آب نسبت به دبی ورودی در هر کیلومتر کانال				

۸۷/۵، ۸۲/۱ و ۸۲/۳ درصد است. میانگین راندمان توزیع آب محاسبه شده در شبکه کارون بزرگ با میانگین راندمان توزیع آب محاسبه شده در شبکه کرخه و شاوور اختلاف معنی‌داری دارد. میانگین تلفات آب در شبکه‌های کرخه و شاوور، کارون بزرگ، زهره و جراحی و شمال خوزستان به ترتیب ۳۵۹۸/۱، ۱۲۴۸/۸، ۲۱۳۵/۷ و ۱۸۹۴/۹ مترمکعب در روز به ازای هر کیلومتر طول کانال محاسبه شده است. میانگین تلفات نشت محاسبه شده در شبکه‌های آبیاری کرخه و شاوور و زهره و جراحی دو به دو نسبت به میانگین تلفات نشت محاسبه شده در شبکه‌های

مقایسه میانگین شاخص‌های اندازه‌گیری و محاسبه شده شبکه‌های آبیاری استان خوزستان با آزمون تی نشان می‌دهد که میانگین بازه مورد بررسی در شبکه‌های کرخه و شاوور، کارون بزرگ، زهره و جراحی و شمال خوزستان به ترتیب ۲۶۱۰، ۲۱۷۵، ۱۷۲۳ و ۲۶۰۹ متر است (جدول ۳). میانگین بازه‌های مورد بررسی در شبکه آبیاری زهره و جراحی دو به دو نسبت به شبکه‌های کرخه و شاوور و شمال خوزستان اختلاف معنی‌داری دارند. میانگین راندمان توزیع آب در شبکه‌های کرخه و شاوور، کارون بزرگ، زهره و جراحی و شمال خوزستان به ترتیب ۷۹/۳،

آبیاری کارون بزرگ و شمال خوزستان اختلاف معنی‌داری دارند. میانگین تلفات آب ناشی از نشت در شبکه‌های کرخه و شاوور، کارون بزرگ، زهره و جراحی و شمال خوزستان به ترتیب ۱۷/۷۳، ۱۱/۰۸، ۱۴/۱۷ و ۱۰/۷۹ درصد است. میانگین تلفات آب ناشی از نشت محاسبه شده در شبکه شمال خوزستان دو به دو با میانگین تلفات آب محاسبه شده در شبکه‌های کرخه و شاوور و زهره و جراحی اختلاف معنی‌داری دارد. به عبارت دیگر، در شبکه‌های آبیاری مورد بررسی، بیشترین تلفات نشت بر حسب درصد نسبت به دبی ورودی در هر کیلومتر کانال در شبکه‌های آبیاری کرخه و شاوور و زهره و جراحی چنان زیاد است که اختلاف معنی‌دار با تلفات نشت در شبکه آبیاری شمال خوزستان به وجود آورده است (جدول ۳).

جدول ۳ - نتایج مقایسه میانگین شاخص‌های محاسبه شده در آزمون تی برای شبکه‌های آبیاری و زهکشی خوزستان

تیما	کرخه و شاوور	کارون بزرگ	T آماری	کرخه و شاوور	زهره و جراحی	T آماری	کرخه و شاوور	شمال خوزستان	T آماری	بحرانی
	۲۶۱۰	۲۱۷۵	۰/۸۰۹	۲۶۱۰	۱۷۲۳	۳/۰۹۴	۲۶۱۰	۲۶۰۹	۰/۰۰۲	۲/۱۲۰
بازه مورد بررسی (متر)	کارون بزرگ	زهره و جراحی	T آماری	کارون بزرگ	شمال خوزستان	T آماری	زهره و جراحی	شمال خوزستان	T آماری	بحرانی
	۲۱۷۵	۱۷۲۳	-۱/۲۴۴	۲۱۷۵	۲۶۰۹	-۰/۷۱۹	۱۷۲۳	۲۶۰۹	-۲/۹۳۰	۲/۱۲۰
راندمان توزیع (درصد)	کرخه و شاوور	کارون بزرگ	T آماری	کرخه و شاوور	زهره و جراحی	T آماری	کرخه و شاوور	شمال خوزستان	T آماری	بحرانی
	۷۹/۳۰	۸۷/۴۸	-۲/۵۳۳	۷۹/۳۰	۸۲/۱۱	-۰/۷۱۰	۷۹/۳۰	۸۲/۳۲	-۰/۸۶۰	۲/۱۲۰
	کارون بزرگ	زهره و جراحی	T آماری	کارون بزرگ	شمال خوزستان	T آماری	زهره و جراحی	شمال خوزستان	T آماری	بحرانی
	۸۷/۴۸	۸۲/۱۱	۰/۹۷۰	۸۷/۴۸	۸۲/۳۲	۱/۰۳۶	۸۲/۱۱	۸۲/۳۲	-۰/۰۴۶	۲/۱۲۰
تلفات (مترمکعب در روز)	کرخه و شاوور	کارون بزرگ	T آماری	کرخه و شاوور	زهره و جراحی	T آماری	کرخه و شاوور	شمال خوزستان	T آماری	بحرانی
	۳۵۹۸/۱	۱۲۴۸/۸	۵/۷۹۳	۳۵۹۸/۱	۲۱۳۵/۷	۲/۹۹۶	۳۵۹۸/۱	۱۸۹۴/۹	۲/۲۸۷	۲/۱۲۰
	کارون بزرگ	زهره و جراحی	T آماری	کارون بزرگ	شمال خوزستان	T آماری	زهره و جراحی	شمال خوزستان	T آماری	بحرانی
	۱۲۴۸/۸	۲۱۳۵/۷	-۲/۱۴۲	۱۲۴۸/۸	۱۸۹۴/۹	-۰/۷۵۷	۲۱۳۵/۷	۱۸۹۴/۹	۰/۳۲۰	۲/۱۲۰
تلفات (درصد)	کرخه و شاوور	کارون بزرگ	T آماری	کرخه و شاوور	زهره و جراحی	T آماری	کرخه و شاوور	شمال خوزستان	T آماری	بحرانی
	۱۷/۷۳	۱۱/۰۸	۲/۲۰۵	۱۷/۷۳	۱۴/۱۷	-۰/۷۳۱	۱۷/۷۳	۱۰/۷۹	۲/۴۷۵	۲/۱۲۰
	کارون بزرگ	زهره و جراحی	T آماری	کارون بزرگ	شمال خوزستان	T آماری	زهره و جراحی	شمال خوزستان	T آماری	بحرانی
	۱۱/۰۸	۱۴/۱۷	-۰/۶۰۲	۱۱/۰۸	۱۰/۷۹	۰/۰۵۸	۱۴/۱۷	۱۰/۷۹	۰/۷۱۷	۲/۱۲۰

تلفات (درصد) = تلفات آب نسبت به دبی ورودی در هر کیلومتر کانال

تلفات (مترمکعب در روز) = مقدار تلفات آب در هر کیلومتر طول کانال

ضریب همبستگی به خوبی نشان می‌دهد که هر گونه روند افزایش یا کاهش در شاخص‌های دبی، سرعت و سطح حجم آب عبوری هم در بالادست و هم در پایین دست و همچنین طول بازه مورد بررسی موجب تغییراتی معنی دار در روند تغییرات راندمان توزیع آب، مقدار تلفات آب در هر کیلومتر طول کانال و درصد تلفات آب نسبت به دبی ورودی در هر کیلومتر کانال نمی‌شود (جدول ۴).

### محاسبه ضرایب همبستگی پیرسون پارامترهای اندازه‌گیری و محاسبه شده

روند تغییرات راندمان توزیع آب با روند تغییرات مقدار تلفات در هر کیلومتر طول کانال و تلفات نسبت به دبی ورودی در هر کیلومتر کانال روندی غیر هم‌راستا و معنی دار در سطح ۱ درصد را نشان می‌دهد. به عبارت دیگر، با افزایش راندمان توزیع آب، شاخص‌های مذکور سیر کاهشی نشان می‌دهند و برعکس (جدول ۴). جدول

جدول ۴ - ضریب همبستگی پیرسون محاسبه شده برای شاخص‌های اندازه‌گیری شده

دبی بالادست (مترمکعب بر ثانیه)	سرعت بالادست (متر بر ثانیه)	سطح بالا دست (مترمربع)	دبی پایین دست (مترمکعب بر ثانیه)	سرعت پایین دست (متر بر ثانیه)	سطح پایین دست (مترمربع)	بازه مورد بررسی (متر)	راندمان توزیع (درصد)	تلفات (مترمکعب در روز)	تلفات (درصد)
$n = 43$ $r = 0.3044$ $r^2 = 0.0927$									
دبی بالادست (مترمکعب بر ثانیه)	۱	۰/۳۳۰۷*	۰/۷۸۵۲**	۰/۹۴۴۳**	۰/۰۹۳۲	۰/۸۳۳۰**	۰/۶۵۷۷**	۰/۰۶۲۱	۰/۳۱۶۹*
سرعت بالادست (متر بر ثانیه)		۱	-۰/۰۴۳۶	۰/۳۶۳۹*	۰/۴۶۵۳**	۰/۰۶۶۷	۰/۱۱۲۹	۰/۲۶۳۵	۰/۱۲۰۶
سطح بالا دست (مترمربع)			۱	۰/۶۴۹۷**	-۰/۱۰۰۳	۰/۹۵۹۱**	۰/۷۶۵۴**	-۰/۰۵۰۸	۰/۲۴۰۳
دبی پایین دست (مترمکعب بر ثانیه)			۱	۰/۲۱۵۶	۰/۷۴۸۲**	۰/۶۰۸۴**	۰/۱۴۲۸	۰/۲۴۰۱	-۰/۲۳۷۹
سرعت پایین دست (متر بر ثانیه)				۱	-۰/۱۱۵۶	-۰/۰۲۳۰	۰/۲۸۱۲	-۰/۱۶۹۲	-۰/۲۵۱۳
سطح پایین دست (مترمربع)					۱	۰/۷۵۶۲**	-۰/۰۰۷۹	۰/۲۸۶۱	-۰/۱۸۵۸
بازه مورد بررسی (متر)						۱	۰/۰۹۴۷	-۰/۰۶۰۱	-۰/۳۹۱۴*
راندمان توزیع (درصد)							۱	-۰/۶۷۶۳**	-۰/۱۸۶۰**
تلفات (مترمکعب در روز)								۱	۰/۶۷۸۴**
تلفات (درصد)									۱

تلفات (درصد) = تلفات آب نسبت به دبی ورودی در هر کیلومتر کانال

تلفات (مترمکعب در روز) = مقدار تلفات آب در هر کیلومتر طول کانال

تلفات آب طیف گسترده‌تری برای این نوع سازه‌ها پوشش می‌دهد. دلیل این رفتار در کانال‌ها، حساسیت این سازه‌ها به بهره‌برداری است. در کانال‌ها، با توجه به اینکه سازه‌های هوایی هستند و با زمین در تماس نیستند، در

### نتیجه‌گیری

درصد تلفات آب نسبت به دبی ورودی در کانال‌ها غالباً یا کوچکتر از ۵ درصد یا بزرگتر از ۱۵ درصد است. این امر برای کانال‌های درجا معمولاً صادق نیست و درصد

نشان می‌دهد. به عبارت دیگر، با افزایش راندمان توزیع آب، شاخص‌های مذکور سیر کاهشی نشان می‌دهند و برعکس. دلایل عمده تنوع تلفات آب در کانال‌های مختلف توزیع آب با درجه ۳ و ۴ را می‌توان به این موارد نسبت داد: متفاوت بودن و تنوع تغییرات درزهای طولی در دیواره جانبی و عرض کانال، تخریب لاینینگ به صورت موردی، رشد علف‌های هرز در درزهای ایجاد شده، رسوبات جمع شده در کانال، مدیریت نادرست بهره‌برداری در بعضی نقاط شبکه‌های مختلف، شکستگی‌های بدنه کانال ناشی از شرایط نامناسب درزهای انبساط، نشت از سازه‌های تحویل آب. بخشی دیگر از دلایل تنوع تلفات آب در کانال‌های مختلف توزیع آب با درجه ۳ و ۴ مربوط به تلفات اجتناب‌ناپذیر تبخیر سطحی است.

صورت بروز مشکل، مقدار تلفات آب به شدت افزایش می‌یابد. مقایسه میانگین شاخص‌های اندازه‌گیری و محاسبه شده کانال‌های بتنی ذوزنقه‌ای و کانال‌ها با آزمون تی نشان می‌دهد مقدار تلفات آب در هر کیلومتر طول کانال با پوشش بتنی ذوزنقه‌ای با مقدار ۰/۵/۱۹۲۰ مترمکعب در روز نسبت به مقدار تلفات آب در هر کیلومتر طول کانال‌ها با مقدار ۱۱/۲۱۳۳ متر مکعب در روز اختلاف معنی‌داری ندارد اما این اختلاف قابل توجه است و باید تمهیدات مقتضی برای کاهش تلفات آب در کانال مد نظر قرار گیرد. روند تغییرات راندمان توزیع آب با روند تغییرات مقدار تلفات آب در هر کیلومتر طول کانال و درصد تلفات آب نسبت به دبی ورودی در هر کیلومتر کانال روندی غیر هم‌راستا و معنی دار در سطح ۱ درصد را

## قدردانی

از سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان خوزستان و مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان (پروژه تحقیقاتی به شماره ۱۲۴-۴۶-۱۴-۰۴۶-۰۴۴-۹۵۱۰۷۳-۹۵) به دلیل تقبل هزینه‌های مادی و حمایت‌های معنوی در اجرای این تحقیق سپاسگزاری می‌شود.

## مراجع

- Akkuzu, E., Unal, H. B. and Karatas, B. S. 2007. Determination of water conveyance loss in the Menemen open canal irrigation network. Turk. J. Agric. For. 31, 11-22.
- Askar. K. and Eric, L. 2009. Evaluation canal lining projects in the Lower Rio Grande valley. Technical Report. Texas Water Resources Institute. Available at: <http://hdl.handle.net>.
- Attari, M., Hushmand, A. and Qumshi, M. 2014. Evaluation of the performance of prefabricated concrete cavities in irrigation and drainage networks (case study: secondary irrigation and drainage Meeyanab Shooshtar Darion 2 & 3). Proceedings of the 4<sup>th</sup> National Conference on Irrigation and Drainage Networks. Feb. 25-27. Shahid Chamran University of Ahvaz. Ahvaz, Iran. (in Persian)
- Ehteshami, M., Alikenari, Sh. and Abbasi, N. 2000. Evaluation of transmission and distribution efficiency as well as causes of roughness increase in Qazvin irrigation network channels. Proceedings of the 10<sup>th</sup> Seminar of Iran's National Irrigation and Drainage Committee. Nov. 15-16. Tehran, Iran. (in Persian)
- Faramarz, M. 2011. Construction of sub-networks using semi-ellipse-shaped concrete prefabricated channels with a social approach. 3<sup>rd</sup> National Conference on Irrigation and Drainage Networks. Feb. 20-21. Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran. (in Persian)
- Iqbal, Z., Maclean, R. T., Taylor, B. D., Hecker, F. J. and Bennett, D. R. 2002. Seepage losses from irrigation canals in southern Alberta. Can. Biosyst. Eng. 44, 121-127.
- Kashkoli, H. A. 1987. A brief study of the rate and causes of water damage in a number of soil channels in Khuzestan. Research Report. Irrigation Department, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz. (in Persian)

- 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. *Agric. Water Manage.* 97, 801-810.
- Maarufi, S. and Soltani, H. 2006. Estimation of transmission and distribution efficiencies in Shavour irrigation and drainage networks using a relationship. *Agric. Res.* 6(1): 47-36. (in Persian)
- Marwaa, H. M. and Omran I. M. 2016. Compared between the measured seepage losses and estimation and evaluated the conveyance efficiency for part of the Hilla main canal and three distributary canals (HC 4R, HC 5R and HC 6R) of Hilla-Kifil irrigation project. *Civil Environ. Rese.* 8(2): 1-10.
- Mousavi, F. and Akhavan, S. 2007. Principles of Irrigation. Kankash Pub. House. Isfahan. (in Persian)
- Mousavihasab, R., Zarshenas, M., Hajishah, M. and Modares, A. 2013. Technical and economic comparison of consolidated use of tubes and canals in irrigation and drainage networks (case study: irrigation and drainage project of northern Hoofl). Proceedings of the 4<sup>th</sup> National Conference on Irrigation and Drainage Networks. Feb. 25-27. Shahid Chamran University of Ahvaz. Ahvaz, Iran. (in Persian)
- Rezaverdinezhad, V., Samadi, A., Ahmadi, H. and Dunkou, A. 2015. Study of the factors of low transmission efficiency and water distribution in irrigation canals (a case study of Bampour network). Proceedings of the 2<sup>nd</sup> National Conference on Natural and Environmental Conservation. March 12-13. Ardabil, Iran. (in Persian)
- Roozbeh, P. 1996. The result of the evaluation of the existing network of Pashakla irrigation. Proceedings of the 8<sup>th</sup> Seminar of Iran's National Irrigation and Drainage Committee. Oct. 22-23. Tehran, Iran. (in Persian)
- Shahverdi, P., Shahanzari, A. and Parvin, R. 2010. Investigating different options for constructing a third grade channel on the environment of Alborz integrated water management plan. Fourth Environmental Engineering Conference. Oct. 10-11. Tehran University, Tehran, Iran. (in Persian)
- Salahshour, J., Kazemi, A. and Habibnejad, A. 2005. Investigation of the technical and executive factors of cracking in concrete lining channels. 1<sup>st</sup> Iranian National Conference on Construction Experiences of Irrigation and Drainage Networks. June 25-26. University of Tehran, Tehran, Iran. (in Persian)
- Salemi, H. R. 1999. Improvement of empirical equation of water leakage from channel in Rasht river region, Isfahan. Research Report. Agricultural Engineering Research Institute. (in Persian)
- Shahrokhnia, M. and Javan, M. 2004. Determination of the sensitivity of water delivery structures in Droudzan irrigation network using mathematical model. 11<sup>th</sup> Conference of Iran's National Irrigation and Drainage Committee. Nov. 16-17. Tehran, Iran. (in Persian)
- Sheini-Dashtgul, A., Noori, M. and Minai, S. 2013. Evaluation of transmission and distribution efficiencies and providing solutions to reduce water losses in Dose irrigation network (case study: Sabbath channels and E4 canals). 4<sup>th</sup> National Conference on Irrigation and Drainage Networks Management. March 6-8. Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran. (in Persian)
- Singh, B. and Singh, K. K. 2014. Comparison of seepage and evaporation losses of field data analysis with analytical approach analysis - a Study of Narwana branch canal, Kurukshetra. *Int. J. Enhanc. Res. Sci. Technol. Eng.* 3(7): 204-209.
- Sohrabi, T. and Javadpourborujeni, A. 2005. Evaluation and evaluation of transmission and distribution effects in Qazvin irrigation network. *Agric. Res. Water Soil Plants Agric.* 5(2): 53-64. (in Persian)
- Sohrabi, T., Ujjaghloo, H. and Musa-Yasuri, A. 2009. Study and study of the factors of low transmission efficiency and distribution of water in canals with concrete cover (case study of Qazvin irrigation and drainage network). 2<sup>nd</sup> National Conference on Irrigation and Drainage Networks Management. Jan. 20. Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran. (in Persian)
- Taheri-Qanad, S. 2009. Evaluation of the transmission and distribution efficiency of Dez irrigation network. 3<sup>rd</sup> Iranian National Conference on Construction Experiences of Irrigation and Drainage Networks. Oct. 21. Agricultural Engineering Research Institute, Karaj, Iran. (in Persian)

## **Evaluation and Comparison of the Distribution Efficiency of Canals and Semi-Elliptical Channels in Irrigation Networks of Khuzestan Province**

**N. Salamati<sup>\*</sup>, P. Varjavand, Sh. Absalan, A. Azizi, M. Goosheh and J. Habibi-Asl**

<sup>\*</sup> Corresponding Author: Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran. Email: nadersalamati@yahoo.com

Received: 19 June 2018, Accepted: 14 October 2018

Irrigation canals, as one of the most important structures of irrigation networks, have a significant role in reducing seepage losses and increasing the water conveyance efficiency. This research was conducted from 2016 to 2018 in irrigation networks of Khuzestan province. In this research, in order to determine the distribution efficiency, the input-output flow method was used with the use of a propeller velocity meter. To have a rational comparison between canals with different dimensions and capacities, the ratio of losses to inlet discharge per kilometer of canal reach has been considered as an evaluating parameter. In total, 26 concrete trapezoidal canal reaches and 17 semi-elliptical prefabricated channel reaches have been studied. The studied canal reaches were located in Omidieh, Andimeshk, Gotvand, Behbahan, Hamidieh, Dezful, Shoosh, Shooshtar, Ramshir, Ahvaz, Bavi and Shadegan, counties of Khuzestan province. Results showed that distribution network efficiency changes from 38.9% to 99.7% for both canals and semi-elliptical channels. The seepage losses per kilometer of canal length varied from 20.92 to 12454.10 m<sup>3</sup>/day. Maximum and minimum values of seepage losses relative to inlet discharge for concrete trapezoidal reaches were 0.35% and 61.76%, respectively. In prefabricated channels, the average length of studied reaches, conveyance efficiency and seepage losses per kilometer of channel were 978 m, 84.3%, 2133.11 m<sup>3</sup>/day and 17.18%, respectively. Using t-test method for concrete trapezoidal canals and semi-elliptical channels showed that the amount of seepage losses per kilometer of canal length in a trapezoidal concrete channel with a value of 1920.05 m<sup>3</sup>/day has no significant differences compared to prefabricated channel with a value of 2133.11 m<sup>3</sup>/day. The calculation of Pearson correlation coefficients showed that any increase or decrease in the parameters of the discharge and velocity, as well as the amount of time interval, does not lead to significant changes in the process of conveyance efficiency.

**Keywords:** Channels with Grades 3 and 4, Leakage, Losses