

برآورد میزان نشت آب در کانال‌های آبیاری دشت کازرون با فرمول‌های تجربی و مقایسه آن‌ها

با روش استغراقی

محسن مومن زاده^۱ و محمدعلی شاهرخ نیا^{۲*}

(۱) دانش آموخته کارشناسی ارشد، واحد فیروز آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، فیروز آباد، ایران.

(۲) استادیار 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

تاریخ پذیرش: ۹۲/۰۱/۱۹

تاریخ دریافت: ۹۱/۰۹/۰۶

چکیده

در دوران گذشته، آب به‌عنوان یکی از عوامل مهم در به وجود آمدن گروه‌های اجتماعی و توسعه جوامع بشری بوده است. امروزه نیز استفاده از آب به‌عنوان ابزاری سازنده در فراهم آوردن تعادل اقتصادی و سیاسی مورد تأکید است. با توجه به محدود بودن منابع آب و اراضی قابل بهره‌برداری در جهان، برای برآورده کردن احتیاجات آینده بشر و جلوگیری از عواقب حاصل از کمبود آب، یکی از بهترین روش‌ها، بهره‌برداری بهینه از منابع آب و خاک است که با افزایش روزافزون جمعیت دنیا و محدود بودن منابع آب و غذا سبب شده است که بسیاری از صاحب‌نظران، دنبال راه‌کاری برای استفاده بهینه از همین آب محدود گرداند. یکی از این راه‌کارهای موجود، ارزیابی اثر پوشش در کانال‌های آبیاری برای کاهش نشت است. نتایج این تحقیق نشان داد که تفاوت میزان نشت آب به روش استغراقی و فرمول‌های تجربی مورس ورت ینی دومیا، اینگهام، داویس و ویلسون در کانال خاکی عرب در سطح پنج درصد معنی‌دار نیست. همچنین روش‌های تجربی موریتس و پنجاب هند به ترتیب در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار و در کانال‌های شاه منظر و خواجه باقری بررسی‌های آماری نشان داد که این تفاوت با فرمول‌های تجربی مورس ورت ینی دومیا، داویس و ویلسون، موریتس و اینگهام در سطح احتمال پنج درصد و با روش تجربی پنجاب هند در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است. همچنین نتایج مقایسه این روش با فرمول‌های تجربی نشان داد که بیش‌ترین مقدار نشت متعلق به فرمول داویس و ویلسون در کانال خواجه باقری و کمترین مقدار نشت متعلق به فرمول پنجاب هند در کانال عرب می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: کانال، ارزیابی، نشت، استغراقی و کازرون.

مقدمه

از آنجایی که در اکثر دشت‌های کشاورزی در ایران، فاصله بین منبع آب تا مزرعه زیاد بوده و بیش‌تر کانال‌های آبیاری موجود سنتی است، اتلاف آب در کانال‌های آبیاری زیاد می‌باشد. یکی از راه‌های کاهش نشت آب در کانال‌های آبیاری خاکی یا سنتی، پوشش دار نمودن بدنه کانال با موادی مانند سیمان، سنگ، آجر، آسفالت و مواد پلاستیکی و نفتی است که معمول‌ترین راه، پوشش سیمانی است. بر اساس آمارهای ارائه‌شده توسط وزارت جهاد کشاورزی و وزارت نیرو راندمان آبیاری اراضی کشت آبی در ایران ۳۵-۳۰ درصد برآورد شده و این مبین این حقیقت است که راندمان آبیاری در ایران بسیار پایین بوده و نیاز به اجرای طرح‌های تحقیقاتی به‌منظور بهبود راندمان و صرفه‌جویی در مصرف آب بیش از پیش احساس می‌شود. این امر به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک اهمیت حیاتی پیدا نموده و به همین خاطر لزوم بررسی کمی و کیفی نشت آب از کانال‌ها مورد توجه قرار می‌گیرد. از این‌رو در طرح‌های آبیاری کاهش تلفات آب به حداقل مقدار ممکن یک نیاز فوری است و باعث جلب دقت نظر کارشناسان به جریان نشت از کانال‌ها و مسائل مربوط به آن می‌شود. اهمیت تلفات نشت آب از کانال‌ها به قدری است که طرح استاندارد صنعت آب کشور جهت جلوگیری از تلفات آب شبکه‌های کانال‌های آبیاری درجه یک و دو را در تمام پروژه‌های ایران پوشش‌دار توصیه کرده است. نتایج تحقیقات شاهرخ نیا (۱۳۹۰) در شهر داراب در استان فارس نشان داد که به‌طور تقریبی می‌توان ۸۰-۶۰ درصد از تلفات نشت آب در کانال‌های سنتی را با پوشش نمودن آن، کاهش داد. همچنین به‌طور تقریبی ثابت‌شده است که برای مناطقی که تهیه آب برای تولید محصولات با ارزش کم است، کاهش دادن تلفات نشت به مقدار پنج درصد کل آب انتقال‌یافته، اقتصادی است. نتایج حاصل از تحقیقات سلیمی و همکاران (۱۳۸۸) نشان داد که در ایران و در آبیاری‌های سنتی از هر ۱۰۰ لیتر آب حاصل از منابع آبی ۴۰-۳۰ لیتر آن در حین انتقال تا مزرعه در داخل کانال‌های سنتی و ۴۰-۳۰ لیتر آن حین آبیاری بیش از حد در داخل مزارع از دسترس خارج می‌شود. تنها ۴۰-۲۰ لیتر آن به مصرف مفید تولید محصولات کشاورزی می‌رسد؛ که با بتنی کردن جداره‌ها می‌توان از تلفات انتقال تا مزرع جلوگیری کرد. 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 به‌دست‌آمده 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. Iqbal و همکاران (۲۰۰۲) در جنوب آلبرتای کانادا میزان نشت آب در کانال‌های آبیاری را از روش حوضچه‌ای تعیین و مشاهده نمودند در اثر نوسازی و مدرن نمودن سیستم انتقال آب منطقه، میزان تلفات نشت از ۱۵

درصد در سال ۱۹۹۱ به ۲/۵ درصد در سال ۱۹۹۹ کاهش یافته است. Dietrich kinzli و همکاران (۲۰۰۹) تلفات نشت در کانال‌های خاکی در ایالت کلرادو را به میزان ۴۵-۱۵ درصد از کل حجم آب موجود در کانال آبیاری تخمین زدند. با توجه به سادگی و کم هزینه بودن فرمول‌های تجربی برآورد نشت، در این تحقیق به بررسی این فرمول‌ها برای برآورد نشت آب در کانال‌های آبیاری کازرون فارس که کم‌تر مورد توجه قرار گرفته پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در دشت دادین از توابع شهرستان کازرون در استان فارس در سال ۹۱-۹۰ انجام گرفته است. متأسفانه در سال‌های اخیر به دلیل کاهش ریزش‌های جوی و برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی، منابع آب این منطقه روبه‌زوال است؛ بنابراین در سال‌های اخیر مسئولین اقدامات فراوانی انجام داده‌اند که یکی از آن‌ها پوشش نمودن کانال‌های آبیاری سنتی این منطقه، به‌منظور کاهش میزان آب تلف‌شده بوده است. در این پژوهش میزان نشت آب در کانال‌های آبیاری عرب، شاه منظر و خواجه باقری اندازه‌گیری شد. برای این منظور در هر کانال سه تکرار در نظر گرفته شد. در شروع آزمایش کانال خشک بود. روش به‌کار رفته در این تحقیق برای محاسبه نشت، روش استغراقی^۱ است. مقادیر نشت در کانال سنتی و کانال پوشش شده با فرمول‌های تجربی نیز مقایسه شد. برای این مقایسه از آزمون t (t-test) استفاده شد.

روش استغراقی

تحقیقات گذشته نشان داد که از میان روش‌های اندازه‌گیری نشت روش حوضچه‌ای یا استغراقی دقیق‌تر از روش‌های دیگر است، به‌گونه‌ای که اغلب روش‌های اندازه‌گیری نشت را با روش حوضچه‌ای واسنجی می‌نمایند؛ بنابراین در این تحقیق روش حوضچه‌ای ملاک عمل قرار گرفت. در این روش میزان نشت آب بر اساس نفوذ آب از داخل کانال به خاک و کاهش عمق آب کانال در بازه‌های زمانی تعیین می‌شود. در اینجا با توجه به شیب کانال، طول مشخصی از کانال (۲۰۰ متر) انتخاب و انتهای آن مسدود می‌گردد. به‌منظور جلوگیری از ورود و خروج آب در قسمت مسدود شده کانال، ابتدا و انتهای بازه مورد مطالعه آب‌بندی می‌گردد. در این تحقیق به‌منظور آب‌بندی ابتدا و انتهای بازه‌های مورد بررسی، از خاک فشرده و نایلون استفاده شد. فرمول مورداستفاده در این تحقیق در روش استغراقی به‌صورت زیر است:

$$S = (W.L.d) / (Pw.L)$$

رابطه ۱:

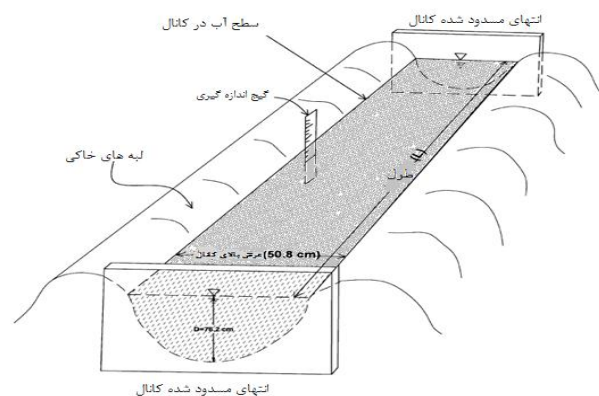
¹ Ponding

S: میزان نشت آب (m^3/S)، W: عرض بالای آب (m)، L: طول بازه موردبررسی (m)، d: افت سطح آب در زمان آزمایش (m) و Pw محیط خیس شده (m) کانال است (Iqbal et al., 2002). میزان دبی کانال با استفاده از رابطه ۲ تخمین زده شد (Molina, 2008)

$$Q = A.V$$

رابطه ۲:

Q: افت دبی (حجم بر واحدی از زمان)، V: سرعت جریان، A: سطح مقطع می‌باشد.



شکل ۱: بازه‌ای از کانال مورد آزمایش با استفاده از روش استغراقی را نشان می‌دهد.

برای وارد کردن داده‌ها به کامپیوتر و رسم نمودارها و آنالیز داده‌ها از نرم‌افزار Excel و جهت محاسبه کردن میزان نشت و رسم سطح مقطع کانال از نرم‌افزار Autocad استفاده شد.

فرمول‌های تجربی

معادلات و روش‌های تجربی به کار رفته در این تحقیق به شرح ذیل می‌باشند.

۱. معادله اینگهام

$$q=0.55CPL(10^{-6})(H^{0.5}) \quad \text{رابطه ۳:}$$

q: میزان نشت در طول کانال m^3/S ، H: عمق جریان آب در کانال (m)، P: محیط خیس شده (m)، L: طول کانال برحسب (m) است. C ضریبی است که بسته به نوع خاک بین ۱/۵-۵/۵ متغیر است (سالمی و سپاسخواه، ۱۳۸۵).

۲. معادله مورس ورت-ینی دومیا

$$q=(86.4).C.(R)^{0.5} \quad \text{رابطه ۴:}$$

q: نشت آب ($m^3/m^2/day$)، R: شعاع هیدرولیکی (m) و C عدد ثابت که برای خاک‌های رسی ۰/۰۰۱۵ و برای خاک‌های شنی ۰/۰۰۳ است (سالمی و سپاسخواه، ۱۳۸۵).

۳. روش میسرا

بر اساس این روش با در نظر گرفتن جنس بستر کانال، مقدار تلفات نشت آب ($m^3/m^2/day$) برای بستر لوم شنی $0/5-$ $0/3$ ، خاک شنی سست $0/5-$ $0/7$ و خاک گراولی $1-2$ برآورد شده است (سالمی و سپاسخواه، ۱۳۸۵).

۴. معادله آفنگندن

رابطه ۵: $q=SQL/100$

رابطه ۶: $S=Aq^{-m}$

S: نشت آب از کانالی به طول یک متر، L: طول کانال (Km)، Q: دبی جریان (m^3/S)، q: نشت آب از کانال (m^3/S)، M و A ضرایبی هستند که به ضریب آبگذری آب در خاک بستگی دارند (سالمی و سپاسخواه، ۱۳۸۵).

۵. معادله دیویس و ویلسون

رابطه ۷: $q=0.45 \times C \times \frac{Pw \times L}{4 \times 10^6 + 3650V^{0.5}} \times H^{1/3}$

q: نشت آب از کانالی به طول L (m^3/S)، H: عمق جریان آب در کانال (m)، L: طول کانال (m)، V: سرعت جریان آب (m/S) و C ضریب ثابتی است که بین $1-10$ در نظر گرفته می‌شود.

۶. معادله موریتس

رابطه ۸: $q=0.0186.C.(Q/V)^{0.5}$

q: نشت آب از کانالی به طول یک کیلومتر (m^3/S)، Q: مقدار جریان (m^3/S)، V: سرعت جریان آب (m/S) و C ضریب ثابت برای جداره رس و رس لومی $0/41$ ، لوم $0/535$ و لوم شنی $0/66$ می‌باشد (سالمی و سپاسخواه، ۱۳۸۵).

۷. معادله پنجاب هند:

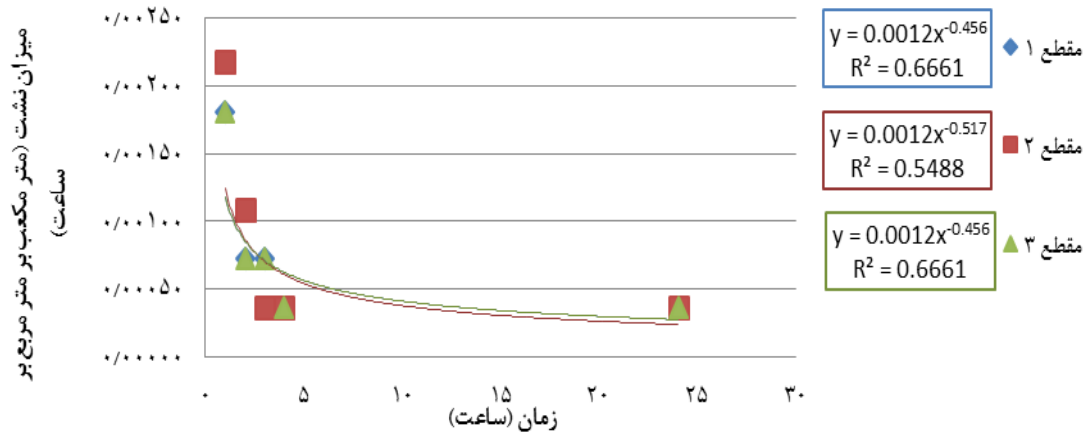
رابطه ۹: $q=(C).(a).(d)$

a: مساحت خیس شده کانال بر حسب میلیون فوت مربع، d: عمق آب (ft)، q: نشت کل از کانال (cfs) و C ضریب ثابت بین $1/1-1/8$.

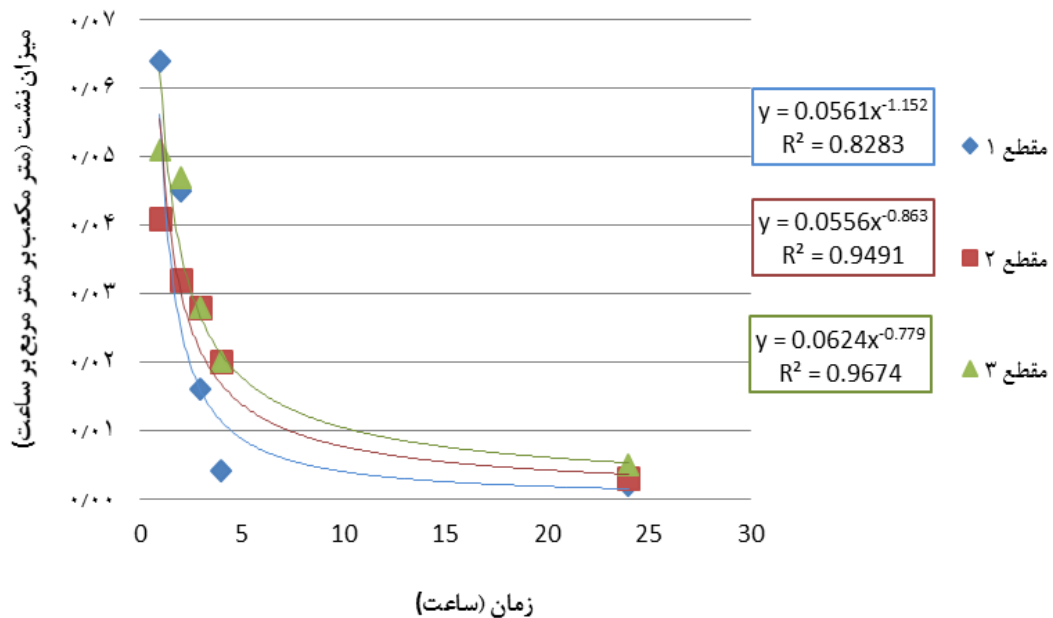
نتایج و بحث

شکل‌های ۱ و ۲ میزان متوسط نشت آب در طول یک روز در کانال (پوشش شده و پوشش نشده) عرب را با استفاده از روش استغراقی و همچنین درصد کاهش نشت آب در اثر پوشش را نشان می‌دهد. اندازه‌گیری‌ها نشان می‌دهد که میزان

متوسط نشت آب در کانال عرب (پوشش شده و پوشش نشده) به ترتیب $0/010658$ و $0/3453$ مترمکعب در روز در مترمربع بوده که در اثر پوشش نمودن کانال به میزان حدود $96/91$ درصد از میزان نشت آب کاسته شده است.



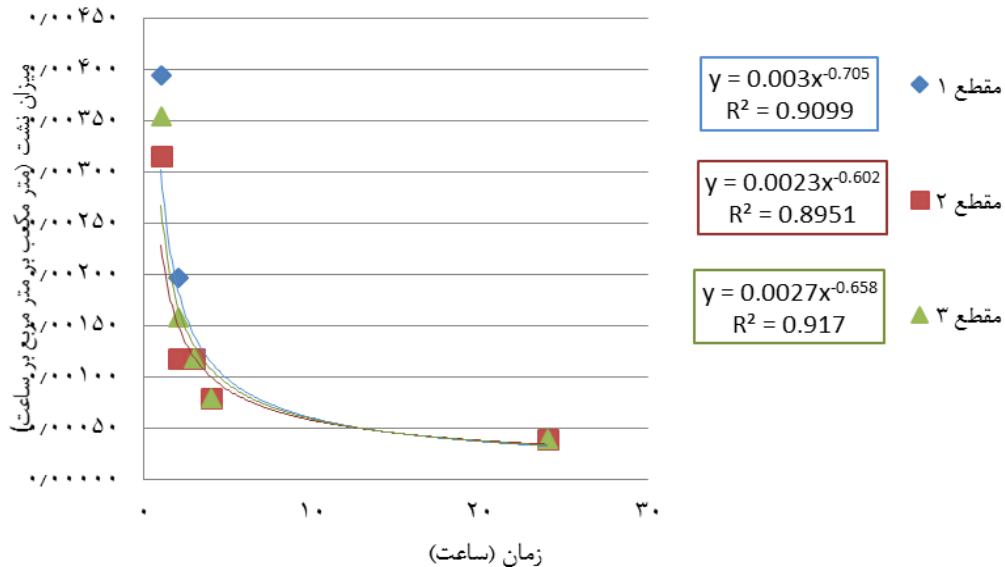
شکل ۱: منحنی‌های سرعت نشت در کانال بعد از پوشش در تکرارهای مختلف



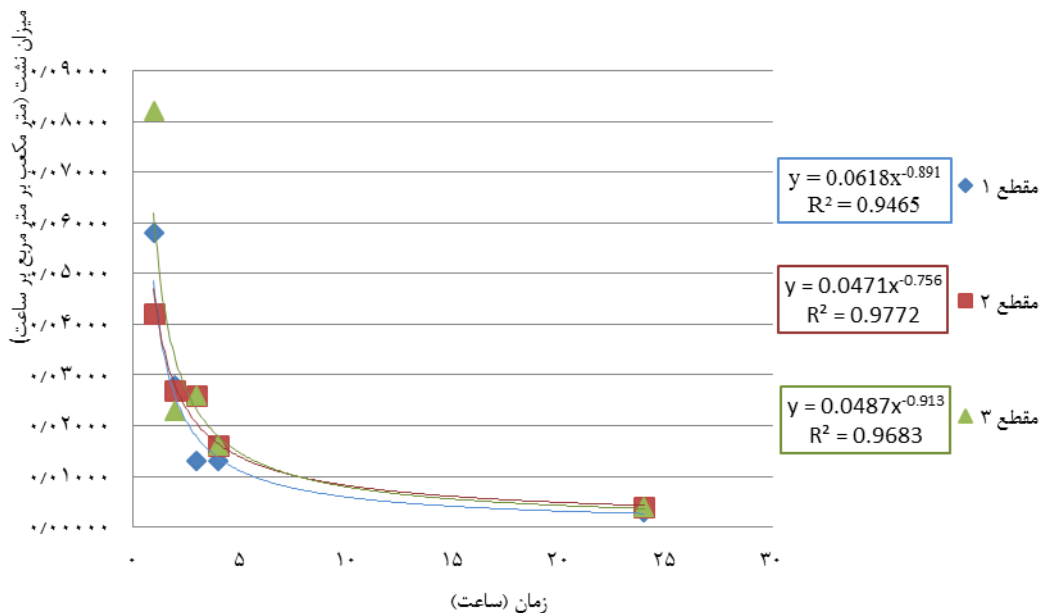
شکل ۲: منحنی‌های سرعت نشت در کانال خاکی عرب در تکرارهای مختلف

شکل‌های ۳ و ۴ میزان متوسط نشت آب در طول یک روز در کانال (پوشش شده و پوشش نشده) شاه منظر را با استفاده از روش استغراقی و همچنین درصد کاهش نشت آب در اثر پوشش را نشان می‌دهد، که نتایج آن نشان داد میزان

متوسط نشت آب در کانال شاه منظر (پوشش شده و پوشش نشده) به ترتیب ۰/۰۱۹۰۰۷ و ۰/۳۱۹۴ مترمکعب بر روز بر مترمربع بوده که در اثر پوشش نمودن کانال به میزان حدود ۹۴/۰۴ درصد از میزان نشت آب کاسته شده است.



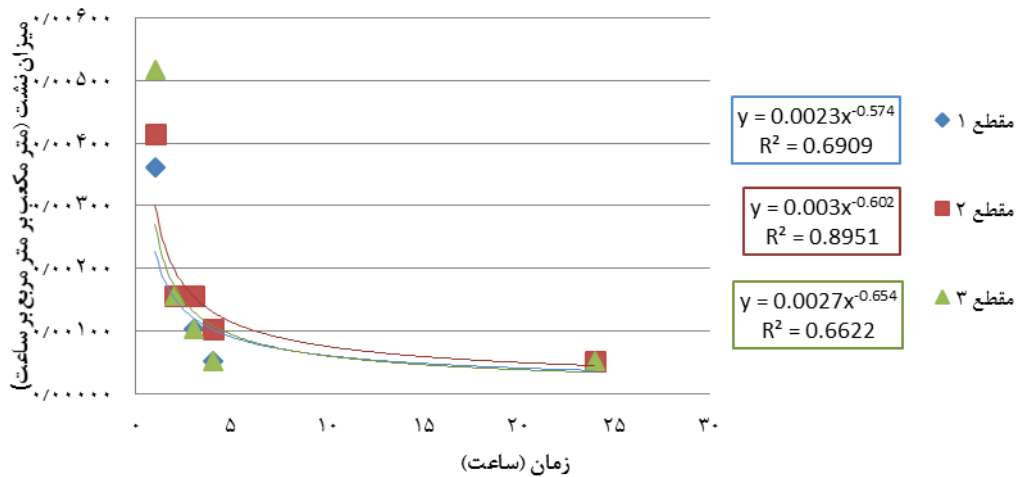
شکل ۳: منحنی‌های نشت در کانال شاه منظر بعد از پوشش در تکرارهای مختلف



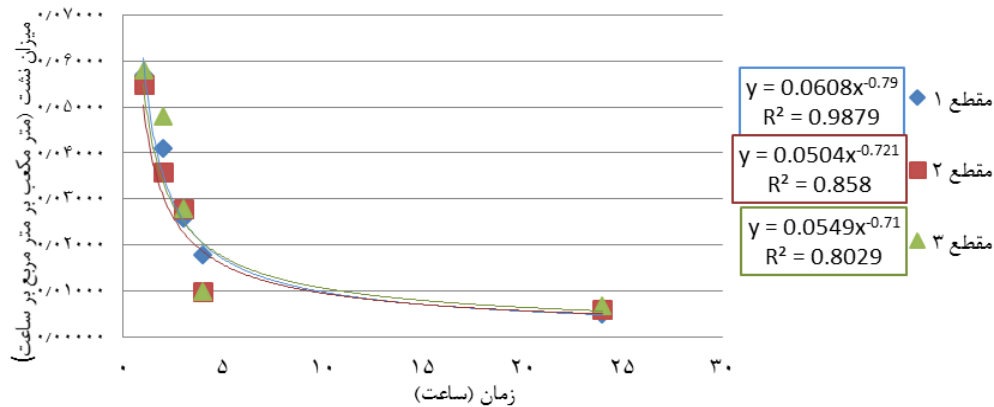
شکل ۴: منحنی‌های نشت در کانال شاه منظر قبل از پوشش در تکرارهای مختلف

شکل ۵ و ۶ میزان متوسط نشت آب در طول یک روز در کانال (پوشش شده و پوشش نشده) خواجه باقری را با استفاده از روش استغراقی و همچنین درصد کاهش نشت آب در اثر پوشش را نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که میزان

متوسط نشت آب در کانال خواجه باقری (پوشش شده و پوشش نشده) به ترتیب $0/019612$ و $0/3606$ مترمکعب بر روز بر مترمربع بوده که در اثر پوشش نمودن کانال به میزان حدود $94/56$ درصد از میزان نشت آب کاسته شده است.



شکل ۵: منحنی‌های سرعت نشت در کانال خواجه باقری بعد از پوشش در تکرارهای مختلف



شکل ۶: منحنی‌های سرعت نشت در کانال خواجه باقری قبل از پوشش در تکرارهای مختلف

آنالیز آماری

آنالیز آماری کانال عرب با روش استغراقی

نتایج آنالیزهای آماری میزان نشت آب در کانال عرب در جدول‌های ۲ و ۳ آورده شده است. بررسی‌های آماری نشان داد که تفاوت میزان نشت آب به روش استغراقی و فرمول‌های تجربی مورس ورث ینی دومیا، اینگهام، داویس و ویلسون در کانال خاکی عرب در سطح احتمال معنی‌داری نیست. همچنین تفاوت روش‌های تجربی موریتس و پنجاب هند به ترتیب در

سطح احتمال پنج درصد و در سطح احتمال یک درصد معنی دار است. از مقایسه فرمول‌های تجربی مورس ورث ینی دومیا، اینگهام، داویس و ویلسون، با روش استغراقی در کانال خاکی عرب مشخص شد که تفاوت این فرمول‌ها در سطح احتمال معنی داری نیستند. این روش‌ها از دقت بیشتری نسبت به روش‌های دیگر برخوردار می‌باشند، زیرا مقدار نشت محاسبه شده این روش‌ها با مقدار نشت اندازه‌گیری شده به روش استغراقی نزدیک‌تر است. از مقایسه نشت فرمول موریتس و پنجاب هند با روش استغراقی در کانال خاکی عرب مشخص شد که تفاوت آن‌ها در سطح احتمال پنج درصد معنی دار می‌باشد.

جدول ۲: میزان نشت فرمول‌های تجربی با روش استغراقی در کانال خاکی عرب

خطای استاندارد	انحراف معیار	تعداد	میانگین نشت	کانال خاکی عرب
۰/۰۰۹۸	۰/۰۱۷	۳	۰/۱۷۹	مورس ورث ینی دومیا
۰/۰۰۴	۰/۰۰۷	۳	۰/۱۰۵	موریتس
۰/۰۰۹	۰/۰۱۶	۳	۰/۰۳۴	پنجاب هند
۰/۰۲۳	۰/۰۳۹	۳	۰/۱۶۶	اینگهام
۰/۱۰۰۴	۰/۱۷۴	۳	۰/۹۵۸	داویس و ویلسون
۰/۰۵۷	۰/۰۹۹	۳	۰/۳۴۵	استغراقی

جدول ۳: آنالیز آماری فرمول‌های تجربی با روش استغراقی در کانال خاکی عرب

میزان سطح معنی دار	درجه آزادی	خطای استاندارد	انحراف معیار	تفاضل میانگین	مقایسه
۰/۱۲۷	۲	۰/۰۶۶	۰/۱۱۴	-۰/۱۶۷ ns	مورس ورث ینی دومیا - استغراقی
۰/۰۵۷	۲	۰/۰۶۰۱	۰/۱۰۴	-۰/۲۴۱ *	موریتس - استغراقی
۰/۰۴۲	۲	۰/۰۶۶	۰/۱۱۵	-۰/۳۱۱ *	پنجاب هند - استغراقی
۰/۱۴۷	۲	۰/۰۷۷	۰/۱۳۴	-۰/۱۷۹ ns	اینگهام - استغراقی
۰/۰۶۰	۲	۰/۱۵۷	۰/۲۷۲	۰/۶۱۲ ns	داویس و ویلسون - استغراقی

* و ** و ns: به ترتیب معنی دار بودن در سطح احتمال پنج درصد، یک درصد و عدم تفاوت معنی دار را نشان می‌دهد.

آنالیز آماری کانال شاه منظر با روش استغراقی

بررسی‌های آماری در جدول‌های ۴ و ۵ نشان داد که تفاوت میزان نشت آب به روش استغراقی و فرمول‌های تجربی مورس ورث ینی دومیا، داویس و ویلسون، موریتس و اینگهام در کانال خاکی شاه منظر در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار هستند. همچنین تفاوت روش استغراقی و تجربی پنجاب هند در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است.

جدول ۴: میزان نشت آب در کانال خاکی شاه منظر با فرمول‌های تجربی

خطای استاندارد	انحراف معیار	تعداد	میانگین نشت	کانال خاکی شاه منظر
۰/۰۰۵	۰/۰۰۸۱	۳	۰/۲۰۹	مورس ورث ینی دومیا
۰/۰۰۵	۰/۰۰۹	۳	۰/۱۱۹	موریتس
۰/۰۰۲	۰/۰۰۴	۳	۰/۰۲۸	پنجاب هند
۰/۰۰۸	۰/۰۱۵	۳	۰/۱۶۱	اینگهام
۰/۰۴۳	۰/۰۷۴	۳	۰/۹۴۳	داویس و ویلسون
۰/۰۲۴	۰/۰۴۲	۳	۰/۳۱۹	استغراقی

جدول ۵: آنالیز میزان نشت آب در کانال خاکی شاه منظر با فرمول‌های تجربی

میزان سطح احتمال معنی‌دار	درجه آزادی	خطای استاندارد	انحراف معیار	میانگین تفاضل	مقایسه
۰/۰۳۴	۲	۰/۰۲۱	۰/۰۳۶	۰/۱۱۱*	مورس ورث ینی دومیا - استغراقی
۰/۰۲۰	۲	۰/۰۲۹	۰/۰۵	۰/۲۰۱*	موریتس - استغراقی
۰/۰۰۶	۲	۰/۰۲۳	۰/۰۴	۰/۲۹۲**	پنجاب هند - استغراقی
۰/۰۳۶	۲	۰/۰۳۱	۰/۰۵۳	۰/۱۵۸*	اینگهام - استغراقی
۰/۰۱۱	۲	۰/۰۶۷	۰/۱۱۶	۰/۶۲۳*	داویس و ویلسون - استغراقی

* و ** و NS: به ترتیب معنی‌دار بودن در سطح احتمال پنج درصد، یک درصد و عدم تفاوت معنی‌دار را نشان می‌دهد.

آنالیز آماری کانال خواجه باقری با روش استغراقی

بررسی‌های آماری (جدول‌های ۶ و ۷) نشان داد که تفاوت میزان نشت آب به روش استغراقی و فرمول‌های تجربی مورس ورت ینی دومیا، داویس و ویلسون، موریتس و اینگهام در کانال خاکی خواجه باقری در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار هستند. همچنین تفاوت روش تجربی پنجاب هند با روش استغراقی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است.

جدول ۶: آنالیز میزان نشت آب در کانال خاکی خواجه باقری با فرمول‌های تجربی

خطای استاندارد	انحراف معیار	تعداد	میانگین نشت	کانال خاکی خواجه باقری
۰/۰۲۲	۰/۰۳۷	۳	۰/۲۷۳	مورس ورت ینی دومیا
۰/۰۱۲	۰/۰۲۱	۳	۰/۱۸۳	موریتس
۰/۰۲۴	۰/۰۴۲	۳	۰/۰۸۷	پنجاب هند
۰/۰۹۶	۰/۱۶۷	۳	۰/۴۵۷	اینگهام
۰/۰۵۲	۰/۰۸۹	۳	۱/۳۲۸	داویس و ویلسون
۰/۰۱۹	۰/۰۳۴	۳	۰/۳۶۱	استغراقی

جدول ۷: آنالیز میزان نشت آب در کانال خاکی خواجه باقری

میزان سطح احتمال معنی‌دار	درجه آزادی	خطای استاندارد	انحراف معیار	تفاضل میانگین	مقایسه
۰/۱۴۱	۲	۰/۰۳۷۰۷	۰/۰۶۴۲۱	۰/۰۸۸۰۰ *	مورس ورت ینی دومیا - استغراقی
۰/۰۲۸	۲	۰/۰۳۰۲۴	۰/۰۵۲۲۷	۰/۱۷۸۰۰ *	موریتس - استغراقی
۰/۰۱۶	۲	۰/۰۳۴۹۲	۰/۰۶۰۴۸	۰/۲۷۳۶۷ **	پنجاب هند - استغراقی
۰/۴۵۸	۲	۰/۱۰۵۲۵	۰/۱۸۲۲۰	۰/۰۹۶۰۰ *	اینگهام - استغراقی
۰/۰۰۵	۲	۰/۰۶۶۹۱	۰/۱۱۵۸۹	۰/۹۶۷۳۳ *	داویس و ویلسون - استغراقی

* و ** و NS: به ترتیب معنی‌دار بودن در سطح احتمال پنج درصد، یک درصد و عدم تفاوت معنی‌دار را نشان می‌دهد.

می‌توان گفت که آن دسته از فرمول‌های تجربی که تفاوت شان با روش استغراقی در سطح معنی‌داری نیست، دارای دقت کافی بوده و نیاز به واسنجی ندارند. برعکس، فرمول‌هایی که دارای تفاوت معنی‌داری با روش استغراقی هستند، دقت کم‌تری داشته و باید برای کانال مورد نظر واسنجی شوند.

واسنجی فرمول‌های تجربی

۱. معادله اینگهام

اختلاف میزان نشت معادله تجربی واسنجی نشده اینگهام با روش استغراقی ۲۳ درصد است، و خطای فرمول واسنجی شده آن به چهار درصد کاهش داشته است (به میزان نشت محاسبه‌شده با روش استغراقی نزدیک شده است).

$$q = 0.55CPL(10^{-6})(H^{0.5}) \quad \text{رابطه ۱۰:}$$

$$C = 5.5$$

۲. معادله مورس ورث-ینی دومیا

اختلاف میزان نشت معادله تجربی واسنجی نشده مورس ورث-ینی دومیا با روش استغراقی ۳۵ درصد است، و خطای فرمول واسنجی شده به ۲۰ درصد کاهش داشته است (به میزان نشت محاسبه‌شده با روش استغراقی نزدیک شده است).

$$q = (86.4).C.(R)^{0.5} \quad \text{رابطه ۱۱:}$$

$$C = 0.027$$

۳. معادله دیویس و ویلسون

اختلاف میزان نشت معادله تجربی واسنجی نشده دیویس و ویلسون با روش استغراقی ۶۸ درصد است، و خطای فرمول واسنجی شده آن به ۲۶ درصد کاهش داشته است (به میزان نشت محاسبه‌شده با روش استغراقی نزدیک شده است).

$$q = 0.45 \times C \times \frac{Pw \times L}{4 \times 10^6 + 3650V^{0.5}} \times H^{1/3} \quad \text{رابطه ۱۲:}$$

$$C = 0.7$$

۴. معادله موریتس

اختلاف میزان نشت معادله تجربی واسنجی نشده موریتس با روش استغراقی ۶۰ درصد است، و خطای فرمول واسنجی شده آن به ۲۵ درصد کاهش داشته است (به میزان نشت محاسبه‌شده با روش استغراقی نزدیک شده است).

$$q = 0.0186.C.(Q/V)^{0.5} \quad \text{رابطه ۱۳:}$$

$$C = 0.99$$

۵. معادله پنجاب هند

اختلاف میزان نشت معادله تجربی واسنجی نشده پنجاب هند با روش استغراقی ۸۵ درصد است، و خطای فرمول واسنجی شده آن به ۴۹ درصد کاهش داشته است (به میزان نشت محاسبه‌شده با روش استغراقی نزدیک شده است).

$$q = (C).(a).(d) \quad \text{رابطه ۱۴:}$$

$$C = 5$$

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که فرمول‌های تجربی برآورد نشت می‌تواند دقت بالایی داشته باشد و لازم است که برای هر منطقه و برای هر کانال فرمول‌های مناسب بررسی و واسنجی شده و مورد استفاده قرار گیرند. تفاوت میزان نشت آب به روش استغراقی و فرمول‌های تجربی مولس ورث ینی دومیا، اینگهام، داویس و ویلسون در کانال خاکی عرب در سطح پنج درصد معنی‌داری نبود. در کانال‌های شاه منظر و خواجه باقری تفاوت روش استغراقی با فرمول‌های تجربی مولس ورث ینی دومیا، داویس و ویلسون، موریتس و اینگهام در سطح احتمال پنج درصد و با روش تجربی پنجاب هند در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود.

منابع

- پایدار، ز. (۱۳۷۰). مدل ریاضی تلفات نشت از کانال‌های آبیاری. مجله آب، شماره ۱۰، صص ۲۲-۱۵.
- سالمی، ح. ر. و سپاسخواه، ع. ر. (۱۳۸۵). اصلاح معادلات تجربی آب از کانال در منطقه رودشت اصفهان. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، شماره اول، صص ۴۲-۲۹.
- سلیمی، ص.، موسوی جهرمی، ح.، شفاعی بجستان، م.، منصوری نژاد، م. و اسکافی، پ. (۱۳۸۸). بررسی میدانی تاثیر مواد مختلف آب بندی در جلوگیری از نشت (مطالعه موردی در کانال‌های آبیاری کشت و صنعت امیر کبیر)، صص ۹۱۸-۹۱۱.
- شاهرخ نیا، م. ع. (۱۳۹۰). بررسی میزان نشت آب در کانال‌های آبیاری سنتی و سیمانی حسن‌آباد داراب، یازدهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر، دانشگاه شهید باهنر، کرمان، ایران.

Dietrich Kinzli, K., Martinez, M., Oad, R., Prior and A., Gensler, D. (2009). Using an ADCP to determine canal seepage loss in an irrigation district. Colorado State University, 97 (2010) 801–810.

Iqbal, Z. Maclean, B. D., Talor, F. J., Hecker, and Bennett, D. R. (2002). Seepage Losses from Irrigation Canals in southern Alberta, pp: 121-127.