اصلاح معادلات تجربی نشت آب از کانال در منطقه رودشت اصفهان

حمیدرضا سالمی[۱] و علیرضا سپاسخواه[۲]

چکیده

به منظور توجیه فنی پوشش انهار خاکی، باید میزان نشت مورد بررسی قرار گیرد. این مهم تاکنون در بعضی از شبکه‌های آبیاری مختلف کشور با استفاده از روابط تجربی که در دیگر کشورهای دنیا استخراج گردیده انجام گرفته است. (در صورت انجام مطالعات). در حال حاضر طراحان و دست‌اندرکاران ساخت و ساز شبکه‌های مدرن آبیاری در کشور با استفاده از این معادلات و روابط اقدام به محاسبه نشت آب از کانال می‌نمایند. این معادلات برای مناطق مشخصی به دست آمده‌اند که واسنجی و صحت یابی کاربرد این معادلات تجربی برای تخمین مقدار نشت آب از کانال‌های مناطق مختلف به عنوان هدف این پژوهش باید مشخص گردد. بنابراین در این تحقیق مقادیر تلفات آب در تعدادی از کانال‌های خاکی منطقه رودشت اصفهان اندازه‌گیری شد و سپس مقدار نشت آب با آنچه که از طریق معادلات تجربی تخمین زده می‌شود مقایسه گردید. به منظور اندازه‌گیری تلفات آب، تعدادی کانال خاکی در مناطق جمبزه، شریف‌آباد، زیار، شاطور، قلعه عبدالله، مادرکان، سیریان، قمیشان و سیچی (با سه بافت خاک سبک، متوسط و سنگین) انتخاب گردید. در هر یک از مناطق فوق سه نوع پوشش گیاهی کم، متوسط و زیاد در نظر گرفته شد. اندازه‌گیری تلفات آب به روش جریان ورودی ـ خروجی صورت پذیرفته و برای اندازه‌گیری سرعت جریان آب از میکرو – مولینه استفاده شد. برای تخمین مقدار نشت آب از کانال‌ها معادلات تجربی اینگهام (Ingham)، دیویس و ویلسون (Davis and Wilson)، آفنگندن (Affengendon)، موریتس(Moritz)، مولس ورث و ینی دومیا (Mols Worth & Yennidumia) ، پنجاب هند و روش میسرا (Misra) به کار گرفته شد. معادلات رگرسیون خطی بین مقادیر نشت آب اندازه‌گیری شده و نشت آب محاسبه شده از معادلات تجربی اولیه و پس از اصلاح، به دست آمده و مشاهده گردید که این روش‌ها مقدار نشت را کمتر از واقعیت تخمین می‌زنند. بعد از اصلاح معادلات ملاحظه گردید که معادلات اینگهام و موریتس بالاترین ضریب تشخیص را داشته (۹۶٪) و شیب خط نزدیک به واحد است ضمن این که مقدار عرض از مبدأ نیز ناچیز می‌باشد. هم‌چنین روشی که در منطقه مورد مطالعه قابل استفاده است روش میسرا با ضریب تشخیص(۸۳٪) و شیب خط نزدیک به واحد می‌باشد. بدین ترتیب ضرایب معادلات تجربی نشت برای شرایط منطقه مورد مطالعه اصلاح شده و مناسب‌ترین معادله تجربی نشت نیز تعیین گردید.

واژه‌های کلیدی: معادلات نشت آب، کانال‌های خاکی، شبکه کانال‌های آبیاری، اصفهان

۱. مربی پژوهش مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان

۲. استاد مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.1.3.3]

مقدمه

یکی از مهم‌ترین عوامل محدود کننده توسعه کشاورزی در ایران به ویژه برای منطقه مرکزی کشور از جمله استان اصفهان، آب است. ولی متأسفانه با همه اهمیتی که آب از نظر کشاورزی در ایران دارد از این نعمت خدادادی استفاده بهینه نشده و براساس بررسی‌های انجام شده به طور متوسط بازده انتقال آب در ایران حدود ٦٨٪ و بازده توزیع آب در مزرعه حدود ٤٨٪ برآورد شده است که بازده کل حدود ٣٢٪ نتیجه می‌گردد (٥). معمولاً قسمت اعظم تلفات به صورت پدیده نشت به وقوع می‌پیوندد (٧) که در اجرای طرح‌های کاهش نفوذ آب در کانال‌ها ابتدا باید مقدار نشت تعیین گردد. مقدار نشت آب از طریق اندازه‌گیری مستقیم و یا با استفاده از معادلات تجربی تخمین زده می‌شود (١٠). از آنجا که لزوم صحت کاربرد معادلات تجربی برای تخمین مقدار نشت آب از کانال‌ها ضروری است، در این تحقیق مقادیر تلفات آب در تعدادی از انهار خاکی منطقه رودشت اصفهان که دارای شبکه آبیاری سنتی می‌باشد، اندازه‌گیری شد. سپس مقدار نشت آب با آنچه که از طریق معادلات تجربی تخمین زده شد مقایسه گردید.

یکی از تحقیقات انجام شده در خصوص مقایسه روش‌های اندازه‌گیری نشت، پژوهش کشکولی (١٣٦٦) است که اقدام به اندازه‌گیری افت دبی به دو روش دبی ورودی - خروجی و حوضچه ای در نمونه‌هایی از کانال‌های خاکی منطقه شاوور و اهواز در خوزستان نمود. با توجه به نتایج به دست آمده و شرایط کانال‌ها ضریب فرمول نهائی افت استخراج گردید و معلوم شد که میزان افت اندازه‌گیری شده به دو روش فوق به هم نزدیک است. برای منطقه اهواز میزان نشت به دست آمده در حدود ٣/٢ و در منطقه شاوور ٢/٤ لیتر بر ثانیه در هر ١٠٠ متر طول کانال می‌باشد (٤).

پایدار (١٣٧٠) تلفات نشت از کانال‌های آبیاری را به وسیله یک مدل ریاضی بررسی کرد. مدل ریاضی تهیه شده پدیده نشت را به صورت یک جریان دو بعدی اشباع و ماندگار (Steady saturated) در محیط متخلخل اطراف کانال فرض کرده و معادله جریان را با روش عددی تفاضل‌های محدود (Finite difference) حل نموده است. نتایج به دست آمده از مدل ریاضی برای دو کانال، با نتایج اندازه‌گیری نشت بروش حوضچه‌ای مقایسه گردید. مقدار نشت اندازه‌گیری شده برای دو کانال ١/١٧ و ٠/٤ و نتیجه مدل ١/٢١ و ٠/٤٩ مترمکعب برمتر در روز به دست آمد. پایدار چنین نتیجه گرفت که مدل ریاضی تهیه شده با تقریب نسبتاً خوبی، میزان نشت را از کانال پیش‌بینی می‌کند (١).

عراق علوی (٣) در تحقیقاتی روی کانال‌های خاکی زیردست سد زاینده رود ضمن ارزیابی روش‌های تجربی برآورد نشت، میزان نشت از کل تلفات را ٩٨/٥ درصد و سهم تبخیر و تعرق را ١/٥ درصد برآورد نمود. متوسط تلفات در کانال‌های درجه سه، ٠/٦٩٦ و درجه چهار، ٠/٦٦٢ مترمکعب برمترمربع در روز گزارش شده است. تجزیه و تحلیل نتایج نشان داد که میزان تلفات آب در طول فصل زراعی (خرداد، تیر و مرداد) دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشد. در این پژوهش مشخص شد از بین روش‌های تجربی بهترین روش نزدیک به نتایج اندازه‌گیری‌ها، روش میسرا (Misra) می‌باشد. ضریب هم‌بستگی در این روش محاسبه نشت ٩٢ درصد به دست آمده است. بعد از این روش، معادله موریتس (Moritz) تعیین گردید. هم‌چنین در پایان مطالعات مربوط به راندمان‌های انتقال آب در شبکه کانال‌های خاکی زاینده رود معلوم شد که بسیاری از کانال‌های خاکی نیاز به پوشش ندارند و اگر قرار شود کانالی بتونی شود باید قبلاً کار کارشناسی انجام شود چرا که در بعضی از مناطق مورد مطالعه به دلیل عوامل خاص منطقه‌ای کانال‌های خاکی راندمان انتقال بالاتری نسبت به کانال‌های پوشش دار داشته‌اند.

سالمی و سپاسخواه (١١) در تحقیقی معادلات تجربی برآورد نشت آب از کانال‌های خاکی را در اراضی شمال استان اصفهان (شبکه آبیاری دشت برخوار) مورد بررسی قرار دادند. آنها از بین معادلات تجربی، معادله دیویس ـ ویلسون و سپس مولس ورث ـ ینی دومیا را به عنوان مناسب‌ترین معادلات

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.1.3.3]

تخمین نشت آب برای کانال‌های خاکی دشت شمال اصفهان معرفی نمودند. بررسی حاضر با هدف مطابقت مقادیر نشت برآورد شده از معادلات تجربی نشت در کانال‌های خاکی دارای بافت‌ها و تراکم‌های مختلف گیاهی با مقادیر نشت اندازه‌گیری شده (واقعی) و تعیین مناسب‌ترین معادلات برای کانال‌های خاکی در مناطق شرق استان اصفهان (شبکه آبیاری رودشت) انجام شده است.

مواد و روش‌ها

مواد

مشخصات عمومی منطقه

منطقه رودشت بین طول‌های جغرافیایی ۵۲ درجه تا ۵۲ درجه و ۴۵ دقیقه شرقی و ۳۲ درجه و ۲۰ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۳۵ دقیقه عرض شمالی قرار دارد. رودشت با وسعت تقریبی ۴۶ هزار هکتار یکی از دشت‌های چهارگانه اصفهان به شمار می‌آید (۶). این منطقه که در شرق شهر اصفهان و در شرقی‌ترین قسمت حوضه زاینده رود واقع شده است، دارای آب و هوای گرم و خشک (بویژه در بهار و تابستان) و اقلیم نیمه بیابانی شدید می‌باشد. براساس گزارش هواشناسی و آمار ۱۰ ساله منطقه، میانگین بارندگی در محدودهٔ مورد مطالعه ۸۸ میلی‌متر در سال گزارش شده است. مقدار تبخیر و تعرق (ET0) در ایستگاه ورزنه ۱۵۳۷ میلی‌متر در سال گزارش شده است (۲).

محل اجرای طرح

تعداد نه کانال در مناطق جمبزه، شریف‌آباد، زیار، شاطور، قلعه عبدالله، سیریان، مادرکان، قمیشان و سیچی واقع در شرق شهرستان اصفهان در طرح شبکه آبیاری جدید رودشت انتخاب ردیده است (شکل ۱).

هر کدام از این مناطق براساس نقشه تفصیلی خاک استان و اندازه‌گیری‌های انجام شده دارای بافت‌های سنگین، متوسط و سبک بوده و هم‌چنین هر کدام از گروه‌های خاکی دارای پوشش گیاهی کم (۲۰-۱۰٪) متوسط (۵۰- ۳۵٪) و زیاد (۹۵-۶۰٪) می‌باشند. نتایج تجزیه مکانیکی خاک‌های مناطق نه گانه در جدول ۱ ارائه شده است.

معادلات تجربی برآورد نشت آب

معادلات و روش‌های تجربی متعددی به منظور تخمین میزان نشت آب از کانال‌ها در نقاط مختلف دنیا ارائه شده (۹)، که در این قسمت از مقاله به ۷ مورد آنها اشاره می‌شود:

- معادله اینگهام (Ingham)

$$q = ۰/۵۵CPL(۱۰^{-۶})(H^{۰/۵}) \quad [۱]$$

در این معادله q میزان نشت در طول کانال (m^3/S)، H عمق جریان آب در کانال (m)، P محیط خیس شده (m) و L طول کانال (m) می‌باشد. C ضریبی است که بسته به نوع خاک بین ۱/۵ تا ۵/۵ متغیر است.

- معادله مولس ورث - ینی دومیا (Molesworth-Yennidumia)

$$q = (۸۶/۴)C.(R)^{۰/۵} \quad [۲]$$

در این معادله 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 می‌باشد.

- روش میسرا(Misra)

براساس این روش با در نظر گرفتن جنس بستر کانال مقدار تلفات نشت آب ($m^3/m^2/day$) برای بستر لوم شنی ۰/۳-۰/۵، خاک شنی سست ۰/۵-۰/۷ و خاک گراولی ۱-۲ برآورد گردیده است.

- معادله آفنگندن (Affengendon)

$$q = SQL/۱۰۰ \quad [۳]$$

$$S = Aq^{-m} \quad [۴]$$

در این معادله S نشت آب از کانالی به طول یک کیلومتر، L طول کانال (Km)، Q بده جریان (m^3/S) و q نشت آب از کانال برحسب (m^3/S) می‌باشد. A و m ضرایبی هستند که به ضریب آبگذری آب در خاک بستگی دارند و به ترتیب بین ۰/۳-۰/۵ و ۳/۴-۰/۷ در نوسان است.

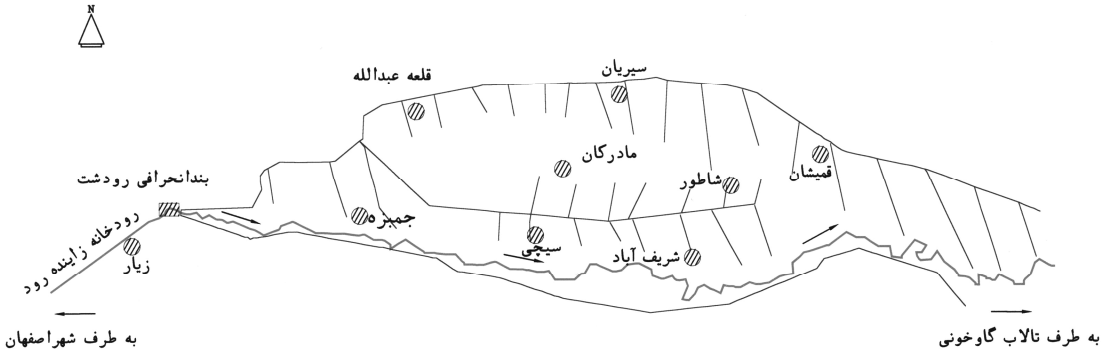
[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.1.3.3]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.1.3.3] [Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

جدول ۱. مشخصات بافت خاک، پوشش گیاهی و اندازه کانال‌ها به تفکیک محل

نام محل کانال	Sand %	Clay %	Silt %	بافت خاک	درجه کانال	درجه‌بندی بافت خاک	درجه‌بندی پوشش گیاهی
قلعه عبداله	۱۳/۷	۵۰/۹	۳۵/٤	Clay	٤	سنگین	زیاد
قمیشان	۳٦	٤۷	۱۷	Clay	٤	سنگین	زیاد
شاطور	۱۸	٤۹	۳۳	Silty Clay	۳	سنگین	کم
جمبزه	۳۰	۲۸	٤۲	Loam	٤	متوسط	کم
مادرکان	۲۲	۲۰	۵۸	Silt loam	٤	متوسط	متوسط
زیار	٤۰	۲۵	۳۵	Loam	۳	متوسط	متوسط
شریف آباد	۷۰	۱۵	۱۵	Loamy sand	٤	سبک	متوسط
سیریان	۵۵	۱۵	۳۰	Sandy loam	٤	سبک	کم
سیچی	٦۰	۲۰	۲۰	Sandy loam	۳	سبک	زیاد



شکل ۱. موقعیت مناطق مورد بررسی (شبکه آبیاری رودشت)

– معادله دیویس و ویلسون (Davis-Wilson)

$$q = ۰/۴۵ \times C \times \frac{Pw \times L}{G} \times H^{۱/۳} \qquad [۵]$$

$$G = \left(\frac{۴ \times ۱۰^{۶} + ۳۶۵۰V^{۰/۵}}{۴ \times ۱۰^{۶} + ۳۶۵۰} \right) \qquad [۶]$$

در این معادله q نشت آب از کانالی به طول L (m^3/S)، H عمق جریان آب در کانال (m)، P_w محیط خیس شده (m)، L طول کانال (m)، V سرعت جریان آب (m/s) و C ضریب ثابت که برای بسترهای لومی رسی ۱۵، لومی ۱۷/۵ و لومی شنی ۲۵ در نظر گرفته می‌شود.

– معادله موریتس (Moritz)

$$q = ۰/۰۱۸۶C(Q/V)^{۰/۵} \qquad [۷]$$

q نشت آب از کانالی به طول یک کیلومتر (m^3/S)، Q مقدار جریان آب (m^3/S)، V سرعت جریان (m/S) و C ضریب ثابت که برای جدار رس و رسی لومی ۰/۴۱، لوم ۰/۵۳۵ و لوم شنی ۰/۶۶ می‌باشد.

– معادله پنجاب هند (Indian)

$$q = (C)(a)(d) \qquad [۸]$$

در این معادله a مساحت خیس شده کانال (میلیون فوت مربع)، d عمق آب (ft)، q نشت کل از کانال (cfs) و C ضریب ثابت بین ۱/۱–۱/۸.

روش‌ها

در این تحقیق از روش اندازه‌گیری جریان ورودی ـ خروجی به منظور محاسبه میزان نشت آب استفاده شده است. در این روش مقدار آب ورودی و خروجی و طول بازه‌ها (جدول ۲، ۳ و ۴) اندازه‌گیری می‌شود. به منظور اندازه‌گیری سرعت جریان از میکرو مولینه Aott-c20 از نوع مغناطیسی استفاده شد. اندازه‌گیری‌ها در سه مقطع عرضی و در دو تکرار برای اعماق کمتر از ۵۰ سانتی متر در ۰/۶y از سطح آب و در مورد عمق‌های بیشتر از ۵۰ سانتی متر در ۰/۲y و ۰/۸y از سطح آب انجام شد. عملیات اندازه‌گیری سرعت در کانال‌های با درصد پوشش گیاهی بالا با مشکلاتی همراه بود بنابراین مقاطعی از کانال انتخاب گردید که امکان قرائت مولینه با حداقل خطای شخصی و دستگاه (کمتر از ۵٪) وجود داشته باشد. در این پژوهش بده ورودی و خروجی از حاصل ضرب سرعت جریان در مقطع جریان ورودی و خروجی به دست آمده است. مقادیر تلفات با استفاده از رابطه زیر محاسبه شده است.

$$q_a = \frac{۸۶۴۰۰(Q_۱ - Q_۲)}{P \times L} \qquad [۹]$$

که Q_1، Q_2، L، P و q_a به ترتیب بده ورودی، بده خروجی، طول بازه، محیط خیس شده کانال و نشت اندازه‌گیری شده می‌باشد. تفاوت بین میزان بده در قسمت ورودی و خروجی از کانال، تلفات آب تلقی می‌شود.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.1.3.3]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.1.3.3] [Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

جدول ۲. مشخصات هیدرولیکی کانال‌های خاکی در خرداد ماه

نام محل کانال	فاصله بین دو مقطع (m)	مشخصات مقطع ورودی در زمان اندازه‌گیری							مشخصات مقطع خروجی در زمان اندازه‌گیری						
		A (m^2)	V (m/s)	W (m)	P (m)	R (m)	D (m)	Q_1 (m^3/s)	A (m^2)	V (m/s)	W (m)	P (m)	R (m)	D (m)	Q_2 (m^3/s)
قلعه عبداله	۳۲۵	۰/٦٦	۰/۱۹	۲/۲	۲/٤٥	۰/۲۷	۰/۳	۰/۱۲	۰/٤۲	۰/۲٦۲	۱/۵	۱/۷۵	۰/۲٤	۰/۲۷	۰/۱۱
قمیشان	٤۵۵	۰/۲۸	۰/٤۷	۱/۵٤	۱/۷	۰/۱٦	۰/۱۸	۰/۱۲۸	۰/٤۲۵	۰/۲۷۱	۱/۷	۱/۹۲	۰/۲۲	۱/۲۵	۰/۱۱۵
شاطور	۲۱۳	۰/۱۷	۰/۳۲	۱/۱۵	۱/۲۸	۰/۱۳	۰/۱۵	۰/۰۵٤	۰/٤٦	۰/۱۰٦	۱/۵	۱/۸٦	۰/۲۵	۰/۳۱	۰/۰٤۹
جمبزه	۱۵۰۰	۱/٤۹	۰/۱۸	۲/۳	۳/۰۲	۰/٤۹	۰/٦۵	۰/۲٦۷	۰/۵	۰/٤۱	۲/۱	۲/۲۸	۰/۲۲	۰/۲٤	۰/۲۰
مادرکان	۷۸۵	۰/۲۸	۰/٤۷	۱/۵٤	۱/۷	۰/۱٦	۰/۱۸	۰/۱۲۹	۰/۵	۰/۲	۲/۳	۲/٤۲	۰/۲	۰/۲۲	۰/۱
زیار	۳۷۰	۰/٤۱	۰/۲٦	۱/٤۵	۱/۷۵	۰/۲٤	۰/۲۸	۰/۱۰۸	۰/۳۱	۰/۳۰۵	۲/۲	۲/۳	۰/۱٤	۰/۱٤	۰/۰۹۵
شریف آباد	۹۷	۰/۹٤	۰/۱۸	۲/۵	۲/۸۵	۰/۳۳	۰/۳۸	۰/۱۷	۰/۸	۰/۲۰۵	۲/۳	۲/۲	۰/۳٦	۰/۳۵	۰/۱٦۵
سیریان	٤۰۰	۰/۷۳	۰/۵۳	۳	۳/۱٤	۰/۲۳	۰/۲٤	۰/۳۹	۰/۵۷	۰/٦٤	۲/۷	۳/۰۰	۰/۱۹	۰/۲۱	۰/۳٦۵
سیچی	۹٤	۰/۱	۰/۳۳	۰/۹٦	۱/۰٤	۰/۱	۰/۱۱	۰/۰۳۵	۰/۹۲	۰/۳٦	۰/۹۵	۱/۰۰	۰/۰۹۱	۰/۰۹٦	۰/۰۳۳

جدول ۳. مشخصات هیدرولیکی کانال‌های خاکی در تیر ماه

نام محل کانال	فاصله بین دو مقطع (m)	مشخصات مقطع ورودی در زمان اندازه‌گیری							مشخصات مقطع خروجی در زمان اندازه‌گیری						
		A (m^2)	V (m/s)	W (m)	P (m)	R (m)	D (m)	Q_1 (m^3/s)	A (m^2)	V (m/s)	W (m)	P (m)	R (m)	D (m)	Q_2 (m^3/s)
قلعه عبداله	٦۷۵	۰/۵۵	/۲٦۷	۲/۳	۲/٤۸	۰/۲٤	۰/۲٦	۰/۱٤۷	۰/۳	۰/٤۲	۱/۵۵	۱/۷	۰/۱٦٤	۰/۱۸	۰/۱۲۵
قمیشان	٦٤۰	۰/۲۵	۰/۵٤	۱/٦	۱/۷	۰/۱۵	۰/۱٦	۰/۱۳۵	۰/٤۲	۰/۲۷۳	۱/۷	۱/۹۳	۰/۲۲	۰/۲۵	۰/۱۱۵
شاطور	۳۰۰	۰/۲۲	۰/۲۸	۱/٦	۱/۷٤	۰/۱۹٤	۰/۱۸	۰/۰٦۱	۰/۱۷	۰/۳۰۵	۱/٦	۱/۹٦	۰/۱۵۲	۰/۱۹	۰/۰۵۲
جمبزه	۱۳۵۰	۰/۸۲	۰/٤۹	۲/۳	۲/٦۲	۰/۳۱	۰/۳٦	۰/٤	۰/٤۷	۰/۷۲	۲/۹	۳	۰/۱۵۷	۰/۱٦۲	۰/۳۳
مادرکان	۱۳۲۰	۰/۲۲	۰/٦۳	۱/۲٦	۱/٤۱	۰/۱۵٤	۰/۱۷۳	۰/۱۳۹	۰/۱۹	۰/۵۳	۱/٤	۱/۵۱	۰/۱۹	۰/۲۰۱	۰/۱۰۲
زیار	۵۷۰	۰/٤۲	۰/۲۸	۱/۷	۱/۹۳	۰/۲۲	۰/۲۵	۰/۱۱۹	۰/۱۸	۰/۵۵	۱/٤	۱/۵	۰/۱۹	۰/۲	۰/۱۰۰
شریف آباد	۵۰۰	۰/٦۸	۰/۳	۰۳/۳	۳/۱۳	۰/۲۲	۰/۲۳	۰/۲	۰/۹٤	۰/۱۸۱	۲/۵	۲/۸۵	۰/۳۳	۰/۳۷	۰/۱۷
سیریان	۱۱۰۰	۰/٦	۰/۲٦	۲/۳	۲/٤٦	۰/۲٤	۰/۲٦	۰/۱۵٦	۰/۳۰۹	۰/۳۳	۲/۲	۲/۲۷	۰/۱٤	۰/۱٤	۰/۱۰۰
سیچی	۱۹۰	۰/۱٤	۰/۳۳	۱/۱	۱/۱۹	۰/۱۱٤	۰/۱۲٤	۰/۰٤۷	۰/۱۰٦	۰/۳۹٦	۱/۱	۱/۱۵	۰/۰۹۲	۰/۰۹٦	۰/۰٤۲

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.1.3.3] [Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

جدول ٤. مشخصات هیدرولیکی کانال‌های خاکی در مرداد ماه

نام محل کانال	فاصله بین دو مقطع (m)	مشخصات مقطع ورودی در زمان اندازه‌گیری							مشخصات مقطع خروجی در زمان اندازه‌گیری						
		A (m^2)	V (m/s)	W (m)	P (m)	R (m)	D (m)	Q_1 (m^3/s)	A (m^2)	V (m/s)	W (m)	P (m)	R (m)	D (m)	Q_2 (m^3/s)
قلعه عبداله	۷۰۰	۰/٦	۰/۲٦	۲/۲۸	۲/٤٦	۰/۲٤	۰/۲٦	۰/۱۵۷	۰/۲۸	۰/٤۷	۱/۵٤	۱/۷	۰/۱٦٤	۰/۱۸	۰/۱۳۱
قمیشان	٦۱۰	۰/۵۸	۰/۲٦	۲/۲	۲/٤	۰/۲٤	۰/۲٦	۰/۱۵	۰/٦٦	۰/۱۹	۲/۲	۲/٤٤	۰/۲۷	۰/۳	۰/۱۲۵
شاطور	۸۵۰	۰/۲۹	۰/۲۷۵	۱/٦	۱/۷٤	۰/۱۷	۰/۱۸	۰/۰۸	۰/۱۲۵	۰/٤۷۲	۱/۱	۱/۱۸	۰/۱۰۵	۰/۱۱٤	۰/۰۵۹
جمبزه	۱۰۲۰	۰/۷۷	۰/۵۲	۲/۷	۲/۹	۰/۲۷	۰/۲۸	۰/٤۰۵	۰/٤۲	۰/۸۳	۲/۲۵	۲/۳۵	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۳۵
مادرکان	۱۱٦۰	۰/۸۲	۰/٤۹	۲/۳	۲/٦۱	۰/۳۲	۰/۳٦	۰/٤	۰/٤۷	۰/٦۹	۲/۹	۲/۹۹	۰/۱۵۷	۰/۱٦۲	۰/۳۲
زیار	۷۰۰	۰/۲۸	۰/٤۷	۱/۵٤	۱/٦۹	۰/۱٦٤	۰/۱۸	۰/۱۲۸	۰/۳۱	۰/۳۲	۲/۲	۲/۳	۰/۱٤	۰/۱٤	۰/۱
شریف آباد	٦۲۵	۰/۵٤	۰/۳۹	۲/۲۵	۲/۳٦	۰/۲۳	۰/۲۵	۰/۲۱	۰/۸۳۰	۰/۲۱	۲/۸	۲/۹۷	۰/۲۸	۰/۲۹۹	۰/۱۷٤
سیریان	۷۵۰	۰/۹٤	۰/۱۸۵	۲/۵۲	۲/۸۵	۰/۳۳	۰/۳۷	۰/۱۷٤	۰/۲۸	۰/٤۷	۱/۵٤	۱/٦۹	۰/۱٦٤	۰/۱۸	۰/۱۳
سیچی	۳٦۵	۰/٤٦	۰/۱٤۵	۱/۸	۲/۰۱	۰/۲۳	۰/۲۵	۰/۰٦۷	۰/۱٤۲	۰/۳۷	۱/۱	۱/۲۵	۰/۱۱۳	۰/۱۳	۰/۰۵۲

اندازه‌گیری تلفات آب کانال‌ها در ماه‌های خرداد، تیر و مرداد انجام شده است. این تلفات شامل نشت آب و تبخیر و تعرق می‌باشد که به منظور محاسبه تبخیر و تعرق، از آمار تبخیر از تشت کلاس الف ایستگاه‌های هواشناسی کبوترآباد و رودشت در محدودهٔ زمانی اندازه‌گیری‌ها و با اعمال ضریب تشت K_p=۰/۷۴ استفاده شده است (۲). مقادیر متوسط ماهانه تبخیر منطقه (متوسط دو ایستگاه) در ماه‌های خرداد، تیر و مرداد به ترتیب ۶۴، ۱۰۲ و ۱۰۱ میلی‌متر گزارش شده است. خاطر نشان می‌سازد که مقدار (Kc) برای سطوح روباز کلیه آبراهه‌ها با پوشش علفی ونی برای مناطق خشک و بادخیز برابر ۱/۲ در نظرگرفته شده است (۸). اندازه‌گیری درصد پوشش گیاهی بوسیله چهارضلعی چوبی (Quadrant) انجام شده است. این وسیله نسبت سطح دارای علف و نی به سطح لخت را تعیین می‌کند.

با داشتن درصدهای پوشش گیاهی هر کانال، مقدار تبخیر و تعرق محاسبه و برای بقیه سطح کانال که فاقد پوشش گیاهی است مقدار تبخیر و تعرق به صورت تبخیر از سطح آزاد محاسبه شده است. مشخصات هیدرولیکی کانال‌های خاکی شامل سطح مقطع (A)، سرعت (V)، عرض دهنه بالا (W)، محیط خیس شده (P)، شعاع هیدرولیکی (R)، مقطع هیدرولیکی (D) و بدهٔ جریان (Q) در جدول‌های ۲ تا ۴ ارائه شده است.

نتایج

محاسبه میزان نشت آب در کانال‌های خاکی

میزان نشت اندازه‌گیری شده (جدول ۵) بین ۱/۳۷-۱/۹۶ مترمکعب بر مترمربع در روز (میانگین ۱/۶۵ مترمکعب برمتر مربع در روز) و مقدار تبخیر از تشت کلاس الف در ایستگاه رودشت بین ۰/۰۲۵۱-۰/۰۳۰۱ (میانگین ۰/۰۲۷۶ مترمکعب بر متر مربع در روز) می باشد. با توجه به ناچیز بودن میانگین تبخیر و تعرق سه ماهه (۰/۰۲۴۶ = ۱/۲ × ۰/۷۴×۰/۰۲۷۶) که ۱/۵ درصد از کل تلفات را تشکیل می‌دهد، تلفات در این مطالعه فقط شامل نشت آب می‌باشد.

اصلاح ضرایب معادلات تجربی

با استفاده از معادلات تجربی که شرح آن داده شد مقادیر نشت آب برای روش‌های اینگهام (Ingham)، میسرا (Misra)، آفنگندن (Affengendon)، دیویس و ویلسون (Davis and Wilson)، موریتس (Moritz)، مولس‌ورث و ینی‌دومیا (Mols worth Yennidumia) و پنجاب هند در ماه‌های خرداد، تیر و مرداد در مقابل مقادیر اندازه‌گیری شده محاسبه گردیده است. مقادیر میانگین کل دوره فصل زراعی و نشت محاسباتی در جدول ۵ ارائه شده است. در معادلات تجربی فقط اثر بافت خاک و عوامل هیدرولیکی کانال‌ها در نظر گرفته شده است ولی در این پژوهش پوشش گیاهی بطور ضمنی در معادلات اصلاح شده وارد شده‌اند. با استفاده از مقادیر اندازه‌گیری شده نشت آب، ضرایب جدیدی برای معادلات تجربی به دست آمده است بدین صورت که مقادیر نشت اندازه‌گیری شده (q_m) در معادلات تجربی جای‌گذاری شده و ضرایب معادلات تجربی برای این ارقام مجدداً محاسبه گردید است. جدول ۶ ضرایب اصلاح شده معادلات تجربی نشت آب را در شرایط مختلف پوشش گیاهی و بافت خاک بطور جداگانه ارائه می‌دهد.

با توجه به ضرایب اصلاح شده، مقادیر نشت آب برای کانال‌های منطقه رودشت اصفهان از معادلات تجربی محاسبه شده و در جدول ۷ درج گردیده است. معادلات رگرسیون خطی بین مقادیر q_m (نشت آب اندازه‌گیری شده)، q_c و q_{cm} (نشت آب به دست آمده از معادلات تجربی اولیه و پس از اصلاح) و ضرایب تعیین مربوطه در جدول ۸ ارائه شده است. مشاهده گردید تمام روش‌ها مقدار نشت را کمتر از مقدار اندازه‌گیری تخمین می‌زنند ولی روش اینگهام قبل از اصلاح بالاترین ضریب تعیین (۸۷٪) و شیب خط برابر ۰/۲۵۵ را داشته است. بعد از اصلاح معادلات نیز ملاحظه شد که معادلات اینگهام و موریتس بالاترین ضریب تشخیص را داشته (۹۶٪) و شیب خط نزدیک به واحد است ضمن این که مقدار عرض از مبدأ نیز ناچیز است. هم‌چنین روش بعدی که قابل استفاده است روش میسرا با ضریب تعیین (۸۳٪) و شیب خط نزدیک به واحد می‌باشد.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.1.3.3]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.1.3.3] [Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

جدول ۵. مقایسه بین نتایج این مطالعه با معادلات و روش‌های تجربی (متوسط دورهٔ فصل زراعی)

نام کانال	بافت خاک	درصد پوشش گیاهی	طول کانال (m)	خطای معیار SE	معدل نشت آب اندازه‌گیری شده $m^3/m^2/day$	معادله اینگهام $m^3/m^2/day$	روش میسرا $m^3/m^2/day$	معادله آفنگندن $m^3/m^2/day$	معادله دیویس و ویلسون $m^3/m^2/day$	معادله موریتس $m^3/m^2/day$	معادله مولس ورث و ینی دومیا $m^3/m^2/day$	معادله پنجاب هند $m^3/m^2/day$
قلعه عبداله	CL.	۸۱	۵۶۷	۰/۰۷۰	۱/۳۷	۰/۰۴۴	۰/۲۵	۰/۰۶۶	۰/۱۲۰	۰/۰۸۳	۰/۰۵۷	۰/۰۳۱
قمیشان	CL.	۴۵	۵۶۸	۰/۰۳۶	۱/۴۵	۰/۰۳۷	۰/۲۵	۰/۰۷۲	۰/۰۹۳	۰/۰۸۴	۰/۰۴۴	۰/۰۲۱
شاطور	CL.	۱۸/۳	۴۵۵	۰/۰۴۲	۱/۳۸	۰/۰۳۸	۰/۲۵	۰/۰۴۹	۰/۱۰۰	۰/۰۷۵	۰/۰۴۲	۰/۰۲۲
جمبزه	L.	۱۵	۱۲۹۰	۰/۰۸۰	۱/۶۱	۰/۱۲۰	۰/۵	۰/۲۸۷	۰/۱۳۹	۰/۱۱۳	۰/۱۱۵	۰/۰۵۹
مادرکان	Si.L.	۴۵	۱۰۸۸	۰/۱۷	۱/۷۷	۰/۰۹۰	۰/۴	۰/۲۲۹	۰/۱۶۱	۰/۰۸۷	۰/۰۸۴	۰/۰۲۹
زیار	L.	۷۸/۳	۵۴۷	۰/۰۵۹	۱/۶۲	۰/۰۸۷	۰/۵	۰/۲۴۱	۰/۱۰۵	۰/۰۸۶	۰/۰۸۲	۰/۰۳۱
شریف آباد	L.S.	۴۰	۴۱۴	۰/۰۷۲	۱/۸۹	۰/۱۷۲	۰/۶۵	۰/۵۳۳	۰/۱۸۶	۰/۱۵۹	۰/۱۶۱	۰/۰۶۶
سیریان	S.L	۱۲	۷۵۰	۰/۰۴۱	۱/۷۸	۰/۱۲۹	۰/۶۵	۰/۶۴۷	۰/۱۵۲	۰/۰۹۶	۰/۱۲۳	۰/۰۴۳
سیچی	S.L.	۶۵	۲۱۶	۰/۰۸۱	۱/۹۶	۰/۲۰۴	۰/۶۸	۰/۵۶۷	۰/۱۳۹	۰/۲۱	۰/۰۸۱	۰/۰۸۵

جدول ۶. ضرایب اصلاح شده معادلات تجربی در شرایط مختلف پوشش گیاهی و بافت خاک

معادله	بافت خاک	ضرایب اصلاح نشده	پوشش گیاهی		
			کم	متوسط	زیاد
اینگهام	سنگین	۱/۵	۵۴/۵	۵۸/۸	۴۶/۷
	متوسط	۳/۵	۴۷	۶۸/۸	۶۵/۲
	سبک	۵/۵	۷۵/۹	۶۰/۴	۵۲/۸
آفنگندن	سنگین	۰/۷	۱۹/۷	۱۴	۱۴/۵
	متوسط	۱/۹	۱۰/۶	۱۴/۷	۱۲/۷
	سبک	۳/۴	۹/۳	۱۲	۱۱/۷
موریتس	سنگین	۰/۴۱	۷/۵	۷/۱	۶/۸
	متوسط	۰/۵۴	۷/۷	۱۱	۱۰/۲
	سبک	۰/۶۶	۱۲/۲	۷/۸	۶/۲
مولس ورث- ینی دومیا	سنگین	۰/۰۰۱۵	۰/۰۴۹	۰/۰۴۹	۰/۰۳۶
	متوسط	۰/۰۰۲۲	۰/۰۳۱	۰/۰۴۶	۰/۰۴۳
	سبک	۰/۰۰۳	۰/۰۴۳	۰/۰۳۵	۰/۰۷۳
پنجاب هند	سنگین	۱/۱	۶۹	۷۵/۹	۴۸/۶
	متوسط	۱/۴۵	۳۹/۵	۸۸/۵	۷۵/۷
	سبک	۱/۸	۷۴/۵	۵۱/۵	۴۱/۵
دیویس و ویلسون	سنگین	۱۵	۲۰۷	۲۳۳	۱۷۱
	متوسط	۱۷/۵	۲۰۳	۱۹۲	۲۷۰
	سبک	۲۵	۲۹۲	۲۵۴	۳۵۲

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.1.3.3]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.1.3.3] [Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

جدول ۷. مقایسه بین نتایج نشت آب اندازه‌گیری شده و به دست آمده از معادلات تجربی اصلاح شده

نام کانال	بافت خاک	نشت آب اندازه‌گیری شده $m^3/m^2/day$	معادله اینگهام $m^3/m^2/day$	روش میسرا $m^3/m^2/day$	معادله آفنگندن $m^3/m^2/day$	معادله دیویس و ویلسون $m^3/m^2/day$	معادله موریتس $m^3/m^2/day$	معادله مولس ورث و ینی دومیا $m^3/m^2/day$	معادله پنجاب هند $m^3/m^2/day$
قلعه عبداله	CL.	۱/۳۷	۱/۳۷	۰/۲۵	۱/۱۳	۱/۳۷	۱/٤	۱/۷۱	۱/۳٦
قمیشان	CL.	۱/٤٥	۱/٤٥	۰/۲۵	۱/٤۸	۱/٤٤	۱/٤۱	۱/۸۰	۱/٤٤
شاطور	CL.	۱/۳۸	۱/۳۸	۰/۲۵	۱/٤٦	۱/۳٦	۱/۲۹	۱/۷۱	۱/۳۸
جمبزه	L.	۱/٦۱	۱/٥٦	۰/٥	۱/٦۳	۱/٥۸	۱/٦٥	۱/٦۹	۱/٦۰
مادرکان	SiL.	۱/۷۷	۱/۷٤	۰/٤	۲/۰٤	۱/۷٤	۱/۷٤	۱/۸٤	۱/۷۷
زیار	L.	۱/٦۲	۱/٥۱	۰/٥	۱/٦۱	۱/٦۲	۱/٥۹	۱/٦۷	۱/٦۱
شریف آباد	L.S.	۱/۸۹	۱/۸۷	۰/٦٥	۱/٦۷	۱/۸٦	۱/۹	۱/۸۷	۱/۸۰
سیریان	S.L.	۱/۷۸	۱/۷٥	۰/٦٥	۱/٤۰	۱/٤۲	۱/۸	۱/۸۳	۱/۷۷
سیچی	S.L.	۱/۹٦	۱/۸۲	۰/٦۸	۱/٥۲	۱/۹٦	۱/۹	۱/۹۷	۱/۹٥

جدول ۸ معادلات و ضرایب تعیین مقادیر نشت نظری و نشت اندازه‌گیری شده

نام معادله یا روش تجربی	معادله تابع رگرسیون خطی	ضریب تعیین (R^2)
	قبل از اصلاح معادلات	
اینگهام	$q_c = -۰/۳۱۸+۰/۲۵۵q_m$	۰/۸۷
موریتس	$q_c = -۰/۲۴۷+۰/۲۱۲q_m$	۰/۶۹
آفنگندن	$q_c = -۱/۲۵+۰/۹۴۱q_m$	۰/۷۹
مولس ورث – ینی دومیا	$q_c = -۰/۱۲۳+۰/۲۸q_m$	۰/۴۹
میسرا	$q_c = -۰/۷۸+۰/۷۵۵q_m$	۰/۸۳
دیویس – ویلسون	$q_c = -۰/۰۴۸+۰/۱۱q_m$	۰/۵۹
پنجاب هند	$q_c = -۰/۰۸۷+۰/۰۷۹q_m$	۰/۶۰
	بعد از اصلاح معادلات	
اینگهام	$q_{cm} = -۰/۰۹۶+۰/۹۱q_m$	۰/۹۶
موریتس	$q_{cm} = -۰/۰۳۹+۱/۰۱q_m$	۰/۹۶
آفنگندن	$q_{cm} = -۰/۶۴+۰/۶q_m$	۰/۵۰
مولس ورث – ینی دومیا	$q_{cm} = -۰/۲۵+۱/۰۶۵q_m$	۰/۷۸
میسرا	$q_{cm} = -۰/۲۱+۰/۴q_m$	۰/۷۳
دیویس – ویلسون	$q_{cm} = -۱/۷۷+۰/۳۷q_m$	۰/۵۱

بدین ترتیب ضرایب معادلات تجربی نشت برای شرایط منطقه مورد مطالعه اصلاح شده و مناسب‌ترین معادله تجربی نشت نیز تعیین گردید.

بحث

با نگاهی به جدول ۵ مشاهده می‌شود ارقام نشت اندازه‌گیری شده بیشتر از مقادیر نشت محاسبه شده از طریق فرمول‌های تجربی (۹) به دست آمده است(قبل از اصلاح ضرایب) بنابراین توضیحات زیر ضروری به نظر می‌رسد:

الف) وجود حفرات و درز و ترک‌ها در بدنه انهار سنتی شبکه رودشت (مادی‌ها) منجر به افزایش مقدار نشت اندازه‌گیری شده و اختلاف آن با نشت محاسباتی می‌گرددکه البته این مشکل غیرقابل اجتناب می‌باشد.

ب) پوشش گیاهی موجود در انهار یکی دیگر از دلایل بالا رفتن مقادیر نشت اندازه‌گیری شده می‌باشد که این عامل مهم در هیچ کدام از روابط تجربی منظور نشده است.

ج) دامنه وسیع تغییرات ضرایب مربوط به جنس خاک در معادلات تجربی، انواع بافت خاک را در بر نمی‌گیرد بنابراین با توجه به بافت کلی محل طرح (سبک و متوسط) مقادیر نشت اندازه‌گیری شده بالا بوده و مقادیر محاسباتی به لحاظ در نظر نگرفتن دقیق مرزبندی‌های جنس و بافت خاک در فرمول‌ها پایین به دست آمده است. البته مشکل فوق‌الذکر تا هنگامی خود را نشان می‌دهد که ضرایب اصلاح نگردیده‌اند و در صورت اصلاح ضرایب معادلات، مشاهده می‌شود مقادیر نشت اندازه‌گیری شده و محاسباتی از طریق فرمول‌های اینگهام و موریتس دارای همخوانی بالایی می‌باشند.

در مطالعاتی که عراق علوی (۳) در کانال‌های خاکی زیردست سد زاینده‌رود انجام داده است روش تجربی میسرا (Misra) برای تخمین نشت آب از کانال پیشنهاد شده در صورتی که در

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.1.3.3]

این تحقیق معادله اینگهام (Ingham) برای منطقه رودشت معرفی می‌گردد. خاطر نشان می‌سازد مطالعات عراق علوی بر روی کانال‌های درجه یک و دو (انهار اصلی و نیمه اصلی) متمرکز گردیده در صورتی که در این تحقیق آزمایش‌ها در کانال‌های خاکی درجه سه و چهار انجام شده بنابراین درصد پوشش گیاهی در شبکه آبیاری زاینده رود بسیار بالاتر از رودشت برآورد گردیده است. هم‌چنین درصد ذرات خاک در این مطالعات متفاوت می‌باشد. بدین صورت که در شبکه‌های آبیاری زاینده رود و رودشت به ترتیب خاک‌های لومی سیلتی و رسی معرف یک خاک سنگین می‌باشند. هم‌چنین سالمی و سپاسخواه (۱۱) در شبکه آبیاری برخوار معادله دیویس و ویلسون (Davis & Wilson) را مناسب‌ترین معادله تخمین نشت آب معرفی نمودند. به هرحال ناسازگاری بین نتایج این تحقیق و تحقیقات انجام شده قبلی (۳ و ۱۱) با توجه به تنوع خاک‌ها و درصد پوشش‌های گیاهی مناطق مختلف امری طبیعی به نظر می‌رسد و ضرورت اصلاح ضرایب معادلات تجربی را برای مناطق مختلف تحت آبیاری نشان می‌دهد.

نتیجه‌گیری

۱. به منظور انجام مطالعات مرحله اول شبکه‌های مدرن آبیاری، طراحان ومهندسین مشاور برای تخمین میزان تلفات نفوذی در انهار خاکی از معادلات تجربی شرح داده شده استفاده می‌نمایند. به عنوان مثال در طرح مطالعات شبکه‌های آبیاری برخوار و رودشت، مشاور با استفاده از متوسط میزان‌های نشت در معادلات مختلف میزان تلفات در انهار درجه ۳ در نظام‌ها و آرایش‌های مختلف با تخصیص‌های متفاوت را محاسبه کرده است که پیشنهاد می‌گردد در مطالعات عمرانی و زیربنایی در این دشت‌ها معادلات اینگهام و موریتس (اصلاح شده) مبنای محاسبات میزان تلفات نفوذی قرار گیرد.

۲. با توجه به کاستی‌هایی که معادلات تجربی دارند توصیه می‌گردد در مطالعات شبکه‌های آبیاری به منظور محاسبه مقادیر تلفات حتی‌المقدور از روش‌های محاسبه عملی نشت(روش‌های ورودی - خروجی و حوضچه‌ای) و در غیر این صورت از معادلات اینگهام و موریتس استفاده گردد و با توجه به این مطلب که مشخصات خاک و پوشش گیاهی نقاط انتخاب شده، معرف خصوصیات کلی شبکه آبیاری رودشت می‌باشد، ضرایب اصلاح شده را می‌توان با ضریب اطمینان بالایی برای کل منطقه به کار برد.

۳. نظر به بالا بودن مقادیر تلفات در این منطقه که یکی از قطب‌های کشاورزی استان به حساب می‌آید و وقوع خشکسالی‌های اخیر توصیه می‌گردد بعد از مطالعات کارشناسی با استفاده از اعتبارات دولتی و همیاری مردمی کلیه انهار خاکی بتونی شده و شبکه آبیاری سنتی موجود، تبدیل به یک شبکه مدرن گردد.

۴. ضرایب معادلات نشت با توجه به خصوصیات خاک، پوشش گیاهی و شرایط آب و هوایی منطقه رودشت اصلاح گردیده و اصلاح این ضرایب برای مناطق دیگر نیاز به انجام طرح‌های مجزا دارد چرا که علاوه بر خصوصیات نام‌برده، شوری آب و خاک از عوامل مهم افزایش ضریب آب‌گذری و به دنبال آن توان بالقوه نشت آب به شمار می‌آید. انجام این امر مهم با توجه به عزم وزارت نیرو برای مدرن سازی شبکه‌های آبیاری کشور امری ضروری به نظر می‌رسد.

منابع مورد استفاده

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

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.1.3.3]

۲. سازمان هواشناسی کل کشور. ۱۳۷۸. گزارش سالیانه کلیماتولوژی. ایستگاه کشاورزی کبوترآباد، انتشارات سازمان کشاورزی استان اصفهان، ۳۹ صفحه.

۳. عراق علوی، س. ۱۳۷۳. مدیریت توزیع آب رودخانه زاینده رود براساس برآورد راندمان انتقال آب در کانال‌های زیردست. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زه‌کشی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۲۰۲ صفحه .

۴. کشکولی، ح.ع. ۱۳۶۶. یک بررسی مختصر میزان و علل تلفات آب در تعدادی از کانال‌های خاکی خوزستان. علوم کشاورزی ۱۸ (۳ و ۴) : ۱-۱۳.

۵. معاونت بهره‌برداری و مدیریت منابع آب. ۱۳۶۹. گزارش سالیانه وضعیت منابع آب. شمارهٔ ۵، ص. ۲۰-۲۸، وزارت نیرو، تهران.

۶. مهندسین مشاور زایندآب. ۱۳۷۰. گزارش آبیاری طرح شبکه آبیاری دشت رودشتین. انتشارات مهندسین مشاور زایندآب، جلد چهارم، ص. ۸۷-۱۲۰، وزارت نیرو، تهران.

7. Bos, M.G. and J. Nagteren. 1982. On Irrigation Efficiencies. 3rd ed., ILRI pub., Wageningen.
8. Doorenbos, J. and W.O. Pruitt. 1977. Crop water requirements. Irrigation and Drainage. Paper No. 24, FAO. Rome, 144Page.
9. Kraatz, D. B. 1977. Irrigation Canal Lining. FAO Land and Water Development Series. No. 1, FAO. Rome, 199 Page.
10. Kraatz, D.B. and V.I.K. Mahajan. 1975. Small Hydraulic Structures. Irrigation and Drainage. Paper No. 26, FAO. Rome.
11. Salemi, H. R. and A. R. Sepaskhah. 2000. Modification of empirical equation for seepage loss estimation in small earth canals. Iran. J. Sci. Technol. 25(B4): 661-668.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.1.3.3]