Archive of SID

مجله حفاظت منابع آب و خاک، سال اول، شماره ۳، بهار ۱۳۹۱

ارزیابی و تعیین ضرایب مدل‌های نفوذ آب به خاک در دشت اشترینان

لیلا گودرزی[1*]، علی محمد آخوندعلی[2] و حیدر زارعی[3]

۱*) دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت منابع آب، دانشگاه شهید چمران، اهواز، ایران
نویسنده مسئول مکاتبات: goodarzi.1988@gmail.com
۲) استاد دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران، اهواز، ایران
۳) دانشجوی دکتری و عضو هیئت علمی دانشکده علوم آب، دانشگاه شهید چمران، اهواز، ایران

تاریخ دریافت: ۹۱/۰۲/۱۶ تاریخ پذیرش: ۹۱/۰۳/۳۰

چکیده

استفاده از روابط نفوذ برای مدل‌سازی جریان‌های سطحی و زیرسطحی و همچنین طراحی و ارزیابی سیستم‌های آبیاری سطحی ضروری است. بـه علـت وابستگی ضرایب این روابط به نوع خاک و شرایط سطحی، انجام آزمایش‌های مزرعه‌ای برای تعیین این ضرایب امری اجتناب‌ناپذیر است. مدل‌های نفـوذ متعددی برای این منظور ارایه شده است که شامل روابط پایه‌ای، فیزیکی و تجربی می‌باشند. برای انتخاب هر یک از این مدل‌ها بـرای اراضـی و مـزارع مختلف نیاز به آزمایش‌های تجربی و مقایسه آن با هر یک از روابط نفوذ است. در این تحقیق برای تخمین پارامترهـای مـدل‌هـای نفـوذ و تعیـین مـدل مناسب برای پیش‌بینی مقادیر نفوذ تجمعی در دشت اشترینان واقع در استان لرستان، با توجه به اینکه بافت خاک سطحی منطقه به طورکلی رسی اسـت، آزمایش‌های نفوذپذیری به روش استونه‌های دوگانه در سه نقطه با بافت رسی انجام گردید و ضرایب چهار مـدل (کوسـتیاکوف، سـازمان حفاظـت خـاک آمریکا (SCS)، فیلیپ و کوستیاکوف – لوییس) تعیین شد. ارزیابی مدل‌ها بوسیله‌ی خطای نسبی نشان داد که مدل کوستیاکوف با متوسط خطای نسـبی ۸ درصد، مناسبترین مدل برای برآورد میزان نفوذ تجمعی در این اراضی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: مدل فیلیپ؛ مدل کوستیاکوف؛ مدل کوستیاکوف– لوییس؛ نفوذپذیری

مقدمه

اطلاع از خصوصیات نفوذپذیری خاک برای طراحی و مدیریت مطلوب روش‌های مختلف آبیاری ضروری است. نفوذپذیری بستگی به ویژگی‌های خاک و شرایط سطحی مزرعه دارد. میزان نفوذپذیری در مزرعه، بر حسب مکان و زمان تغییر می‌کند. بنابراین دستیابی به رابطه نفوذ مشخصه‌ای برای یک مزرعه مستلزم انجام دادن آزمایش‌های مزرعه‌ای تحت شرایط متداول است. روابط نفوذ آب در خاک به صورت مدل‌های پایه‌ای، تجربی و فیزیکی ارائه شده‌اند. بندرت از روابط پایه‌ای و فیزیکی نفوذ استفاده می‌شود و در طراحی سیستم‌های آبیاری بیشتر روابط تجربی مورد استفاده قرار می‌گیرند (رحیمی و همکاران، ۱۳۷۸). از این رو مطالعات زیادی در این زمینه صورت گرفته است. نشاط و پاره کار (۱۳۸٦) با بررسی نفوذ بر روی سه نوع بافت خاک رسی، لومی و رسی لومی نشان دادند که مدل کوستیاکوف مناسبترین مدل برای برآورد نفوذ تجمعی و سرعت نفوذ در کلیه شرایط می‌باشد. با

www.SID.ir

Archive of SID

افزایش طول مدت زمان آزمایش نفوذ، نتایج نشان داد که ضرایب مدل کوستیاکوف نسبت به بقیه مدل‌ها تغییرات بیشتری دارد و استفاده از ضرایب مدل‌های کوستیاکوف و هورتون که بر مبنای داده‌های تجربی در کوتاه مدت به دست آمده‌اند برای برآورد نفوذ تجمعی در دراز مدت همراه با خطای قابل ملاحظه‌ای می‌باشد. ملکی و همکاران (۱۳۹۱) با انجام آزمایش‌های نفوذپذیری در اراضی دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان نشان دادند که معادله کوستیاکف تعدیل شده از کمترین خطا برخوردار است و مدل SCS مقدار نفوذ آب را کمتر از مقدار مشاهده‌ای محاسبه می‌کند. رحیمی و همکاران (۱۳۷۸) با انجام آزمایش‌های نفوذ در ۱۳ نقطه از یک منطقه ۸ هکتاری نشان دادند که مدل فیلیپ در تمامی شرایط، مناسبترین مدل برای برآورد نفوذ تجمعی و سرعت نفوذ می‌باشد. داون و همکاران (۲۰۱۱) به منظور تخمین پارامترهای پنج مدل نفوذ و تعیین مدل مناسب برای پیش بینی مقادیر نفوذ تجمعی در خاک‌های زراعی، اقدام به انجام آزمایش‌های صحرایی کردند و نشان دادند که مدل‌های سه پارامتری رابطه‌ی بهتری بین مقدار نفوذ تجمعی و زمان نشان می‌دهند. نتیجه‌ی مطالعات اگبادون و ادریس (۲۰۰۷) برای بررسی قابلیت مدل‌های نفوذ در تخمین مقدار نفوذ تجمعی در خاک‌های هیدرومورفیک در سیلاب دشت‌های روستای زانگو نشان داد که مدل کوستیاکوف و کوستیاکوف تعدیل شده تطابق بهتری با مقادیر مشاهده‌ای دارد.

از جمله مدل‌های تجربی می‌توان به مدل نفوذ کوستیاکوف، کوستیاکوف- لوییس، فیلیپ سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS) اشاره کرد.

مدل کوستیاکوف: کوستیاکوف (۱۹۳۲) مدل تجربی زیر را برای تعیین مقدار نفوذ آب در خاک پیشنهاد کرده است:

$$i = ct^a \qquad (۱)$$

که در آن :t زمان نفوذ (از شروع) بر حسب دقیقه ، i عمق آب نفوذ یافته از شروع نفوذ بر حسب سانتی متر، c و a ضرایب تجربی که برای خاک‌های مختلف بوده و مقادیر آن‌ها به ترتیب بزرگتر از صفر و بین صفر تا یک می‌باشد.رابطه کوستیاکوف فقط تا زمانی اعتبار دارد که سرعت نفوذ از هدایت هیدرولیکی اشباع خاک بیشتر باشد.

مدل کوستیاکوف- لوئیس: برای حل مشکل اشاره شده در مدل کوستیاکوف، اصلاحاتی روی آن انجام گرفته که منجر به مدل کوستیاکوف – لوئیس گردیده است که به شکل زیر رائه شده است:

$$i = ct^a + f_0 t \qquad (۲)$$

که در آن: f_0 سرعت نفوذ نهایی آب در خاک می‌باشد.

مدل سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS): کارشناسان سازمان حفاظت خاک آمریکا براساس مدل کوستیاکوف آزمایش‌های زیادی در مزارع انجام داده اند که در نهایت منجر به روشی در محاسبه نفوذ گردید که به مدل سازمان حفاظت خاک آمریکا (۱۹۸۹) معروف است. مدل SCS به صورت زیر است:

$$i = at^b + c \qquad (۳)$$

که در آن: a و b و c ضرایب رابطه سازمان حفاظت خاک می باشند. تفاوت ظاهری این رابطه با رابطه کوستیاکف در ضریب c است که به آن اضافه شده است. سازمان حفاظت خاک آمریکا تعدادی منحنی شماره دار که نشان دهنده رابطه

www.SID.ir

Archive of SID

لگاریتمی نفوذ تجمعی و زمان برای خاک‌های مختلف است ارایه نموده است و برای پیدا کردن ضرایب رابطه ابتدا باید آزمایش‌های صحرایی نفوذ انجام گرفته و نتایج این آزمایش‌ها بر روی منحنی ارایه شده پیاده شود تا مشخص گردد که نتایج حاصله با کدام یک از منحنی‌ها بیشترین مطابقت را دارد و بر این اساس شماره منحنی انتخاب و با استفاده از جداول ضرایب a و b بدست آید. در این روش ضریب c را در حالتی که نفوذ تجمعی بر حسب سانتی متر باشد برابر ۰/٦۹۸۵ و برای وقتی که نفوذ تجمعی بر حسب اینچ باشد ۰/۲۷۵ در نظر گرفته است.

مدل فیلیپ: رابطه‌ی دیگری کـه تـا انـدازه ای پیچیده تر است رابطه‌ی فیلیپ می‌باشد. این رابطه به صورت زیر است:

$$i = st^{0.5} + k \qquad (٤)$$

که ضریب ثابت مربوط به قابلیـت جـذب آب می‌باشد که تابع مکش خـاک اسـت و K ضـریب ثابت مربوط به هدایت هیدرولیکی خاک برحسب سانتی متر بر دقیقه می‌باشد.

دقت روابط نفوذ مختلف در تخمین مشخصات نفوذ آب در خاک از مقایسه عمق آب نفوذی محاسبه شده از رابطه‌های نفوذ و عمق آب نفوذی مشاهده ای و بطور معمول با استفاده از رابطه درصد خطای نسبی تعیین می‌گردد(رابطه ۵) که محققین زیادی از جمله مک کلیمنت و اسمیت، الیوت و آیزنهاور، هانسون و همکاران، عباسی و همکاران، ماهشواری و همکاران، برومند نسب و همکاران برای ارزیابی نتایج حاصل از مطالعات خود از از این رابطه استفاده کردند (ملکی و همکاران، ۱۳۹۱).

رابطه‌ی گفته شده به صورت زیر است:

$$EV = \left(\frac{V_{OB} - V_{CL}}{V_{OB}}\right) \times 100 \qquad (۵)$$

که در آن : V_{OB} عمق آب نفوذی مشاهده ای و V_{CL} عمق آب نفوذی محاسبه ای از مدل‌های نفوذ می‌باشد. جدول ۱ مدل‌های نفوذ آب به خاک و پارامترهای مورد نیاز را نشان می‌دهد.

هدف از انجام این مطالعـه ارزیـابی و تخمـین ضرایب مدل‌های نفوذ در سه نقطه با بافت رسی در دشت اشترینان می‌باشد.

جدول ۱- مدل های نفوذ آب به خاک و ضرایب آن‌ها

نام مدل	معادله برای نفوذ	ضرایب
کوستیاکوف	$i = ct^a$	a و c
کوستیاکوف- لوییس	$i = ct^a + f_0t$	a و c
فیلیپ	$i = st^{0.5} + kt$	k و S
SCS	$i = ct^a + b$	b و a

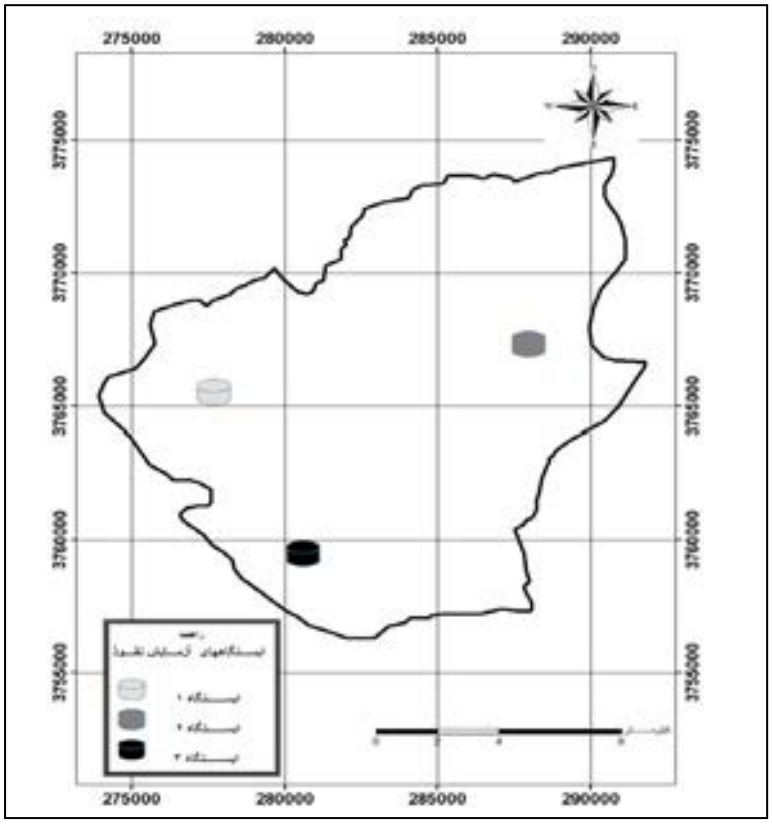
مواد و روش‌ها

در استان لرستان اراضی زیادی با استفاده ازروش‌های سطحی آبیاری می‌شوند. از این نظر مطالعات نفوذپذیری در این اراضی و تعیین دقیق مشخصات نفوذ از اهمیت زیادی برخوردار است و می‌تواند باعث بهره‌برداری بهینه از اراضی و افزایش بازده مصرف آب آبیاری شود. محدوده اشترینان یکی از بخش‌های شهرستان بروجرد واقع در استان لرستان می‌باشد که بین طول‌های ٤٨°٢٧′ تا ٤٨°٥٠′ شرقی و عرض‌های ٥٢′

www.SID.ir

Archive of SID

°۳۳ تا ´۸ °۳٤ شمالی واقع شده است. محدوده مطالعاتی اشترینان شامل یک دشت با وسعت۲۱۰ کیلومترمربع می‌باشد که از طریق جاده آسفالته نهاوند – بروجرد به مرکز شهرستان و در نهایت مرکز استان ارتباط دارد. در این تحقیق جهت تعیین رابطه نفوذ مناسب برای اراضی این دشت، با توجه به اینکه بافت خاک سطحی منطقه بطور کلی رسی است، آزمایش‌های نفوذپذیری به روش استونه‌های دوگانه در سه نقطه که بافت آنها با توجه به داده‌های لاگ چاه‌های حفر شده در منطقه رسی بود هریک به مدت ۱۳۲ دقیقه انجام شد و ضرایب چهار مدل نفوذ آب به خاک (کوستیاکوف، سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS)، فیلیپ و کوستیاکوف- لوییس) با استفاده از نرم افزار SPSS تعیین گردید. در ضمن از محل‌های ذکر شده برای تعیین بافت خاک نمونه گیری شد و نتایج با داده‌های لاگ چاه‌ها مطابقت داشت. سپس دقت مدل‌ها با استفاده از رابطه درصد خطای نسبی بررسی شد. موقعیت مکان‌هایی که در آن‌ها آزمایش نفوذپذیری انجام شده در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل۱- موقعیت محل‌های انجام آزمایش نفوذ پذیری

نتایج و بحث

ضرایب مدل‌های نفوذ و ضریب تبیین (R^2) برای ٤ مدل نفوذ در جدول ۲ آورده شده‌اند.

با توجه به جدول ۲، در بین ٤ مدل مورد مطالعه، مدل کوستیاکوف بیشترین و مدل SCS

www.SID.ir

Archive of SID

کمترین ضریب تبیین را دارد. برای تعیین مدل نفوذ مناسب از رابطه‌ی درصد خطای نسبی نیز استفاده شد که نتایج حاصل از آن در جدول ۳ نشان داده شده است.

ارزیابی مدل‌ها با توجه به درصد خطای نسبی، نتیجه‌ی بدست آمده در قسمت قبل را تایید می‌کند و نشان می‌دهد که مدل نفوذ کوستیاکوف با خطای نسبی ۸ درصد، مناسبترین مدل برای پیش بینی مقدار نفوذ تجمعی در خاک‌های مورد مطالعه می‌باشد و مدل‌های فیلیپ، کوستیاکوف- لوییس و سازمان حفاظت خاک آمریکا به ترتیب در اولویت‌های بعد قرار می‌گیرند. مقادیر خطای نسبی مدل‌های مورد مطالعه در طول آزمایش نفوذ در شکل ۲ آورده شده است.

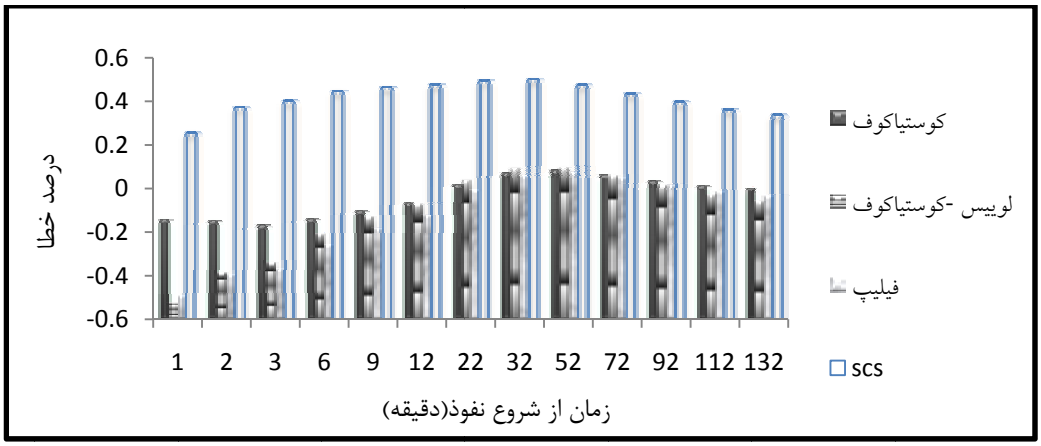
در شکل ۲، درصد خطای نسبی مثبت نشان دهنده این است که مدل نفوذ مقدار نفوذ تجمعی را کمتر از مقدار مشاهده ای محاسبه کرده است. بنابراین این نمودار نشان می‌دهد که مدل SCS مقدار نفوذ تجمعی را در طول آزمایش نفوذ کمتر از مقدار مشاهده ای برآورد می‌کند.

جدول ۲- محاسبه ی ضرایب معادلات نفوذ و ضریب تبیین خاک رسی در دشت اشترینان

نام مدل	ضرایب	ضریب تبیین
کوستیاکوف	$i = 1.749t^{0.632}$	0.996
کوستیاکوف- لوییس	$i = 2.172t^{0.437} + 0.168t$	0.990
فیلیپ	$i = 2.17t^{0.5} + 0.111t$	0.994
SCS	$i = 0.445t^{0.923} + 0.6985$	0.984

جدول۳- درصد خطای نسبی مدل‌های نفوذ در دشت اشترینان

نام مدل	درصد خطای نسبی
کوستیاکوف	۸
کوستیاکوف- لوییس	۱۵/۷
فیلیپ	۱۵/۸
SCS	٤۱/٦



شکل ۲- مقایسه درصد خطای نسبی مدل‌های نفوذ مورد استفاده در خاک‌های رسی دشت اشترینان در طول آزمایش

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که مدل نفوذ کوستیاکوف با خطای نسبی ۸ درصد و ضریب تبیین ۰/۹۹۶، مناسبترین مدل برای پیش بینی مقدار نفوذ تجمعی در خاک‌های مورد مطالعه می‌باشد و مدل‌های فیلیپ، کوستیاکوف- لوییس و سازمان حفاظت خاک آمریکا به ترتیب در اولویت‌های بعد قرار می‌گیرند. مقادیر خطای نسبی در طول آزمایش نفوذ نیز نشان می‌دهد که مدل SCS مقدار نفوذ تجمعی را در طول آزمایش نفوذ بیش از مقدار مشاهده ای برآورد می‌کند. این نتایج با نتایج حاصل از تحقیقات ملکی و همکاران (۱۳۹۱) در اراضی دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان مطابقت دارد.

منابع مورد استفاده

۱) رحیمی، ا.، برومند نسب، س. و کشکولی، ح. ۱۳۷۸. ارزیابی و تعیین ضرایب مدل‌های نفوذ آب به خاک. هفتمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان.

۲) رحیمی، ا. و کشکولی، ح. ۱۳۸۵. ارزیابی و تعیین ضرایب مدلهای نفوذ آب در خاک در اراضی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد سنندج. همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهیدچمران. اهواز، ۱ بهمن.

۳) نشاط، ع. و پاره‌کار، م. ۱۳۸٦. مقایسه روش‌های تعیین سرعت نفوذ عمودی آب در خاک. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱٤(۳): ۳۲-٤۷.

٤) رهنما، م. و رضایی مقدم، ح. ۱۳۸٦. تعیین ضرایب مدلهای نفود و معادلات نفوذ آب درخاک در دشت های اطراف معدن سنگ اهن گل گهرسیرجان (دشت قطاربنه)، نهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر، دانشگاه شهید باهنر، کرمان، ۱۸-۱٦ بهمن.

۵) پاپن، پ.، گلابی، م. و کریمی. ب. ۱۳۸۷. تعیین ضرایب معادلات نفوذ در دو کلاس خاک دشت شاوور استان خوزستان. سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، تبریز، ۲۵-۲۳ مهر.

٦) ملکی، ع.، نامداریان، ک. و خاکسار، ص. ۱۳۹۱. تعیین ضرایب معادله‌های نفوذ و ارزیابی آن‌ها در اراضی دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان. نخستین همایش منطقه‌ای توسعه پایدار منابع طبیعی غرب کشور، لرستان، ۱٤ اردیبهشت.

7) Daunt, R., and Borrelli, J. 2011. Field evaluation of infiltration models in lawn soils. Irrigation Science, 29: 379-389.

8) Igbadun, H. E., and Idris, U. D. 2007. Performance Evaluation of infiltration models in a Hydromorphic Soil. Journal of Soil and Environment Research, 7 (3): 53-5.

www.SID.ir

Archive of SID

Evaluation and determination of infiltration models parameters in Oshtorinan plain

Leila Goodarzi[1*], Ali Mohammad Akhond Ali[2], Heidar Zarei[3]

1*) M.Sc. student of Water Resources Management, SHahid CHamran University, Ahvaz, Iran, corresponding author email: goodarzi.1988@gmail.com

2) Professor, Water Sciences College, SHahid CHamran University, Ahvaz, Iran

3) Ph.D. student and Faculty, Water Sciences College, SHahid CHamran University, Ahvaz, Iran

Abstract

Using infiltration models for modeling surface and subsurface flow as well as designing and evaluation of irrigation systems is necessary. Since the parameters used in these equations are highly dependent on the soil types and surface conditions, field tests is a necessary tool for determination of these parameters. Several infiltration models have been proposed for this purpose that are mostly empirical, semi-empirical or theoretical in nature. In order to select an appropriate model for various field conditions, field tests are required. In this study, several empirical infiltration models were compared with one another and with the Philip exact infiltration equation which was obtained by simplifying the numerical solution of general flow equation in porous media. Required data for selecting appropriate model were taken from Oshtorinan plain, Lorestan, Iran to predict cumulative infiltration values. In this area surface soils are dominantly clay. Infiltration tests were conducted in three locations with clay texture, using double rings infiltrometers. Parameters of four infiltration models (Kostiakov,SCS, Philip, Kostiakov-Lowis) were determined. Model evaluation was performed by comparing relative error. The results of this analysis indicated that the Kostiakov model with a mean relative error of 0.8 was the most appropriate model for estimating cumulative infiltration in the studied area.

Keywords: infiltration; Kostiakov model; Kostiakov-Lowis model; Philip model

www.SID.ir