دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز

"مقاله پژوهشی"

برآورد نفوذ آب به خاک درکاربری‌های مختلف در حوزه آبخیز مرغملک و شهرکرد

سمیرا مصری[۱]، شجاع قربانی دشتکی[۲]، حسین شیرانی[۳]، ابوالقاسم کامکار روحانی[۴] و حمیدرضا متقیان[۵]

۱- دانشجوی دکتری گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد (نویسنده مسوول: dorsa_mesry@yahoo.com)
۲- استاد گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد
۳- استاد گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه رفسنجان
۴- دانشیار دانشکده مهندسی معدن، ژئوفیزیک و نفت، دانشگاه صنعتی شاهرود
۵- استادیار گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

تاریخ دریافت: ۹۸/۵/۲۶ تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۰/۲۳
صفحه: ۱۴۴ تا ۱۵۴

چکیده

از مهم‌ترین پارامترهای هیدرولیکی موثر بر کیفیت خاک، نفوذ آب به خاک است که اندازه‌گیری آن دشوار، زمان‌بر و پرهزینه می‌باشد. مدل‌های نفوذپذیری، نقش مهمی در مدیریت حوزه آبخیز دارند. بنابراین، بررسی مدل‌های مختلف نفوذ به منظور مقایسه و دستیابی به برترین مدل نفوذ در منطقه امری ضروری است. این تحقیق با هدف یافتن مناسب‌ترین مدل برآورد نفوذ، با استفاده از روش تک استوانه (به قطر داخلی ۳۵ سانتی‌متر) درکاربری مرتع، باغ و کشاورزی (در دو بافت سیلتی‌کلی‌لوم و کلی‌لوم) در استان چهار محال و بختیاری (حوزه آبخیز مرغملک و شهرستان شهرکرد) انجام شد. رطوبت اولیه اندازه‌گیری‌شده در کاربری مرتع در بافت‌های سیلتی‌کلی‌لوم و کلی‌لوم به‌ترتیب (۳/۷۱، ٤/۲۷)، کاربری باغ (۲/۱۸، ۳/٤٦) و در کاربری کشاورزی (۱، ۲/۲۵) بودند. مدل‌های فیلیپ، کوستیاکوف و سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS) با استفاده از شاخص‌های ضریب تبیین، ضریب کارایی نش-ساتکلیف و جذر میانگین مربعات خطا مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان‌داد که در کاربری مرتع، تمام پارامترهای نفوذ (نفوذ تجمعی، سرعت نفوذ نهایی و متوسط سرعت نفوذ)، کمتر از کاربری‌های باغ و زراعت است. هم‌چنین در مورد مقایسه مدل‌ها، در کاربری‌های کشاورزی، مرتع و باغ هر سه مدل دارای ضریب تبیین و ضریب کارایی بالا بوده‌اند، اما کوستیاکوف با ضریب کارایی نش ساتکلیف ۰/۹۹ و ضریب تبیین ۹۹/ ۰ و خطای کمتر نسبت به سایر مدل‌ها، به‌عنوان مدل مناسب در کاربری باغ و مرتع و کشاورزی (در هر دو بافت) مورد پذیرش واقع شد، پس از آن مدل فیلیپ با ضریب نش ساتکلیف و ضریب تبیین ۰/۹۹ و خطای (۰/۱۵) در کاربری باغ در بافت سیلتی‌کلی‌لوم (SCL) و مدل سازمان حفاظت آمریکا در کاربری مرتع (بافت SCL) با خطای (۰/۱۸) دارای کارایی بالایی بودند.

واژه‌های کلیدی: تک استوانه، سازمان حفاظت آمریکا، فیلیپ، کاربری اراضی، کوستیاکوف، نفوذ

مقدمه

مهم‌ترین منبع تامین‌کننده آب برای ادامه حیات گیاهان نفوذ آب به خاک است که همچنین نقشی بسیار مهم در چرخه آبی در طبیعت ایفا می‌نماید (۳۲). کمی کردن پدیده نفوذ آب به خاک در مدیریت حوزه‌های آبخیز همواره مورد توجه بوده است (۲۰). به منظور کمی کردن نفوذ آب به خاک از نفوذ تجمعی و سرعت نفوذ متوسط و لحظه‌ای استفاده می‌شود. مقدار آبی که در یک دوره زمانی مشخص در خاک نفوذ می‌کند نفوذ تجمعی و میانگین سرعت وارد شدن آب به داخل خاک را طی یک دوره زمانی، متوسط سرعت نفوذ آب به داخل خاک در یک لحظه معین از زمان را سرعت نفوذ لحظه‌ای گویند (۲۱). میزان نفوذ آب به خاک تابع عوامل مختلفی از جمله رطوبت خاک (۱۸)، اندازه و میزان خلل و فرج خاک (۳۵) و خصوصیات لایه‌های خاک و سازندهای زمین‌شناسی هستند که میزان رواناب و مولفه‌های بیلان آب حوزه را تحت‌تأثیر قرار می‌دهند (۱). اهمیت فرآیند نفوذ سبب گردیده است، مدل‌های فیزیک-پایه و تجربی گوناگونی به منظور کمی نمودن آن ارایه گردد (۳۳،۲). مدل‌های فیزیک-پایه با استفاده از قوانین و روابط اثبات شده مانند قانون بقای جرم و قانون بقای انرژی و تلفیق آن‌ها و دست‌یابی به یک سری معادلات ریاضی مانند فیلیپ (۲۲) و گرین آمپت (۹) به‌دست آمده‌اند. مهم‌ترین حسن این معادلات این است که بر اساس قوانین فیزیکی وضع شده‌اند و با دانستن برخی خصوصیات فیزیکی خاک، معادله نفوذ قابل تعیین می‌باشد. شیوه دوم استفاده از روابط تجربی از قبیل کوستیاکوف (۱۳) و هورتون (۱۱) است. تأثیر گرفتن از شرایط زمانی، مکانی و نارسایی پارامترهای معادلات در تبیین مفاهیم فیزیکی از نقص‌های عمده این گونه معادلات است (۱۹). در مقایسه بین مدل‌های فیزیک-پایه و تجربی مشخص شده که معادلات فیزیکی جزئیات نفوذ را نسبت به معادلات تجربی بهتر نشان می‌دهند (۱۶). در زمینه فرآیند نفوذپذیری در ایران و سایر نقاط جهان، پژوهش‌های مختلفی انجام گرفته است که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره نمود: لشنی زند و همکاران (۱۴)، به‌منظور مدیریت اراضی مرتع و جنگل در استان لرستان مدل‌های نفوذ را مقایسه و بیان نمودند که در کاربری مرتع، مدل سازمان حفاظت خاک آمریکا و در کاربری جنگل، مدل فیلیپ، برترین مدل‌ها برای برآورد نفوذپذیری می‌باشند. در مطالعه‌ای دیگر، قربانی‌دشتکی و همکاران (۸)، مدل‌های کوستیاکوف و فیلیپ را در تیمارهای مختلف مورد ارزیابی قرار دادند و نتیجه گرفتند، مدل فیلیپ با ضریب تبیین ۹۹ درصد در زمین‌های پوشیده از گراس، نسبت به مدل کوستیاکوف با ضریب تبیین ۹۷ درصد مدل برتری بوده، هم‌چنین در زمین‌هایی تحت کودهای آلی، مدل فیلیپ با ضریب تبیین ۹۹ درصد در مقایسه با مدل کوستیاکوف با

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1400.12.23.14.9]
[DOI: 10.52547/jwmr.12.23.144]

ضریب تبیین ۹۷ درصد، کارایی بهتری داشته است. برای خاک‌های لخت نیز مدل فیلیپ با ضریب تبیین ۹۴ درصد نسبت به مدل کوستیاکوف با ضریب تبیین هفت درصد عملکرد بهتری داشته است. ملکی و همکاران (۱۷) با مقایسه مدل‌های نفوذ کوستیاکوف، فیلیپ و سازمان حفاظت خاک در اراضی اهواز بیان نمودند که مدل سازمان حفاظت خاک با خطای متوسط ۱۱/۶ درصد در محاسبه حجم آب نفوذی از کارایی بیشتری نسبت به سایر مدل‌های نفوذ در منطقه مورد مطالعه برخوردار بوده است.

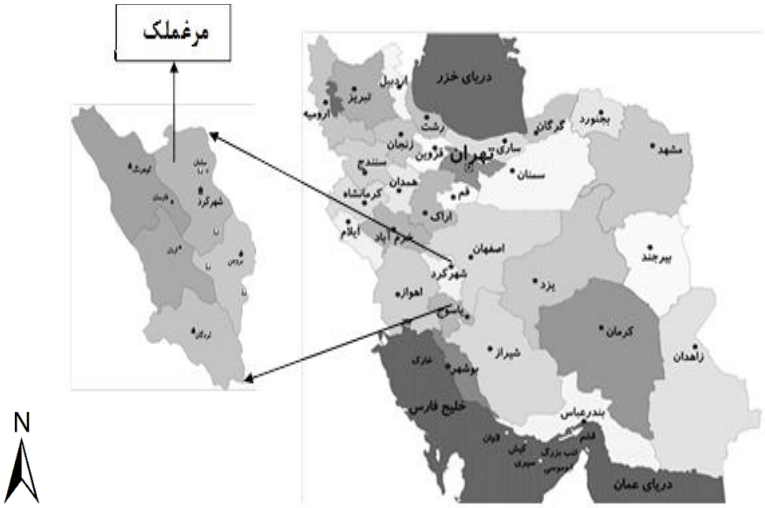
از روش‌های صحرایی معمول برای اندازه‌گیری هدایت آبی خاک می‌توان به روش‌های استوانه‌های چندگانه، تک استوانه، نفوذ سنج گلف و قرص یا نفوذسنج مکشی اشاره کرد (۲۱). پایه‌ی این روش‌ها، رسیدن به سرعت نفوذ شبه ماندگار آب در خاک می‌باشد (۲۵). یکی از روش‌های معمول در اندازه‌گیری نفوذ روش تک‌استوانه است. در این روش، فرض بر آن است که نفوذ آب به خاک از درون استوانه به‌صورت سه‌بعدی است و بر این اساس، جریان آب درون استوانه بر مبنای معادله ریچاردز حل شده و با حل آن بر اساس شرایط مرزی و اولیه‌ی اعمال شده، جریان یک بعدی شبیه‌سازی شده و سپس هدایت آبی اشباع عمودی خاک تعیین می‌گردد (۲۸). قربانی دشتکی و همکاران (۷) نفوذ آب به خاک را در منطقه تنگ نثار بن واقع در استان چهارمحال و بختیاری که دارای مراتع حفاظت شده و مراتع تخریب شده بود به‌روش تک‌استوانه‌ای (قطر ۳۰ سانتی‌متر) اندازه‌گیری کردند، نتایج نشان داد که میانگین نفوذ تجمعی آب به خاک در مرتع حفاظت‌شده بیشتر از مقدار آن در مراتع تخریب شده بود. ایشان همچنین بیان نمودند که عملیات شخم و شیار و تخریب مرتع، یکی از دلایل کاهش نفوذ آب به خاک در مراتع تخریب شده نسبت به مراتع حفاظت شده باشد. زیرا در اثر عملیات شخم و شیار، ماده‌آلی خاک برای تجزیه میکروبی سهل‌الوصول‌تر شده و در نتیجه ساختمان خاک تخریب و هم‌چنین سخت لایه‌ای با نفوذپذیری کم در خاک‌رخ ایجاد می‌گردد. یمین مشرفی و همکاران (۳۶) با استفاده از دو روش استوانه‌های دوگانه و تک‌استوانه در سه قطعه زمین آزمایشی، و سه نمونه برای هر روش، نفوذ آب به خاک را اندازه‌گیری و مقایسه نمودند نتایج نشان دادند که بین این دو روش در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. لین و همکاران (۱۵) هدایت آبی اشباع را با استفاده از روش‌های تک‌استوانه، استوانه‌های دوگانه، نفوذسنج مکشی و نفوذسنج گلف اندازه‌گیری کردند. نتایج نشان داد که هدایت آبی اشباع اندازه‌گیری شده با استفاده از روش تک‌استوانه نسبت به سایر روش‌ها اختلاف معنی‌داری نداشته و می‌تواند به‌عنوان یک روش مناسب در اندازه‌گیری هدایت آبی خاک استفاده شود. رینولدز و همکاران (۲۷) هدایت آبی اشباع را در سه نوع خاک با بافت‌های شنی، متوسط و متوسط رسی با استفاده از روش‌های نفوذسنج قرص، نفوذسنج تک‌استوانه و روش نمونه‌های دست‌نخورده در آزمایشگاه اندازه گرفتند. مصری و همکاران (۱۸) هدایت هیدرولیکی اشباع خاک را با استفاده از تک‌استوانه در ۶ بافت برآورد و بیان نمودند هدایت هیدرولیکی به‌دست آمده در مناطق مختلف متفاوت و با ویژگی‌های ساختاری و ژئوفیزیکی ارتباط نزدیک‌تری دارد. ایشان با حذف برخی ویژگی‌های شیمیایی نظیر اسیدیته، شوری و جایگزینی آن‌ها با مقاومت نفوذ به ریشه و برخی ویژگی‌های ژئوفیزیکی تخمین مناسب‌تر با درصد خطای کمتری از هدایت هیدرولیکی ارائه دادند. باگارلو و اسگوری (۳) هدایت آبی اشباع را با دو روش بار افتان ساده‌سازی شده و تک‌استوانه در یک خاک لوم شنی اندازه‌گیری نمودند. نتایج مطالعات آن‌ها نشان داد که هدایت آبی اشباع به‌دست آمده از روش بار افتان ساده‌سازی شده مشابه روش تک استوانه می‌باشد.

نتایج تحقیقات انجام شده با روش‌ها و در مکان‌های مختلف نشان می‌دهد که مدل‌های نفوذ برگزیده شده در پژوهش‌های مختلف با توجه به مکان و شرایط متفاوت می‌باشد. حاتمی گل‌مکانی و همکاران (۱۰) بیان نمودند که نتایج اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی بسته به هدف پژوهش، بافت و ساختمان خاک، شرایط منطقه مورد مطالعه، امکانات در دسترس و روش‌های مختلف تحلیل داده‌های به‌دست آمده بسیار متفاوت خواهد بود. بنابراین با توجه به ضرورت تعیین نفوذ در مطالعات هیدرولوژی و برنامه‌ریزی مدیریت آب و از آنجایی که هر مدل در شرایط خاص بهترین برازش را با داده‌های تجربی دارد، در این پژوهش، ارزیابی مدل‌های نفوذ کوستیاکوف، سازمان حفاظت خاک آمریکا و فیلیپ به‌منظور انتخاب مدل مناسب در برآورد نفوذ تجمعی به‌عنوان هدف اصلی، مدنظر قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در حوزه آبخیز مرغملک و شهرستان شهرکرد، واقع در استان چهارمحال و بختیاری انجام شد. زیرحوضه مرغملک از زیر حوضه‌های زاینده‌رود با مساحت ۹۷ کیلومترمربع در ۵۵ کیلومتری شمال غرب شهرستان شهرکرد (مرکز استان چهارمحال و بختیاری) قرار دارد. زیرحوضه مرغملک در محدوده جغرافیایی، عرض ″۳۰ ′۲۲ ° ۳۲ و طول ″۳۰ ′۲۲ ° ۵۰ تا ″۳۰ ′۳۴ ۵۰ شهرکرد قرار دارد. بارش متوسط سالیانه ۴۰۰ میلی‌متر است که بیشتر در زمستان و بهار اتفاق می‌افتد. دمای متوسط سالانه ۲۳ درجه سانتی‌گراد با میانگین حداقل ۳/۸ و میانگین حداکثر ۳۰/۷ درجه سانتی‌گراد است. شهرستان شهرکرد نیز دارای اقلیم نیمه‌مرطوب معتدل با تابستان‌های معتدل و زمستان‌های بسیار سرد است. میانگین دمای هوا در شهرکرد ۱۱/۵ درجه سانتی‌گراد است (مطالعه فرسایش و خاکشناسی حوزه مرغملک، ۱۳۷۲).

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1400.12.23.14.9]
[DOI: 10.52547/jwmr.12.23.144]



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه
Figure 1. Location of study area

روش نمونه‌برداری

ابتدا نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ تهیه شد. نقاط نمونه‌برداری به‌طور تصادفی بر روی محدوده مطالعاتی تعیین گردید. پس از تعیین مختصات جغرافیایی نقاط، موقعیت نقاط توسط دستگاه GPS در صحرا مشخص شد. سپس ۱۸ نمونه خاک از سه کاربری کشاورزی، باغ و مرتع با بافت‌های (سیلتی‌کلی‌لوم و کلی‌لوم) از عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متر با استفاده از بیلچه برداشته و به آزمایشگاه منتقل شد. نمونه‌ها پس از هوا خشک شدن و عبور از الک ۲ میلی‌متری برای انجام آزمایش‌های خاک آماده شدند. آزمایش‌های انجام شده شامل بافت خاک به‌روش هیدرومتری بایکس (۶)، کربن آلی با اکسیداسیون توسط دی‌کرومات پتاسیم (۳۴)، جرم مخصوص ظاهری نمونه‌ها با روش سیلندر با ابعاد معین و رطوبت خاک پس از وزن خاک بلافاصله پس از نمونه‌برداری و مقایسه آن با وزن خاک پس خشک‌کردن در آون ۱۰۵ درجه به‌مدت ۲۴ ساعت، بودند.

اندازه‌گیری نفوذ آب به خاک

در این تحقیق به‌منظور اندازه‌گیری نفوذ آب به خاک از روش تک‌استوانه استفاده شد. در روش تک‌استوانه، استوانه‌ای به قطر داخلی ۳۵ سانتی‌متر تا عمق ۱۵ سانتی‌متر در خاک مستقر گردید و عمقی معادل ۱۲ سانتی‌متر آب ریخته شد. سپس سرعت ورود آب به خاک در استوانه تعیین گردید (۵). در این روش افت سطح آب در استوانه نسبت به زمان در یک تکرار سنجش می‌گردد و هرگاه تغییرات سطح آب در استوانه در واحد زمان در اندازه‌گیری‌های متوالی، مقادیر تقریبا یکسانی شد، به‌عنوان نفوذ پایه (q_s) در نظر گرفته می‌شود و زمان رسیدن به نفوذ پایه محاسبه می‌شود (۲۲). در این پژوهش نفوذ آب به خاک در هر ۳ کاربری در دو بافت سیلتی‌کلی‌لوم (SCL) و کلی‌لوم (CL) با سه تکرار اندازه‌گیری شد (۱۸ بار نفوذ اندازه‌گیری گردید).



شکل ۲- اندازه‌گیری برخی ویژگی‌های آزمایشگاهی و نفوذ آب به خاک با استفاده از تک استوانه
Figure 2. Measurement of some laboratory characteristics and water infiltration into the soil using single ring

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1400.12.23.14.9]
[DOI: 10.52547/jwmr.12.23.144]

مدل‌های نفوذ

مدل کوستیاکوف: کوستیاکوف در سال ۱۹۳۲ رابطه تجربی (۱) را برای تعیین مقدار نفوذ تجمعی پیشنهاد کرد. اگر از این رابطه مشتق گرفته شود رابطه بعدی که مشتق می‌شود رابطه (۲)، برای محاسبه نفوذ لحظه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد.

رابطه (۱) $I(t)= ct-a$

رابطه (۲) $i= (c/1-a)\ t1-a$

در این روابط c و a ضرایب مختلفی برای خاک‌های مختلف بوده و مقدار c و a به‌ترتیب بزرگ‌تر از صفر و بین صفر تا یک می‌باشد و به‌روش تجربی تعیین می‌شود، t زمان و I میزان نفوذ در زمان t، I نفوذ تجمعی و i نفوذ لحظه‌ای است.

روش سازمان حفاظت خاک آمریکا:

کارشناسان سازمان حفاظت خاک آمریکا در سال ۱۹۸۹ بر اساس مدل کوستیاکوف، آزمایش‌های زیادی در مزارع انجام داده اند که نهایتاً منجر به روشی در محاسبه نفوذ گردید که به مدل سازمان حفاظت خاک آمریکا معروف است. طبق معادله ۳ رابطه سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS) بدین‌صورت می‌باشد:

رابطه (۳) $I(t)= \alpha t^{b} + c$

در این رابطه I مقدار نفوذ تجمعی از زمان شروع نفوذ (سانتی‌متر)، c عدد ثابت و برابر ۰/۶۹۸۵، t زمان از لحظه شروع نفوذ (دقیقه) و ضرایب a و b تابعی از شماره منحنی نفوذ هستند. مدل فیلیپ: یکی دیگر از مدل‌های نفوذپذیری، مدل فیلیپ است. در این مدل، مقدار نفوذ تجمعی و سرعت نفوذ از رابطه ۴ محاسبه می‌گردد:

رابطه (۴) $F(t)= St^{1/2}+Kt$

در این معادله، S: ضریب جذبی خاک، K: هدایت هیدرولیکی بر حسب سانتی‌متر بر ساعت. و دو متغیر S و K در معادله فیلیپ به‌ترتیب نشانگر مکش خاک و اثر جاذبه می‌باشند. مدل‌های نفوذ آب به خاک و ضرایب آن‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- مدل‌های نفوذ آب به خاک و ضرایب آن‌ها

Table 1. Models of water infiltration into soil and their coefficients

نام مدل	معادله نفوذ	ضرایب
کوستیاکوف	$I = ct^{a}$	a و c
سازمان حفاظت آمریکا (SCS)	$I = at^{b} +c$	a و b c
فیلیپ	$I = St^{1/2}+kt$	S و K

نفوذ تجمعی توسط مدل‌های ارائه شده در جدول ۱ در نرم‌افزار curve expert (۲۴) به‌دست آمد و با مقدار واقعی به‌دست آمده در صحرا مقایسه گردید. سپس برای ارزیابی دقت مدل‌های نفوذ و انتخاب مدل مناسب در کاربری‌های کشاورزی، باغ و مرتع از پارامترهای آماری ضریب کارایی نش-ساتکلیف (Nash)، RMSE ریشه میانگین مربعات خطا و ضریب تبیین استفاده شد. ریشه میانگین مربعات خطا، نشان‌دهنده اختلاف کلی بین مقادیر اندازه‌گیری شده و مقادیر تخمینی می‌باشد رابطه (۵). از بین مدل‌های مذکور مدلی که از ضریب کارایی نش-ساتکلیف بالاتر و ریشه میانگین مربعات خطا کمتر برخوردار باشد به‌صورت مناسب‌ترین مدل انتخاب شد. مقدار کارایی مدل نیز نشان‌دهنده صحت برازش داده است و از منفی بی‌نهایت در بدترین حالت، تا یک در زمان برازش کامل داده‌ها تغییر می‌کند رابطه (۶).

رابطه (۵) $RMSE = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{n}(Q_o - Q_s)^2}$

رابطه (۶) $\mathrm{Nash} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(Q_o^t - Q_s^t)^2}{\sum_{i=1}^{n}(Q_o^t - \bar{Q}_o)}$

رابطه (۷) $R^2 = \sum_{i=1}^{n}(Qo - Qs)^2 / \sum_{i=1}^{n}(Qo - Qs)^2$

در این روابط Q_s مقدار برآورد شده، Qo مقدار مشاهده شده و Q میانگین مقادیر مشاهده شده و N تعداد داده‌های اندازه‌گیری نفوذ می‌باشد.

نتایج وبحث

برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی اندازه‌گیری‌شده در کاربری‌های مختلف در دو بافت (سیلتی‌کلی‌لوم و کلی‌لوم) در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی در کاربری و بافت‌های مختلف

Table 2. Some physical and chemical properties in different land uses and textures

کاربری‌ها	بافت‌ها	درصد رس	درصد شن	درصد سیلت	جرم مخصوص ظاهری (gr/kg)	درصد ماده‌آلی	رطوبت جرمی اولیه خاک
کشاورزی	سیلتی‌کلی‌لوم(SCL)	۲۸	۲۰	۵۲	۰/۹۶	۲/۴۵	۱
	کلی‌لوم (CL)	۳۰	۲۴	۴۶	۱	۲/۰۳	۲/۲۵
باغ	سیلتی‌کلی‌لوم(SCL)	۳۰	۲۰	۵۰	۱/۱۴	۱/۸۴	۲/۱۸
	کلی‌لوم (CL)	۳۲	۲۲	۴۲	۱/۲۵	۱/۱۲	۳/۴۶
مرتع	سیلتی‌کلی‌لوم(SCL)	۳۲	۱۸	۵۰	۱/۵۸	۱/۲۴	۳/۷۱
	کلی‌لوم(CL)	۳۶	۲۲	۴۶	۱/۸۳	۱/۰۵	۴/۲۷

به‌دلیل متفاوت بودن بسیاری از ویژگی‌های فرایند نفوذپذیری در کاربری و بافت‌های مختلف، برخی پارامترها از قبیل نفوذ تجمعی، متوسط سرعت نفوذ، حداکثر سرعت نفوذ، سرعت نفوذ نهایی و زمان تا لحظه تثبیت نفوذ، در کاربری‌ها در بافت‌های سیلتی‌کلی‌لوم (SCL) و کلی‌لوم (CL) محاسبه گردید که نتایج حاصل از آن در جدول ۳ آمده است.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1400.12.23.14.9]
[DOI: 10.52547/jwmr.12.23.144]

جدول ۳- پارامترهای اندازه‌گیری نفوذ در کاربری‌های مختلف در دو بافت

Table 3. Infiltration parameters in different land uses in two textures

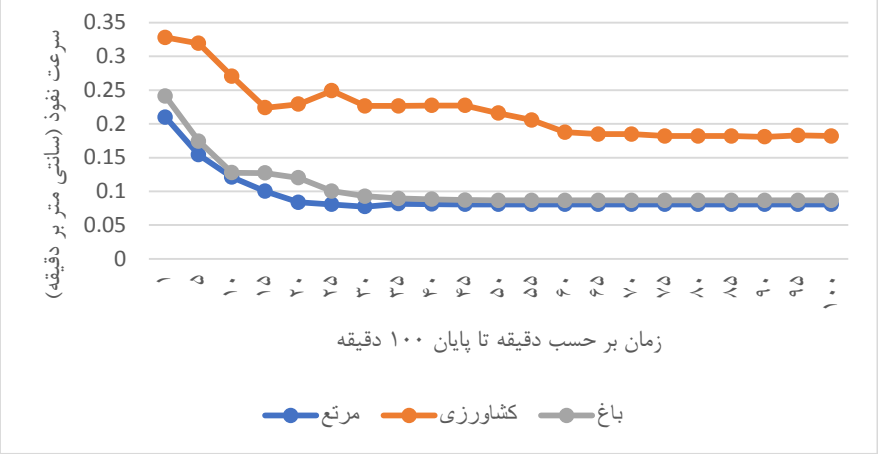
پارامترها	نفوذ تجمعی (سانتی‌متر) تا زمان ۱۰۰ دقیقه		متوسط سرعت نفوذ (سانتی‌متر بر دقیقه)		حداکثر سرعت نفوذ (سانتی‌متر بر دقیقه)		سرعت نفوذ نهایی (سانتی‌متر بر دقیقه)		زمان تا لحظه تثبیت نفوذ (دقیقه)	
کاربری / بافت	SCL	CL	SCL	CL	SCL	CL	SCL	CL	SCL	CL
کشاورزی	۲۷	۲۲	۰/۲۷	۰/۲۲	۰/۳۴	۰/۳۲	۰/۲۷	۰/۱۸	۰/۰۱	۰/۰۱۶
باغ	۱۷	۱۱	۰/۱۷	۰/۱۱	۰/۲۱	۰/۲۴	۰/۱۳	۰/۰۸	۰/۰۲۳	۰/۰۲ ۱
مرتع	۱۲	۱۰	۰/۱۲	۰/۱	۰/۲۱	۰/۲۱	۰/۰۹	۰/۰۸	۰/۰۲	۰/۰۲۱

مطابق مقادیر حاصله از جدول ۳، بیش‌ترین نفوذ تجمعی در کاربری کشاورزی در بافت‌های سیلتی‌کلی‌لوم و کلی‌لوم به‌ترتیب ۲۷ و ۲۲، در کاربری باغ ۱۷ و ۱۱ و در کاربری مرتع ۱۲ و ۱۰ می‌باشد. متوسط سرعت نفوذ با استفاده از رابطه (۸) محاسبه گردید که بر این اساس، مقدار آن در کاربری کشاورزی بیش‌تر از باغ و در باغ بیش‌تر از مرتع است.

رابطه (۸) $I=CF/T$

در این رابطه I متوسط سرعت نفوذ، CF مقدار نفوذ تجمعی در کل مدت‌زمان اندازه‌گیری نفوذ و T کل زمان اندازه‌گیری محسوب می‌گردد. متوسط سرعت نفوذ، در کاربری کشاورزی، باغ و مرتع در بافت‌های سیلتی‌کلی‌لوم و کلی‌لوم به‌ترتیب ۰/۲۷ و ۰/۲۲ ، ۰/۱۷ و ۰/۱۱، ۰/۱۲ و ۰/۱ می‌باشند. به‌طورکلی هرچه از کاربری کشاورزی به‌سمت باغ و مرتع می‌رویم از متوسط سرعت نفوذ، حداکثر سرعت نفوذ و سرعت نفوذ نهایی کاسته می‌شود. نتایج به‌دست آمده ازمقایسه نفوذ تجمعی، متوسط سرعت نفوذ، حداکثر سرعت نفوذ و سرعت نفوذ نهایی در کاربری‌های مختلف با نتایج (۳۱) هم‌خوانی دارد.

در ادامه برای مقایسه کلی تغییرات سرعت نفوذ نسبت به زمان نیز اقدام به ترسیم نمودار آهنگ تغییرات نفوذ در هر سه کاربری در بافت مورد مطالعه نموده که در شکل ۲ آمده است.



شکل ۳- آهنگ تغییرات متوسط سرعت نفوذ در هر سه کاربری در بافت کلی‌لوم

Figure 3. Average changes in infiltration rate in all three Land uses in the Clay loam tissue

پس از آن، ضرایب سه مدل نفوذ محاسبه گردید که در جدول‌های ۴ و ۵ مشاهده می‌گردد. به‌منظور مقایسه مدل‌های نفوذ در کاربری‌های کشاورزی، مرتع و باغ در دو بافت سیلتی‌کلی‌لوم و کلی‌لوم از معیارهای سنجش خطای، ریشه میانگین مربعات، ضریب کارایی نش-ساتکلیف و ضریب تبیین استفاده شد که نتایج آن‌ها در جدول‌های ۶ الی ۸ آمده است.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1400.12.23.14.9]
[DOI: 10.52547/jwmr.12.23.144]

جدول ۴- محاسبه ضرایب معادلات نفوذ در سه کاربری کشاورزی، باغ و مرتع در بافت سیلتی‌کلی‌لوم
Table 4. Influence equations coefficients calculation for three land uses of agriculture, garden and pasture in silty clay loam texture

نام مدل	کشاورزی	باغ	مرتع
مدل‌ها / بافت	سیلتی کلی لوم	سیلتی کلی لوم	سیلتی کلی لوم
کوستیاکوف	I=۰/۱۱*t^ ۰/۶۶	I=۰/۰۲۱*t^ ۰/۷۶	I=۰/۰۱*t^ ۰/۷۸
سازمان حفاظت آمریکا (SCS)	I= ۰/۰۸۴* t^۰/۶۹ +۶۹۸۵۰	I= ۰/۰۱۱* t^۰/۸۳ +۰/ ۶۹۸۵	I= ۰/۰۰۴* t^۰/۸۹ +۰/ ۶۹۸۵
فیلیپ	I= ۰/۲۶t^۰/۵ + ۰ /۰۰۲۶*t	I= ۰/۰۸۱t^۰/۵ + ۰ /۰۰۱۸*t	I= ۰/۰۴۹t^۰/۵ + ۰ /۰۰۱۱*t

جدول ۵- محاسبه ضرایب معادلات نفوذ در سه کاربری کشاورزی، باغ و مرتع در بافت کلی‌لوم
Table 5. Influence equations coefficients calculation for three land uses of agriculture, garden and pasture in clay loam texture

نام مدل	کشاورزی	باغ	مرتع
مدل‌ها / بافت	کلی لوم	کلی لوم	کلی لوم
کوستیاکوف	I=۰/۰۱۴*t^ ۰/۸۳	I=۰/۰۱۷*t^ ۰/۷۳	I=۰/۰۱۶*t^ ۰/۷۳
سازمان حفاظت آمریکا (SCS)	I= ۰/۰۰۸* t^۰/۸۹ +۰/ ۶۹۸۵	I= ۰/۰۰۶* t^۰/۸۴ +۰/ ۶۹۸۵	I= ۰/۰۰۵* t^۰/۸۵ +۰/۶۹۸۵
فیلیپ	I= ۰/۰۶۶t^۰/۵ + ۰ /۰۰۲۶*t	I= ۰/۰۵۹t^۰/۵ + ۰ /۰۰۱*t	I= ۰/۰۵۳t^۰/۵ + ۰ /۰۰۰۹۱*t

از آن‌جا که کمی کردن پدیده نفوذ آب به خاک در مدیریت منابع آب و حوزه‌های آبخیز، از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است (۱)، بنابراین، انواع مختلفی از مدل‌ها، با درجات مختلفی از پیچیدگی، برای رسیدن به این اهداف (کمی کردن پدیده نفوذ)، توسعه یافته‌اند. این مدل‌ها برای درک بهتر فرایند نفوذ طراحی شده‌اند و ابزاری برای ارزیابی مشکلات محیطی در کاربری‌های مختلف هستند. براساس نتایج به‌دست آمده از تحقیق حاضر از جدول ۳ و شکل ۳، مقادیر نفوذ تجمعی، سرعت نفوذ نهایی، حداکثر سرعت نفوذ، زمان تا لحظه تثبیت نفوذ در کاربری کشاورزی بیشتر از کاربری باغ و در کاربری باغ بیش‌تر از مرتع است. که نشان‌دهنده دست‌خورده شدن و ورود دام در مرتع و لگدکوبی زیاد و سفت‌شدن و سله بستن خاک است، که در نهایت، باعث کاهش پوشش گیاهی و نفوذ آب در خاک شده و بالطبع سبب افزایش سیلاب و فرسایش، آلودگی محیط زیست، قحطی و خشکسالی می‌شوند. هم‌چنین در مورد کاربری کشاورزی بالا بودن مقادیر پارامترهای ذکر شده را می‌توان به زیاد بودن ماده‌آلی و کم بودن جرم مخصوص ظاهری و رطوبت خاک نسبت به سایر کاربری‌ها ارتباط داد.

جدول ۶- معیارهای سنجش خطا برای هر یک از مدل‌ها در کاربری کشاورزی
Table 6. Error measurement criteria for each model in Agricultural land use

	ضریب کارایی نش-ساتکلیف		انحراف معیار		ریشه میانگین مربعات خطا		ضریب تبیین	
مدل‌ها / بافت‌ها	SCL	CL	SCL	CL	SCL	CL	SCL	CL
کوستیاکوف	۰/۹۹۹	۰/۹۹	۰/۲۴	۰/۱	۰/۲۴	۰/۱۴	۰/۹۹	۰/۹۹
سازمان حفاظت آمریکا	۰/۹۹۹	۰/۹۹	۰/۲۸	۰/۲۸	۰/۲۴	۰/۳	۰/۹۹	۰/۹۹
فیلیپ	۰/۹۹۹	۰/۹۹	۰/۲۱	۰/۱۷	۰/۲۴	۰/۲۰	۰/۹۹	۰/۹۹

SCL: بافت سیلتی‌کلی‌لوم و CL: بافت کلی‌لوم

جدول ۷- معیارهای سنجش خطا برای هر یک از مدل‌ها در کاربری باغ
Table 7. Error measurement criteria for each model in Garden land use

	ضریب کارایی نش-ساتکلیف		انحراف معیار		ریشه میانگین مربعات خطا		ضریب تبیین	
مدل‌ها / بافت‌ها	SCL	CL	SCL	CL	SCL	CL	SCL	CL
کوستیاکوف	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹	۰/۰۸	۰/۰۳۹	۰/۰۹	۰/۰۶	۰/۹۹	۰/۹۹
سازمان حفاظت آمریکا	۰/۹۹۷	۰/۹۹۷	۰/۲۴	۰/۳۳	۰/۳۱	۰/۱۵	۰/۹۹	۰/۹۹
فیلیپ	۰/۹۹۸	۰/۹۹۳	۰/۱۵	۰/۰۹۵	۰/۱۵	۰/۲۵	۰/۹۹	۰/۹۹

SCL: بافت سیلتی‌کلی‌لوم و CL: بافت کلی‌لوم

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1400.12.23.14.9]
[DOI: 10.52547/jwmr.12.23.144]

جدول ۸- معیارهای سنجش خطا برای هر یک از مدل‌ها در کاربری مرتع
Table 8. Error measurement criteria for each model in Pasture land use

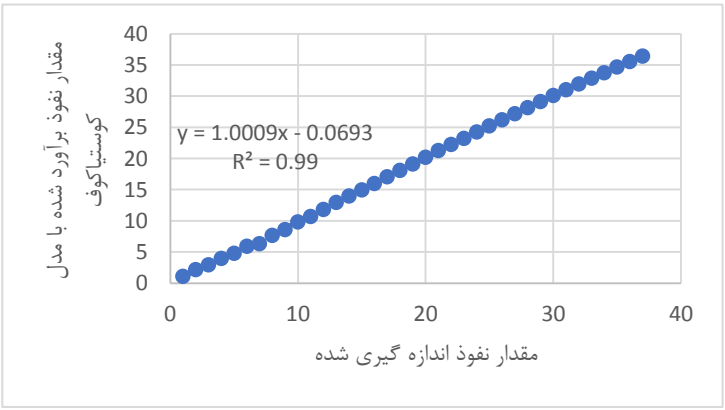
مدل‌ها / بافت‌ها	ضریب کارایی نش-ساتکلیف		انحراف معیار		ریشه میانگین مربعات خطا		ضریب تبیین	
	SCL	CL	SCL	CL	SCL	CL	SCL	CL
کوستیاکوف	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۱	۰/۰۹	۰/۹۹	۰/۹۹
سازمان حفاظت آمریکا	۰/۹۹۷	۰/۹۹۷	۰/۳۱	۰/۲۷	۰/۱۸	۰/۱۳	۰/۹۹	۰/۹۹
فیلیپ	۰/۹۸۹	۰/۹۹۸	۰/۰۸۱	۰/۰۸	۰/۳	۰/۰۹	۰/۹۹	۰/۹۹

SCL: بافت سیلتی‌کلی‌لوم و CL: بافت کلی‌لوم

بیات‌ورکشی و همکاران (۴) نفوذ آب به خاک را با استفاده از استوانه دوگانه در دو خاک شخم‌خورده و شخم‌نخورده بررسی کرده و ۵ مدل برآوردکننده نفوذ (کوستیاکوف، کوستیاکوف- لوییز، فیلیپ، سازمان حفاظت آمریکا و هورتون) را برازش دادند و به کارایی مدل نش‌ساتکلیف و ضریب تبیین ۰/۹۹ برای تمامی مدل‌ها در هر دو خاک دست یافتند. سعدی‌خانی و سهرابی (۲۹) نفوذ تجمعی آب به خاک را در سه کاربری زراعت، باغ و مرتع با استفاده از استوانه‌های دوگانه، اندازه‌گیری و مدل‌های نفوذ فیلیپ، سازمان حفاظت آمریکا، کوستیاکوف و کوستیاکوف-لوییز را در برآورد نفوذ تجمعی استفاده، و پارامترهای برازشی هر یک از مدل‌های نفوذ را با استفاده از بهینه‌سازی غیرخطی به‌روش حداقل مربعات تعیین نمودند. نتایج تحقیق ایشان نشان‌داد که همه مدل‌ها در هر سه کاربری دارای ضریب تبیین بالای ۰/۹۸و ۰/۹۹ و تفاوت خطای ناچیز بودند ایشان مدل کوستیاکوف- لوییز را بهترین مدل برای کمی کردن فرآیند نفوذ آب به خاک معرفی و بیان نمودند یکی از دلایل برتری این مدل بیش‌تر بودن تعداد پارامترهای آن نسبت به سایر مدل‌ها می‌باشد.

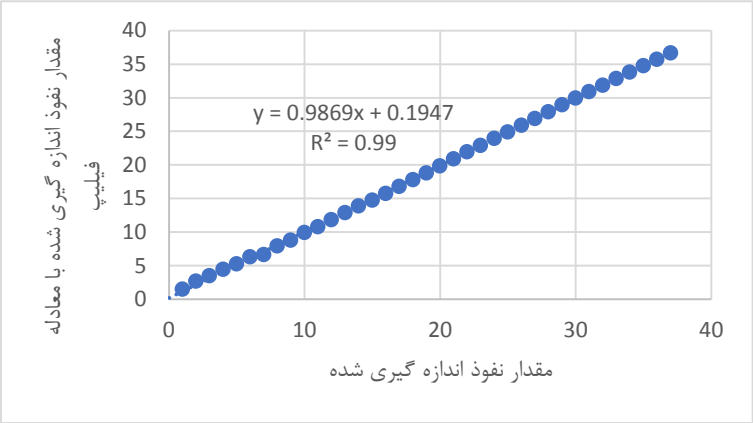


شکل ۴- مقدار نفوذ تجمعی اندازه‌گیری‌شده و برآوردی با فرمول سازمان حفاظت آمریکا در کاربری کشاورزی در بافت سیلتی‌کلی‌لوم
Figure 4. Measured and estimated cumulative infiltration amount with SCS in Agricultural land use in Silty clay loam texture



شکل ۵- مقدار نفوذ تجمعی اندازه‌گیری‌شده و برآوردی با فرمول کوستیاکوف در کاربری کشاورزی در بافت سیلتی‌کلی‌لوم
Figure 5. Measured and estimated cumulative infiltration amount with Kostiakov model in Agricultural land use in Silty clay loam texture

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1400.12.23.14.9]
[DOI: 10.52547/jwmr.12.23.144]



شکل ۶- مقدار نفوذ تجمعی اندازه‌گیری‌شده و برآوردی با فرمول فیلیپ در کاربری کشاورزی در بافت سیلتی‌کلی‌لوم
Figure 6. Measured and estimated cumulative infiltration amount with Philip model in Agricultural land use in Silty clay loam texture

شکل‌های ۴ الی ۶ ارتباط بین مقادیر اندازه‌گیری‌شده نفوذ در محل و مقدار برآوردی با ضرایب مدل‌ها حاصل از نرم‌افزار، برای کاربری کشاورزی در بافت سیلتی‌کلی‌لوم را نشان می‌دهد. شکل‌ها بیان می‌کنند که همبستگی بالایی بین مقادیر برآورد شده و اندازه‌گیری‌شده وجود دارد. با توجه به نتایج به‌دست آمده، می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که مدل‌های کوستیاکوف، فیلیپ و سازمان حفاظت آمریکا هر سه دارای کارایی بالایی در برآورد نفوذ تجمعی هستند. سلیمانی و همکاران (۳۱) نیز نفوذ آب به خاک را با استفاده از استوانه‌های مضاعف در سه کاربری اندازه‌گیری و با بررسی ۵ مدل برآورد نفوذ نشان دادند که مدل‌های سازمان حفاظت خاک آمریکا، کوستیاکوف و فیلیپ نسبت به سایر مدل‌ها ضریب تبیین و ضریب کارایی بالایی در هر سه کاربری داشته‌اند. کاووسی و همکاران (۱۲) با استفاده از استوانه‌های مضاعف نفوذ آب به خاک را در چهار کاربری اندازه‌گیری و با ارزیابی همبستگی و خطای مدل‌های نفوذ گرین آمپ، کوستیاکوف، سازمان حفاظت آمریکا و فیلیپ نشان دادند که مدل کوستیاکوف برای برآورد نفوذ آب به خاک دقت بهتری داشته است و مدل‌های سازمان حفاظت خاک، فیلیپ و گرین آمپ بعد از آن در رده‌های بعدی اول تا سوم قرار دارند. نتایج به‌دست آمده از این تحقیق نشان داد که به‌طور کلی، در هر سه کاربری کشاورزی، باغ و مرتع مدل‌های سازمان حفاظت خاک آمریکا، کوستیاکوف و فیلیپ ضریب تبیین و کارایی بالا (۰/۹۹) و ریشه میانگین مربعات خطای پایینی هستند، اما مدل کوستیاکوف در هر سه کاربری خطای کمتری نسبت به سایر مدل‌ها داشته است. براساس آن‌چه که در جدول ۶ تا ۸ مشاهده می‌شود، در بافت سیلتی‌کلی‌لوم در کاربری کشاورزی هر سه مدل کوستیاکوف، سازمان حفاظت آمریکا و فیلیپ دارای ضریب کارایی ۰/۹۹، ضریب تبیین ۰/۹۹ و ریشه میانگین مربعات خطا ۰/۲۴ می‌باشند. در بافت کلی‌لوم در کاربری کشاورزی با ضریب تبیین و ضریب کارایی ۰/۹۹ مدل کوستیاکوف دارای کمترین میانگین مربعات خطا ۰/۱۴ و سپس فیلیپ ۰/۲ هستند. طبق جدول ۹ در کاربری باغ کوستیاکوف و پس از آن فیلیپ دارای کمترین میزان خطا هستند. در کاربری مرتع نیز مدل کوستیاکوف دارای کمترین ریشه میانگین مربعات خطا در هر دو بافت نسبت به سایر مدل‌ها می‌باشد. در کاربری مرتع پس از مدل کوستیاکوف، مدل سازمان حفاظت آمریکا دارای کمترین میانگین مربعات خطا است. پرچمی عراقی و همکاران (۲۲) ضمن تعیین ضرایب مدل‌های نفوذ گرین و آمپ، فیلیپ، کوستیاکوف و کوستیاکوف اصلاح‌شده، مقادیر حاصل از این مدل‌ها را با داده‌های تجربی مقایسه کرده و با برازش مدل‌های مختلف نفوذ و هم‌خوانی آن‌ها با مشاهدات تجربی نشان داد که مدل تجربی کوستیاکوف بهترین برازش را با داده‌های به‌دست آمده در خاک منطقه دارد. نشاط و پاره‌کار (۲۱) و سپهوند و همکاران (۳۰)، با استفاده از روش استوانه‌های مضاعف در سطوح مختلف رطوبتی مدل‌های نفوذ را برآورد و بیان نمودند که مدل کوستیاکوف بهترین مدل در کاربری مرتع می‌باشد. سلیمانی و همکاران (۳۱) و لشنی‌زند و همکاران (۱۴) با استفاده از استوانه‌های مضاعف نفوذ آب به خاک را اندازه‌گیری و مدل‌های مختلف نفوذ را برآورد و بیان نمودند که مدل سازمان حفاظت خاک آمریکا از کارایی بالایی در کاربری مرتع برخوردار است. در این پژوهش در کاربری باغ مدل کوستیاکوف دارای ضریب کارایی و تبیین ۰/۹۹ و کمترین ریشه میانگین مربعات خطا را دارا بوده است، در این رابطه محمدی و رفاهی (۱۹) نیز به نتایج مشابهی دست یافتند. آن‌ها از توابع انتقالی برای تخمین پارامترهای مدل‌های فیلیپ و کوستیاکوف استفاده کردند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که مدل کوستیاکوف با رگرسیون بالاتر و خطای کمتر، برازش بهتری با داده‌های واقعی داشته است. به‌طور کلی در بین سه مدل خطای مدل سازمان حفاظت آمریکا قدری بالاتر بوده است. دلیل این امر را می‌توان به ضریب ثابت ۰/۶۹۸۵ نسبت داد که برای بافت‌ها و کاربری اراضی متفاوت این عدد ثابت در مدل لحاظ می‌شود و موجب خطا در برآورد میزان نفوذ می‌گردد (۸). بر اساس نتایج به‌دست آمده از این پژوهش، میزان میانگین خطا در مدل کوستیاکوف نسبت به

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1400.12.23.14.9]
[DOI: 10.52547/jwmr.12.23.144]

دو مدل دیگر کمتر است. ضریب تبیین و ضریب کارایی در مدل کوستیاکوف بالاتر می‌باشد ولی با توجه به میزان خطا به‌دست آمده دقت این معادله در کاربری کشاورزی کمتر است. در مدل فیلیپ چون ضریب سوم را برابر با سرعت نفوذ پایه در خاک لحاظ کردیم نسبت به مدل سازمان حفاظت آمریکا خطای کمتر و دقت بالاتری داد. در کاربری مرتع میزان مربعات خطا به‌طور متوسط در هر دو بافت درهر سه مدل نفوذ کمتر شده است دلیل این امر را می‌توان به دست‌نخورده‌تر بودن این کاربری نسبت به کاربری کشاورزی و باغ ارتباط داد. در مقایسه بین بافت‌ها نیز به‌طور کلی می‌توان گفت که هر سه مدل دارای ضریب کارایی و تبیین بالا بودند اما مدل کوستیاکوف با اختلاف کم دارای بیشترین ضریب تبیین و کارایی و کمترین ریشه میانگین مربعات خطا نسبت به سایر مدل‌ها، در رتبه اول قرار دارد. کاووسی و همکاران (۱۲) در مقایسه بین بافت‌ها نشان دادند که در همه بافت‌ها مدل کوستیاکوف در رده نخست قرار گرفت، به استثنای بافت‌های لومی و لومی‌شنی که در آن مدل سازمان حفاظت خاک آمریکا با میزان خطای کمتر مدل برتر بوده است. ملکی و همکاران (۱۷) نیز گزارش نمودند که مدل سازمان حفاظت خاک آمریکا برازش خوبی با داده‌های تجربی دارد. نتایج محمدی و رفاهی (۱۹) نیز در خاک‌های لومی و لومی‌رسی نشان داد که مدل کوستیاکوف بهترین عملکرد را در برآورد مقدار نفوذ دارا می‌باشد. قربانی دشتکی و همکاران (۸) گزارش نمودند که مدل فیلیپ کارایی بهتری نسبت به مدل کوستیاکوف دارد، با توجه به نتیجه این پژوهش هر سه مدل کارایی بالایی برای برآورد نفوذ داشته‌اند. به‌طور کلی جمع‌بندی تحقیقات قبلی، حاکی از آن است که تحقیقات مختلف دارای نتایج ضد و نقیضی بوده است که این تضاد به‌دلیل طبیعت تغییرپذیری فرآیند نفوذ می‌باشد، به‌طوری که یک مدل نفوذ در دو خاک مشابه از نظر خصوصیات فیزیکی، ممکن است دارای عملکرد متفاوت باشد (۸،۳۲).

منابع

1. Ahmadnejad, A.R., S.H. Golmaei and M.Z. Ahmadi. 2010. Simulation Rainfall- Runoff Processes and Water Balance Component in Rivers Basin (Case Study: Korkorsar River Basin). Journal of Water Management Research, 1(1): 74-87 (In Persian).
2. Argyrokastritis, I. and P. Kerkides. 2003. A Note to the Variable Sorptivity Infiltration Equation. Water Resources Management, 17: 133-145.
3. Bagarello, V. and A. Sgroi. 2007. Using the simplified falling head technique to detect temporal changes in field-saturated hydraulic conductivity at the surface of a sandy loam soil. Soil & Tillage Research, 94: 283-294.
4. Bayatvarkeshi, M., H. Zareabyaneh, A.G. Firouzabadi and V. Karimi. 2017. Optimization of infiltration models coefficients in fields of Haraz extension and technology development center. Journal of Watershed Management Research, 8(16): 90-99 (In Persian).
5. Bouwer, H. 1986. Intake rate. Cylinder infiltrometer. In: Klute A. (Eds), Methods of soil analysis. Part 1. America Society of Agronomy, Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin USA, 825-843.
6. Bouyoucos, G.J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. Agronomy Journal, 54: 464-465.
7. Ghorbani Dashtaki, S., M. Homaee and M.H. Mahdian. 2010. Effect of Land Use Change on Spatial Variability of Infiltration Parameters. Iranian Journal of Irrigation and Drainage, 4: 193-205.
8. Ghorbani Dashtaki, S., M. Homaee, M. Mahdian and M. Kouchakzadeh. 2009. Site dependence performance of infiltration models. Water Resource Management, 23: 2777-2790.
9. Green, W.H. and G.A. Ampt. 1911. Studies in Soil Physics: I. the Flow of Air and Water Through Soils. Journal of Agriculture Science, 4: 1-24.
10. HatamiGolmakani, P., V.B. Sheikh and M. Hosseinalizadeh. 2017. The effect of measurement methods on saturated hydraulic conductivity in eastern loess lands of Golestan province. J. of Soil Management and Sustainable. Production, 6(4): 87-102 (In Persian).
11. Horton, R.E. 1940. An Approach Toward to Physical Interpretation of Infiltration Capacity. Soil Science Society of America Journal, 5: 399-417.
12. Kavousi, S.S., M. Vafakhah and M.H. Mahdian. 2013. Evaluation of Some Infiltration Models for Different Land Uses in Kojour Watershed. Journal of Irrigation and Water Engineering, 4(13): 1-13 (In Persian).
13. Kostiakov, A.N. 1932. On the Dynamic of Coefficient of Water-Percolation in Soils and on the Necessity for studying it from a Dynamic Point of View for Purposes of Amelioration. Transactions of 6th Congress of International Soil Science Society, Moscow, Part A, 17-21.
14. Lashani Zand, M., A. Sepahvand and M. Taei Semiromi. 2012. The Comparison of Infiltration Models in OrdertoDetermine the Best Estimators of Infiltration Rate in the Rangeland and Woodland Land Uses (Case Study: Davood Rashid Watershed Lorestan Province). Journal of Natural Ecosystems of Iran, 2: 11-23 (In Persian).
15. Lin, H.S., K.J. McInnes, L.P. Wilding and C.T. Hallmark. 1999. Effects of soil morphology on hydraulic properties: II. Hydraulic pedotransfer functions. Soil Science Society of America Journal, 63: 955-961.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1400.12.23.14.9]
[DOI: 10.52547/jwmr.12.23.144]

16. Loaiciga, H.A. and A. Huang. 2007. Pounding Analysis with Green-Ampt Infiltration. Journal of Hydrologic Engineering, 12: 109-112.
17. Maleki, A., M. Behzad and M. Brumand Nasab. 2004. Determination and Evaluation of Infiltration models coefficients in Sugarcane Lands of South Ahvaz. Scientific Journal of Agriculture, 31: 27-46 (In Persian).
18. Mesri, S., S.H. Ghorbani Dashtaki, H. Shirani, A. Kamkar Rohani and H.M. Motaghian. 2020. Hydraulic conductivity estimation using different decision tree modeling scenarios. Iranian Journal of Soil Research, 34(1): 143-155 (In Persian).
19. Mohammadi, M.H. and H. Refahi. 2005. Estimating Parameters of infiltration equations using soil physical properties. Journal of Agricultural Science, 36(6): 1391-1398 (In Persian).
20. Mukheibir, P. 2008. Water Resources Management Strategies for Adaptation to Climate-Induced Impactsin South Africa. Water Resources Management, 22: 1259-1276.
21. Neshat, A. and M. Parekar. 2007. The comparison of methods for determining the vertical infiltration rate. Journal of Agriculture Science Natural Resources, 14(3): 186-195 (In Persian).
22. Parchami Araghi, F., S.M. Mirlatifi, S.H. Ghorbani Dashtaki and M.H. Mahdian. 2010. Evaluation of Some Soil Infiltration Models in Some Soil Texture Classes and Land Use. Irrigation and Drainage of Iran, 4(2): 193-205 (In Persian).
23. Rachman, S. 1992. Infiltration under different land use types at the upper ciliwung watershed of Weat Java, Indonesia. A Thesis Degree of Master, University of Canberra, 141 pp.
24. Reddy, K.S., V. Maruthi and B. Umesha. 2015. Influence of super absorbent polymers on infiltration characteristics of Alfisols in Semi-Arid region. Indian Journal Dryland Agriculture Research & Development, 30(2): 11-16.
25. Reynolds, W.D. 1993. Saturated hydraulic conductivity: field measurement. In: Carter, M. R. (Eds), Soil Sampling and Methods of analysis. Canadian Society of Soil Science. Lewis Publishers, Boca Raton, 599-613.
26. Reynolds, W.D. and D.E. Elrick. 1990. Ponded infiltration from a single ring: I. Analysis of steady state flow. Soil Science Society of America Journal, 54(5): 1233-1241.
27. Reynolds, W.D., B.T. Bowman, R.R. Brunke, C.F. Drury and C.S. Tan. 2000. Comparison osion 21. infiltrometer, pressure infiltrometer, and soil core estimates of saturated hydraulic conductivity. Soil Science Society of America Journal, 64(2): 478-484.
28. Reynolds, W.D., D.E. Elrick and E.G. Youngs. 2002. Ring or cylinder infiltrometers (vadose zone). In: Dane, J. H. and G. C. Topp (Eds), Methods of soil analysis, Part 4. Physical methods, Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin USA, 818-826.
29. Sadikhani, M.R. and A. Sohrabi. 2017. Effect of land use on the performance of selected soil water infiltration models. Journal of Soil Management and Sustainable Production, 7(1): 127-138 (In Persian).
30. Sepahvand, A., M. Taei Semiromi, S.K. Mirnia and H.R. Moradi. 2011. Assessing the Sensitivity of Infiltration Models to Variability of Soil Moisture. Journal of Water and Soil, 25: 338-346 (In Persian).
31. Soleimani, L., A. Haghizade and H. Zeinivand. 2016. Overview Comparing the Various Models to Estimate Soil Permeability, 7th National Geological Conference, Lorestan Payame Noor University, 125-126 (In Persian).
32. Sy, N.L. 2006. Modeling the infiltration process with a multi-layer perceptron artificial neural network. Hydrology Science Journal, 51(1): 3-20.
33. Turner, E.R. 2006. Comparison of Infiltration Equations and Their Field. Validation with Rainfall Simulation. M.Sc. Thesis, University of Maryland, USA, 202 pp.
34. Walkley, A. and I.A. Black. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science Journal, 37: 29-38.
35. Weiler, M. 2005. An Infiltration Model Based on Flow Variability in Macro Pores: Development, Sensitivity Analysis andApplications. Journal of Hydrology, 310: 294-315.
36. Yamin moshrefi, G., A. Maroofpour, B. Bahramnejad and A. Farabi. 2008. Examine the infiltration process using dual and single abilities. Third Conference of Agricultural Research and natural Resources. Sannadaj, Iran (In Persian).

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1400.12.23.14.9]
[DOI: 10.52547/jwmr.12.23.144]

The Determination of Infiltration in Various Land uses in Marghmalek and Shahrekord Watersheds

Samira Mesri[1], Shojae Ghorbani Dashtaki[2], Hossein Shirani[3], Abolghasem Kamkarrohani[4] and Hamid Reza Motaghian[5]

1- Ph.D. Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Shahrekord, Iran (Corresponding author: dorsa_mesry@yahoo.com)
2- Professor, Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Shahrekord, Iran
3- Professor, Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Rafsanjan, Iran
4- Associate Professor, Mining Engineering- Geophysics Department, Faculty of Agriculture University of Shahroud, Iran
5- Assistant Professor, Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Shahrekord, Iran
Received: August 17, 2019 Accepted: January 12, 2021

Abstract

One of the most important hydraulic parameters affecting soil quality is the infiltration of water into the soil. That, the direct measurement of infiltration process is difficult, time spending and expensive. Infiltration models play the main role in managing watershed. Therefore, it is necessary to study different infiltration models in order to compare and achieve the best infiltration model in the area. This research determined the best infiltration estimation model in the pasture, garden, agricultural land uses (in two textures of silty clay loam and clay loam), in the Charmahal and Bakhtiari province. In this study, infiltration measurements were carried out using the infiltrometer single ring (to the inner diameter 35 cm). The initial humidity measured were respectively in pasture land use in silty clay loam and clay loam tissues (3.71, 4.27), in garden land use (2.18, 3.46) and, in agriculture land use (1, 2.25). and then infiltration models of Philip, Kostiakov and Soil Conservation Service of America (SCS), used and thus evaluated by the coefficient of determination (R^2), Nash-Sutcliffe sufficiency score (NSSS), root mean squared error (RMSE) and mean error (ME). The results of this study showed that in rangeland use, the infiltration of all parameters (cumulative infiltration, the final infiltration rate and infiltration rate), is less than the garden and agriculture land use. It also compares the models, in the rangeland, but Kostiakov Model was accepted as the appropriate model in the garden, pasture and agricultural land use (in two soil texture), by Nash-Sutcliffe efficiency coefficient 0.99 and R^2 (0.99) and a smaller error than other models. The next good models that had high efficiency were the Philip model by Nash-Sutcliffe efficiency coefficient and (R^2=0.99) and an error of (0.15) in garden land use in silty clay loam texture, and the SCS model in pasture land (in SCL texture) with an error of 0.18.

Keywords: Infiltration, Kostiakov, Land Use, Philip, Single Rings, Soil conservation service of America

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1400.12.23.14.9]
[DOI: 10.52547/jwmr.12.23.144]