



Gonbad Kavous University
Journal of New Approaches in
Water Engineering and Environment
Volume 1, Issue 1

Study the water infiltration in soil using double ring in different regions of Lorestan province

Samad Abdi^{1*}, Saeed Saadat²

¹Assistant professor of soil and water research department, Lorestan Agricultural and Natural Resources Research and Training Center, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Khoramabad, Iran.

²Associate professor of soil and water research institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Alborz, Iran.

Received: 25.03.2022; Accepted: 15.06.2022

Abstract

The water infiltration into the soil is one of the main components of the hydrological cycle, which is very important in various topics. Therefore, it is necessary to evaluate different methods of estimating it. In this study, 11 points in different regions of Lorestan province were selected and the methods of Kastyakov, modified Kastyakov, Philip and SCS were evaluated. also, Infiltration measured using a dual loop at these points. The results showed that the Kastyakov model for the regions: Sarnaveh, Kuhdasht, Poldakhtar, Jojeh Heydar and Doroud, the SCS model for the regions: Azna, Dehpahlavan, Sarnamak and Aznasagvand and the Philip model for the Khayan and Kioreh regions have the most accurate compared to the observational data. Based on the analysis of variance, the amount of infiltration estimated by all 4 methods was not significantly different from the amount of field infiltration. In general, it can be said that in most of the studied areas, the performance of the Kastyakov model was acceptable and the performance of the SCS model was poor.

Keywords: Kastyakov, modified Kastyakov, Philip.

*. Corresponding author, Email: sabdi1100@yahoo.com



دانشگاه گنبد کاووس

نشریه "رویکردهای نوین در مهندسی آب و محیط زیست"

دوره اول، شماره اول

<http://Nawee.gonbad.ac.ir>

مطالعه نفوذ آب در خاک با استفاده از استوانه‌های مضاعف در مناطق مختلف استان لرستان

صمد عبدی^{1*}، سعید سعادت²

¹ استادیار، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات آموزش کشاورزی و منابع طبیعی لرستان، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، خرم آباد، ایران.

² دانشیار موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، البرز، ایران.

تاریخ دریافت: 1401/01/05؛ تاریخ پذیرش: 1401/03/25

چکیده

فرآیند نفوذ آب به خاک یکی از اجزاء اصلی چرخه هیدرولوژی است که در مباحث مختلف اهمیت بسیاری دارد. از این رو ارزیابی روش‌های مختلف برآورد آن امری ضروری می‌باشد. در این مطالعه 11 نقطه در مناطق مختلف استان لرستان انتخاب و اندازه گیری نفوذ با استفاده از حلقه دوگانه در این نقاط انجام شد سپس معادلات کاستیاکوف، کاستیاکوف اصلاح شده، فیلیپ و SCS مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد مدل کاستیاکوف برای مناطق: سرناوه (نورآباد)، کوه‌دشت، پلدختر، جوجه‌حیدر (اشترینان) و دورود، مدل SCS برای مناطق: ازنا، ده‌پهلوان (نورآباد)، سرنمک (خرم آباد) و ازناگونند (خرم آباد) و مدل فیلیپ برای مناطق خیابان (بروجرد) و کیوره (بروجرد) بیشترین دقت را نسبت به داده‌های مشاهداتی و سایر مدل‌های تجربی داشته‌اند. بر اساس آنالیز واریانس انجام شده، مقدار نفوذ برآورد شده با هر 4 روش نسبت به مقادیر نفوذ میدانی فاقد اختلاف معنی‌دار بودند. به طور کلی می‌توان گفت در بیشتر نقاط مورد مطالعه عملکرد مدل کاستیاکوف قابل قبول و عملکرد مدل SCS ضعیف بود.

واژه‌های کلیدی: کاستیاکوف، کاستیاکوف اصلاح شده، فیلیپ.

* نویسنده مسئول، Email: sabdi1100@yahoo.com

مقدمه

یکی از اولین فرآیندهای ورود آب از سطح خاک به ناحیه غیراشباع فرایند نفوذ آب به خاک می‌باشد که یکی از اجزاء اصلی چرخه هیدرولوژی است و در مدیریت حوزه‌های آبخیز، تعیین مقدار آب قابل دسترس برای رشد گیاه، تخمین مقدار آب اضافی مورد نیاز که باید از طریق آبیاری تامین شود و طراحی سیستم‌های آبیاری دارای اهمیت است (Parkhami Iraqi et al., 2019). نفوذ آب به خاک یکی از پارامترهای حساس هیدرولیکی موثر بر آبیاری سطحی و از مشکل‌ترین پارامترهای است که باید برآورد شود (Corradini, 2014). از آنجا که اندازه‌گیری نفوذ آب در خاک هزینه‌بر و مستلزم صرف زمان زیاد است، لذا از مدل‌های مختلف برای برآورد مقدار نفوذ استفاده می‌شود و هر مدل در شرایط خاص، برازش مناسبی را با داده‌های تجربی از خود نشان می‌دهد (Batoukhteh et al., 2021). اهمیت این فرایند سبب گردیده است مدل‌های فیزیکی و تجربی گوناگونی به منظور کمی کردن این فرایند ارائه گردد (Argyrokastritis and Kerkides, 2003). در مدل‌های تخمینی با اساس فیزیکی مانند مدل‌های گرین-آمپت (Green and Ampt, 1911) و فیلیپ (Philip, 1957) با تکیه بر مبانی فیزیکی سعی در ساده‌سازی شرایط اولیه و شرایط مرزی در معادله جریان در محیط غیراشباع شده است. این فرضیات باعث شده است که داده‌های مورد نیاز این مدل‌ها کاهش یابد. مدل‌های تخمینی تجربی به دلیل فرضیاتی که به سطح خاک و نیم رخ خاک مربوط می‌شود دارای محدودیت کمتری هستند و در عوض به شرایطی که برای آن واسنجی شده‌اند محدود می‌گردند (Parkhami Iraqi et al., 2019). از این مدل‌ها می‌توان به مدل کاستیاکف (Kostiakov, 1932)، هورتون (Horton, 1940)، کاستیاکف-لوتیز (Mezencev, 1948) و مدل سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS3) (USDA-NRCS, 1974) اشاره نمود. به دلیل اینکه فرضیات و پارامترهای به کار رفته در مدل‌های نفوذ با هم متفاوت است، انتظار می‌رود در یک شرایط معین، مدل خاصی دارای عملکرد بهتری در مقایسه با بقیه باشد. از

این رو پژوهش‌های متعددی در زمینه ارزیابی و مقایسه عملکرد مدل‌های نفوذ صورت گرفته است. Zolfaghari et al. (2012)، عملکرد هفت مدل نفوذ (کاستیاکوف، کاستیاکوف اصلاح شده، کاستیاکوف لوئیز اصلاح شده، فیلیپ، هورتون، SCS و Swartzendruber در برآورد نفوذ تجمعی اندازه‌گیری شده با استوانه‌های مضاعف در چهار کلاس بافت خاک بررسی کردند. نتایج نشان داد که مدل کاستیاکوف لوئیز اصلاح شده و مدل SCS در تمام خاک‌های مورد مطالعه به ترتیب مناسب‌ترین و نامناسب‌ترین مدل‌ها هستند. Sameni et al. (2013) به بررسی کارایی چند رابطه نفوذ (کاستیاکوف، کاستیاکوف اصلاح شده، فیلیپ، حفاظت خاک آمریکا و هورتون) با کاربرد آب‌های شور و سدیمی مختلف در دو خاک لومرسی و لوم‌شنی پرداختند. نتایج نشان از عملکرد مناسب مدل کاستیاکوف اصلاح شده و عملکرد نامناسب مدل حفاظت خاک آمریکا داشت. نتایج تحقیق Shukla et al. (2003) در منطقه اوهایو آمریکا نشان داد مدل هورتون نسبت به سایر مدل‌ها از عملکرد بهتری در برآورد نفوذ تجمعی برخوردار است. در مطالعه Neshat and Parezkar (2007) مقایسه عملکرد مدل‌های مختلف در برآورد نفوذ تجمعی و سرعت نفوذ اندازه‌گیری شده به روش استوانه‌های مضاعف نشان داد که مدل کاستیاکف مناسب‌ترین مدل برای برآورد نفوذ تجمعی و سرعت نفوذ است. Javadi et al. (2016) در شرایط مختلف کیفیت آب آبیاری ضرایب معادلات مختلف نفوذ را برآورد کردند، نتایج تحقیق آنها نشان داد معادله هورتون مناسب‌ترین و کاستیاکف ضعیف‌ترین معادله برای شدت نفوذ آب به خاک است. Rauf and Sadaei Azar (2014) در ارزیابی مدل‌های نفوذ آب خاک نشان دادند برای کاربری جنگل مدل کاستیاکوف-لوئیز، برای کاربری مرتع مدل گرین-آمپت و برای کشاورزی مدل فیلیپ بهترین مدل‌ها برای کمی کردن نفوذ آب در خاک است. از آنجا که هر کدام از مدل‌های نفوذ براساس اطلاعات مربوط به تعداد محدودی نمونه خاک و یا با در نظر گرفتن فرضیاتی خاص به دست آمده‌اند لذا دامنه استفاده از آنها در خاک‌های مختلف چندان مشخص نیست بنابراین ارزیابی کارایی این در خاک‌های مناطق مختلف ضروری به نظر می‌رسد.

* Soil conservation service

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

استان لرستان با وسعت 28308 کیلومتر مربع در موقعیت جغرافیائی 32 درجه و 40 دقیقه تا 34 درجه و 23 دقیقه عرض شمالی و 46 درجه و 50 دقیقه تا 50 درجه و 1 دقیقه طول شرقی در مسیر شمالی-جنوبی زاگرس و قسمت میانی این سلسله جبال قرار دارد و 1/7 درصد مساحت کل کشور را به خود اختصاص داده است. متوسط بارندگی سالانه 516 میلیمتر است. رژیم رطوبتی و حرارتی خاکهای منطقه به ترتیب Thermic, Xeric می

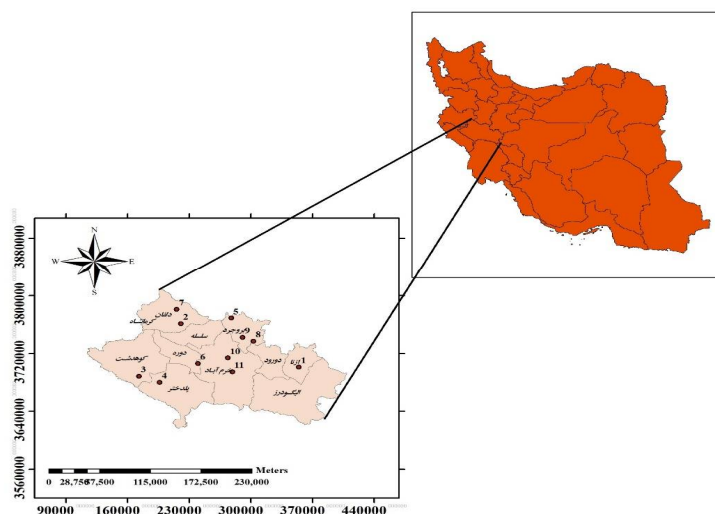
باشد.

محل نقاط اندازه گیری

در این مطالعه 11 نقطه در مناطق مختلف استان لرستان انتخاب و اندازه گیری نفوذ تجمعی با استفاده از حلقه دوگانه در این نقاط انجام شد. برخی ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک در مناطق مورد مطالعه در جدول 1 آورده شده است. نقشه پراکندگی نقاط در سطح استان در شکل 1 نشان داده شده است. این نقاط در اراضی کشاورزی عمده استان واقع شده اند.

جدول 1- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در مناطق مورد مطالعه

ردیف	نام ایستگاه	درصد رس	درصد سیلت	درصد شن	EC (dS/m)	pH	درصد کربن آلی	درصد آهک
1	ازنا	52	40	8	0/65	7/65	0/86	22/1
2	سرناو (نورآباد)	48	49	3	0/43	7/68	0/95	16/3
3	کوهدشت	28	47	25	0/5	7/82	0/91	39/4
4	پلدختر	16	23	61	2/31	7/39	0/88	28/4
5	جوجه حیدر (بروجرد)	41	49	10	0/74	7/74	0/75	19/1
6	دوره	36	43	25	0/74	7/82	1/02	26/4
7	ده پهلوان (نور آباد)	41	52	7	0/41	7/71	1/02	28/6
8	خایان (بروجرد)	46	19	35	0/77	7/66	1/56	14/7
9	کیوره (بروجرد)	18	35	47	0/55	7/65	0/54	22/9
10	سرنمک (خرم آباد)	40	48	12	0/54	7/73	1/06	23/3
11	ازنا سگوند (خرم آباد)	34	47	18	0/57	7/87	1/8	31/9



شکل 1- محل نقاط اندازه گیری در سطح استان لرستان

مدل کاستیاکوف (KM)

کاستیاکوف یک مدل تجربی برای محاسبه سرعت نفوذ به صورت زیر ارائه کرد (Kostiakov, 1932):

$$f(t) = mt^{-n} \quad (1)$$

که در آن $f(t)$ نرخ نفوذ (cm/min) به صورت تابعی از زمان، m و n پارامترهای مدل و t نیز زمان (min) می‌باشد.

مدل کاستیاکوف اصلاح شده (MKM)

مدل کاستیاکوف اصلاح شده برای زمان‌های طولانی به صورت رابطه 2 می‌باشد:

$$f(t) = mt^{-n} + i_c \quad (2)$$

که در آن $f(t)$ نرخ نفوذ (cm/min) به صورت تابعی از زمان، t زمان (min)، m و n پارامترهای مدل و i_c سرعت نفوذ نهایی یا پایه (cm/min) می‌باشد.

مدل فیلیپ (PM)

فیلیپ رابطه‌ای برای محاسبه نفوذ بر اساس خصوصیات فیزیکی خاک و آب در دسترس در خاک، به صورت رابطه 3 ارائه کرد (Philips, 1957):

$$f(t) = \frac{1}{2} S t^{-0.5} + A \quad (3)$$

که در آن $f(t)$ نرخ نفوذ (cm) به صورت تابعی از زمان، t زمان (min)، S ضریب جذبی خاک است (cm/min^{0.5}) و A پارامتر مربوط به خاک و بیانگر نیروی گرانشی خاک می‌باشد.

مدل حفاظت خاک آمریکا (SCS)

حفاظت خاک آمریکا بر اساس مدل کاستیاکوف و آزمایشات متعدد رابطه‌ای به صورت زیر ارائه کرد (US Department of Agriculture, 1974):

$$f(t) = mt^n + 0.6985 \quad (4)$$

که در آن $f(t)$ نرخ نفوذ (cm/min) به صورت تابعی از زمان، t زمان (min)، m و n پارامترهای مدل می‌باشند.

به منظور محاسبه نفوذ آب به خاک با استفاده از روابط تجربی و فیزیکی، ابتدا لازم است تا ضرایب ثابتی که در این روابط قرار دارند استخراج شوند. یکی از راه‌های استخراج این ضرایب، ابزار Solver اکسل است. برای این منظور مقادیر عمق آب نفوذ یافته نسبت به زمان با معادلات مذکور برازش داده شد، این کار طوری انجام شد

که شاخص ریشه میانگین مربعات خطا حداقل مقدار را داشته باشد.

شاخص‌های ارزیابی

برای انتخاب مدل مناسب نفوذ آب به خاک در سطح استان لرستان، مدل‌های مختلف با شاخص‌های خطاسنجی مبتنی بر پارامترهای آماری مورد ارزیابی قرار گرفت. در این پژوهش شاخص‌های ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE)، میانگین خطای مطلق (MAE) و نسبت میانگین (MR) که به صورت زیر محاسبه می‌شوند، مورد استفاده قرار گرفت.

$$MSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{y}_i)^2}{n}} \quad (5)$$

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - \bar{y}_i|}{n} \quad (6)$$

$$MR = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{y_i} \quad (7)$$

که در این روابط x_i و y_i به ترتیب مقدار اندازه‌گیری شده و نتایج حاصل از مدل‌ها، همچنین y_{avg} میانگین نتایج حاصل از مدل‌ها است. مقادیر آماره‌های ریشه میانگین مربعات خطا و میانگین خطای مطلق همواره مثبت بوده و بهترین حالت عملکرد زمانی است که مقدار به صفر نزدیک شود. شاخص نسبت میانگین به منظور بیش‌برآوردی یا کم‌برآوردی مدل‌ها نسبت به مقدار اندازه‌گیری شده، مورد استفاده قرار گرفت.

تجزیه واریانس یک‌طرفه (ANOVA)

از آنالیز واریانس یک طرفه برای تعیین اینکه آیا بین میانگین دو یا چند گروه مستقل تفاوت معنی‌داری وجود دارد یا خیر، استفاده می‌شود. فرض صفر (H_0) در این آزمون، یکسان بودن میانگین همه نمونه‌ها است:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \dots = \mu_k \quad (8)$$

که در آن μ میانگین گروه و k تعداد گروه است. برای تحلیل تجزیه واریانس از آماره‌های F و P استفاده می‌شود. آماره F با F بحرانی و مقدار P با سطح معنی‌داری α (=0/05) مقایسه می‌شود. چنانچه مقدار F بیشتر یا مساوی مقدار بحرانی باشد ($F \leq F_{\text{بحرانی}}$)، فرض صفر رد و چنانچه کمتر از حد بحرانی باشد ($F > F_{\text{بحرانی}}$)، فرض

نتایج و بحث

در این پژوهش برای محاسبه نفوذ آب به خاک با استفاده از روش‌های غیرمستقیم در نقاط نمونه‌برداری، مدل‌های نفوذ کاستیاکوف، کاستیاکوف اصلاح شده، فیلیپ و SCS انتخاب شدند. برای بررسی این مدل‌ها از اطلاعات نفوذ میدانی استفاده شد. تلاش بر این بود تا این مدل‌ها با مشاهدات آزمایشی ارزیابی شده و مقادیر عددی مناسبی برای پارامترهای معادلات ارائه شود.

سپس مدل‌های نفوذ با استفاده از شاخص‌های ریشه میانگین مربعات خطا، میانگین خطای مطلق و نسبت میانگین مورد ارزیابی قرار گرفتند. بهترین مدل بر اساس حداقل مقادیر این شاخص‌های خطاسنجی انتخاب شد. جدول 2 دربردارنده مقادیر شاخص‌های ارزیابی آزمایش می‌باشد. بر اساس این شاخص‌ها، مدل کاستیاکوف برای مناطق: سرناوه، کوه‌دشت، پلدختر، جوجه‌حیدر و دورود، مدل SCS برای مناطق: ازنا، ده‌پهلوان، سرنمک و ازنا، سگون و مدل فیلیپ برای مناطق خایان و کیوره بیشترین دقت را نسبت به داده‌های مشاهداتی و سایر مدل‌های تجربی داشته‌اند. در طرف مقابل مدل SCS در مناطق کوه‌دشت، پلدختر، جوجه‌حیدر، دورود و کیوره،

صفر تأیید می‌شود
مدل کاستیاکوف اصلاحی در سرناوه، خایان و سرنمک و مدل فیلیپ در ازنا، ده‌پهلوان و ازنا، سگون دارای بدترین عملکرد بوده‌اند. نتایج حاصل از مقادیر نفوذ میدانی و مقادیر نفوذ محاسبه شده با مدل‌های مختلف در شکل 2 نشان داده شده است.

نتایج این نمودارها نیز تایید کننده نتایج حاصل از شاخص‌های خطاسنجی است. همانطور که از نمودارهای شکل 2 قابل ملاحظه است در سرناوه، کوه‌دشت، پلدختر، جوجه‌حیدر و دورود، مدل کاستیاکوف، در مناطق ازنا، ده‌پهلوان، سرنمک و ازنا، سگون، مدل SCS و در مناطق خایان و کیوره مدل فیلیپ دارای بهترین برآزش نسبت مقادیر نفوذ میدانی هستند. این نتایج نشان دهنده متفاوت بودن ویژگی‌های خاک در نقاط مختلف استان است. و برای هر منطقه لازم است از مدل مناسب استفاده شود. براساس تحقیق Lashani zand et al., 2011 استان لرستان دارای 4 ناحیه اقلیمی است که این شرایط اقلیمی می‌تواند بر خصوصیات خاک اثرگذار باشد.

جدول 2-مقادیر شاخص‌های ارزیابی مدل‌های مورد بررسی در ایستگاه‌های مختلف

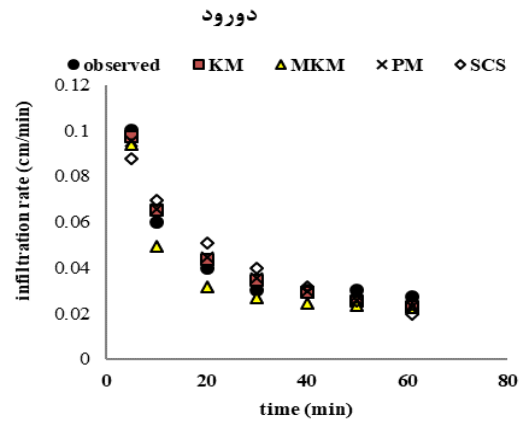
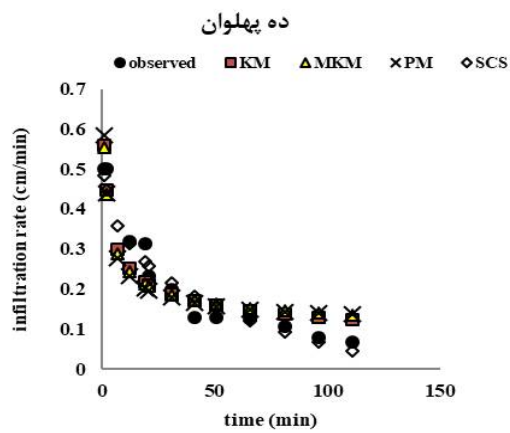
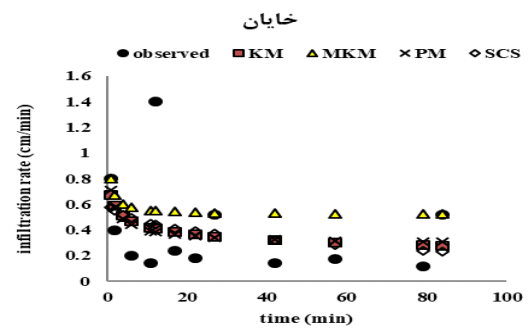
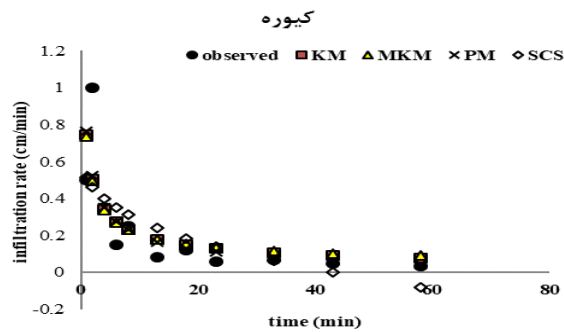
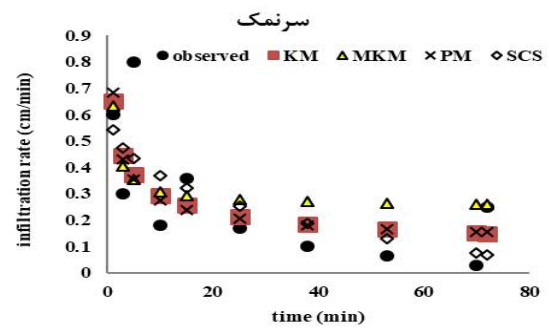
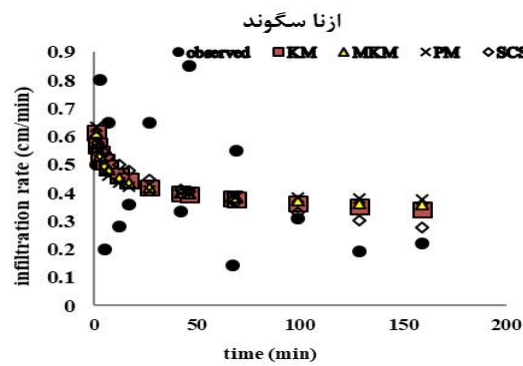
ردیف	نام ایستگاه	آماره خطا	مدل کاستیاکوف	مدل کاستیاکوف اصلاحی	مدل فیلیپ	مدل SCS
1	ازنا	RMSE	0/167	0/166	0/168	0/163
		MAE	0/137	0/138	0/14	0/117
		MR	0/873	0/92	0/963	0/788
2	سرناوه (نورآباد)	RMSE	0/017	0/331	0/021	0/219
		MAE	0/016	0/229	0/018	0/155
		MR	0/989	2/01	1	0/41
3	کوه‌دشت	RMSE	0/192	0/194	0/195	0/21
		MAE	0/102	0/104	0/108	0/121
		MR	0/911	0/879	0/855	1/02
4	پلدختر	RMSE	0/060663	0/068041	0/061761	0/143445
		MAE	0/048416	0/053939	0/049613	0/097637
		MR	1/041699	0/867336	1/009033	1/433698
5	جوجه حیدر (بروجرد)	RMSE	0/048695	0/053474	0/058662	0/155498
		MAE	0/037953	0/041514	0/04896	0/119933

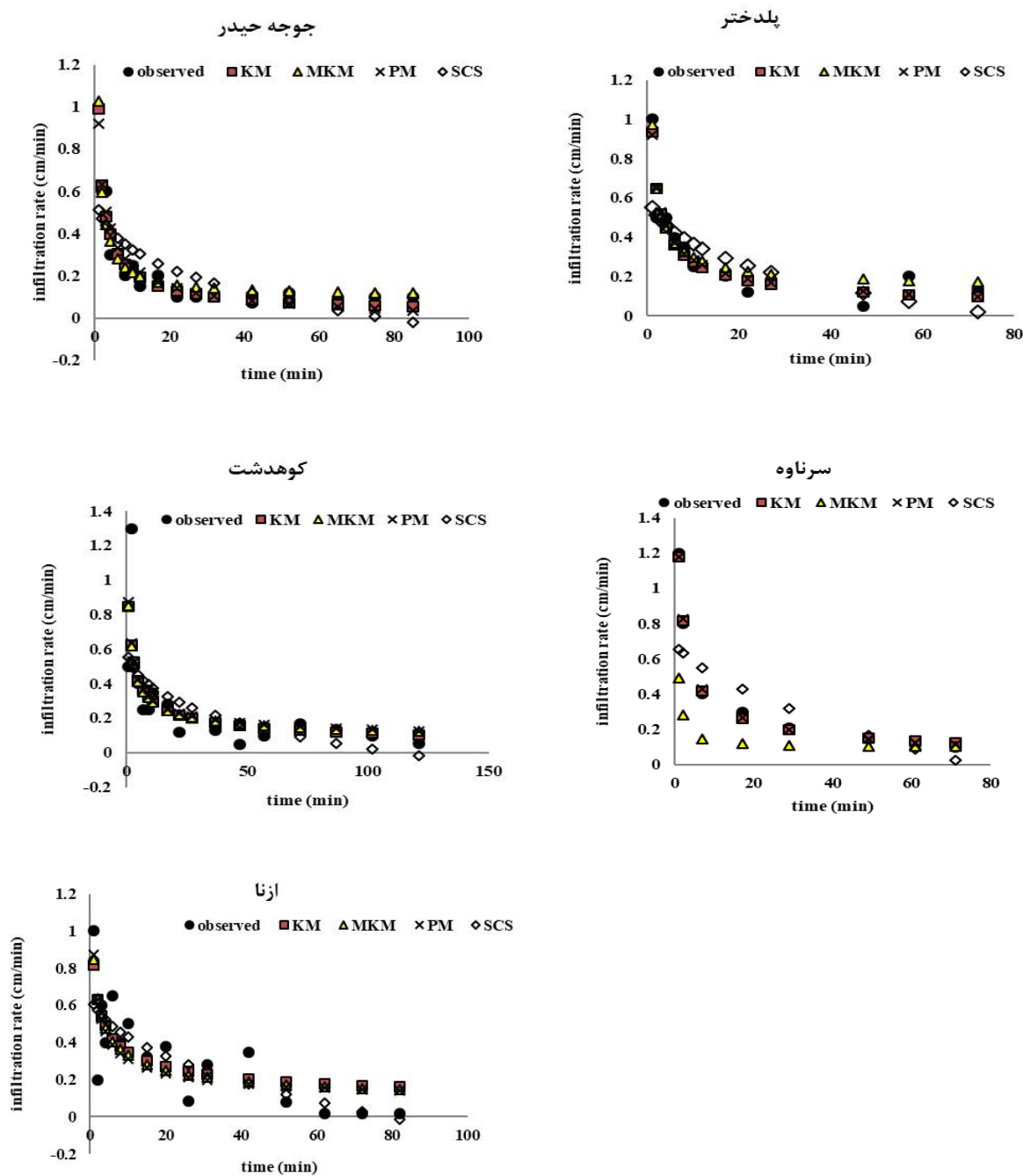
1/742594	1/200274	0/887116	1/12539	MR	دوره	6
0/008775	0/004441	0/006729	0/003893	RMSE		
0/008053	0/004108	0/00634	0/003633	MAE		
1/004674	1/007518	1/19332	0/017501	MR		
0/032682	0/059356	0/053983	0/048243	RMSE	ده پهلوان (نور آباد)	7
0/027223	0/052399	0/047732	0/041381	MAE		
1/033489	0/967212	0/0944795	0/943095	MR		
0/3291	0/328213	0/369938	0/327774	RMSE		
0/244996	0/230495	0/295479	0/236125	MAE	خیان (بروجرد)	8
1/012407	0/99412	0/702455	0/99494	MR		
0/187506	0/171827	0/178656	0/0175792	RMSE		
0/121778	0/097373	0/114197	0/109026	MAE		
-4/63281	0/868229	0/776718	0/78998	MR	کیوره (بروجرد)	9
0/16044	0/170486	0/191642	0/165352	RMSE		
0/128448	0/131757	0/150199	0/129213	MAE		
1/0891	0/956031	0/807076	0/935593	MR		
0/201316	0/210277158	0/20689	0/205694	RMSE	سرنمک (خرم آباد)	10
0/166039	0/182632712	0/178168	0/17556	MAE		
0/985327	0/999436422	0/991279	0/993037	MR		
					ازناسگوند(خرم آباد)	11

al., 2012 در ارزیابی و تعیین ضرایب مدل‌های نفوذ آب به خاک در سه نمونه خاک از دشت اشرینان دریافتند که مدل کوستیاکوف با متوسط خطای نسبی 8 درصد، مناسب‌ترین مدل برای برآورد میزان نفوذ تجمعی در این اراضی می‌باشد که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد. در منطقه پلدختر و کوهدشت که دو منطقه نزدیک به هم هستند و از لحاظ اقلیمی تقریباً مشابه می‌باشند مدل کاستیاکف بهترین عملکرد را داشته است.

همان طور که از نمودارها پیداست در اکثر نمونه‌ها مدل SCS دارای خطای بیش برآوردی است، این نتایج با نتایج حاصل از تحقیقات Maleki et al., 2012 در اراضی دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان مطابقت دارد.

با توجه به نمودارهای شکل 3 در منطقه ازنا سگوند مقادیر برآورد شده توسط مدل‌های مورد مطالعه همپوشانی خوبی با مقادیر مشاهده شده ندارد و لازم است مدل‌های بیشتری برای این منطقه مورد مطالعه قرار گیرد. در منطقه سرنمک اکثر مدل‌ها دارای خطای بیش برآوردی هستند و مدل SCS مطابقت بیشتری با داده‌های مشاهده شده دارد. این روند برای مناطق ازنا و ده پهلوان هم مشاهده می‌شود. برای مناطق کیوره و خیان از توابع شهرستان بروجرد که هر دو در یک اقلیم قرار دارند مدل‌ها رفتار متفاوتی نشان داده‌اند. که این موضوع نشان دهنده متفاوت بودن بافت و سایر خصوصیات خاک در این دو منطقه است. البته مدل فیلیپ در هر دو منطقه برازش خوبی نسبت به سایر مدل‌ها داشته است. برای منطقه جوجه حیدر از توابع اشرینان شهرستان بروجرد مدل کاستیاکف بهترین عملکرد را داشته است. Goodarzi et





شکل 3- نمودار مقایسه‌ای نتایج مشاهداتی نفوذ و نتایج مدل‌های نفوذ در ایستگاه‌های مختلف

برآورد نفوذ تجمعی در مدل کوستیاکوف لوییز در مقایسه با سایر مدلها، از روند پایداری بیشتری برخوردار بوده و در اکثر کلاس‌های بافتی خاک و کاربری‌های موردبررسی حائز رتبه نخست ارزیابی است. (Basirat et al., (2013

Batoukhteh et al (2021) در ارزیابی مدل‌های نفوذ آب به خاک در برخی کلاس‌های بافتی خاک و کاربری راضی در حوضه دریاچه ارومیه با استفاده از استوانه‌های مضاعف دریافتند که نحوه

واسنجی و ارزیابی برخی مدل‌های نفوذ آب در خاک با بهره‌گیری از روش استوانه‌های مضاعف در بیرجند دریافتند معادله کوستیکوف-لویی‌س بهترین مدل شبیه‌سازی نفوذ در خاک‌های با بافت لوم و لوم شنی برای منطقه مورد مطالعه می‌باشد. (Hsu et al., 2002) عملکرد مدل‌های فیلیپ، گرین-آمپت و هورتون را در بافت‌های مختلف خاک ارزیابی نمودند. در بین مدل‌های ارزیابی شده پارامترهای مدل گرین-آمپت همخوانی بیشتر و دقیق‌تری با داده‌های اندازه‌گیری شده نشان داد.

به منظور بررسی معنی‌دار بودن اختلاف بین داده‌های محاسباتی نفوذ با مدل‌های مختلف با داده‌های میدانی نفوذ، از روش تجزیه واریانس یک‌طرفه استفاده شد. جدول 3 نشان دهنده تجزیه واریانس یک‌طرفه مدل‌های نفوذ مورد ارزیابی می‌باشد. بر اساس نتایج این آزمون و با توجه به مقادیر آماره F مربوط به هر مدل، بین مقادیر میدانی نفوذ و مقادیر تخمینی توسط مدل‌های کاستیاکوف، کاستیاکوف اصلاحی، فیلیپ و SCS از نظر آماری اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

جدول 3- مقدار آماره‌های تجزیه واریانس مدل‌های مورد ارزیابی

مدل	P-value	F	F بحرانی
کاستیاکوف	0,567838478	0,327086652	3,874883742
کاستیاکوف اصلاحی	0,644571552	0,21327443	
فیلیپ	0,326270734	0,967030885	
SCS	0,57958331	0,307626128	

بررسی نتایج حاصل، بیانگر عملکرد قابل قبول مدل کاستیاکوف و عملکرد ضعیف مدل SCS در بیشتر نقاط مورد مطالعه می‌باشد. (Zolfaghari et al., 2012) و (Sameni et al., 2013) نیز در پژوهش خود مدل SCS را نامناسب‌ترین مدل معرفی کردند.

نتیجه‌گیری

مدل‌های نفوذ از جمله ابزارهای مهم مدیریت سیستم‌های منابع آب به‌شمار می‌روند. از این‌رو ارزیابی و انتخاب مدل‌های مناسب برای هر منطقه، نقش موثری در مدیریت منابع ایفا می‌کند. در این مطالعه با استفاده از داده‌های

میدانی نفوذ، به ارزیابی چهار روش نفوذ آب به خاک که در بردارنده مدل‌های تجربی و فیزیکی بود، در نقاطی از سطح استان لرستان پرداخته شد. براساس یافته‌های مقاله و مقایسه مدل‌ها در مناطق مختلف، مدل کاستیاکوف دارای عملکرد قابل قبولی در برآورد میزان نفوذ آب به خاک بود که در کنار سادگی این مدل، مزیتی کاربردی برای این مدل به حساب می‌رود. در طرف مقابل مدل SCS عملکرد ضعیفی از خود نشان داد.

منابع

- Argyrokastitis I., Kerkides P. 2003. A note to the variable sorptivity infiltration equation. *Water Resource Management*. 17, pp.133-145.
- Basirt J., Basirt R., Gohri A. and Bani Asadi, B. 2013. calibrating and evaluating some models of water infiltration in the soil using the double ring method, National Conference on non-active defense in the agricultural sector, Qeshm
- Batoukhteh F., Khoshravesh M., Dehghanisani H. 2021. Evaluating Some Infiltration Models Under Different Soil Texture Classes and Land Uses, *Journal of Water Research in Agriculture*, 35(1), pp. 73-87. conference on sustainable development of natural resources in the west of the country, Lorestan, May 14.
- Corradini C. 2014. Soil moisture in the development of hydrological processes and its determination at different spatial scales. *Journal of Hydrology* 516, pp. 1-5.
- Goodarzi L., Akhond Ali A., and Zarei H. 2012. Evaluation and determination of filtration models parameters in Oshtorinan plain', *Journal of Water and Soil Resources Conservation*, 1(3), pp.39-46.
- Green W.H., Ampt G. 1911. Studies of Soil Physics, Part 1. The flow of air and water through soils. *Journal of Agricultural Science*. 4, pp. 1-24.
- Horton R.E. 1940. An Approach Towards a Physical Interpretation of Infiltration Capacity. *Soil Science Society of America Proceedings*. 5, pp. 399-417.
- Hsu S.M., Ni C.F. and Hung P.F. 2002. Assessment of three infiltration formulas based on model fitting and Richards's equation. *Journal of Hydrology Engineering*, 7: 373-379.
- Javadi, A., Mostafazadeh B., Shayannejad M. Mossadeghi M. 2016. Evaluation of water infiltration equations to soil under conditions of integration of irrigation water quality, initial soil moisture and constant water load', *Water Research in Agriculture*, 31(3), pp. 469-482. (in Persian)
- Kostiakov A. N. 1932. On the dynamics of the coefficient of water-percolation in soils and on the necessity for studying it from a dynamic point of view for purposes of amelioration. *Trans*, Vol. 6, pp. 17-21
- Lashani zand M., Parvaneh B., and Beyranvand F. 2011. Climatic zoning of Lorestan province using statistical methods and determining the most suitable experimental method. *Natural Geography*, 4, 89-106.
- Melki A., Namdarian K., Khaksar p. 2011. Determining the coefficients of infiltration equations and evaluating them in the lands of the Faculty of Agriculture of Lorestan University. The first regional conference on sustainable development of natural resources in the west of the country, Lorestan, May 14.
- Mezencev V.J. 1948. Theory of formation of the surface runoff. *Meteorologiae Hidrologia*, 3, pp. 33-40.
- Neshat A., Parezkar M. 2007. The comparison of methods for determining the vertical infiltration rate. *Journal of Agriculture and natural resources*. 14(3), pp. 186-195.
- Parkhami Iraqi F., Mirlatifi S., Qurbani Dashtaki Sh., Mehdiyan M.H. 2019. Evaluation of some soil infiltration models in some soil textural classes and land uses. *Iranian Irrigation and Drainage Journal*. 4(2), pp. 193-205. (in Persian)
- Philips J. R. 1957. The theory of infiltration: The infiltration equation and its solution. *Soil Science*. 83(5), pp. 345-358.
- Rauf M., Sadaei Azar Z. 2014. Evaluation of some models of water infiltration in the soil in different uses. *Iranian Water Research Journal*. 10(2), pp. 27-36. (in Persian)
- Sameni A., Pakjo M., Mousavi S., Kamkar haghghi A. A. 2013. Evaluation of several water-soil relationships using saline and sodium water. *Journal of water research in agriculture*, 28(2), pp. 395-408. (in Persian)
- Shukla M.K., Lal R., Owens L.B., Unkefer P. 2003. Land Use and Management Impacts on Structure and Infiltration Characteristics of Soils in the North Appalachian Region of Ohio. *Soil Science*, 168 (3), pp. 167-177.
- US Department of Agriculture, Natural Resources and Conservation Service. 1974. *National Engineering Handbook*. Section 15. Border Irrigation. National Technical Information Service, Washington, DC, Chapter 4.
- Zolfaghari A., Mirzaee S., Gorji M. 2012. Comparison of different models for estimating cumulative infiltration. *International Soil Science*, 7, pp.108-115.