



برآورد هدایت هیدرولیکی اشباع با استفاده از توابع انتقالی در کاربری‌های مختلف اراضی برخی خاک‌های استان چهارمحال و بختیاری

احمد کریمی و جهانگرد محمدی

به ترتیب استادیار و دانشیار گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد
آدرس: دانشگاه شهرکرد دانشکده کشاورزی karimia1342@yahoo.com

چکیده

هدایت هیدرولیکی اشباع خاک (K_s) برای مطالعه حرکت آب و املاح، طراحی سیستم‌های زهکشی و سرعت نفوذ آب به خاک ضروری است. اندازه‌گیری مستقیم آن وقت‌گیر و پرهزینه است به این جهت سعی شده برای برآورد آن بتوان غیرمستقیم رابطه ای با سایر خصوصیات زودیافت خاک برقرار کرد. توابع انتقالی یکی از روش‌های غیرمستقیم بوده که ویژگی‌های دیریافت را از زودیافت برآورد می‌نماید. هدف از این پژوهش اشتقاق توابع انتقالی در کاربری‌های مختلف اراضی است تا بتوان بر مبنای آن K_s را از ویژگی‌های زودیافت خاک برآورد نمود. به این منظور 111 نمونه خاک به صورت شبکه با فواصل 1 کیلومتری برای تعیین جرم ویژه ظاهری و K_s به روش بار افتان تهیه گردید. خاکهای منطقه در دو کاربری، اراضی تحت زراعت و مرتع طبیعی قرار گرفت. برای ایجاد توابع انتقالی از رگرسیون خطی چندگانه با استفاده از نرم‌افزار *Statistica* و آزمون نرمال بودن داده‌ها به وسیله *MiniTab* انجام و سپس آزمون همبستگی K_s با ویژگی‌های زودیافت خاک انجام شد. نتایج نشان داد در اراضی تحت زراعت K_s بیشترین همبستگی مثبت را با جرم ویژه ظاهری و میانگین هندسی قطر ذرات دارد. این همبستگی با درصد رس منفی است. مناسب ترین توابع بدست آمده در برآورد K_s در اراضی تحت زراعت و مرتع به ترتیب 53 و 14 درصد از تغییرات کل مشاهدات را با رابطه خطی توجیه می‌کنند. توابع ارائه شده در اراضی تحت زراعت ضریب تبیین بالاتری نسبت به توابع ارائه شده در کاربری مرتع دارند. نتایج نشان داد توابع بدست آمده K_s را کمتر از مقدار واقعی برآورد می‌کنند.

کلمات کلیدی: پارامترهای زودیافت خاک، توابع انتقالی، کاربری اراضی، هدایت هیدرولیکی اشباع

مقدمه

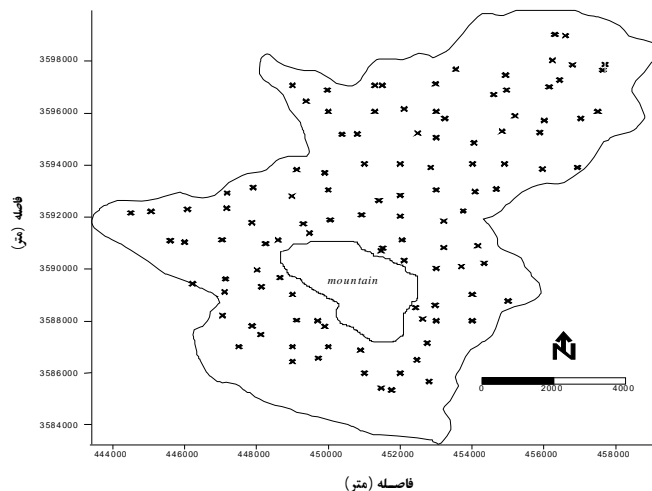
هدایت هیدرولیکی اشباع خاک (K_s) یکی از مهمترین ویژگی‌های خاک در کنترل نفوذ آب و رواناب سطحی، آبشویی علف‌کش‌ها از زمین‌های کشاورزی و انتقال آلودگی‌ها از مناطق آلوده به آب‌های زیرزمینی است. این پارامتر به عنوان یک متغیر کلیدی، ورودی همه مدل‌هایی می‌باشد که در ارتباط با چرخه هیدرولوژیکی هستند. هر چند روش‌هایی برای اندازه‌گیری مستقیم این ویژگی پیشنهاد شده است لیکن اندازه‌گیری مستقیم این ویژگی چه به صورت صحرائی و چه در آزمایشگاه بسیار وقت‌گیر و پرهزینه می‌باشد. علاوه بر این به دلیل تغییرات زیاد زمانی-مکانی خاک‌ها، اندازه‌گیری‌های مستقیم نقطه‌ای نمی‌توانند نماینده واقعی این ویژگی خاک باشند، مگر آنکه تعداد بسیار زیادی نمونه‌برداری صورت پذیرد. توابع انتقالی خاک یکی از روش‌های غیرمستقیمی است که می‌تواند با صرف وقت و هزینه کمتر ویژگی‌های دیریافت خاک از جمله K_s را برآورد نماید. نخستین تحقیق در زمینه توابع انتقالی در سال 1907 توسط بریگس و مک لان بر روی ضریب پزردگی صورت گرفت. رآلز و همکاران (1993) تابعی را براساس تخلخل



مؤثر و مکش ورود هوا برای تخمین K_S ارائه کردند، اما برآوردها قابل مقایسه با اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی نبودند. وستن و همکاران (1997) هدایت هیدرولیکی اشباع را با استفاده از پارامترهای جرم ویژه ظاهری، ماده آلی و فراوانی رس برآورد نمودند. جارویس و همکاران (2002) به منظور برآورد هدایت هیدرولیکی در پتانسیل ماتریک 10- کیلوپاسکال از توزیع اندازه‌های ذرات خاک، میانگین هندسی قطر ذرات، مقدار کربن آلی، جرم ویژه ظاهری و تخلخل مؤثر استفاده نمودند. نتایج پژوهش آنها نشان داد توابع اشتقاق یافته در خاک‌های زراعی و غیر زراعی، 12 تا 19 درصد از تغییرات K_S را توجیه کرده و با محدود کردن مطالعه بر روی خاک‌های زراعی ضریب تبیین رگرسیون به 26 تا 44 درصد افزایش پیدا کرد. این پژوهشگران تغییر در مقدار ضریب تبیین را به نوسانات ساختمان خاک‌های زراعی در اثر فعالیت‌های کشاورزی نسبت دادند. نوایان و همکاران (1382) از جرم مخصوص ظاهری، تخلخل مؤثر، میانگین هندسی قطر ذرات برای برآورد K_S استفاده نمودند. نتایج نشان داد که پارامترهای جرم مخصوص ظاهری، میانگین هندسی قطر ذرات و انحراف معیار قطر ذرات به عنوان پارامترهای بیان کننده ساختمان خاک تأثیر بیشتری بر K_S دارند.

مواد و روشها

این تحقیق در حوزه آبخیز مرغملک از زیرحوزه‌های زاینده‌رود با مساحت 97 کیلومترمربع (باحذف کوه‌ها) انجام شد. در این منطقه دو کاربری عمده اراضی تحت زراعت (شامل کشت دیم و آبی) و کاربری مرتع وجود دارد. نمونه‌برداری از خاک سطحی به صورت شبکه شبه‌منظم با فواصل 1 کیلومتری و از عمق 0-30 سانتی‌متر انجام شد. تعداد کل نمونه‌ها 111 عدد و حداقل فاصله بین نمونه‌ها 150 متر بود. جرم ویژه ظاهری با استفاده از استوانه‌های فلزی به قطر 6 سانتی‌متر و ارتفاع 5 سانتی‌متر و هدایت هیدرولیکی اشباع به روش بار افتان اندازه‌گیری شد. موقعیت نمونه‌ها در شکل 1 نشان داده شده است.



شکل 1- الگوی نمونه‌برداری و موقعیت نمونه‌ها در منطقه مورد مطالعه



به منظور بررسی ارتباط بین پارامترهای زودیافت خاک و K_s در شرایط مختلف، خاکهای منطقه در دو کاربری اراضی تحت زراعت و مرتع طبیعی قرار گرفت. برای ایجاد توابع انتقالی از روش رگرسیون خطی چندگانه، از نرم‌افزار *Statistica* استفاده گردید. در روش تجزیه و تحلیل رگرسیونی آزمون نرمال بودن داده‌ها به وسیله نرم‌افزار *MiniTab* (موسسه نرم‌افزاری *state college*، 2004) مورد بررسی قرار گرفت و سپس آزمون همبستگی K_s با ویژگی‌های زودیافت خاک در دو کاربری انجام شد. برای اشتقاق توابع از رگرسیون خطی چندگانه میان متغیر وابسته K_s و متغیرهای مستقل جرم ویژه ظاهری، درصد رس، درصد سیلت، میانگین هندسی قطر ذرات و انحراف استاندارد هندسی قطر ذرات استفاده گردید. در کاربری اراضی تحت زراعت 10 عدد از نقاط بطور تصادفی برای اعتبارسنجی توابع انتخاب و جهت اشتقاق توابع از 56 نقطه دیگر استفاده شد. به منظور ارزیابی مدل‌های ارائه شده از پارامترهای آماری MEE ، $RMSE$ و R^2 استفاده گردید.

نتایج و بحث

نتایج آزمون همبستگی K_s با ویژگی‌های زودیافت خاک در کاربری‌های مختلف اراضی در جدول شماره 1 ارائه گردیده است. نتایج نشان می‌دهد در کاربری اراضی تحت زراعت K_s بیشترین همبستگی مثبت را با جرم ویژه ظاهری و با درصد رس همبستگی منفی و با میانگین هندسی قطر ذرات همبستگی مثبت دارد.

جدول 1- ضریب همبستگی پیرسن بین K_s و ویژگی‌هایی زودیافت خاک در کاربری‌های مختلف اراضی

کاربری اراضی	متغیرها	pb	$\%sand$	$\%silt$	$\%clay$	d_g	S_g	om
تحت زراعت	K_s	0/5*	0/25 ^{n.s}	0/01 ^{n.s}	-0/41*	0/35*	-0/05 ^{n.s}	-0/18 ^{n.s}
مرتع	K_s	0/19 ^{n.s}	0/19 ^{n.s}	-0/07 ^{n.s}	-0/23 ^{n.s}	0/23 ^{n.s}	-0/02 ^{n.s}	-0/08 ^{n.s}

* در سطح 0/05 معنی‌دار و $n.s$ غیر معنی‌دار است.

همچنین نتایج نشان داد که در اراضی با کاربری مرتع بین K_s و ویژگی‌های زودیافت خاک رابطه معنی‌داری وجود ندارد. احتمالاً دلیل این امر آن است که در کاربری مرتع، اراضی به شدت تحت چرا و فرسایش هستند و ساختمان خاک تا حدی از بین رفته است. دوفرا و همکاران (2007) و مردان و همکاران (2006) نتایج مشابهی را گزارش کردند. توابع بدست آمده جهت برآورد K_s در اراضی تحت زراعت و اراضی دیم، و آزمون اعتبارسنجی توابع به ترتیب در جدول 2 و 3 ارائه گردیده است. نحوه تنظیم جدول بر اساس رتبه بندی توابع در برآورد K_s می‌باشد.

جدول 2- آزمون اعتبارسنجی توابع اشتقاق یافته برآورد هدایت هیدرولیکی اشباع در اراضی تحت زراعت

شماره تابع	توابع	$RMSE$	MEE	R^2
1	$\ln(k_s) = -5.3 + 4.7rb - 0.07s_g$	0/7(1)	0/1(1)	0/51(2)
2	$\ln(k_s) = -6.7 + 4.5rb + 0.02silt$	0/8(2)	0/2(2)	0/53(1)



جدول 3- آزمون اعتبارسنجی توابع اشتقاق یافته بر آورد هدایت هیدرولیکی اشباع در اراضی با کاربری مرتع طبیعی

شماره تابع	توابع	RMSE	MEE	R ²
1	$\ln(k_s) = -3.7 + 2.7rb$	0/6(1)	0/3(1)	0/14(1)
2	$\ln(k_s) = -4.4 + 2.5rb$	0/8(2)	0/5(2)	0/13(2)

مقدار میانگین خطای تخمین (*MEE*) در جدول 2 نشان می‌دهد که هر دو تابع بدست آمده K_s را کمتر از مقدار واقعی برآورد می‌کنند. مقایسه پارامترهای آماری محاسبه شده نشان می‌دهد که تابع شماره 1 برآورد مناسب تری از K_s نسبت به تابع شماره 2 ارائه می‌کند. همچنین نتایج جدول 3 نشان می‌دهد که برای کلیه پارامترهای آماری که مبنای مقایسه قرار گرفته‌اند، تابع شماره 1 نسبت به تابع شماره 2 برتری نسبی دارد. مقادیر (*MEE*) محاسبه شده این توابع دلالت بر آن دارند که هر دو تابع اشتقاق شده در اراضی با کاربری مرتع در اکثر موارد K_s را کمتر از مقدار اندازه‌گیری شده برآورد می‌نمایند. نتایج بیانگر آن است که توابع ارائه شده در اراضی تحت زراعت به طور قابل توجهی ضریب تبیین بالاتری نسبت به توابع ارائه شده در کاربری مرتع دارند. احتمالاً در کاربری مرتع به دلیل فرسایش شدید ساختمان خاک تا حدی از بین رفته و پارامترهای معرف ساختمان خاک از جمله جرم ویژه ظاهری و میانگین هندسی قطر ذرات تأثیر کمتری بر K_s داشته‌اند.

همچنین نتایج بیانگر آن است که در هر دو کاربری جرم ویژه ظاهری نقش بیشتری در تغییرپذیری هدایت هیدرولیکی اشباع دارد. K_s به شدت تحت تأثیر بافت و ساختمان خاک است. با توجه به نتایج بدست آمده در خصوص تأثیر محسوس پارامترهای جرم ویژه ظاهری، d_g و S_g به عنوان پارامترهای بیان کننده ساختمان خاص هر خاک و همچنین تأثیرپذیری زیاد K_s از ساختمان خاک، به کار گرفتن پارامترهایی که بیشتر بیان کننده ساختمان خاک باشند، برای دست یافتن به توابعی با دقت بیشتر توصیه می‌شود.

نتایج بدست آمده از توابع اشتقاق یافته در این مقاله نشان داد توابعی که با استفاده از داده‌های حاصل از اندازه‌گیری آزمایشگاهی در منطقه مورد بررسی بدست آمدند به دلیل استفاده از پارامترهایی که تأثیر بیشتری بر K_s دارند نتیجه مناسب تری در برآورد K_s ارائه می‌دهند. بدین ترتیب می‌توان از آنها به عنوان تخمین اولیه در طراحی پروژه‌های آبیاری، زهکشی و منابع آب استفاده نمود. علت عدم دستیابی به تابعی با دقت بیشتر را می‌توان به ماهیت خاص K_s نسبت داد، به گونه‌ای که حتی طی چند اندازه‌گیری متوالی آزمایشگاهی و مزرعه‌ای نیز نمی‌توان مقداری ثابت برای K_s بدست آورد.

منابع

1. نوایان م، لیاقت ع ا و همایی م، 1382. تخمین هدایت هیدرولیکی اشباع با استفاده از توابع انتقالی، مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، جلد 4، شماره 6. صفحه‌های 1 تا 11
2. Briggs LJ and Mclane JW, 1907. The moisture equivalent of soil. USDA Bureau of soil bulletin 45: 1-23.
3. Duffera M. White G.J. and Weisz R. 2007. Spatial variability of southeastern U.S. coastal plain soil physical properties: Implication for site-specific management. Geoderma. 137:327-339.



دوازدهمین کنگره علوم خاک ایران
تبریز، 12 الی 14 شهریور 1390
(فیزیک خاک و رابطه آب خاک و گیاه)

4. Jarvis NJ, Zavattaro L, Rajkai K, Reynolds WD, Olsen PA McGechan M Mecke M Mohanty B Leeds-Harison PB and Jacques D, 2002. Indirect estimation of near-saturated hydraulic conductivity from readily available soil information. *Geoderma* 108:1-17.
5. Merdun H. Cinar O. Meral R. and Apan M. 2006. Comparison of artificial neural network and regression pedotransfer functions for prediction of soil water retention and saturated hydraulic conductivity. *Soil & Tillage Research*. 90:108-116.
6. Minitab 16.1.1. 2004. State College PA 16801-3008 USA
7. Wosten JHM, 1997. Pedotransfer functions to evaluation soil quality. In: Gregorich EG and Carter MR (Eds). *Soil quality for crop production and ecosystem health*. Elsevier. 464 pages.