بررسی زمین آماری تغییرات مکانی هدایت هیدرولیکی نزدیک به اشباع خاک در مکش های مختلف

سید علی اکبر موسوی[1] و علیرضا سپاسخواه[2]
1- استادیار بخش علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز
2- استاد بخش مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز
آدرس پست الکترونیکی مکاتبه کننده: aamousavi@gmail.com

چکیده

هدایت هیدرولیکی نزدیک به اشباع (K_ψ) خاک از ویژگی های موثر در نفوذ و جریان آب و همچنین انتقال املاح در خاک بوده که به دلیل تغییرات زیاد مکانی و زمانی استفاده از روش های آمارکلاسیک برای توصیف آن به تنهایی کارا نبوده و بایستی مدل های زمین آماری نیز استفاده شوند. مقدار K_ψ در شش مکش (0 تا 0/2 متر) در 69 نقطه از خاک با دستگاه نفوذسنج مکشی تعیین و ویژگی های آماری و تغییرات مکانی آنها بررسی شد. میانگین و ضریب تغییرات K_ψ با کاهش مکش و نزدیک شدن آن به صفر افزایش یافت. مدل های کروی و نمایی بهترین مدل های برازش یافته به نیم تغییر نما بود. همبستگی مکانی در K_ψ در مکش های کم، بیش از سایر مکش ها بود.

کلمات کلیدی: **کیفیت آب، نفوذسنج مکشی، هدایت هیدرولیکی نزدیک به اشباع**.

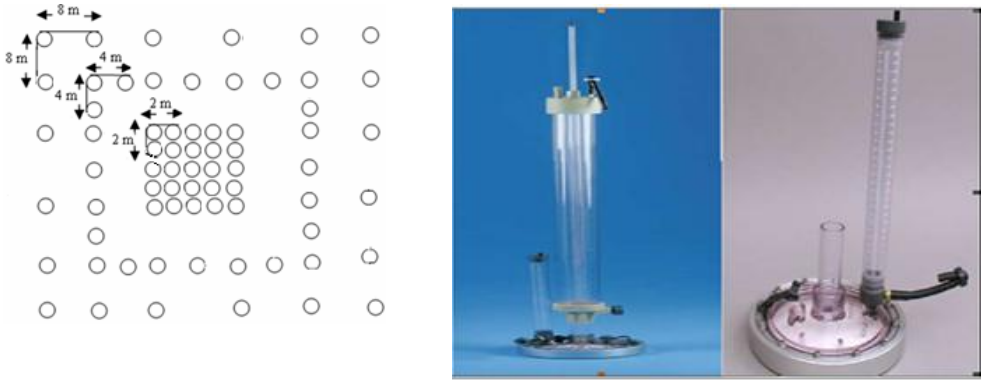
مقدمه

ویژگی های هیدرولیکی خاک از جمله هدایت هیدرولیکی نزدیک به اشباع (K_ψ) بر بسیاری از فرایندهای خاک مانند نفوذ آب به خاک، جریان آب در خاک، انتقال املاح، مواد شیمیایی و کودها در خاک موثر است. این ویژگی ها اغلب در ابعاد مکانی و زمانی تغییرات زیادی دارند به گونه ای که به دلیل این تغییرات مکانی و زمانی استفاده از روش های قطعی آمار کلاسیک برای توصیف آن به تنهایی کارا نبوده و برای توصیف دقیق تر این ویژگی ها بایستی از مدل های تصادفی (مدل های زمین آماری) به همراه آمار کلاسیک استفاده شود. از آنجا که یافته های متناقضی در ارتباط با مقیاس تغییرات مکانی برای هدایت هیدرولیکی خاک گزارش شده است و از طرفی تحقیقات اندکی تغییرات مکانی هدایت هیدرولیکی نزدیک به اشباع اندازه گیری شده در محل در مکش های مختلف را بررسی نموده اند لذا در این تحقیق تغییرات مکانی هدایت هیدرولیکی نزدیک به اشباع اندازه گیری شده در محل در مکش های مختلف ورود آب به خاک با استفاده از روش های زمین آماری بررسی و مقدار این ویژگی در نقاط اندازه گیری نشده تخمین زده شد و نقشه های هم مقدار رسم گردید.

مواد و روش ها

تحقیق حاضر در خاک سری دانشکده با بافت لوم رسی سیلتی واقع در ایستگاه تحقیقاتی باجگاه در دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز (ارتفاع 1810 متر بالای سطح آزاد دریا و 52 درجه و 32 دقیقه شرقی و 29 درجه و 36 دقیقه شمالی) انجام شد. آزمایش های نفوذ با استفاده از یک دستگاه نفوذ سنج مکشی تک صفحه با قطر 0/2 متر (شکل 1) در69

نقطه با فواصل 8، 4 و 2 متر از یکدیگر در یک طرح نمونه برداری تو در تو (به منظور بررسی تغییرات مکانی در مقیاس های مختلف) و به ترتیب در شش مکش 0/2، 0/15، 0/1، 0/06، 0/03 و0 متر انجام شد (شکل 2). بـه منظـور ایجـاد تماس هیدرولیکی مطمئن بین سطح خاک و دیسک دستگاه پس از صاف و تمیز کردن سطح خاک لایه نازکی از شـن ریز به ضخامت حدود 0/01 متر و با قطر 0/2 متر در سطح خاک قرار داده شد. سپس مخزن دستگاه از آب پر و مکش ورود آب به خاک به اندازه 0/2 متر تنظیم شد و مقدار نفوذ آب به خـاک از روی ارتفـاع آب موجـود در مخـزن مـدرج دستگاه هر 15 ثانیه یکبار در 3 دقیقه اول و سپس هر یک دقیقه یکبار تا رسیدن به حالت ماندگار انـدازه گیـری شـد. سپس مکش بعدی اعمال و عملیات اندازه گیری تکرار شد. هدایت هیدرولیکی نزدیک به اشـباع (K_ψ) در مکـش هـای ذکر شده با استفاده از داده های بدست آمده از نفوذ ماندگار و با اسـتفاده از روش پیـشنهاد شـده بـه وسـیله انکنـی و همکاران (1991) تعیین شد. ویژگی های آماری K_ψ با استفاده از نرم افزارهـای EXCEL و SPSS تعیـین و نرمـال بودن توزیع داده ها نیز بررسی شد (روش شپیرو – ویلک، 1968). تغییرات مکانی K_ψ اندازه گیری شده در مکش های مذکور با استفاده از نرم افزار GS+ بررسی و مقادیر این ویژگی ها در محل های نمونه برداری نشده تخمین زده شد و نقشه های هم مقدار رسم گردید.



شکل 1. دستگاه نفوذسنج مکشی استفاده شده برای اندازه گیری نفـوذ آب‌شکل 2. محل های آزمایشی (69 نقطه) در طـرح تودرتـوی به خاک. استفاده شده برای نفوذ آب به خاک در منطقه مورد مطالعه.

نتایج و بحث

جدول 1 ویژگی های آماری K_ψ اندازه گیری شده در مکش های مختلف را نشان مـی دهـد. میـانگین K_ψ بـا کـاهش مکش و نزدیک شدن آن به صفر افزایش یافته و ضریب تغییرات (نسبت انحراف معیار به میانگین) نیز با کاهش مکش و نزدیک شدن به حالت اشباع افزایش یافته که احتمالاً به دلیل مشارکت بخش بیشتری از روزنه های خاک (به ویـژه روزنه های درشت) در فرایند انتقال آب در خاک بوده است. با توجه به دسته بندی ارائه شده برای تغییرات ویژگی های خاک (ویلدینگ، 1985)، مقادیر K_ψ اندازه گیری شده در مکش های مختلف در گروه ویژگی هـای بـا تغییـرات زیـاد (ضریب تغییرات بیش از 36%) قرار می گیرند. مقدار آماره محاسبه شده برای بررسی نرمال بودن توزیع K_ψ در مکـش های مختلف با احتمال 90% به عدد 0/9 نزدیک است که نشان می دهد داده ها از توزیع تقریباً نرمال تبعیـت نمـوده و در بررسی های زمین آماری نیازی به تبدیل داده ها به داده های نرمال نمی باشد (جدول 1).

مدل های کروی و نمایی بهترین مدل های برازش یافته (با بیشترین ضریب تبیین و کمترین مجموع مربعات باقیمانده) به نیم تغییر نمای محاسبه شده مربوط به K_ψ اندازه گیری شده در مکش های مختلـف بـود. دامنـه نـیم تغییـر نمـا (فاصله ای که در آن داده ها همبستگی مکانی نشان می دهند) در سه مکش نزدیک به صفر (مکـش هـای 0 تـا 0/06

متر با میانگین دامنه حدود 49 متر) بیشتر از سایر مکش ها (0/1 تا 0/2 متر با میانگین دامنه 35 متر) بود در حالی که میانگین اثر قطعه ای (نسبت تغییرات بدون ساختار به تغییرات با ساختار) در سه مکش نزدیک به صفر (مکش های 0 تا 0/06 متر با میانگین اثر قطعه ای حدود 10 درصد) کمتر از سایر مکش ها (0/1 تا 0/2 متر با میانگین اثر قطعه ای حدود 25 درصد) بود که نشان می دهد همبستگی مکانی در K_ψ اندازه گیری شده در مکش های کم، بیش از سایر مکش ها بوده و برای تخمین K_ψ در مکش های کم در محل های نمونه برداری نشده می توان از مقادیر K_ψ مربوط به فواصل دورتری در مقایسه با مکش های زیادتر استفاده نمود (جدول 1). به طور کلی همبستگی مکانی K_ψ در مکش های مختلف بر اساس روش سان و همکاران (2003) متوسط تا زیاد تشخیص داده شد.

جدول 1. ویژگی های آماری و نیم تغییر نمای هدایت هیدرولیکی نزدیک به اشباع ($K_\psi \times 10^7$, $m\ s^{-1}$) در مکش های مختلف.

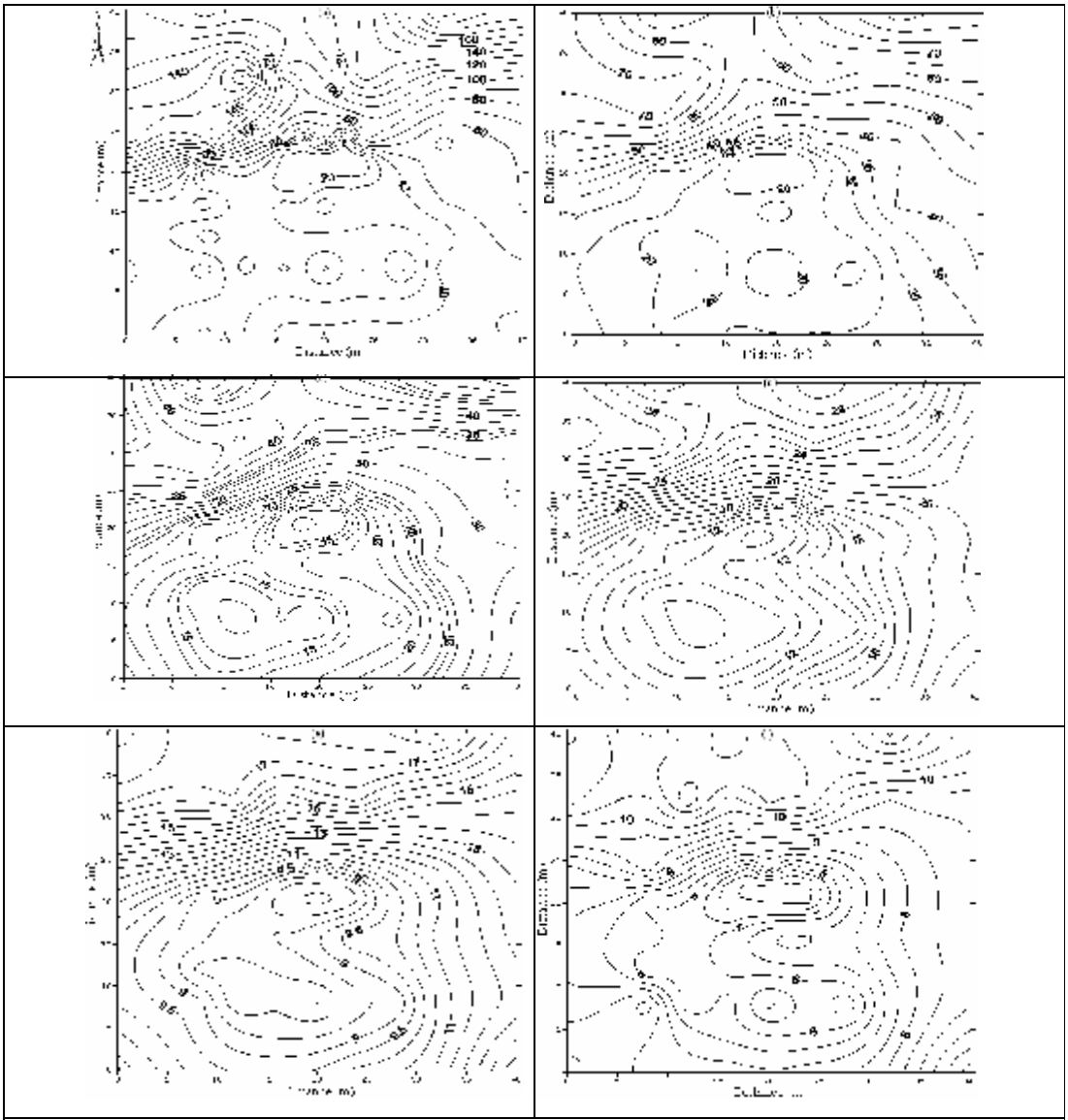
مکش (متر)	ویژگی های آماری					ویژگی های نیم تغییر نما				
	حداقل	حداکثر	میانگین	ضریب تغییرات* (%)	آماره توزیع نرمال*	مدل	آستانه	دامنه (متر)	اثر قطعه ای† (%)	ضریب تبیین مدل
0	۱/۱۹	۳۴/۵	۹/۹۱	۸۳/۹	۰/۸۷	کروی	۴۷۵۰	۵۰	۰/۲	۰/۹۹
0/03	۰/۹۶	۱۶/۱۵	۶/۰۹	۶۴/۰	۰/۸۹	کروی	۱۰۱۱	۵۶	۱۲	۰/۹۹
0/06	۰/۸۱	۹/۸۸	۴/۱۰	۵۵/۹	۰/۹۱	کروی	۲۸۵	۴۲	۱۸	۰/۹۹
0/1	۰/۵۴	۶/۱۶	۲/۸۱	۵۳/۵	۰/۹۰	کروی	۱۰۳	۳۳	۳۸	۰/۹۷
0/15	۰/۴۶	۴/۱۰	۱/۸۵	۴۸/۶	۰/۹۴	نمایی	۶۵	۵۸	۰/۷	۰/۹۸
0/2	۰/۳۱	۲/۵۸	۱/۲۵	۴۶/۷	۰/۸۹	نمایی	۱۶	۱۴	۳۶	۰/۹۹

*. آماره توزیع نرمال به روش شپیرو – ویلک (1965) محاسبه شده است و ضریب تغییرات نسبت انحراف معیار به میانگین داده ها می باشد.
†. اثر قطعه ای نسبت تغییرات بدون ساختار به تغییرات ساختاردار نیم تغییرنما است.

با استفاده از ویژگی های مدل برازش داده شده به نیم تغییر نمای محاسبه شده برای K_ψ در هر مکش، مقدار K_ψ با استفاده از روش کریجینگ نقطه ای در محل های نمونه برداری نشده تخمین زده شد و نقشه هم مقدار مربوط به K_ψ در هر مکش ترسیم و توزیع مکانی آن در منطقه مورد مطالعه بررسی شد (شکل 3). نقشه ها نشان می دهند توزیع مکانی K_ψ در یک مکش مشخص حتی در وسعت های کم مانند منطقه مورد مطالعه متفاوت بوده و همچنین نحوه توزیع مکانی K_ψ در مکش های مختلف متفاوت بوده به گونه ای که تراکم خطوط هم مقدار در مکش های مختلف در نقشه ها متفاوت است.

نتیجه گیری

نتایج بدست آمده نشان می دهد در مدیریت خاک به ویژه درکاربری هایی که هدایت هیدرولیکی نزدیک به اشباع خاک نقش دارد مانند نفوذ آب به خاک، جریان آب در خاک، حرکت املاح و آلاینده ها در خاک، و اصلاح خاک های آلوده تغییرات مکانی این ویژگی خاک بایستی در تصمیمات مدیریتی لحاظ گردد و همچنین با توجه به سختی و پرهزینه بودن اندازه گیری ها می توان اندازه گیری را در چند نقطه محدود با صرف هزینه کم انجام داده و سپس با استفاده از روش های زمین آماری مقدار کمیت مورد نظر را در محل های مورد نظر که اندازه گیری انجام نشده با دقت قابل قبولی تخمین زد.



شکل 3. نقشه های هم مقدار مربوط به هدایت هیدرولیکی ($K_\psi \times 10^6$, $m\ s^{-1}$) تخمین زده شده با روش کریجینگ در مکش هـای (a) 0، (b) 0/03، (c) 0/06، (d) 0/1، (e) 0/15 و (f) 0/2 متر.

منابع

Ankeny MD, Ahmed M, Kaspar TC and Horton R, 1991. Simple field method for determining unsaturated hydraulic conductivity. Soil Sci Soc Am J 55: 467– 470.

Shapiro SS and Wilk MB, 1965. An analysis of variance test for normality (complete samples). Biometrika 52: 591- 611.

Sun B, Zhou S and Zhao Q, 2003. Evaluation of spatial and temporal changes of soil quality based on geostatistical analysis in the hill region of subtropical China. Geoderma 115: 85 – 99.

Wilding LP, 1985. Spatial variability: Its documentation, accommodation and implication to soil surveys. Pp. 166-194. In: Nielsen DR and Bouma J (eds). Soil Spatial Variability. Pudoc, Netherlands.