



ارزیابی مدل‌های رگرسیونی در برآورد هدایت هیدرولیکی اشباع از ویژگی‌های فیزیکی خاک در اراضی ساحل راست بهمنشیر در شمال آبادان

علی اکبر اصیلیان مهابادی^۱، الهام شهرآیینی^{۲*}، علی اشرف امیری‌نژاد^۳

۱- مدیر گروه خاکشناسی شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس، ۲- دانشجوی دکتری گروه علوم خاک دانشگاه تربیت مدرس و

۳- استادیار گروه علوم و مهندسی خاک دانشگاه رازی

Email: e.shahrayini@yahoo.com

چکیده

یکی از پارامترهای مهم در طراحی سیستم‌های زهکشی و تخمین جریان آب در خاک، هدایت هیدرولیکی خاک می‌باشد. روش‌هایی برای اندازه‌گیری مستقیم این ویژگی وجود دارد لیکن این روشها پرهزینه و زمان‌بر می‌باشند، توابع انتقالی قادراند ویژگی‌های دیریافت خاک را از ویژگی‌های زودیافت آن برآورد نمایند. هدف این پژوهش اشتقاق بهترین تابع انتقالی برای پیش‌بینی مقادیر هدایت هیدرولیکی اشباع خاک از ویژگی‌های زودیافت خاک در آبادان می‌باشد. پس از انجام مطالعات پایه زهکشی و تعیین سطح ایستابی، هدایت هیدرولیکی اشباع خاک با روش چاهک ارنست اندازه‌گیری شد سپس مطالعات خاکشناسی در مقیاس نیمه‌تفصیلی دقیق و اندازه‌گیری برخی از پارامترهای فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها انجام شد، مقادیر هدایت هیدرولیکی اشباع با توجه به میانگین هندسی قطر ذرات، ساختمان خاک، تخلخل و عمق از طریق رگرسیون خطی و غیر خطی چندگانه برآورد شد، نتایج نشان داد که دقت برآورد تابع انتقالی بدست آمده برای تخمین هدایت هیدرولیکی اشباع $(R^2=0.955)$ مناسب می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: بافت و ساختمان خاک، رگرسیون خطی و غیرخطی، عمق خاک و هدایت هیدرولیکی اشباع.

مقدمه

هدایت هیدرولیکی خاک از پارامترهای اساسی در تعیین فاصله مناسب زهکش‌ها بوده و دارای اهمیت قابل توجهی در بسیاری از مدل‌های هیدرولوژیکی و فعالیت‌های مرتبط با جریان آب در خاک، کنترل نفوذ آب، رواناب سطحی، آبشویی و انتقال آلاینده‌ها از مکان‌های آلوده به سمت آب زیرزمینی است (Gupta et al., 2006 and Bagrello and Sgroi, 2007). تعیین این پارامتر به دو روش آزمایشگاهی و صحرایی امکان‌پذیر می‌باشد. روش‌های آزمایشگاهی معمولاً نتایج قابل قبولی را ارائه نمی‌دهد، زیرا برداشت نمونه‌های دست نخورده واقعی بسیار دشوار بوده و در تهیه و حمل این نمونه‌ها دقت کافی به عمل نمی‌آید. از سوی دیگر، با توجه به کوچکی حجم نمونه‌ها و وجود ناهمگنی در آن موجب تغییراتی شدید در نتایج شده و نمی‌تواند معرف منطقه قرار گیرد. در مطالعات زهکشی، بسته به موقعیت سطح ایستابی و لایه غیرقابل نفوذ نسبت به عمق فعالیت ریشه، روش‌های متعددی برای اندازه‌گیری صحرایی هدایت هیدرولیکی اشباع خاک وجود دارد که اساس کلیه آن‌ها بر اندازه‌گیری سرعت جریان افقی آب در خاک استوار است. برای اندازه‌گیری در شرایط زیر سطح ایستابی دو روش، بیش از سایر روش‌ها متداول و معمول است که یکی به روش چاهک^۱ و دیگری به روش حفره زیر لوله یا روش پیزومتر آرسوم است (وزارت نیرو، ۱۳۸۴). از آنجا که اندازه‌گیری مستقیم این خصوصیت به زمان و هزینه زیادی نیاز دارد، بنابراین روش‌های اندازه‌گیری غیرمستقیم توسط سایر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مانند وزن مخصوص ظاهری، مقدار مواد آلی، تخلخل و توزیع اندازه ذرات، برای مدل‌سازی هدایت هیدرولیکی اشباع و غیراشباع زیاد استفاده می‌شود (Wosten et al., 2001). همین‌طور، ویژگی‌های مورفولوژی خاک مانند ساختمان خاک، منافذ و ریشه‌ها روی جریان آب در خاک مؤثر است (Pachepsky et al., 2001).

1-Auger Hole Method

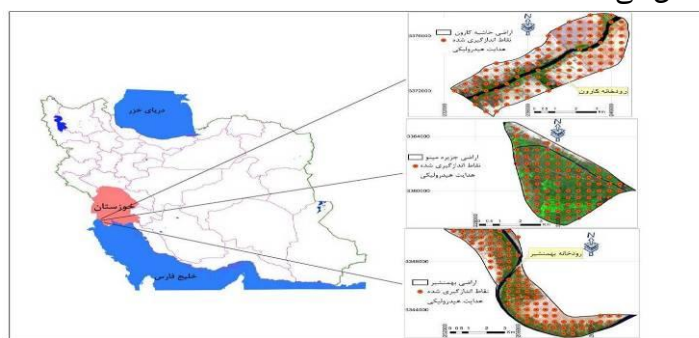
2-Pipe Cavity Test Method (Piezometer Method)

2008). همچنین شاخص‌های مرفولوژیکی برای پیش‌بینی خصوصیات هیدرولیکی همانند داده‌های آزمایشگاهی می‌تواند استفاده شود (Lilly et al., 2008). به عبارتی، اگرچه بسیاری از مطالعاتی که برای پیش‌بینی هدایت هیدرولیکی اشباع توسط خصوصیات پارامتریک خاک مانند جرم مخصوص ظاهری و توزیع اندازه ذرات بوده است، اما خصوصیات مرفولوژیکی خاک نیز اثر مهمی بر هدایت هیدرولیکی اشباع دارد (Gulay and Sabit, 2016).

لذا هدف از انجام این تحقیق، تعیین بهترین معادله برای پیش‌بینی مقادیر هدایت هیدرولیکی اشباع خاک در منطقه آبادان با استفاده از ویژگی‌های فیزیکی خاک نظیر ساختمان و تخلخل بوده است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه به وسعت ۱۱۵۰۰ هکتار، بخشی از دشت آبادان واقع در استان خوزستان است که بین ۱۵'، 30° تا 30'، 30° عرض شمالی و 15'، 48° تا 40'، 48° طول شرقی قرار گرفته است. این اراضی به‌صورت نوار باریکی در اطراف رودخانه بهمنشیر، حاشیه رودخانه کارون و اراضی جزیره مینو واقع در جنوب آبادان را در بر می‌گیرد. شکل ۱- محدوده مطالعات را در کشور و استان خوزستان نشان می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت منطقه مطالعه در کشور و استان خوزستان

به لحاظ رژیم‌های رطوبتی و حرارتی خاک، منطقه دارای رژیم رطوبتی اریدیک^۳ و آکوئیک^۴ و رژیم حرارتی هایپرترمیک^۵ بوده و از نظر زمین‌مات‌خاک‌های منطقه بر روی واحد دشت آبرفتی رودخانه‌ای^۶ واقع شده‌اند (Soil Survey Staff, 2014). به‌منظور طراحی شبکه‌های زهکشی زیرزمینی، تعیین دبی، قطر و فاصله زهکش‌ها نیاز به اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی خاک‌ها می‌باشد برای دستیابی به پارامترهای مورد نیاز طراحی در محدوده مورد مطالعه اندازه‌گیری ضریب آبگذری به تعداد ۱۴۵ آزمایش و در چهار عمق ۵۰-۱۰۰، ۱۰۰-۱۵۰، ۱۵۰-۲۰۰ و ۲۰۰-۲۵۰ سانتی‌متری از سطح زمین بصورت شبکه منظم در محل نقاط لایه‌بندی خاک پیش‌بینی و انجام شده است. لذا در این تحقیق در مواردی که سطح ایستابی در بالای عمق متوسط پیش‌بینی شده برای نصب زهکش بوده (در هنگام مطالعه مشکل زهکشی وجود داشته است) از روش چاهک و به کارگیری رابطه ارنست^۸ برای اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی خاک استفاده شده است (وزارت نیرو، ۱۳۸۴).

بافت خاک غالب در منطقه لوم، لومی سیلتی، لومی رسی شنی، لومی شنی، لومی رسی سیلتی، لومی رسی، رسی سیلتی و رسی می‌باشد که از نظر طبقه‌بندی اراضی در کلاس متوسط، سنگین و خیلی سنگین قرار می‌گیرد. مقدار آهک اندازه‌گیری شده به طور متوسط ۳۵ تا ۴۸ درصد می‌باشد. در حین تعیین ضریب آبگذری خاک به روش ارنست، برخی از خصوصیات مرفولوژیکی خاک شامل ساختمان، چسبندگی و شکل‌پذیری خاک نیز مطابق استاندارد تشریح خاک در هر نقطه تعیین شد (USDA-NRCS, 2012) سپس خصوصیات مرفولوژیکی به مقادیر عددی تبدیل شدند، به‌این منظور بر اساس نظر متخصصین در ارتباط بین هدایت هیدرولیکی و خصوصیات مورد مطالعه کدهای صورت گرفته است، در کدهای داده شده

- 3-Aridic
- 4-Aquic
- 5-Hyperthermic
- 6-Landscape
- 7- River Alluvial Plain
- 8-Ernst Equation



برای پارامترهای ساختمان، چسبندگی و شکل پذیری، مقادیر بیشتر باعث هدایت هیدرولیکی بیشتر می شود (جدول ۱، ۲، ۳ و ۴). پس از هوا خشک و الک نمودن نمونه ها در آزمایشگاه بر اساس راهنمای تجزیه حفاظت خاک آمریکا تجزیه شدند (Burt, 2004). بافت خاک با روش هیدرومتری، جرم مخصوص ظاهری به روش کلوخه، جرم مخصوص حقیقی به روش پیکنومتر، هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک با شوری سنج، مواد خنثی شونده برحسب کربنات کلسیم به روش تیتراسیون، کربن آلی به روش والکی بلاک و ظرفیت تبادل کاتیونی به روش باور تعیین شد. میانگین هندسی و انحراف معیار هندسی قطرذرات خاک طبق رابطه های ۱ و ۲ براساس روش ارایه شده توسط شیرازی و بورسما تعیین گردید (Shirazi and Boersma, 1984).

$$a = 0.01 \sum_{i=1}^n f_i \ln m_i \quad dg = EXPa \quad (1)$$

$$b^2 = (0.01 \sum_{i=1}^n f_i \ln^2 m_i) - a^2 \quad \sigma g = EXPb \quad (2)$$

جدول ۱- معیارهای در نظر گرفته شده در کددهی ساختمان خاک در پروفیل خاک

شکل	کد	درجه	کد
توده ای	۱	بدون ساختمان	۱
ورقه ای	۲	ضعیف	۲
منشوری	۳	متوسط	۳
بلوکی / زاویه دار	۴	قوی	۴
بلوکی / بدون زاویه	۵	خیلی قوی	۵
دانه ای	۶		
تک دانه ای	۷		

جدول ۲- معیارهای در نظر گرفته شده در کددهی ساختمان خاک در پروفیل خاک (USDA-NRCS, 2012)

اندازه	دانه ای / بشقابی (mm)	مکعبی زاویه دار / بدون زاویه (mm)	کد
بسیار نازک	۱ <	< ۵	۱
نازک	۱ - ۲	۵ - ۱۰	۲
متوسط	۳ - ۵	۱۱ - ۲۰	۳
درشت	۶ - ۱۰	۲۱ - ۵۰	۴
خیلی درشت	> ۱۰	> ۵۰	۵

جدول ۳- معیارهای در نظر گرفته شده در کددهی چسبندگی و شکل پذیری در پروفیل خاک (USDA-NRCS, 2012)

تعریف	کد	کلاس چسبندگی و شکل پذیری
پس از برداشتن فشار از خاک، هیچ گونه چسبندگی مشاهده نمی شود. نوار تشکیل نمی شود	۱	بدون چسبندگی شکل ناپذیر
خاک به انگشتان می چسبد ولی با برداشتن فشار انگشتان تمیز باقی می ماند. نوار تشکیل می شود ولی به آسانی تغییر شکل می دهد	۲	کمی چسبنده کمی شکل پذیر
خاک به انگشتان می چسبد و تمایل به کش آمدن آن نسبتا زیاد است. نوار تشکیل می شود ولی فشار نسبتا زیادی لازم است که تغییر شکل بدهد	۳	چسبنده شکل پذیر
شدت چسبندگی و کش آمدن نمونه پس از برداشتن فشار زیاد است. نوار تشکیل می شود ولی فشار زیادی لازم است که تغییر شکل بدهد	۴	خیلی چسبنده خیلی شکل پذیر



جدول ۴. معیارهای در نظر گرفته شده در کددهی عمق در پروفیل خاک

کد	عمق (سانتی متر)	کد	عمق (سانتی متر)
۳	۱۵۰-۲۰۰	۱	۵۰-۱۰۰
۴	۲۰۰-۲۵۰	۲	۱۰۰-۱۵۰

بحث و نتایج

آماره‌های توصیفی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک با توجه به دسته‌بندی داده‌ها در چهار عمق، با نرم افزار SPSS تعیین شد. توزیع نرمال داده‌ها به کمک آزمون کولموگروف-اسمیرنوف بررسی شد (جدول ۵).

جدول ۵- آماره‌های توصیفی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

متغیر	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	کشیدهی	چولگی	ضریب کولموگروف
هدایت هیدرولیکی اشباع	۰/۴۶	۵۵/۲۴	۹/۰۵	۱۰/۱۱	۲/۶۵۴	۰/۹۸	۰/۱۹۸
شن (/)	۶/۰۰	۶۸/۰۰	۲۴/۵۲	۱۰/۹۰	۲/۸۵۱	۰/۸۲	۰/۱۷۰
سیلت (/)	۱۰/۰۰	۶۵/۰۰	۴۳/۴۰	۷/۸۷	۲/۴۸۴	-۰/۷۲	۰/۱۰۶
رس (/)	۸/۰۰	۵۳/۰۰	۳۲/۲۱	۷/۵۵	۰/۶۸۵	-۰/۵۱	۰/۱۱۶
میانگین هندسی قطر ذرات	۰/۰۰۱	۰/۰۲۰	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۲/۹۸۷	۰/۹۹	۰/۳۲۹
انحراف معیار هندسی قطر	۶/۶۴	۲۰/۰۹	۱۲/۵۰	۲/۳۳	۰/۵۵۱	۰/۵۴	۰/۰۹۷
عمق	۱/۰۰	۴/۰۰	۲/۶۳	۰/۹۱	-۰/۷۱۲	-۰/۱۹	۰/۲۴۰
تخلخل	۳۵/۰۰	۴۹/۰۰	۴۰/۷۱	۲/۷۷	۰/۲۷۳	۰/۶۹	۰/۱۴۰
ساختمان	۱/۰۰	۶/۰۰	۲/۳۸	۱/۵۰	-۰/۳۷۳	۰/۷۶	۰/۲۸۱

* ضریب آزمون کولموگروف-اسمیرنوف برای توزیع نرمال داده‌ها باید بزرگ تر از ۰/۰۵ باشد.

معادلات ۳، ۴ و ۵ بهترین معادلات به دست آمده، از رگرسیون خطی چندگانه و معادله ۶ بهترین معادله به دست آمده، از رگرسیون غیرخطی چندگانه میان متغیر وابسته هدایت آبی اشباع و متغیرهای مستقل میانگین هندسی قطر ذرات، ساختمان، تخلخل و عمق می‌باشند که ضرایب تبیین شده آنها به شرح زیر است.

$$Ks(\text{estimated}) = -22.703 + (1.13 * \text{prosity}) + (-5.41 * \text{depth}) \quad R^2=0.559 \quad (۳)$$

$$Ks(\text{estimated}) = 35.82 + (4.39 * \text{structure}) + (14.03 * \text{logdg}) \quad R^2=0.884 \quad (۴)$$

$$Ks(\text{estimated}) = 53.29 + (2.77 * \text{structure}) + (16.62 * \text{Logdg}) + (-2.57 * \text{depth}) \quad R^2=0.896 \quad (۵)$$

$$Ks(\text{estimated}) = 16.59 + (-0.94 * \text{structure}) + (0.42 * \text{structure}^{2.43}) + (3.59 * \text{Ln dg}) + \quad R^2=0.953 \quad (۶)$$

$$\text{EXP}(2.77 + (-0.15 * \text{depth}) + \text{EXP}(-10.24 + (0.007 * \text{prosity}))$$

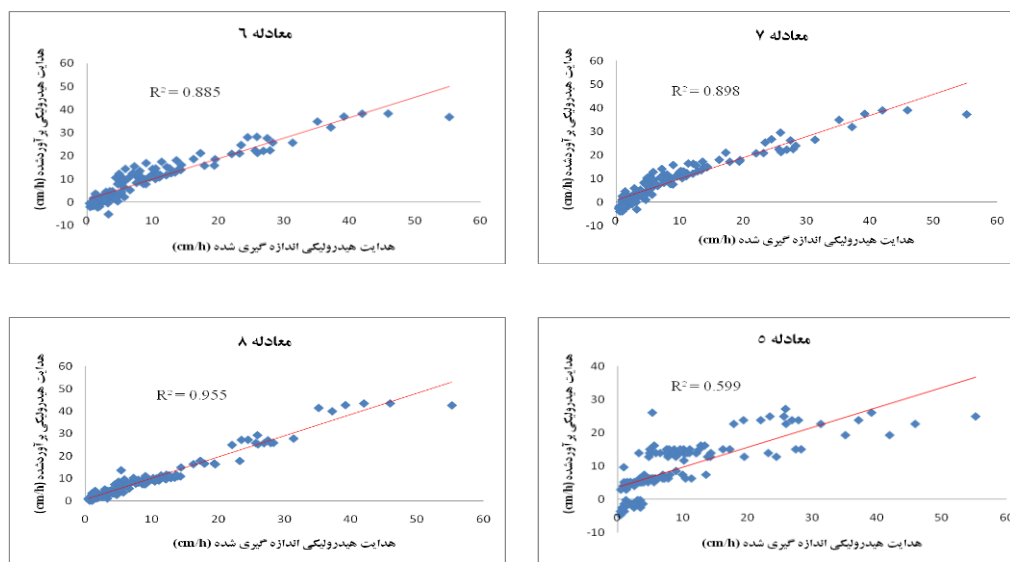
برای ارزیابی دقت و اعتبار توابع ایجاد شده از مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) و ضریب تبیین (R^2) بین هدایت هیدرولیکی اشباع اندازه‌گیری شده و برآورد شده استفاده شد (روابط ۷ و ۸، شکل ۲ و جدول ۶).

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2} \quad (۸) \quad R^2 = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y}_i)^2} \right] \quad (۷)$$

که در اینجا مقدار Y_i مقدار متغیر مشاهده یا اندازه‌گیری شده، \hat{Y}_i مقدار متغیر برآورد شده، \bar{Y} مقدار میانگین متغیر مشاهده یا اندازه‌گیری شده و n تعداد کل داده‌ها می‌باشد.

جدول ۶- مقادیر ضریب تبیین و میانگین ریشه دوم خطا در معادلات مختلف

شماره معادله	ضریب تبیین	خطا دوم ریشه میانگین
۳	۰,۵۹۹	۶/۳۷
۴	۰/۸۸۵	۳/۴۱
۵	۰/۸۹۸	۳/۲۲
۶	۰/۹۵۵	۲/۱۴



شکل ۲- رابطه بین هدایت هیدرولیکی اندازه گیری شده و برآورد شده بر پایه معادلات (۵)، (۶)، (۷) و (۸)

برای یک خاک معین با افزایش میانگین هندسی قطر ذرات و تخلخل مؤثر و یا با کاهش عمق خاک و بهبود ساختمان خاک (از نظر اندازه، درجه و شکل) بایستی هدایت هیدرولیکی اشباع افزایش یابد، معادلات بدست آمده در این پژوهش نه تنها دربرگیرنده این بنیان فیزیکی می باشند، بلکه هدایت هیدرولیکی اشباع را با دقتی نسبتاً مناسب نیز برآورد می نمایند. شکل (۳) همبستگی بدست آمده بین هدایت هیدرولیکی اشباع اندازه گیری شده و برآورد شده را بر پایه معادلات (۵)، (۶)، (۷) و (۸) نشان می دهد و جدول ۹ ضرایب تبیین (R^2) و میانگین ریشه دوم خطا (RMSE) برآورد شده را بر پایه این معادلات را نشان می دهد و با توجه به آن معادله (۹) دارای ضریب تبیین بالاتر و میانگین ریشه خطای کمتر می باشد و نسبت به سه معادله دیگر برآورد مناسب تری از هدایت هیدرولیکی اشباع بیان می کند، به طوری که با ضریب اطمینان ۹۵ درصد هدایت هیدرولیکی اشباع را با استفاده از پارامترهای ورودی تخمین می زند.

مطالعات خاکشناسی در نخلستان های منطقه آبادان نشان می دهد که افق های بالایی پروفیل خاک به علت رشد ریشه های گیاهان و تر و خشک شدن های متناوب دارای ساختمان و تخلخل بسیار مناسب بوده و دارای هدایت هیدرولیکی زیادی می باشند همچنین به طور کلی در خاک ها با بافت سبک تر سرعت جریان آب بیشتر است، اگرچه در خاک ها با بافت سنگین نیز هدایت هیدرولیکی زیاد مشاهده می شود که علت آن مربوط به جریان ترجیحی است مسیرهای جریان ترجیحی در خاک های دست نخورده معمولاً (۱) منافذ درشت ناشی از نقل و انتقال و حرکت جانداران خاکزی، فعالیت ریشه و درز و ترک های ناشی از انقباض و انبساط خاک (۲) جبهه ناپایدار رطوبتی یا جریان انگشت مانند (۳) جریان های قیفی شکل که در شرایط توپوگرافی خاص و در خاک های لایه ای شیب دار به وجود می آید را می توان از دلایل عمده ایجاد جریان ترجیحی بیان کرد، بررسی ها نشان می دهد که خاک در اعماق پائین فاقد ساختمان بوده و اغلب به صورت فشرده می باشد. در نتیجه هدایت هیدرولیکی به نسبت کاهش می یابد، علاوه بر این از نظر فیزیکی، رابطه ذاتی بین هدایت هیدرولیکی اشباع از یک طرف و تخلخل، ساختمان و عمق



از سوی دیگر وجود دارد. بدین ترتیب که برای یک خاک معین با افزایش تخلخل خاک هدایت هیدرولیکی اشباع افزایش یافته لیکن با افزایش عمق خاک به دلیل افزایش وزن مخصوص ظاهری و تبع آن کاهش تخلخل و تغییر شکل ساختمان خاک (معمولاً از کروی به مکعبی، منشوری یا فشرده)، به طوری که با این تغییر شکل میزان تخلخل نیز کاهش می‌یابد در نتیجه میزان هدایت هیدرولیکی نیز کاهش می‌یابد.

مقایسه نتایج بدست آمده از این پژوهش با پژوهش‌های دیگران (جدول ۷)، نشان می‌دهد که معادلات ارائه شده در این تحقیق به دلیل استفاده از پارامترهایی که تأثیری بیشتر بر هدایت آبی اشباع دارند، نتیجه مناسب‌تری ارائه می‌دهند. بدین ترتیب می‌توان از آنها به عنوان تخمینی اولیه در مطالعه و طراحی پروژه‌های آبیاری، زهکشی و منابع آب استفاده کرد.

جدول ۷- معادلات ارائه شده توسط دیگر پژوهشگران برای برآورد هدایت هیدرولیکی

توابع انتقالی	* داده‌های ورودی	** خروجی	ضریب تبیین
نویبان و همکاران، ۱۳۸۳	dg, θ_e	K_s	۰/۷۳
نصرتی کاریزک و همکاران، ۱۳۹۱	Sand+Clay+logdg+f	K_s	۰/۷۵
امیدی فرد و موسوی ۱۳۹۴	GMD- dg - θ_{vs} - CCE- EC	S	۰/۹۲
Jarvis et al 2002	dg	K_{10}	۰/۲۹
Jarvis et al 2002	dg	K_{10}	۰/۲۹
Gulay.K and Sabit.E. 2016	Structure-grade	K_s	۰/۹۳
Gulay.K and Sabit.E. 2016	Structure-grade -Pore-size	K_s	۰/۹۴

* dg , θ_e , GMD, f , θ_{vs} , CCE, EC: به ترتیب عبارتند از میانگین هندسی قطر ذرات (mm)، تخلخل مؤثر ($m^3 m^{-3}$)، تخلخل کل، میانگین هندسی قطر خاکدانه‌ها (mm)، رطوبت حجمی اشباع ($cm^3 cm^{-3}$)، کربنات کلسیم معادل (%) و هدایت الکتریکی ($ds m^{-1}$)
 ** K_s , S , K_{10} : به ترتیب عبارتند از هدایت هیدرولیکی اشباع خاک، ضریب جذب آب خاک و هدایت هیدرولیکی اشباع خاک در پتانسیل ماتریک 10- سانتیمتر

منابع

- [۱] امیدی فرد، م و ع.ا. موسوی. ۱۳۹۴. تخمین برخی ویژگی‌های هیدرولیکی خاکهای آهکی منطقه باجگاه استان فارس با استفاده از توابع انتقالی رگرسیونی. نشریه پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب)، جلد ۲۹ شماره الف، صفحات ۹۲-۸۳.
- [۲] نصرتی کاریزک، ف.ع.، موحدی نائینی، ا. هزارجریبی، ق. روشنی و ا. دهقانی. ۱۳۹۱. استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی برای برآورد هدایت هیدرولیکی اشباع از ویژگی های زودیاقت خاک. مجله مدیریت خاک و تولید پایدار، جلد دوم، شماره اول، صفحات ۹۵-۱۱۰.
- [۳] نویبان، م.ع.م.، لیاقت و م. همایی. ۱۳۸۳. تخمین هدایت آبی اشباع با استفاده از توابع انتقالی. سومین کارگاه فنی زهکشی. صفحات ۱۷۰-۱۵۹.
- [۴] وزارت نیرو. ۱۳۸۴. دستورالعمل تعیین هدایت هیدرولیک خاک به روش‌های مختلف. نشریه ۳۲۲. وزارت نیرو.
- [5] Gupta, N., Rudra, R. P., and Parkin, G. (2006). Analysis of spatial variability of hydraulic conductivity at field scale. Canadian Biosystems Engineering, 48, 1.55: 1.62.
- [6] Bagarello, V. and Sgroi, A. 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.
- [7] Burt, R. (2004). Soil survey investigations report Version 4 United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center.
- [8] Gulay, K. and Sabit, E. 2016. Predicting saturated hydraulic conductivity using soil morphological properties. Eurasian Soil Science Society of America 5(1):30-38
- [9] Lilly, A., Nemes, A., Rawls, W.J., Pachepsky, Ya.A., 2008. Probabilistic approach to the identification of input variables to estimate hydraulic conductivity. Soil Science Society of America Journal 72: 16-24.
- [10] Pachepsky, Y., Nez, D.G., Lilly, A., Nemes, A., 2008. Promises of hydrogeology. CAB Reviews: Perspectives in Agriculture Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources 3 (040): 1-19.
- [11] Shirazi, M.A., and Boersma, L. 1984. A unifying quantitative analysis of soil texture. Soil Sci. Soc. Am. J. 48: 142-147.
- [12] USDA-NRCS, 2012. Version 3.0. National Soil Survey Center Natural Resources Conservation Service U.S. Department of Agriculture, Lincoln, Nebraska



[13] Wosten, J.H.M., Pachepsky, Y.A., Rawls, W.J., 2001. Pedotransfer functions: Bridging the gap between available basic soil data and missing soil hydraulic characteristics. *Journal of Hydrology* 251:123–150.

[14] Jarvis, N.J., L. Zavattaro, K. Rajkai, W.D. Reynolds, P.A. Olsen, M. Mc Gechan, M. Mecke, B. Mohanty, P.B. Leeds-Harison, and D. Jacques. 2002. Indirect estimation of near-saturated hydraulic conductivity from readily available soil information. *Geoderma*, 108:1-17.

Evaluation of regression models to estimate the saturated hydraulic conductivity from soil physical properties in the right part of Bahanshir land in the north of Abadan

A. Asilianmahabadi, E. Shahrayini, A. Amirinejhad

Abstract

Soil hydraulic conductivity is an important parameter in designing drainage systems and estimating water flow in soils, there are some methods for direct measurements of K_s but they are usually time consuming and costly. Pedo-transfer functions (PTFs) can predict the K_s from the available soil data. The purpose of this research was to deriving the best PTF that can predict K_s values from the available parameters in Abadan. After basic studies drainage and determination of watertable, saturated hydraulic conductivity on the soil columns using Ernest auger hole method and some physical and chemical properties of soil were measured as well semi detailed soil survey has been done. The multiple linear and nonlinear regression methods were used to develop the pedotransfer functions by using soil structure class, geometric mean diameter (d_g), porosity and depth, The results indicated that accuracy of the derived PTFs can well predict ($R^2=0.955$).

Keywords: Saturated hydraulic conductivity, depth, nonlinear regression, soil