ارائه‌ی شبیه تجربی هدایت آبی غیراشباع تحت تاثیرّ فراسنجهای فیزیکی خاک مطالعه‌ی موردی: دشت باغین کرمان

علی نشاط [*1]، مهدی فرهاد[2]

تاریخ دریافت: 1390/4/3 تاریخ پذیرش: 1391/11/8

چکیده

هدایت آبی غیراشباع یکی از فراسنجهای اساسی در مطالعه حرکت آب در خاک می‌باشد. هیچ یک از روشهای مختلف اندازه گیری روش صحرایی، به‌دلیل پرهزینه و مشکل بودن، روش مطلوبی به حساب نمی‌آید. اساس کار روشهای آزمایشگاهی انجام آزمایش درمورد نمونه خاک از مناطق مورد نظراست. این تحقیق به منظور انجام آزمایش و محاسبه موردنیاز برای تخمین مناسبترین رابطه بین هدایت آبی غیراشباع با خواص فیزیکی خاک در منطقه‌ی باغین کرمان بود.همچنین، در این پژوهش، وضعیت عمومی خاک با اندازه گیری pH، هدایت الکتریکی ، میزان آهک و گچ موجود در خاک، در آزمایشگاه تعیین گردیدند. سپس هدایت آبی غیر اشباع خاک (Ku) با استفاده از روابط بده در واحد سطح و قانون دارسی، و همچنین نرم افزار RETC و شبیه‌های مختلف آن تخمین زده شد. با استفاده از شبکه های عصبی و نرم افزارهای SPSS، Curve Expert و Excel شبیه‌های مختلفی به نتایج حاصل از آزمایش برازش داده شدند.نتایج نشان دادند که شبیه Power (توانی) از نرم افزار SPSS از بین شبیه‌های مختلف برازش داده شده به نتایج تحقیق دارای بالاترین ضریب تعیین و دارای ضریب همبستگی معنی دار در سطح 1%، همچنین دارای کمترین میزان خطای RMSE می باشد که به عنوان بهترین شبیه معرفی می گردد.

واژه‌های کلیدی: هدایت آبی غیراشباع خاک، خواص فیزیکی خاک، شبکه های عصبی، نرم افزار RETC

Archive of SID

[1]- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی کرمان

[2]- کارشناس ارشد آبیاری و زهکشی دانشگاه آزاد اسلامی کرمان

*- نویسنده مسئول: a.neshat896@gmail.com

www.SID.ir

مقدمه

هدایت آبی غیر اشباع تابعی از رطوبت خاک بوده و با کاستی رطوبت مقدار آن سریعاً کاهش می‌یابد.روشهایی صحرایی برای اندازه گیری هدایت آبی غیر اشباع به‌کار می‌روند معمولاً پر خرج ، دشوار و وقت گیر می‌باشند . اگر به‌خوبی طراحی و اجرا شوند نتایج به‌دست آمده از آنها دقیق می‌باشد. روشهای نظری که برای بیان هدایت آبی غیر اشباع به‌کار می‌روند شامل دو دسته معادلات تجربی و شبیه‌های ریاضی می‌باشند. معادلات تجربی با استفاده از مشاهده‌های محققین از هدایت آبی غیر اشباع خاک برحسب رطوبت یا مکش ماتریک خاک به‌دست آمده‌اند و فاقد هر گونه پایه و مبنای ریاضی می‌باشند و فقط با متناظر کردن مقادیر هدایت آبی غیر اشباع اندازه گیری شده با رطوبت یا مکش ماتریک خاک به‌دست می‌آیند.هدف این تحقیق ارائه‌ی رابطه‌ای که در بهترین حالت هدایت آبی غیراشباع خاک را تحت تاثیر خواص فیزیکی خاک بیان می‌دارد می‌باشد.

مواد و روشها

منطقه‌ی مورد بررسی 6 کیلومتری شهر باغین در استان کرمان واقع شده است. دسترسی به منطقه از طریق جاده‌ی آسفالته کرمان، باغین و بردسیر امکان پذیر می‌باشد. با استناد به ایستگاه هواشناسی مستقر در باغین، این منطقه دارای ارتفاع 1754 متر از سطح دریا بوده، بارندگی سالانه‌ی آن 105 میلی متر و بیشترین بارندگی 20mm در طی 24 ساعت می‌باشد. میانگین تبخیر سالانه در این منطقه 3021 میلیمتر بوده، و طول دوره‌ی یخبندان 82 روز در سال می‌باشد.

برای انجام این تحقیق زمین مسطحی در منطقه‌ی موردنظر برگزیده شد. برای مشاهده وضعیت خاک اقدام به حفر یک نیمرخ به ابعاد 1*1.5*2 گردید. ساختمان خاک این نیمرخ از نوع توده‌ای، و بافت خاک با روش لمسی از نوع متوسط تشخیص داده شد. نیمرخ حفر شده در طول تحقیق برای برداشتن نمونه‌های دست نخورده و دست خورده از عمقهای مختلف مورد استفاده قرار گرفت.

آزمایشهای انجام گرفته در این تحقیق به دو دسته تقسیم می شوند: دسته‌ی اول آزمایشهای بررسی وضعیت خاک (اندازه گیری میزان آهک،گچ خاک، تعیین وضعیت pH و میزان EC خاک) می‌باشند. دسته دوم آزمایشهایی هستند که خواص فیزیکی خاک را بررسی کرده، مبنای کار این تحقیق بوده، و عبارتند از: بافت ، جرم‌های مخصوص ظاهری و حقیقی ، رطوبت حجمی، تهیه منحنی رطوبتی از روی تعیین توان ماتریک و تعیین هدایت آبی اشباع خاک است.

جدول 1 مقادیر درصدگچ، درصدآهک، هدایت الکتریکی و pH رابرای نیمرخ ارائه می کند.

جدول1. آزمایش تعیین pH ، EC ، میزان آهک و گچ خاک

شماره‌ی نمونه	عمق خاک (cm)	pH	$EC\ (ds/m)$	درصد آهک	درصد گچ
1	0-30	8/52	27/3	14/5	1/94
2	30-60	8/69	20/3	14/25	2/60
3	60-90	8/59	29/1	13/75	4/32
4	90-120	8/51	42/7	16/75	1/14
5	120-150	8/47	39/3	14/75	1/44

جدول2 نشان می دهد خاک از پنج لایه تشکیل گردیده، وبافت هرلایه مشخص شده است.

برای تعیین بافت خاک از روش هیدرومتری استفاده گردید.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول2. آزمایش تعیین بافت خاک

بافت خاک	رس، %	لای، %	شن، %	عمقها	شماره نمونه
متوسط رسی	28.0	32/4	39/6	0-30	1
متوسط	26.0	44/4	29/6	30-60	2
متوسط شنی	18.0	30/4	51/6	60-90	3
متوسط شنی-رسی	34.0	22/4	43/6	90-120	4
متوسط	24.0	44/4	31/6	120-150	5

برای به‌دست آوردن رطوبت جرمی ، رطوبت حجمی ، توان ماتریک و رسم منحنی رطوبتی خاک اقدام به ایجاد 4 کرت به مساحت یک مترمربع در منطقه موردنظر در نزدیکی نیمرخ حفر شده گردید. سپس آنها را از آب اشباع کرده و روی هر کرت با پلاستیک پوشانده شد تا از تبخیر آب جلوگیری گردد.

پس از آن‌که آب به اعماق کرت نفوذ کرد، آن‌گاه با استفاده از مته‌ی نمونه برداری از هر عمق نمونه‌ای برداشت کردیم و در آزمایشگاه از طریق روش وزنی رطوبت جرمی، سپس رطوبت حجمی هر یک از نمونه‌ها تعیین شد.جدول4 فراسنجهای رطوبت جرمی، درصدرطوبت جرمی،وزن مخصوص ظاهری ورطوبت حجمی ودرصدرطوبت حجمی نشان می‌دهد.

جدول4. تعیین رطوبت جرمی و رطوبت حجمی خاک

number	depths	Θm	ρ_b	ρ_b	Θ_v
شماره‌ی عمقها	عمق ها سانتی‌متر	رطوبت جرمی، گرم بر سانتی‌متر مکعب	وزن مخصوص ظاهری، گرم بر سانتی‌متر مکعب	وزن مخصوص حقیقی، گرم بر سانتی‌متر مکعب	رطوبت حجمی، گرم بر سانتی‌متر مکعب
1	0-30	0.1163	1.83	2/5	0.2129
2	30-60	0.1220	1.68	2/1	0.2049
3	60-90	0.1434	1.71	2/5	0.2451
4	90-120	0.1408	1.80	2/4	0.2534
5	120-150	0.1600	1.86	2/3	0.2977

برای تعیین منحنی رطوبتی خاک نمونه‌های مورد استفاده از پنج عمق 0-30، 30-60، 60-90، 90-120 و 120-150 سانتی متری نیمرخ خاک برداشت شده و در آزمایشگاه با استفاده از دستگاه صفحات فشاری (pressure plates) در فشارهای 0/3، 0/5، 5 و 15 بار قرار گرفته و در هر مرحله وزن نمونه‌های خاک که در ابتدا به حالت اشباع رسیده بودند اندازه گیری و نتایج یادداشت می‌شود. با توجه به جدول 5 منحنی رطوبتی خاک برای هر لایه ترسیم و طبق آن توان ماتریک متناظر با هر رطوبت به‌دست آمد. برای تعیین هدایت آبی اشباع خاک با توجه به بافت خاک از روش آزمایشگاهی بارافتان استفاده شد.جدول6 مقادیر هدایت آبی اشباع را برای پنج لایه خاک نشان می دهد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول5. تعیین منحنی رطوبتی خاک در لایه های مختلف

شماره نمونه	رطوبت نمونه ، عمق نمونه (cm)، درصد					فشار اعمال شده (cm)	فشار اعمال شده (bar)
	120-150	90-120	60-90	30-60	0-30		
1	20/91	22/42	10/3	17/72	22/61	300	0/3
2	10/52	13/92	4/71	9/63	10/42	500	0/5
3	6/61	9/33	3/27	5/96	6/75	5000	5.0
4	7/02	8/06	3/18	4/27	5/09	15000	15.0

جدول6 . نتایج نهایی آزمایش تعیین هدایت آبی اشباع خاک

عمق نمونه	چگالی خشک خاک	رطوبت قبل از آزمایش	زمان	طول نمونه	هدایت آبی اشباع
	gr/cm^3	%	sec	cm	cm/sec
	g_d	W_I	t_2-t_1	L	k
0-30	1/83	12/05	1200	7/00	3/2×10-6
30-60	1/68	11/86	1800	7/00	9/5×10-6
60-90	1/71	18/52	1920	7/00	6/9×10-6
90-120	1/80	22/33	1800	7/00	7/4×10-6
120-150	1/86	17/87	2700	7/00	4/9×10-6

تعیین هدایت آبی غیراشباع خاک

با استفاده از روابط بده در واحد سطح و قانون دارسی و نتایج آزمایشهای قبل هدایت آبی غیراشباع محاسبه می‌گردد.

$$q = \frac{\Delta q . D}{T}$$

که در آن:

D: عمق هر لایه خاک برحسب سانتی متر

T: زمان برحسب روز

Δq : اختلاف رطوبت

q: بده در واحد سطح برحسب سانتی متر بر روز

$$q = k_u \frac{\Delta \Psi}{\Delta z} \Rightarrow k_u = -\frac{q.\Delta z}{\Delta \Psi}$$

که در آن:

q: بده در واحد سطح برحسب سانتی متر در روز

Δz : اختلاف ارتفاع بین دولایه برحسب سانتی متر

$\Delta \Psi$: اختلاف توان ماتریک برحسب سانتی متر

K_u: هدایت آبی غیراشباع خاک برحسب سانتی متر بر روز

جدول 7 هدایت آبی اشباع، غیر اشباع وبافت خاک را برای هر پنج لایه نشان می دهد.

جدول7. مقادیر هدایتهای آبی اشباع و غیراشباع خاک در لایه‌های مختلف.

Number	depths	ρb / ρs	Θv	Ks(cm/day)	Ku (cm/day)
شماره عمق ها	عمقها		رطوبت حجمی	هدایت آبی اشباع	هدایت آبی غیر اشباع
1	0-30	0.73	0.214	0.276	0.248
2	30-60	0.80	0.203	0.821	0.825
3	60-90	0.68	0.246	0.596	5.910
4	90-120	0.75	0.254	0.639	0.514
5	120-150	0.81	0.298	0.423	1.124

Archive of SID

www.SID.ir

از شبیه فیزیک خاک برنامه RETC استفاده گردید. شبیه در پنج حالت اجرا و هدایت آبی غیراشباع پیش بینی شد.

نتایج و بحث

ابتدا با استفاده از مؤلفه های اصلی سه متغیر مستقل هدایت آبی اشباع ،رطوبت حجمی، ρ_s / ρ_b به یک متغیر تحت عنوان FUC1-1 تبدیل می‌نماییم. با استفاده از نرم افزار SPSS هدایت آبی غیراشباع (متغیر وابسته) به دست آمده از طریق میانگین‌گیری وزنی و هندسی روی مقادیر هدایت آبی غیراشباع هر عمق در سیزده تکرار، نرم افزار Retc شبیه بوردین ، بروکز و کوری ، شبیه معلم و وان گنوختن را بر روی متغیر FUC1-1 به‌وسیله‌ی شبیه‌های وایازی خطی، درجه دو، درجه سه و معکوس برازش می دهیم، در نهایت با استفاده از شبکه عصبی هدایت آبی غیراشباع(متغیر وابسته) به‌دست آمده از طرق ذکر شده بر روی متغیرهای مستقل (شامل هدایت آبی اشباع ،رطوبت حجمی و ρ_b / ρ_s) برازش می‌دهیم. مشاهده می‌شود در تمامی حالات شبکه عصبی دارای بالاترین ضریب تعیین و بهترین پیش بینی ناشی از مقادیر شبیه بوردین ، بروکز و کوری می باشد.بهترین رابطه بین هدایت آبی غیراشباع خاک و ویژگیهای فیزیکی خاک از قبیل وزن مخصوص ظاهری (r_b)،وزن مخصوص حقیقی (r_s)، هدایت آبی اشباع خاک (k_s) و رطوبت حجمی خاک (q_v)است.جدول8 کلیه شبیه‌ها را بررسی کرد.

$$(K_s\, q_v . \frac{r_s}{r_b})$$

جدول8 . بررسی Ku به عنوان متغیر وابسته در مقابل به عنوان متغیر مستقل.

ردیف	نام شبیه	رابطه ریاضی	ضرایب ثابت				آمارهای محاسبه شده شبیه		
			a	b	c	d	ضریب همبستگی	ضریب تعیین	سطح معنی‌دار بودن
1	Linear	Y=a.x+b	-1/330	17/824	-	-	0/486	0/236	0/000
2	Logaritmic	Y=a+b.ln.x	6/209	2/246	-	-	0/428	0/183	0/001
3	Inverse	Y=a+b/x	3/369	-0/170	-	-	0/338	0/114	0/008
4	Quadratic	Y=a+b.x+c.x2	1/025	-19/979	102/644	-	0/527	0/278	0/000
5	Cubic	Y=a+b.x+c.x2+d.x3	-0/793	24/915	-174/541	484/301	0/535	0/286	0/000
6	Compound	Y=a.bx	0/016	2/416E7	-	-	0/7	0/490	0/000
7	Power	Y=a.xb	41/176	2/490	-	-	0/716	0/513	0/000
8	S	Y=e(a/x+b)	0/882	-0/221	-	-	0/661	0/437	0/000
9	Growth	Y=ea+b.x	-4/165	17/0	-	-	0/7	0/490	0/000
10	Exponential	Y=a.eb.x	0/016	17/0	-	-	0/7	0/490	0/000
11	Logistic	Y=l(l/u+a.bx)	64/378	4/139×10-8	-	-	0/7	0/490	0/000

در جدول 8 شبیه Power با ضریب تعیین 0/513 و شبیه‌های Compound (مرکب) با ضریب تعیین 0/490، Growth (رشد) با ضریب تعیین 0/490، Exponential (نمایی) با ضریب تعیین 0/490 و Logistic (لجستیک) با ضریب تعیین 0/490 به ترتیب دارای بیشترین ضریب همبستگی می‌باشند که این ضرایب همبستگی در سطح 1% معنی‌دار می‌باشند.

همچنین، برای دسترسی به بهترین شبیه برازش شده از بین شبیه‌های ذکر شده‌ی جدول9 خطای RMSE را نیز نشان می‌دهد. خطای حاصل از اختلاف رقوم اصلی و رقوم حاصل از برازش شبیه را بیان می‌کند.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول9. خطای RMSE حاصل از برازش شبیه بین Ku و $(K_s q_v . \frac{r_b}{r_s})$

ردیف	نام شبیه	رابطه‌ی ریاضی شبیه	ضریب همبستگی	خطای RMSE
1	Power	Y=a.xb	0/670	1/115
2	Exponential	Y=a.eb.x	0/647	1/867
3	Compound	Y=a.bx	0/647	1/867
4	Growth	Y=ea+b.x	0/647	1/838
5	Logistic	Y=l(l/u+a.bx)	0/647	1/655

با توجه به نتایج به‌دست آمده از نرم افزارهای Excel و Curve Expert از بین روابط ذکر شده، رابطه‌ی Power (توانی) به عنوان برترین رابطه انتخاب می‌شود:

$$Y \equiv 41.176\ X^{2.49}$$

با جایگزین کردن متغیرهای مربوطه به جای X و Y رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$K_u = 41/176(\frac{K_s . q_v . r_s}{r_b})^{2/49}$$

نتیجه گیری

1) چون منطقه کرمان خشک است به منظور جلوگیری از تلفات آب نیاز به ارائه‌ی رابطه کاربردی جهت حرکت آب در خاک غیر اشباع است.
2) هدایت آبی غیر اشباع با هدایت آبی اشباع، رطوبت حجمی ووزن مخصوص ظاهری رابطه‌ی مستقیم دارد. ولی با وزن مخصوص حقیقی رابطه‌ی معکوس دارد.
3) این رابطه چون با استفاده از هدایت آبی اشباع وغیراشباع وفراسنجهای فیزیکی خاک منطقه باغین تعیین شده لذا برای مناطق دیگر باید اصلاح و واسنجی گردد.

منابع

1. Harvey, D.J. and Yeh, J., 1990, Effective Unsaturated Hydraulic Conductivity of Layered Sands, Water Resources Research, Vol 26, No6, 1271-1279.
2. Setiawan, B.T. and Nakano, M., 1993, On the determination of unsaturated hydraulic conductivity from soil moisture profiles and water retention curves, Soil Science, 156, 386-395.
3. Saxton, K.E. and Rawls, W.J. and Romberger, J.S. and Papendick, R.I., 1986, Estimating generalized soil- water characteristics from texture, Soil Science Society American Journal, 50, 1031-1036.
4. Van Genuchten, M.T., 1980, Aclosed form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated Soil Science Society American Journal, 44, 892-898.
5. Wagner, B. and Tarnawski, V.R. and Hennings, V. and Muller, U. and Wessolek, G. and Plagge, R. 2001, Evaluation of pedotransfer functions for unsaturateal soil hydraulic conductivity using an independent data set, Geoderma, 102, 275-297.
6. Wosten, J.H.M. and Pachepsky, Ya.A. and 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.
7. Zhang, R. and Van Genuchten, M.T., 1994, New models for unsaturated soil hydraulic properties, Soil Science, 163, 425-435.
8. Zhuang, J. and Nakayama, K. and Yu, G.R. and Miyazaki, T., 2001, Predicting unsaturated hydraulic conductivity of soil based on some basic soil properties, Soil & Tillage Research, 59, 143-154.

Archive of SID

www.SID.ir