معرفی جرم مخصوص ظاهری تورمی خاک و کاربرد آن

مهدی رحمتی[1]، محمد رضا نیشابوری[2] و سید علیرضا رفیعی علوی[3]

1- دانشجوی دکتری فیزیک و حفاظت خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

2- استاد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

3- دانشجوی کارشناسی ارشد سابق، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
آدرس پست الکترونیکی مکاتبه کننده: mehdirmti@gmail.com

چکیده

مدل آریا و پاریس یکی از بهترین مدل ها برای تخمین غیر مستقیم منحنی مشخصه آب خاک (SMC) از روی توزیع اندازه ذرات خاک می باشد. یکی از مهمترین ایرادات این مدل عدم دقت کافی آن برای خاک های تورم شونده می باشد. این نقصان از فرض برار بودن حداکثر مقدار رطوبت خاک با مقدار تخلخل کل خاک محاسبه شده از جرم مخصوص ظاهری و واقعی خاک ناشی می شود. در خاک های آماس پذیر این فرض دور از واقعیت است. استفاده از جرم مخصوص ظاهری تورمی خاک (ρ_{bs}) (وزن خشک خاک بر حجم نمونه در حالت آماس یافته) به جای جرم مخصوص ظاهری (ρ_b) منجر به حذف این کاستی مدل و براورد دقیق تری از SMC خاک شد. این جایگزینی سبب افزایش R^2 مدل و همچنین نزدیک شدن عرض از مبدا رگرسیون بین مقادیر پیش بینی شده و اندازه گیری شده به صفر و همچنین نزدیک شدن شیب به یک گردید.

کلمات کلیدی: مدل آریا و پاریس، خاک های آماس پذیر، جرم مخصوص ظاهری تورمی

مقدمه

منحنی مشخصه خاک (SMC) یکی از مهمترین خصوصیات خاک می باشد. روابط مختلفی برای توصیف این منحنی ارائه شده است (کاسوگی، 1994 و غیره). از آنجائی که ایجاد پتانسیل ماتریک ($\square_m$) و اندازه گیری رطوبت متناظر زمان بر و هزینه بر می باشد، لذا تلاش های زیادی برای برآورد غیر مستقیم این منحنی از روی خصوصیات سهل الوصول خاک صورت گرفته است (گوپتا و لارسون، 1979؛ کمپل، 1974). یکی از مشهورترین این روابط، مدل آریا و پاریس (1981) می باشد. یک سری کاستی هایی برای این مدل توسط نویسندگان آن ارائه شده است. از مهمترین این کاستی ها می توان به کم برآوردی رطوبت خاک مخصوصا در خاک های تورم پذیر اشاره کرد (آریا و پاریس، 1981). این مدل بر این فرض استوار است که حداکثر مقدار رطوبت خاک برابر با مقدار تخلخل کل خاک محاسبه شده از مقادیر جرم مخصوص ظاهری و واقعی می باشد. این در صورتی است که حداکثر مقدار رطوبت در خاک های تورم پذیر به مراتب بیشتر از مقدار تخلخل کل می باشد. لذا در این تحقیق تلاش شد تا راه حلی برای فائق آمدن بر این مشکل ارائه گردد.

تئوری مدل

آریا و پاریس (1981) از رابطه زیر برای برآورد مقدار تخلخل کل و حداکثر مقدار رطوبت خاک استفاده می کنند.

$$n = 1 - \frac{r_b}{r_p} \qquad [1]$$

استفاده از معادله فوق مناسب برای خاک هایی است که دارای خاصیت انبساط پذیری نمی باشند. به نظر می رسد که برای خاک های انبساط پذیر، استفاده از جرم مخصوص ظاهری اندازه گیری شده در زمان انبساط سبب اصلاح این

کاستی مدل بشود. اگر جرم مخصوص ظاهری اندازه گیری شده در زمان تورم را جرم مخصوص ظاهری تورمی (ρ_{bs}) بنامیم، از رابطه زیر می توان برای اندازه گیری آن استفاده کرد.

$$r_{bs} = \frac{m_{sd}}{V_{ts}} \qquad [2]$$

که در آن m_{sd} جرم خشک خاک و V_{ts} حجم نمونه خاک در زمان تورم می باشد. همچنین ρ_{bs} را می توان از رابطه زیر نیز محاسبه کرد.

$$q_{sat} = 1 - \frac{r_{bs}}{r_p} \qquad [3]$$

مواد و روشها

در این تحقیق 22 خاک با 8 کلاس بافتی مختلف (شن تا لوم رسی سیلتی) از کرج، ورامین و ارومیه انتخاب شدند. جرم مخصوص ظاهری و حقیقی، بافت خاک و رطوبت اشباع و رطوبت در مکش های مختلف با استفاده از روش های معمول اندازه گیری شدند.

ارزیابی صحت مدل

ضریب تبیین (R^2) و ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) برای ارزیابی دقت مدل مورد استفاده قرار گرفتند.

$$RMSE = \left[\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(X_{mi} - X_{pi}\right)^2\right]^{1/2} \qquad [4]$$

که در آن X_{mi} و X_{pi} به ترتیب مقادیر اندازه گیری شده و براورد شده رطوبت خاک در مکش های معین می باشند.

نتیجه‌گیری

جدول 1 خصوصیات کلی خاک های استفاده شده در این تحقیق را نشان می دهد. 14 خاک از 22 خاک دارای خاصیت انبساط پذیری بودند (مشاهدات عینی). ρ_b و ρ_{bs} های محاسبه شده از معادله 3 برای پیش بینی SMC با استفاده از مدل آریا و پاریس استفاده و با هم مقایسه شدند. نتایج RMSE و R^2 و همچنین عرض از مبدا و شیب بدست آمده برای رگرسیون خطی بین مقادیر پیش بینی شده و برآورد شده در جدول 2 گذارش شده است. کاربرد ρ_{bs} به جای ρ_b در خاک های انبساط یافته هم در حالت استفاده از a ثابت و هم در حالت a متغیر در مدل آریا و پاریس (1981) سبب افزایش R^2 (0/79 در مقابل 0/74 برای a ثابت و 0/699 در مقابل 0/648 برای a متغیر) شد.

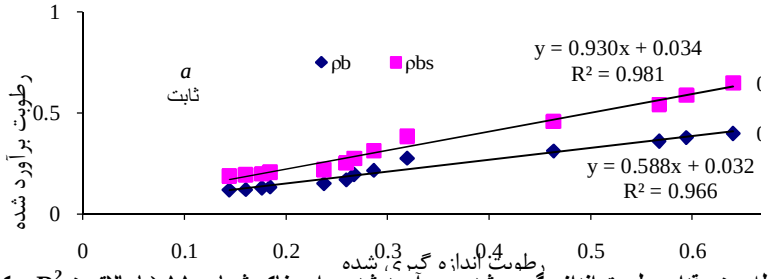
جدول 2- ضرایب R^2، RMSE و عرض از مبدا و شیب رگرسیون بین مقادیر رطوبت پیش بینی شده و برآورد شده ($\theta_p=a+b\times\theta_m$)

Intercept (a) and slope (b)								R^2				RMSE				Soil No.
ρ_{bs}				ρ_b				ρ_{bs}		ρ_b		ρ_{bs}		ρ_b		
a var		*a* can		*a* var		*a* con										
b	a	b	a	b	a	b	a	*a* var.	*a* con.	*a* var.	*a* con.	*a* var.	*a* con.	*a* var.¥	*a* con.¥	
1/21	-0/14	0/77	0/05	1/09	-0/13	0/99	0/06	0/682	0/807	0/692	0/820	0/075	0/033	0/099	0/049	1
2/69	-0/71	1/23	-0/08	2/13	-0/61	0/98	-0/04	0/779	0/800	0/778	0/805	0/026	0/017	0/076	0/055	2
3/27	-1/19	1/87	-0/51	3/27	-1/19	1/87	-0/51	0/637	0/712	0/637	0/712	0/202	0/165	0/202	0/165	*3
1/20	-0/20	0/74	0/05	1/43	-0/24	0/86	0/04	0/544	0/627	0/532	0/616	0/113	0/074	0/072	0/044	*4
3/40	-1/36	1/83	-0/50	3/48	-1/38	1/87	-0/51	0/731	0/790	0/731	0/789	0/124	0/099	0/118	0/093	5
6/76	-3/34	3/56	-1/53	7/18	-3/44	3/75	-1/57	0/661	0/710	0/660	0/708	0/187	0/171	0/171	0/156	6
1/55	-0/29	0/86	0/01	1/55	-0/29	0/86	0/01	0/629	0/693	0/629	0/693	0/082	0/054	0/082	0/054	*7
0/69	0/06	0/64	0/13	0/69	0/06	0/64	0/13	0/739	0/927	0/739	0/927	0/064	0/076	0/064	0/076	8
3/98	-1/28	2/16	-0/54	4/29	-1/31	2/31	-0/56	0/671	0/723	0/667	0/719	0/148	0/127	0/131	0/112	9
0/80	0/01	0/70	0/09	0/84	0/01	0/73	0/09	0/741	0/903	0/735	0/899	0/061	0/036	0/053	0/037	10
1/00	-0/07	0/93	0/03	1/57	-0/09	0/59	0/03	0/923	0/981	0/861	0/967	0/087	0/027	0/106	0/126	*11
1/10	-0/15	1/17	-0/10	2/00	-0/18	2/07	-0/12	0/867	0/960	0/764	0/903	0/129	0/060	0/165	0/180	*12
2/18	-1/05	1/58	-0/58	4/66	-1/38	3/16	-0/74	0/641	0/722	0/587	0/658	0/284	0/239	0/147	0/140	*13
1/73	-0/73	1/31	-0/38	4/20	-1/03	2/93	-0/53	0/683	0/770	0/616	0/691	0/259	0/205	0/165	0/167	*14
0/89	-0/03	0/90	0/02	1/22	-0/04	1/21	0/02	0/895	0/973	0/854	0/955	0/087	0/030	0/064	0/082	*15
1/04	-0/28	0/92	-0/13	1/77	-0/37	1/45	-0/17	0/588	0/723	0/523	0/637	0/284	0/200	0/167	0/134	*16
1/54	-0/67	1/20	-0/36	3/34	-0/92	2/40	-0/49	0/617	0/715	0/549	0/634	0/329	0/260	0/168	0/152	*17
1/13	-0/25	0/90	-0/07	2/00	-0/34	1/51	-0/12	0/715	0/822	0/665	0/768	0/194	0/132	0/096	0/091	*18
1/28	-0/45	1/07	-0/25	2/87	-0/62	2/23	-0/34	0/641	0/754	0/556	0/655	0/298	0/225	0/160	0/151	*19
1/42	-0/56	1/12	-0/27	3/48	-0/85	2/50	-0/42	0/668	0/762	0/591	0/673	0/299	0/220	0/182	0/176	*20
2/26	-1/01	1/66	-0/58	3/78	-1/19	2/66	-0/67	0/699	0/774	0/660	0/733	0/258	0/217	0/130	0/112	*21
1/09	-0/20	0/99	-0/09	1/67	-0/24	1/45	-0/11	0/740	0/857	0/693	0/812	0/178	0/110	0/106	0/089	*22
1/51	-0/47	1/16	-0/22	2/59	-0/60	1/92	-0/28	0/699	0/790	0/648	0/740	0/206	0/148	0/134	0/124	$\bar{X}^{\Gamma}$
1/92	-0/63	1/28	-0/26	2/66	-0/72	1/82	-0/30	0/704	0/796	0/669	0/762	0/171	0/126	0/124	0/111	$\bar{X}^{t}$

*: خاک های انبساط پذیر، ¥ : به ترتیب ضریب a متغیر و ثابت، Γ: میانگین خاک های انبساط یافته، τ: میانگین کل

جدول 1- خصوصیات کلی 22 خاک استفاده شده

متغیر	میانگین	بازه	ضریب تغییرات
جرم مخصوص ظاهری ($Kg\ m^{-3}$)	1454	1630-1230	7/23
جرم مخصوص حقیقی ($Kg\ m^{-3}$)	2590	2720-2451	3/16
رطوبت اشباع (V/V)	0/61	0/82-0/4	22/7
تخلخل کل (V/V)	0/44	0/54-0/38	10/29
جرم مخصوص تورمی ($Kg\ m^{-3}$)	1010	1572-458	36/36



شکل ۱ – رابطه بین مقدار رطوبت اندازه گیری شده و برآورد شده برای خاک شماره ۱۱ (با بالاترین R^2 و کمترین RMSE)

جایگزینی فوق علی رقم اینکه سبب افزایش اندک در مقدار RMSE (0/148 در مقابل 0/124 برای a ثابت و 0/206 در مقابل 0/134 برای a متغیر) شد، ولی باعث گردید که ضرایب عرض از مبدا و شیب معادله رگرسیونی بین مقادیر پیش بینی شده و برآورد شده به ترتیب به صفر و یک نزدیکتر گردند (جدول 2). نتایج بدست آمده نشان می دهد که علی رقم فزایش اندک در مقدار RMSE، مقدایر R^2 بالاتر و همچنین شیب نزدیکتر به یک و عرض از مبدا نزدیکتر به صفر نشان از افزایش دقت مدل آریا و پاریس دارد. همچنین با توجه به شکل 1، میزان کم برآوردی رطوبت خاک برای خاک های انبساط یافته با استفاده از کاربرد ρ_{bs} حل می شود.

منابع

Arya LM and Paris JF, 1981. A physicoempirical model to predict the soil moisture characteristic from particle-size distribution and bulk density data. *Soil Sci. Soc. A. J.*, 45:1023-1030.

Campbell GS, 1974. A simple method for determining unsaturated conductivity from moisture retention data. *Soil Sci.*, 117: 311-314

Gupta SC and Larson WE, 1979. Estimating soil water retention characteristics from particle size distribution, organic matter percent, and bulk density. Water Res. Res., 15:1633-1635.

Kosugi K, 1994. Three-parameter lognormal distribution model for soil water. Water Res. Res., 30: 891-901.