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

اعتباریابی و تعیین بهترین تکرار آزمایش نفوذپذیری با استفاده از تحلیل اعتباریابی به روش پایایی داخلی

فرزین پرچمی عراقی[1]، سیّد مجید میرلطیفی[2]، شجاع قربانی دشتکی[3]
1 و 2- به‌ترتیب، دانشجوی دکتری و دانشیار گروه آبیاری و زهکشی دانشگاه تربیت مدرس، تهران
3- استادیار، گروه خاکشناسی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد.
آدرس پست الکترونیکی مکاتبه کننده: parchami_farzin@yahoo.com

چکیده

فرآیند نفوذ آب به خاک یکی از مهمترین اجزای چرخه‌ی هیدرولوژی بوده و کمّی کردن آن در مدیریّت حوزه‌های آبخیز و طراحی سیستم‌های آبیاری دارای اهمیّت زیادی می‌باشد. به‌خاطر تغییرپذیری بالای این فرآیند، لازم است که آزمایش‌های نفوذ در تکرارهای مختلف اندازه‌گیری شده و با توجه به مقادیر اندازه‌گیری شده، بهترین تکرار مشخص گردد. با وجود اهمیت تعیین بهترین تکرار آزمایش نفوذپذیری، تا کنون روش جامع و روشنی برای این منظور ارائه نگردیده است. در این پژوهش، شاخصی کمّی به‌منظور ارزیابی اعتبار نتایج آزمایش نفوذپذیری و تعیین بهترین تکرار آزمایش ارائه شده است.

کلمات کلیدی: آلفای کرونباخ، تحلیل اعتباریابی، فرآیند نفوذ

مقدمه

فرآیندی پویا بوده و نسبت به زمان و مکان متغیّر می‌باشد. این امر سبب گردیده است که در آزمایش‌های نفوذپذیری در تکرارهای مختلف اندازه‌گیری شده و با توجه به مقادیر اندازه‌گیری شده، بهترین تکرار مشخص گردد. با وجود اهمیت تعیین بهترین تکرار آزمایش نفوذپذیری، در بسیاری از پژوهش‌های صورت گرفته، توجه چندانی به این امر مبذول نگردیده است. در بسیاری از پژوهش‌های صورت گرفته به روش به‌کار گرفته شده برای این منظور اشاره‌ای نشده است (Machival et al., 2006; Sadegh zadeh et al., 2007). همچنین، در برخی از از پژوهش‌های صورت گرفته بررسی اختلاف بین تکرارها با استفاده از یک آزمون آماری مورد بررسی قرار گرفته است (Chowdary et al., 2006). اما باید توجه داشت که واگذار نمودن قضاوت نهایی در مورد یک پدیده به یک آزمون آماری معقول نمی‌باشد (Ho, 2006). از سوی دیگر، نشاط و پاره‌کار (1386) و Ghorbani Dashtaki و همکاران (2009) به منظور تعیین بهترین تکرار آزمایش نفوذپذیری را از طریق برازش مدل نفوذ کوستیاکوف (1932) و مشاهده و مقایسه‌های کارشناسی منحنی‌های لگاریتمی نفوذ تجمعی نسبت به زمان تعیین نمودند. این روش به عنوان روش مبنا به منظور ارزیابی داده‌های نفوذ آب به خاک در مطالعات خاکشناسی صورت گرفته توسط بسیاری از شرکت‌های مهندسین مشاور نیز مورد استفاده قرار گرفته است. هرچند که این روش در مقایسه با روش آزمون آماری، روشی معقول‌تر و واقعی‌تر می‌نماید امّا در این رویکرد امکان بررسی اعتبار آزمایش انجام شده، وجود ندارد. همچنین، مدل کوستیاکوف با مقادیر خطای متفاوتی بر هریک از تکرارها برازش می‌یابد. از سوی دیگر، میانگین حداقل دو تکرار به‌عنوان مقادیر نفوذ اندازه‌گیری شده، در نظر گرفته می‌شود و تعیین بهترین تکرار از بین سه تکرار صورت گرفته امکان‌پذیر نمی‌باشد. چراکه در

این روش، شاخصی کمّی برای قضاوت در مورد دو تکرار نزدیک به‌هم وجود ندارد. با توجه به اهمیت فرآیند نفوذ و نیز اهمیت تعیین بهترین تکرار آزمایش نفوذپذیری، در این پژوهش شاخصی کمّی به‌منظور ارزیابی اعتبار و تعیین بهترین تکرار یک آزمایش نفوذپذیری ارائه گردیده است.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش، داده‌های مربوط به نفوذپذیری خاک با انجام آزمایش نفوذپذیری به‌روش استوانه‌های مضاعف[1] که قطر استوانه‌ی داخلی و خارجی به‌ترتیب، برابر با 30 و 70 سانتی‌متر بود و با سه تکرار در خاکی با بافت لوم شنی به‌دست آمد. همچنین، اندازه‌گیری نفوذ تا زمانی که سرعت نفوذ به مقدار ثابتی برسد، ادامه یافت. نتیجه این آزمایش در جدول 1 ارائه گردیده است.

جدول 1- مقادیر نفوذ تجمعی اندازه‌گیری شده در تکرارهای مختلف

زمان از ابتدای آزمایش (دقیقه)	نفوذ تجمعی (سانتی‌متر)		
	تکرار اوّل	تکرار دوم	تکرار سوم
1	1/0	1/9	1/9
2	1/8	2/7	3/0
4	2/9	3/4	3/8
6	3/7	3/8	4/3
10	5/0	4/4	5/9
15	6/1	5/0	7/0
20	7/0	5/5	7/9
30	8/3	6/2	9/5
40	9/1	7/5	10/3
60	11/2	8/7	12/4
80	12/8	9/8	14/0
110	14/8	11/3	16/1
140	16/4	12/5	17/7
200	20/0	15/3	21/5
260	22/8	17/7	24/3

در این پژوهش، امکان ارزیابی اعتبار نتایج آزمایش نفوذپذیری و نیز تعیین بهترین تکرار آزمایش با استفاده از تحلیل اعتباریابی[2] به‌روش پایایی داخلی[3] مورد بررسی قرار گرفت. در روش پایایی داخلی این موضوع بررسی می‌گردد که مقادیر اندازه‌گیری شده برای بیان یک کمیّت خاص، دارای ساختاری یکسان باشند. مقادیر به‌دست آمده از اندازه‌گیری یک کمیّت مشابه در شرایط یکسان و در تکرارهای مختلف، منطقاً باید به‌طور پایداری باهم متفّق و همبسته باشند. یکی از روش‌های بررسی پایایی داخلی یک آزمایش، استفاده از آماره‌ی آلفای کرونباخ[4] می‌باشد. این آماره به‌صورت زیر تعریف می‌گردد (Bland and Altman, 1997):

1-Double Rings
2-Reliability Analysis
3-Internal Consistency
4-Cronbach's Alpha

$$a = \frac{K}{K-1}\left(1-\frac{\sum_{i=1}^{K} {s_i}^2}{{s_T}^2}\right) \qquad [1]$$

که در آن: K: تعداد تکرارها، ${s_i}^2$: واریانس تکرار i ام (cm^2)، ${s_T}^2$: واریانس گروه حاصل از جمع نظیر به نظیر مقادیر اندازه‌گیری شده‌ی نفوذ تجمعی در زمان‌های مختلف آزمایش نفوذ در هر تکرار (cm^2) می‌باشد. با توجه به رابطه فوق و مفهوم امید ریاضی، در صورتی‌که تکرارها کاملاً از هم مستقل باشند، مجموع واریانس‌های تکرارها با واریانس مجموع تکرارها برابر بوده و مقدار آلفا برابر با صفر می‌گردد. همچنین، اگر تکرارها کاملاً مشابه با یکدیگر باشند، در این‌صورت، $\sum {s_i}^2 / {s_T}^2 = 1/k$ و مقدار آلفا برابر با یک خواهد بود (Bland and Altman, 1997). به‌عنوان یک قاعده‌ی کلّی، اگر مقدار این شاخص بیشتر از 0/8 باشد، همه‌ی تکرارها قابل اعتماد بوده و کل آزمایش پایدار داخلی محسوب می‌گردد. اگر آلفا کمتر از 0/8 باشد، حداقل یکی از تکرارها معتبر نیست (Ho, 2006).

به‌منظور تعیین بهترین تکرار آزمایش نفوذپذیری با این روش، با استفاده از نرم افزار آماری SPSS مقدار آماره‌ی آلفای کرونباخ در صورت حذف هریک از تکرارها با یکدیگر مورد مقایسه قرار گرفت. بدین ترتیب، تکراری که با حذف آن، مقدار این آماره کاهش بیشتری یافت، به‌عنوان بهترین تکرار آزمایش نفوذپذیری انتخاب شد. همچنین، در صورتی‌که مقدار این آماره برای هر سه تکرار کمتر از 0/8 بود و با حذف هیچ یک از تکرارها مقدار این آماره از 0/8 بیشتر نگردید، از نتایج آن آزمایش صرف‌نظر شده و وارد دیگر مراحل تجزیه و تحلیل نگردید.

نتایج و بحث

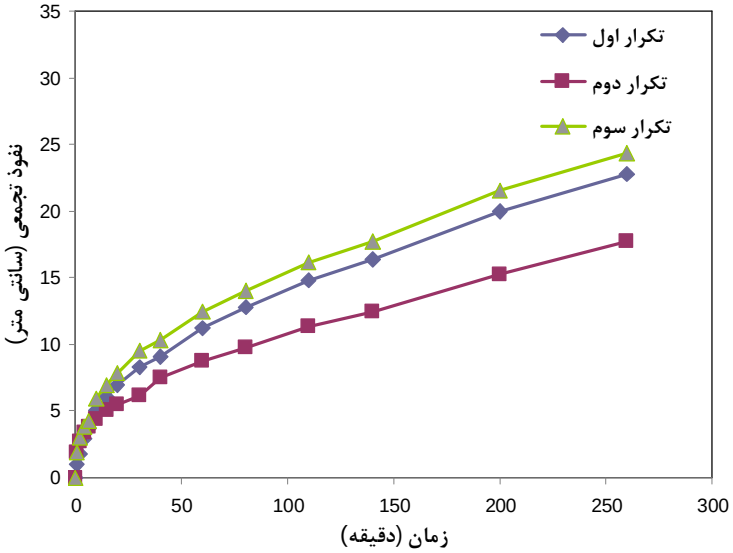
نتایج محاسبات در جدول 2 ارائه گردیده است. همان‌طور که در جدول فوق مشاهده می‌گردد، مقدار آماره‌ی آلفای کرونباخ به ازای هر سه تکرار آزمایش بیشتر از 0/8 (0/987) می‌باشد. بنابراین، با توجه به آنچه گفته شد، می‌توان نتیجه گرفت که همه‌ی تکرارها قابل اعتماد بوده و آزمایش پایدار داخلی است. همچنین، بر اساس نتایج به‌دست آمده می‌توان گفت که تکرار اوّل و دوم به‌ترتیب، بهترین و بدترین تکرار آزمایش نفوذپذیری بوده‌اند. چراکه مقدار آماره‌ی آلفای کرونباخ با حذف تکرارهای فوق به‌ترتیب، به کمترین و بیشترین مقدار خود رسیده است. بنابراین، نتایج حاصل از اندازه‌گیری نفوذ در تکرار اول به عنوان نتیجه نهایی آزمایش نفوذپذیری انتخاب می‌گردد.

جدول 2- نتایج تحلیل اعتبار یابی با استفاده از نرم‌افزار SPSS

مقدار آلفای کرونباخ محاسبه شده برای هر سه تکرار		0/987
مقدار آلفای کرونباخ محاسبه شده در صورت حذف	تکرار اول	0/965
	تکرار دوم	1/000
	تکرار سوم	0/970

منحنی‌های نفوذ تجمعی نسبت به زمان در سه تکرار آزمایش نفوذپذیری انجام شده، در شکل 1 مورد مقایسه قرار گرفته است. همان‌طور که در این شکل مشخص می‌باشد، می‌توان گفت که بهترین تکرار، یکی از تکرارهای اول و یا سوم بوده و تکرار دوم، بدترین تکرار می‌باشد. اما بررسی مشاهداتی این شکل نمی‌توان گفت که از بین تکرارهای اول و سوم کدامیک تکرار نماینده می‌باشد. همچنین، شاخصی کمی برای ارزیابی اعتبار نتایج آزمایش نفوذپذیری وجود ندارد. در پایان، پیشنهاد می‌گردد به‌منظور تعیین بهترین تکرار آزمایش نفوذپذیری از آماره‌ی آلفای کرونباخ استفاده

شود. چراکه با استفاده از این روش، می‌توان بهترین تکرار آزمایش نفوذپذیری را تعیین کرد و دیگر نیازی به میانگین-گیری از دو تکرار نزدیک به‌هم نخواهد بود. مزیّت دیگر این روش آسان‌تر بودن آن در مقایسه با روش مقایسه‌های مشاهداتی منحنی‌های نفوذ تجمعی و عدم رخ دادن اشتباه و اختلاف نظرات کارشناسی در انتخاب بهترین تکرار می-باشد. زیرا در این روش، برای تعیین بهترین تکرار آزمایش از یک شاخص کمّی استفاده می‌شود.



شکل 1- منحنی‌های نفوذ تجمعی نسبت به زمان در سه تکرار آزمایش نفوذپذیری

منابع

[1] .نشاط ع و پاره کار م، 1386. مقایسه روش های تعیین سرعت نفوذ عمودی آب در خاک. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، 14(3): 186-195.

2.Bland JM and Altman DG, 1997. Statistics notes: Cronbach's alpha. Br. Med. J. 314: 572-522.

3.Chowdary VM, Damodhara Rao M and Jaiswal CS, 2006. Study of infiltration process under different experimental conditions , Agric. Water Manage 83: 69-78.

4.Ghorbani Dashtaki S, Homaee M, Mahdian MH and Kouchakzadeh M, 2009. Site-Dependence Performance of Infiltration Models. Water Resour Manage 23: 1573-1650.

5.Ho R, 2006. Handbook of univariate and multivariate data analysis and interpretation with SPSS. Chapman & Hall/CRC. 403 pp.

6.Kostiakov AN, 1932. On the dynamics of the coefficient of water-percolation in soils and on the necessity for studying it from a dynamic point of view for purposes of amelioration. Transactions Congress International Society for Soil Science, 6th, Moscow, Part A: 17-21.

7.Machiwal D, Jha MK and Mal BC, 2006. Modelling Infiltration and quantifying Spatial Soil Variability in a Wasteland of Kharagpur, India. Biosys Eng 95: 4. 569-582.

8.Sadegh Zadeh K, Shirmohammadi A, Montas HJ and Felton G, 2007. Evaluation of infiltration models in contaminated landscape. J Environ Sci Health 42(7): 983-988.

9.Williams JR, Ouyang Y, Chen JS and Ravi V, 1998. Estimation of infiltration rate in vadoze zone: application of selected mathematical models. Environmental Protection Agency, USA. 117 pp.