بررسی کارایی برخی از معادلات در پیش‌بینی سرعت جریان ورقه‌ای

فرخ اسدزاده[۱]، منوچهر گرجی[۲]، حسن روحی‌پور[۳]، احمد حیدری[۴]

[۱]دانشجوی دکتری گروه مهندسی علوم خاک دانشگاه تهران؛ [۴،۲] استادیار گروه مهندسی علوم خاک دانشگاه تهران؛

[۳]استادیار موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع

مقدمه

سرعت جریان رواناب ورقه‌ای، تنش برشی و توان حمل رسوب آن را به شدت تحت تاثیر قرار می‌دهد[۱].از اینرو بررسی کارایی معادلات پیش‌بینی سرعت جریان به منظور استفاده از دقیق‌ترین رابطه، بسیار با اهمّیت است. در این پژوهش، قابلیت سه معادله معروف دارسی- ویسباخ، مانینگ، و شزی در برآورد سرعت جریان ورقه‌ای، با بهره‌گیری از روشی مناسب، در خاک‌های درشت بافت مورد آزمون قرار گرفته است. در خاک‌های درشت بافت، برهمکنش عمده‌ای بین هیدرولیک جریان و ناهمواری‌های بستر وجود ندارد؛ و از تغییرات ضریب زبری در طول زمان می‌توان صرفنظر کرد[۲].

مواد ر روش‌ها

جریان ورقه‌ای با شار جریان‌های[۱](q) مختلف، با استفاده از سیستم شبیه‌ساز رواناب نصب شده در قسمت فوقانی یک فلوم یک متر مربعی، در شیب‌های(S) متفاوت ایجاد شد. سرعت رواناب با استفاده از روش ردیابی محلول رنگی اندازه-گیری شد. از آنجایی که پارامترهای در دسترس، برای پیش‌بینی سرعت جریان با استفاده از معادلات مذکور و مقایسه با آن

داده‌های اندازه‌گیری شده، در آزمایش‌های انجام شده، شامل شیب و شار جریان بود؛ برای تعیین سرعت جریان با استفاده از این معادلات، ابتدا هرکدام از آن‌ها، برحسب این پارامترها نوشته شدند. برای جایگزین کردن عمق جریان(D)، با شار جریان در این معادلات، از رابطه(q=DV) استفاده شد، جزییات معادلات و حالت تبدیل شده‌ی آن‌ها در جدول ۱ آمده است. روش مقایسه معادلات بدین ترتیب بود که رابطه یا همبستگی بین سرعت اندازه‌گیری شده (V)، و ترکیب سایر متغیرهای معادلات سرعت جریان، مانند شیب بستر و شار جریان به همراه توان-هایشان($S^{0.3}.q^{0.4}$ و یا ($Sq^{0.33}$))، در یک دستگاه محور مختصات مورد ارزیابی قرار گرفت. همانگونه که در جدول ۱ مشاهده می‌شود؛ ارتباط بین سرعت جریان و سایر متغیرها نظیر شیب و شار جریان برای معادله شزی و دارسی- - ویسباخ کاملاً یکسان است. بنابراین در روش مورد استفاده، فقط یکی از این دو معادله، یعنی معادله دارسی- ویسباخ با معادله مانینگ مورد مقایسه قرار گرفته است.

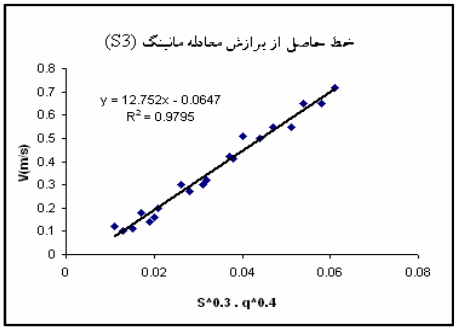
جدول ۱- معادلات پیش‌بینی سرعت جریا ن به همراه متغیرهای آن‌ها

نوع معادله	معادله سرعت جریان	معادل سرعت، براساس سایر پارامترهای در دسترس
مانینگ	$n=\frac{S^{1/2}D^{2/3}}{V}$	$V=\frac{q^{0.4}S^{0.3}}{n^{0.6}}$
دارسی- ویسباخ	$f=\frac{8gDS}{V^2}$	$V=\left(8gqS/f\right)^{0.333}$
شزی	$C=\frac{V}{(DS)^{1/2}}$	$V=C^{0.667}(qS)^{0.333}$

[1] Flux

نتایج و بحث

در شکل ۱ نمونه‌ای از رابطه مذکور برای معادله مانینگ در یکی از خاک‌ها(S3) ترسیم گردیده است. طبق جدول ۱ در شرایط ایده‌ال رابطه موجود بین سرعت رواناب(V) و حاصلضرب ترکیب دو پارامتر متغیر؛ یعنی شیب و شار جریان، در طرف دیگر معادله باید بصورت خط مستقیمی باشد که بدون عرض از مبدأ از مرکز مختصات عبور نماید. نتایج بدست آمده نشان داد که هیچکدام از معادلات ذکر شده دارای این شرایط ایده‌آل در برآورد سرعت رواناب نمی‌باشند. لذا برای مقایسه سه معادله مذکور، دو پارامتر، ضریب همبستگی (r^2) و فاکتور بدون بعد عرض از مبدا[1] مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت. با توجه به اینکه عرض از مبدأ این خطوط دارای بعد سرعت می‌باشد، برای مقایسه بهتر و بدون بعد کردن آن؛ فاکتور بدون بعد عرض از مبدا، که از تقسیم قدرمطلق عرض از مبدا بر مجموع سرعت حداکثر و قدر مطلق عرض از مبدأ بدست می‌آید؛ تعریف شد. این فاکتور می‌تواند به عنوان معیاری برای بررسی صحت معادلات، مورد استفاده قرار گیرد. به عبارت دیگر کوچک بودن مقدار این فاکتور و نزدیک بودن ضریب همبستگی(r^2) به یک، نشان دهنده‌ی صحت و دقت معادلات خواهد بود. مقادیر پارامترهای مورد مقایسه برای دو نمونه خاک(S3 و S4) در جدول ۲ آمده است. اعداد این جدول نشان می‌دهد که در کلیه داده‌های آزمایشی بدست آمده از نمونه‌ها ، مقدار فاکتور عرض از مبدأ خطوط حاصل از برازش معادله مانینگ نسبت به خطوط حاصل از برازش معادله دارسی- ویسباخ کوچکتر است. ولی ضریب همبستگی در خاک S3، برای معادله مانینگ؛ و در خاک S4، برای معادله دارسی- ویسباخ بزرگتر است. در مجموع می‌توان گفت معادله مانینگ نسبت به معادله دارسی- ویسباخ برآورد صحیح‌تر و دقیقتری از سرعت جریان، در شرایط مختلف شیب و دبی را بدست می‌دهد.



شکل۱- نمونه‌ای از رابطه‌ی بین سرعت جریان ورقه‌ای و سایر متغییرهای معادله مانینگ در خاک S3

منبع داده‌ها (تعداد آزمایش‌های انجام شده =N)				
نوع معادله	نمونه خاک S3 (N= ۲۰)		نمونه خاک S4 (N=۲۰)	
	فاکتورعرض از مبدا	ضریب همبستگی	فاکتورعرض از مبدا	ضریب همبستگی
مانینگ	۰/۰۸	۰/۹۷	۰/۱۱	۰/۹۴
دارسی- ویسباخ	۰/۱۶	۰/۹۵	۰/۲۱	۰/۹۸

جدول۲- مقادیر ضریب همبستگی و فاکتور عرض بدون بعد از مبدأ برای دو معادله مانینگ و دارسی- ویسباخ؛ در خاک‌های S3 و S4

منابع

[1] Dunkerley, D. L. 2002. Determining friction coefficients for interrill flows: The significance of flow filaments and backwater. Earth Surface Processes and Landforms. 28: 475-491.

[2] Lawrence, D. S. L. 1997. Macro scale surface roughness and frictional resistance in overland flow. Earth Surface Processes and Landforms. 22:365-382

[1] Dimensionless Intercept Factor