

# برأورد ضرایب زبری مانینگ و دارسی-ویسباخ در سطح یک خاک لسی تحت پوششهای متفاوت سنگریزه سطحی

سلمان میرزایی<sup>(</sup>، فرخ اسدزاده<sup>۲</sup> و حبیب نظرنژاد<sup>۲</sup>

۱– دانشجوی دکتری، گروه مهندسی علوم خاک، دانشگاه شهر کرد، (نویسنده مسوول: salman\_mirzace@yahoo.com) ۲– استادیار، دانشگاه ارومیه تاریخ دریافت: ۹۴/۸/۲۵

چکیدہ

مقاومت به جریان سطحی از قبیل ضرایب زبری دارسی-ویسباخ و مانینگ یک ورودی مهم در مدلهای فرایندی فرسایش خاک به منظور تخمین میزان فرسایش خاک بوده و همین طور در طراحی و اجرای راهکارهای حفاظت آب و خاک بسیار حائز اهمیت است. هدف از تحقیق حاضر، بررسی ضرایب زبری مانینگ و دارسی-ویسباخ در سطح یک خاک لسی تحت پوششهای متفاوت سنگریزه سطحی بود. بدین منظور، از یک فلوم به طول شش و عرض ٥/٠ متر با شیب ثابت سه درصد برای اجرای آزمایش استفاده شد. تیمارها شامل پوشش سنگریزه (صفر، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد) و جریانهای سطحی (۳، ۲ و ۹ لیتر در دقیقه) بودند. نتایج نشان داد که با افزایش پوشش سنگریزه سطحی ضرایب دارسی- ویسباخ در جریانهای سطحی (۳، ۲ و ۹ لیتر در دقیقه) در دقیقه، به ترتیب ۸۸۲/۳ و ۸۸۷ و سطحی از صفر به ۳۰ درصد، ضریب دارسی- ویسباخ در جریانهای سطحی فوق، ۹/۳ و ۹ لیتر در دقیقه، به ترتیب ۸۸۲/۳ و ۸۵/۸ درصد افزایش و ضریب زبری مانینگ به ترتیب در جریانهای سطحی فوق، ۹/۹ مورت نمایی (۹۹/۹ و ۹۸/۸ درصد افزایش سرعت جریان سطحی در یک پوشش سنگریزه سطحی به مورت نمایی (۹۹/۹ و ۹۸/۸ درصد افزایش و ضریب زبری مانینگ به ترتیب در جریانهای سطحی فوق، ۹/۹ مورت نمایی (۱۹/۹ و ۹۸/۸ درصد افزایش و ضریب زبری مانینگ به موریان به پوشش سنگریزه سطحی به مقدار <sup>50</sup>(۱۶) به صورت لگاریتمی افزایش یافت. به طور کلی، نتایج این پروهش نشان داد که ضرایب زبری علاوه بر اندازه و شکل مقدار <sup>50</sup>(۱۶) به صورت لگاریتمی افزایش یافت. به طور کلی، نتایج این پژوهش نشان داد که ضرایب زبری علاوه بر اندازه و شکل ذرات، تحت تاثیر عواملی از قبیل مقدار، عمق و سرعت جریان سطحی و همچنین، مقدار زرات، محار نه اندازه می سنگریزه سطحی می نشان داد که ضرایب زبری علاوه بر اندازه و شکل

واژههای کلیدی: عمق جریان، سرعت جریان، غوطهوری نسبی، ضریب زبری

### مقدمه

ویژگیهای هیدرولیکی جریانهای سطحی (رواناب) نظیر سرعت و عمق و همچنین مشخصه زبری سطح خاک به عنوان پارامترهای فیزیکی مهم در توصیف فرآیندهای فرسایشی خاک سطحی به شمار میآیند. در مدلهای مختلف فرسایش خاک، ویژگیهای یاد شده به روشهای مختلف ترکیب شده و برای پیشبینی فرسایش خاک مورد استفاده قرار میگیرند (۲۱،۲۰). از این رو آگاهی دقیق از ویژگیهای هیدرولیکی مرتبط با جریان سطحی در تحقیقات مربوط به مدلسازی فرسایش خاک اهمیت ویژهای دارد.

معادلات مانینگ و دارسی-ویسباخ، روابط پایه در توصیف سرعت جریان آب در مدلهای فرآیندی فرسایش خاک محسوب میگردند که در این معادلات ضریب زبری مربوط به بازدارندگی سطح خاک اهمیت ویژهای در تغییر سایر ویژگیهای هیدرولیکی رواناب دارد. بنابراین در بسیاری از نظیر عمق، سرعت، تنش برشی و قدرت جریان متاثر از زبری سطح خاک بوده و تعیین ضریب زبری و عوامل موثر بر آن ضروری است. برای مثال، توصیف کمی سرعت جریان در استفاده از معادلهی مانینگ و به عنوان تابعی از شعاع هیدرولیکی، شیب و ضریب زبری (معادله ۱) صورت میگیرد.

$$V = n^{-1} R^{2/3} S^{1/2}$$
(1)

که در این معادله V سرعت متوسط جریان (<sup>-1</sup> m s<sup>-1</sup>) n ضریب زبری مانینگ (m) (s m<sup>-1/3</sup>) شعاع هیدرولیکی (m) و S شیب (mc<sup>-1</sup>) میباشد. در مدل WEPP نیز ارتباط بین ویژگیهای زبری هندسی سطح خاک و سرعت جریان با استفاده از رابطهی دارسی– ویسباخ (معادله ۲) که یک رابطهی با پایهی  $f = \frac{8 g RS}{2}$ 

که در این معادله، g شتاب ثقل (ms<sup>-2</sup>)، f ضریب اصطکاک که تابعی از ویژگیهای جریان و سطح بستر است و بقیه پارامترها نیز همان تعاریف قبلی را دارند. با توجه به اینکه سرعت برشی (Us) جریان رواناب مطابق رابطه ۳ قابل تعریف است، میتوان با تجمیع رابطه دارسی ویسباخ (معادله ۲) و سرعت برشی (معادله ۳) معادلهی ۴ را برای ضریب زبری دارسی–ویسباخ بازنویسی کرد.

$$U_* = \sqrt{gRS} \tag{(7)}$$

$$\left(\frac{8}{f}\right)^{1/2} = \frac{V}{U_*} \tag{(f)}$$

براساس تئوری لایه مرزی، مقاومت در مقابل جریان برای بسترهای زبر بر مبنای ضریب زبری دارسی-ویسباخ، با استفاده از رابطه زیر قابل دستیایی است (۴، ۱۵).

$$\binom{8}{f} = a + bLn \frac{D}{K_s}$$
 ( $\delta$ )

1- Frictional Coefficient

که در این رابطه  $K_s$  اندازه زبری بستر، a و b نیز ضریب واسنجی معادله میباشد. به طور کلی میتوان گفت که ضرایب زبری مانینگ و دارسی–ویسباخ تاثیر عوامل مختلفی نظیر بقایای سطحی گیاهان و سنگریزه را در خود تجمیع نموده و اثر آنها را در سرعت جریان رواناب منعکس مینایند. این دو ضریب طبق معادله ۶ با یکدیگر ارتباط داشته و نشان دهندهی مقاومت مسیر در مقابل جریان رواناب میباشند (۳۶).

$$\left(\frac{8}{f}\right)^{0.5} = \frac{n}{R^{1/6}} \sqrt{g}$$
 (2)

با توجه به نقش مهم زبری خاک بر أغاز رواناب و فرآیندهای فرسایش و رسوب، در این زمینه مطالعات مختلفی با اهداف گوناگون صورت گرفته است. در اغلب این مطالعات بر نقش سنگریزهی سطحی در مقدار فرسایش و رسوب توليدي تاكيد شده است براي نمونه أغاسي و لوي (۱) و پوزن و همکاران (۱۴) برای بررسی تاثیر زبری سطح خاک بر خصوصیات هیدرولیکی جریان از پوشش سنگریزه سطحی استفاده کردند. رییک-زپ و همکاران (۱۶) تحت شرایط آزمایشگاهی نقش سنگریزه مخلوط شده با خاک را در دامنهی مقادیر صفر تا ۴۰ درصد و تحت شرایط دبیهای ۵/۷ تا ۱۱/۴۱ لیتر در دقیقه مورد مطالعه قرار دادند. نتایج آنها نشان داد که انرژی جریان به شدت توسط سنگریزهها مستهلک شده و تولید رسوب نیز با افزایش سنگریزه کاهش می یابد. تیلانق و همکاران (۱۷) نیز در شرایط صحرایی و در دامنهی مشابهی از پوشش سنگریزه، رابطه عکس بین تلفات خاک و درصد سنگریزه گزارش نمودند. میرزائی و همکاران (۱۳) نیز طی تحقیقی در شرایط ازمایشگاهی با استفاده از یک فلوم m سنگریزه سطحی با ۶×۰/۵ m افزایش زبری سطح خاک موجب گردید زمان و مکان تشکیل شیار با افزایش پوشش سنگریزه سطحی خاک افزایش مى يابد.

به هر حال، بررسی مطالعات یاد شده نشان میدهد که در این پژوهشها کمتر به اثر پوشش سنگریزهی سطحی بر تغيير ضرايب زبري مانينگ و دارسي ويسباخ توجه شده است. به عبارت دیگر در اغلب پژوهشهای چگونگی اثر سنگریزه بر مبنای تلفات نهایی خاک مورد بررسی گرفته و تاثیر آن بر هيدروليك جريان رواناب سطحي كمتر مورد بحث قرار گرفته است. با توجه به اینکه در مناطق خشک و نیمهخشک سنگریزههای سطحی به مقدار قابل توجه در سطح خاک دامنهها موجود میباشند، بررسی نقش آنها در تغییر پارامترهای هیدرولیکی جریان سطحی میتواند بسیار مفید باشد. بر این اساس مطالعهی حاضر با هدف شبیهسازی زبری سطحی با استفاده از یک خاک لسی صورت گرفته است. خاکدانههای تشکیل شده در اینگونه خاکها به دلیل دارا بودن مقدار زیادی از ذرات سیلت و شن خیلی ریز ناپایدار بوده و بسیار فرسایش پذیر هستند (۱۷). طی این پژوهش تلاش شده تا با شبیهسازی جریان رواناب کمعمق سطحی، تاثیر سطوح مختلف زبری بر پارامترهای هیدرولیکی جریان و همچنین، تاثیر ویژگیهای هیدرولیکی جریان بر میزان

ضرایب زبری مانینگ و دارسی-ویسباخ با استفاده از مدل های ریاضی مورد تحلیل قرار گیرد.

## مواد و روش ها

در اجرای این تحقیق از سامانه شبیهساز رواناب موجود در پژوهشکده حفاظت خاک و ابخیزداری که مجهز به یک فلوم شیبپذیر با ابعاد ۱×۶ متر بوده (شکل ۱الف) و دارای تجهیزات مربوط به کنترل دبی ورودی و همچنین ارام کننده جریان است، استفاده شد. به منظور انجام أزمایشهای شبیهسازی، ابتدا لایهای از سنگریزههای به قطر ۱۰ میلیمتر و به ضخامت تقریبی ۱۰ سانتیمتر به عنوان زهکش در کف فلوم قرار داده شد. پس از این مرحله یک لایه از گونی با جنس کتان بر روی زهکش مذکور قرار داده شد تا از شسته شدن ذرات خاک به درون زهکش جلوگیری شود. نمونه خاک لسی مورد استفاده، از منطقه داشلی برون استان گلستان و از عمق صفر تا ۲۰ سانتیمتری جمع آوری شده و سپس، از الک ۲ سانتیمتری گذرانده شد. پس از این مرحله، فلوم ازمایشی با استفاده از خاک مذکور به ارتفاع ۲۰ سانتیمتر پر شد. در ادامه سطح أن به كمك يک غلطک دستی كاملا صاف شده و چگالی ظاهری خاک داخل فلوم به چگالی ظاهری خاک در حالت طبیعی رسانده شد (۱۹،۱۶).

شایان ذکر است که به منظور سرعت بخشیدن به انجام آزمایشها و دقت در اندازهگیری شاخصهای هیدرولیکی نظير سرعت و عمق رواناب عرض فلوم توسط يک ورقه فلزی به دو قسمت تقسیم شده و هر آزمایش در سطحی معادل با ۰/۵×۶ متر انجام شد. به منظور انجام هر آزمایش، پس از یکنواخت کردن سطح بستر، پوشش سنگریزهای با قطر متوسط هفت میلیمتر به صورت تصادفی و یکنواخت در سطح خاک پخش شد. به این ترتیب که نحوهی قرارگیری سنگریزهها در روی سطح دارای الگوی تصادفی بوده ولی همزمان توزیع آنها از نظر مقدار پوشش در بخشهای مختلف سطح فلوم، يكنواخت بود. لازم به ذكر است كه پخش سنگریزهها در روی سطح به آرامی انجام شده و قطعات سنگریزه در داخل خاک فرو نرفتهاند. پس از آمادهسازی بستر فلوم، خاک داخل فلوم به مدت هشت ساعت از زیر فلوم اشباع شده و ۲۴ ساعت پس از اشباع هر نمونه (۱۳)، آزمایش شبیه سازی مورد نظر به انجام می سید (شکل ۱). در این تحقیق، ازمایشها در چهار سطح مختلف پوشش سنگریزهای، شامل خاک بدون پوشش (به عنوان شاهد)، خاک با ۱۰ درصد پوشش سنگریزهای، خاک با ۲۰ درصد پوشش سنگریزهای و خاک با ۳۰ درصد پوشش سنگریزهای، سه دبی متفاوت جریان سطحی شامل ۳، ۶ و ۹ لیتر در دقیقه در شیب ثابت ۳ درصد (به عنوان شیب غالب منطقه نمونهبرداری) به انجام رسید.

در هر آزمایش، پس از تنظیم دبی جریان و شیب، رواناب سطحی از ابتدای فلوم به سطح خاک وارد شده و آزمایش به مدت ۳۰ دقیقه ادامه یافت. سرعت متوسط جریان با روش ردیابی ماده رنگی (پرمنگنات پتاسیم) در هر پنج دقیقه در طول آزمایش اندازهگیری میشد (۷). در روش اندازهگیری

سرعت جریان، زمان لازم برای پیمایش یک متر از طول مسیر توسط جریان در شرایط ماندگار و پایدار یاداشت میشود. مقطع یک متری برای اندازهگیری سرعت جریان از فاصله ۴۰–۲۰ سانتیمتری نقطهی تزریق رنگ شروع شده و بعد از

طی یک متر طول فلوم خاتمه مییابد. همچنین، ثبت زمان نهایی برای نقطه پایان مقطع موقعی صورت می گیرد که ۸۰ تا ۹۰ درصد عرض جریان حاوی ماده رنگی باشد (۷) (شکل ۲).



شکل (a) انمائی از فلوم مورد استفاده، b) خاک بدون پوشش و c) خاک ۳۰ درصد پوشش سنگریزه سطحی Figure 1. a) A shematic of flume used b) Soil with 0% surface cover c) Soil with 30% surface rock fragment cover



(۲) شکل ۲– نمائی از اندازه گیری سرعت متوسط جریان با تزریق رنگ (۲) Figure 2. A sehmatic of measuring mean flow velocity with dye injection (7)

روش والکلی و بلک (۱۸) اندازه گیری شد. همچنین، در هر آزمایش شاخصهای هیدرولیکی جریان نظیر عدد فرود، عدد رینولدز و ضرایب زبری اصطکاک دارسی-ویسباخ و مانینگ با توجه به روابط ارائه شده در جدول ۱ محاسبه شدند. برخی از ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه نظیر بافت به روش هیدرومتری (۶)، چگالی ظاهری خاک به روش استوانهای (۲)، واکنش خاک به وسیله pH متر، قابلیت هدایت الکتریکی به وسیله EC متر و کربن آلی به

جدول ۱– توصیف پارامترهای هیدرولیکی جریان رواناب

Table 1. Description of runoff hydraulic parameters	
معادله	شاخص هيدروليكي جريان
$V_m = XT^{-1}$	سرعت متوسط جريان
$V = aV_m$	سرعت در مجاورت بستر خاک
$\text{Re} = VD \in ^{-1}$	عدد رينولدز
$F = V(\sqrt{gD})^{-1}$	عدد فرود
$n = V^{-1} D^{0.667} S^{0.5}$	ضریب زبری مانینگ
$f = 8gRSV^{-2}$	ضریب اصطکاک دارسی - ویسباخ
$\ddagger =gDS$	متوسط تنش برشی جریان
$D = qV^{-1}$	عمق جریان

\*: در این روابط، vw سرعت متوسط جریان (متر در ثانیه)، x مسافت (متر)، T زمان (ثانیه) مسافت طی شده بهوسیله آب، V سرعت در مجاورت بستر خاک (متر در ثانیه)، a ضریبی برابر با ۶۷/۰ (۱۰)، R عدد رینولدز، v لزوجت سینماتیکی آب (<sup>5</sup> ۱۰ مترمربع بر ثانیه)، F عدد فرود، g شتاب ثقل (متر بر مجذور ثانیه)، D عمق متوسط جریان (متر)، n ضریب زبری مانینگ، S شیب سطح آب (متر در متر)، تنش برشی جریان (پاسکال)، چگالی سیال (کیلوگرم بر مترمکعب) و p دبی در واحد عرض (متر مربع بر ثانیه) می باشد.

### نتايج و بحث

برخی از ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک لسی مورد مطالعه در جدول ۲ نشان داده شده است. براساس این دادهها میتوان گفت که خاک مورد آزمایش خاک آهکی با PH بازی بوده و دارای بافت لوم سیلتی میباشد. برای بررسی وضعیت و نوع جریان از دو معیار بیبعد عدد رینولدز (Re) و عدد فرود (Fr) استفاده شد. بر اساس نتایج وضعیت جریان، افزایش پوشش سنگریزه سطحی از صفر به ۳۰ درصد عدد فرود را به ترتیب در جریانهای سطحی ۳، ۶ و ۹ لیتر در

دقیقه ۸۳/۷۵، ۸۰ و ۸۴/۵ درصد کاهش داد، ولی تاثیر کمی بر عدد رینولدز داشت. همچنین با زیاد شدن مقدار جریان سطحی عدد فرود کاهش و عدد رینولدز افزایش یافت (جدول ۳). کاهش عدد فرود با زیاد شدن مقدار جریان سطحی به علت افرایش بیشتر عمق جریان در مقایسه با سرعت جریان است که دلیل آن نیز می تواند پایین بودن شیب باشد. نتایج مطالعات تیلانق و همکاران (۱۷) نیز نشان داد که افزایش پوشش سنگریزه سطحی در مقادیر ثابت جریانهای سطحی، عدد رینولدز را کمتر تحت تاثیر قرار داد و تقریباً ثابت ماند.

جدول ۲- برخی ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی خاک لسی مورد آزمایش

				س	ے کے سبی مورد ارسایہ	یانی و سیمیایی	جندول المستبرسي ويركني كفاني فير
Table 2. Some physical and chemical properties in loess testing soil							
	il.	سيلت	رس	O.M	EÇ	лЦ	عمق نمونەبردارى
	بقت			(%)	(dSm <sup>-1</sup> )	pm	(متر)
	لوم سیلتی	۶٩	۲.	۱/۰۳	۲/۴	۷/۸۳	•-•/٢

عدد رينولدز	عدد فرود	سرعت متوسط (cms <sup>-1</sup> )	عمق متوسط جريان (mm)	پوشش سنگريزه (٪)	:بی جریان (lit min <sup>-1</sup> )
۱۰۰	۲/۰۶	18/1	•/87	•	
۱	۰/۷۶	٨/٣	١/٢٠	١٠	
۱۰۰	٠/۵١	۶/۴	۱/۵۶	۲.	7
۱	۰/۳۶	۵/۰	۲/۰۰	٣٠	
۲	1/49	۱۵/۴	1/77		
۲	•/87	٩/١	۲/۲۰	١٠	-
۲	٠/٣٩	۶/۲	٣/٠٠	۲.	7
۲	٠/٣٧	۵/۳	٣/٧٧	٣٠	
۳	۱/۶۰	۱٩ <i>/۶</i>	١/۵٣		
۳	•/87	۱۰/۴	۲/۸۸	١٠	
۳	۰/۳۶	٧/٢	۴/۱۷	۲.	٦
۳	٠/٢۵	۵/۲	۵/۲۶	۳.	

جدول ۳- ویژگیهای هیدرولیکی جریانهای رواناب شبیهسازی شده

شکل ۳ تغییرات ضریب زبری دارسی- ویسباخ (f) و مانینگ (n) را در مقابل پوشش سنگریزه سطحی برای مقدار جریانهای مختلف رواناب سطحی نشان میدهد. با توجه به شکل ۳ ملاحظه میشود که در یک جریان سطحی ثابت رابطه بین پوشش سنگریزه سطحی و ضریب دارسی-ویسباخ از یک معادله درجه دو پیروی میکند. براساس این

شکل در یک پوشش سنگریزهای سطحی، ضریب دارسی-ویسباخ با افزایش مقدار جریان سطحی افزایش مییابد. همچنین، شیب افزایش ضریب دارسی- ویسباخ با افزایش پوشش سنگریزه سطحی برای دبیهای مختلف جریان سطحی متفاوت بود بهطوری که با افزایش دبی جریان سطحی، آهنگ افزایش ضریب زبری دارسی-ویسباخ نیز

بیشتر بود. مطابق شکل ۳ ضریب زبری مانینگ نیز در هر دبی از جریان سطحی با افزایش پوشش سنگریزه سطحی به طور خطی افزایش یافت. در مورد ضریب زبری مانینگ نیز مقدار آن در یک پوشش ثابت سنگریزهای با افزایش دبی جریان سطحی افزایش یافت. با افزایش پوشش سنگریزه سطحی، کمترین و بیشترین شیب ضریب زبری مانینگ به ترتیب مربوط به جریان سطحی ۳ و ۹ لیتر در دقیقه بود.

با افزایش پوشش سنگریزه از صفر به ۱۰ درصد، میزان ضریب زبری مانینگ ۶۴/۲۶ ۶ ۶۱/۳ و ۶۴/۲۷ درصد به ترتیب در جریانهای سطحی ۳، ۶ و ۹ لیتر در دقیقه در مقایسه با خاک بدون پوشش افزایش یافت (جدول ۴). با افزایش پوشش سنگریزه از ۱۰ به ۲۰ و از ۲۰ به ۳۰ درصد مقدار ضریب زبری مانینگ به طور متوسط در جریانهای سطحی متفاوت به ترتیب ۳۸/۳ و ۲۱/۹ درصد افزایش یافت (جدول ۴). در مورد ضریب دارسی–ویسباخ نیز با افزایش پوشش سنگریزه سطحی از صفر به ۱۰، از ۱۰ به ۲۰ و از ۲۰ به ۳۰ درصد

مقدار پارامتر مذکور به طور متوسط در جریانهای سطحی متفاوت به ترتیب ۸۴/۸، ۵۹/۵ و ۵۱/۳ درصد افزایش یافت (جدول ۴). به طورکلی، با افزایش پوشش سنگریزه سطحی از صفر به ۳۰ درصد، مقدار ضریب زبری مانینگ ۸۶/۹ ۹۶/۹۶ و ۹۷/۴ درصد و ضریب دارسی– ویسباخ ۸۴/۸ ۸۴/۸ و ۸۵/۸ درصد به ترتیب در جریانهای سطحی ۳، ۶ و ۹ لیتر در دقیقه افزایش یافت (جدول ۴).

در طول یک بستر زبر در جهت جریان، هم نیروی کشش اصطکاکی و هم نیروی کشش فشاری از سیال بر سطح خاک اثر میکنند. با شرایط هیدرولیکی یکسان، هر چقدر میزان زبریهای سطح خاک بیشتر باشند نیروی درگ فشاری بیشتر و در نتیجه نیروی کل درگ وارده از سیال بر سطح خاک بزرگتر میشود پس افت جریان بیشتر میشود. به همین دلیل است که با شرایط هیدرولیکی یکسان با افزایش پوشش سنگریزه سطحی ضریب زبری دارسی–ویسباخ و مانینگ افزایش می یابد (۱۵).



شکل ۳- رابطه بین ضرایب زبری مانینگ و دارسی ویسباخ با پوشش سنگریزه سطحی در دبیهای مختلف جریان سطحی Figure 3. Relation between Manning's and Darcy-Weisbach rouphness coefficients with rock fragment cover in different surface flow discharges

	جریانهای سطحی	سنگریزهای و	های متفاوت	ری در پوششر	۴– ضرایب زبر	جدول
Table 4. Rouphness coefficients in different rock	fragment cover an	nd surface t	flow dischar	ges		

دارسي–ويسباخ	(s m <sup>-1/3</sup> ) مانینگ	پوشش سنگريزه (٪)	دبی جریان (lit min <sup>-1</sup> )
٠/٠۴٨	•/• ١٢	•	
- /٣٣٨	•/•٣٣	)•	
•/٧١١	•/•۴٩	۲.	1
1/222	•/•٧٩	٣٠	
•/•AY	•/• \Y	•	
+/۵۱۸	•/•۴٣	)•	c.
١/٣١٠	•/•٧١	۲.	7
<b>۲/۶۶</b> ٩	•/١•۴	٣٠	
•/•٨•	•/• \۶		
•/۵۴۶	•/•۴۶	)•	٩
١/۵٩٢	٠/٠٨١	۲.	٦
٣/١٠٩	-/110	٣٠	

(پوشش سنگریزه سطحی بیشتر) بیشتر بود. اما، با افزایش براساس معادلات ۱ و ۲ سرعت جریان با ضریب اصطکاک سرعت جریان (پوششهای سنگریزه سطحی کمتر) از دارسی- ویسباخ و مانینگ رابطه عکس دارد. این امر در شکل اختلاف بین ضرایب زبری دارسی-ویسباخ و مانینگ کاسته ۴ بررسی شد. همان طور که از شکل ۴ مشخص است با شد. گاورز و همکاران (۸) بیان کردند که پوشش سنگریزه کاهش سرعت جریان در اثر افزایش یوشش سنگریزه سطحی زبری و اصطکاک سطح خاک را افزایش و سرعت سطحی در یک جریان سطحی، ضرایب زبری دارسی-ویسباخ جریان سطحی را کاهش میدهد. پوزن و همکاران (۱۴) و و مانینگ (زبری سطحی در پوششهای متفاوت تیلانق و همکاران (۱۷) به ترتیب در مطالعات اَزمایشگاهی و سنگریزهای) به صورت توانی افزایش یافت. به هر حال، بر اساس شکل ۴ اختلاف بین ضرایب زبری دارسی-ویسباخ و صحرائی گزارش کردند که با استقرار پوشش سنگریزه در سطح خاک سرعت جریان کاهش و عمق آب افزایش یافت. مانینگ در جریانهای سطحی متفاوت در سرعتهای پایین



شکل ۴- رابطه بین ضرایب زبری مانینگ و دارسی ویسباخ با سرعت جریان سطحی Figure 4. Relation between Manning's and Darcy-Weisbach rouphness coefficients surface flow velocity

رابطه بین غوطهوری که نسبت بین عمق جریان به پوشش سنگریزه سطحی ((D/(R<sub>c</sub>/100)) است با 8/f<sup>0</sup>) در شکل ۵ بررسی شد. نتایج این تحقیق نشان داد که با افزایش پوشش سنگریزه سطحی در یک جریان سطحی عمق آب افزایش یافت. با این حال غوطهوری با افزایش میزان پوشش سنگریزه سطحی کاهش یافت. براساس نتایج حاصل از شکل ۵ مشخص شد رابطه بین غوطهوری و  $^{0.6}(8/f)$  به صورت لگاریتمی است. با ملاحظه شکل ۵ میتوان استنباط کرد که با افزایش غوطهوری ضریب دارسی-ویسباخ کاهش یافت. که دلیل آن میتواند ناشی از سرعت بیشتر مربوط به

دبیهای مختلف در پوششهای کم باشد. با توجه به ارتباط بین  $^{0.5}(8/f)$  و نسبت سرعت جریان به سرعت برشی (V/U، روابط رائه شده در شکل ۵ میتوانند بسیار حائز اهمیت باشند. به طور کلی، نتایج حاصل از شکل ۳، ۴ و ۵ بیانگر این واقعیت است که ضرایب زبری علاوه بر اینکه تحت تاثیر اندازه و شکل ذرات هستند، بلکه پارامترهایی مانند غوطهوری ذرات نیز میتواند بر ضریب زبری موثر باشد. لذا، ضریب زبری تحت تاثیر عواملی همچون عمق و سرعت جریان و نیز میزان غوطهوری ذرات دچار تغییر میگردد.



شکل ۵– رابطه بین غوطه وری نسبی ((D/(Rc/100) و 8.6/f) در جریانهای سطحی متفاوت (Ks رابطه (۴) در این تحقیق درصد پوشش سنگریزه (Rc) در نظر گرفته شد) Figure 5. Relation between relative submergence (D/(Rc/100)) and (8/f)0.5 in different surface flow discharges (K<sub>s</sub> in equation 4 in this study was rock fragment cover (R<sub>c</sub>))

شکل ۶ نشان میدهد که با افزایش غوطهوری (Rc/100)) مقدار ضریب زبری مانینگ و ضریب دارسی-ویسباخ با افزایش پوشش سنگریزه سطحی در جریانهای سطحی مختلف به صورت نمایی کاهش یافت. به عبارت دیگر این شکل گویای این واقعیت است که در یک جریان سطحی ثابت، غوطهوری ذرات میتواند نقش مهمی در مقدار زبری ناشی از آنها داشته باشد. همچنین، نتایج شکل ۶ حاکی از این است که در غوطهوری پایین با افزایش جریان

سطحی در یک پوشش سنگریزه سطحی ضریب زبری دارسی-ویسباخ و مانینگ بیشتر بود. دلیل این امر مربوط به افزایش عمق جریان و کاهش سرعت جریان در اثر افزایش پوشش سنگریزه سطحی می باشد، به این صورت که هر چه سرعت کمتر شود (در پوشش سنگریزه سطحی بیشتر) نقاط جدایی روی سطح ذره زودتر اتفاق می افتند پس منطقه جداشدگی تشکیل شده بزرگتر شده و در نتیجه نیروی درگ فشاری و در نهایت ضریب زبری بیشتر می شود (۱۵).



شکل ۶– رابطه بین غوطه وری نسبی ((D/(R<sub>c</sub>/100)) و ضرایب زبری مانینگ و دارسی ویسباخ در دبیهای مختلف جریان سطحی Figure 6. Relation between relative submergence (D/(R<sub>c</sub>/100)) and Manning's and Darcy-Weisbach rouphness coefficients in different surface flow discharge

در این تحقیق نقش پوشش سنگریزه سطحی در ایجاد زبری و مقاومت در مقابل جریان رواناب در یک خاک لسی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در یک دبی ثابت جریان رواناب با افزایش پوشش سنگریزهی سطحی ضرایب زبری مانینگ و دارسی ویسباخ به ترتیب به شکل خطی و درجهی دو افزایش مییابند. نتایج همچنین موید این نکته بود که با افزایش پوشش سنگریزهی سطحی عمق رواناب افزایش مییابد. به این ترتیب با افزایش غوطهوری در یک دبی ثابت ضرایب زبری مانینگ و دارسی ویسباخ به صورت توانی کاهش مییابند. این امر بیانگر این واقعیت است که

ضرایب زبری علاوه بر اینکه تحت تاثیر اندازه و آرایش ذرات هستند، بلکه پارامترهایی مانند غوطهوری نسبی نیز بر ضرایب زبری تاثیر میگذارد لذا، ضرایب زبری میتواند تحت تاثیر عواملی همچون عمق و سرعت جریان قرار گرفته و در نتیجه میزان غوطهوری دچار تغییر گردد. با توجه به اینکه نتایج این تحقیق مربوط به حالت پایدار جریان سطحی است پیشنهاد میشود که به منظور درک بهتر تاثیرپذیری ویژگیهای هیدرولیکی جریان از زبری سطحی، تغییرات این پارامترها به صورت دینامیک و در طول زمان نیز مورد بررسی قرار گیرد.

منابع

- Agassi, M. and G.J. Levy. 1991. Stone-cover and rain intensity: effects on infiltration, erosion and water splash. Australian Journal of Soil Research, 29: 565-575.
   Blake, G.R. and K.H. Hartge. 1986. Bulk density. In Met, 2<sup>nd</sup> edn, Ed. A Klute. American Society of Agronomy, Madison, pp: 363-375.
   David, G.C.L., E. Wohl, S.E. Yochum and B.P. Bledsoe. 2010. Controls on spatial variations in flow resistance along steep mountain streams. Water Resources Research, 46: 1-21.
   Drivundi Why M. Echki Moschadam A. Maxiedi and M. Pine. 2012. Exploration Effect of Density.

- Drikvandi, Kh., M. Fathi-Moghadam, A. Masjedi and M. Bina. 2012. Evaluation Effect of Density and Flaxibility of Non-Submerged Vegetation on River Banks and Floodplains on the Friction 4. Ferguson, R. 2007. Flow resistance equations for gravel- and boulder-bed streams. Water Resour
- Research, 43: 1-12.
- Gee, G.H. and J.W. Bauder. 1986. Particle size analysis. In: A. klute, (ed), Methods of soil Analysis. Physical Properties. SSSA, Madison, WI. 9: 383-411. Gilley E., R. Kottwitz and A. Wieman. 1992. Darcy-Weisbach Roughness Coefficients for Gravel and 6.
- 7. Cobble Surfaces. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 118: 104-112.
- Govers G. and G. Rauws. 1986. Transporting capacity of overland flow on plane and on irregular beds. Earth Surface Processes and Landforms, 11: 515-524.
- 9. Hairsine P.B. and C.W. Rose. 1992. Modeling water erosion due to overland flow using Physical principals, 1. Sheet flow. Water Resources Research, 28: 237-243.
- 10. Li, X.Y. and L.Y. Liu. 2003. Effect of gravel mulch on Aeolian dust accumulation in the semiarid region of northwest China. Soil and Tillage Research, 70: 73-81.
  11. Mirzaee, S., M. Gorji and A. Jafari-Ardakani. 2012. Effect of surface rock fragment cover on soil
- erosion and sediment using simulated runoff. Journal of Soil Management and Sustainable Production, 2: 141-154.
- 12. Morgan R.P.C., J.N. Quinton, R.E. Smith, G. Govers, J. Poesen, K. Auerswald, G. Chisci, D. Torri and M.E. Styczen. 1998. The European Soil Erosion Model (EUROSEM): A dynamic approach for predicting sediment transport from fields and small catchments. Earth Surface Processes and Landforms, 23: 527-544.
- 13. Nearing, M.A., L.D. Norton, D. Bulgakov, G. Larionova, L. West and K. Dontsova. 1997. Hydraulics and erosion in eroding rills. Water Resources Research, 33: 865-876. 14. Poesen, J., F. Ingelmo-Sanchez and H. Mucher. 1990. The hydrological response of soil surfaces to
- rainfall as affected by cover and position of rock fragments in the top layer. Earth Surface Processes and Landforms, 15: 653-671.
- Dandroffins, 12:055 071.
   Powell, D.M. 2014. Flow Resistance in Gravel-bed Rivers: Progress in research. Earth-Science Reviews, 136: 301-338.
- 16. Rieke-Zapp, D., J. Poesen and M.A. Nearing. 2007. Effects of rock fragments incorporated in the soil matrix on concentrated flow hydraulics and erosion. Earth Surface Processes and Landforms, 32: 1063-1076.
- 17. Tailong, G., W.D. Quanjiu and J.Z. Li. 2010. Effect of surface stone cover on sediment and solute transport on the slope of fallow land in the semi-arid loess region of northwestern China. Soils and Sediments, 10: 1200-1208.
- 18. Walky, A. and I.A. Black. 1934. An examination of Degtgareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid in soil analysis. 1. Experimental. Soil Science Society of America Journal, 79: 459-465.
- Yao, C., T. Lei, W.J. Elliot, D.K. McCool, J. Zhao and S. Chen. 2007. Critical Conditions for Rill Initiation. Soil & Water Division of ASAE. SW., 70-56.
   Zhang, G.H., R. Shen, R. Luo, Y. Cao and X.C. Zhang. 2010. Effects of sediment load on hydraulics
- of overland fl ow on steep slopes. Earth Surface Processes and Landforms. 35: 1811-1819. 21. Zounemat-Kermani1, M., and M. Ganjalikhani. 2016. Hydrological soil groups estimation in ungaged
- catchment. Journal of Watershed Management Research, 7: 216-227 (In Persian).

#### Predicting Manning and Darcy-Weisbach Rouphness Coefficients in a Loess Soil Surface under Different Rock Fragment Covers

#### Salman Mirzaee<sup>1</sup>, Farrokh Asadzadeh<sup>2</sup> and Habib Nazarnejad<sup>2</sup>

1- PhD Student, Department of Soil Science, Shahrekord University (Corresponding Author: salman\_mirzaee@yahoo.com) 2- Assistant Professor, Urmia University Received: November 16, 2015 Accepted: May 7, 2016

#### Abstract

Resistance to surface flow such as Manning's and Darcy-Weisbach rouphness coefficients were an important input for estimating soil erosion by soil erosion process models. Also, it is very important for designing and implementing soil and water conservation practices. The objective of present research was predicting Manning's and Darcy-Weisbach rouphness coefficients in surface of a loess soil under different rock fragment covers. For this porpose, a flume was used with 6 m length, 0.5 m width and 3% slope. The treatments included rock fragment cover (0, 10, 20 and 30%) and three levels of flow discharges (3, 6 and 9 lit. min<sup>-1</sup>). The results showed that Manning's and Darcy-Weisbach rouphness coefficients increased as exponential with increasing rock fragment cover. Darcy-Weisbach coefficient increased 84.3, 83.8 and 85.7% with an increase rock fragment cover flow 0 to 30% at 3, 6 and 9 lit min<sup>-1</sup> flow discharges, respectively, and Manning's rouphness coefficients decreased as exponential (R<sup>2</sup>=0.99) with increasing flow velocity at a rock fragment cover. Also, (8/f)<sup>0.5</sup> increased as logarithmic with increasing relative submergence. Generally, results of this study showed that rouphness coefficients not only were dependent on size and shape rock fragment cover but also, were influenced by factors such as flow rate, depth and velocity and also, rock fragment cover percentage.

Keywords: Flow depth, Flow velocity, Relative submergence, Roughness coefficients