



## تأثیر تراکم پوشش گیاهی شاخه ای بر سرعت برشی جریان رودخانه ای

نادرقلی ابراهیمی<sup>۱</sup>، محمد کاشفی پور<sup>۲</sup>، منوچهر فتحی مقدم<sup>۳</sup>،

سید مجتبی صانعی<sup>۴</sup>، کیومرث ابراهیمی<sup>۵</sup>

۱- دانشجوی دکتری دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز

۲ و ۳- اعضای هیئت علمی دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز

۴- عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری

۵- عضو هیئت علمی دانشکده پردیس ابوریحان دانشگاه تهران

nebrahimi81@yahoo.com

### خلاصه

وجود انواع پوشش‌های گیاهی در بستر و کناره رودخانه‌ها باعث اضافه شدن زبری مسیر جریان، هدر رفت انرژی آب، کندی جریان و بالا آمدن سطح آب و جاری شدن آب به پهن دشت‌ها می‌شود. تحلیل صحیح وضعیت جریان برای انجام پروژه‌های ساماندهی در این گونه بازه‌ها نیاز به تخمین و یا برآورد مناسبی از ضریب زبری پوشش گیاهی دارد. این ضریب تابعی از سرعت، عمق، نوع، تراکم پوشش گیاهی و ... می‌باشد. بنا بر این فرض ثابت بودن این ضریب در بازه‌های مختلف صحیح نمی‌باشد. در این مقاله اثرات هیدرولیکی سه نوع تراکم پوشش گیاهی شاخه‌ای مصنوعی (پلاستیکی) و مستغرق بر تغییر سرعت برشی جریان بصورت آزمایشگاهی بررسی شده است بدین منظور یک مجموعه آزمایش هیدرولیکی (شامل ۶۰ مورد آزمایش) در مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری بر روی یک فلوم آزمایشگاهی با پنج شیب کف (از ۰/۰۱ تا ۰/۰۲)، چهار دبی جریان (از ۱۰ تا ۴۰ لیتر در ثانیه) و سه نوع تراکم (آرایش) پوشش گیاهی (۱۰۰، ۵۰ و ۲۸ درصد) انجام شد. با تجزیه و تحلیل داده‌های بدست آمده و رسم منحنی‌ها رابطه بین ضریب زبری مانینگ (n) و نسبت سرعت متوسط جریان به سرعت برشی ( $V/V_*$ ) و نسبت رینولدز برشی ( $Re^*$ ) به ( $V/V_*$ ) بررسی شده است. نتایج نشان می‌دهد که در همه حالات افزایش  $V/V_*$  موجب کاهش ضریب زبری کانال و افزایش رینولدز برشی می‌شود که این موضوع در تراکم ۱۰۰٪ بیشتر از سایر حالات است. از طرفی این تحقیق روشی جدید برای انجام آزمایش‌های هیدرولیکی با استفاده از پوشش‌های گیاهی مصنوعی در مجاری رو باز ارائه می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: سرعت برشی، ضریب زبری مانینگ

### مقدمه:

با عبور جریان آب از رودخانه‌ها در مناطق دارای پوشش گیاهی جریان آب تحت تأثیر مقاومت پوشش‌های گیاهی قرار گرفته، سرعت جریان کاهش و در نتیجه عمق جریان افزایش می‌یابد و خطر سیل گرفتگی سیلاب دشت فراهم می‌شود. پوشش گیاهی در بستر و حاشیه رودخانه موجب افزایش زبری مسیر جریان، کاهش میانگین سرعت جریان، کاهش انرژی آب و تغییر توزیع سرعت لایه‌ای (پروفیل سرعت جریان) در مقطع عرضی رودخانه می‌شود. برای محاسبه دبی، سرعت و عمق جریان در کانال‌های طبیعی و نیز برآورد سیل و رسوب ارزیابی مقاومت جریان مهم و ضروری است یکی از عواملی که مقاومت جریان، با آن بیان می‌شود ضریب زبری مانینگ است که این ضریب در رودخانه‌های مختلف بر حسب شرایط محیطی تعیین می‌شود. در رودخانه‌های پوشیده از گیاه ضریب زبری، میزان رسوبگذاری و مرفولوژی و مسیر متأثر از سرعت جریان، شعاع هیدرولیکی، نوع، تراکم و ارتفاع گیاه می‌باشد. انتخاب و بکارگیری یک رابطه مناسب برای تعیین مقاومت جریان در رودخانه مورد مطالعه نیازمند شناخت روابط مختلف، تجربه کارشناسی کافی و توجه ویژه به وضعیت هیدرولیکی و رسوبی رودخانه دارد. از مشهورترین روابط مقاومت جریان در کانال‌های باز که ارتباط بین سرعت متوسط جریان و پارامترهای هندسی - هیدرولیکی و مقاومتی آبراه را بیان می‌نمایند می‌توان به روابط شزی (۱۷۷۵)، داری و ایسباخ (۱۸۵۷-۱۸۷۵) و مانینگ (۱۸۹۰) اشاره

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری

<sup>۲</sup> و <sup>۳</sup> اعضای هیئت علمی دانشگاه شهید چمران اهواز

<sup>۴</sup> عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری

<sup>۵</sup> عضو هیئت علمی دانشکده پردیس ابوریحان دانشگاه تهران

نمود. مهمترین مسئله در بکارگیری این روابط شیوه محاسبه و برآورد صحیح ضرایب این روابط (به ترتیب ضریب زبری سزنی (C) ضریب زبری مانینگ (n) و فاکتور دارسی - وایسباخ (f)) می باشد. که این موضوع مورد توجه مهندسين هیدرولیک قرار گرفته است. در ادامه بررسی اجمالی مرور منابع صورت می پذیرد. مهدی قدیم خانی (۱۳۸۳) بررسی آزمایشگاهی تغییرات ضریب زبری در رودخانه های جنگلی را مورد بررسی قرار داد. تجزیه و تحلیل انجام گرفته در آزمایشگاه نشان می دهد که آرایش ضربدری تقریباً ۱۳۰٪ برابر آرایش شطرنجی ضریب زبری را افزایش می دهد. و در آرایش ضربدری، تراکم (۳ × ۶) ۱۲۰٪، تراکم (۴ × ۸) ۹۱٪، تراکم (۵ × ۱۰) ۶۷٪ و تراکم های آرایش شطرنجی، تراکم (۶ × ۶) ۷۳٪، تراکم (۸ × ۸) ۴۵٪ و تراکم (۱۰ × ۱۰) ۳۰٪ ضریب زبری را افزایش می دهند. شریفی و فتحی مقدم (۱۳۸۵) تخمین پارامترهای زبری برای پوشش های گیاهی بلند در بستر رودخانه ها را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان می دهد که کف و ارتفاع زبری (Z<sub>0,d</sub>) برای پوشش مورد آزمایش به ترتیب ۹ و ۱/۹ متر حاصل گردید و سرعت برشی متوسط (U<sub>0</sub>) برابر ۱/۲۵ متر بر ثانیه بدست آمد. اولین تحقیقات برای بدست آوردن رابطه ای بین زبری هیدرولیکی جریان با عمق و سرعت جریان، و همچنین نوع و ارتفاع پوشش گیاهی در سال ۱۹۳۶ در آزمایشگاه سازمان حفاظت خاک ایالت کارولینای جنوبی واقع در شهر اسپارتابورگ ایالات متحده شروع شد (Cook and Campbell 1939) حاصل این آزمایشات ارائه یک سری ضرایب زبری کوتر و مانینگ در کانال های کشت شده با عرض ۱/۲ - ۰/۳ متر و شیب کناره متفاوت بود. پس از آن در سال های ۱۹۴۰ تا ۱۹۴۳ تحقیقات مشابهی توسط اداره حفاظت خاک و مرکز تحقیقات کشاورزی ایالت اکلاهما در شهر استیل واتر ایالات متحده انجام گردید. نتایج حاصل از آزمایشات روی کانال های کشت شده با جدارهای فلزی عمودی به صورت یک سری گراف جهت نشان دادن رابطه بین مقاومت هیدرولیکی جریان (زبری جداره کانالها) و دبی عبوری در واحد عرض بر حسب فوت مکعب بر ثانیه بود (Cox 1942; Palmer 1945). در سال ۱۹۴۹ خلاصه فعالیت های سازمان های فوق برای بدست آوردن ضرایب زبری گیاهی به صورت یک سری گراف جهت نشان دادن رابطه ضریب زبری مانینگ (n) و حاصل ضریب سرعت متوسط جریان (V) و شعاع هیدرولیکی کانال (R) برای هشت نوع گیاه مختلف ارائه شد. چاو (Chow, ۱۹۵۴) و بارنز (Barnes, ۱۹۶۷) بترتیب جداول توصیفی و اشکال تصویری جهت تخمین ضریب زبری مانینگ پوشش های مختلف در رودخانه ها و مجاری طبیعی بر مبنای تجارب سیلاب های اتفاق افتاده در رودخانه های ایالات متحده ارائه نمودند. فتحی مقدم و کاوئی (Fathi-Moghadam & Kouwon, 1997) دو گونه سرو و صنوبر زنده را با لحاظ کردن انعطاف شاخ و برگ درخت در فلو می به طول ۱۳ متر و عرض ۰/۶ متر و عمق های مختلف جهت محاسبه ضریب کششی و روابط مقاومت برای گونه درختان مورد بررسی قرار دادند و رابطه ای را برای محاسبه نیروی کشش گیاه در برابر جریان ارائه کردند نتایج آزمون نیروی کششی در مقابل سرعت نشان داد که تاثیر نیروی کششی در اعماق بالاتر از ۶۰ میلی متر قابل ملاحظه می باشد و افزایش عمق باعث افزایش سطح جذب ممنتوم و افزایش نیروی کششی می شود. نیروی کششی با سرعت بصورت خطی افزایش می یابد و تاثیر درخت صنوبر در افزایش نیروی کششی تقریباً دو برابر درخت سرو است. نتایج آزمون ضریب زبری مانینگ در مقابل استغراق نسبی (y/h) نشان داد که با افزایش استغراق نسبی در سرعت ثابت ضریب زبری افزایش می یابد. با افزایش سرعت در استغراق نسبی ثابت ضریب زبری کاهش می یابد. در سرعت و استغراق نسبی ثابت مقدار ضریب زبری ناشی از درخت صنوبر تقریباً یک تا ۱/۵ برابر مقدار آن در درخت سرو می باشد. کاوئی و فتحی مقدم (Kouwen and Fathi-Moghadam 2000) ضریب اصطکاکی را برای درختان کاج مانند کنار رودخانه با فرض افزایش خطی مساحت شاخ و برگ با ارتفاع و بر اساس آنالیز بی بعد پارامترهای موثر مورد بررسی قرار دادند. یوکویاما و همکاران (Yokoyama 2003) برای محاسبه ضریب مانینگ در رودخانه های جنگلی در شرایط مختلف استغراق روابلی را ارائه دادند که ضریب زبری کل تابعی از ضریب زبری بستر، ارتفاع تند و کل درخت، ضریب کششی درختان و تاج درخت، قطر تنه درخت، تعداد درخت در واحد سطح، عمق جریان و مساحت افقی تاج درخت می باشد.

با مروری بر سوابق تحقیق موارد زیر قابل ارائه می باشد. عوامل موثر در تخمین صحیح ضریب زبری عبارتند از زبری بستر کانال (جنس کانال)، نامنظمی سطح مقطع و آرایش پوشش گیاهی (نوع و میزان تراکم آن)، شکل مسیر (مستقیم یا مارپیچی) وجود موانع در مسیر جریان، گذشت زمان و تغییر فصول که ضریب زبری مانینگ کلیه عوامل موثر در مقاومت بستر کانال در مقابل جریان را در خود مستتر دارد و این ضریب دارای یک مقدار ثابت نبوده بلکه با تغییر عمق و سرعت جریان و نوع پوشش تغییر می کند. تفاوت زیادی در برآورد ضریب زبری وضعیت استغراق پوشش های گیاهی به دلیل تفاوت پروفیل، سرعت آب و مقدار انرژی از دست رفته وجود دارد. پروفیل سرعت آب درون پوشش گیاهی به استثناء لایه نازکی در مجاورت بستر تقریباً دارای توزیع یکنواخت است در صورتی که پروفیل سرعت در خارج پوشش گیاهی تابع اصل لگاریتمی توزیع سرعت آب است. به همین دلیل مدل سازی و تخمین ضرایب زبری پوشش های گیاهی برای حالات مستغرق و نیمه مستغرق متفاوت است و پروفیل سرعت آب درون پوشش گیاهی تابعی از شکل، نحوه استقرار و قابلیت ارتجاع شاخ و برگ می باشد. از سوی دیگر پوشش گیاهی باعث کاهش تنش برش موضعی جریان در بستر رودخانه شده و شرایط مناسبی را برای ته نشین شدن مواد معلق آب فراهم و موجب تجمع رسوبات در لابلای المان های زبری می گردند. تغییر عمق جریان در شرایط استغراق کامل پوشش گیاهی، درصد های استغراق متفاوت، انواع پوشش های گیاهی علفی، بوته ای و شاخه ای در پراکنش های مختلف، تغییر شیب بستر و ... همه از عوامل مهم در ضریب پروفیل سرعت جریان و ضریب زبری می باشند. در کنار مطالعات زیادی که تاکنون برای تخمین ضرایب زبری پوشش های گیاهی انجام شده است مرور منابع نشان می دهد که تاکنون روش و رابطه ای مشخص که بتوان به صورت عملی در هر پروژه ای از آن استفاده نمود ارائه نشده است. در حال حاضر تخمین ضرایب زبری پوشش های گیاهی برای استفاده در اکثر مدل ها و پروژه ها بر مبنای اطلاعات ارائه شده در جدول چاو (Chow, 1959) و اشکال تصویر بارنز (Barnes, 1967) می باشد. استفاده از این جداول و اشکال نیاز به تجربه کافی در تفکیک و

شناخت رودخانه و پوشش گیاهی دارد. براین اساس برآورد دقیق و آزمایشگاهی ضریب زبری در هر بازه رودخانه‌ای برای دقت در محاسبات پروژه‌های ساماندهی و اجرایی در رودخانه‌ها توصیه می‌شود.

### مواد و روش‌ها :

برای شبیه‌سازی پوشش گیاهی در بستر رودخانه در آزمایشگاه هیدرولیک و در یک فلوم به عرض و ارتفاع ۶۰ سانتی متر و طول ۱۴ متر در بستر فلوم به طول ۵ متر از شن با قطر متوسط ۹ میلی متر استفاده شد. پوشش گیاهی شاخه ای از نوع مصنوعی با ارتفاع ۸ - ۷ سانتی‌متر و با آرایش پوشش‌های ۱۰۰، ۵۰ و ۲۸ درصد در کف کانال در فواصل مشخص در بستر شنی نصب و آرایش گردید. آزمایش‌ها در سه نوع آرایش مختلف با چهار دبی (۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ لیتر در ثانیه) و پنج شیب (۲، ۴، ۶، ۸ و ۱۰ در هزار) انجام شد. در تمامی حالات پوشش گیاهی چمنی مستغرق بود. عمق جریان در ده مقطع و سرعت جریان بوسیله بوسیله میکرو مولینه در سه مقطع (در اعماق مختلف از عمق آب) اندازه گیری شد. در هر آزمایش بعد از نصب و آرایش پوشش گیاهی در کف فلوم جریان مورد نظر به طور تدریجی به داخل فلوم هدایت شده و عمق و دبی جریان توسط شیرهای بالادست تنظیم می‌گردید. پس از تثبیت جریان، پروفیل سطح آب، عمق و سرعت اندازه گیری می‌شد. اندازه گیری و تنظیم دبی فلوم توسط سرریز مثلثی لبه تیز پایین دست انجام می‌گرفت. در این آزمایش ۶۰ مجموعه از داده‌های آزمایشگاهی که خلاصه‌ای از آن در جدول ۱ آورده شده مورد استفاده قرار گرفت.

جدول ۱- مقادیر n و  $V/v_*$  و  $Re^*$  در تراکم ۱۰۰٪ با ۴ دبی و ۵ شیب مختلف

Q(l/sec)	S(%)	n	$v/v^*$	$Re^*$
10	0.002	0.144	1.44	11283
10	0.004	0.143	1.45	11147
10	0.006	0.142	1.46	11341
10	0.008	0.140	1.45	11727
10	0.01	0.141	1.46	11593
20	0.002	0.112	1.45	16912
20	0.004	0.133	1.44	16586
20	0.006	0.132	1.44	17267
20	0.008	0.130	1.46	17267
20	0.01	0.131	1.44	17476
30	0.002	0.095	2.27	21411
30	0.004	0.094	2.30	21534
30	0.006	0.093	2.30	21534
30	0.008	0.092	2.33	21725
30	0.01	0.092	2.32	22164
40	0.002	0.086	2.47	25414
40	0.004	0.086	2.51	25303
40	0.006	0.086	2.49	25694
40	0.008	0.084	2.57	26271
40	0.01	0.082	2.60	26182

### بحث و نتایج

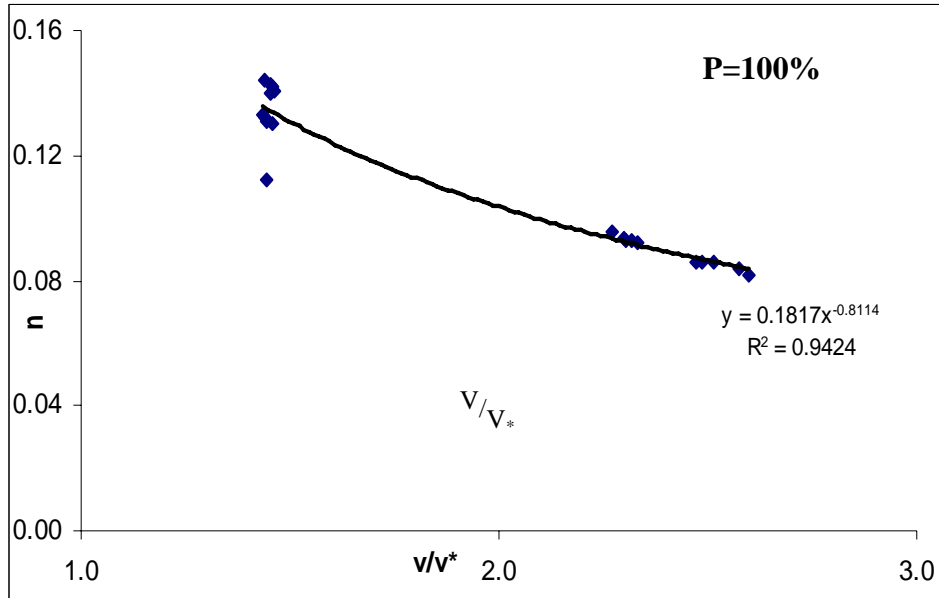
امروزه ساخت مدل‌های فیزیکی در مطالعات رودخانه‌ای امری ضروری و اجتناب ناپذیر است. هدف از اجرای آزمایش‌ها مدل‌سازی رودخانه برای برآورد ضریب زبری مانینگ در مجاری دارای پوشش گیاهی در بستر می‌باشد. پوشش دار کردن بستر با استفاده از پوشش گیاهی مصنوعی روشی جدید در مطالعات ضریب زبری محسوب می‌شود. در تحلیل ابعادی با استفاده از روش باکینگهام ( $\pi$ ) و با در نظر گرفتن سه متغیر ( $U$ )، ( $R$ ) و ( $\rho$ ) به عنوان متغیرهای اصلی پارامترهای بدون بعد زیر به دست می‌آید. در این پارامترها  $V^*$  سرعت برشی،  $f$  ضریب دارسی،  $g$  شتاب ثقل،  $n$  ضریب زبری مانینگ،  $\nu$  ضریب لزجت سینماتیکی،  $R$  شعاع هیدرولیکی و  $\rho$  وزن مخصوص آب می‌باشد.

$$\pi_1 = \frac{H}{R}, \pi_2 = \frac{U_* R}{\nu} = R_e^*, \pi_3 = \frac{U}{\sqrt{gR}} = Fr, \pi_4 = \frac{U_*}{U} = \sqrt{\frac{f}{8}} = \frac{n\sqrt{g}}{R^{1/6}}$$

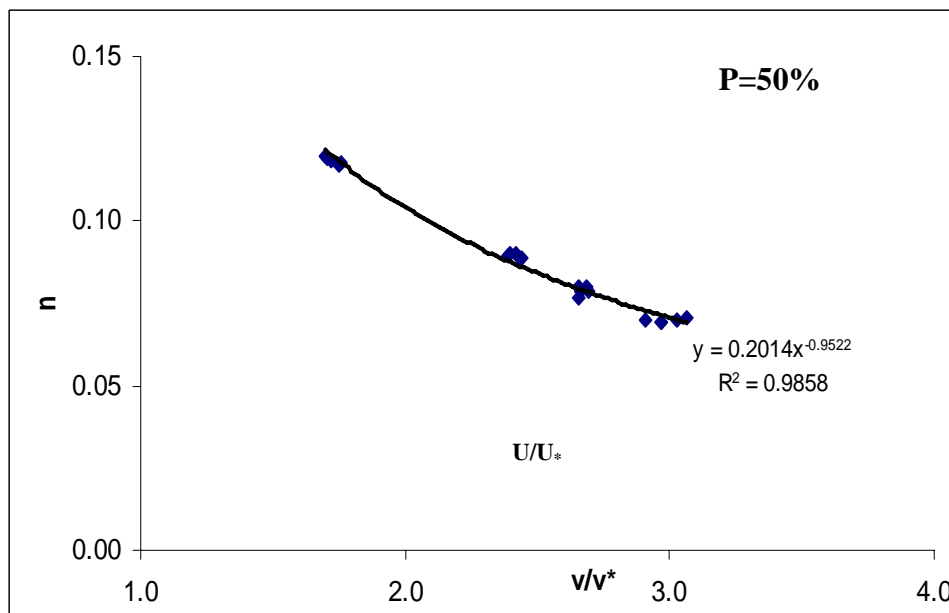
عوامل متغیر اندازه گیری شده در این تحقیق شامل : عمق جریان آب در ده نقطه در طول و سه نقطه در عرض، سرعت جریان آب در سه مقطع و در هر مقطع در سه عمق و از طرفی با ۵ متغیر شیب ، ۴ متغیر دبی و سه متغیر پوشش گیاهی مجموعاً ۶۰ آزمایش در فلوم آزمایشگاهی انجام شد .

جدول ۱ میزان ضریب زبری مانینگ را در سه نوع آرایش پوشش گیاهی ارائه می دهد . نتایج نشان می دهد که در بازه هایی از رودخانه که بستر تقریباً پوشیده از گیاهان است اثر زبری سطحی خاک، ناهمواری کف و انحناء بازه قابل صرف نظر کردن است و ضریب زبری ارائه شده در شرایط فوق با روابط ارائه شده به عنوان ضریب زبری کلی در رابطه مانینگ برای تحلیل مسائل کانال های باز، مهندسی هیدرولیک، سرعت جریان، پروفیل سطح آب، اندازه گیری دبی جریان و ... قابل استفاده می باشد .

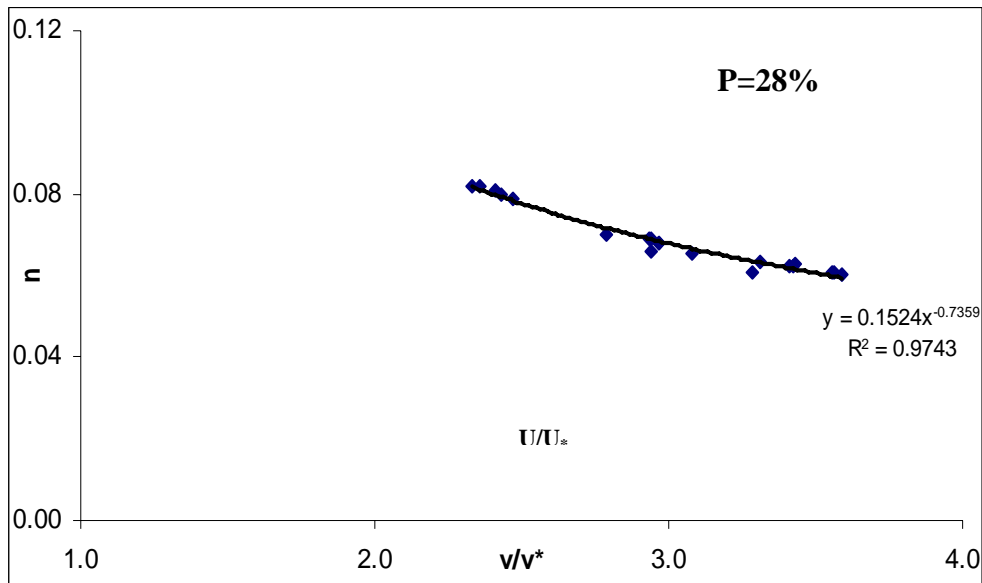
در شکل های ۱ ، ۲ و ۳ ، رابطه بین  $n$  و  $V/V_*$  در سه نوع تراکم پوشش گیاهی ۱۰۰٪ و ۵۰٪ و ۲۸٪ نشان داده شده است.



شکل (۱) : رابطه بین  $n$  و  $V/V_*$  در پوشش گیاهی با تراکم ۱۰۰٪

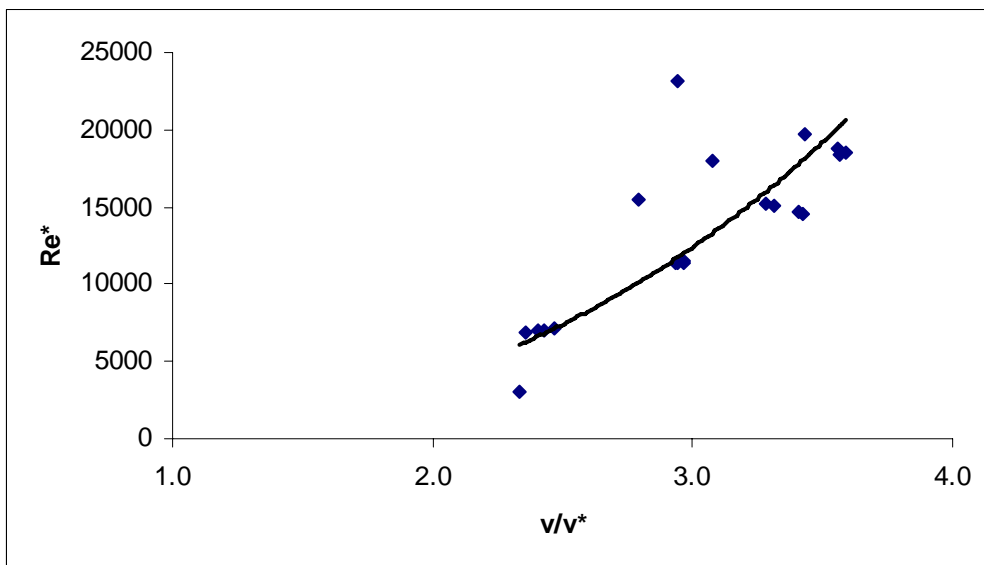


شکل (۲) : رابطه بین  $n$  و  $V/V_*$  در پوشش گیاهی با تراکم ۵۰٪



شکل (۳)، رابطه بین  $n$ ،  $v/v_*$  در پوشش گیاهی با تراکم ۲۸٪

در هر سری آزمایش با افزایش دبی عمق نسبی افزایش یافته و ضریب زبری کاهش می‌یابد. با بررسی منحنی‌ها مشاهده می‌شود نسبت  $V/V_*$  با ضریب زبری مانینگ نسبت معکوس دارد به عبارتی با افزایش  $V/V_*$  مقدار ضریب زبری کاهش می‌یابد و برعکس. با توجه به اینکه رینولدز برشی و نسبت  $V/V_*$  دارای ارتباط معنی‌دار و قابل تحلیلی با یکدیگر هستند در این تحقیق روابط بین پارامترهای بی بعدی  $V/V_*$  و  $Re^*$  معیار تجربه و تحلیل قرار گرفته است. منحنی‌های تراکم‌های ۱۰۰، ۵۰ و ۲۸ درصد نشان می‌دهند که افزایش تراکم پوشش گیاهی موجب کاهش  $V/V_*$  شده و در کلیه حالات با افزایش عدد رینولدز برشی مقدار عددی نسبت  $V/V_*$  نیز افزایش می‌یابد. در شکل (۴) رابطه رینولدز برشی و نسبت سرعت متوسط به سرعت برشی ( $V/V_*$ ) در پوشش گیاهی با تراکم ۲۸ درصد برای نمونه ارائه شده است. با توجه به تغییرات هماهنگ کاهش عدد رینولدز برشی به ازای افزایش نسبت سرعت‌ها می‌توان استنباط کرد که در دبی‌های بیشتر برای نسبت سرعت ثابت عدد رینولدز برشی افزایش می‌یابد و با افزایش دبی جریان عمق افزایش می‌یابد و به همین نسبت سرعت‌ها نیز افزوده می‌گردد.



شکل ۴. رابطه رینولدز برشی و نسبت سرعت برشی به سرعت متوسط در پوشش گیاهی با تراکم ۲۸٪

## نتیجه گیری و پیشنهادات :

مجموعه اطلاعات این تحقیق پاسخگوی قسمتی از مطالعات مربوط به برآورد ضریب زبری مانینگ در محیطهای با پوشش گیاهی می باشد. نتایج نشان می دهد که متوسط ضریب زبری در تمامی شیب ها و دبی جریانها در آرایش پوششهای ۱۰۰، ۵۰ و ۲۸ درصد به ترتیب ۰/۱۱۲، ۰/۰۸۹ و ۰/۰۶۹ می باشد. افزایش تراکم پوشش گیاهی موجب کاهش مقدار  $V/V_*$  و در نتیجه افزایش زبری کانال می شود و با افزایش عدد رینولدز برشی نسبت  $V/V_*$  نیز افزایش می یابد و به عبارتی مقدار ضریب زبری کاهش می یابد. انجام کار مدل فیزیکی رودخانه ای بر روی انواع پوششهای گیاهی مصنوعی با انواع پوشش و متناسب با شرایط واقعی با توجه به سوابق کم پژوهشی توصیه می شود. اگر چه انجام تحقیقات بر روی اثر پوشش گیاهی بر انتقال رسوب، مواد آلاینده، راندمان تله اندازی رسوبات و اثر متقابل پوشش و جریان آب در تله اندازی در جریانهای رودخانه ای، جذب ممتنم و انرژی آب توسط پوشش گیاهی به عنوان عوامل بازدارنده جریان رودخانه ها و وقوع سیلاب از موضوعات مورد نیاز و قابل تحقیق تلقی می گردد.

## سپاسگزاری

بدینوسیله از پستوانه مالی دانشگاه شهیدچمران اهواز مساعدت مرکز تحقیقات آب و آبخیزداری وزارت جهاد کشاورزی جهت انجام آزمایشات قدردانی میگرد.

## منابع مورد استفاده :

- ۱- قدیم خانی م، ۱۳۸۳. بررسی آزمایشگاهی تغییرات ضریب زبری رودخانههای جنگلی، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه صنعت آب و برق (شهید عباسپور).
- ۲- شریفی ع، ۱۳۸۴. تخمین پارامترهای زبری برای پوششهای گیاهی بلند در بستر رودخانهها، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز.
- 3- Cook, H.L., and Campbell, F.B., (1939). Characteristics of some meadow strip vegetation Agricultural Engineering 20.
- 4- Cox, M.B., (1942), Tests on vegetated waterways, Oklahoma Agr. Exp. Sta. Tech. Bul. T-15, Stillwater, Okla., 23p.
- 5- Chow, V.T. (1959). Open channel hydraulics, McGraw- Hill, New York, 680p.
- 6- Barnes, H.H.Jr. (1967). Roughness Characteristics of natural channels U.S. Geological survey water-Resource, 213p.
- 7- Fathi-Moghadam M and Kouwen N, (1997). No rigid, no submerged, vegetative roughness on floodplains, Journal of hydraulic engineering, 123 (1):51-57.
- 8- Kouwen N., and Fathi-Moghadam M (2000). Friction factor for coniferous trees along rivers, Journal of hydraulic engineering 126 (10). 732-740.
- 9- Yokoyama Y., (2003). Numerical analysis of food flow of the chikuma river considering vegetation, Disaster mitigation and water management. ISDB Niigatas. Japan. 97-104.