



مقدمه

انواع پوشش گیاهی در بستر و حاشیه رودخانه‌ها باعث اضافه شدن زبری مسیر جریان، کاهش میانگین سرعت جریان، گرفتن مقدار زیادی از انرژی آب و تغییر توزیع سرعت لایه‌ای و یا به بیان دیگر پروفیل جریان در مقطع عرضی رودخانه می‌شود. در این حالت کندی جریان باعث بالا آمدن سطح آب رودخانه و مجاری طبیعی و جاری شدن آب به پهن دشت‌ها و ایجاد خسارت فراوان به ویژه در مواقع سیلابی می‌گردد. وجود ریشه و پوشش گیاهی افزون بر استحکام و یکپارچه کردن خاک، کاهش تنش برشی دیواره‌ای در مجاورت سطح خاک و کاهش فرسایش را نیز باعث می‌شود. در رودخانه‌های پوشیده از گیاه ضریب زبری با تغییر سرعت جریان و شعاع هیدرولیکی تغییر می‌کند از سوی دیگر تغییر ضریب زبری، میزان رسوبگذاری، مرفولوژی و تغییر مسیر در این رودخانه‌ها متأثر از سرعت جریان، شعاع هیدرولیکی، نوع، تراکم و ارتفاع گیاه می‌باشد. [۹] برای محاسبه‌ی دبی، سرعت و عمق جریان در کانال‌های طبیعی و نیز برآورد سیل و رسوب ارزیابی مقاومت جریان مهم و ضروری است. یکی از عوامل‌هایی که مقاومت جریان با آن بیان می‌شود، ضریب زبری مانینگ است که این ضریب در رودخانه‌های گوناگون بر حسب شرایط محیطی تعیین می‌شود. ضریب زبری یکی از پارامترهای مؤثر در ورودی مدل‌های هیدرولیکی و رودخانه‌ای به ویژه در بازه‌های با شیب ملایم به شمار می‌آید. انتخاب و بکارگیری یک رابطه‌ی مناسب برای مقاومت جریان رودخانه نیازمند شناخت روابط گوناگون، تجربه‌ی کارشناسی کافی و توجه ویژه به وضعیت هیدرولیکی و رسوبی رودخانه دارد. [۹] از مشهورترین روابط مقاومت جریان در کانال‌های باز که ارتباط بین سرعت متوسط جریان و پارامترهای هندسی، هیدرولیکی و مقاومتی آبراهه را بیان می‌نمایند می‌توان به روابط شزی، دارسی و ایسباخ و مانینگ اشاره نمود. مهمترین مسئله در بکارگیری این روابط برآورد صحیح ضرایب زبری شزی (C) ضریب زبری مانینگ (n) و فاکتور دارسی - وایسباخ (f)، می‌باشد. شیوه‌های محاسبه ضریب زبری مانینگ و فاکتور مقاومت دارسی - وایسباخ برای برآورد مقاومت جریان از نکات مهم در مطالعات کانال‌های باز می‌باشد که مورد توجه مهندسیین مشاور و کارشناسان هیدرولیک قرار گرفته است. قدیم‌خانی [۲] بررسی آزمایشگاهی تغییرات ضریب زبری در رودخانه‌های جنگلی را مورد بررسی قرار داد. نتایج نشان می‌دهد که آرایش ضربردری تقریباً $1/3$ برابر آرایش شطرنجی ضریب زبری را

بررسی آزمایشگاهی اثر تغییر تراکم پوشش گیاهی

شاخه‌ای بر ضریب زبری مانینگ

نادرقلی ابراهیمی^۱، سید محمود کاشفی پور^۲، منوچهر فتحی مقدم^۳،
کیومرث ابراهیمی^۴ و سیدمجتبی صانعی^۵
تاریخ دریافت: ۸۶/۸/۱۲ تاریخ پذیرش: ۸۷/۴/۱۱

چکیده

ضریب زبری پوشش گیاهی یکی از پارامترهای مهم در مطالعه‌ی ویژگی‌های جریان رودخانه‌ای می‌باشد. این ضریب بستگی به عمق جریان، سرعت جریان و وضعیت تراکم و نوع پوشش گیاهی دارد. با انجام آزمایش در یک کانال آزمایشگاهی می‌توان تغییرات ضریب زبری را با توجه به شرایط جریان، نوع و تراکم پوشش در حالتی که پوشش گیاهی در بستر و سیلاب دشت‌ها مستغرق می‌باشد، بررسی نمود. ضریب زبری ناشی از پوشش گیاهی شاخه‌ای پلاستیکی در بستر یک فلوم به طول ۱۴ متر و شیب کف متغیر در آزمایشگاه مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری مورد مطالعه قرار گرفت. ضریب زبری مانینگ با استفاده از تغییر شیب انرژی، دبی و عمق جریان و تراکم پوشش گیاهی محاسبه شد. نتایج نشان می‌دهد که این ضریب ثابت نبوده بلکه با افزایش تراکم پوشش گیاهی افزایش و با افزایش سرعت و عمق جریان کاهش می‌یابد. لذا می‌توان با داشتن تغییرات عمق، سرعت جریان و تراکم پوشش گیاهی مقدار ضریب زبری را که تابعی از این عوامل است در مجاری مشابه برآورد کرد. در این پژوهش سه معادله‌ی ریاضی برای برآورد ضریب زبری مانینگ در مجاری روباز با وضعیت‌های گوناگونی از عمق، سرعت جریان و تراکم پوشش گیاهی ارائه شده است.

واژه‌های کلیدی: زبری پوشش گیاهی، ضریب زبری مانینگ، کانال آزمایشگاهی

- ۱- نویسنده مسئول و دانشجوی دکتری سازه‌های آبی دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز nebrahimi81@yahoo.com
- ۲- ۳- اعضای هیئت علمی (دانشیار) دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز
- ۴- استادیار دانشکده مهندسی آب و خاک، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران
- ۵- عضو هیئت علمی (استادیار) مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری

خطی افزایش یافته و تاثیر درخت صنوبر در افزایش نیروی کششی تقریباً دو برابر درخت سرو می باشد. نتایج آزمون ضریب زبری مانینگ در مقابل استغراق نسبی نشان داد که با افزایش استغراق نسبی در سرعت ثابت ضریب زبری افزایش یافته و 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.

فریمن [۱۱] ضریب مقاومت جریان ناشی از بوته ها و درختچه های کوتاه را برای شرایط مستغرق و غیر مستغرق با در نظر گرفتن انعطاف گیاه ارائه نمود. کاون و فتحي مقدم [۱۴] ضریب اصطكاکی را برای درختان کاج مانند، در کنار رودخانه با فرض افزایش خطی مساحت شاخ و برگ با ارتفاع و بر اساس آنالیزی بعد پارامترهای موثر مورد بررسی قرار دادند نتایج نشان می دهد که مقادیر ضریب زبری مانینگ برآورد شده با استفاده از مدل با مقادیر گزارش شده توسط چاو و آرسمنت مطابقت دارد. یوکویاما و همکاران [۱۵] برای محاسبه ی ضریب مانینگ در رودخانه های جنگلی در شرایط گوناگون استغراق روابطی را ارائه دادند که ضریب زبری کل تابعی از ضریب زبری بستر، ارتفاع تنه 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.

فتحي مقدم [۱۲] اثر تغییرات شیب و عمق جریان را روی پارامتر زبری در پوشش گیاهی بلند و شرایط غیر مستغرق بررسی کرد و روابطی بین سرعت و شیب کف ارائه داد نتایج پژوهش نشان می دهد که افزایش پارامتر زبری با عمق جریان در شرایط مستغرق افزایش یافته و اثر تغییر عمق جریان روی این ضریب بیشتر از تغییر شیب و دبی می باشد و تغییرات پارامتر زبری در شیب های گوناگون در مقایسه با نسبت های مختلف استغراق حاکی از افزایش ضریب زبری با عمق جریان در انواع پوشش های بلند می باشد.

سیرالو و همکاران [۱۳] مقاومت هیدرولیکی پوشش گیاهی با برگ های نازک و انعطاف پذیر مستغرق در آب های ساحلی مدیترانه ای را با مدل سازی در آزمایشگاه مورد بررسی قرار دادند نتایج آزمایش مؤید تغییر عدد رینولدز رفتار هیدرولیکی گیاه، نسبت طول گیاه و عمق جریان می باشد. ترسیم و توزیع پروفیل سرعت در هفت مقطع از فلوم نشان می دهد که توزیع سرعت بر اساس قانون مقاومت جریان، فاکتور مقاومت داری و حدودی از مقدار عدد رینولدز می باشد.

ابراهیمی و همکاران [۸] نتایج حاصل از شبیه سازی ضریب زبری پوشش گیاهی چمنی را در آزمایشگاه تحت دبی ها و شیب های گوناگون مورد بررسی قرار دادند بررسی نتایج نشان می دهد که با افزایش شیب کف سرعت جریان اضافه شده و ضریب زبری مانینگ نیز در تراکم های گوناگون کاهش می یابد و در همه ی شیب های آزمایشی با افزایش تراکم، نسبت سرعت به سرعت برشی جریان کاهش می یابد و در نتیجه زبری کف کانال که ناشی از پوشش گیاهی

افزایش می دهد و در آرایش ضربدری با تراکم های ۱۲۰، ۹۱ و ۶۷ درصد و در آرایش شطرنجی، تراکم های ۷۳ و ۴۵ درصد [۱] درصد ضریب زبری را افزایش می دهند. شریفی و فتحي مقدم [۱] برآورد 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, d) برای پوشش مورد آزمایش به ترتیب ۹ و ۱/۹ متر حاصل شد و سرعت برشی متوسط (U₀) برابر ۱/۲۵ متر بر ثانیه بدست آمد کوک و کامبل [۵] نخستین پژوهش برای بدست آوردن رابطه ای بین زبری هیدرولیکی جریان با عمق و سرعت جریان و همچنین نوع و ارتفاع پوشش گیاهی را در سال ۱۹۳۶ و در آزمایشگاه سازمان حفاظت خاک ایالت کارولینای جنوبی واقع در شهر اسپارتانبورگ ایالات متحده شروع کردند. حاصل این آزمایش ها ارائه ی 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 کاکس و پالمیر [۷] پژوهش های مشابهی را در اداره ی حفاظت خاک و مرکز تحقیقات کشاورزی ایالت اکلاهما ایالات متحده انجام دادند. نتایج حاصل از آزمایش ها روی کانال های کشت شده با جدارهای فلزی عمودی به صورت یک سری گراف برای نشان دادن رابطه ی بین مقاومت هیدرولیکی جریان (زبری جداره کانال ها) و دبی عبوری در واحد عرض بر حسب فوت مکعب بر ثانیه بود. در سال ۱۹۴۹ خلاصه فعالیت های سازمان های یاد شده برای بدست آوردن ضرایب زبری گیاهی به صورت یک سری گراف برای نشان دادن رابطه ی ضریب زبری مانینگ (n) و حاصل ضرب سرعت متوسط جریان (V) و شعاع هیدرولیکی کانال (R) برای هشت نوع گیاه گوناگون ارائه شد. چاو [۶] و بارنز [۳] به ترتیب جدول توصیفی و اشکال تصویری برای برآورد ضریب زبری مانینگ پوشش های گوناگون در رودخانه ها و مجاری طبیعی بر مبنای تجارب سیلاب های اتفاق افتاده در رودخانه های ایالات متحده ارائه نمودند. جیو و تان [۴] تاثیر بوته های کاشته شده در کف فلوم را بر ضریب اصطكاکی در شرایط تراکم کم و زیاد مورد بررسی قرار داده و نمودارهایی در این رابطه ارائه دادند. نتیجه ی آزمایش ها نشان داد که ساقه های گیاه که جریان از میان آنها عبور می کند، بیشترین نیروی کششی را تحمل کرده و آشفستگی بیشتری تولید می کند و با افزایش تراکم ضریب زبری افزایش می یابد. فتحي مقدم و کاون [۱۰] دو گونه سرو و صنوبر زنده را با لحاظ کردن انعطاف شاخ و برگ درخت در فلومی به طول ۱۳ متر و عرض ۰/۶ متر و عمق های گوناگون برای محاسبه ی ضریب کششی و روابط مقاومت برای گونه درختان مورد بررسی قرار دادند و رابطه ای را برای محاسبه ی 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 شایان توجه است و افزایش عمق باعث افزایش سطح جذب ممتنم و افزایش نیروی کششی می شود. نیروی کششی با سرعت به صورت

است، افزایش می یابد.

با برخی بازه های رودخانه ای (از جمله سرشاخه های رودخانه کارون) و امکانات آزمایشگاهی در دسترس است. عمق جریان در ده مقطع به وسیله ی ارتفاع سنج و سرعت جریان آب در جهت جریان بوسیله میکرو مولینه اندازه گیری شد. در هر آزمایش پس از نصب و آرایش پوشش گیاهی در کف فلوم، جریان مورد نظر به گونه ی تدریجی به داخل فلوم هدایت شده و عمق و دبی جریان توسط شیرهای بالادست تنظیم می شد. پس از تثبیت کامل جریان، ارتفاع سطح آب، عمق و سرعت در اعماق ۰/۲، ۰/۶ و ۰/۸ جریان و در ده مقطع در طول محدوده آزمایش اندازه گیری شد. اندازه گیری و تنظیم دبی فلوم توسط سرریز مثلثی لبه تیز پایین دست انجام می گرفت. در این پژوهش ۶۰ مجموعه از داده های آزمایشگاهی که یک نمونه از آن در جدول (۱) آمده، مورد استفاده قرار گرفت. چگونگی آرایش، جانمایی پوشش گیاهی و نیم رخ طولی فلوم آزمایشگاهی در شکل (۱) ارائه شده است. ضریب زبری مانینگ با استفاده از داده های آزمایشگاهی (دبی، عمق و سرعت جریان، شیب کف فلوم) از راه تعیین پروفیل سطح آب در جریان نایکنواخت متغیر تدریجی و شیب خط انرژی در طول محدوده آزمایش و استفاده از رابطه ی مانینگ محاسبه و اندازه گیری شد.

نتایج

عامل های متغیر اندازه گیری شده این پژوهش در هر بار آزمایش شامل: عمق جریان آب در ده مقطع و سرعت جریان آب در سه مقطع و در سه عمق می باشد. از سوی دیگر با ۵ متغیر شیب، ۴ متغیر دبی و سه متغیر تراکم پوشش گیاهی در مجموع ۶۰ آزمایش انجام و با استفاده از شیب خط انرژی، سرعت جریان و شعاع هیدرولیکی، ضریب زبری مانینگ اندازه گیری می شود. با استفاده از نرم افزار Excell از راه برنامه Solver ضریب زبری مانینگ با ارائه ی نخستین رابطه ی توانی ($n = \alpha y^\beta u^\gamma$) محاسبه شد. در این رابطه n ، y و u به ترتیب ضریب زبری مانینگ، عمق و سرعت جریان و α ، β و γ ضریب و توان های رابطه که با انجام مراحل رگرسیون بدست می آیند، می باشند. در همین برنامه با رعایت معیار کمینه کردن مجموع مربعات اختلاف مقادیر (ضریب زبری مانینگ از مشاهده آزمایشگاهی و محاسبه شده از راه رابطه ی توانی) ضرایب رابطه ی توانی بهینه و به صورت روابط ۱، ۲، ۳ ارائه شد.

آزمون آماری و برازش رگرسیونی داده ها در محدوده ی دبی ۱۰ تا ۴۰ لیتر بر ثانیه، شیب ۰/۰۰۲ - ۰/۰۱ رابطه ی (۱) را با ضریب همبستگی $R^2 = ۰/۹۷$ برای تراکم ۱۰۰ درصد، رابطه (۲) را با ضریب همبستگی $R^2 = ۰/۹۹$ برای تراکم ۵۰ درصد و رابطه (۳) را با ضریب همبستگی $R^2 = ۰/۹۳$ برای تراکم ۲۸ درصد ارائه می کند این روابط با در نظر گرفتن عمق و سرعت جریان در تراکم های گوناگون می باشد.

$$n = ۰/۰۳۷ y^{-۰/۰۲۳} u^{-۰/۰۴۶} \quad (۱)$$

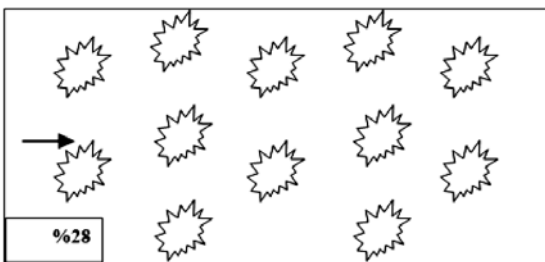
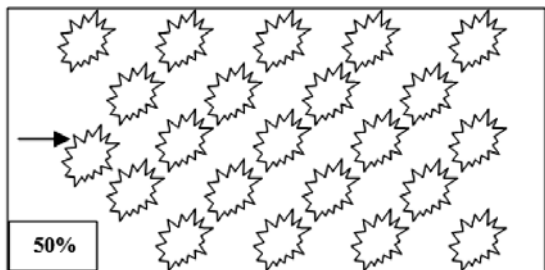
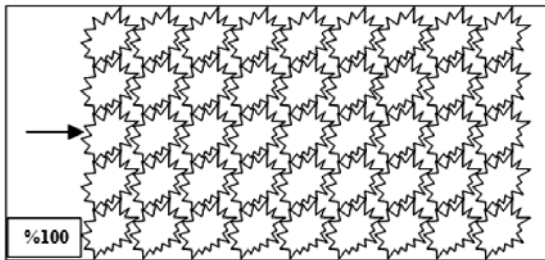
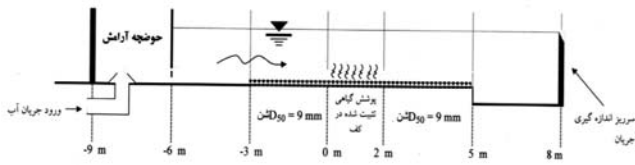
$$n = ۰/۰۳۷ y^{-۰/۱۲۴} u^{-۰/۰۵۳۴} \quad (۲)$$

جمع بندی سوابق پژوهش نشان می دهد که عوامل موثر در برآورد 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 تمامی عامل های 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 نیم رخ، سرعت آب و مقدار انرژی از دست رفته وجود دارد. پوشش گیاهی باعث کاهش تنش برشی موضعی جریان در بستر رودخانه شده و شرایط مناسبی را برای ته نشینی مواد معلق آب فراهم و موجب تجمع رسوبات در لابلای المان های زبری می گردد. تغییر عمق جریان در شرایط استغراق کامل پوشش گیاهی، درصدهای استغراق متفاوت، انواع پوشش های گیاهی علفی، بوته ای و شاخه ای در پراکنش های گوناگون، تغییر شیب بستر و ... همه از عامل های مهم در ضریب نیم رخ سرعت جریان و ضریب زبری هستند. در کنار مطالعات انجام شده برای برآورد ضرایب زبری پوشش های گیاهی هنوز روش و رابطه ای مشخص که بتوان به صورت عملی در هر طراحی و برنامه ریزی از آن استفاده نمود، ارائه نشده است. در حال حاضر برآورد ضرایب زبری پوشش های گیاهی برای استفاده در بیشتر مدل ها بر مبنای داده های ارائه شده در جداول می باشد که استفاده از این جداول نیاز به تجربه ی کافی برای تطبیق شرایط محل مورد مطالعه با پارامترهای جداول و نیز تفکیک و شناخت پوشش گیاهی دارد. هدف از ارائه این مقاله تأکید بر استفاده از پارامترهای مؤثر هیدرولیکی و بیولوژیکی برای برآورد واقعی تر ضریب زبری مانینگ به صورت روابط ریاضی می باشد که این روابط به اتکا نتایج آزمایشگاهی و مقایسه آن با نتایج محاسباتی مورد بررسی و تأیید قرار می گیرند.

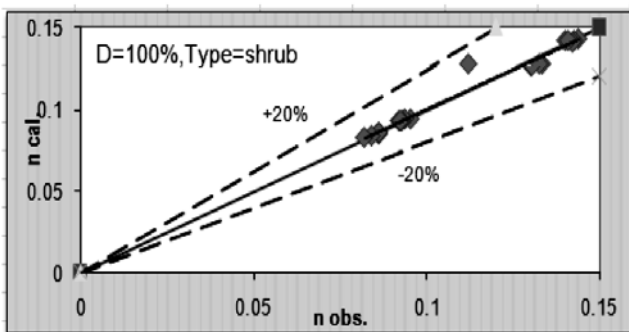
مواد و روش ها

برای انجام این پژوهش با شبیه سازی پوشش گیاهی در آزمایشگاه هیدرولیک و در یک فلوم به عرض و ارتفاع ۶۰ سانتی متر و طول مستقیم ۱۴ متر، در بستر فلوم به گونه ی یکنواخت از شن با قطر متوسط معادل ۹ میلی متر استفاده شد. پوشش گیاهی شاخه ای از نوع مصنوعی با ارتفاع ۷ تا ۸ سانتی متر در کف کانال در فاصله های مشخص در بستر شنی نصب و آرایش گردید. آزمایش ها در سه نوع تراکم (۲۸، ۵۰ و ۱۰۰ درصد) 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 کف مستغرق بود. دلیل انتخاب انواع دبی، شیب و تراکم گوناگون پوشش گیاهی برای آزمایش تیمارها، سوابق آزمایشگاهی در پژوهش های انجام شده قبلی، ایجاد شرایطی مشابه

رودخانه‌ها و وقوع سیلاب و تغییر شرایط استغراق گیاه در آب و در فصل‌های گوناگون را توصیه می‌نماید.



شکل ۱- پلان و نحوه استقرار پوشش گیاهی در کف کانال در سه تراکم ۲۸، ۵۰ و ۱۰۰ درصد و نیم رخ طولی فلوم آزمایشگاهی



شکل ۲- مقایسه داده‌های مشاهده‌ای با رابطه‌ی محاسبه‌ای برای ضریب زبری مانینگ (تراکم ۱۰۰٪)

$$n = 0.046y - 0.012u - 0.344 \quad (3)$$

مجموع مربعات اختلاف مقادیر مشاهده شده با مقادیر محاسباتی برای تراکم‌های ۱۰۰، ۵۰ و ۲۸ درصد پوشش به ترتیب برابر ۰/۰۰۰۰۳۴، ۰/۰۰۰۰۱۵ و ۰/۰۰۰۰۶۸ می‌باشد. در شکل‌های ۲، ۳ و ۴ مقایسه‌ی داده‌های مشاهده‌ای با رابطه‌ی محاسباتی ارائه شده است.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش پاسخگوی بخشی از مسائل مربوط به شبیه‌سازی و برآورد ضریب زبری مانینگ در کانال‌ها و مجاری با درصد پوشش گیاهی گوناگون در بستر است. در این آزمایش میانگین ضریب زبری مانینگ در تمامی شیب‌ها و دبی‌های جریان در تراکم‌های ۱۰۰، ۵۰ و ۲۸ درصد به ترتیب ۰/۱۱۲، ۰/۰۸۹ و ۰/۰۶۹ برآورد شده است که نشان می‌دهد افزایش تراکم پوشش گیاهی باعث افزایش این ضریب می‌شود. هم‌چنین با افزایش دبی، سرعت و عمق جریان در همه‌ی تراکم‌ها، ضریب زبری مانینگ کاهش می‌یابد. سرعت متوسط جریان در مجموع دبی‌ها و در تراکم‌های ۱۰۰، ۵۰ و ۲۸ درصد به ترتیب ۰/۳۶، ۰/۳۴ و ۰/۳۰ متر بر ثانیه است و سرعت برشی جریان در مجموع دبی‌ها و همین تراکم‌ها به ترتیب ۰/۳۰، ۰/۱۴ و ۰/۱۵ متر بر ثانیه است و گویای این موضوع می‌باشد که با افزایش تراکم پوشش گیاهی سرعت جریان کاهش و ضریب زبری کانال افزوده می‌شود که شدت این کاهش در تراکم صد در صد بیشتر از دو حالت دیگر است و هم‌چنین افزایش تراکم پوشش گیاهی موجب کاهش نسبت سرعت جریان به سرعت برشی جریان و افزایش ضریب زبری می‌شود که بدین روش امکان مناسبی برای بررسی و تحلیل رسوب‌گیری و فرسایش بستر رودخانه‌ها فراهم می‌شود. روابط ریاضی ارائه شده در این پژوهش ضریب زبری را تابعی از دو متغیر اصلی سرعت و عمق جریان می‌داند که این روابط می‌تواند به عنوان الگویی مناسب در برآورد ضریب زبری و در مناطق مشابه تلقی شود. از یک سو با برنامه‌نویسی رایانه‌ای می‌توان روابط را در زیر برنامه‌هایی از یک مدل ریاضی که به محاسبه‌ی شرایط هیدرولیکی جریان در رودخانه‌ها و کانال‌های باز می‌پردازد وارد نموده و در محاسبات از آنها استفاده کرد که در این صورت ضریب زبری به عنوان یک عدد ثابت در مدل ریاضی وارد نمی‌شود بلکه به عنوان یک تابع از عمق و سرعت در مدل قابل تحلیل و محاسبه می‌باشد. از این جهت امکان واسنجی و صحت‌سنجی مدل‌ها نیز معنی و کاربرد جدیدی خواهد داشت. برای توسعه‌ی پژوهش‌ها در این زمینه: اجرای مدل فیزیکی رودخانه‌ای بر روی انواع پوشش‌های گیاهی مصنوعی و متناسب با شرایط واقعی، بررسی اثر پوشش گیاهی بر انتقال رسوب، مواد آلاینده، راندمان تله‌اندازی رسوبات و اثر متقابل پوشش و جریان آب در تله‌اندازی رسوب جریان‌های رودخانه‌ای، جذب ممتنم و انرژی آب توسط پوشش گیاهی به عنوان عوامل بازدارنده جریان

تشکر

از همکاری ارزشمند دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز و مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری وزارت جهاد کشاورزی، در فراهم نمودن امکانات انجام این طرح تحقیقاتی و تهیه مقاله مربوطه سپاسگزاری می شود.

منابع

۱- شریفی، ع. و فتوحی مقدم، م. ۱۳۸۴. تخمین پارامترهای زبری برای پوشش های گیاهی بلند در بستر رودخانه ها، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز.

۲- قدیم خانی، م. ۱۳۸۴. بررسی آزمایشگاهی تغییرات ضریب زبری رودخانه های جنگلی، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه صنعت آب و برق (شهید عباسپور).

3- Barnes, H.H.Jr. 1967. Roughness Characteristics of natural channels, U.S. Geological survey water- Resource. 213p.

4- Chiew, Y. 1992. Friction resistance of overland flow on tropical toured slope. Journal of hydraulic engineering 118(1) : 92-97.

5- Cook, H.L. and Campbell, F.B. 1939. "Characteristics of some meadow strip vegetation" Agricultural Engineering 20pe. Journal of hydraulic engineering 118(1) : 92-97.

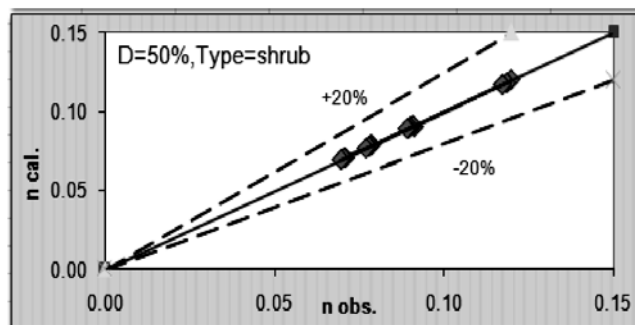
6- Chow, V.T. 1959. Open channel hydraulics. McGraw- Hill, New York, 680p.

7- Cox, M.B. 1942. Tests on vegetated waterways. Oklahoma Agr. Exp. Sta. Tech. Bul. T-15, Stillwater, Okla., 23p.

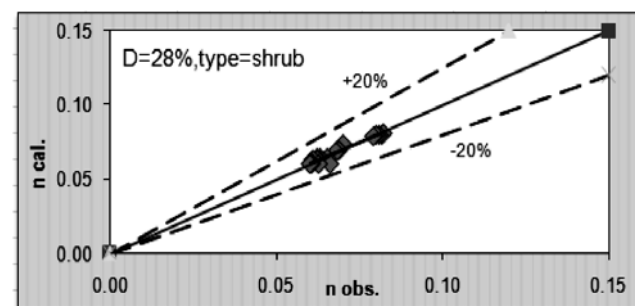
8- Ebrahimi, N.G., Fathi- Moghadam, M. Ebrahimi, k., Kashefipour, M. and Saneie, M. 2007. Effect of bed Vegetation Array on River Shear Velocity. In: Proceeding of International Conference Erosion And Torrenet Control As A Factor In Sustainable River Basin Management, 25-28 September 2007, Belgrade- Serbia.

9- Fathi- Moghadam, M. and Kouwen N. 1997. Nonrigid, nonsubmerged, vegetative roughness on floodplains. Journal of hydraulic engineering, 123 (1) : 51-57.

10- Fathi- Moghadam, M. 2006. Effects of Land slope and flow Depth on Retarding Flow in



شکل ۳- مقایسه داده های مشاهده ای با رابطه ای محاسبه ای برای ضریب زبری مانینگ (تراکم ۵۰٪)



شکل ۴- مقایسه داده های مشاهده ای با رابطه ای محاسبه ای برای ضریب زبری مانینگ (تراکم ۲۸٪)

شاخه ای ۱۰۰٪				
y(cm)	Q(l/s)	n obs.	n cal.	(n obs.-n cal.) ²
9.34	10	0.144	0.143	5.7E-07
9.28	10	0.143	0.142	5.5E-08
9.39	10	0.142	0.141	6.2E-07
9.02	10	0.140	0.142	4.8E-06
9.04	10	0.141	0.142	1.0E-06
11.94	20	0.112	0.128	2.4E-04
11.76	20	0.133	0.128	3.1E-05
11.59	20	0.132	0.127	2.5E-05
11.60	20	0.130	0.127	1.1E-05
11.39	20	0.131	0.127	1.6E-05
13.57	30	0.095	0.095	5.3E-07
13.29	30	0.094	0.094	4.3E-09
13.28	30	0.093	0.094	3.6E-07
13.22	30	0.092	0.093	8.0E-07
13.10	30	0.092	0.093	3.7E-07
15.25	40	0.086	0.086	3.4E-08
15.16	40	0.086	0.085	1.2E-06
14.77	40	0.086	0.086	3.2E-07
14.62	40	0.084	0.084	2.1E-09
14.75	40	0.082	0.083	1.8E-06
			مجموع	3.4E-04

جدول ۱- مشخصات هیدرولیکی جریان در حالت پوشش گیاهی شاخه ای با تراکم ۱۰۰٪

13- Kouwen, N. and Fathi- Moghadam, M. 2000. Friction factor for coniferous trees along rivers. *Journal of hydraulic engineering* 126 (10). 732-740.

14- Yokoyama, Y., Tomidokoro, G., Toyota, M. and Kitabayashi, T. 2003 Numerical analysis of flood flow of the Chikuma river considering vegetation. *Disaster mitigation & water management*. ISDB Niigata, Japan. 97-104.

Non- Submerge Vegetated Lands. *Journal of Agronomy* 5(3): 536 - 540 .

11- Freeman, G.E., Rahmeyer, W.H. and Copeland, R.R. 2000. Determination of resistance due to shrubs and woody vegetation. Technical Report, ERDC/CHL TR-0025 U.S. army Engineer Research and Development center, Vicksburg, MS.

12- Ciralo, G., Ferreri, G. and Loggia, G. 2006. "Flow resistance of *Posidonia oceanica* in shallow water" *journal of Hydraulic Research*. Vol. 44, NO. 2, PP. 189-202