# بررسی مقاومت پوشش گیاهی غیر مستغرق در مقابل جریان در ساحل رودخانه‌ها

علیرضا مسجدی[۱*]، منوچهر فتحی مقدم[۲] و بابک شمال نسب[۳]

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۶/۶/۱۸ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۶/۱۱/۳۰)


## چکیده

**گیاه گز رودخانه‌ای در حاشیه رودخانه کارون رشد می‌کند. اندام بیرونی این گیاهان در زمان سیلابی باعث کاهش سرعت جریان و جلوگیری از فرسایش کناره‌ای می‌شود. اندازه‌گیری ضریب زیری گیاهان موجود در این سواحل و دشت‌های سیلابی و بررسی تأثیر آنها در کاهش سرعت و تنش برشی جریان از اهمیت خاصی برخوردار است. در این تحقیق با استفاده از مدل آزمایشگاهی به بررسی ضریب زبری گیاه گز رودخانه‌ای پرداخته شده است. این گیاه در شرایط غیر مستغرق و زیر بحرانی در فلوم شیشه‌ای به طول ۱۲/۶، عرض۰/۵ و ارتفاع ۰/۶ متر بررسی شد. ارتفاع گیاهان در این تحقیق ۳۵ سانتی‌متر بود و با آرایش طبیعی و تصادفی در بازه‌ای از فلوم ه طول ۲/۸ متر در کف فلوم قرار داده شدند. تعداد کل آزمایش‌ها در این تحقیق ۲۲ عدد بود. با توجه به آزمایش‌های انجام شده روی مدل فیزیکی و نمودارهای به دست آمده می‌توان نتیجه گرفت که ضرایب زبری گیاهان تابعی از شرایط جریان نظیر سرعت، عمق و شعاع هیدرولیکی و هم‌چنین تابعی از نوع و میزان پوشش گیاهی است. هم‌چنین در شرایط نیمه مستغرق گیاهان، با تغییر سرعت، عمق، عدد رینولدز، عمق استغراق و حاصل‌ضرب سرعت در شعاع هیدرولیکی(VR) در شرایط طبیعی تراکم، ضرایب زبری دارسی- ویسباخ و مانینگ دارای تغییرات غیر خطی می‌باشد.**


**واژه‌های کلیدی: پوشش گیاهی ، مقاومت جریان، گز (*Tamarix sricta*)، سواحل رودخانه‌ها**

## مقدمه

حفاظت و ساماندهی رودخانه‌ها، مناطق ساحلی و هم‌چنین محافظت کردن از زمین‌ها و ذخایر ارزشمند موجود در امتداد سواحل (ایستگاه‌های پمپاژ، تصفیه خانه‌ها، چاه‌های تامین آب، حوضچه‌های پرورش میگو و غیره) از اهمیت خاصی برخوردار می باشد. وجود پوشش گیاهی در حاشیه رودخانه‌ها باعث کاهش سرعت جریان در هنگام سیلابی و جلوگیری از فرسایش رودخانه‌ها می‌شود. اندام‌های بیرونی این گیاهان باعث افزایش زبری و کاهش سرعت جریان آب و در نتیجه کاهش انرژی تنش برشی آن می‌گردد. در واقع انرژی آب در محل دیواره‌ها با انعطاف‌پذیری پوشش گیاهی مستهلک می‌شود و مقاومت هیدرولیکی فوق سبب جذب و ته نشست مواد رسوبی معلق در کناره‌های رودخانه‌ها شده و در نتیجه باعث کنترل عرض و افزایش پایداری دیواره‌ها شده و در کناره

۱. استادیار آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز
۲. دانشیار مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز
۳. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد تأسیسات آب، دانشگاه علوم و تحقیقات اهواز
* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: drmasjedi.2007@yahoo.com



[ Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26 ]

[ DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.46.10.4 ]

رودخانه ساحل جدیدی ایجاد می‌شود.

نقش پوشش گیاهی در حفاظت و تثبیت دیواره و سواحل رودخانه و دریاها به طور گسترده‌ای توسط محققان در اقصی نقاط جهان مطالعه شده و همگی آن را به عنوان یک گزینه اقتصادی و زیست محیطی شناخته‌اند. این روش قدرت و قابلیت تجدید حیات و بازسازی به صورت طبیعی را دارد ولی تاکنون در ایران بررسی‌های معدودی در این مورد انجام گرفته است.

در سال‌های اخیر به علت وقوع سیل به ویژه در اروپا پروژه‌های بازسازی رودخانه‌ها و آبراهه‌ها اهمیت زیادی پیدا کرده است. بازسازی رودخانه و کانال‌های خاکی به بررسی تأثیر پوشش گیاهی، بوته و درخت بر عملکرد هیدرولیکی آبراهه دارد. از نقطه نظر هیدرولیکی، پوشش گیاهی باعث افزایش مقاومت در برابر جریان و کاهش میزان انتقال جریان می‌گردد. در کانال‌های طبیعی، پوشش گیاهی از طریق ایجاد آشفتگی در اطراف ساقه‌ها و برگ‌های گیاه موجب افت انرژی می‌شود و در مقابل حرکت آب مقاومت ایجاد می‌کند.

اولین تحقیقات برای به دست آوردن رابطه‌ای بین زبری هیدرولیکی جریان با عمق و سرعت جریان و هم‌چنین نوع و ارتفاع پوشش گیاهی در آزمایشگاه سازمان حفاظت خاک ایالت کارولینای جنوبی واقع در شهر اسپارتارگ ایالات متحده شروع شد (۲ و ۳). حاصل این آزمایش‌ها ارائه یک سری ضرایب زبری کوتر و مانینگ در کانال‌های کشت شده با عرض ۱/۲-۰/۳ متر و شیب کناره متفاوت بود.

لی وشن (۱۰) اثر مقاومت گیاهان با ساقه‌های استوانه‌ای مختلف رادر حالت مستغرق بر جریان را مورد مطالعه قرار دادند. تحقیقات فوق نشان داد که الگوهای مختلف قرارگیری ساقه‌های استوانه‌ای تأثیر مهمی بر دبی جریان دارد. علاوه بر آن مدل‌های فیزیکی برای تعیین ضریب زبری در دشت‌های سیلابی با ساقه های استوانه ای سفت مورد استفاده قرار گرفت. به طوری‌که یک بخش از برنامه برای محاسبه دبی‌های مختلف منطقه رویش گیاه برنامه‌ریزی شده بود. کوشش و عملکرد لی و شن در سال ۱۹۷۳ در مورد نتایج محاسبه ضریب اصطکاک برای یک گیاه منفرد در یک دسته با $C_{WR}$، به علاوه محاسبه ضریب زبری برای پوشش گیاهی ($f_P$) بسیار وسیع بود.

چیو و تان (۱) تأثیر بوته‌های کاشته شده در کف کانال را بر ضریب اصطکاک در شرایط تراکم کم و تراکم زیاد مورد بررسی قرار دادند. نتیجه آزمایش‌ها نشان داده است که ساقه‌های گیاه که جریان از میان آنها عبور می‌کند بیشترین نیروی کششی را تحمل کرده و توربولانس بیشتری تولید می‌کند. هم‌چنین با افزایش تراکم ضریب زبری افزایش می‌یابد.

مطالعات کوون و فتحی مقدم (۹) نشان داد که اضافه شدن سرعت آب از ۰/۱ به ۱ متر برثانیه باعث کاهش ضریب زبری دارسی ویسباخ تا حد یک چهارم درصد می‌شود. این کاهش زبری ناشی از قابلیت ارتجاع پوشش گیاهی و همسو شدن پوشش گیاهی با جریان آب است.

فتحی مقدم و کوون (۴) نشان دادند که در فلوم‌هایی که نهال، قلمه، شاخ و برگ نوعی درخت از خانواده کاج قرار دارد، ضریب زبری دامنه زیادی بواسطه تغیرات سرعت جریان در اثر خمیدگی گیاه و در نتیجه افزایش فضای غوطه‌وری و افزایش اندازه حرکت داشته است.

فری من و همکاران (۷) برای به دست آوردن زبری هیدرولیکی ناشی از بوته‌ها و گیاهان خشبی، عوامل تراکم، قطر ساقه و عرض قسمت برگدار را وارد محاسبات کردند و نشان دادند که ضریب سختی (عدم انعطاف پذیری) را می‌توان با استفاده از قطر ساقه ($D_S$) و ارتفاع گیاه ($h_P$) در قالب یک رابطه غیر خطی با دقت خوبی برآورد نمود.

جارولا(۸) مقاومت جریان ناشی از ترکیب‌های مختلف پوشش‌های طبیعی علف و بوته زنبق و درخت بید را در شرایط مستغرق و غیر مستغرق در کانال آزمایشگاهی مطالعه کرده است. نتایج به دست آمده، اختلاف زیادی را در مقدار ضریب اصطکاک با تغییر عمق، سرعت، عدد رینولدز و تراکم پوشش گیاهی نشان دادند. برگ‌های روی درخت بید ضریب اصطکاک را دو یا سه برابر در مقایسه با حالت بی‌برگی، افزایش می‌دهد.



[ Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26 ]

[ DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.46.10.4 ]

برای درخت بید بی برگ ضریب اصطکاک تقریباً به صورت خطی با عمق و مستقل از سرعت افزایش می‌یابد. به طور غیر منتظره آرایش‌های مختلف تعداد یکسانی از درختان بید بی‌برگ همراه با علف تأثیر مهمی روی ضریب اصطکاک ندارد. در کل آزمایش‌ها، ضریب اصطکاک با افزایش عدد رینولدز افزایش پیدا می‌کرد. به جز در حالت بید بی برگ که کمتر تابع عدد رینولدز است و بیشتر تابع ارتفاع درخت می‌باشد. ماکزیمم مقدار ضریب اصطکاکی زمانی به دست می‌آید که $R_e$ یا سرعت پایین باشد. با افزایش زبری نسبی $k/h$ ( $k$ ارتفاع گیاه و $h$ عمق جریان)، ضریب اصطکاک در هر دو سری افزایش می‌یابد.

در بررسی‌های آزمایشگاهی که ویلسون و همکاران(۱۱) روی دو نوع گیاه شبیه‌سازی شده در شرایط مستغرق انجام دادند، دریافتند که در قسمت لایه مرزی داخلی گیاه (۲۰٪ نزدیک بستر) پروفیل عمودی سرعت از توزیع لگاریتمی سرعت پیروی نمی‌کند و سرعت متوسط جریان برای میله همراه با شاخ و برگ از نصف سرعت متوسط برای میله کمتر می‌باشد.

فتحی مقدم (۵) طی بررسی که روی اثر شیب زمین، عمق و سرعت جریان انجام داد نتیجه گرفت، افزایش سرعت جریان که ناشی از افزایش شیب زمین باشد باعث به حداقل رسیدن فاکتور اصطکاک می‌گردد. هم‌چنین در اثر وجود پوشش گیاهی در مسیر شیب زمین، عمق جریان افزایش و ضریب اصطکاک نیز افزایش خواهد یافت.

فتحی مقدم (۶) با انجام آزمایش روی چهار گونه از درختان کاج و بررسی فرکانس رزنانس درختان به منظور تخمین ضریب اصطکاک(f) یک مدل ریاضی ارائه داد که توانایی تخمین فاکتور اصطکاک با در نظر گرفتن پارامترهایی نظیر دانسیته برگ، شکل و ضریب مقاومت گونه‌های مختلف درخت را دارد.

با وجود این‌که تحقیقاتی در خصوص ضریب زبری گیاهان صورت گرفته ولی تاکنون تحقیقی در خصوص بررسی اثر زبری گیاهان گز رودخانه‌ای در حاشیه رودخانه کارون بر خصوصیات جریان آب صورت نگرفته است. گیاه گز رودخانه‌ای از جمله گیاهان موجود در حاشیه رودخانه کارون هستند که اندام بیرونی آنها به دلیل زبری باعث کاهش سرعت جریان و جلوگیری از فرسایش کناره ای در زمان سیلابی می‌گردد. برای این منظور جهت بررسی تغییرات خصوصیات جریان مانند سرعت، عمق، عمق استغراق و حاصل‌ضرب سرعت در شعاع هیدرولیکی بر ضرایب زبری آزمایش‌های متعددی روی مدل فیزیکی با مقیاس ۱:۱ انجام شد. کلیه آزمایش‌ها در یک فلوم شیشه‌ای با شیب ثابت انجام شد.

## مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر مقاومت جریان گیاهان موجود در سواحل و دشت‌های سیلابی بر خصوصیات جریان مانند سرعت، عمق، عمق استغراق، عدد رینولدز و حاصل‌ضرب سرعت در شعاع هیدرولیکی، آزمایش‌هایی روی یک فلوم شیشه‌ای به طول۱۲/۶ متر، عرض ۰/۵ متر و ارتفاع ۰/۶ متر با شیب متغیر انجام شد.

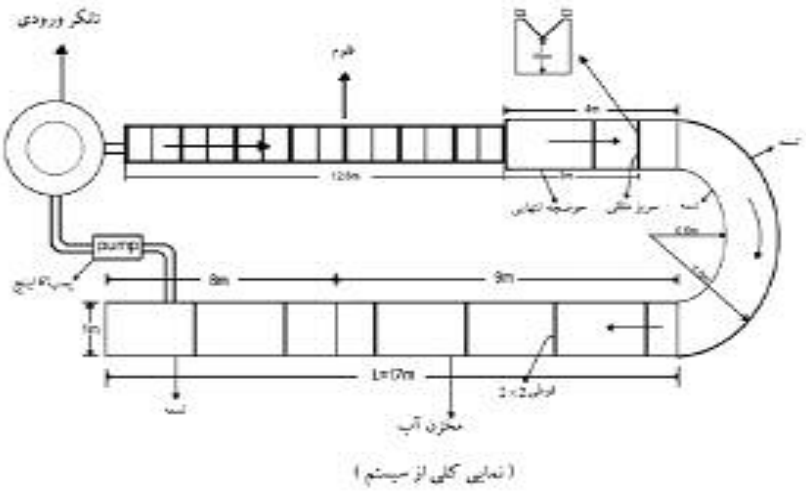
گیاهان مورد آزمایش در این تحقیق گز رودخانه‌ای بوده که در مسیر جریان در فلوم آزمایشگاهی قرار داده شدند. در فاصله ۶ متری در بالادست گیاه جهت آرام کردن جریان از پوشال استفاده گردید.. جهت کنترل عمق جریان در فلوم، دریچه‌ای در پایین دست نصب گردید. دبی جریان توسط شیر فلکه در ورودی فلوم تغییر یافت. جریان آب توسط پمپ ۶ اینچی وارد تانک هوایی به ارتفاع ۴ متری شده و سپس از طریق لوله ۶ اینچی که در میسر آن شیر فلکه قرار دارد وارد فلوم شده و پس از عبور از پوشال‌ها وارد بازه مورد آزمایش شده و سپس توسط دریچه در پایین دست فلوم کنترل گردید (شکل ۱).

روش برآورد مقاومت جریان گیاهان در این تحقیق، تعیین شیب افت انرژی (Energy lose slope) در طول بازه گیاهان بود. برای این منظور با اندازه‌گیری اختلاف سطح آب در بالادست و پایین دست بازه مورد نظر، مقدار افت انرژی $(H_f)$ به دست آمده سپس با تقسیم بر طول بازه (L) مقدار شیب افت



[ Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26 ]

[ DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.46.10.4 ]




**شکل ۱. شماتیک مدل فیزیکی(پلان)**

انرژی ($S_f$) به دست آمد ($S_f = H_f / L$).

با توجه به روش محاسبه مقاومت جریان گیاهان، جهت تعیین ضریب زبری گیاهان طبق معادله مانینگ ابتدا گیاهان گز رودخانه‌ای از حاشیه رودخانه کارون برداشت و ساقه‌های ۳۵ سانتی‌متری (H) از آن را بریده و در سوراخ‌های تعبیه شده در جعبه چوبی به طول ۲/۸ متر با آرایش طبیعی و تصادفی در بازه مورد نظر در فاصله ۹ متری از ابتدای فلوم قرار داده شد. تراکم طبیعی گیاهان در آزمایش‌ها براساس تراکم موجود در دشت‌های سیلابی انتخاب شده بود به نحوی که در صورتی‌که از بالا به بازه مورد نظر نگاه شود کف بستر تقریباً" قابل رویت نباشد. گیاهان در تمام طول آزمایش به صورت عمودی، غیرمستغرق ($y < ۰/۸H$) و جریان به صورت غیر یک‌نواخت و زیر بحرانی ($Fr < ۱$) بود. جهت استفاده از متوسط سرعت جریان در معادله مانینگ از سرعت متوسط جریان در بالادست گیاهان(جلوی گیاهان) در ۶ نقطه با توجه به تغییرات عمق استفاده شد (شکل ۲).

کلیه آزمایش‌ها در عمق ۱۳، ۱۶، ۱۹، ۲۳، ۲۵ و ۲۷ سانتی متری (y) با دبی‌های ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ لیتر بر ثانیه (Q) انجام شده بود. اختلاف سطح آب در بالادست و پایین دست بازه ($S_f$) توسط عمق‌سنج با دقت ۰/۱ میلی‌متر و سرعت جریان در قسمت‌های مختلف (V) توسط میکرومولینه با دقت ۰/۱ تا ۳ متر بر ثانیه اندازه‌گیری و سپس متوسط سرعت در جلوی گیاه ($\overline{V}$) به دست آمد. هم‌چنین دبی جریان توسط سرریز مثلثی در حوضچه آرامش در پایین دست فلوم با توجه به معادله به دست آمده اندازه‌گیری شد.

یکی از پارامترهای مهم در این تحقیق اندازه‌گیری مساحت جانبی گیاه در مقابل جریان در عمق‌های مختلف بود. برای اندازه‌گیری سطح جذب کننده انرژی نمونه‌های گیاهی مورد آزمایش، با تمام شاخ و برگ‌ها در یک ردیف روی یک صفحه سفید پخش گردید. به وسیله دوربین عکاسی دیجیتالی از بالا به طور کاملا" عمود بر جهت صفحه عکس‌برداری و با استفاده از نرم افزار در عمق‌های مختلف با شمارش تعداد پیکسل‌های سیاه، سطح جذب شده انرژی برای اعماق مختلف اندازه‌گیری شد. در صورتی‌که در هر عمق تعداد پیکسل‌های سیاه (a) را بر کل پیکسل‌ها (A) تقسیم شود، سطح استغراق ($a / A$) به عنوان یک پارامتر تعیین کننده سطح جذب شده انرژی می‌توان به دست آورد.

جهت محاسبه دقیق ضریب زبری مانینگ گیاهان گز ($n_{Veg}$)، بعد از اندازه‌گیری و محاسبه ضریب زبری کل ($n_{Vb}$)، مقادیر به دست آمده را از ضریب زبری بستر ($n_b = ۰/۰۱$) با جنس چوب کسر شدند. ضریب زبری مانینگ با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد:



[ Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26 ]

[ DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.46.10.4 ]





**شکل۲. قرارگیری گیاه گز رودخانه‌ای در فلوم آزمایشگاهی با آرایش و تراکم طبیعی**

$$n_{Vb} = \frac{1}{\overline{V}} R^{2/3} S_f^{1/2} \qquad [1]$$

$n$ = ضریب زبری مانینگ

$\overline{V}$ = سرعت متوسط اندازه‌گیری شده در جلوی گیاهان

$R$ = شعاع هیدرولیکی

$S_f$ = شیب خط انرژی در بالادست و پایین دست گیاهان

سپس جهت بررسی ضریب زبری دارسی- ویسباخ کلیه ضرایب مانینگ با استفاده از معادله (۲) به ضریب دارسی- ویسباخ تبدیل شد:

$$f_{Veg} = 8g\left(\frac{n_{Veg}}{R^{1/6}}\right)^2 \qquad (2)$$

محدوده متغیرهای اندازه‌گیری شده در این تحقیق عبارت‌اند از:

الف. عمق جریان ($y = 13-27cm$)

ب. سرعت جریان ($\overline{V} = 0/18-0/78 m/s$)

ج. شدت جریان ($Q = 20-50 lit/s$)

د. عدد رینولدز ($Re = 21354-66300$)

هـ. عدد فرود ($Fr = 0/12-0/69$)

و. شیب خط انرژی ($S_f = 0/0032-0/025$)

## نتایج و بحث

پس از انجام آزمایش‌ها روی مدل فیزیکی و گیاهان، نتایج حاصل به صورت نمودار نشان داده شد. تعداد کل آزمایش‌ها در این تحقیق با توجه به محدودیت‌های موجود در مدل فیزیکی ۲۲ عدد بود. با توجه به مشاهدات عینی (جدول۱) و بررسی نمودارهای به دست آمده می‌توان نتایج زیر را استنتاج نمود:

### ۱- سرعت جریان

جهت بررسی تغییرات زبری با سرعت جریان در گیاه گز رودخانه‌ای روند تغییرات سرعت جریان را در مقابل ضرایب زبری در اعماق مختلف ترسیم گردید. شکل ۳ نشان می‌دهد با افزایش سرعت جریان در اعماق مختلف، ضریب زبری مانینگ ($n_{veg}$) به طور غیر خطی کاهش می‌یابد. به عبارت دیگر افزایش سرعت جریان در گیاهان باعث همسو شدن گیاهان در مسیر جریان شده و در نتیجه باعث کاهش زبری در گیاهان می‌گردد.

### ۲- عمق جریان

جهت بررسی تغییرات زبری با عمق جریان در گیاه گز رودخانه‌ای روند تغییرات عمق جریان را در مقابل ضرایب زبری در سرعت‌های مختلف ترسیم گردید. شکل ۴ نشان می‌دهد با افزایش عمق جریان در سرعت‌های مختلف، ضریب زبری مانینگ ($n_{veg}$) به طور غیر خطی افزایش می‌یابد. با توجه به نمودارهای به دست آمده می‌توان نتیجه گرفت که برای دبی یکسان، افزایش عمق جریان در گیاهان باعث می‌گردد تا گیاه در مقابل جریان آب به طور ایستاده قرار گرفته و سطح تماس

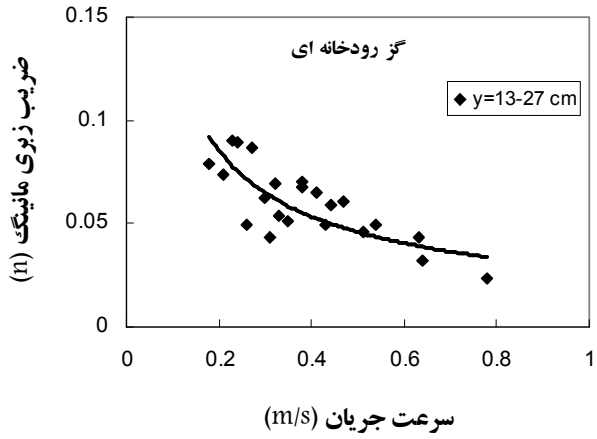


[ Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26 ]

[ DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.46.10.4 ]

**جدول ۱. نتایج حاصل از آزمایش‌ها روی گیاه گز رودخانه‌ای**

| Test No. | y (m) | Q $(m^3/s)$ | $\overline{V}$ (m/s) در جلوی گیاه | Fr $=\frac{V}{\sqrt{gy}}$ | R (m) | Re $=\frac{VR}{\upsilon}$ | $S_f$ | $n_{Veg}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | ۰/۱۳ | ۰/۰۲ | ۰/۲۸۰ | ۰/۲۸ | ۰/۰۸۵ | ۲۶۳۵۰ | ۰/۰۰۶۸ | ۰/۰۴۵ |
| ۲ | ۰/۱۶ | ۰/۰۲ | ۰/۲۴۳ | ۰/۲۱ | ۰/۰۹۷ | ۲۵۱۶۵ | ۰/۰۰۴۶ | ۰/۰۴۹ |
| ۳ | ۰/۱۹ | ۰/۰۲ | ۰/۱۸۰ | ۰/۱۵ | ۰/۱۱۰ | ۲۳۱۰۰ | ۰/۰۰۴۳ | ۰/۰۷۴ |
| ۴ | ۰/۲۳ | ۰/۰۲ | ۰/۱۵۳ | ۰/۱۲ | ۰/۱۱۹ | ۲۱۳۵۴ | ۰/۰۰۳۲ | ۰/۰۷۹ |
| ۵ | ۰/۱۳ | ۰/۰۳ | ۰/۴۳۰ | ۰/۴۲ | ۰/۰۸۵ | ۳۹۹۵۰ | ۰/۰۲۵۰ | ۰/۰۶۱ |
| ۶ | ۰/۱۶ | ۰/۰۳ | ۰/۳۴۰ | ۰/۳۰ | ۰/۰۹۷ | ۳۶۸۶۰ | ۰/۰۱۷۵ | ۰/۰۶۸ |
| ۷ | ۰/۱۹ | ۰/۰۳ | ۰/۲۹۰ | ۰/۲۳ | ۰/۱۱۰ | ۳۵۲۰۰ | ۰/۰۱۰۰ | ۰/۰۶۹ |
| ۸ | ۰/۲۳ | ۰/۰۳ | ۰/۲۴۰ | ۰/۱۸ | ۰/۱۱۹ | ۳۲۰۲۱ | ۰/۰۰۹۲ | ۰/۰۸۷ |
| ۹ | ۰/۲۵ | ۰/۰۳ | ۰/۲۲۰ | ۰/۱۵ | ۰/۱۲۴ | ۲۹۶۹۷ | ۰/۰۰۷۶ | ۰/۰۸۹ |
| ۱۰ | ۰/۲۷ | ۰/۰۳ | ۰/۲۰۰ | ۰/۱۴ | ۰/۱۲۸ | ۲۹۵۴۳ | ۰/۰۰۶۲ | ۰/۰۹۰ |
| ۱۱ | ۰/۱۳ | ۰/۰۴ | ۰/۵۳۰ | ۰/۵۶ | ۰/۰۸۵ | ۵۳۵۵۰ | ۰/۰۲۱۰ | ۰/۰۴۳ |
| ۱۲ | ۰/۱۶ | ۰/۰۴ | ۰/۴۸۰ | ۰/۴۱ | ۰/۰۹۷ | ۴۹۴۷۰ | ۰/۰۱۶۰ | ۰/۰۴۶ |
| ۱۳ | ۰/۱۹ | ۰/۰۴ | ۰/۳۶۰ | ۰/۳۱ | ۰/۱۱۰ | ۴۷۳۰۰ | ۰/۰۰۸۰ | ۰/۰۴۹ |
| ۱۴ | ۰/۲۳ | ۰/۰۴ | ۰/۲۹۰ | ۰/۲۳ | ۰/۱۱۹ | ۴۱۵۲۱ | ۰/۰۰۵۳ | ۰/۰۵۱ |
| ۱۵ | ۰/۲۵ | ۰/۰۴ | ۰/۲۷۰ | ۰/۲۱ | ۰/۱۲۴ | ۴۰۸۳۳ | ۰/۰۰۴۹ | ۰/۰۵۴ |
| ۱۶ | ۰/۲۷ | ۰/۰۴ | ۰/۲۳۰ | ۰/۱۸ | ۰/۱۲۸ | ۳۸۵۳۴ | ۰/۰۰۴۲ | ۰/۰۶۲ |
| ۱۷ | ۰/۱۳ | ۰/۰۵ | ۰/۷۱۰ | ۰/۶۹ | ۰/۰۸۵ | ۶۶۳۰۰ | ۰/۰۱۴۲ | ۰/۰۲۳ |
| ۱۸ | ۰/۱۶ | ۰/۰۵ | ۰/۵۶۰ | ۰/۵۱ | ۰/۰۹۷ | ۶۲۰۸۰ | ۰/۰۱۲۵ | ۰/۰۳۲ |
| ۱۹ | ۰/۱۹ | ۰/۰۵ | ۰/۴۳۰ | ۰/۴۰ | ۰/۱۱۰ | ۵۹۴۰۰ | ۰/۰۱۱۷ | ۰/۰۴۹ |
| ۲۰ | ۰/۲۳ | ۰/۰۵ | ۰/۳۷۳ | ۰/۲۹ | ۰/۱۱۹ | ۵۲۱۹۸ | ۰/۰۱۱۴ | ۰/۰۵۹ |
| ۲۱ | ۰/۲۵ | ۰/۰۵ | ۰/۳۳۰ | ۰/۲۶ | ۰/۱۲۴ | ۵۰۷۳۲ | ۰/۰۱۰۰ | ۰/۰۶۵ |
| ۲۲ | ۰/۲۷ | ۰/۰۵ | ۰/۳۱۰ | ۰/۲۳ | ۰/۱۲۸ | ۴۸۸۱۰ | ۰/۰۰۹۵ | ۰/۰۷۰ |

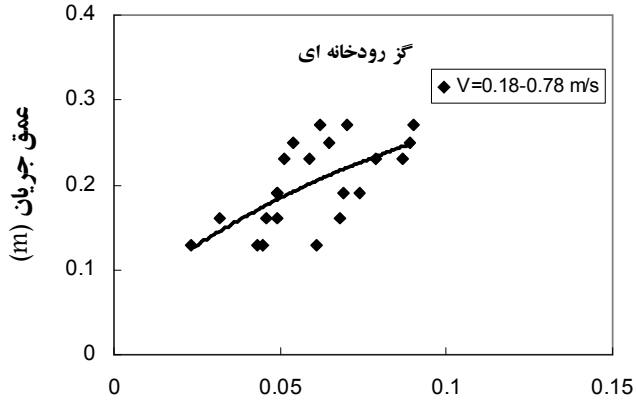



**شکل۳. تغییرات سرعت جریان با ضریب زبری مانینگ (n)**

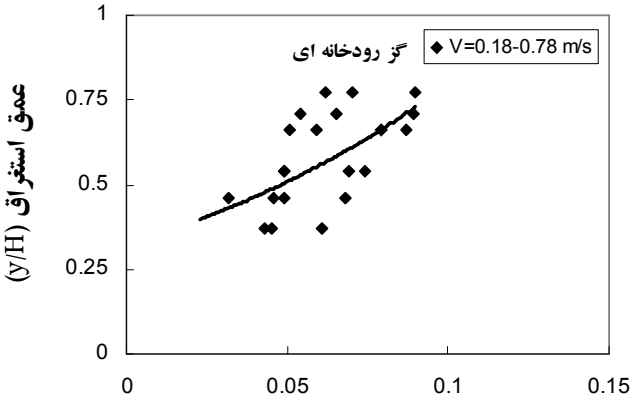


[ Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26 ]

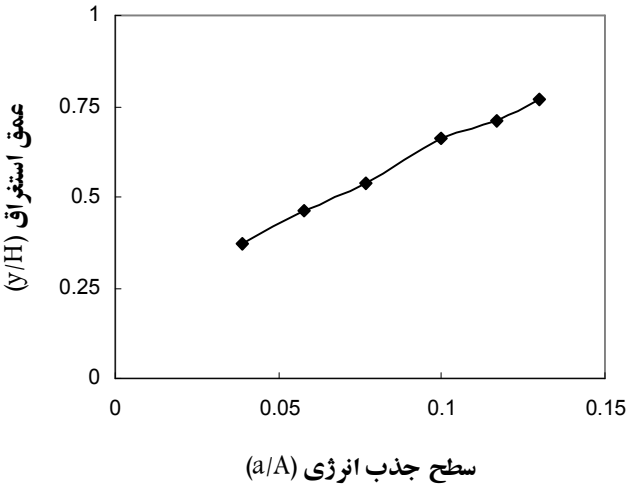
[ DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.46.10.4 ]




**شکل۴. تغییرات عمق جریان با ضریب زبری مانینگ(n)**




**شکل۵. تغییرات عمق استغراق با ضریب زبری مانینگ(n)**

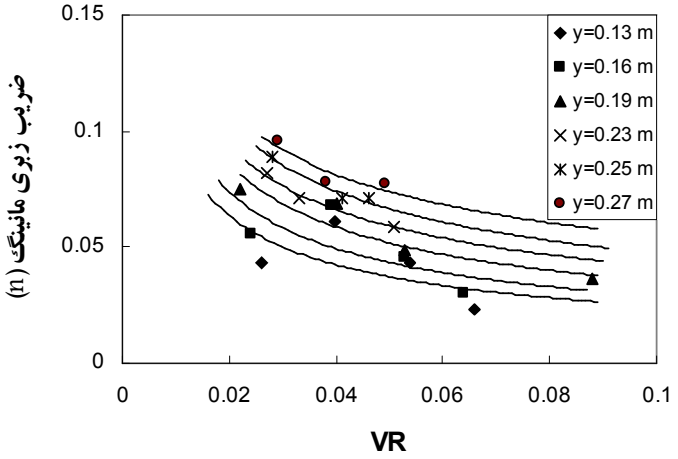



**شکل۶. تغییرات عمق استغراق (y/H) با سطح استغراق (a/A)**



[ Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26 ]

[ DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.46.10.4 ]




**شکل۷. تغییرات VR با ضریب زبری مانینگ(n)**

گیاه با جریان بیشتر شده و مقدار انرژی جذب شده توسط گیاهان بیشتر می‌گردد که نتیجه آن افزایش زبری گیاهان است.

### ۳. عمق استغراق

جهت بررسی تغییرات زبری با عمق استغراق $(y/H)$ در گیاه گز رودخانه‌ای روند تغییرات عمق استغراق را در مقابل ضرایب زبری در سرعت‌های مختلف ترسیم گردید. شکل ۵ نشان می‌دهد با افزایش عمق استغراق در سرعت‌های مختلف، ضریب زبری مانینگ $(n_{veg})$ به طور غیر خطی افزایش می‌یابد. با توجه به نمودارهای به دست آمده می‌توان نتیجه گرفت که افزایش عمق استغراق در گیاهان باعث می‌گردد تا سطح تماس گیاه با جریان بیشتر شده و مقدار انرژی جذب شده توسط گیاهان بیشتر شود که نتیجه آن افزایش زبری گیاهان است. جهت بررسی اثر سطح تماس گیاه با جریان، عمق استغراق در مقابل سطح جذب انرژی $(a/A)$ در شکل ۶ نشان داده شده است. با توجه به می‌توان نتیجه گرفت با افزایش عمق استغراق، سطح استغراق و یا به عبارت دیگر مقدار انرژی جذب شده در سرعت‌های مختلف افزایش می‌یابد.

### ۵- حاصل‌ضرب سرعت در شعاع هیدرولیکی (VR)

جهت بررسی تغییرات زبری با حاصل‌ضرب سرعت در شعاع هیدرولیکی (VR) در گیاه گز رودخانه‌ای، روند تغییرات VR را در مقابل ضرایب زبری در عمق‌های مختلف ترسیم گردید. شکل ۷ نشان می‌دهد با افزایش VR در عمق‌های مختلف، ضریب زبری مانینگ $(n_{veg})$ به طور غیر خطی کاهش می‌یابد. با توجه به نمودارهای به دست آمده می‌توان نتیجه گرفت که کاهش ضریب زبری مانینگ به دلیل همسو شدن گیاهان در مسیر جریان با اضافه شدن سرعت و شعاع هیدرولیکی است.

## نتیجه‌گیری

نتایج کلی این تحقیق نشان می‌دهد که:

۱. اندام بیرونی گیاه گز به دلیل زبری، تأثیر زیادی بر کاهش سرعت دارد.

۲. گیاه گز پوشش مناسبی جهت حفاظت از سواحل و جلوگیری از فرسایش کناره‌ای است.

۳. ضرایب زبری گیاهان تابعی از شرایط جریان نظیر سرعت، عمق و شعاع هیدرولیکی و هم‌چنین تابعی از نوع و پوشش گیاهی است.

۴. در پوشش گیاهی غیر مستغرق ضریب زبری مانینگ $(n_{veg})$ با افزایش سرعت جریان به طور غیر خطی کاهش می‌یابند.

۵. در پوشش گیاهی غیر مستغرق ضریب زبری مانینگ $(n_{veg})$ با افزایش عمق جریان و عمق استغراق به طور غیر خطی



[ Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26 ]

[ DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.46.10.4 ]

افزایش می‌یابند.

۶. رابطه بین VR و ضریب زبری مانینگ گیاهان (n – VR) به طور غیر خطی است و با افزایش حاصل‌ضرب سرعت متوسط جریان و شعاع هیدرولیکی، ضریب زبری مانینگ گیاهان کاهش می‌یابد.

## منابع مورد استفاده


1. Chiew,Y. and E. Tan. 1992. Friction resistance of overland flow on tropical turfed slop. ASCE J. Hydraul. Eng. 118(1):92-97.
2. Cook, H. L. 1938. Spartanburg hydraulic laboratory. Civil Eng. 8:653-655.
3. Cook, H. L. and F. B. Campbell. 1939. Characteristics of some meadow strip vegetation. Agric. Eng. 20: 345-348.
4. Fathi-Maghadam, M. and N. Kouwen. 1997. Nonrigid, nonsubmerged vegetative roughness on floodplains. J. Hydraul. Eng. 123(1): 51–57.
5. Fathi-Moghadam, M. 2006. Effects of land slope and flow depth retarding flow in non-submerge vegetated Land. J. Agron. 5(3): 536-540.
6. Fathi-Mghadam. M. 2007. Physical propertis of tall vegetation for resistance to flow. J. Agro. 2007, 58-63.
7. Freeman, G.E., W. Rahmayer and D.L. Derrick. 1998. Manning n values for floodplain with shrub and woody vegetation. *In*: http://www.r2d-eng.com/download/USCID.
8. Jarvela, J. 2002. Flow resistance of flexible and stiff vegetation: a flume study with natural plants. J. Hydrol. 269(1–2): 44–54.
9. Kouwen, N. and M. Fathi-Moghadam. 1996. Friction factor for coniferous trees along rivers. J. Hydraul. Eng. 126(10):732-740.
10. Li, R.-M. and H. W. Shen. 1973. Effect of tall vegetations on flow and sediment. J. The Hydraul. Div. ASCE 99(5): 739-814.
11. Wilson, C.A.M., T. Stoesser, D. Bates and A.B. Pinzen. 2003. Open channels flow through different forms of submerged flexible vegetation. J. Hydrol. Eng. ASCE. 129(11):847-853.


[ Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26 ]

[ DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.46.10.4 ]