

## " مقاله پژوهشی "

# برآورد ضریب زبری مانینگ به روش حل معکوس با استفاده از داده‌های مشاهداتی (مطالعه موردی: رودخانه سانج-یزد)

مهتاب علیمرادی<sup>۱</sup>، محمدرضا اختصاصی<sup>۲</sup> و آرش ملکیان<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و کویر شناسی، دانشگاه یزد  
۲- استاد، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و کویر شناسی، دانشگاه یزد، (نویسنده مسوول: Mr\_Ekhtesasi@yazd.ac.ir)  
۳- استاد استاد، گروه احیای مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران  
تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۷/۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۱۶ صفحه: تا

### چکیده مسوط

**مقدمه و هدف:** ضریب زبری هیدرولیکی رودخانه‌ها یکی از عوامل مورد نیاز در مطالعات مهندسی رودخانه می‌باشد. معمولاً در مدل‌های هیدرولیکی ضریب زبری بیشترین حساسیت را نسبت به سایر پارامترها نشان می‌دهد. تخمین صحیح ضریب زبری می‌تواند به بررسی دقیق‌تر هیدرولیک جریان و شرایط رودخانه کمک کند. با وجود تلاش‌های بسیار، عدم توانایی تخمین دقیق ضریب زبری و استفاده از مقدار ثابت مانینگ ( $n$ )، عامل اصلی خطا در شبیه‌سازی سیل و محاسبه عمق جریان است. معمولاً ضریب زبری جریان ثابت نیست و با تغییرات عمق آب به صورت پویا تغییر می‌کند. بهترین روش برای تعیین ضریب زبری، اندازه‌گیری دبی و محاسبه  $n$  مانینگ از طریق حل معکوس معادله مانینگ می‌باشد. هدف اصلی مطالعه حاضر تعیین دقیق‌تر ضریب زبری رودخانه سانج در محل بالادست ایستگاه هیدرومتری فیض‌آباد در استان یزد می‌باشد.

**مواد و روش‌ها:** منطقه مورد مطالعه حوزه آبخیز سانج با مساحت ۹۰۱۴۹ کیلومترمربع، در شهرستان تفت در استان یزد قرار دارد. برای دستیابی به اهداف تحقیق از مطالعات میدانی و داده‌های دبی-اشل ایستگاه هیدرومتری فیض‌آباد استفاده گردید؛ بنابراین از طریق حل معکوس روابط مربوطه و تعیین سایر پارامترهای هیدرولیکی از قبیل سرعت، شیب، شعاع هیدرولیکی، مقدار ضریب زبری مانینگ برآورد شد. اندازه‌گیری شیب با دستگاه شیب‌سنج و همچنین تراز یاب انجام شد.

**یافته‌ها:** بررسی‌ها نشان داد، کمترین ضریب زبری معادل ۰.۳۴۰، مربوط به دبی ۱۸۰ مترمکعب در ثانیه و بیشترین مقدار آن مربوط به دبی ۰.۸۳۲ مترمکعب در ثانیه معادل ۰/۱۱۹ می‌باشد. با کاهش دبی ضریب زبری افزایش می‌یابد. تابع تغییرات ضریب زبری نسبت به دبی با  $R^2$  معادل ۰/۸۰ بیانگر رابطه معکوس و معنی‌دار دبی و ضریب زبری و تابع شعاع هیدرولیکی و دبی با مقدار  $R^2$  معادل ۰/۹۴۴ بیانگر رابطه معنی‌دار و مستقیم دبی و شعاع هیدرولیکی است. همچنین ضریب زبری با شعاع هیدرولیکی دارای رابطه معکوس در سطح پایین‌تر معنی‌داری است. هر سیل با رسوب‌گذاری متفاوت، زبری متفاوتی ایجاد می‌کند؛ بنابراین ضریب زبری مانینگ بسته به تغییرات قطر ذرات متفاوت خواهد بود. معمولاً رودخانه‌های مناطق خشک که به صورت موقتی هستند، در شاخه نزولی هیدروگراف، قطعات درشت‌تر در بستر باقی‌مانده و در برآورد ضریب زبری مانینگ خطا ایجاد می‌کند. در دبی‌های که عمق جریان پایین‌تر از  $D_{90}$  باشد، ضریب زبری مانینگ به بیشترین مقدار خود می‌رسد و در دبی‌هایی با عمق بیشتر از  $D_{90}$  به دلیل شرایط خاص هیدرودینامیکی، کمترین مقدار ضریب زبری مانینگ مشاهده شد. به عبارتی در دبی‌های بالا ارتباط ضریب زبری بر کل جریان کاهش یافته و با افزایش عمق جریان مقدار  $n$  کاهش می‌یابد.

**نتیجه‌گیری:** نتایج نشان داد ضریب زبری در محدوده مطالعاتی از ۰/۰۳۴ تا ۰/۱۱۹ تغییر می‌کند و با دبی رابطه معکوس و معنادار با  $R^2$  ۰/۸ دارد. همچنین ضریب زبری با شعاع هیدرولیکی رابطه معکوس با  $R^2$  معادل ۰/۵۹ دارد. ضریب زبری ثابت نیست و در رخدادهای مختلف تغییر می‌کند. نتایج نشان داد، دبی‌هایی که عمق آن کمتر از  $D_{90}$  باشد ضریب زبری مانینگ به بیشترین مقدار خود معادل ۰/۱۱ می‌رسد و در دبی‌هایی با عمق بیش از  $D_{90}$  که ارتفاع سیل از ۵۰ سانتی‌متر بالاتر است کمترین مقدار ضریب زبری مانینگ را داریم، چنانچه در دبی ۱۱۵ مترمکعب در ثانیه مقدار ضریب زبری  $n$  تا مرز ۰/۰۳۴ کاهش پیدا می‌کند. در هنگام اوج جریان درک ضریب زبری هیدرودینامیکی مشکل بوده و می‌تواند بیش برآوردی یا کم‌برآوردی ضریب زبری را در پی داشته باشد؛ بنابراین بهتر است این مورد جهت دستیابی به مقادیر دقیق‌تر ضریب زبری در مطالعات مهندسی رودخانه در نظر گرفته شود.

**واژه‌های کلیدی:** دبی-اشل، شعاع هیدرولیکی، ضریب زبری مانینگ، فیض‌آباد،  $D_{90}$

### مقدمه

ضریب زبری هیدرولیکی رودخانه به درجه‌ی مقاومت در مقابل جریان گفته شده که بعد و واحد آن به نوع رابطه جریان بستگی دارد (Islamic Republic of Iran Management and Planning Organization, 2016). در هیدرولیک رودخانه‌ها به دلیل شرایط متنوع و پیچیده رودخانه‌ها، ضریب زبری متغیر بوده و متأثر از عوامل مختلفی می‌باشد. ضریب زبری یک پارامتر اصلی شناخته شده برای شبیه‌سازی واقع‌بینانه‌ی جریان در کانال باز است. با توجه به نامنظمی و متفاوت بودن رودخانه‌ها، زبری نسبی نیز متغیر بوده و در رودخانه‌های کوهستانی بزرگ‌تر است، بنابراین نمی‌توان یک فرمول مقاومت جریان را به‌طور مستقیم و بدون آگاهی از نحوه تغییر ضریب مقاومت در شرایط مختلف به کاربرد (Abbasi and Maleknejad Yazdi, 2012; Rostami and Kazemi, 2017; Rice et al., 1998; Kim et al., 2010; Ballesteros et al., 2011; Imanshoar and Taher-Shamsi, 2007). تحلیل جریان ناپایدار در

ضریب زبری مانینگ<sup>۱</sup> یکی از مهم‌ترین گزاره‌ها در ایجاد طرح، طراحی، بهره‌برداری و نگهداری از پروژه‌های منابع آب در مطالعات مهندسی رودخانه است. مقدار این عامل تأثیر قابل توجهی در تجزیه و تحلیل سطح آب و توزیع سرعت جریان دارد. در محاسبات سیل، طراحی ساختار جریان رودخانه و ارزیابی ریسک و خطر سیل بسیار مهم بوده و با توجه به اهمیت این عوامل، مدت‌هاست که محاسبه ضریب زبری عینی و کمی مورد توجه محققان قرار گرفته است. ضریب زبری هیدرولیکی در شرایط متنوع و پیچیده رودخانه‌ها متأثر از عوامل مختلفی می‌باشد، بنابراین تحقیقات گسترده‌ای بر روی شرایط متنوع جریان در رودخانه‌ها صورت پذیرفته و طیف گسترده‌ای از روابط ارائه شده است (Gautam, 2021; Choo et al., 2018; Islamic Republic of Iran Management and Planning Organization, 2016).

مدل‌سازی ضریب زبری مانینگ در بازه‌ای از رودخانه کارده در بالادست سد کارده به مطالعه پرداختند. اندازه‌گیری‌های ضریب زبری از طریق تعیین سرعت جریان با مولینه و سایر مشخصات هیدرولیکی مقاطع انجام پذیرفت؛ عوامل تأثیرگذار ضریب زبری در منطقه مشخص گردید و یک مدل به‌صورت نهایی برای منطقه پیشنهاد شد. Hemmati and Mostafa, 2017

به‌منظور ارائه و توسعه روابط برای محاسبه ضرایب مقاومت جریان با در نظر گرفتن متغیرهایی به آزمایش درون یک فلوم با قابلیت شیب‌پذیری پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که ضریب زبری مانینگ رابطه مستقیم با شیب خط انرژی و رابطه عکس با مقدار استغراق نسبی و عدد فرود جریان دارد. این امر بیانگر تأثیر بیشتر ذرات تیزگوشه بر مقاومت جریان در رودخانه‌های کوهستانی می‌باشد. Zhu et al., 2020 با ارائه یک روش جدید برای برآورد ضریب زبری جریان آواری دریافتند، مقاومت جریان یک عامل کنترل اصلی در هیدرولیک جریان در رودخانه‌هاست. Nazarian and Majdzade Tabatabaei, 2015 اثر افزایش قطر دانه‌بندی بر زبری ذره و زبری فرم بستر در رودخانه‌های ماسه‌ای را با استفاده از منحنی دانه‌بندی و اطلاعات موجود از شرایط هندسی و توپوگرافیک رودخانه سیستم بررسی کرده و به برآورد ضریب زبری این رودخانه پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد با افزایش قطر دانه‌بندی، تمامی ضرایب زبری رودخانه افزایش می‌یابند همچنین در اثر افزایش قطر دانه‌بندی بستر رودخانه، ضریب زبری ذره نسبت به ضریب زبری ذره اصلی رودخانه بیشترین افزایش را دارد. Abbaspour and Taheri, 2020

Aghdam, 2020 برای محاسبه ضریب زبری معادل مانینگ و مقایسه با روابط مختلف تعیین ضریب زبری در مقاطع مرکب رابطه‌ای جدید ارائه کردند. نتایج آن‌ها بیان می‌کند، تغییر ضریب زبری مانینگ تأثیر زیادی در نتایج پیش‌بینی هیدرولیکی رودخانه‌ها و سرعت ارتفاع گستره آب حین وقوع سیلاب دارد. Gautam, 2021 سیستم آبیاری بیجاپور، منطقه کاسکی نپال به بررسی ضریب زبری پرداخت؛ تعیین ضریب زبری با استفاده از اندازه‌گیری سرعت، مقطع، شیب بستر و کاربرد معادله مانینگ انجام شد. نتایج وی نشان داد ضریب زبری بالا به‌طور قطعی میزان دبی جریان را کاهش می‌دهد. ضریب زبری ثابت نیست، با تغییرات عمق آب به‌صورت پویا تغییر می‌کند (Zhou et al., 2018). با توجه به عملکرد ضعیف تکنیک‌های برآورد ضریب زبری مانینگ، بهترین روش برای تعیین زبری به‌وضوح اندازه‌گیری دبی و محاسبه  $n$  مانینگ در تمام مکان‌های جریان است. باین‌حال، این رویکرد می‌تواند غیرعملی باشد، به‌ویژه که اغلب به تخمین زبری برای طیف وسیعی از حجم‌های جریان در مکان‌های مختلف نیاز است. جمع‌آوری داده‌های ناهمواری از این نوع نیز می‌تواند غیرممکن باشد، به‌ویژه زمانی که با محدودیت‌های زمان، تدارکات و غیره مواجه باشیم که همگی در موقعیت‌های کوهستانی رایج هستند (Marcus, 1992). مطالعات محدودی تغییرات مکانی و زمانی (دینامیکی) ضرایب زبری در حوزه‌ها را موردبررسی قرار داده‌اند (Zhou et al., 2018).

Kang, 1985 در مطالعه‌ای بر روی ضریب زبری جریان‌های دبریس در گالی Jiangjia در چین رابطه جدید برای ضریب

رودخانه‌های طبیعی بسیار پیچیده است. یکی از مهم‌ترین عواملی که باعث اشتباه در محاسبه عمق جریان و دبی می‌شود، عدم توانایی در تخمین دقیق مقادیر ضریب زبری ( $n$ ) برای مقاطع طولی رودخانه است. بیشتر روش‌های مرسوم برای کالیبراسیون  $n$  فقط یک مقدار متوسط برای مقطع طولی رودخانه ارائه می‌دهند که می‌تواند خطاهای مسیریابی سیل را به میزان قابل‌توجهی افزایش دهد (Attari et al., 2020). در رودخانه‌های آبرفتی ترسیم منحنی دانه‌بندی بستر و تخمین درست ضریب زبری از اهمیت اساسی در برآورد دقیق تر شرایط جریان برخوردار می‌باشد (Attari et al., 2020; Zarei et al., 2019; Bahrami Yarahmadi and Shafai Bejestan, 2011). مطالعات زیادی برای تخمین ضریب زبری بر اساس اندازه‌گیری‌های واقعی برای انواع مختلف جریان انجام‌شده است و معادلات تجربی را برای سطوح مختلف مواد بستر و عمق نسبی ارائه کرده‌اند. باوجود بسیاری از این تلاش‌ها، ضریب زبری هنگام استفاده از مدل واقعی یا طراحی واقعی، از مقادیر ثابت استفاده می‌کند. این مورد عامل اصلی خطا در شبیه‌سازی سیل و جریان ناپایدار است (Choo et al., 2018). ضریب زبری مانینگ در کانال‌های باز نقش مهمی در برآورد دبی دارد. هرچند که مقدار این ضریب به ازای عمق‌های مختلف جریان سیل ثابت نبوده و بسته به قدرت جریان و متوسط ارتفاع متغیر می‌باشد (Boyer, 1954). ضریب زبری مانینگ ( $n$ ) تقریباً کلیه عوامل مؤثر در مقاومت جریان را در خود دارد. از آن جمله می‌توان به جنس بستر ( $n_0$ )، نامنظمی سطح کانال ( $n_1$ )، چگونگی تغییرات سطح مقطع ( $n_2$ )، وجود موانع در مسیر کانال ( $n_3$ )، پوشش گیاهی ( $n_4$ ) و درجه ماریچی بودن مسیر ( $n_5$ ) اشاره کرد. مقدار ( $n$ ) با افزایش زبری بستر و بدنه، رشد پوشش گیاهی در آبراهه و نامنظمی سطح مقطع و مسیر آبراهه افزایش می‌یابد. (Imanshoar and Taher-Shamsi, 2007; Shafai Bejestan, 2008) بر همین اساس کاون<sup>1</sup> در سال ۱۹۵۶ با فرض اینکه یک کانال یکنواخت، صاف و مستقیم باشد، برای محاسبه ضریب زبری مانینگ رابطه زیر را پیشنهاد کرد (Chow, 1969):

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)n_5^{(1)}$$

برای محاسبه سرعت و دبی جریان در مجاری باز نظیر رودخانه‌ها روابط مختلفی برای ضریب زبری ارائه‌شده است. روابط ارائه‌شده برای سرعت و دبی جریان به پنج دسته قابل‌تقسیم است که عبارت‌اند از: شزی<sup>۲</sup>، داریسی ویسباخ<sup>۳</sup>، مانینگ<sup>۴</sup>، سرعت بی‌بده<sup>۵</sup> و همبستگی بین بده جریان و عوامل هیدرولیکی<sup>۶</sup>.

رابطه مانینگ یکی از رایج‌ترین روش‌های مورد استفاده برای مطالعه جریان در کانال‌های طبیعی است (Simons and Senturk, 1977) که به دلیل انتشار جدول‌های مختلف کیفی و کمی و متون تصویری امکان تخمین ضریب مانینگ را سهل‌تر از سایر روش‌ها نموده است و در بسیاری از کشورها کاربرد وسیعی در محاسبات هیدرولیک رودخانه پیدا کرده است (Acement and Schneider, 1985; Chow, 1981; Habibi, 2004). اکثر مدل‌های هیدرولوژی موجود از فرمول مانینگ برای محاسبه سرعت جریان استفاده می‌کنند (Mahmoudi et al., 2006). (Falahatgar et al., 2010)

1- Cowan

2- Chezy

5- Dimensionless Velocity Coefficient

3- Darcy & Weisback

6- Flow Resistance

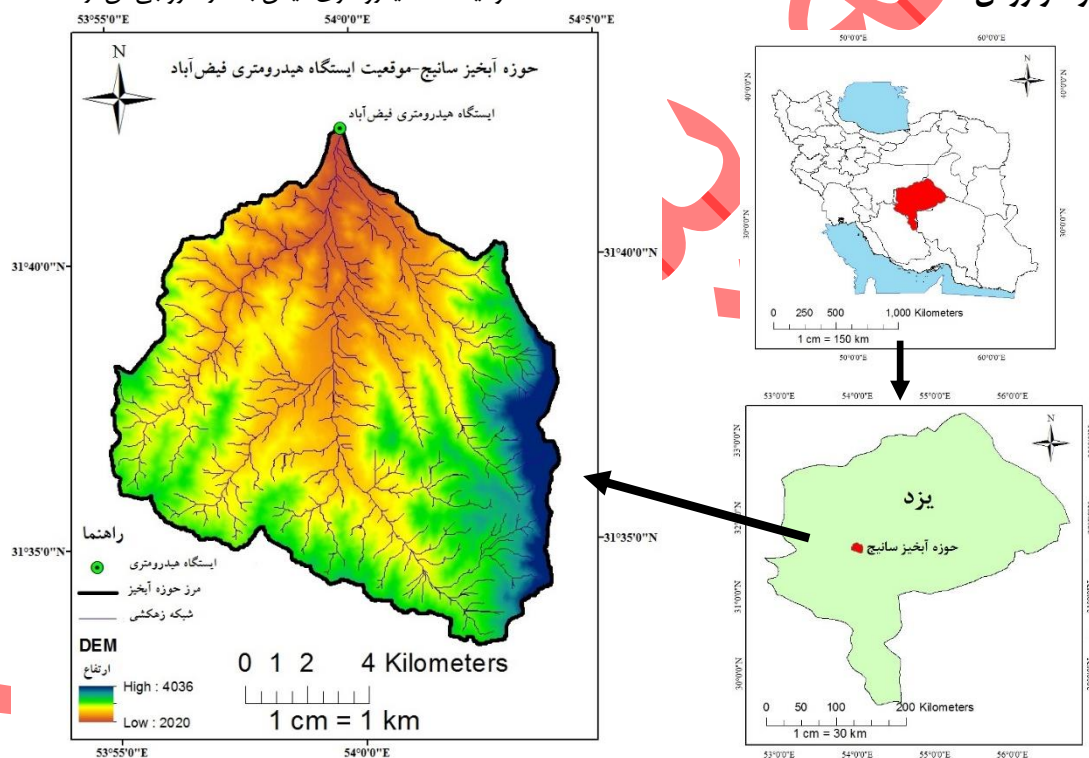
### منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در تحقیق حاضر، حوزه آبخیز سانج در ۳۰ کیلومتری شهر یزد در شهرستان تفت، استان یزد قرار دارد. این حوزه ۱۵۳.۱۷۳ کیلومترمربع مساحت دارد. در این تحقیق از ایستگاه هیدرومتری فیض آباد در خروجی حوزه آبخیز سانج جهت جمع‌آوری داده‌های دبی سیلاب مورد نیاز برای اهداف تحقیق استفاده شد.

به منظور تهیه محدوده حوزه و بررسی ویژگی‌های فیزیوگرافی حوزه، از DEM ۱۲ متری، داده‌های اخذ شده از اداره کل منابع طبیعی استان یزد شامل مطالعات انجام شده و نقشه‌های موجود، تصاویر ماهواره‌ای گوگل ارث و روش کنترل زمینی استفاده شد. همچنین برای تهیه داده‌های آب‌سنجی ایستگاه‌های هیدرومتری از داده‌های شرکت آب منطقه‌ای استان یزد، استفاده شد. در شکل ۱ موقعیت حوزه آبخیز سانج و ایستگاه هیدرومتری فیض آباد در خروجی آن ارائه شده است.

زبری ارائه کرد که با ارتفاع جریان رابطه مستقیم دارد. به دلیل کمبود اعتبار برای نصب ایستگاه‌های هیدرومتری در تمام زیرحوزه‌ها و یا شاخه‌های اصلی آبراهه‌های یک حوزه آبخیز، جهت برآورد صحیح دبی در مقاطع مختلف نیاز به تعیین دقیق ضریب زبری مانینگ می‌باشد، با توجه به آنچه گفته شد، اهداف این مطالعه را می‌توان تعیین ضریب زبری رودخانه از طریق حل معکوس معادله مانینگ در محل بالادست ایستگاه هیدرومتری فیض آباد و بررسی ارتباط آن با سایر پارامترهای هیدرولیکی بیان کرد. نتایج تحقیق حاضر می‌تواند ضمن محاسبه ضریب زبری در بازه‌ی مطالعاتی مجاور به ایستگاه هیدرومتری به دیگر بازه‌های مورد نظر تعمیم داده شود.

### مواد و روش‌ها



شکل ۱- موقعیت حوزه آبخیز سانج در کشور ایران و استان یزد، موقعیت ایستگاه هیدرومتری فیض آباد  
Figure 1. The location of the Sanij watershed in Iran and Yazd province, the location of the Faizabad hydrometric station

هیدرومتری فیض آباد متعلق به اداره آب منطقه‌ای استان یزد در سال‌های آماری (۱۳۸۱-۱۴۰۰) استفاده شد. همچنین با مراجعه به محل ایستگاه هیدرومتری نسبت به اندازه‌گیری مقاطع رودخانه در موقعیت ایستگاه در بازه‌های مورد مطالعه اقدام گردید.

### روش کار

در بخش‌های قبل اشاره شد که هدف از این تحقیق برآورد و بررسی دامنه تغییرات ضریب زبری مانینگ از طریق حل معکوس معادله مانینگ در مقطع بالادست ایستگاه هیدرومتری می‌باشد. برای این منظور از داده‌های دبی-اشل موجود ایستگاه جدول ۱- مشخصات ایستگاه هیدرومتری فیض آباد- رودخانه سانج

Table 1. Characteristics of Faizabad hydrometric station - Sanij River

نوع ایستگاه Station type	سال تأسیس Established year	مشخصات جغرافیایی Geographical attributes			ایستگاه Station	رودخانه River	کد ایستگاه Station No
		ارتفاع Height(m)	عرض latitude	طول Longitude			
هیدرومتری	1370	2000	31° 42' 16"	53° 59' 48"	فیض آباد	سانج	46055

### برآورد ضریب مانینگ با استفاده از معادلات تجربی

تغییرات ضریب مانینگ نسبت به عمق را می‌توان با استفاده از منحنی سنجه دبی جریان به دست آورد. به این منظور، منحنی سنجه، مقطع عرضی و شیب بستر در یک بازه مطالعاتی تقریباً یکنواخت مورد نیاز می‌باشد. در صورت یکنواخت بودن بازه مطالعاتی می‌توان از فرض جریان یکنواخت استفاده کرده و از رابطه مانینگ به صورت زیر، ضریب مانینگ را به دست آورد (Islamic Republic of Iran Management and Planning Organization, 2016):

$$v = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad \text{رابطه (۲)}$$

بهترین روش برای محاسبه مقدار ضریب زبری  $n$  استفاده از داده‌های مشاهداتی است که در این روش با داشتن دبی، شیب طولی سطح آب و مشخصه‌های مقطع جریان، می‌توان ضریب  $n$  را با توجه به رابطه (۲) محاسبه کرد (Mousavi Baygi et al., 2012): که در آن  $v$  سرعت جریان ( $\text{ms}^{-1}$ )، شعاع هیدرولیکی ( $m$ ) و  $S$  شیب بستر آبراهه ( $\text{mm}^{-1}$ ) است (Gauckler, 1867).

تمام اندازه‌گیری‌های آب‌سنجی از قبیل سطح آب، عمق آب، سرعت و غیره برای آن است که بتوان مقدار دبی را تخمین زد. چنانچه سرعت متوسط آب  $\bar{V}$  ( $\text{ms}^{-1}$ ) و سطح مقطع جریان  $A$  ( $\text{m}^2$ ) باشد، مقدار دبی  $Q$  ( $\text{m}^3\text{s}^{-1}$ ) عبارت است از:

$$Q = A \cdot \bar{V} \quad \text{رابطه (۳)}$$

با توجه به رابطه بالا جهت تخمین دبی باید هم سرعت متوسط و هم سطح مقطع اندازه‌گیری شود. سرعت متوسط در هر مقطع با تقسیم دبی جریان بر سطح مقطع تعیین می‌شود (Marcus et al., 1992). سرعت جریان آب در مقطع یک رودخانه در نقاط مختلف آن متفاوت است. پس از اندازه‌گیری مقاطع رودخانه شامل طول و عرض بالادست ایستگاه و جدول ۲- نتایج برآورد ضریب زبری از طریق حل معادلات ۱ و ۲

همچنین با داشتن مقادیر دبی-اشل، برای محاسبه سرعت از حل معکوس روابط (۳) استفاده شد.

به این ترتیب ابتدا مقادیر دبی را در رابطه (۳) قرار داده و از این طریق سرعت متوسط جریان رودخانه در محل برآورد شد. پس از برآورد سرعت، با جایگذاری مقادیر به دست آمده در رابطه (۲) ضریب زبری مانینگ به دست می‌آید. با توجه به رابطه (۳) برای محاسبه سرعت نیاز به برآورد شعاع هیدرولیکی ( $R$ ) و همچنین شیب متوسط بستر رودخانه ( $I$ ) است. شعاع هیدرولیکی ( $R$ ) برابر با نسبت مساحت ( $A$ ) ( $\text{m}^2$ ) سطح مقطع جریان به محیط خیس شده ( $P$ ) ( $m$ ) آن مقطع است و از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید: (Hosseini and Abrishami, 2015)

$$R = \frac{A}{P} \quad \text{رابطه (۴)}$$

شیب بستر رودخانه در نقاط مختلف بستر متفاوت است، در صورت یکنواخت بودن بازه مطالعاتی می‌توان از فرض جریان یکنواخت استفاده کرد (Islamic Republic of Iran Management and Planning Organization, 2016). برای اندازه‌گیری شیب از دستگاه شیب‌سنج و همچنین ترازباب استفاده شد. با توجه به یکنواخت بودن بستر و عمق کم جریان، شیب سطح آب معادل شیب کف بستر در نظر گرفته شد. در نهایت پس از محاسبه شعاع هیدرولیکی، شیب بستر رودخانه و سرعت جریان نسبت به برآورد ضریب زبری مانینگ از طریق رابطه‌ی (۲) اقدام شد.

### یافته‌ها

با توجه به موارد ارائه شده در بخش‌های قبل نتایج برآورد سرعت، سطح مقطع، شعاع هیدرولیکی، شیب و ضریب زبری مانینگ در جدول (۲) خلاصه شده است. نتایج حاصل از برآوردهای انجام شده در جدول ۲ خلاصه شده است:

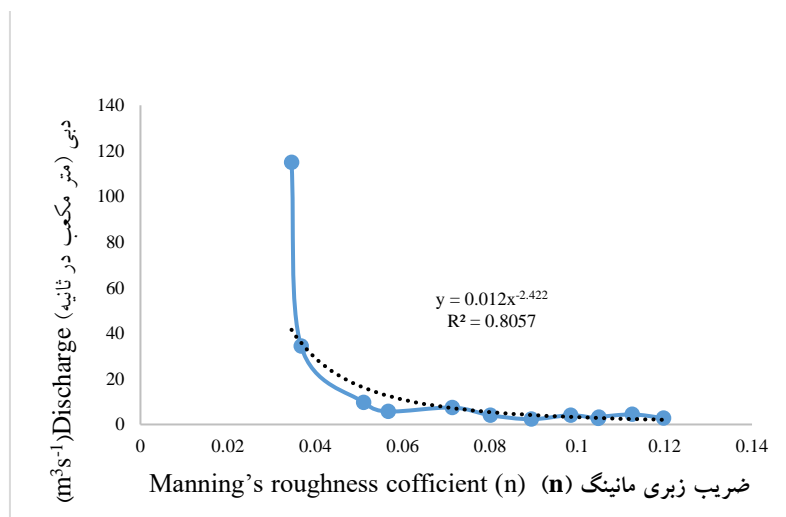
Table 2. Roughness coefficient estimation results through the inverse solving of equations 2 and 3

رخداد Event	تاریخ Date	ارتفاع سبیل Flow depth (m)	دبی Discharge ( $\text{m}^3\text{s}^{-1}$ )	عرض Width (m)	سرعت Velocity ( $\text{ms}^{-1}$ )	سطح مقطع Area ( $\text{m}^2$ )	محیط خیس شده perimeter (m) wetted	شعاع هیدرولیکی Hydraulic (m) radius	شیب (%) Slope	ضریب زبری مانینگ Manning's roughness coefficient(n)
1	400*05*06	1.8	115	12.5	5.111	22.5	16.1	1.397	0.02	0.034
2	98*01*07	0.86	34.3	12.5	3.191	10.75	14.22	0.755	0.02	0.036
3	82*09*15	0.48	9.7	12.5	1.617	6	13.46	0.445	0.02	0.051
4	83*09*26	0.37	5.72	12.5	1.237	4.625	13.24	0.349	0.02	0.056
5	91*01*11	0.5	7.41	12.5	1.186	6.25	13.5	0.462	0.02	0.071
6	82*12*25	0.37	4.05	12.5	0.876	4.625	13.24	0.349	0.02	0.080
7	82*01*31	0.28	2.3	12.5	0.657	3.5	13.06	0.267	0.02	0.089
8	82*10*21	0.42	4.05	12.5	0.771	5.25	13.34	0.393	0.02	0.098
9	81*12*22	0.33	2.57	12.5	0.623	4.125	13.16	0.313	0.02	0.104
10	82*12*24	0.38	3.23	12.5	0.680	4.75	13.26	0.358	0.02	0.104
11	82*01*06	0.48	4.4	12.5	0.733	6	13.46	0.445	0.02	0.112
12	94*10*12	0.38	2.83	12.5	0.596	4.75	13.26	0.358	0.02	0.119

برآورد شده مربوط به دبی ۲.۸۳ مترمکعب در ثانیه معادل ۰.۱۱۹ می‌باشد. همچنین برای رخدادهای مختلف ضرایب زبری متفاوتی به دست آمد.

با توجه به برآوردهای انجام شده در جدول ۲ مشاهده می‌شود که کمترین ضریب زبری معادل ۰.۰۳۴ می‌باشد که مربوط به دبی ۱۱۵ مترمکعب در ثانیه و در واقع حداکثر دبی در بین داده‌های مشاهداتی است؛ همچنین بیشترین ضریب زبری





شکل ۲- نمودار تغییرات ضریب زبری (n) نسبت به دبی سیلاب (مترمکعب در ثانیه) در رخدادهای مشاهداتی- ایستگاه فیض آباد سانج  
 Figure 2. The graph of changes in the roughness coefficient (n) in relation to the flood discharge ( $m^3 s^{-1}$ ) in observed events- Sanij's Faiz Abad station

توجه به مقدار به دست آمده برای  $R^2$  که معادل ۰.۸۰ است، می توان به ارتباط معنی دار ضریب زبری و دبی سیلاب پی برد. شکل ۳ تغییرات بار بستر رودخانه را در طی دو رخداد مربوط به سال های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ و به تبع آن تغییرات ضریب زبری کف بستر را پس از هر رخداد نشان می دهد.

در شکل ۲ مشاهده می شود که با کاهش دبی ضریب زبری افزایش می یابد. رابطه به دست آمده برای تغییرات دبی نسبت به ضریب زبری به صورت  $y = 0.012x^{-2.422}$  می باشد که بیانگر رابطه معکوس دبی و ضریب زبری در محدوده مطالعاتی است. هرچند در بخش هایی از نمودار روند تغییرات دبی نسبت به ضریب زبری دارای نوساناتی است؛ با



ب: ۲۰،۰۸،۱۴۰۱  
 B:2022.11.11

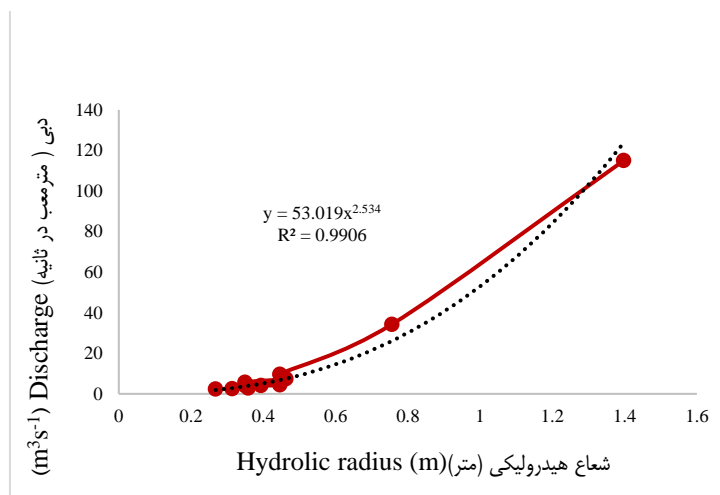


الف: ۱۲، ۱۴۰۰  
 A:2022.03.03

شکل ۳- تغییرات بار بستر و ضریب زبری رودخانه در ایستگاه هیدرومتری فیض آباد سانج- یزد، در رخدادهای مختلف  
 Figure 3. Bed load changes and roughness coefficient of the river at Sanij's Faiz Abad hydrometric station in different events

نسبت به شعاع هیدرولیکی (شکل ۴) و سپس رابطه بین شعاع هیدرولیکی و دبی (شکل ۵) بررسی شد.

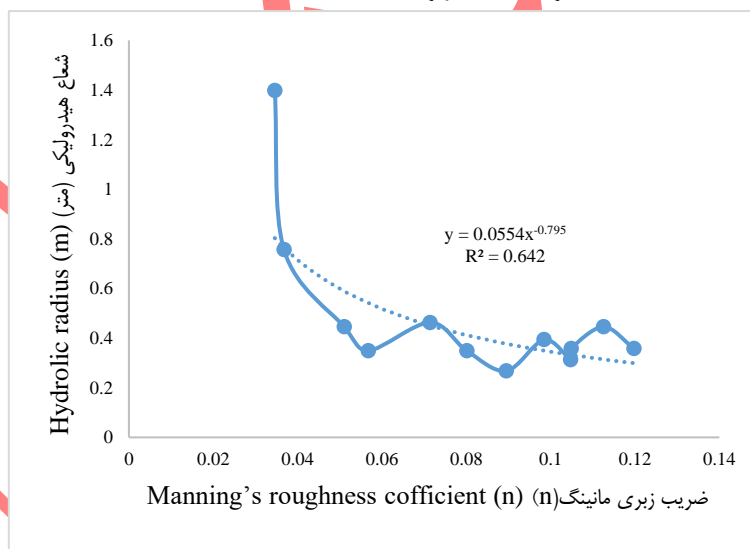
شکل ۳ تغییرات ضریب زبری کف بستر ایستگاه هیدرومتری را پس از دو رخداد سیل در دو تاریخ الف و ب نشان می دهد. در مرحله بعد به منظور بررسی دقیق تر، تغییرات ضریب زبری



شکل ۴- نمودار دامنه تغییرات دبی (مترمکعب در ثانیه) نسبت به شعاع هیدرولیکی (متر) در رخدادهای مشاهداتی  
Figure 4. Diagram of the range of Discharge ( $m^3s^{-1}$ ) changes in relation to the hydraulic radius (m) in observed events

که معادل ۰.۹۴۴ می باشد، می توان دریافت که بین دبی و شعاع هیدرولیکی رابطه مستقیم و معنادار وجود دارد.

در شکل ۴ تغییرات دبی نسبت به تغییرات شعاع هیدرولیکی به صورت نمودار ارائه شده است. با توجه به معادله نمودار که به صورت  $y = 53.019x^{2.534}$  است و مقدار  $R^2$  برآورد شده



شکل ۵- نمودار تغییرات ضریب زبری (n) و شعاع هیدرولیکی (متر)

Figure 5. The graph of changes in roughness coefficient (n) and hydraulic radius (m)

مانینگ به صورت تجربی و بازدید محلی خطا ایجاد می کند. خطای ظاهری ناشی از به جا ماندن قطرهای بزرگ تر ذرات در سطح بستر و حمل ذرات ریز توسط جریان می باشد. از سوی دیگر در حین جریان جهت یافتگی رسوبات عموماً در راستای مسیر حرکت سیل می باشد که کمترین زبری هیدرولیکی را ایجاد می نماید؛ ولی با کاهش شدت سیل و به جا ماندن ذرات درشت دانه علاوه بر افزایش زبری هیدرولیکی، زبری تصادفی ذرات که در ضریب زبری مانینگ نقش مؤثری دارد افزایش می یابد.

همچنین در دبی های کم که عمق جریان پایین تر از  $D_{90}^2$  (ر محدوده مطالعاتی به طور میانگین معادل ۵۰ سانتی متر) می باشد یا از قطر قلوه سنگ های بزرگ در بستر کمتر است، ضریب

در شکل ۵ تغییرات شعاع هیدرولیکی نسبت به ضریب زبری به صورت نمودار ارائه شده است. همان گونه که در شکل مشاهده می شود، بین شعاع هیدرولیکی و ضریب زبری رابطه معنی دار و معکوس وجود دارد. با توجه به مقدار  $R^2$  که برابر ۰.۵۹ می باشد، دارای سطح پایین تر معنی داری نسبت به سایر روابط بررسی شده است. در رودخانه های مناطق خشک هر سیل با رسوب گذاری متفاوت خود، زبری متفاوتی ایجاد می کند. با توجه به تغییرات قطر دانه بندی ذرات در سیلاب های مختلف بنابراین ضریب زبری مانینگ بسته به تغییرات قطر ذرات متفاوت خواهد بود. معمولاً مسیل ها یا رودخانه های مناطق خشک که به صورت موقتی هستند، در شاخه نزولی هیدروگراف و پایان سیل، قطعات درشت تر بر سطح بستر باقی مانده و در برآورد ضریب زبری

زبری مانینگ تحت شرایط استاتیکی- هیدرولیکی به بیشترین مقدار خود معادل ۰.۱۱ تمایل پیدا می‌کند. در دبی‌های زیاد که عمق جریان از ارتفاع  $D_{90}$  ذرات بستر بیشتر می‌شود، به دلیل شرایط خاص هیدرودینامیکی و کاهش سطح تماس نسبی جریان با مواد کف بستر (ایجاد شرایط زبری هیدرودینامیکی)، کمترین مقدار ضریب زبری مانینگ ایجاد می‌شود که در محدوده مطالعاتی به سمت ۰.۰۳ میل می‌کند. چنانچه در دبی ۱۱۵ مترمکعب در ثانیه مقدار ضریب زبری  $n$  تا مرز ۰.۰۳۴ کاهش پیدا می‌کند. به عبارتی در دبی‌های بالا ارتباط ضریب زبری بر کل جریان کاهش یافته و لذا با افزایش عمق جریان مقدار  $n$  کاهش می‌یابد و شعاع هیدرولیکی افزایش می‌یابد. این پدیده بیشتر در مسیل‌ها و رودخانه‌های سنگلاخی دیده می‌شود. تحقیق حاضر نشان داد که در رودخانه‌های مناطق خشک و قله‌سنگی معمولاً به خاطر وجود قله‌سنگ‌های درشت در کف بستر خشک با مقادیر بیش برآوردی ضریب زبری مانینگ مواجه می‌شویم. این پدیده به‌خصوص در سیلاب‌هایی با دبی کمتر به‌خوبی دیده می‌شود و علت این امر را می‌توان با کاهش زبری هیدرولیکی در بستر حین جریان سیل مرتبط دانست. همچنین می‌توان بیان داشت در حین جریان معمولاً درک ضریب زبری هیدرودینامیکی از دید کارشناس مغفول می‌ماند و همین پدیده می‌تواند در بیش برآوردی یا کم‌برآوردی ضریب زبری مؤثر باشد.

### نتیجه‌گیری کلی

تحقیق حاضر به‌منظور برآورد ضریب زبری مانینگ و بررسی تغییرات آن در رخدادهای مختلف در رودخانه سانج در بازه‌های بالادست ایستگاه هیدرومتری فیض‌آباد انجام شد. رودخانه موقتی یا مسیل سانج که معمولاً از رژیم جریان‌های واریزه‌ای یا دبریس فلو تبعیت می‌کند یکی از اصلی‌ترین مسیل‌های حوزه شیرکوه قلمداد می‌شود. بررسی ارتباط دبی با ضریب زبری مانینگ برآوردی نشان داد که دامنه تغییرات ضریب زبری در حوزه مطالعاتی از ۰.۰۳۴ تا ۰.۱۱۹ تغییر می‌کند و با افزایش دبی رابطه معکوس و معنادار با  $R^2$  بیش از ۰.۸ دارد. بررسی رابطه ضریب زبری مانینگ با شعاع هیدرولیکی نشان داد، ضریب زبری با شعاع هیدرولیکی رابطه معکوس ( $R^2=0.59$ ) دارد. از آنجاکه در یک بازه رودخانه در سیلاب‌های مختلف بار رسوبی تغییر می‌کند، در نتیجه ضریب زبری مقدار ثابتی ندارد و در رخدادهای مختلف تغییر می‌کند؛ Zhou et al, 2018 در تحقیق خود به نتایج مشابه از نظر تغییرات ضریب زبری با عمق جریان دست یافتند. Alimoradi et al, 2022 نیز در بررسی تغییرات ضریب زبری رودخانه علی‌آباد در حوزه پیشکوه،

### منابع

دریافتند، بسته به تغییرات قطر ذرات در رخدادهای مختلف ضریب زبری رودخانه متفاوت خواهد بود. در دبی‌های مشاهداتی که عمق آن کمتر از  $D_{90}$  باشد ضریب زبری مانینگ تحت شرایط استاتیکی- هیدرولیکی به بیشترین مقدار خود معادل ۰.۱۱ می‌رسد و در دبی‌هایی با عمق بیشتر از  $D_{90}$  که ارتفاع سیل از ۵۰ سانتی‌متر بالاتر است کمترین مقدار ضریب زبری مانینگ مشاهده شد که در محدوده مطالعاتی به سمت ۰.۰۳ میل می‌کند. چنانچه در دبی ۱۱۵ مترمکعب در ثانیه مقدار ضریب زبری  $n$  تا مرز ۰.۰۳۴ کاهش پیدا می‌کند که نتایج به‌دست‌آمده از مطالعه حاضر با که با مطالعات Najmai, 1996 و Limerinos, 1970 هم‌خوانی دارد همچنین Gautam, 2021 با استفاده از اندازه‌گیری سرعت، مقطع، شیب بستر و کاربرد معادله مانینگ در نپال ضمن تعیین میانگین ضریب زبری مانینگ در ساکنری و بیجاپور (به ترتیب ۰.۲۸۰ و ۰.۳۷۰) به اهمیت ضریب زبری در تعیین دبی کانال‌های باز اشاره نمود. با توجه به نتایج تحقیق می‌توان بیان کرد؛ ضریب زبری در رخدادهای مختلف ناپایدار است، زیرا در حین عبور جریان و یا در شاخه‌های صعودی و نزولی هیدروگراف سیل بسته به سرعت و قدرت جریان دانه‌بندی بستر به‌صورت دینامیکی در حال تغییر بوده و ضریب زبری مانینگ ( $n$ ) به‌صورت لحظه‌ای تغییر می‌کند. برآورد ضریب زبری در شرایط خشک عموماً با بیش برآوردی همراه است، لذا توصیه می‌گردد این مقدار برای برآورد دبی‌هایی در دوره‌بازگشت‌های کوتاه‌مدت که ارتفاع داغاب مساوی زبری فیزیکی یا طبیعی بستر است مورد استفاده قرار گیرد و در مورد دبی‌هایی با دوره بازگشت بلندمدت برحسب ارتفاع داغاب و با افزایش شعاع هیدرولیکی نسبت به تعدیل و یا کاهش ضریب زبری اقدام شود تا دبی‌های برآوردی از صحت بیشتری برخوردار شود. Zhou et al, 2018 نیز در مطالعات خود دریافته‌اند که استفاده از  $n$  دینامیکی می‌تواند شبیه‌سازی جریان مدل‌های هیدرولوژیکی را بهبود بخشد. نتایج به‌دست‌آمده در تحقیق حاضر نشان داد که در دبی‌های با دوره بازگشت کوتاه‌مدت و با گل آلودگی کمتر در صورتی که عمق جریان از تراز  $D_{90}$  کمتر باشد، تأثیر جریان بر ضریب زبری افزایشی بوده این در حالی است که در سیلاب‌های با دوره بازگشت طولانی‌مدت با رژیم جریان واریزه‌ای یا Debris Flow به علت حمل تخته‌سنگ و قله‌سنگ‌های بزرگ ضریب زبری روند افزایش خواهد داشت در صورتی که در اکثر مطالعات این مقدار ثابت در نظر گرفته می‌شود. نتایج حاضر با تحقیق Kang, 1985 در در گالی Jiangjia در چین انتطابق نزدیکی را نشان می‌دهد. بنابراین بهتر است این مورد جهت دستیابی به مقادیر دقیق‌تر ضریب زبری در مطالعات مهندسی رودخانه در نظر گرفته شود.

- Gautam, A. (2021). Determination of Manning's Roughness Coefficient in Bijayapur Irrigation Canal, Kaski, Nepal. *Himalayan Journal of Applied Science and Engineering*, 2(2), 14-23.
- Choo, Y.M., Yun, G. S., and Choo, T.H. (2018). Research on the estimation of coefficient roughness in open channel applying entropy concept. *Environmental Earth Sciences*, 77(17).
- Islamic Republic of Iran Management and Planning Organization, (2016), *Guideline for Determination of the Hydraulic Roughness Coefficient of Rivers* (No. 688).

- Abbasi, A.A and Malek Nejad Yazdi, M, (2012), Investigation of Effective Parameters on Manning Coefficient in Rivers and Obtain the New Relation for Estimate it (Case Study: Ferizi River), *Journal of Water and Soil* Vol. 26, No.5, Nov.Dec. 2012, p. 1308-1317 (in Persian).
- Rostami. N and Kazemi.Y., (2017), Determining Manning Roughness Coefficient in the Gol-Gol River of Ilam, *Extension and Development of Watershed Management*, Volume 5, Issue 18 - Serial Number 7, November 2017, Pages 1-5. (in Persian).
- Rice C. E., Kadavy, K. C., and Robinson K. M. (1998). Roughness of Loose Rock Riprap on Steep Slopes. *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol 124, No 2, PP: 179-185.
- Kim, J. S., Lee, C. J., Kim, W. and Y. J. Kim.( 2010). Roughness coefficient and its uncertainty in gravel-bed River. *Water Science and Engineering*, 3(2) 217-232.
- Ballesteros, J., Bodoque, J., Díez-Herrero, A., Sanchez-Silva, M., and Stoffel, M., (2011). Calibration of floodplain roughness and estimation of flood discharge based on tree ring evidence and hydraulic modelling. *J. Hydrol.* 403 (1–2), 103–115.
- Imanshoar.F and Taher-Shamsi.A., (2007), Foretelling of river manning coefficient based on empirical methods, 7<sup>th</sup> International River Engineering Conference Shahid Chamran University, 13-15 2007, Ahwaz. (in Persian).
- Attari.,M, Taherian.M, Hosseini.S.M, Niazmand.S.B, Jeiroodi.M, and Mohammadian.A, (2020), simple and robust method for identifying the distribution functions of Manning's roughness coefficient along a natural river, *Journal of Hydrology*. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2020.125680. (in Persian).
- Zarei, M., Samadi, A., and Mohajeri, S. H. (2019). Introducing and Evaluating the Effectiveness of Various Image Processing Algorithms in Determining Hydraulic Raughness Using Gradation Curve in Gravel Bed Rivers. *Journal of Hydraulics*, 13(4), 93-110. doi: 10.30482/jhyd.2019.82710. (in Persian).
- Bahrami Yarahmadi, M., and Shafai Bejestan, M. (2011). Experimental Study of the Effect of Sediment Particles Shape on Manning's Coefficient. *Water and Soil*, 25(1), -. doi: 10.22067/jsw.v0i0.8506. (in Persian).
- M. C. Boyer (1954), Estimating the Manning coefficient from an average bed roughness in open channels, *Transactions American Geophysical Union* 35(6): 957.
- Shafai Bejestan M. (2008). *Flow in open channels*. Ahvaz Publications of Shahid Chamran University. Second edition. 460 p. (Translated)
- Chow, V.T.(1969). *Open Channel Hydraulics*. McGraw-hill, New York. Pp 110-113.
- Simons, D. B. and Senturk, F., (1977). *Sediment Transport Technology*, Water Resources Publications, Littleton Co.
- Acement GS and Schneider V.R. (1985). *Guide for selecting Manning's roughness coefficient for natural channels and Flood plains*, Water Resources paper 2339, US Geological survey, Washington DC. (updated 2002).
- Chow ven Te (1981) *Open Channel Hydraulics*. Mc Graw – Hill Limted, London. 680 pp.
- Habibi M., (2004) Investigating the effectiveness of flow resistance relationships in a laboratory channel with a moving bed, *Water and Watershed Journal*, No. 4. (in Persian).
- Falahatgar.M., Bahremand.A., Sheikh.V.B.and Atrakchali.A.(2010)., The effects of vegetation Manning roughness coefficient on the hillslope in Aghghala rangelands, *J. of Water and Soil Conservation*, Vol. 17(3), 2010 www.gau.ac.ir/journals. (in Persian).
- Mahmoudi.M., Sadeghi.S.H. and Abbasi.A. (2006) Manning roughness coefficient modeling in a section of the Kardeh River, 4th National Conference on Watershed Science and Engineering of Iran, Watershed Management, Karaj - University of Tehran, Daneshkode Natural resources of Tehran University. (in Persian).
- Hemmati, M., and Mostafa, V. (2017). Develop of Flow Resistance Equations in Mountainous Rivers Based On Experimental Study. *Irrigation Sciences and Engineering (JISE) (scientific journal of Agriculture)*, 40(Supplement 1•1), 13-25. SID. <https://sid.ir/paper/216914/en>. (in Persian).
- Zhu.X., Liu.B.,and Liu.Y., (2020), New Method for Estimating Roughness Coefficient for Debris Flows, *Water* 12(9):2341 Follow journal, DOI: 10.3390/w12092341, LicenseCC BY 4.0.
- Nazarian .S and MajdZade Tabatabaei(2015), The effect of increasing the diameter of the aggregation on Grain Roughness and Form Roughness in Sandy River, Case Study: SISTAN RIVER, *Water Engineering Conference and Exhibition, Shahid Beheshti Conf. Center*. 19-20 May, 2015. (in Persian).
- Abbaspour,A and Taheri Aghdam,A (2020), Presentation of a Relationship for Calculating the Roughness Coefficient equivalent to Manning and Comparison with Different Relationships for Determining the Roughness Coefficient in Composite Sections, the Third International Conference of applied Research in Agricultural Sciences, Natural Resources and Environment, February 11, 2017. (in Persian).
- Ye, A., Zhou, Z., You, J., Ma, F., and Duan, Q. (2018). Dynamic Manning's roughness coefficients for hydrological modelling in basins. *Hydrology Research*, 49(5), 1379-1395.
- Marcus, W. A., Roberts, K., Harvey, L., and Tackman, G. (1992). An evaluation of methods for estimating Manning's n in small mountain streams. *Mountain Research and Development*, 227-239.



- Mousavi Baygi,S.M, Faridhoseini, A.R, Alizade,A and Inanlou.M,(2012), The Assessment of Fluctuations on Roughness Manning Coefficient for Prediction of Flood Flow Hydraulics (Case Study: Atrak River), Journal of Water and Soil, Vol. 26, No. 1, Mar-Apr 2012, p. 183-192. ( in Persian).
- Gauckler, P. (1867), Etudes Théoriques et Pratiques sur l'Ecoulement et le Mouvement des Eaux, Comptes Rendues de l'Académie des Sciences, Paris, France, Tome 64, pp. 818–822.  
[https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Manning\\_formula&oldid=423996507](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Manning_formula&oldid=423996507)
- Hosseini.S.M and Abrishami.J, (2015), Open- Channel Hydraulics, Publisher: Imam Reza University.
- Alimoradi,M., Ekhtesasi,M.R., Malekian,A. and Jahanbakhshi,F (2022), Investigation of the effect of sampling depth on estimating Manning roughness coefficient (Aliabad River - Pishkooch Basin), The 12th International Seminar on River Engineering, 24 to 26 February 2022, Chamran martyr of Ahwaz University.
- Najamai,M (1996), applied hydraulics (1st and 2nd volumes), University of Science and Technology, 1996.
- Limerinos. J. T., (1970), Determination of the Manning Coefficient from Measured Bed Roughness in Natural Channels, United States Department of the Interior, Library of Congress catalog card number GS 77-608592.
- Kang, Z. C. (1985). A velocity analysis of viscous debris flow at Jiangjia gully of Dongchuan in Yunnan. Memoirs of Lanzhou Institute of Glaciology and Cryopedology, Chinese Academy of Sciences, Science Press, Beijing, 108-118.

## Estimation of Manning's roughness coefficient by inverse solving method using observational data (Sanij River-Yazd, Iran)

Mehtab Alimoradi<sup>1</sup>, Mohammadreza Ekhtisai<sup>2</sup> and Arash Malekian<sup>3</sup>

- 1- Doctoral student of Watershed Science and Engineering, Pasture and Watershed Department, Faculty of Natural Resources and Desertology, Yazd University
  - 2- Professor, Rangeland and Watershed Department, Faculty of Natural Resources and Desertology, Yazd University, (corresponding author: Mr\_Ekhtesasi@yazd.ac.ir)
  - 3- Professor, Department of Arid and Mountainous Areas Revitalization, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Faculty of Natural Resources, University of Tehran
- Received: 23 September, 2023 Accepted: 6 January, 2024

### Extended Abstract

**Introduction and Objectives:** The hydraulic roughness coefficient of rivers is one of the necessary factors in river engineering studies. In hydraulic models, the roughness coefficient typically exhibits the greatest sensitivity when compared with the other parameters. The correct estimate of the roughness coefficient improve the understandings the hydraulics of the flow and the conditions of the river. Despite of many efforts, the inability to accurately estimate the roughness coefficient and the use of Manning's constant value ( $n$ ) is the main error factor in flood simulation and flow depth calculation. The flow's roughness coefficient is typically not constant and changes dynamically as the flow's depth changes. The best way to determine the roughness is to measure the flow rate and calculate Manning's  $n$  through the inverse solving of Manning's equation. The main purpose of present study is determine more precisely the roughness coefficient of the Sanij River upstream of the Faizabad hydrometric station.

**Material and Methods:** The studied area is the Sanij watershed, which has an area of 149.9 Km<sup>2</sup> and is located in Taft city in Yazd province, Iran. To achieve the goals of the research, field studies and stage-discharge data of Faiz Abad hydrometric station were used. Therefore, through the inverse solving of the corresponding equations and determination of other hydraulic parameters such as velocity, slope, hydraulic radius, the value of Manning's roughness coefficient was estimated. The slope measurement was done with an inclinometer as well as a leveler.

**Results:** The lowest value of the Manning's roughness coefficient ( $n$ ) is equal to 0.034, corresponding to the discharge of 180 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>, while the highest value of the Manning's roughness coefficient corresponding to the discharge of 2.083 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> is equal to 0.119. As the discharge decreases, the roughness coefficient increases. The function of the roughness coefficient in relation to the discharge whit  $R^2=0.80$ , indicates the inverse and significant relationship them and the function of the hydraulic radius in relation to the discharge whit  $R^2=0.944$ , indicates, that discharge and hydraulic radius have a direct and significant relationship. Also, the roughness coefficient with the hydraulic radius has a inverse relationship by lower significance. Every flood creates a different roughness with its different sedimentation; therefore, depending on variations in particle diameter, Manning's roughness coefficient will vary. Usually, rivers in arid regions are temporary, in the descending limb of the hydrograph, leaves coarser material in the bed which causes an error in estimating Manning's roughness coefficient. In discharges where the flow depth is lower than  $D_{90}$ , Manning's roughness coefficient reaches its maximum value and due to the unique hydrodynamic circumstances, the Manning roughness coefficient is at its lowest value in discharges with a depth greater than  $D_{90}$ . In other words, in high discharges, the relation of the roughness coefficient to the total flow is reduced and by the increase of the flow depth, the  $n$ ' value decreases.

**Conclusion:** The results showed that the roughness coefficient changes from 0.034 to 0.119 in the study range and it has an inverse and significant relationship with discharge with  $R^2=0.8$ . Also, the roughness coefficient with the hydraulic radius has an inverse relationship with  $R^2$  equal to 0.59. The roughness coefficient is not constant and changes in different flood events. Discharges whose depth is less than  $D_{90}$  are those in which Manning's roughness coefficient reaches its maximum value of 0.11 and we observed the lowest value of Manning's roughness coefficient in discharges with a depth greater than  $D_{90}$  and a flood height greater than 50 cm, as in the discharge of 115m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>, the value of the roughness coefficient " $n$ " decreases to the limit of 0.034. During peak discharge is difficult to understand the hydrodynamic roughness coefficient and it can lead to underestimation of the roughness coefficient; therefore, to obtain accurate roughness

coefficient values in river engineering research, this case study should be considered as a good example.

**Keywords:** Stage-discharge, Hydraulic radius, Manning's roughness coefficient,  $D_{90}$ . Faizabad