

Research Paper

Investigating the generalizability of the results obtained from laboratory models to natural rivers for estimating the head-discharge curve

Parisa Alinouri¹, Mohamad Bijankhan^{2,*}

1. Master's degree student, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Imam Khomeini International University

2. Associate Professor of Imam Khomeini International University, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Department of Water Engineering, Qazvin, Iran

Received: 2022/04/04

Revised: 2022/05/08

Accepted: 2022/06/05

Use your device to scan and read the article online



DOI:

[10.30495/wej.2023.5830](https://doi.org/10.30495/wej.2023.5830)

Keywords: Manning roughness coefficient, cross sectional shape, floodplain, DCM method

Abstract

Introduction:

Researchers have performed many Experimental and theoretical studies to estimate river-stage-discharge curves using the Manning roughness coefficient. In natural rivers, in flood conditions, with increasing flow rate, water flows out of the central canal through the floodplains, thus the shape of the river and roughness coefficient change.

Methods:

In this research, nine laboratory models and six natural rivers data were used to examine the accuracy of different Divided Channel Methods, DCMs, of rivers' stage-discharge formulas to calculate the roughness. The cross section of rivers along the route would change significantly, therefore, the method with the least sensitivity to cross-sectional shape changes has the more generalizability. In the process of this research, the Manning coefficient was calculated using different methods and various laboratory data.

Findings:

After reviewing the results of the different DCM methods, SC-SEV, SC-SIV, SC-SIH techniques were found as the less sensitive methods to cross-sectional changes to determine the roughness coefficient.

Citation: Pashakhah P, Babazadeh H, Shahmohammadi-Kalalagh SH, Sarai-Tabrizi M. Hydro Geochemical Investigation of Groundwater in Miandoab Plain. Water Resources Engineering Journal. 2021; 14(49): 31- 46.

***Corresponding author:** Mohammad Bijankhan

Address: Imam Khomeini International University, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Department of Water Engineering, Qazvin, Iran

Tell: +982833901279

Email: Bijankhan@eng.ikiu.ac.ir

Extended Abstract

Introduction

Many experimental and theoretical studies have been carried out by researchers considering the Manning's roughness coefficient in rivers to estimate the head-discharge curve. In addition, in natural rivers, in flood conditions, with the increase in flow rate, the water flows out of the main channel through the floodplains, as a result, the cross-sectional shape of the channel changes and causes a change in Manning's coefficient. Therefore, in this research, by examining different methods of calculating Manning's roughness coefficient, we have tried to introduce a method that has the least sensitivity to changes in the shape of the section. Based on this, the method that has the least sensitivity to changes in the shape of the section has more generalizability.

Materials and Methods

Flow hydraulics in compound sections is very complicated due to the momentum exchange between the main channel and floodplains. One of the most common methods for estimating the flow of rivers with flood plains and mixed channels is the Divided Channel Method (DCM). In this research, using the studies of 9 laboratory models and 6 natural rivers, and also using 6 methods SC-SEV, SC-SEH, SC-SED, SC-SIV, SC-SIH, SC-SID, which assume dividing lines horizontal, vertical and diagonal separation of the main channel and flood plains, the roughness coefficient was calculated for laboratory channels and natural waterways. Geometric specifications of laboratory models and natural rivers were also available. In the process of this research, Manning's coefficient has been calculated using different methods and various laboratory data. Also, to check the change of the roughness coefficient compared to the changes of the cross section, the above 6 methods have been used.

Findings

Considering that the cross-sectional area of the rivers change significantly during the flood conditions, on this basis, the method that has the least sensitivity to the changes in the cross-sectional shape has more generalizability. After examining the results of the above methods, the SC-SEV, SC-SIV, and SC-SIH methods were found to be less sensitive to the changes in the cross-sectional area to determine the roughness coefficient. The calculations show that in straight channels with no roughness and taking only the shape of the section changes, the coefficient of variation in the SC-SIV method is lower than all other methods. As a result, this method is less sensitive to changes in the shape of the cross-section and is a suitable option for finding head-discharge curves with greater generalizability. This research shows that the SC-SID method is very sensitive to cross-sectional changes and cannot be used as a method for determining Manning's coefficient reliably. The percentage error diagrams showed that the SC-SID method is not acceptable and the SC-SEV, SC-SED, SC-SIV methods had the average absolute value of the relative errors equal to 5.84, 6.14, and 6.51% respectively.

Discussion

There are different methods to estimate Manning's roughness coefficient. These methods mainly divide the cross-sectional area of the flow in different ways and finally Manning's relation is used to calculate Head-discharge curve. Since the cross-sectional area of the river can change significantly, especially in flood conditions, the method that has the least sensitivity to the changes in the cross-sectional shape is more generalizable to natural rivers.

In this research, the range of changes of Manning's coefficient for laboratory data was between 0.002 and 0.089, and the data values of natural rivers are much more than the models. In addition, in natural rivers, different Manning's coefficients were obtained from different methods. And also as an example of calculations in Weihe River, different methods gave different Manning's coefficient results, i.e. SC-SIH method had the lowest Manning's coefficient and SC-SIV method had the highest Manning's

coefficient. Also, the amount of computational flow error in 9 laboratory models was calculated by different DCM methods. Using laboratory data, the effect of changes in the geometric shape of the cross-section on Manning's coefficient was investigated, and finally, among the conventional methods for calculating the Manning's coefficient, the method that had the least sensitivity to the changes in the cross-section shape was identified.

Conclusion

It was found that the coefficient of variation in straight channels without roughness in SC-SIV method was lower than all other methods. As a result, this method was less sensitive to changes in the shape of the cross-section. SEV, SED, SIV methods had better results in estimating Manning's coefficient, and SC-SID method provided unacceptable results and it was highly sensitive to cross-sectional area changes.

مقاله پژوهشی

بررسی میزان تعمیم پذیری نتایج حاصل از مدل های آزمایشگاهی به رودخانه های طبیعی برای تخمین منحنی دبی- اشل

پریسا علی نوری^۱، محمد بی جن خان^{۲*}

۱. دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)

۲. دانشیار دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، گروه مهندسی آب، قزوین، ایران

چکیده

مقدمه: مطالعات آزمایشگاهی و نظری بسیاری با در نظر گرفتن ضریب زبری مانینگ در رودخانه ها توسط محققان برای برآورد منحنی دبی- اشل صورت گرفته است. در رودخانه های طبیعی در شرایط سیلابی با افزایش دبی جریان آب از کانال اصلی خارج شده و وارد سیلابدشتها می گردد در نتیجه شکل مقطع کانال تغییر پیدا می کند و موجب تغییر ضریب مانینگ می شود. ولی همچنان تعمیم پذیری این منحنی ها به رودخانه های طبیعی به عنوان یکی از مسائل اصلی هیدرولیک رودخانه می باشد.

روش: در این تحقیق، با استفاده از مطالعات ۹ مدل آزمایشگاهی و ۶ رودخانه طبیعی و همچنین با استفاده از ۶ روش روش مختلف محاسبه منحنی دبی- اشل رودخانه به محاسبه ضریب زبری برای کانال های آزمایشگاهی و آبراهه های طبیعی پرداخته شد. در روند این تحقیق، ابتدا به محاسبه ضریب مانینگ با استفاده از روش های مختلف و داده های آزمایشگاهی گوناگون پرداخته شده است. همچنین جهت بررسی تغییر ضریب زبری نسبت به تغییرات سطح مقطع از ۶ روش فوق استفاده شده است.

یافته ها: با توجه به اینکه سطح مقطع رودخانه ها در طول مسیر در شرایط سیلابی می تواند به شکل قابل توجهی تغییر کند، بر این اساس روشی که کمترین حساسیت را نسبت به تغییرات شکل مقطع داشته باشد از قابلیت تعمیم پذیری بیشتری برخوردار است. پس از بررسی نتایج روش های فوق، روش های SC-SEV, SC-SIH دارای حساسیت کمتری نسبت به تغییرات سطح مقطع برای تعیین ضریب زبری می باشد.

نتیجه گیری: ضریب تغییرات در کانال های مستقیم و بدون زبری در روش SC-SIV از تمام روش های دیگر کمتر است. در نتیجه، این روش به تغییرات شکل مقطع حساسیت کمتری دارد و گزینه مناسبی برای یافتن منحنی های دبی- اشل با قابلیت تعمیم پذیری بیشتر می باشد. روش های SEV, SED, SIV دارای نتایج بهتری در تخمین ضریب مانینگ دارند و روش SC-SID نتایج غیر قابل قبولی را ارائه می دهد و حساسیت زیادی نسبت به تغییرات سطح مقطع دارد.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۱/۰۵

تاریخ داوری: ۱۴۰۱/۰۲/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۱۵

از دستگاه خود برای اسکن و خواندن مقاله به صورت آنلاین استفاده کنید



DOI:

[10.30495/wej.2023.5830](https://doi.org/10.30495/wej.2023.5830)

واژه های کلیدی:

ضریب زبری مانینگ، شکل مقطع، سیلابدشت ، روش DCM

* نویسنده مسئول: محمد بی جن خان

نشانی: قزوین، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، گروه علوم و مهندسی آب

تلفن: ۰۲۸۳۳۹۰۱۲۷۹

پست الکترونیکی: Bijankhan@eng.ikiu.ac.ir

مقدمه

ضریب زبری جریان یکی از عوامل موثر و مهم در طراحی کانال‌های مرکب و روباز می‌باشد. معادلات مختلفی مانند مانینگ، شزی و دارسی - ویساک برای تعیین ضریب زبری وجود دارد که معادله مانینگ به علت سادگی فرم و آسانی محاسبات کارایی بیشتری دارد.

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad (1) \text{ سیستم متریک}$$

$$V = \frac{1.486}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad (2) \text{ سیستم انگلیسی}$$

برای تعیین ضریب n در رودخانه‌ها و کانال‌های طبیعی که زبری بستر در مقطع عرضی یکنواخت نیست، لازم است ابتدا زبری معادل در مقطع تعیین شده و پس از آن از روابط جریان یکنواخت جهت تعیین سرعت یا دبی استفاده کرد. یکی از روش‌های تعیین زبری معادل تقسیم سطح مقطع جریان به N جزء می‌باشد که هر کدام از این اجزا محیط خیس شده P_i و ضریب زبری n_i مربوط به خود را دارد. با فرض اینکه سرعت جریان در هر جز برابر با سرعت متوسط جریان است، رابطه زیر برای محاسبه ضریب مانینگ قابل استفاده است [1]:

$$n_e = \left[\frac{\sum_{i=1}^N (P_i n_i)^{\frac{3}{2}}}{P} \right]^{\frac{2}{3}} \quad (3)$$

در رابطه بالا n_e ضریب زبری معادل، P محیط مرطوب کل، N تعداد اجزاء سطح می‌باشد. همچنین با مساوی قرار دادن دبی کل مقطع با مجموع دبی‌های اجزاء، رابطه زیر برای تعیین ضریب زبری معادل به دست می‌آید:

$$n_e = \frac{R^{\frac{5}{3}}}{\sum_{i=1}^N \frac{P_i R_i^3}{n_i}} \quad (4)$$

براساس بررسی‌های انجام شده سابقه مطالعات آزمایشگاهی به شرح زیر می‌باشد.

[2] Shiono et al. مدل‌های آزمایشگاهی مقاطع مرکب را در دو حالت وجود یا عدم وجود پوشش گیاهی در سیلابدشت بررسی کردند. تغییر ضریب زبری و اصطکاک یکی از موارد اصلی مورد بررسی بود.

[3] Maghrebi et al. طی تحقیقاتی با عنوان بررسی تحلیلی روابط دبی-اشل در کانال‌های مرکب با زبری (غیریکنواخت) نسبت به بررسی ضرایب زبری به روش‌های مختلف و تاثیر آن بر منحنی دبی-اشل پرداخته اند.

[4] Sing and Tang، پیش‌بینی دبی کل و ناحیه‌ای در کانال‌های مرکب متقارن صاف و زبر با در نظر گرفتن انتقال اندازه حرکت بررسی کردند. [5] Khatua، تخمین دبی در کانال‌های مرکب پیچانرودی را مورد بررسی قرار داد. [6] Macintosh، مشخصات هیدرولیکی در

کانال‌های مرکب را با تاکید ویژه بر ناحیه تبادل بین کانال اصلی و سیلابدشت مورد مطالعه قرار داد. [7] Spooner جریان در یک کانال پیچانرودی مرکب با شکل بستر صاف و طبیعی بررسی شد.

[8] Alkhatib et al.، با استفاده از روش تقسیم جداگانه، یک کانال مرکب نامتقارن شامل کانال اصلی و یک سیلابدشت در آزمایشگاه در نظر گرفته شد. [9] Maghrebi and Heidarbeigi، به مطالعه تعیین منحنی دبی - اشل در مقاطع مرکب و تاثیر آن بر عدم پیوستگی منحنی دبی - اشل پرداختند.

[10] Nourozi et al.، در خصوص پیش‌بینی رابطه دبی - اشل با استفاده از روش کنترل گروهی داده‌ها در رودخانه مند استان بوشهر تحقیقاتی را انجام دادند. [11] Mohaghegh and Kouchakzadeh، به ارزیابی رابطه دبی - اشل در کانال‌های مرکب با استفاده از روش‌های ین و هورتن و ایکرز SCM،DCM پرداختند. در ادامه، تحقیقات میدانی که در این زمینه انجام شده است به عنوان سابقه مطالعات میدانی ارائه میشود:

[12] Hin et al.، مطالعه‌ای در مورد مشخصات هیدرولیکی در رودخانه‌ای استوایی انجام دادند که نتایج به‌دست آمده از چندین سیلاب در رودخانه‌های استوایی، شامل توزیع سرعت، منحنی دبی-اشل، اندازه زبری و میزان دبی مورد بررسی قرار گرفت. [13] Fahmy et al. مطالعه‌ای را در مورد تخمین سرعت میانگین جریان در رودخانه نیل مصر انجام دادند. [14] Adebajji et al. مطالعه‌ای در مورد تجزیه و تحلیل هیدرولیکی و هندسی رودخانه Atuwara در استان اوگان نیجریه انجام دادند. آنها مشخصات کامل رودخانه به همراه اندازه‌گیری-های مربوط به سرعت و دبی در مقاطع مختلف را ارائه کردند.

با توجه به اینکه سطح مقطع رودخانه‌ها در طول مسیر در شرایط سیلابی می‌تواند به شکل قابل توجهی تغییر کند، بر این اساس روشی که کمترین حساسیت را نسبت به تغییرات شکل مقطع داشته باشد از قابلیت تعمیم‌پذیری بیشتری برخوردار است. لذا در تحقیق حاضر با بررسی روش‌های مختلف محاسبه ضریب زبری مانینگ نسبت به معرفی روشی که کمترین حساسیت را نسبت به تغییرات شکل مقطع داشته باشد اقدام شده است.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق از داده‌های ۹ مدل آزمایشگاهی [15-19، 5-8] و داده‌های ۶ رودخانه طبیعی شامل Weihe, Main, Sevem, Batu, Senggi, Senggai که با استفاده از روش DCM بررسی شد. مشخصات هندسی مدل‌های آزمایشگاهی و رودخانه‌های طبیعی در جدول شماره ۱ آورده شده است.

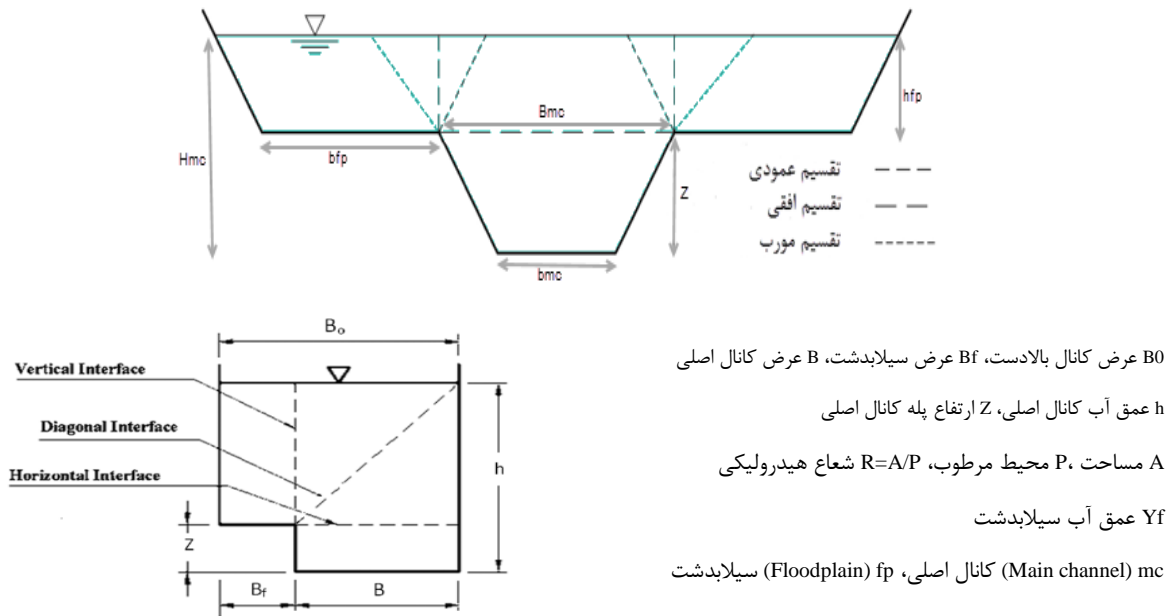
جدول ۱- داده ها مدل آزمایشگاهی و میدانی

S0	Bf	B	Z	
۰/۰۰۲۵	۰/۲	۰/۱	۰/۰۶	
۰/۰۰۲۵	۰/۱	۰/۲	۰/۰۶	Alkhatib et al.
۰/۰۰۲۵	۰/۲	۰/۱	۰/۰۲	
۰/۰۱۰۳	۰/۲	۰/۰۵	۰/۰۵	Joo and Seng
۰/۰۱۰۳	۰/۲	۰/۰۵	۰/۰۵	
۰/۰۰۰۹۹	۰/۴	۰/۴	۰/۰۵	Bousmar
۰/۰۰۱۰۲۷	۲/۲۵	۱/۵	۰/۱۵	FCF06
۰/۰۰۱	۰/۱۹۰۵	۰/۱۷۷۸	۰/۰۵۰۸	
۰/۰۰۲	۰/۱۹۰۵	۰/۱۷۷۸	۰/۰۵۰۸	James and Knight(1)
۰/۰۰۳	۰/۱۹۰۵	۰/۱۷۷۸	۰/۰۵۰۸	
۰/۰۰۱	۰/۳۶۸۳	۰/۱۷۷۸	۰/۰۵۰۸	
۰/۰۰۲	۰/۳۶۸۳	۰/۱۷۷۸	۰/۰۵۰۸	James and Knight(2)
۰/۰۰۳	۰/۳۶۸۳	۰/۱۷۷۸	۰/۰۵۰۸	
۰/۰۰۱	۰/۵۷۱۵	۰/۱۷۷۸	۰/۰۵۰۸	
۰/۰۰۲	۰/۵۷۱۵	۰/۱۷۷۸	۰/۰۵۰۸	James and Knight(3)
۰/۰۰۳	۰/۵۷۱۵	۰/۱۷۷۸	۰/۰۵۰۸	
۰/۰۰۲	۰/۴۰۷۳	۰/۳۹۸	۰/۰۵	Atabay
۰/۰۰۱	۰/۱۲۷۵	۰/۶۲۵	۰/۰۵۵	McIntosh (RCC)
۰/۰۰۱	۰/۲۹۲۵	۰/۵۱۵	۰/۰۵۵	McIntosh (RCC)
۰/۰۰۲	۲	۰/۴	۰/۴	Spooner
۰/۰۰۱۹	۰/۳۲	۰/۱۲	۰/۱۲	khatua -1
۰/۰۰۳۱	۰/۴۵۷	۰/۱۲	۰/۱۲	khatua-2
۰/۰۰۵۳	۱/۶۵	۰/۱۲	۰/۰۸	khatua-3
۰/۰۰۱	۲۹/۶۵	۱/۱	۱/۰۶	Senggai
۰/۰۰۱	۷/۷۳	۲	۱/۳۰۶	Senggi
۰/۰۰۱۶	۲/۲	۲/۵	۱/۵۴۴	Batu
۰/۰۰۰۲	۲۰/۸	۱۷	۵/۹	Sevem
۰/۰۰۳	۴/۵	۱۲/۲	۰/۹۲	Main
۰/۰۰۰۲	۱۲۵۲/۰۸	۱۴۵/۹۲	۷/۲	Weihe

نظر گرفته نشده و فقط برای کانال اصلی استفاده می شود. در این مطالعه، یک کانال مرکب نامتقارن که دارای یک کانال اصلی و یک سیلابدشت است در امتداد صفحه مشترک فرضی (D و H، V) تقسیم می شود. از ۶ روش SC-SID، SC-SIH، SC-SEH، SC-SEV، SC-SIV، SC-SED، SC-SID، SC-SIH که با فرض خطوط تقسیم افقی، عمودی و مورب موجب جداسازی کانال اصلی و سیلابدشتها می شود استفاده شده است (شکل ۲). همچنین تفاوت روش های E و روش های I در محاسبه محیط مرطوب (P) است. در روش های E طول مشترک در محاسبه محیط مرطوب در نظر گرفته نمی شود و در روش های I طول مشترک نیز در محاسبه محیط مرطوب کانال اصلی در نظر گرفته می شود.

هیدرولیک جریان در مقاطع مرکب به دلیل تبادل مومنوم بین مجرای اصلی و سیلابدشتها بسیار پیچیده است. از متداولترین روش های برآورد دبی رودخانه های با سیلابدشت و کانال های مرکب، روشی موسوم به تقسیم بندی کانال، Divided Channel Method (DCM) می باشد. در این روش با تقسیم کانال مرکب به ۲ یا ۳ قسمت، تاثیر متقابل جریان در کانال اصلی با جریان در کانال های سیلابدشت دیده می شود.

روش تقسیم کانال جداگانه (DCM) برای محاسبه دبی مورد استفاده قرار می گیرد. در این روش کل سطح مقطع به صفحه های مشترک فرضی افقی، عمودی و مورب تقسیم می شود. در همه روش ها صفحه های مشترک فرضی در محیط مرطوب برای سیلابدشتها در



شکل ۲- نمایی شماتیک پارامترهای هندسی کانال های مرکب و نحوه تقسیم مقطع در روش های مختلف

Joo and seng [۱۸]، FCF06 [۱۹]، James and Brown [۱۵] شکل مقطع دوزنقه ای می باشد و برای مدل های [۶] Macintosh، [۵] Khatua شکل مقطع هم به صورت مستطیلی و هم به شکل دوزنقه ای می باشد که مشخصات تمامی مدل ها در (جدول ۱) نشان داده شده است.

نتایج و بحث

روش های مختلفی برای برآورد ضریب زبری مانینگ وجود دارد. این روش ها عمدتاً به تقسیم بندی سطح مقطع عبوری جریان به شکل های مختلفی می پردازند و در نهایت برای محاسبه منحنی دبی-اشل از رابطه مانینگ استفاده می شود. از آنجایی که سطح مقطع رودخانه در مسیر آن مخصوصاً در شرایط سیلابی می تواند به شکل قابل توجهی تغییر کند لذا روشی که کمترین حساسیت را نسبت به تغییرات شکل مقطع داشته باشد از قابلیت تعمیم پذیری بیشتری به رودخانه های طبیعی برخوردار است. بر این اساس ابتدا به محاسبه ضریب مانینگ با استفاده از روش های مختلف DCM، همچنین داده های آزمایشگاهی مختلف پرداخته شده است که نتایج آن در نمودار شماره ۱ قابل مشاهده است. در این نمودار ۰/۰۲ تا ۰/۴۳۵ می باشد، مشخص است که ضریب مانینگ در رودخانه محدوده تغییرات ضریب مانینگ برای داده های آزمایشگاهی بین ۰/۰۲ تا ۰/۰۸۹ و داده های رودخانه های طبیعی بین ها خیلی بیشتر از مدل ها است، علاوه بر این در رودخانه های طبیعی روش های مختلف ضریب مانینگ متفاوتی به دست می آید و همچنین به عنوان نمونه محاسبات در رودخانه Weihe به روش های مختلف ضریب مانینگ متفاوتی را نتیجه می دهد، در روش SC-SIH کمترین و در روش SC-SIV بیشترین ضریب مانینگ قابل مشاهده است. لازم به ذکر است نمودار شماره ۱ با استفاده از داده ها و اطلاعات محققان قبلی

برای محاسبه ضریب مانینگ با استفاده از روش (DCM) در مدل های مختلف با توجه به شکل مقطع، فرمول های متفاوتی مورد استفاده قرار گرفته است. برای محاسبه کل دبی عبوری از یک مقطع از رابطه ۵ استفاده می شود

$$Q_t = Q_{mc} + Q_{fp} \quad (5)$$

در این رابطه Q_t ، کل دبی عبوری از یک مقطع مشخص، Q_{mc} دبی عبوری از کانال اصلی و Q_{fp} دبی عبوری از سیلابدشت می باشند. در مرحله بعد، در تمامی مدل ها برای تعیین ضریب زبری، بعد از محاسبه پارامترها با استفاده از ۶ روش و با در نظر گرفتن معادله مانینگ برای محاسبه دبی در کانال اصلی و سیلابدشت از روابط زیر به ترتیب استفاده می شود:

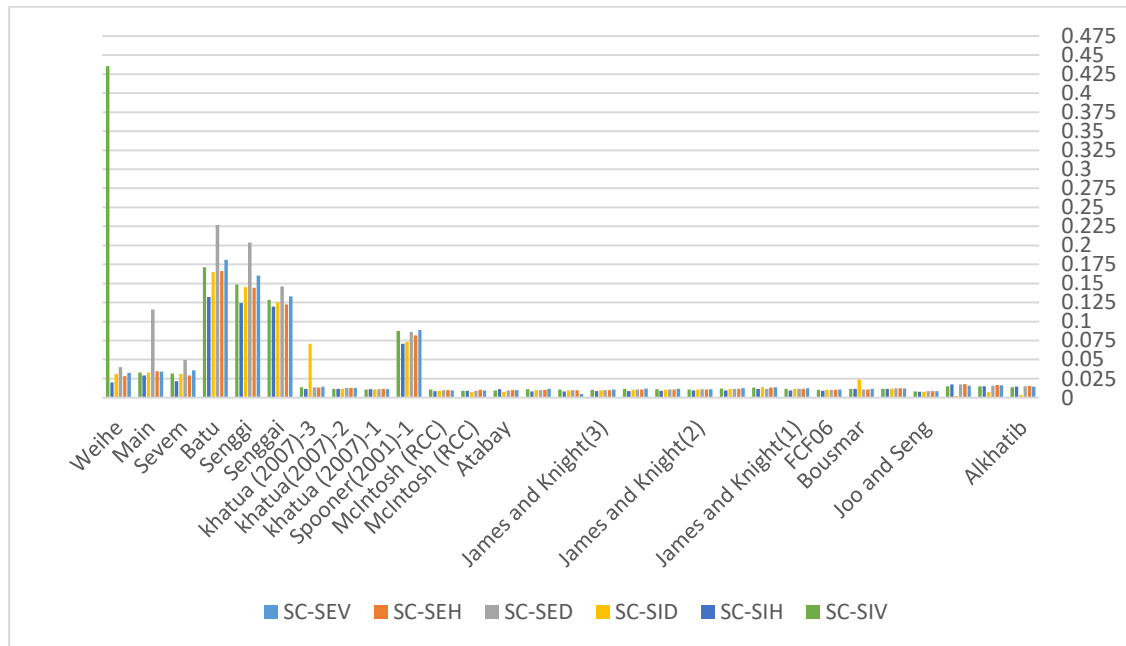
$$Q = \frac{1}{n} \left[(A_{mc} R_{mc}^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}) \times (A_{fp} R_{fp}^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}) \right] \quad (6)$$

$$\alpha = \left[(A_{mc} R_{mc}^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}) \times (A_{fp} R_{fp}^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}) \right] \quad (7)$$

$$Q = \frac{1}{n} \alpha \quad (8)$$

در مدل های [۱۶] Bousmar، [۱۷] Spooner، [۱۷] Atabay و [۸] Alkhatib et al. شکل مقطع مستطیلی می باشد و در مدل های

و داده های ۶ رودخانه طبیعی شامل
Weihe.Main.Sevem.Batu.Senggi.Senggai
ترسیم شده است، داده های این مقاله با داده های محققان قبلی اشاره
شده مقایسه گردیده است.



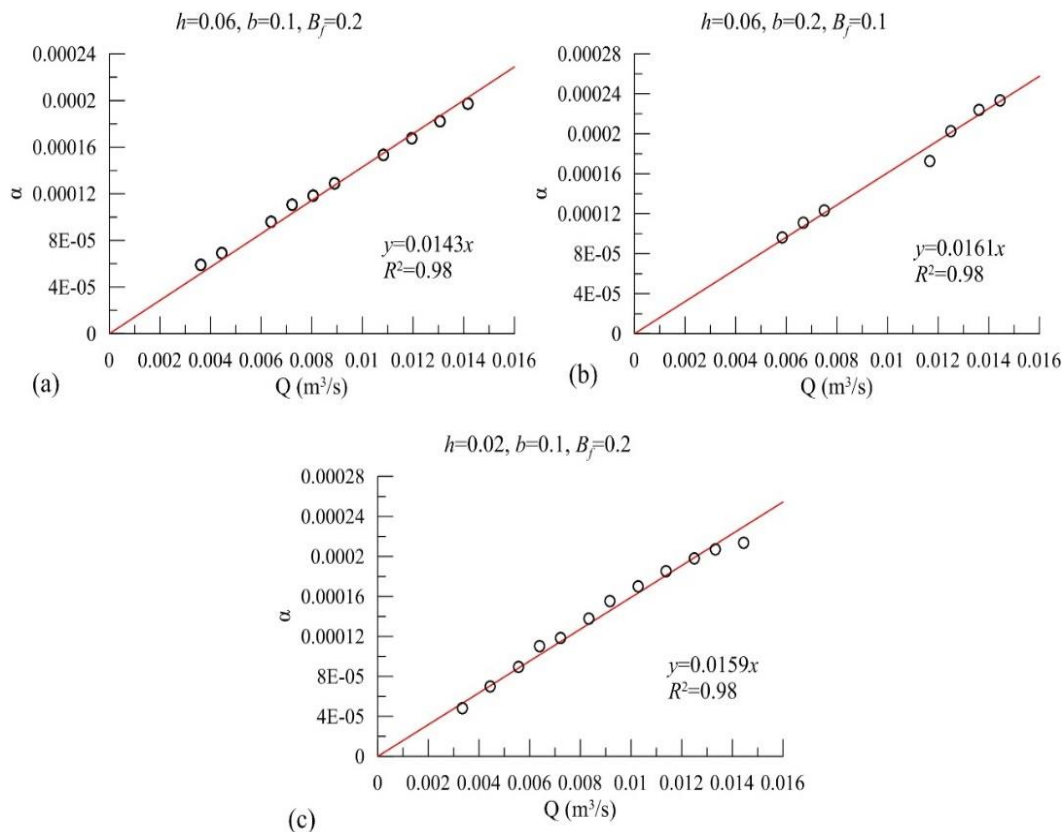
نمودار ۱- مشخصات ضریب مانینگ برای مدل های مختلف

جدول ۲- میزان خطای دبی محاسباتی در ۹ مدل آزمایشگاهی به روش DCM

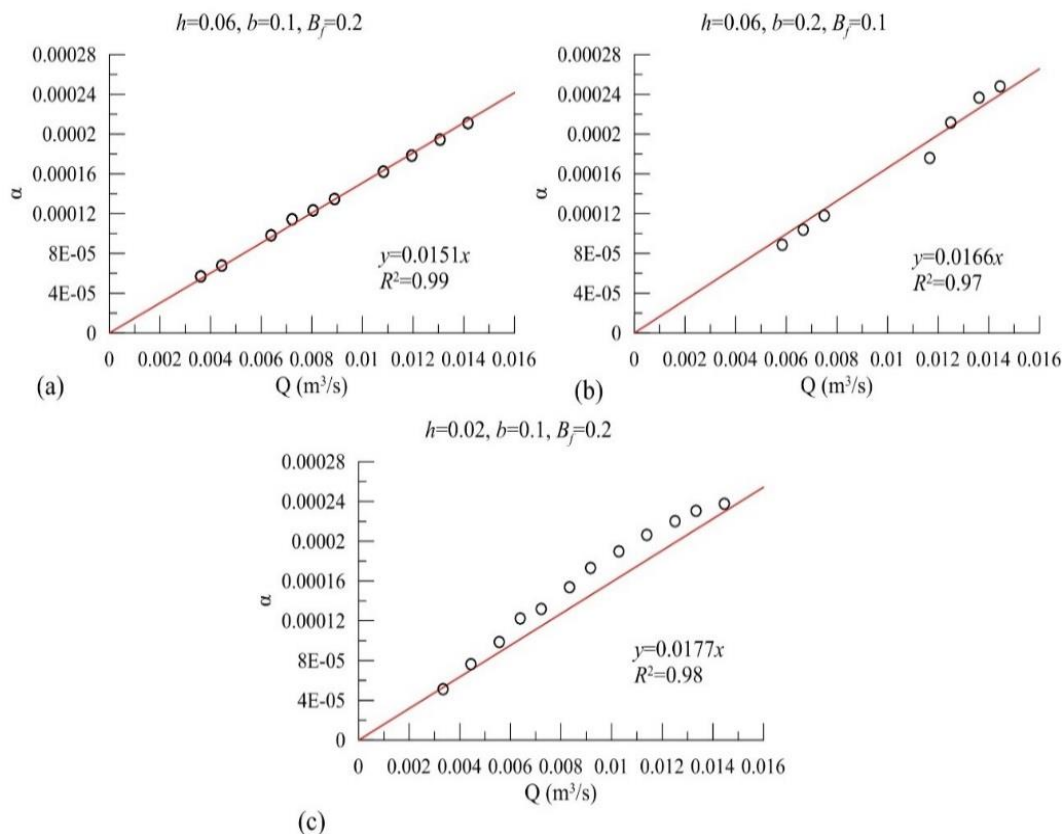
SC-SID	SC-SIH	SC-SIV	SC-SED	SC-SHE	SC-SEV	
۸/۵۵۱	۴/۴۲۸	۲/۲۶	۰/۳۲	۰/۰۴۷	۱/۵۰۲	.Alkhatib et al
۸/۲۳۲	۰/۴۹۳	۱/۰۷۱	۵۹/۰۱	۲۶/۴۸	۰/۵۸۵	Joo and seng
-۱۵/۱۸	-۰/۳۹۷	-۰/۴۶۹	-۰/۳۰۲	-۱/۲۸۵	-۰/۳۹۷	Bousmar
-۶/۱۵	-۰/۰۳۸	۰/۰۴	-۰/۰۶	-۰/۲۷۳	۴/۰۶۳	FCF06
۴/۳۲	۱/۳۶۴	۲۷/۶۷	۴/۵۵	۲۴/۶۱	۲۷/۱۵	James and knight
-۲/۷۶	-۵/۵۵	۲/۰۲	۶/۷۱	۱۰/۷۶	-۲۴/۹۱	McIntosh(RCC)
-۲/۲۱	۵/۴۱	۳/۱۲	۰/۸۵	-۱/۹۸	۲/۰۴	Atabay
۱۲۴/۱۸	۱۲۷/۳۳	-۷۷/۲۹	۱۲۸/۲	۱۳۵/۴۴	۱۲۵/۵	Spooner
۱/۶۹	-۰/۸۲۵	۳/۶۱	۰/۰۰۴	۲/۷۶	۰/۰۳۴	Khatua
۱۳/۴	۱۴/۶۹	-۴/۲۱	۲۲/۱۴	۲۱/۸۳	۱۵/۰۶	AVERAGE

ی نمایش داده شده است. در واقع ضریب خط برازش همان ضریب مانینگ می باشد. همچنین محاسبات تعیین ضریب زبری مانینگ با استفاده از روش های مختلف تقسیم کانال انجام شد. به عنوان نمونه، نمودارهای تعیین ضریب مانینگ در مدل [۸] Alkhatib et al. در شکل های (۳ تا ۸) نشان داده شده است.

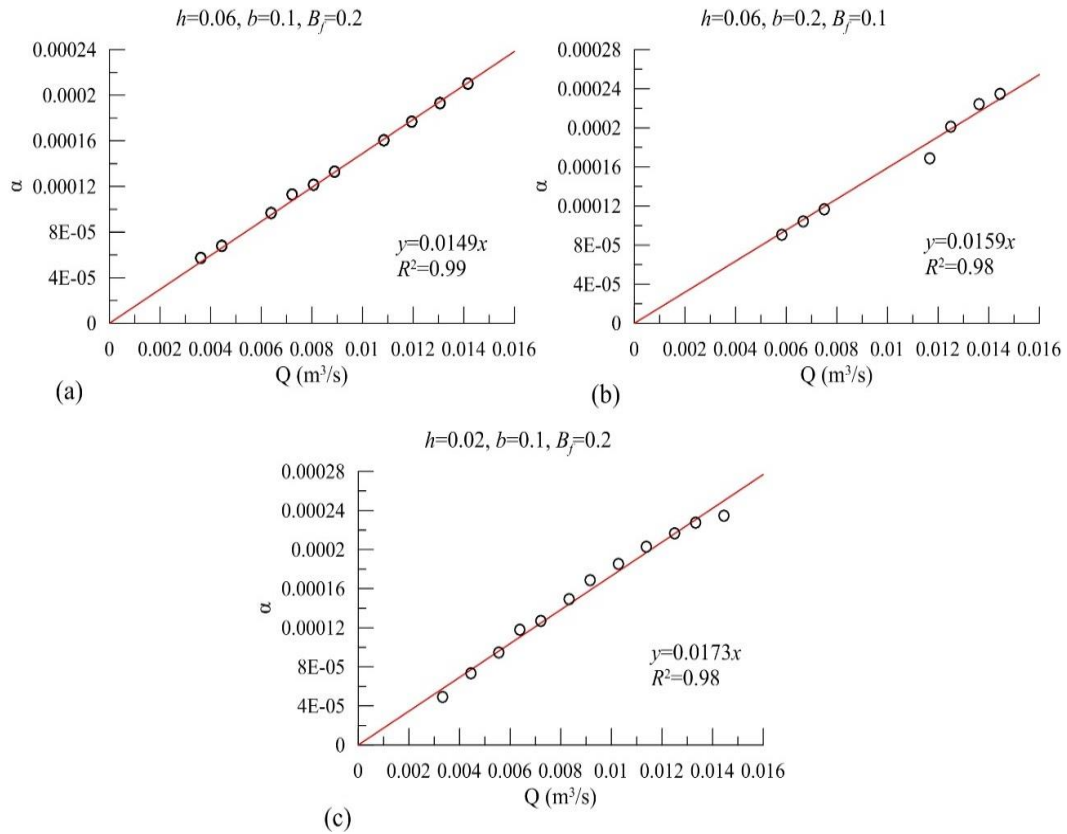
در ادامه با استفاده از داده های آزمایشگاهی به بررسی اثر تغییرات شکل هندسی سطح مقطع روی ضریب مانینگ پرداخته شده است و در نهایت از بین روش های مرسوم برای محاسبه ضریب مانینگ روشی که کمترین حساسیت را نسبت به تغییرات شکل مقطع دارد، شناسایی شد. برای شناسایی و تعیین روش برتر از بررسی و تحلیل نمودارهای $Q-\alpha$ استفاده شد. در این نمودارها مقدار دبی در محور x و مقدار α در محور



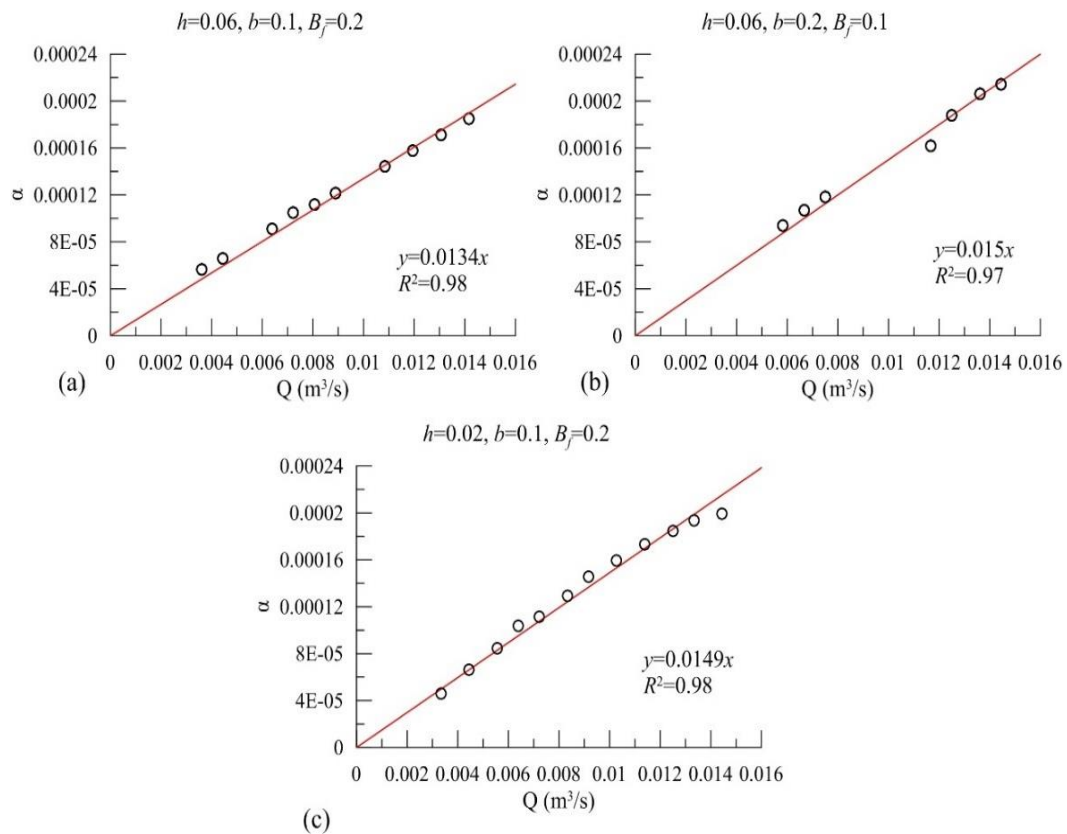
شکل ۳- برآورد ضریب مانینگ با استفاده از روش SC_SEV و داده های [A] Alkhatib et al.



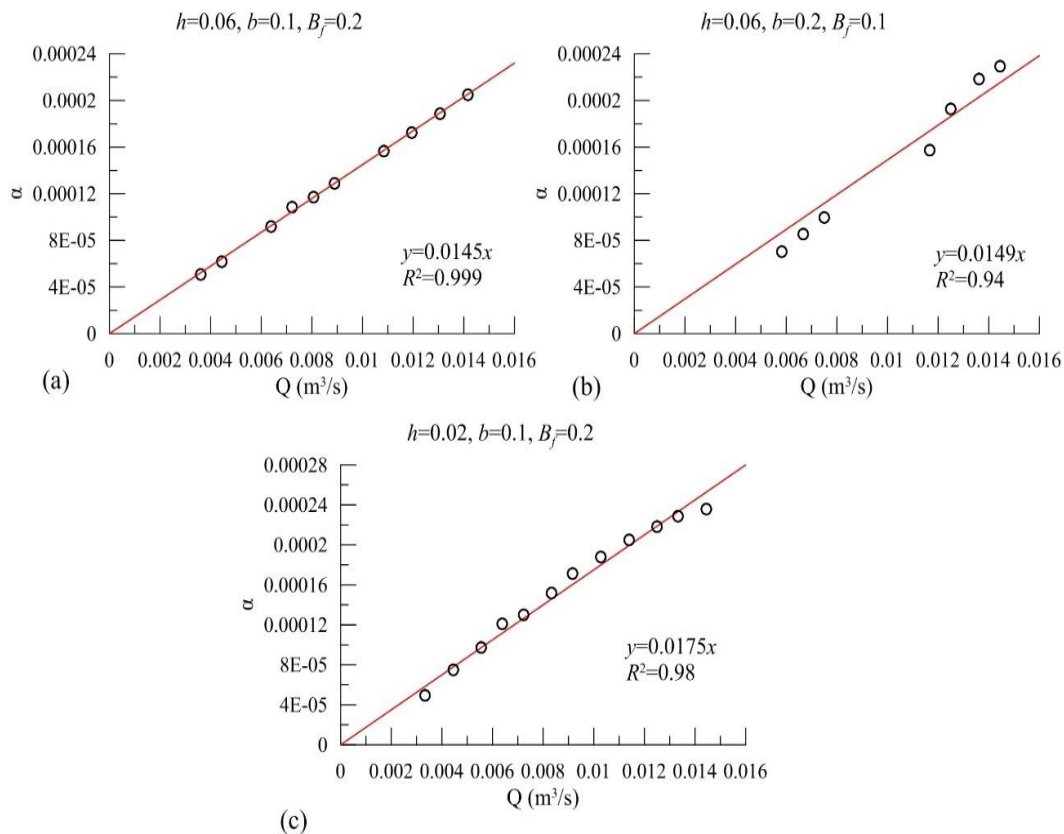
شکل ۴- برآورد ضریب مانینگ با استفاده از روش SC_SEH و داده های [A] Alkhatib et al.



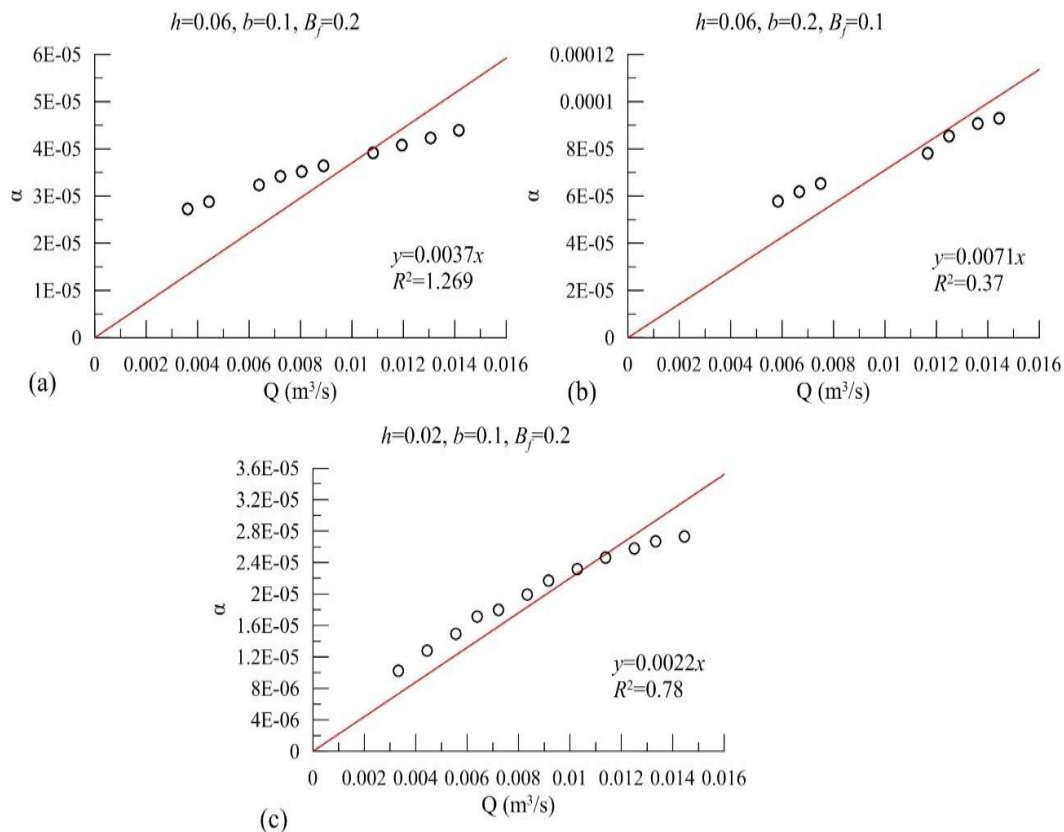
شکل ۵- برآورد ضریب مانینگ با استفاده از روش SC_SED و داده های [۸] Alkhatib et al.



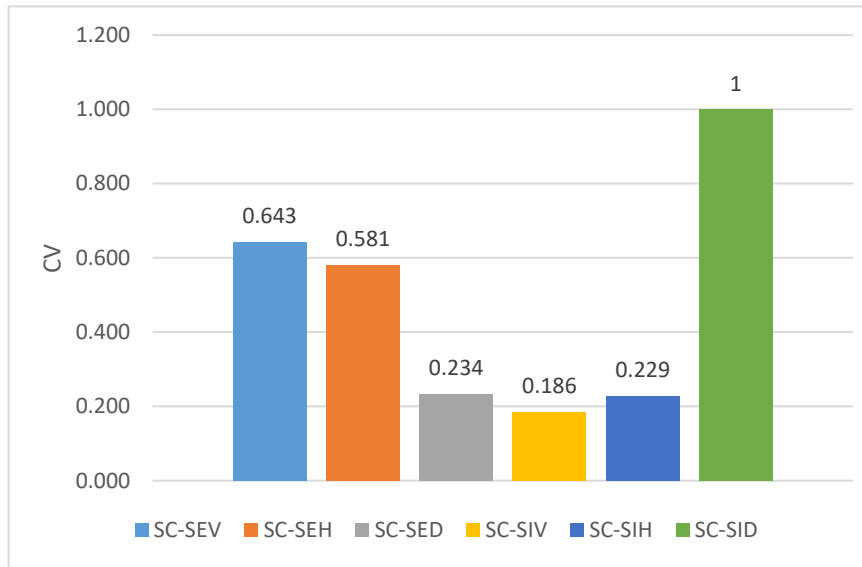
شکل ۶- برآورد ضریب مانینگ با استفاده از روش SC_SIV و داده های [۸] Alkhatib et al.



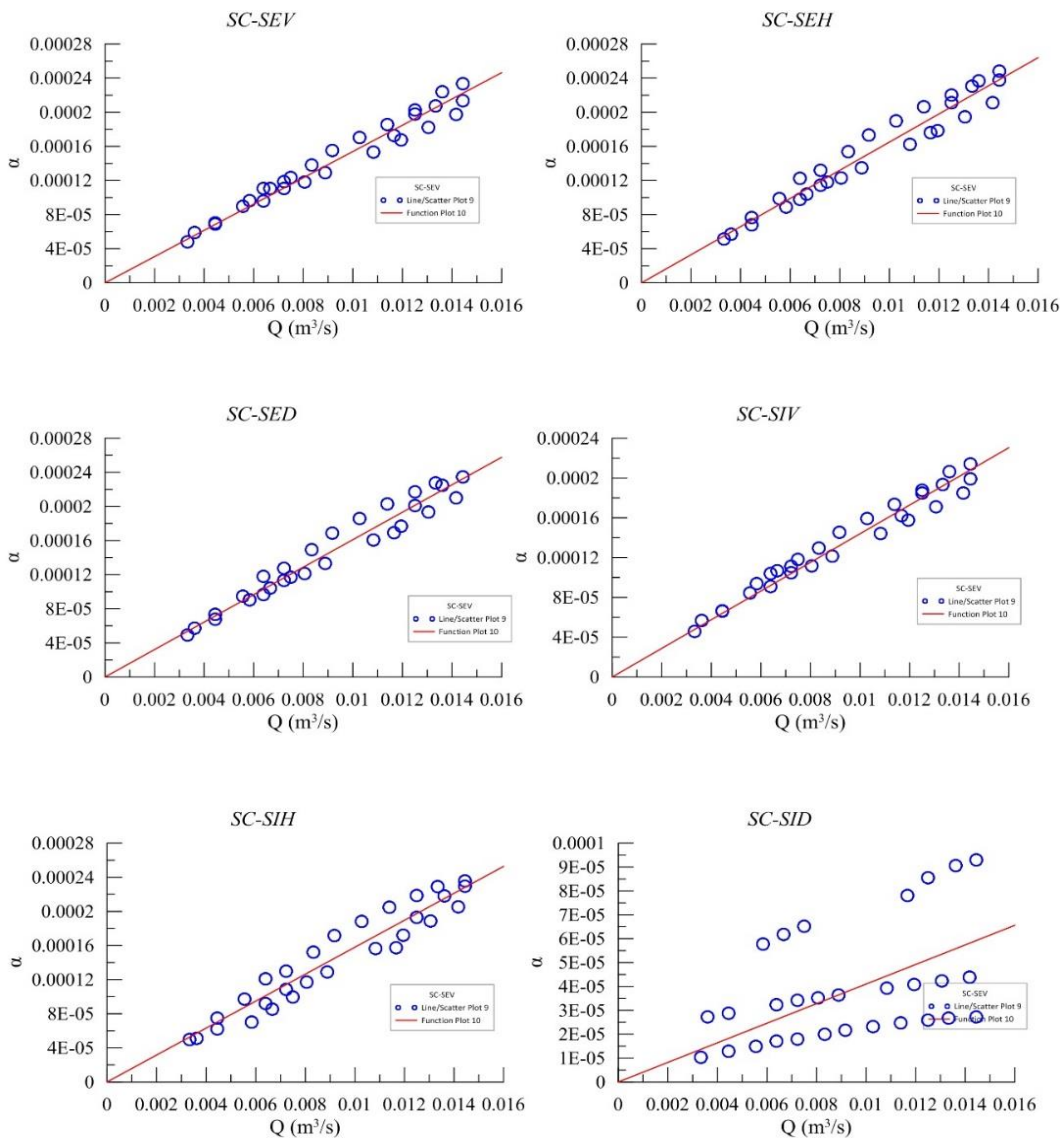
شکل ۷- برآورد ضریب مانینگ با استفاده از روش SC_SIH و داده های [۸] Alkhatib et al.



شکل ۸- برآورد ضریب مانینگ با استفاده از روش SC-SID و داده های [۸] Alkhatib et al.



شکل ۹- نمودار ضریب تغییرات جدول (۲)



شکل ۱۰- برآورد ضریب مانینگ با استفاده از داده های [۸] Alkhatib et al.

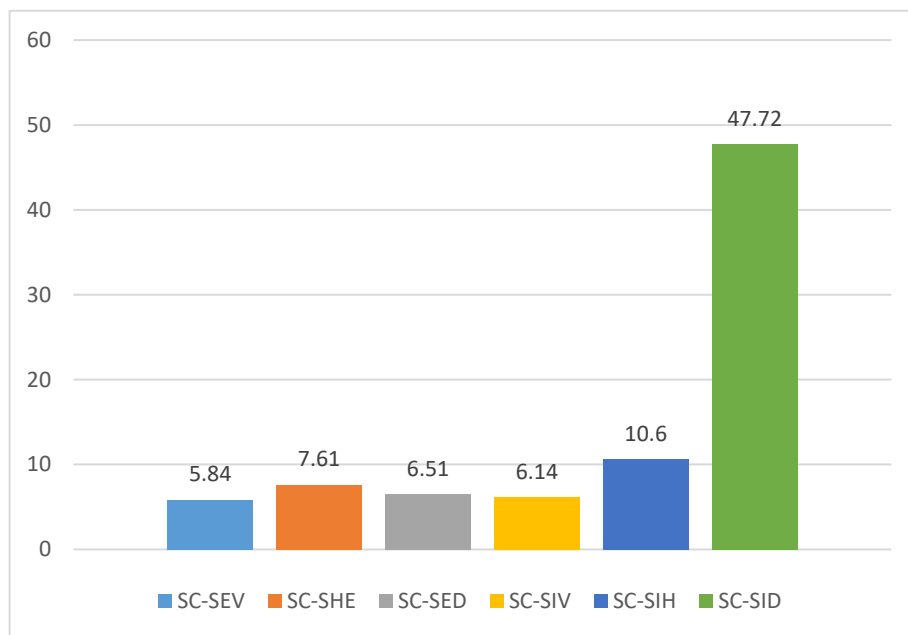
است. در نتیجه، این روش به تغییرات شکل مقطع حساسیت کمتری دارد و گزینه مناسبی برای یافتن منحنی‌های دی-اشل با قابلیت تعمیم‌پذیری بیشتر می‌باشد. شایان ذکر است که سطح مقطع یک رودخانه از پارامترهایی است که به شدت در طول رودخانه و حتی در گذر زمان تغییر می‌کند. لذا استفاده از روشی که کمترین حساسیت را نسبت به تغییرات شکل مقطع داشته باشد از نظر کاربردی بسیار حائز اهمیت می‌باشد. به عنوان نمونه، نمودار تعیین ضریب مانینگ در ۶ سری آزمایش‌های [۸] Alkhatib et al. در شکل ۱۰ نشان داده شده است. همانطور که مشخص است در روش SC-SID پراکنش داده‌ها بسیار زیاد است و در سه روش SC-SEV, SC-SED, SC-SIV شرایط بهتر است. این مطلب نشان می‌دهد که روش SC-SID حساسیت بسیار زیادی نسبت به تغییرات سطح مقطع دارد و نمی‌تواند به عنوان یک روش در تعیین ضریب مانینگ مورد استفاده قرار گیرد. نمودار درصد خطاها نشان می‌دهد که روش SC-SID مورد قبول نمی‌باشد و روش‌های SC-SEV, SC-SED, SC-SIV به ترتیب با میانگین قدر مطلق خطاهای نسبی معادل ۵/۸۴، ۶/۱۴، ۶/۵۱ درصد نسبت به روش‌های دیگر قابل قبول تر است (شکل ۱۱).

روشی که ضریب مانینگ در آن با تغییر مقطع کمترین تغییرات را نشان دهد، حساسیت کمتری نسبت به تغییرات شکل مقطع خواهد داشت. بنابراین در ۹ مدل آزمایشگاهی مورد استفاده در این تحقیق که در کانال‌های مستقیم اما همراه با شکل مقطع‌های متفاوت بوده است، در ابتدا ضریب مانینگ برای هر ۶ روش به دست آمد و سپس با استفاده از روابط (۹) و (۱۰) مقادیر انحراف معیار و ضریب تغییرات مربوط به هر یک از روش‌ها محاسبه شد.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n}} \quad (9)$$

$$cv = \frac{\sigma}{\bar{x}} \quad (10)$$

در روابط بالا σ انحراف معیار، cv ضریب تغییرات، \bar{x} میانگین داده‌ها و n تعداد داده‌ها می‌باشد. محاسبات صورت گرفته در نمودار شکل ۹ نشان می‌دهند که در کانال‌هایی که زبری نداشته و مستقیم باشد و فقط شکل مقطع تغییر می‌کند، ضریب تغییرات در روش SC-SIV از تمام روش‌های دیگر کمتر

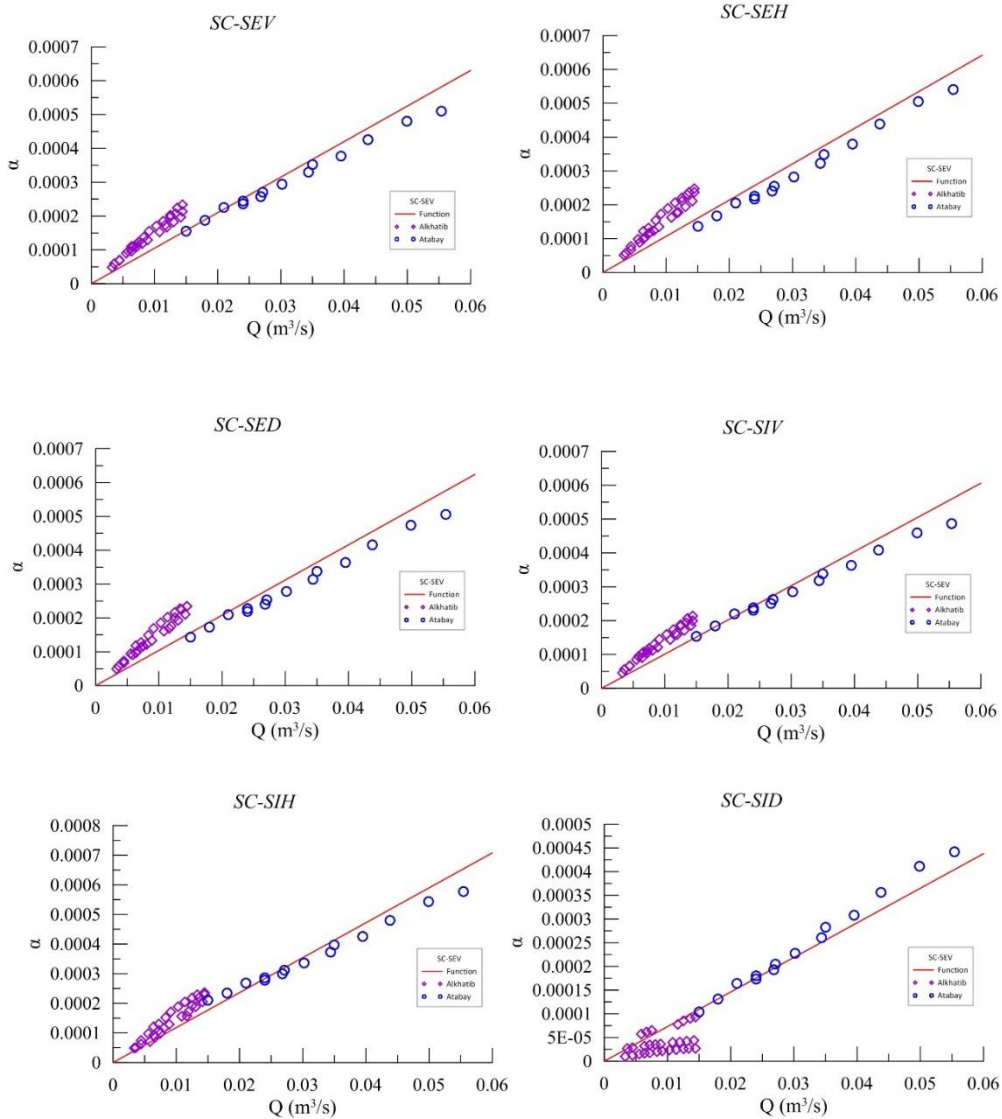


شکل ۱۲- نمودار درصد خطاهای روش‌های مختلف برآورد ضریب مانینگ با استفاده از داده‌های [۸] Alkhatib et al.

ایجاد جریان یکنواخت به طور کامل میسر نیست و محققان مختلف برای ایجاد جریان شبه یکنواخت معیارهای مختلفی را در نظر می‌گیرند. در نتیجه می‌توان گفت امکان تعمیم نتایج مدل آزمایشگاهی به یکدیگر نیز به سختی حاصل می‌شود.

در خصوص تعمیم‌پذیری نتایج مقایسه‌ای بین دو مدل آزمایشگاهی [8] Alkhatib et al. و [17] Atabay که هر دو مربوط به کانال با مقطع مستطیلی و بدون زبری می‌باشند انجام شد. در صورتی که تمام این داده‌ها با هم در یک نمودار ترسیم شوند مشاهده می‌شود که روند آنها متفاوت است و ضرایب مانینگ مختلفی بدست خواهد آمد (شکل ۱۲).

این اختلاف به این دلیل است که مطالعات آزمایشگاهی با فرض جریان یکنواخت انجام می‌شود ولی به دلیل طول کم کانال آزمایشگاهی امکان



شکل ۱۲- برآورد ضریب مانینگ با استفاده از داده های [۸] Alkhatib et al. و [۱۷] Atabay

نتیجه گیری

در کانال هایی که زبری نداشته و مستقیم باشد و فقط شکل سطح مقطع تغییر می کند، ضریب تغییرات در روش SC-SIV از تمام روش های دیگر کمتر است. در نتیجه، این روش به تغییرات شکل مقطع حساسیت کمتری دارد و گزینه مناسبی برای یافتن منحنی های دبی-اشل با قابلیت تعمیم پذیری بیشتر می باشد. روش های SEV, SED, SIV دارای نتایج بهتری در تخمین ضریب مانینگ دارند و روش SC-SID نتایج غیر قابل قبولی را ارائه می دهد و حساسیت زیادی نسبت به تغییرات

سطح مقطع دارد. درصد خطا در سه روش SEV, SED, SIV به ترتیب ۶/۱۴، ۵۱/۶، ۸۴/۵۱ به دست آمده است. داده های آزمایشگاهی به دست آمده از مطالعات [۱۷] Atabay، [۸] Alkhatib et al. که هر دو مقطع مستطیلی صاف دارند، ضرایب مانینگ متفاوتی را نشان می دهند (روند خط برازش در نمودارها متفاوت است) که این موضوع به دلیل فرض جریان یکنواخت و عدم امکان ایجاد جریان یکنواخت کامل در آزمایشگاه است.

References

1. Kouchakzadeh. S MN. Free Surface Flow Hydraulics. Tehran, Iran: University of Tehran press; 1992.
2. Shiono K, Al-Romaih JS, Knight DW. Stage-Discharge assessment in

3. compound meandering channels. J Hydraul Eng. 1999;125(1):66-77.
3. FaghfourMaghrebi M, Heidarbeigi AA. Analytical Investigation of Stage-Discharge Relationships of Compound-

- Composite Channels. J Civ Eng. 2010;21(1):125-41.
4. Singh P, Tang X. Zonal and Overall Discharge Prediction Using Momentum Exchange in Smooth and Rough Asymmetric Compound Channel Flows. Vol. 146, Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 2020.
 5. Khatua KK. Interaction of Flow and Estimation of Discharge in two Stage Meandering Compound Channels. Department of Civil Engineering National Institute of Technology Rourkela, India.; 2007.
 6. Macintosh JC. Hydraulic characteristics in channels of complex cross-section. Department of Civil Engineering University of Queensland AUSTRAL.; 1990.
 7. Spooner J. Flow structures in a compound meandering channel with at and natural bedforms. Loughborough University, England.; 2001.
 8. Al-Khatib IA, Dweik AA, Gogus M. Evaluation of separate channel methods for discharge computation in asymmetric compound channels. Vol. 24, Flow Measurement and Instrumentation. 2012. p. 19-25.
 9. A. Maghrebi, M. F. Heidarbeigi A. Analytical Investigation of Stage-Discharge Relationships of Compound-Composite Channels. Journal of Civil Engineering Ferdowsi. 2010; 21(1): 125.
 10. Nourozi, Gh. Ahmadi, M. M. Ghaderi, K. Hashemi MS. Prediction of discharge-Ashle relationship using data group control (GMDH) method (Case study: Mand River in Bushehr province). In: International conference on sustainable development, strategies and challenges with a focus on Agriculture, Natural Resources, Environment and Tourism. 7-9 March 2017, Tabriz, Iran.; 2017.
 11. Mohaghegh A, Kouchakzadeh S. Evaluation of Stage-Discharge Relationship in Compound Channels. J Hydrodyn. 2008 Feb 1;20(1):81-7.
 12. Hin LS, Bessaih N, Ling LP, Ghani AA, Zakaria NA, Seng MY. A study of hydraulic characteristics for flow in equatorial rivers. Int J River Basin Manag. 2008 Sep;6(3):213-23.
 13. Abdelhaleem FS, Amin AM, Helal EY. Mean flow velocity in the Nile River, Egypt: an overview of empirical equations and modification for low-flow regimes. Hydrol Sci J. 2021 Jan 25;66(2):239-51.
 14. Ogbiye AS, Onakunle OO, Omole DO. Hydro-geometrical data analyses of River Atuwara at Ado-Odo/Otta, Ogun State. Data Br. 2018 Jun;18:1795-801.
 15. James Maurice BBJ. Geometric parameters that influence floodplain flow. 1977.
 16. Bousmar D. Flow modelling in compound channels: momentum transfer between main hannel and prismatic or non-prismatic floodplains. UCL; 2002.
 17. Atabay S. Stage-discharge, resistance and sediment transport relationships for flow in straight compound channels. University of Birmingham, U.K.; 2001.
 18. Joo. CBH SD. Study of Flow in a Non-symmetrical Compound Channel with Rough Flood Plain. J Inst Eng. 2008;69(2):18-26.
 19. University of Birmingham. Flow database [online]. <http://www.flowdata.bham.ac.uk>. 2001.

