

ارائه روشی جدید برای محاسبه ضریب مانینگ در کانال های با مقطع مرکب

محمد هوشمندزاده

کارشناس مهندسی عمران - دانشکده مهندسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز و عضو باشگاه پژوهشگران جوان

hooshmandzadeh_civil@yahoo.com

چکیده

برآورد دقیق ضریب مانینگ یکی از مسائل مهم و اساسی در مطالعات هیدرولیک کانال های باز می باشد. در روندیابی سیلاب در رودخانه های طبیعی، در عمل بیشتر کانال ها دارای مقاطع مرکب بوده و مقدار ضریب مانینگ در آبراهه اصلی و دشت سیلابی با هم تفاوت دارند. برای اینکه جواب های حاصل دقیق تر باشند می بایستی ضرایب مانینگ آبراهه اصلی و دشت سیلابی بصورت جداگانه مورد نظر قرار گیرند. در این تحقیق روابطی برای محاسبه ضریب مانینگ کانال اصلی و سیلابدشت ارائه شد و کارایی آنها در یک کانال فرضی و نیز رودخانه دونگ در کشور ویتنام مورد بررسی قرار گرفت. مدل مزبور را می توان در رودخانه های طبیعی نیز بکار برد. نتایج حاصله نشان می دهد که ضریب مانینگ کانال اصلی و سیلابدشت با هم تفاوت داشته و ضریب زبری با گذشت زمان تغییر می نماید.

کلید واژه ها: مانینگ، دونگ کت، بینهو، ویتنام، کریشنامورتی

۱- مقدمه

ضریب زبری مانینگ تمامی عوامل موثر در مقاومت بستر کانال در برابر جریان را در خود مستتر دارد و نیز شدت افت انرژی را در یک جریان نشان می دهد. در محاسبات هیدرولیک کانال های باز، ضریب مانینگ باید با توجه به وضعیت کانال مورد مطالعه به عنوان یکی از اطلاعات اولیه طراحی تخمین زده می شود. قضاوت مهندسی در تخمین این ضریب نقش مهمی داشته و در نتیجه مهندسان مجرب در یافتن این ضریب مشکل زیادی نخواهند داشت ولی مهندسانی که از تجربه کافی برخوردار نیستند به دقت بیشتری نیاز دارند تا انتخاب آنها به جای حدس و گمان تا اندازه ممکن صحیح و مستدل باشد. در این تحقیق با استفاده از ۲۰ تابع کثیرالجزء مجزا، ضریب زبری برای کانال اصلی و سیلابدشت ارائه خواهد شد.

۲- پیشینه معادله مانینگ

زمانی که کارهای وسیع و زیادی در زمینه جریان یکنواخت در نیمه اول قرن نوزدهم انجام شده بود، رابرت مانینگ به عنوان یک مهندس زهکشی، شروع به کار نمود. مانینگ فردی خود آموخته بود که نوشته های محققان فرانسوی را درباره هیدرولیک بسیار تحسین می نمود. او در سال ۱۸۱۶ یکسال بعد از جنگ واترلو در نورماندی به دنیا آمد. فرمول جریان یکنواختی که نام او را بلند آوازه نمود، توسط وی در سال ۱۸۸۹ میلادی و در سن ۷۳ سالگی در یک مقاله، با نام "جریان آب در کانال های باز و لوله ها" انتشار یافت. اصولاً فرمول مانینگ بر اساس کارهای مشترک بازن^۱ و دارسی^۲ استوار است. او در این مقاله، هفت فرمول شناخته شده سرعت جریان یکنواخت در یک کانال را معرفی نمود. همه این فرمول ها، سرعت را بصورت تابعی از شعاع هیدرولیکی و شیب کف کانال بیان می کنند. انتشار فرمول جریان یکنواخت به نام مانینگ تا اندازه زیادی مرهون فلامنت^۳ است.

۱-۲- محدودیت کاربرد معادله مانینگ

مقدار ضریب مانینگ فقط در حالتی که کف و بدنه های کانال زبر و جریان آشفته است، ثابت بوده و به عدد رینولدز وابسته نیست. نکته اخیر به این مفهوم است که چون در معادله مانینگ، n ثابت فرض می شود. لذا این معادله فقط برای مرزهای زبر در جریان متلاطم صادق بوده و کاربرد دارد. به عبارت دیگر از معادله مانینگ نمی توان برای مرزهای صاف و بینابین در جریان متلاطم استفاده نمود.

۳- تعیین ضریب زبری مانینگ

ضریب زبری مانینگ تمامی عوامل موثر در مقاومت بستر کانال در برابر جریان را در خود مستتر دارد و نیز شدت افت انرژی را در یک جریان نشان می دهد. مشکل اصلی در کاربرد معادله مانینگ، تخمین درست مقدار ضریب مانینگ است. اعتماد به نتایج محاسبات به صحت انتخاب n است. ضریب زبری به عوامل فراوانی بستگی دارد و در تعیین آن باید این عوامل را مد نظر قرار داد. همچنین انتخاب صحیح n به تجربه و قضاوت مهندس مسوول طرح دارد. مهندسانی که از تجربه کافی برخوردار نیستند به دقت بیشتری نیاز دارند تا انتخاب آنها به جای حدس و گمان تا اندازه ممکن صحیح و مستدل باشد. عوامل زیر بر زبری تاثیر دارند: ۱- زبری سطح: که به دو عامل اندازه و شکل زبری جداره کانال بستگی دارد. ۲- بار معلق و بار رسوب: این دو

¹-Bazin

²-Darcy

³-Flamant

عامل باعث افزایش ضریب زبری می گردند. ۳- موانع: وجود موانعی مانند پایه های پل باعث افزایش ضریب زبری می شود. ۴- نامنظمی کانال: بیانگر تغییرات شکل و اندازه مقطع در طول کانال و نامنظمی محیط خیس شده می باشد. ۵- رسوب گذاری و آب شستگی: رسوب گذاری باعث تبدیل شدن کانال نامنظم به کانال یکنواخت و در نتیجه سبب کاهش ضریب زبری می شود. ۶- در انحنای ملایم و شعاع قوی بزرگ، تاثیر بر زبری بسیار کم است. ۷- اشل و دبی: این دو فاکتور با ضریب زبری رابطه معکوس دارند. ۸- پوشش گیاهی: که به فاکتورهایی همچون ارتفاع، تراکم، توزیع و نوع پوشش گیاهی بستگی دارد. تاثیر گذشت زمان و تغییر قصول را باید در تغییرات n مد نظر داشت.

۱-۳- معادلات تجربی محاسبه ضریب زبری مانینگ

کسب اطلاعات صحرائی جهت تعیین زبری بسیار سخت و مستلزم صرف هزینه و زمان زیاد می باشد. به همین خاطر در تحلیل مسائل هیدرولیکی، در اکثر موارد، از معادلات تجربی و یا نیمه تجربی و یا جداول استفاده می شود. این روابط بر اساس این فرض که مقاومت جریان عمده تحت تاثیر زبری مواد تشکیل دهنده کف و دیواره ها است تا شکل و فرم زبری بستر بنا شده اند. همچنین این روابط برای بازه های نسبتاً مستقیم و یکنواخت و فاقد پوشش گیاهی و موانع بدست آمده اند. فرم کلی این روابط تجربی بصورت زیر می باشد:

$$n = aD^b \quad (1)$$

که در آن D شاخص اندازه مواد بستری، a و b ضرایب ثابت معادله و n ضریب زبری مانینگ است. کراوس^۱ (۱۹۵۱)، چاو^۲ (۱۹۵۹) و گراف^۳ (۱۹۸۴) جدول کامل ضریب مانینگ را ارائه کرده اند. در جریانهای غیر ماندگار در کانال ها، نمی توان بصورت مستقیم یا صریح مقدار ضریب زبری را تعیین نمود بلکه بایستی از معادلات تجربی چاو (۱۹۵۹) و ارکهارت^۴ (۱۹۷۵) استفاده نمود. بنابراین مقدار ضریب زبری اغلب بصورت آزمون و خطا بر مبنای مقایسه میان داده های مدلسازی و واقعیت تخمین زده می شوند. اثر پوشش گیاهی بر ضریب زبری به وسیله چاو (۱۹۵۹) و والیش^۵ بطور کامل مورد بررسی قرار گرفته است. اداره زمین شناسی آمریکا با توجه به مطالعات بارنز در سال ۱۹۶۷ عکسهای رنگی و داده های توصیفی مربوط به تعیین ضریب زبری ۵۰ نوع مجرا را انتشار داد. این نشریه در برآورد مقادیر n رودخانه های طبیعی ابزار مفیدی برای کمک به مهندسان در پروژه های صحرائی می باشد. روش دیگر تعیین n به ویژه در مورد رودخانه ها، استفاده از معادلات تجربی مخصوص مهندسی رودخانه می باشد. این روابط عموماً به قطر ذرات تشکیل دهنده جدار و بستر آبراهه بستگی دارند فرد و اسمیت^۶ (۱۹۷۸) از روش اصلاح شده نیوتن-رافسون برای تخمین ضریب زبری مانینگ بصورت تابعی از دبی جریان و تراز سطح آب استفاده نمودند. آنها قدر مطلق تفاوت مقادیر دبی و تراز سطح آب محاسباتی و مشاهداتی را بهینه نمودند. خطیبی و همکاران (۱۹۹۷) در تحقیق خود از روش غیر خطی جذر مربعات به انضمام روش اصلاح شده گاوس - نیوتن استفاده کردند. آتانوف^۷ و همکاران (۱۹۹۹) از روش لاگرانژی دوگانه با استفاده از جذر مربعات خطاها برای تخمین ضریب زبری مانینگ بهره گرفتند. البته این روش فقط در کانال های منشوری بکار می رود. دینگ^۸ و همکاران (۲۰۰۴) از یک روش شبه نیوتنی برای تخمین ضریب مانینگ در آبهای کم عمق استفاده کردند. روش های فوق برای تعیین ضریب زبری دیواره های کانال مورد استفاده قرار می گیرند ولی در روند یابی جریان در رودخانه ها، عملاً با مقاطعی مواجه هستیم که از جنس های مختلفی تشکیل شده اند و بدین صورت، زبری کانال اصلی و سیلابدشت با هم تفاوت دارند. در روش پیشنهادی نگوین و فنتون (۲۰۰۴) ضریب زبری کانال اصلی و سیلابدشت ثابت هستند. البته در بسیاری از کانال ها ضریب زبری با تغییر دبی جریان و تراز سطح آب تغییر می نماید. در این کانال ها دیگر ضریب زبری کانال اصلی و سیلابدشت با هم تفاوت خواهد داشت.

۴- روش تعیین ضریب زبری مانینگ در کانالهای با مقطع مرکب

گاهی اوقات مشاهده می شود که ساختمان مواد کف کانال و دیواره های کانال به هم متفاوتند و یا روی سطح کانال از یخ پوشیده شده و بالاخره ممکن است سطح مقطع کانال ساده نباشد. چنین کانالی می تواند یک فلوم آزمایشگاهی با جوانب شیشه ای (برای مشاهده جریان) و کف فلزی و یا چوبی باشد و یا می توان کانالهای مصنوعی را به نحوی طراحی نمود که دارای کف خاکی بوده ولی جوانب آنها برای جلوگیری از تراوش آب و یا ریزش بدنه از پوشش سخت تشکیل می شود. مقاطع مرکب کانالهای طبیعی و رودخانه ها مثالی مشخص تر از کانالهای با زبری متفاوت می باشند. چنین کانالهایی را اصطلاحاً "مرکب" می نامند. رودخانه هایی که در نواحی عمیق کف آنها شنی ولی در مناطق ساحلی و سیلابی دارای پوشش گیاهی هستند. در چنین کانال هایی لازم است که یک زبری معادل را تعریف نمود تا بتوان آن را برای تمام مقطع کانال در رابطه مانینگ مورد استفاده قرار داد. این زبری معادل را گاهی زبری مرکب (معادل) نیز می نامند. اصولاً نمی توان بصورت مستقیم ضریب زبری را اندازه گیری نمود بلکه باید آن را تخمین زد. روشهای مختلفی در تخمین زبری معادل مانینگ ارائه شده است که در اینجا به روش متداولتر آن اشاره می شود.

¹-Crause

²-Chow

³-Graf

⁴-Urquhart

⁵-Wallisch

⁶-Fred and Smith

⁷-Atanov

⁸-Ding

⁹-Composite Roughness

۱- رابطه هورتن- اینستین: این دو فرض نمودند که هر جز مساحت (A_i) از مقطع تحت تاثیر پیرامون مرطوب (P_i) و ضریب زبری مانینگ (n_i) می باشد و همچنین سرعت متوسط در هر یک از این جز مساحتها مساوی و برابر سرعت متوسط کل جریان بر مبنای زبری معادل می باشد. رابطه هورتن - اینستین در تعیین زبری معادل موسوم است . در این رابطه با معلوم بودن n_i و P_i و پیرامون مرطوب کل می توان زبری معادل را بدست آورد.

۲- رابطه پاولوفسکی: پاولوفسکی و دیگران فرض نمودند که نیروی رانش کل در یک بازه از کانال بر مبنای سرعت متوسط و پیرامون مرطوب کل معادل با جمع نیروی رانش در هر یک از مساحتها تفکیک شده باشد و نیز اینکه سرعت متوسط و شعاع هیدرولیکی در هر یک از این جز مساحتها مساوی و برابر سرعت متوسط و شعاع هیدرولیکی جریان می باشد. در نتیجه فرمول زیر را به دست آوردند.

$$n_e = \frac{\left(\sum n_i^2 P_i\right)^{0.5}}{P^{0.5}} \quad (2)$$

۳- رابطه لوتر: لوتر با فرض اینکه دبی جریان در کل مقطع با جمع دبی جریان در هر یک از مساحتها جز می باشد ، رابطه خود را در تعیین زبری معادل به شکل زیر ارائه نمود:

$$n_e = \frac{PR^{\frac{5}{3}}}{\sum \left(\frac{P_i R_i^{\frac{5}{3}}}{n_i} \right)} \quad (3)$$

۴- رابطه کریشنامورتی و کریستینسن
با قبول فرض توزیع لگاریتمی سرعت در راستای عمق یک مقطع ، کریشنامورتی و کریستینسن رابطه زیر را بدست آوردند:

$$\ln n_e = \frac{\sum_{i=1}^N P_i y_i^{1.5} \ln n_i}{\sum P_i y_i^{1.5}} \quad (4)$$

که در آن y_i عمق جریان در زیر سطح i ام و \ln لگاریتم طبیعی می باشد.
موتاید و کریشنامورتی با کمک داده های مربوط به مقاطع ۳۶ کانال طبیعی که بوسیله سازمان زمین شناسی آمریکا تهیه شده بود ، چهار رابطه فوق را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج کار آنها بیانگر آن است که خطای میانگین محاسباتی توسط رابطه لوتر کمترین مقدار است. در هر حال ، هر یک از روابط فوق مقدار n_e را بطور رضایت بخشی در کانال های طبیعی و مصنوعی بدست می دهند.

۵- روش انجام کار

۱- معادلات مورد استفاده

معادلات اندازه حرکت و پیوستگی که از آنها برای بیان جریان ناپایدار در کانال ها استفاده می شود ، اولین بار توسط سنت ونانت در سال ۱۸۷۱ بسط یافتند . این معادلات ، دیفرانسیلی جزئی شبه خطی از مرتبه اول و نوع هذلولوی هستند که بایستی بطور همزمان حل شوند. شکل کلی این معادلات بصورت زیر است:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q \quad (5)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + 2\beta \frac{Q}{A} \frac{\partial Q}{\partial x} + \left(gA - \beta \frac{Q^2 B}{A^2} \right) \frac{\partial Z}{\partial x} - \beta \frac{Q^2 B}{A^2} S_0 + gAS_f - u_q q = 0 \quad (6)$$

که در آن A سطح مقطع جریان ، Q دبی ، Z تراز سطح آب ، q دبی جانبی در واحد طول کانال ، B عرض کانال در تراز Z ، β ضریب تصحیح مومنوم ، g شتاب ثقل ، S_0 شیب کف کانال ، S_f شیب اصطکاکی ، t مختصه زمان ، x مختصه مکان است. S_f با استفاده از معادله مانینگ بدست می آید:

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S_f^{\frac{1}{2}} \quad (7)$$

که در آن V سرعت متوسط جریان بر حسب متر بر ثانیه ، R شعاع هیدرولیکی بر حسب متر و n ضریب مانینگ است. در کانال های مرکب فرض بر این است که شیب اصطکاکی در کانال اصلی و سیلابدشت با هم برابر هستند . ضریب انتقال در اینگونه کانال ها با استفاده از روش تفکیک مقطع محاسبه می شود. سپس ضریب انتقال کل از جمع مقدار این پارامتر در کانال اصلی و سیلابدشت بدست می آید، پس :

$$S_f = \frac{Q_c |Q_c|}{K_c^2} = \frac{Q_f |Q_f|}{K_f^2} = \frac{Q |Q|}{(\sum K_i)^2} \quad (8)$$

که در آن Q_c و Q_f و Q بترتیب دبی کانال اصلی ، سیلابدشت و کل دبی جریان هستند. K_c ، K_f و K بترتیب ضرایب انتقال کانال اصلی ، سیلابدشت و ضریب انتقال کل می باشند و از رابطه زیر بدست می آید:

$$K_i = \frac{A_i R_i^{\frac{2}{3}}}{n_i} \quad (9)$$

که در آن K_i ضریب انتقال ، A_i مساحت مقطع جریان ، R_i شعاع هیدرولیکی ، n ضریب مانینگ و i شماره مقطع است. در این تحقیق روابط چند جمله ای زیر بصورت تابعی از تراز سطح آب برای محاسبه ضریب زبری کانال اصلی و سیلابدشت بصورت زیر پیشنهاد شد:

الف- کانال اصلی

$$n_c = a_0 + a_1(Z - Z_0) + a_2(Z - Z_0)^2 \quad (10)$$

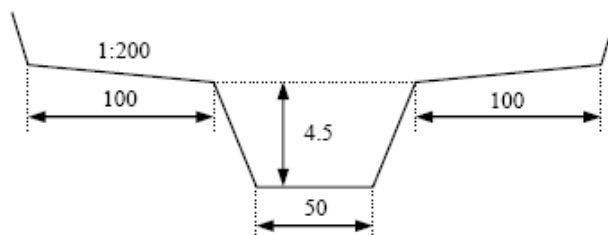
ب- سیلابدشت

$$n_f = b_0 + b_1(Z - Z_f) + b_2(Z - Z_f)^2 \quad (11)$$

که در آنها n_c و n_f ضریب زبری کانال اصلی و سیلابدشت ، Z تراز سطح آب ، Z_f تراز آب در سیلابدشت ، Z_0 کمینه تراز آب در یک مقطع معین که در آن ویژگی های مقع عبوری را بصورت یک جدول وارد نمود. a_0 ، a_1 ، a_2 ، b_0 ، b_1 ، b_2 ثوابتی هستند که بایستی مقدار آنها بدست آید.

۶- تجزیه و تحلیل صحت فرمول ارائه شده

برای بررسی صحت و سقم رابطه ارائه شده از مجموعه ای اطلاعات فرضی استفاده می شود. مزیت استفاده از این اطلاعات بین مقادیر ضریب مانینگ تخمین زده شده توسط فرمول و مقادیر مشاهداتی مقایسه ای انجام داد. بنابراین از یک کانال به طول ۴۰ کیلومتر و شیب کف ۰/۰۰۴ استفاده گردید. هندسه کانال در تصویر (۱) نشان داده شده است. شیب دیواره ها در کانال اصلی و سیلابدشت برابر ۱/۵ می باشد.



تصویر(۱)- شمای کلی از کانال مورد استفاده در تحقیق

شرط مرزی در بالادست هیدروگراف جریان بوده که با استفاده از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$Q(t) = Q_b + (Q_p - Q_b) \left[\frac{t}{t_p} \exp \left(1 - \frac{t}{t_p} \right) \right]^\beta \quad (12)$$

که در آن Q_b دبی اولیه ، Q_p دبی بیشینه ، t_p زمان بیشینه و β ضریب ثابت است. در این مثال مقادیر دبی اولیه ، دبی بیشینه و زمان بیشینه بترتیب برابر ۲۰۰ متر مکعب بر ثانیه ، ۱۵۰۰ متر مکعب بر ثانیه ، ۴ ساعت و مقدار ضریب β برابر ۵ در نظر گرفته می شود. توابع محاسبه ضریب زبری کانال اصلی و سیلابدشت بترتیب عبارتند از:

الف- کانال اصلی

$$n_f = 0.032 + 0.0015(Z - Z_f) - 0.0001(Z - Z_f)^2 \quad (13)$$

ب- سیلابدشت

$$n_f = 0.043 + 0.002(Z - Z_f) - 0.001(Z - Z_f)^2 \quad (14)$$

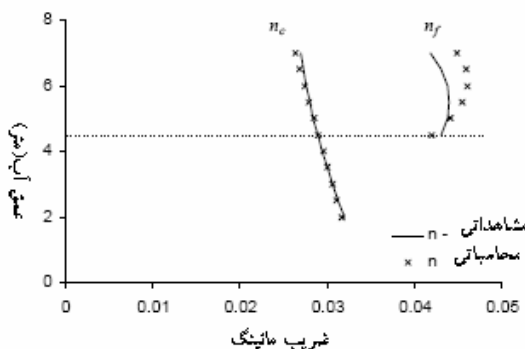
در عمل، اندازه گیری داده های جریان معمولاً با خطاها و آشفتگی ها (نوفه) همراه است. در مدل های ریاضی خطاهای دیگری نیز وجود دارند که برای بررسی آنها از "مدل خطا های مدل" و "خطاهای عددی" استفاده می شود. خطاهای مدل معمولاً به بررسی خطاهای معادله حاکم و فرضیات ساده کننده در فرایند فیزیکی می پردازد. خطاهای عددی شامل خطاهای ناشی از گرد کردن و قطع نمودن اعداد در ارتباط با روش های تفاضل محدود می باشد. در این مقاله، نوفه (آشفتگی) توسط دبی ها یا اعماق شبیه سازی شده که بوسیله رابطه زیر بدست می آید، بیان می شوند:

$$Y_0^n = Y_0 + \varepsilon Y_0 \quad (15)$$

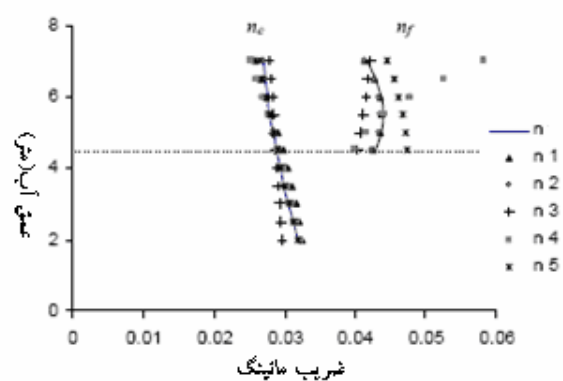
که در آن Y_0^n اطلاعات شبیه سازی شده مشاهداتی با سطح نوفه σ می باشد. ε خطای تصادفی بخش ساده شده

۷- تجزیه و تحلیل نتایج

فرایند محاسبه ضریب مانینگ بر اساس وارد کردن مقادیر اولیه در معادلات (۱۳) و (۱۴) آغاز می شود. نتایج بیانگر آن است که هرگاه در مقادیر مشاهداتی نوفه ای وجود نداشته باشد مدل به درستی نمایش دهنده توابع ضریب زبری است. گرچه مقادیر ضریب زبری محاسبه شده با مقادیر بدست آمده توسط روابط (۱۳) و (۱۴) تفاوت دارند ولی منحنی های ضریب زبری به یک مقدار مخصوص که ضریب زبری کانال اصلی می باشد محدود می شوند، نمودار (۱). البته مقداری انحراف در مقادیر کانال اصلی ملاحظه می شود که احتمالاً به دلیل تفاوت میان ضرایب انتقال کانال اصلی و سیلابدشت است. زیرا هنگامی که تراز آب از بیشینه ارتفاع لبریزی آب در یک مقطع از کانال رخ می دهد، دو مقدار برای ضریب زبری بدست می آید. نمودار (۲) مقادیر ضریب زبری واقعی و محاسباتی را به ازای اعماق مختلف نشان می دهد. نتایج نشان می دهند که میان ضریب زبری کانال اصلی و سیلابدشت تفاوت وجود دارد. همچنین دقت مقادیر ضریب زبری بدست آمده برای کانال اصلی بیشتر از مقادیر بدست آمده برای سیلابدشت است. بیشینه انحراف مقادیر ۸٪ می باشد.

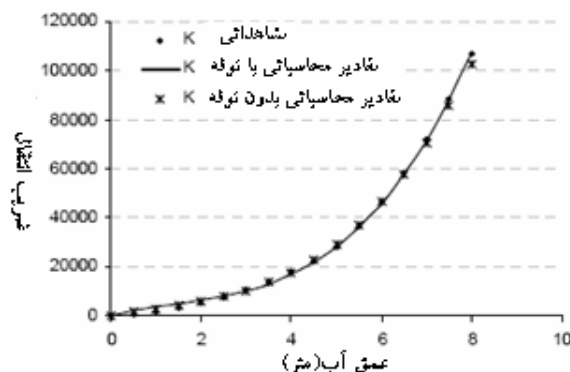


نمودار (۱) - مقادیر ضریب زبری محاسباتی و مشاهداتی به ازای اعماق مختلف



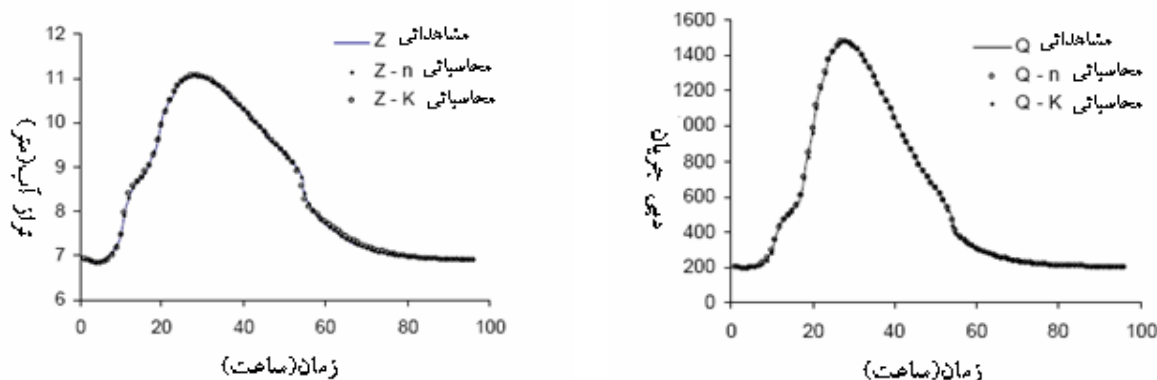
نمودار (۲) - مقادیر ضریب زبری واقعی و محاسباتی به ازای اعماق مختلف (به ازای ۵ سری داده همراه با نوفه)

در نمودار (۳) مقادیر ضریب انتقال واقعی و محاسبه شده را در دو حالت همراه با نوفه و بدون نوفه می توان ملاحظه نمود.



نمودار (۳) - مقادیر ضریب انتقال مشاهداتی و محاسباتی به ازای اعماق مختلف در دو حالت با و بدون نوفه

در نمودار (۴) هیدروگراف مشاهداتی با استفاده از توابع ضریب زبری واقعی و هیدروگراف محاسباتی با کمک توابع ضریب زبری محاسباتی و نیز تابع انتقال محاسباتی در فاصله ۱۰ کیلومتری پایین دست انتهای منطقه نشان داده شده است.



نمودارهای (۴) و (۵) - هیدروگراف های مشاهداتی و محاسباتی

همانگونه که از نمودارها ملاحظه می شود هیدروگراف های محاسباتی تطابق خوبی با هیدروگراف مشاهداتی دارند. دقت هیدروگراف شبیه سازی شده که با استفاده از تابع انتقال بدست آمده کمتر از هیدروگراف مدل شده با توابع زبری می باشد که برای کاربردهای عملی هنوز مورد استفاده قرار می گیرند.

۷-۱- مطالعه موردی

از این مدل برای تخمین ضریب مانینگ در رودخانه دونگ^۱ در دلتای رودخانه سرخ در کشور ویتنام استفاده گردید. رودخانه دونگ یکی از شاخه های رودخانه سرخ بوده و آب این رودخانه را به رودخانه تایبین انتقال می دهد. طول رودخانه در بازه تونگ کت^۲ تا فالای^۳ برابر ۶۱/۷۱ کیلومتر می باشد. سه ایستگاه آبسنجی به نام های تونگ کت ، بینهو^۴ و فالای بر روی رودخانه قرار دارند. هیدروگراف جریان در ایستگاههای تونگ کت و فالای بترتیب به عنوان شرایط مرزی بالادست و پایین دست انتخاب گردید. داده های مشاهداتی ایستگاه بینهو برای تعریف ضریب زبری مانینگ در کانال اصلی و سیلابدشت با کمینه کردن تفاوت میان مقادیر محاسباتی و مشاهداتی مورد استفاده قرار گرفتند. فصل سیلابی از ماه ژوئن آغاز شده و تا سپتامبر ادامه دارد ولی سیلاب در سیلابدشت از اواسط ماه جولای تا انتهای آگوست جاری می شود. مقاطع رودخانه از مرکز مدیریت منابع آب کشور ویتنام اخذ گردید که در فصل خشک سال ۱۹۹۶ نقشه برداری شده اند. تعداد این مقاطع ۳۳ می باشد. توپوگرافی رودخانه در محدوده مورد مطالعه بسیار مسطح و شیب آن ۰/۰۰۱ در هر ۱۰ کیلومتر می باشد. شرایط زبری کانال اصلی و سیلابدشت با هم تفاوت دارند. کانال اصلی آبرفتی بوده در حالی که سیلابدشت دارای پوشش گیاهی می باشد. مقدار ضریب زبری برای تمام کانال اصلی و سیلابدشت ثابت فرض می شود. در خلال عملیات نقشه برداری ، رخدادهای سیلابی مختلفی اتفاق افتاده است که بایستی مورد توجه قرار گیرد. کارایی مدل برای وقایع سیلابی به ازای دبی بیشینه و ترازهای سیلابی مورد بررسی قرار گرفت. از پنج رخداد سیلابی در فاصله سالهای ۱۹۹۵ تا ۱۹۹۸ برای تعریف ضریب زبری کانال اصلی و سیلابدشت استفاده شد. نخست ، ضریب زبری در کانال اصلی با کمک وقایع سیلابی که قبل از پر شدن سیلابدشت رخ داده اند و در مرحله بعد ، ضریب زبری سیلابدشت با بهره گیری از سیلاب هایی که مشخصات آنها در جدول (۱) آمده اند تعریف شد.

جدول (۱) - ضریب زبری و بیشینه دبی مشاهداتی در ایستگاه های بالادست و پایین دست منطقه طرح

تاریخ وقوع سیلاب	بیشینه دبی مشاهداتی در ایستگاه تونگکت	بیشینه دبی مشاهداتی در ایستگاه بینهو	ضریب زبری کانال اصلی	ضریب زبری سیلابدشت
۱۹۹۵/۸/۳۱ تا ۸/۱۴	۵۶۵۰	۸/۵۸	۰/۰۳۳۲۲	۰/۰۶۲۲۳
۱۹۹۶/۷/۳۰ تا ۷/۲۰	۵۲۵۰	۷/۷۸	۰/۰۳۰۱۹	۰/۰۵۷۳۹
۱۹۹۶/۸/۳۰ تا ۸/۱۶	۶۱۲۰	۹/۰۲	۰/۰۳۱۴۹	۰/۰۶۰۰۴
۱۹۹۷/۸/۱۶ تا ۷/۲۲	۴۸۷۰	۸/۰۶	۰/۰۳۳۹۹	۰/۰۶۱۹۴
۱۹۹۸/۸/۵ تا ۷/۲۶	۴۹۱۰	۷/۴۲	۰/۰۳۳۶۵	۰/۰۵۵۳۵

^۱-Duong

^۲-Thai Binh

^۳-Thuong Cat

^۴-Pha Lai

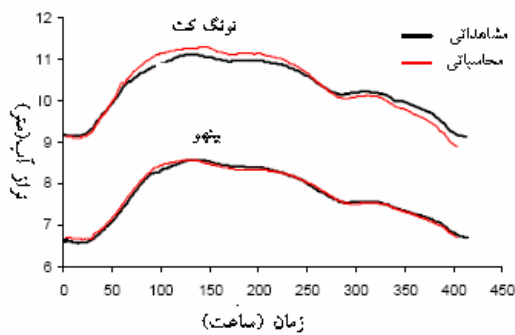
^۵-Ben Ho

نمودار (۶) الی (۹) وضعیت آبنمودها در ایستگاههای بینهو و تونگ کت در جایی که داده های سطح آب در تابع بهینه سازی مورد استفاده قرار نمی گیرند را نشان می دهد. این مساله برای صحت سنجی کیفیت پارامترهای تعریف شده بکار می رود. با استفاده از نمودارها می توان فهمید که آبنمودهای محاسباتی و مشاهداتی برای کلیه سیلاب ها در محل این ایستگاه شباهت بسیار زیادی به هم دارند. مقادیر پارامترهای a_0, a_1, a_2 بترتیب $0.315, 0.000617$ و 0.000432 و مقادیر پارامترهای b_0, b_1, b_2 بترتیب $0.522, 0.0159, 0.00104$ می باشند. n_f و n_c بترتیب بیانگر ضریب زبری کانال اصلی و سیلابدشت می باشند. دامنه تغییرات زبری کانال اصلی و سیلابدشت بترتیب بین 0.302 تا 0.344 و 0.544 تا 0.622 برای سیلاب های مختلف و در سال های مختلف هستند. نیز استنباط می شود که ضریب زبری با گذشت زمان، نه فقط با تغییر سال بلکه با تغییر فصل سیلابی نیز تغییر می کند. برای نمونه می توان به مقدار ضریب زبری برای دو سیلاب در تاریخ های $1996/7/20$ تا $1996/7/30$ و $1996/8/16$ تا $1996/8/31$ اشاره نمود. این تغییرات به خصوصیات کانال های آبرفتی و خطاها در اطلاعات مشاهداتی بستگی دارد. یکی دیگر از نتایجی که می توان از محاسبات استخراج نمود آن است که ضریب زبری در سیلابدشت در ترازهای پایین تر سطح آب کمتر است. به دلیل اینکه ضریب زبری با تراز سطح آب رابطه دارد.

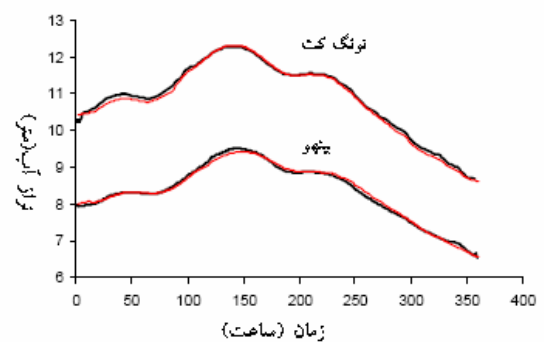


تصویر (۱) - محدوده مطالعاتی

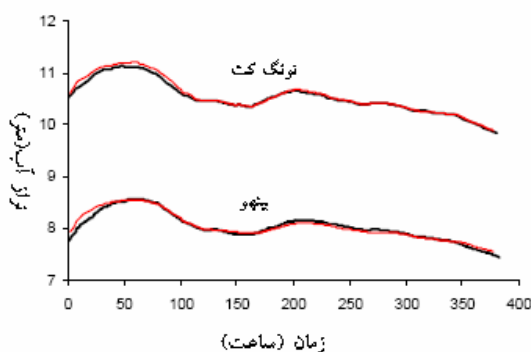
۱۹۹۵/۸/۳۱ الی ۸/۱۴



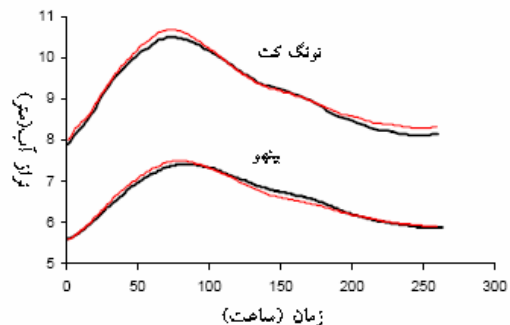
۱۹۹۶/۸/۳۰ الی ۸/۱۶



۱۹۹۷/۸/۳۰ الی ۷/۲۲



۱۹۹۸/۸/۵ الی ۷/۲۶



نمودارهای (۶) الی (۹) - هیدروگراف های مشاهداتی و محاسباتی به ازای ضرایب زبری مختلف در ایستگاه های بینهو و تونگ کت

۸- نتیجه گیری

در این مقاله، مدلی برای محاسبه ضریب زبری مانینگ در کانال های مرکب ارائه شد و با استفاده از اطلاعات فرضی، کارایی آن مورد بررسی قرار گرفت. دو تابع درجه دوم برای محاسبه ضریب مانینگ در کانال اصلی و سیلابدشت معرفی شد و عملکرد آنها با بهره گیری از داده های مشاهداتی در دو حالت با و بدون نوفه مطالعه شد. نتایج بدست آمده بیانگر آن هستند که مدل قادر به تخمین صحیح ضریب مانینگ حتی در حالت با در نظر گرفتن نوفه نیز بوده و این مدل را می توان در کانال های طبیعی نیز بکار برد. این مدل در رودخانه دونگ در دلتای رودخانه سرخ در کشور ویتنام برای تخمین ضریب زبری کانال اصلی و سیلابدشت مورد استفاده قرار گرفته و عملکرد آن در وقایع سیلابی مختلف و با دبی های مختلف ارزیابی گردید و مشخص شد که ضرایب زبری در کانال اصلی و سیلابدشت با گذشت زمان تغییر می کند.

منابع و مراجع

- ۱- محمودیان شوشتری، محمد، اصول جریان در مجاری باز، (۱۳۸۵) جلد اول، انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز
- ۲- حسینی، محمود؛ ابریشمی، (۱۳۸۱) جلیل، هیدرولیک کانال های باز، انتشارات دانشگاه امام رضا، چاپ نهم، مشهد
- ۴- حامدی، محمد حسین، (۱۳۸۲) هیدرولیک مجاری باز، جلد دوم، انتشارات دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، چاپ اول
- 5-Atanov, G.A., Evseeva, E.G. and Meselhe, E. A. (1999). "Estimation Of Roughness Profile In Trapezoidal Open Channel", Journal of Hydraulic Engineering, Vol. 125, No. 3, 309-312.
- 6-Becker, L. and Yeh, W.W.G. (1973). "Identification of Multiple Reach Channel Parameters", Water Resources Research, Vol. 9, No. 2, 326-335.
- 7-Becker, L. and Yeh, W.W.G. (1972). "Identification of Parameters in Unsteady Open Channel Flows", Water Resources Research, Vol. 8, No. 4, 956-965.
- 8-Chow, V. T. (1959). Open channel hydraulics. McGraw-Hill, Inc. New York, N.Y.
- 9-Cunge, J.A., Holly, F.M., Verwey, A. (1980). Practical Aspects of Computational River Hydraulics, Pitman, London.
- 10-Ding, Y., Jia, Y. and Wang, S.S.Y. (2004). "Identification of Manning's roughness Coefficient in Shallow Water Flows", Journal of Hydraulic Engineering, Vol. 130, No. 6, 501-510.
- 11-Fread, D. L. and Smith G F (1978). "Calibration Technique for 1-D Unsteady Flow Models", ASCE Proc., Journal of Hydraulic Division, Vol. 104, No. 7, 1007-1044.
- 12-Khatibi, R.H., Williams, J.J.R and Wormleaton, P.R (1997). "Identification Problem of Open-Channel Friction Parameters", Journal of Hydraulic Engineering, Vol. 123, No. 12, 1078-1088
- 13-Liggett, J.A., Cunge, J.A. (1975). "Numerical Methods of Solution of The Unsteady Flow Equations", Chapter 4 of Unsteady Flow in Open Channels, Water Resources Publication, Fort Collins, Colorado.
- 14-Nguyen, T. H. and Fenton, D. J. (2004) "Identification of roughness in open channels". Proc. Of 6th International Conference on Hydro-Science and Engineering, Brisbane, Australia, June 2004.
- 15-Press, W.H., Teukolsky, S.A., Vetterling, W.T. and Flannery, B.P. (1992). "Minimization or Maximization of Functions". Chapter 10 of Numerical Recipes in Fortran - The Art of Science Computing-Second Edition. Cambridge University Press, New York, N.Y.
- Ramesh, R., Datta, B., Bhallamudi, S.M. and Narayana, A. "Optimal Estimation of Roughness in Open Channel Flows". Journal of Hydraulic Engineering, Vol. 126, No. 4: 299-303.
- 16-Urquhart, W. J. (1975). Hydraulics: Engineering field manual, U.S. Department of Agriculture, Soil Conservation Service, Washington
- 17- D.C.Wiggert, J.M., Taylor M.R., and Contrator, D.N. (1976). "Optimization of an Implicit Scheme Flow Routing Model", International Symposium on Unsteady Flow in Open Channels. University of Newcastle-on-Tyne, BHRA fluid Engineering, Cranfield, Bedford, England.
- 18-Wormleaton, P.R. and Karmegam, M. (1984). "Parameter Optimization in Flood Routing". ASCE Proc., Journal of Hydraulic Division, Vol. 102, No. 12, 1799-1810.
- 19-Yeh, W.W.G, and Becker, L. (1973). "Linear Programming and Channel Flow Identification", ASCE Proc., Journal of Hydraulic Division, Vol. 99, No. 11, 2013-2021.