ارزیابی خطای ناشی از کاربرد منحنی دبی - اشل متوسط به عنوان شرایط مرزی پایین دست در مدل ریاضی جریان غیرماندگار

مهدی حبیب زاده[*1]، حسین محمد ولی سامانی[2] و حیدرعلی کشکولی[3]

1) دانش آموخته ی کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات خوزستان، گروه سازه آبی، اهواز، ایران.

2 و3) استاد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات خوزستان، گروه سازه‌های آبی، اهواز، ایران.

*** نویسنده مسئول:** mehdius3@gmail.com

تاریخ دریافت: 90/12/10 **تاریخ پذیرش:** 91/2/23

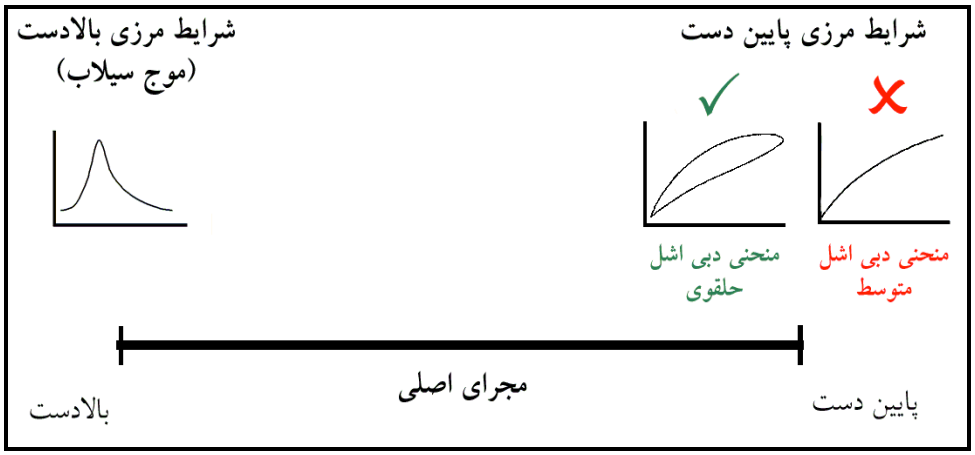
چکیده

کاربرد منحنی دبی - اشل متوسط در مدل سازی ریاضی جریان‌های غیرماندگار، به عنوان شرایط مرزی پایین دست و در مرحله واسنجی و صحت سنجی مدل امری متداول است. به منظور ارزیابی خطای ناشی از کاربرد منحنی دبی - اشل متوسط به عنوان شرایط مرزی پایین دست در مدل سازی جریان‌های غیرماندگار در شرایط هندسی مختلف، مدلی فرآیندی از یک جریان غیرماندگار در مجرای منشوری با مشخصات فرضی توسط نرم افزار HEC-RAS تهیه و میزان خطای مذکور پس از اعمال مقادیر مختلف شیب، ضریب زبری و طول‌های مختلف در آن مجرا، در دو حالت خطادار و مرجع مورد اندازه‌گیری، قرار گرفته است. نتایج این طرح در قالب 120 مقدار برای شاخص تعیین R^2 از مقایسه دو به دوی منحنی‌های دبی - اشل متناظر مربوط به حالت‌های خطادار و مرجع بدست آمده و در قالب نمودار ارائه گردیده است. نتایج نشان می‌دهد که کاهش شیب بستر، افزایش ضریب زبری بستر و همچنین کاهش طول مجرای اصلی افزایش خطای مذکور را به دنبال خواهد داشت. بیشترین میزان این خطا با مقایسه منحنی‌های دبی - اشل بدست آمده برای هر یک از عوامل شیب، زبری بستر و مسافت در محدوده تعیین شده، شامل 0/0001 تا 0/001 برای شیب، 0/01 تا 0/04 برای زبری و 5 تا 50 کیلومتر برای مسافت، بترتیب به میزان 0/2617 ، 0/1507 و 0/1673 اندازه‌گیری شده است. تشخیص میزان حساسیت هر یک از عوامل نامبرده در شرایط مختلف نیز با بررسی این نتایج و مقایسه نمودارهای ارائه شده، میسر است.

واژه‌های کلیدی: منحنی دبی - اشل، جریان غیرماندگار، مدل ریاضی هیدرولیکی، شرایط مرزی پایین دست.HEC-RAS ، Loop Rating Curve.

مقدمه

به طور معمول برآورد دبی بر اساس رابطه یک به یک میان دبی و ارتفاع سطح آب یا همان منحنی دبی - اشل جریان ماندگار یا متوسط انجام می شود. به منظور ساخت این منحنی، دبی و اشل در یک زمان اندازه گیری و سپس هر قرائت اشل به صورت مجزا و مستقیم به یک دبی اختصاص داده می‌شود. این روش ها در مورد بیشتر رودخانه‌هایی در شرایط جریان ماندگار از دقت کافی برخوردارند. در جریان غیرماندگار، شیب انرژی ناشی شده از اینرسی حرکتی و نیروهای فشاری جریان، موجب شکل گیری یک منحنی دبی - اشل پراکنده و یا به عبارتی دیگر منحنی دبی - اشل حلقوی خواهد شد. این مطلب نشان دهنده این است که منحنی دبی - اشل جریان ماندگار توصیف دقیق و کارامدی از رابطه میان شدت جریان و تراز سطح آب در جریان غیرماندگار ارائه نمی کند (Chow, 1959;Henderson, 1966; Jones, 1916). با این وجود، در بسیاری از موارد، منحنی دبی - اشل جریان ماندگار (منحنی دبی - اشل متوسط) در مدل سازی جریان غیرماندگار، به خصوص به عنوان شرایط مرزی پایین دست، مورد استفاده قرار می‌گیرد،شکل 1، به این دلیل که نه تنها استخراج مستقیم منحنی دبی - اشل حلقوی با استفاده از روش های جریان سنجی امکان پذیر نبوده(نجمایی 1369) بلکه در صورت مهیا بودن منحنی، محدودیت‌هایی در کاربرد آن در مدل های ریاضی به دلیل مستقل بودن منحنی از عامل زمان و داشتن روابط دوگانه میان اجزاء، وجود دارد. هر چند همواره کوشش بر آن است که میزان این خطا درمرحله واسنجی مدل و انتخاب ضریب زبری مناسب، به میزان کمینه خود برسد(Horritt and Bates , 2002) اما در مواردی تفاوت میان دو منحنی به اندازه ای است که در محاسبات و نتایج این مدل‌ها خطای قابل توجهی را سبب می گردد.



شکل1:کاربرد منحنی دبی - اشل به عنوان شرایط مرزی پایین دست در مدل سازی جریان غیرماندگار

در این تحقیق اقدام به توسعه روشی گردیده که بتوان به کمک آن خطای ناشی از کاربرد منحنی دبی - اشل جریان ماندگار در حالت غیرماندگار را در شرایط مختلف هندسی مجرا پیش بینی و ارزیابی نمود. در این صورت مشخص خواهد شد که در صورت لزومِ استفاده از منحنی دبی - اشل ماندگار یا متوسط در شرایط غیرماندگار، این امر در چه شرایط و موقعیتی انجام شود که میزان خطای ناشی از آن به کمترین مقدار خود نزدیک شود. در این زمینه: مغربی و حیدر بیگی (1388) به بررسی تحلیلی ایجاد ناهماهنگی در استخراج منحنی دبی

- اشل با استفاده از روابط ریاضی در کانال‌های مرکب با زبری‌های غیریکنواخت پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که با افـزایش مسـاحت سیلاب گیر به کانال اصلی، اختلاف بین متغیرهای هیدرولیکی در مرز بین آن در افزایش، و به دنبال آن ناهماهنگی در منحنی دبی - اشل شدت می‌یابد. همچنین تغییرات شیب جانبی جداره های کانال اصلی و سیلاب گیر، تأثیر عمده ای در تغییرات دبی ایجاد نمی‌کنـد، بـه خصوص زمانی که تراز سطح آب بالاتر از سطح سیلاب قرار گیرد.

امیرجانی (1386) مطالعه ای به منظور بررسی اثر آب برگشتی در رودخانه های سه شاخه ای به منظور اصلاح و تعیین منحنی دبی - اشل در ایستگاه های هیدرومتری در آن رودخانه‌ها، انجام داد. بروز خطا و تغییرات شدیدی را در آمار قرائت شده و مقادیر محاسباتی نظیر این آمار از جمله دبی و سرعت جریان در ایستگاه های مجاور محل تلاقی شاخه‌ها را به دنبال خواهد داشت.

Domeneghetti و همکاران (2010) به ارزیابی کمی خطا در منحنی دبی - اشل و بررسی تأثیر این خطا در واسنجی مدل‌های ریاضـی هیدرولیکی و تعیین مقدار ضریب زبری مانینگ، پرداختند. آن‌ها در تحقیق خود، مدل ریاضی یک جریان غیرماندگار را با چنـدین روش معمول، صحت سنجی نمودند. سپس برای هر حالت صحت سنجی، منحنی‌های دبی - اشل را در مقاطع مختلف مسیر رودخانه استخراج کرده و به مقایسه آن‌ها با یکدیگر و بررسی ارتباط آن‌ها با ضریب زبری و موج سیلاب ورودی پرداختند.

Baldassarre و Montanari (2009) به توسعه روشی به منظور تحلیل و اندازه گیری خطای تقریبی مربوط به اندازه گیـری جریـان در رودخانه با استفاده از منحنی دبی - اشل، پیشنهاد دادند. ایشان تحلیل خود را با مدل یک بعدی جریان HEC-RAS انجام داده و مشاهده کردند که میزان خطای حاصل شده در برآورد دبی جریان با استفاده از منحنی دبی اشل به طور میانگین 25/6 درصد می‌باشـد کـه ایـن مقدار خطا در نتایج مطالعات هیدرولوژی و هیدرولیکی، قابل توجه بوده و می‌تواند شدیداً تأثیر گذار باشد.

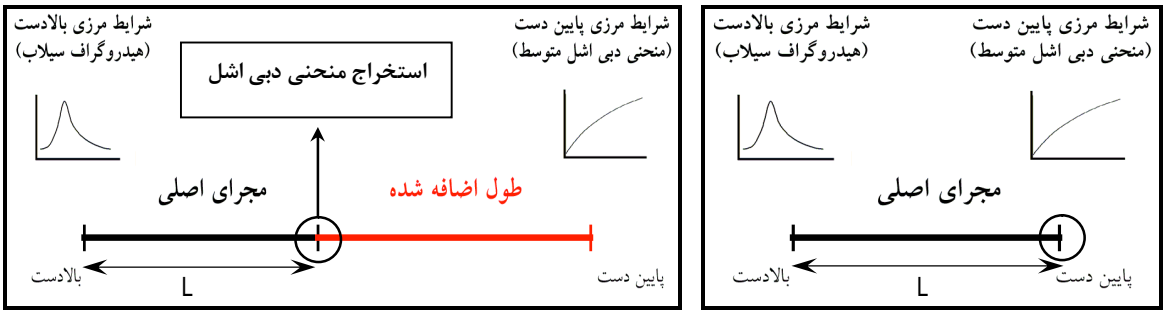
مرور تحقیقات مرتبط نشان می دهد که در بیشتر موارد، محقیقن به دنبال اندازه گیری خطا و اصلاح منحنی دبی - اشل در شرایط هندسی و یا هیدرولیکی مشخص در حوزه ای خاص بوده و به عبارت دیگر تحقیقات خود را بصورت مطالعه موردی انجام می دهند. از طرف دیگر بهره گیری از روش ها و اشکال متفاوت در تحلیل نتایج در این مطالعات، مقایسه نتایج آن ها را با محدودیت هایی مواجه می نماید. از اینرو در این طرح به منظور دستیابی به نتایج جامع و کاربردی تر اقدام به طراحی مدلی فرآیندی گردیده که در آن شرایط هندسی مدل در طول آزمایش تغییر می یابد. اگر چه در طراحی مدل های فرآیندی از مشخصات فرضی استفاده می گردد ولی بهره گیری از چنین مدل هایی درک گسترده ای از رفتار پدیده مورد مطالعه در شرایط مختلف بدست داده و استفاده از نتایج آن ها می تواند در پیش بینی موارد عملی و در نتیجه افزایش دقت در طراحی مدل ها در شرایط طبیعی مسمرثمر واقع گردد.

مواد و روش‌ها

در این مقاله، روشی به منظور ارزیابی خطای ناشی از کاربرد منحنی دبی - اشل متوسط یا جریان ماندگار به عنوان شرایط مرزی پایین دست در شبیه سازی جریان غیرماندگار در یک مجرا، با توجه به شرایط و عوامل هندسی مؤثر بر آن، مورد توجه قرار گرفته است. مهم‌ترین پارامترهای مؤثر بر این منحنی، همان پارامترهای شناخته شده مؤثر بر جریان، یعنی شیب بستر (S_0)، ضریب زبری مانینگ (n) و طول آبراهه به شمار می‌روند که تأثیر هر یک از این پارامترها به صورت مجزا و نیز تأثیر متقابل آن‌ها به تفضیل مورد بررسی قرار خواهد گرفت. برای دست یابی به این مهم، ابتدا مدلی فرآیندی از جریان غیرماندگار در یک مجرای منشوری با مشخصات فرضی توسط نرم افزار HEC-RAS تهیه می‌شود. در این مدل مقادیر مختلف پارامترهای مؤثر، به صورت مجزا و به صورت ترکیبی به منظور بررسی اثر متقابل آن‌ها اعمال می‌گردد.

معرفی حالت خطا دار و مرجع

جهت پی بردن به تفاوت‌های ناشی از کاربرد منحنی دبی - اشل متوسط به جای منحنی حلقوی به عنوان شرایط مرزی پایین دست در مدل سازی جریان غیرماندگار، پس از اعمال هر تغییر، منحنی دبی - اشل در دو حالت متفاوت و در فواصل مساوی از ابتدای مجرا (L) در دو حالت استخراج می‌شود. در حالت اول شرایط مرزی پایین دست در نقطه انتهای مجرای اصلی معرفی شده و از آنجایی که محاسبات جریان در این نقطه بر اساس عمق نرمال تحت معادلات جریان ماندگار صورت می‌پذیرد، این حالت می‌تواند بیان کننده کاربرد منحنی دبی - اشل متوسط به عنوان شرایط مرزی پایین دست قلمداد گردد (حالت تقریبی). پس از اجرای مدل، منحنی دبی - اشل در انتهای مجرای اصلی به عنوان منحنی دبی - اشل متوسط استخراج می گردد. در حالت دوم، جهت سرشکن کردن خطای ناشی از کاربرد معادلات جریان ماندگار به عنوان شرایط مرزی پایین دست، طول مجرا تا جایی افزایش پیدا کرده که کاربرد معادلات جریان ماندگار به عنوان شرایط مرزی پایین دست عملاً تأثیری بر مقطعی که منحنی دبی - اشل در آن استخراج می‌شود، نداشته باشد. از این‌رو برای دست یابی به چنین شرایطی مجرایی به طول60 کیلومتر به انتهای مجرای اصلی اضافه شده و شرایط مرزی پایین دست، تحت روابط جریان ماندگار در انتهای طول اضافه شده، اعمال می‌گردد شکل 2. بنابراین در این حالت، در مجرای اصلی خطایی ناشی از شرایط مرزی پایین دست متوجه مدل نبوده و این حالت می‌تواند به عنوان حالت بی خطا (حالت دقیق) مد نظر قرار گرفته شود. در این حالت نیز پس از اجرای مدل، منحنی دبی - اشل در فاصله برابر با مقدار آن در حالت تقریبی (L)، به عنوان منحنی دبی - اشل حلقوی استخراج می شود که این منحنی دبی - اشل نیز می تواند به عنوان منحنی مرجع مورد استفاده قرار گیرد. در ادامه با مقایسه آماری منحنی‌های دبی - اشل متناظر، اختلاف و خطای میان حالت‌های تقریبی و دقیق در شرایط مختلف بدست خواهد آمد.



شکل 2: معرفی حالت تقریبی به عنوان وضعیت خطا دار (سمت راست) و حالت دقیق به عنوان مرجع (سمت چپ) - محل استخراج منحنی دبی - اشل در هر دو حالت تقریبی و دقیق، مشخص شده است.

معرفی مدل فرآیندی

مدل فرآیندی مورد استفاده در این تحقیق، جریان غیرماندگار سیلابی در یک مجرای منشوری با مقطع ذوزنقه ای شکل بوده کـه دارای مقادیر مختلف شیب، زبری بستر و طول‌های متفاوت برای مجرای اصلی است. لازم به ذکر است محدوده تغییرات این عوامل به گونـه ای انتخاب شده که بیشتر موارد طبیعی و عملی را در بر بگیرد.

مشخصات مقطع: مجرای منشوری در این مدل دارای سطح مقطع ذوزنقه ای شکل با عرض کف 15 متـر، عمـق 10 متـر، شـیب دیـواره جانبی 1/5 (نسبت فاصله افقی به عمودی) و عرض فوقانی 45 متر می‌باشد.

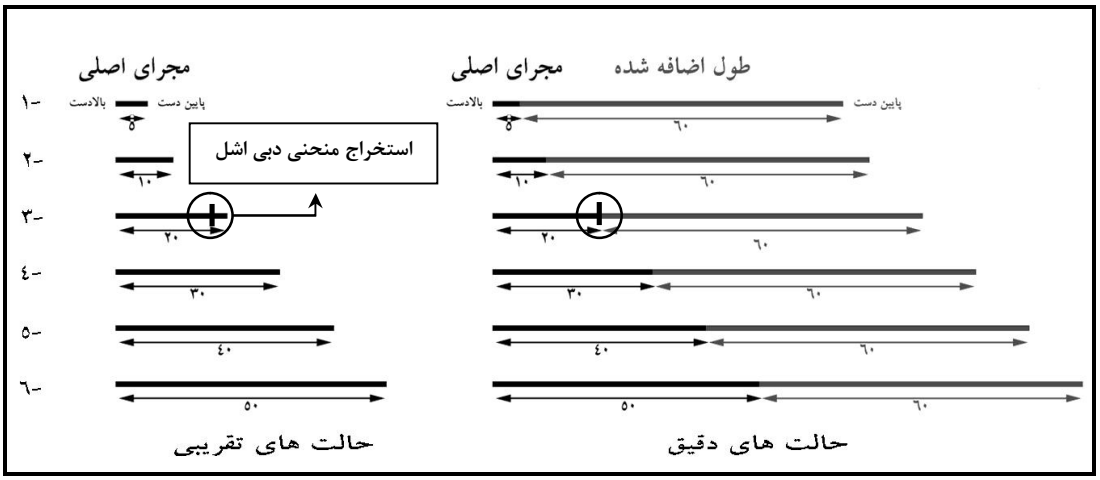
شرایط مرزی بالادست: به منظور شبیه‌سازی جریان غیرماندگار، یک موج سیلاب در قالب هیدروگراف تراز به عنوان شرایط مرزی بالادست با مشخصات فرضی در مدل بکار گرفته شد. در این هیدروگراف، تراز پایه 2/5 متر، تراز اوج 7 متر و مدت آن 25 ساعت است.

مشخصـات زبـری بسـتر: ضـریب زبـری مانینـگ، شـامل زبـری کـف و دیـواره هـای جـانبی مجـرا در ایـن مـدل فرآینـدی 4 مقـدار 02/01، ۰/03، ۰/0و0/04در نظر گفته شده‌اند.

مشخصات شیب مجرا: تغییرات شیب 5 مقدار در محدوده 0/001و 0/0001 بوده و به صورت زیر انتخاب شده اسـت: 0/0001، 0/0002، 0/0004، 0/0006، 0/001.

تغییرات طول مجرای اصلی

محدوده تغییرات طول مجرای اصلی یا فاصله میان مقاطع بالادست و پایین دست به شکل زیر شکل 3 برای حالت‌های تقریبی و دقیق، میان 5 تا 50 کیلومتر تعریف گردیده است. اگر چه در تمامی حالت‌های دقیق (مرجع)، طول مجرا جهت سرشکن کردن خطا به میزان 6 کیلومتر امتدا یافته ، اما استخراج منحنی دبی - اشل جهت مقایسه و برآورد خطا برای هر دو حالت دقیق و تقریبـی در فواصـل برابـر از ابتدای مجرای اصلی صورت پذیرفته است.



شکل 3: تغییرات طول مجرای اصلی در حالت‌های تقریبی و دقیق (فواصل به کیلومتر) - محل استخراج منحنی دبی - اشل به عنوان نمونه در مجرای شماره3 برای هر دو حالت تقریبی و دقیق، مشخص شده است.

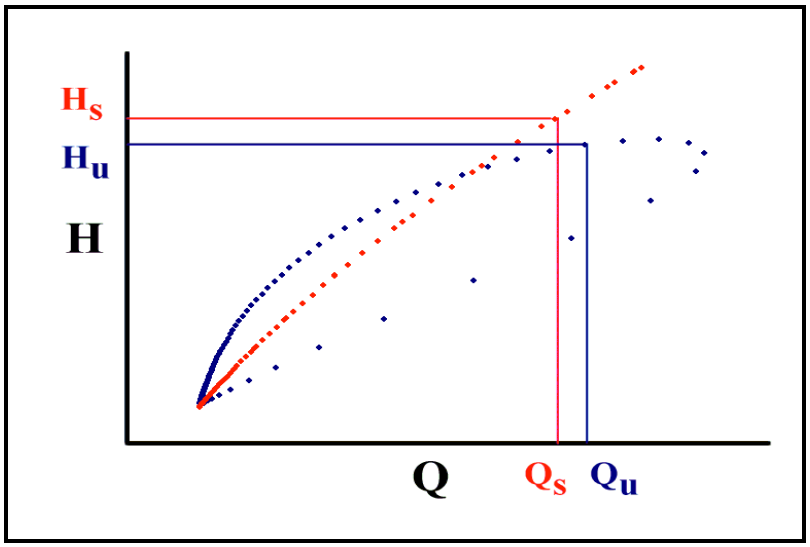
به منظور حصول نتایج جامع در محدوده مقادیر انتخابی عوامل مؤثر و همچنین پی بردن به اثرات متقابل آن‌ها، مدل سازی و استخراج منحنی دبی - اشل در حالت‌های تقریبی و دقیق، در تمامی مقاطع، و برای هر مقطع در تمامی شیب‌ها، و در هر شیب در تمامی مقادیر ضریب زبری، صورت پذیرفته است. بنابراین، با شبیه سازی 5 مقدار مختلف برای شیب، 4 مقدار برای ضریب زبری، 6 مقدار برای فواصل مختلف مقاطع و در هر یک از این شرایط، 2 حالت تقریبی و دقیق برای منحنی دبی - اشل، مدل در240 وضعیت متفاوت اجرا و در هر یک از این حالات، اقدام به تهیه و استخراج منحنی دبی - اشل در انتهای مجرای اصلی شده است.

مقایسه آماری منحنی‌های دبی - اشل

جهت مقایسه آماری منحنی‌های دبی - اشل مربوط به حالت‌های تقریبی (متوسط) و دقیق (حلقوی)، شاخص آماری R^2 (ضریب تعیین) مورد استفاده قرار گرفته است. این شاخص آماری مربع ضریب همبستگی پیرسون بوده و میزان همبستگی میان دو متغیر را محاسبه می‌کند. بدین منظور پس از اجرای مدل و استخراج منحنی‌های دبی - در حالت‌های دقیق و متوسط می‌توان منحنی‌های بدست آمده را جهت برآورد خطای به وجود آمده در حالت تقریبی، با استفاده از شاخص R^2، مورد مقایسه و تحلیل قرار داد. از این رو هر چه تفاوت میان هیدروگراف جریان و تراز متناظر با منحنی‌های دبی - اشل متوسط و حلقوی کمتر بوده، خطای به وجود آمده نیز کمتر و R^2 مربوط به آن‌ها مقدار بیشتری خواهد داشت. از طرف دیگر، مقادیر کمتر برای R^2، نشان دهنده تفاوت و خطای بیشتر در منحنی‌های دبی - اشل حالت‌های دقیق و تقریبی متناظر خواهد بود. در ادامه نحوه محاسبه R^2 جهت محاسبه همبستگی منحنی‌های متناظر دبی - اشل نشان داده شده است.رابطه (1).

$$R^2 = \left[\frac{\sum (Q_s - Q_u)(H_s - H_u)}{\sqrt{\sum (Q_s - Q_u)^2 \sum (H_s - H_u)^2}} \right]^2 \quad (1)$$

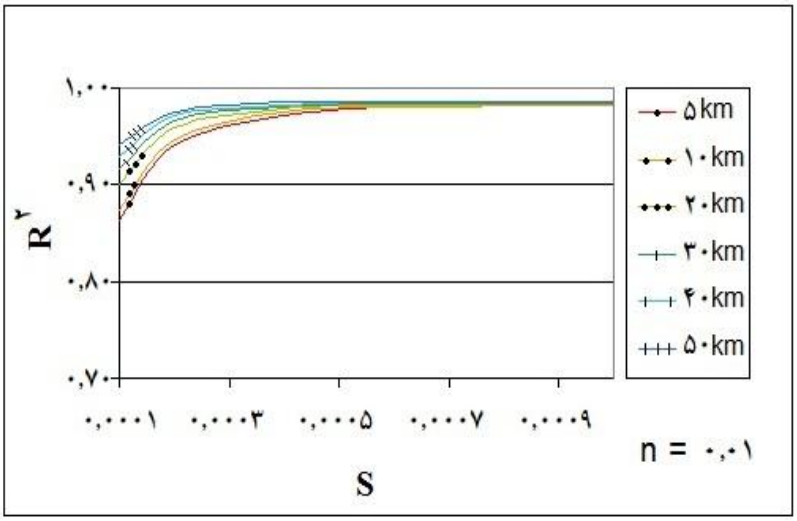
در رابطه (1)، R^2 :ضریب تعیین، Q_s و Q_u :به ترتیب مقادیر دبی متناظر در منحنی دبی - اشل برای حالت‌های تقریبی (ماندگار) و دقیق (غیرماندگار)، H_s و H_u :به ترتیب مقادیر تراز سطح آب متناظر در منحنی دبی - اشل برای حالت‌های تقریبی (ماندگار) و دقیق (غیرماندگار) شکل 4 معرفی می‌گردد.



شکل 4: منحنی دبی - اشل متوسط و حلقوی و اجزای متناظر مربوط به حالت‌های تقریبی و دقیق –این منحنی ها از انتهای مجرایی به طول 20 کیلومتر، با شیب 0/0002و ضریب زبری 0/02 استخراج شده اند.

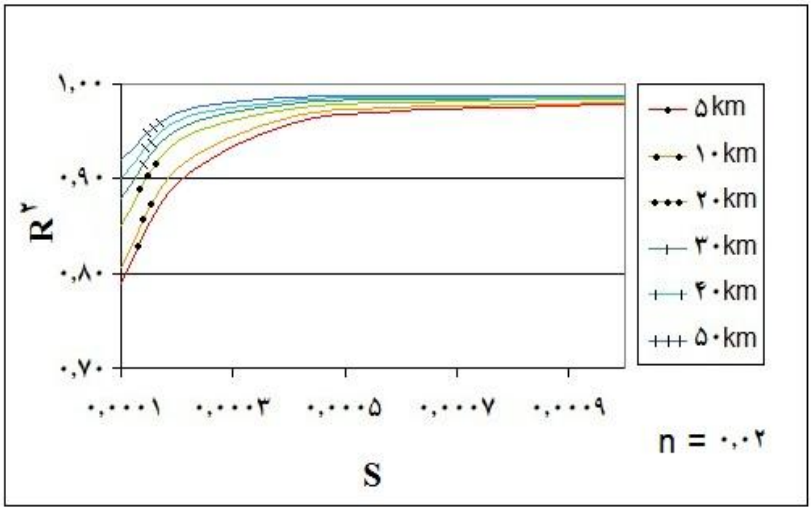
نتایج

با توجه به توضیحات فوق، شبیه سازی جریان و استخراج منحنی دبی - اشل در فواصل برابر از ابتدای مجرای اصلی در حالت‌های متناظر متوسط (تقریبی) و مرجع (دقیق) تحت 5 شیب متفاوت در محدوده 0/0001 تا 0/001 ، برای هر شیب در 4 مقدار متفاوت ضریب زبری در محدوده 0/01 تا 0/04 و در هر یک از این شرایط، 6 طول متفاوت مجرای اصلی در بازه 5 تا 50 کیلومتر، صورت گرفته که در مجموع 240 حالت متفاوت را شامل می‌گردد. کلیه نتایج حاصل از این روش به صورت مقادیر R^2 در قالب 4 شکل، اشکال (5) (6) (7) (8)، که هر یک مربوط به یک مقدار زبری بستر می‌باشد، تهیه و ارائه گردیده است.



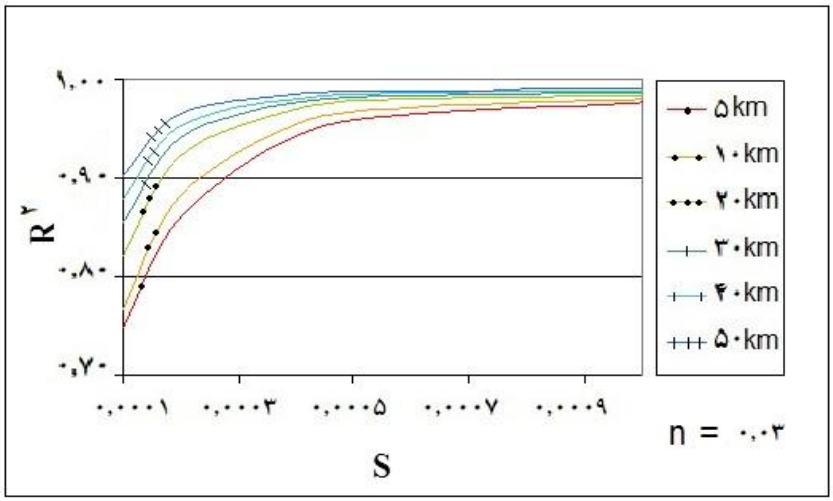
شکل 5: مقادیر R^2 نمایان‌گر همبستگی میان منحنی دبی - اشل متناظر در حالت‌های تقریبی و دقیق برای شیب‌ها و طول‌های مختلف مجرای اصلی و ضریب زبری 0/01 .

در این شکل، محور عمودی مقادیر R^2، محور افقی شیب مجرا و هر یک از منحنی‌ها طول مجرای اصلی یا فاصله محل استخراج منحنی‌های دبی - اشل از ابتدای مجرا را نشان می‌دهد.



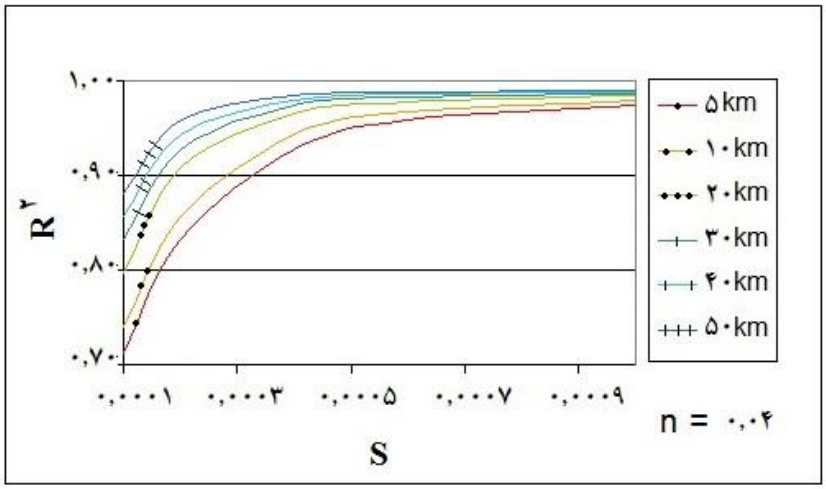
شکل 6 : مقادیر R^2 نمایان‌گر همبستگی میان منحنی دبی - اشل متناظر در حالت‌های تقریبی و دقیق برای شیب‌ها و طول‌های مختلف مجرای اصلی و ضریب زبری 0/02 .

در این شکل، محور عمودی مقادیر R^2، محور افقی شیب مجرا و هر یک از منحنی‌ها طول مجرای اصلی یا فاصله محل استخراج منحنی‌های دبی - اشل از ابتدای مجرا را نشان می‌دهد.



شکل 7 : مقادیر R^2 نمایان‌گر همبستگی میان منحنی دبی - اشل متناظر در حالت‌های تقریبی و دقیق برای شیب‌ها و طول‌های مختلف مجرای اصلی و ضریب زبری 0/03 .

در این شکل، محور عمودی مقادیر R^2، محور افقی شیب مجرا و هر یک از منحنی‌ها طول مجرای اصلی یا فاصله محل استخراج منحنی‌های دبی - اشل از ابتدای مجرا را نشان می‌دهد.



شکل 8: مقادیر R^2 نمایان‌گر همبستگی میان منحنی دبی - اشل متناظر در حالت‌های تقریبی و دقیق برای شیب‌ها و طول‌های مختلف مجرای اصلی و ضریب زبری 0/04 .

در این شکل، محور عمودی مقادیر R^2، محور افقی شیب مجرا و هر یک از منحنی‌ها طول مجرای اصلی یا فاصله محل استخراج منحنی‌های دبی - اشل از ابتدای مجرا را نشان می‌دهد.

بحث و نتیجه گیری

تحلیل اثر شیب بر میزان خطا در منحنی دبی - اشل

همان‌طور که در اشکال (5)، (6)، (7) و (8) مشاهده می‌شود، همبستگی منحنی دبی - اشل در مقاطع مورد نظر، میان حالت‌های متوسط (تقریبی) و مرجع (دقیق)، با افزایش شیب زیاد می‌شود. چنانچه در مجرایی به طول 5 کیلومتر و زبری 0/04، با افزایش شیب در محدوده تعریف شده تغییرات R^2 به میزان 0/2617 مشاهده می‌شود شکل 8. اگر چه میزان حساسیت عامل شیب، با افزایش طول مجرا کاهش یافته و این حساسیت با توجه به مقایسه 4 نمودار با افزایش ضریب زبری، افزایش می‌یابد، به گونه این که حداکثر تغییرات R^2 در مجرایی به طول 50 کیلومتر و زبری 0/04 برابر 0/1099 شکل 8 و این مقدار برای مجرایی به طول 5 کیلومتر و زبری 0/01 معادل 0/1186 شکل 5 اندازه‌گیری شده است. بنابراین در زمان کاربرد منحنی دبی – اشل هر چه میزان شیب آبراهه کمتر باشد، تفاوت میان حالت ماندگار و غیرماندگار منحنی بیشتر و در صورت کاربرد منحنی متوسط به جای منحنی حلقوی، خطای به وجود آمده افزایش خواهد یافت.

تحلیل اثر زبری بر میزان خطا در منحنی دبی - اشل

با توجه به اشکال 5، 6، 7 و 8 ، همبستگی منحنی دبی - اشل در مقاطع مورد نظر، میان حالت‌های متوسط و مرجع، با افزایش ضریب زبری کمتر می‌شود، چنانچه در مجرایی به طول 5 کیلومتر و شیب 0/0001، با افزایش زبری در محدوده تعریف شده تغییرات R^2 به میزان 0/1507 مشاهده می‌شود اشکال 5 و 8. میزان حساسیت عامل ضریب زبری نیز با افزایش طول مجرا و شیب کاهش یافته، به گونه این که بیشترین تغییرات R^2 در مجرایی به طول 50 کیلومتر و شیب 0/0001 برابر 0/0604 و این مقدار برای مجرایی به طول 5 کیلومتر و شیب 0/001 معادل 0/0076اشکال 5 و 8 اندازه‌گیری شده است. بنابراین در زمان کاربرد منحنی دبی - اشل هر چه که مجرا دارای ضریب زبری بیشتر باشد، تفاوت میان حالت ماندگار و غیرماندگار منحنی بیشتر و در صورت کاربرد منحنی متوسط به جای منحنی حلقوی، خطای به وجود آمده افزایش خواهد یافت.

تحلیل اثر مسافت بر میزان خطا در منحنی دبی - اشل

در تمامی نمودارها مشاهده می‌گردد که همبستگی منحنی‌های دبی - اشل متناظر با طول مجرای اصلی دارای رابطه مستقیم می‌باشد. چنانچه در تمامی حالت‌ها در صورت ثابت ماندن عوامل دیگر، میزان همبستگی با افزایش طول مجرای اصلی، افزایش می‌یابد. بیشترین میزان تغییرات R^2 مرتبط با طول مجرا (مسافت) در مجرایی با شیب 0/0001 و زبری 0/04 معادل 0/1673 شکل 8 و کمترین مقدار آن در مجرایی با شیب 0/001 و زبری 0/01 به مقدار 0/0037 شکل 5 مشاهده می‌شود. از این‌رو در زمان کاربرد منحنی دبی - اشل متوسط در مدل سازی جریان غیرماندگار، در صورت ثابت ماندن عوامل دیگر، هر چه که طول مجرای مورد نظر (فاصله مقطع ابتدایی به عنوان شرایط مرزی بالادست و آخرین مقطع به عنوان شرایط مرزی پایین دست) کوتاه تر باشد، تفاوت میان حالت ماندگار و غیرماندگار منحنی دبی - اشل بیشتر و در صورت کاربرد منحنی متوسط به جای منحنی حلقوی، خطای به وجود آمده افزایش خواهد یافت.

با توجه به این امر که در مدل سازی جریان در مجاری، عوامل شیب و ضریب زبری از شرایط محیطی بوده و در عمل غیر قابل کنترل می‌باشند، بنابراین تنها عامل مؤثر و قابل کنترل در میزان خطای ناشی از کاربرد منحنی دبی - اشل متوسط در مدل‌های غیرماندگار، عامل مسافت (طول مجرا) به حساب می‌آید که ارزیابی اهمیت و میزان تأثیر گذاری آن در شرایط مختلف، با استفاده از نمودارهای ارائه شده در این طرح میسر خواهد شد. بنابراین در چنین شرایطی، در صورت برآورد خطای مذکور توسط روش ارائه شده در این طرح، و انتخاب مقطعی به عنوان شرایط مرزی پایین دست که خطای مربوط به منحنی دبی - اشل متوسط در آن کمترین مقدار را داشته باشد، می‌تواند در کاهش خطا در مراحل طراحی، واسنجی و صحت سنجی مدل، و در نتیجه افزایش دقت نتایج کلی مدل نقش قابل توجهی ایفا کند.

منابع

امیرجانی، ر.(1386). بررسی اثرات آب برگشتی در رودخانه‌های سه شاخه ای به منظور اصلاح و تعیین دبی - اشل در ایستگاه‌های هیدرومتری. پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه سازه‌های آبی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات خوزستان.ص78-82.

مغربی، م. ف و حیدر بیگی، ع، الف. (1388). بررسی تحلیلی روابط دبی ـ اشل در کانال‌های مرکب با زبری‌های غیر یکنواخت. نشریه مهندسی عمران دانشگاه فردوسی مشهد، سال بیست و یکم، شماره یک.ص23-27.

نجمایی، م. (1369). هیدرولوژی مهندسی. چاپ دوم. انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران.تهران.ص45-76.

Baldassarre, Di. and Montanari, G. A. (2009). Uncertainty in river discharge observations: a quantitative analysis, Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss., 6, pp: 39–61.

Chow, V. T. (1958). Open Channel Hydraulics, Mc Graw Hill, Tokio, Japan, pp680

Domeneghetti, A., Castellarin, A. and Brath, A. (2010). Effects of Rating-Curve Uncertainty on The Calibration of Numerical Hydraulic Models, First IAHR European Congress, Edinburgo, Maggio, May pp: 4-6.

Dottori, F. and Martina, M. L. V. and Todini, E. (2009). A dynamic rating curve approach to indirect discharge measurement, Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss., 6, pp :859–896.

Henderson, F. M. (1966). Open channel flow. New York, USA: Macmilliam Series in Civil Engineering, Macmilliam eds.,pp 522.

Horritt, M. S. and Bates, P. D. (2002). Evaluation of 1-D and 2-D models for predicting river flood inundation. J. Hydrol., 268, pp: 87–99.

Jones, B. E. (1915). A method of correcting river discharge for a changing stage, U.S. Geological Survey Water Supply Paper, 375-E, pp: 117– 130.

Shrestha, R. R. and Simonovic, S. P. (2009). A Fuzzy Set Theory Based Methodology for Analysis of Uncertainties in Stage-Discharge Measurements and Rating Curve.