نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۷، شماره ۶، بهمن - اسفند ۱۳۹۲، ص. ۱۲۲۴-۱۲۱۶

Journal of Water and Soil
Vol. 27, No. 6, Jan.-Feb. 2014, p. 1216-1224

واسنجی روش‌های استخراج رابطه دبی-اشل در ایستگاه‌های هیدرومتری حوضه رودخانه قره‌سو

انسیه مرآتی[1*]- رسول قبادیان[2]- عبداله طاهری تیزرو[3]

تاریخ دریافت:۱۳۹۲/۲/۹
تاریخ پذیرش:۱۳۹۲/۱۰/۱۶

چکیده

در ایستگاه‌های هیدرومتری به‌دلیل مشکل اندازه‌گیری دبی در شرایط وقوع سیلاب، رابطه دبی-اشل از داده‌های اندازه‌گیری‌شده مربوط به شرایط غیرسیلابی استخراج و برای شرایط سیلابی برون‌یابی می‌شود. استفاده از رابطه دبی-اشل برون‌یابی شده برای محاسبه سیلاب ممکن است مقادیر کمتر یا بیشتری را تخمین بزند. علت این است که در شرایط سیلابی ممکن است نوع فرم بستر تشکیل‌شده تغییر یابد و باعث تغییر مقاومت در برابر جریان گردد. بنابراین به‌منظور پیش‌بینی بهتر رابطه دبی-اشل لازم است از روابطی استفاده شود که در آنها مقاومت فرم بستر در نظر گرفته شود. در این تحقیق تلاش شده‌است بهترین روش برای توسعه رابطه دبی-اشل ارائه شود. به این منظور از روش‌های انیشتین-باربروسا، شن، وایت، انگلوند، براونلی و وان‌راین برای تکمیل قسمت انتهایی رابطه دبی-اشل حاصل از اندازه‌گیری در ایستگاه‌های هیدرومتری واقع بر حوضه قره‌سو شامل ایستگاه‌های قورباغستان، دوآب‌مرگ، خرس‌آباد، حسین‌آباد و سرآسیاب استفاده گردید. پس از برداشت داده‌های موردنیاز شامل مقاطع عرضی، دبی اندازه‌گیری‌شده و اشل متناظر با آن در ایستگاه‌های موجود و محاسبه دبی و اشل متناظر توسط روش‌های مذکور در سال‌های مورد بررسی، مقایسه‌های آماری بین دبی‌های محاسباتی و اندازه‌گیری شده متناظر انجام گردید. نتایج نشان داد که شیب خط رگرسیونی بین مقادیر دبی اندازه‌گیری شده و محاسبه شده توسط روش انیشتین-باربروسا در ایستگاه‌های قورباغستان و حسین آباد به‌ترتیب برابر با ۱/۰۲۹ و ۱/۱۸۲ است و توسط روش شن در ایستگاه‌های دوآب‌مرگ، خرس‌آباد و سرآسیاب به‌ترتیب برابر با ۱/۰۸، ۱/۰۵۴ و ۰/۹۲۶ است. درحالی‌که برای سایر روش‌ها مقدارشیب خط رگرسیونی بسیار بیشتر از یک است. هم‌چنین میانگین خطا و مجذورمربعات خطا در روش‌های مناسب مذکور بسیار کمتر از سایر روش‌ها می‌باشد. در ایستگاه‌هایی با مواد بستر درشت دانه غالباً روش انیشتین-باربروسا و در ایستگاه‌هایی بامواد بستر ریزدانه روش شن نسبت به سایر روش‌ها به ازای یک اشل ثابت، مقدار دبی جریان را نزدیک به دبی اندازه‌گیری پیش‌بینی می‌کند.

واژه‌های کلیدی: فرم بستر، روش انیشتین – باربروسا، روش شن

مقدمه

کیفیت داده‌های دبی بطور مستقیم در دقت محاسبات، پیش‌بینی و تحلیل‌های هیدرولوژیک مؤثر است. لذا مدل منحنی دبی – اشل همیشه کانون توجه بوده است (۷). منحنی دبی – اشل برای تعریف رابطه بین اشل مقطع پایه ایستگاه و دبی عبوری از این مقطع استفاده می‌شود. تخمین و اثبات اشل‌ها و دبی‌ها در برنامه‌ریزی، طراحی و ساخت فرایندهای هیدرولیکی و پروژه‌های هیدروالکتریکی همیشه موضوعات مهمی بوده‌اند (۱۰، ۱۱ و ۱۳). در واقع رابطه دبی - اشل یک نوع معادله مقاومت در مقابل جریان می‌باشد که برای تعیین دبی جریان در صورتی که عمق یا شعاع هیدرولیکی، شکل مقطع کانال، شیب، خصوصیات مواد بستر و درجه حرارت مشخص باشد، بکار می‌رود (۴). منحنی دبی - اشل برای قسمت‌هایی از رودخانه که در آن‌ها ایستگاه اندازه‌گیری وجود دارد، بطور تجربی تعیین می‌شود و تنها برای همین مقاطع و در دامنه اندازه‌گیری شده قابل کاربرد هستند. از طرفی چون در سیلاب‌های بزرگ اندازه‌گیری مستقیم دبی غیر ممکن است، لذا ترسیم قسمت انتهائی منحنی تجربی که معرف کمیت دبی‌های سیلابی است، اغلب با استفاده از روش‌های تجربی، نظیر معادله مانینگ و با فرض ثابت بودن ضریب زبری n، انجام می‌گیرد. از آنجا که شرایط سیلابی در بسیاری از رودخانه‌ها باعث تغییر فرم بستر و به تبع آن زبری بستر می‌شود، بنابراین استفاده از روش مذکور با فرض ثابت بودن n در دبی و اشل‌های مختلف، که

۱ و ۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی کرمانشاه
(*- نویسنده مسئول: Email: enciehmerati@yahoo.com)
۳- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان

Archive of SID
www.SID.ir

خود باعث تردید است، به منظور محاسبه منحنی دبی – اشل یا تکمیل قسمت‌های انتهائی آن صحیح به نظر نمی‌رسد. بنابراین تاکنون روش‌های متعددی برای برآورد رابطه دبی – اشل در رودخانه-های آبرفتی با در نظر گرفتن مقاومت فرم علاوه بر زبری ذره یا مقاومت ذره ارائه شده است (۵). قبادیان و شفاعی بجستان (۵)، به منظور معرفی یک روش ریاضی مناسب برای تکمیل قسمت انتهایی رابطه دبی – اشل اندازه‌گیری شده در ایستگاه هیدرومتری دهملا با استفاده از روش‌های مذکور و محاسبه دبی و اشل متناظر با آن توسط این روش‌ها، مقایسه‌های آماری مختلف بین اشل‌های محاسباتی و اشل‌های اندازه‌گیری شده متناظر انجام دادند. نتایج نشان داد که روش انگلوند با دقت نسبتاً بالاتری از سایر روش‌ها منحنی دبی – اشل اندازه‌گیری شده را تخمین می‌زند. شجاعیان و حسین‌زاده دلیر (۳)، واسنجی روش‌های تجربی در برآورد رابطه دبی – اشل را با توجه به فرم بستر ایستگاه هیدرومتری عبدالخان انجام دادند، منحنی‌های دبی – اشل در ایستگاه عبدالخان محاسبه و با رابطه دبی – اشل اندازه‌گیری شده با استفاده از روش‌های آماری مقایسه گردیده است. نتایج نشان داد روش وایت وهمکاران در این ایستگاه، رابطه دبی – اشل نسبتاً دقیق‌تری را نسبت به روش‌های دیگر برآورد می‌کند. امیری تکلدانی و عزیزیان (۱)، تأثیر فرم بستر در رودخانه‌های آبرفتی روی منحنی دبی – اشل را بررسی نموده و برخی از روش‌های برآورد منحنی دبی – اشل را مورد مطالعه قرار دادند نتایج نشان داد روابط انگلوند و وایت نتایج تقریباً یکسانی دارند اما این در حالی است که روابط انیشتین – باربروسا و مانینگ مقادیر بسیار زیادی را برآورد می‌کنند.

هدف اصلی این تحقیق ارائه روش مناسب برای تکمیل قسمت انتهائی منحنی دبی – اشل اندازه‌گیری شده مربوط به شرایط سیلابی یا محاسبه رابطه دبی – اشل با در نظر گرفتن اثر زبری ناشی از فرم بستر علاوه بر زبری مربوط به ذره می‌باشد. به این منظور از روش‌های انیشتین – باربروسا، شن، وایت، انگلوند، براونلی و وان راین برای تکمیل قسمت انتهائی رابطه دبی – اشل حاصل از اندازه‌گیری و یا ساخت رابطه دبی – اشل در ایستگاه‌های هیدرومتری واقع در رودخانه قره‌سو شامل: ایستگاه‌های قورباغستان، دوآب‌مرگ، سرآسیاب، خرس‌آباد و حسین‌آباد استفاده گردید.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در قسمت غرب ایران در ناحیه‌ای بین عرض جغرافیایی ″۲۲ ′۰ °۳۴ تا ″۱۰ ′۵۵ °۳۴ عرض شمالی و ″۱۲ ′۲۲ °۴۶ تا ″۱۲ ′۲۲ °۴۷ طول شرقی واقع شده و از نظر تقسیمات کشوری به استان کرمانشاه و قسمت کوچکی از آن به استان کردستان تعلق دارد. در این تحقیق ۵ ایستگاه هیدرومتری موجود در حوضه مورد مطالعه مورد بررسی قرار گرفتند.

تعیین رابطه دبی – اشل در رودخانه‌های آبرفتی مورد مطالعه افراد متعددی قرار گرفته و روابط مختلفی تاکنون پیشنهاد شده است. مهمترین این روش‌ها که در این تحقیق نیز مورد استفاده قرار گرفته‌اند عبارتند از: اینشتین – باربروسا، شن، وایت و همکاران، انگلوند، براونلی و وان راین، که در ادامه به تفصیل شرح داده می‌شود.

شکل ۱- موقعیت ایستگاه های هیدرومتری مورد مطالعه

Archive of SID

www.SID.ir

روش اینشتین - باربارosa[1]: این روش را می‌توان برای تعیین رابطه دبی - اشل در مقطعی از رودخانه که سایر مشخصات آن معلوم می‌باشد، بکار برد. از ویژگی‌های این روش استفاده مؤثر از خصوصیات هندسی و فیزیکی مجرا و بهره‌گیری از اصول و مبانی حاکم بر رفتار هیدرولیکی جریان است. در این روش شعاع هیدرولیکی سطح مقطع جریان به دو بخش یعنی شعاع هیدرولیکی مربوط به زبری فرم بستر (R") و شعاع هیدرولیکی مربوط به زبری ذره (R') تقسیم می‌شود. چنانچه S، D_{65}، D_{35} و مشخصات هندسی مقطع معلوم باشد گام‌های زیر برای ساختن رابطه دبی ـ اشل برداشته می‌شود:

ابتدا مقدار شعاع هیدرولیکی مربوط به زبری ذره R' فرض شده و سرعت برشی مربوط به زبری ذره محاسبه و سپس سرعت جریان محاسبه شده و شدت تنش نیز از رابطه $\psi' = \frac{(G_S - 1)D_{35}}{R'S}$ محاسبه می‌شود.که در این رابطه G_s چگالی ویژه ذرات، D_{35} اندازه ذره‌ای که ۳۵ درصد وزنی مواد از آن کوچک‌ترهستند و S شیب بستر رودخانه می‌باشد. تابع شدت تنش $(f\psi')$ نیز مطابق زیر محاسبه می‌گردد:

$$f(\psi') = 43/394\psi'^{-1/1215} \qquad \psi' \le 2/5 \qquad (۱)$$

اگر

$$f(\psi') = 23/522\psi'^{-0/4254} \qquad \psi' > 2/5 \qquad (۲)$$

اگر

سرعت برشی مربوط به زبری فرم بستر $u_*^{"}$ تعیین و شعاع هیدرولیکی مربوط به آن "R نیز محاسبه می‌شود. شعاع هیدرولیکی سطح مقطع جریان نیز محاسبه و سپس با توجه به شکل سطح مقطع رودخانه رقوم سطح آب، عمق جریان و سطح مقطع با معلوم بودن R محاسبه می‌شود و نهایتاً دبی جریان از حاصل‌ضرب سطح مقطع در سرعت محاسبه می‌شود. گام‌های فوق با 'R جدید تکرار شود (۲ و ۴).

روش شن[2]: این روش برای محاسبه رابطه دبی - اشل مشابه روش انیشتین - باربارosa است با این تفاوت که در این روش سرعت برشی مربوط به زبری فرم بستر $u_*^{"}$ مطابق رابطه زیر محاسبه می‌شود (۱۵):

الف: برای $\psi' > ۱۰$ دو حالت به وجود می‌آید:

$$\frac{u_*^{"}}{V} = 0/03 + 0/111\log\frac{\psi'}{\lambda} \qquad 1 < \frac{\omega D_{65}}{\upsilon} < 100 \qquad (۳)$$

$$\frac{u_*^{"}}{V} = 0/064 - 0/09\log\frac{\psi'}{7/12} \qquad \frac{\omega D_{65}}{\upsilon} > 100 \qquad (۴)$$

که در آن‌ها، ν لزجت سینماتیکی و ω سرعت سقوط ذرات می‌باشد.

ب : برای $\psi' < ۱۰$

$$\frac{u_*^{"}}{V} = 0/03 - 0/111\log\frac{\psi'}{7/12} \qquad (۵)$$

مطابق اظهار نظر سایمون و شنتورک (۱۹۹۲)، روش شن ممکن است خطای زیادی را به‌وجود آورد. البته نتایج این روش برای حالتی که شکنج‌ها تشکیل شوند و یا بستر صاف باشد، نسبتاً خوب است (۴).

روش وایت و همکاران[3]: وایت و همکاران برای بدست آوردن رابطه دبی - اشل از داده‌های آزمایشگاهی و صحرایی رابطه ۹ را ارائه نمودند مراحل تعیین رابطه دبی - اشل توسط وایت و همکاران به شرح زیر است:

با داشتن مقطع رودخانه، رابطه بین اشل، عمق جریان، شعاع هیدرولیکی و رابطه بین شعاع هیدرولیکی و سطح جریان تعیین می‌گردد. سپس عامل ذره (D_*)، مقدار ضریب p از رابطه $p=[\log(D_*)]^{۱/۷}$ و ضرایب n و Y_{cr} برای حالتی که $۱ \le D_* < ۶۰$ از رابطه ۶ تعیین و در حالتی که $D_* \ge ۶۰$ باشد، n=۰/۰۰ و Y_{cr} = ۰/۱۷ می‌باشد.

$$n = ۱ - ۰.۵۶\log D_* \qquad Y_{cr} = \frac{0.23}{\sqrt{D_*}} + 0.14 \qquad (۶)$$

یک مقدار برای شعاع هیدرولیکی اختیار و بر اساس آن سطح جریان و سرعت برشی به دست آورده و ضریب Y_{fg}، پارامتر حرکت و سرعت متوسط نیز از روابط زیر تعیین می‌گردند.

$$Y_{fg} = \left[\frac{u_*^n}{\sqrt{(G_s - 1)gD_{35}}}\right] \qquad (۷)$$

$$Y_{gr} = (Y_{fg} - Y_{cr})(1 - 0/76(1 - e^{-p})) + Y_{cr} \qquad (۸)$$

$$Y_{gr} = \left[\frac{u_*^n}{\sqrt{(G_s - 1)gD_{35}}}\right]\left[\frac{V}{5/66\,Log(\frac{10R}{D_{35}})}\right] \qquad (۹)$$

دبی جریان از رابطه پیوستگی محاسبه می‌گردد. در نهایت مقدار دیگری برای شعاع هیدرولیکی اختیار کرده و مراحل فوق را تکرار نموده تا اینکه نقاط کافی برای رسم منحنی دبی - اشل حاصل شود.

روش انگلوند[4]: این روش برای محاسبه دبی جریان با معلوم بودن عمق، کاربرد دارد و از متداول‌ترین روش‌های تعیین و ترسیم منحنی‌های دبی - اشل در رودخانه‌ها است. جزئیات تعیین منحنی دبی - اشل به روش انگلوند و هانسن به شرح زیر می‌باشد:

ابتدا به کمک نقشه برداری مسیر آبراهه و برداشت مقاطع عرضی عمق جریان و شیب طولی کانال تعیین و مقداری برای شعاع هیدرولیکی با توجه به شکل مقطع عرضی کانال فرض می‌شود سپس اندازه دانه‌های رسوب (d) و مقدار پارامتر شیلدز (θ) بر حسب اندازه

1- Einstein and Barbarossa
2- Shen
3- White et al.
4- Englund

Archive of SID

www.SID.ir

دانه‌های رسوب و شعاع هیدرولیکی نیز محاسبه می‌گردد. پارامتر θ' بر حسب پارامتر θ از نمودار انگلوند – هانسن، ۱۹۶۷تعیین می‌شود. محاسبه R' بر حسب θ' از رابطه شیلدز و مقدار سرعت برشی مربوط به زبری ذره بر حسب R' به دست آمده محاسبه می‌شود. ضخامت لایه مرزی (δ) و ضریب تصحیح اینشتین نیز تعیین می‌گردند. سرعت جریان محاسبه و مساحت نیز با توجه به مقدار شعاع هیدرولیکی تعیین می‌شود. دبی جریان بر اساس مقادیر به دست آمده در مراحل مذکور از رابطه پیوستگی محاسبه می‌شود. با تکرار گام‌های بالا برای عمق‌های متناوب آب در مقطع کانال می‌توان به دبی‌های نظیر دست یافت و در نهایت منحنی دبی – اشل را ترسیم نمود (۱۹).

روش براونلی[1]: این روش برای تعیین زبری رودخانه‌های آبرفتی در دو رابطه زیر خلاصه می‌شود:

$$\frac{R}{D_{50}} = 0.372\ q_*^{0.6539}\ S^{-0.2542}\ \sigma_g^{0.105} \qquad (۱۰)$$

$$\frac{R}{D_{50}} = 0.2836\ q_*^{0.6248}\ S^{-0.2877}\ \sigma_g^{0.08013} \qquad (۱۱)$$

D_{50} اندازه ذره‌ای که ۵۰ درصد وزنی مواد از آن کوچک‌ترند، σ_g انحراف معیار توزیع اندازه ذرات می‌باشد.

رابطه ۱۰ برای رژیم جریان پائینی و رابطه ۱۱ برای رژیم جریان بالایی کاربرد دارند. در این روش پارامتر بی بعد فرود ذره رژیم‌های جریان را از همه متمایز می‌کند که طبق رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$Fg = \frac{V}{\sqrt{g(G_s - 1)D_{50}}} \qquad (۱۲)$$

چنانچه شیب رودخانه بزرگ‌تر از ۰/۰۰۶ باشد تنها رژیم جریان بالایی وجود دارد. در غیر این صورت اگر $Fg > ۱.۷۴\ S^{-۱/۳}$ باشد رژیم جریان بالایی و در صورت کوچک‌تر بودن رژیم جریان پایینی می‌باشد (۴).

روش وان رایـن[2]: این روش برای تعیین عمق جریان در کانال‌های آبرفتی درصورتی‌که دبی جریان، مشخصات هندسی کانال و مشخصات رسوب بستر معلوم باشند، بدین شرح است که ابتدا عمق جریان یا شعاع هیدرولیکی فرض شده و سرعت جریان با توجه به اطلاعات موجود از رابطه مانینگ و نیز سرعت برشی ذره محاسبه و مقدار T یا عامل انتقال رسوب از رابطه زیر تعیین گردد:

$$T = \frac{u_*'^2 - u_{*c}^2}{u_{*c}^2} = \frac{\tau_0' - \tau_c}{\tau_c} \qquad (۱۳)$$

τ_0 تنش برشی بستر، τ_c تنش برشی بحرانی، u_{*c} سرعت برشی بحرانی و u'_{*c} سرعت برشی بستر است. مقدار ارتفاع فرم بستر (Δ) و مقدار طول موج فرم بستر (λ)، مقدار شاخص زبری فرم بستر و مقدار سرعت متوسط جریان نیز از روابطه زیر تعیین می‌گردند.

$$\frac{\Delta}{d} = 0.11\left(\frac{D_{50}}{d}\right)^{0.3}(1 - e^{-0.5T})(25 - T) \qquad (۱۴)$$

$$k_s'' = 1/1\Delta\left[1 - e^{-25\left(\frac{\Delta}{\lambda}\right)}\right] \qquad (۱۵)$$

$$V = 5./u_*\ \log\left[\frac{12R}{3D_{90} + k_s''}\right] \qquad (۱۶)$$

دبی از رابطه پیوستگی محاسبه شده و مراحل فوق را مجدداً برای عمق انتخابی دیگر انجام داده و دبی متناظر با هر عمق حاصل و نهایتاً منحنی دبی – اشل ترسیم می‌گردد.

طبق این روش وقتیکه $T<۲۵$، مقدار شاخص زبری فرم بستر صفر می‌گردد؛ یا به عبارتی فرم بستر نباید باشد. در حالیکه طبق نظر جولیان (۱۹۹۵) مقدار شاخص زبری بستر در رودخانه‌های بزرگ با افزایش $T>۲۵$، افزایش می‌یابد (۴).

گسلر و همکاران (۱۲)، در مطالعات خود دریافتند که در جریانات با بستر ماسه‌ای متحرک ممکن است دو عمق جریان اتفاق بیافتد که این خاصیت معرف حالتی است که دبی با سرعت بیشتری نسبت به فرم بستر در حال تغییر است. در این حالت یک نوع تأخیر در تغییر فرم بستر که همواره باید با دبی جدید مطابقت نماید، ایجاد می‌شود. این پدیده باعث ایجاد ناپیوستگی در منحنی دبی – اشل خواهد شد که مقدار ناپیوستگی در منحنی دبی – اشل تابعی از زمان تغییر دبی بوده و مقدار ثابتی ندارد. گسلر پس از جمع‌آوری داده‌ها از آن‌ها جهت پیش‌بینی فاکتور اصطکاک فرم بستر در فلوم‌های باریک و کانال‌های پهن با بستر ماسه‌ای که با اصلاحات مناسب برای زبری کناره بکار می‌رود، استفاده کرد که این فاکتور در روش انیشتین برای جداکردن زبری جداره از زبری بستر برای پیش‌بینی عمق جریان در هر دبی اندازه‌گیری شده بکار می‌رود. اسمیت و گارسیا (۱۴)، با استفاده از داده‌های اندازه‌گیری شده و مقایسه آن با روش‌های تجربی، روش‌هایی را برای تعدیل منحنی‌های دبی – اشل و اصلاح آن‌ها به منظور سازگاری بیشتر با مقادیر اندازه‌گیری ارائه کردند. آن‌ها اظهار داشتند علت اختلاف زیاد مقادیر پیش‌بینی توسط منحنی‌های دبی – اشل با مقادیر واقعی در برخی موارد، اعمال فرضیات ساده کننده‌ای است که در هیدرودینامیک جریان در نظر گرفته شده است. لذا با تغییر و تعدیل فرض‌های اصلی از نظر هیدرودینامیکی روش‌های تصحیح و تعدیل منحنی دبی – اشل در حالت جریان غیر یکنواخت و غیر ماندگار را مورد بحث قرار داده و شرایطی که این فرض‌ها باعث ایجاد خطا می‌شود را تجزیه و تحلیل نمودند.

1- Brownlie
2- Van Rijn

Archive of SID

www.SID.ir

در این تحقیق برای به دست آوردن دانه‌بندی مواد بستر پس از انجام نمونه‌برداری از بستر ایستگاه‌های مذکور آزمایشات دانه‌بندی انجام و منحنی‌های دانه‌بندی برای هر ایستگاه تعیین و ترسیم گردید که در شکل ۲ نشان داده شده است.

پس از جمع‌آوری داده‌ها و به منظور تسریع در محاسبه دبی - اشل با استفاده از روش‌های ارائه شده در بالا، یک برنامه رایانه‌ای در محیط ویژوال بیسیک نوشته شد. به منظور بررسی بیشتر و مقایسه دقیقتر، از روش‌های آماری به شرح زیر نیز استفاده شده‌است:

مجذور ضریب همبستگی (R^2) و شیب خط رگرسیون (α)، زمانی که عرض از مبدأ آن صفر باشد، هر چه α و R^2 به یک نزدیکتر باشند مدل بهتر می‌تواند مقادیر دبی اندازه‌گیری شده را تخمین بزند.

متوسط خطای مطلق: $$RMSE = \frac{1}{N}\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(Q_m - Q_c)^2}$$

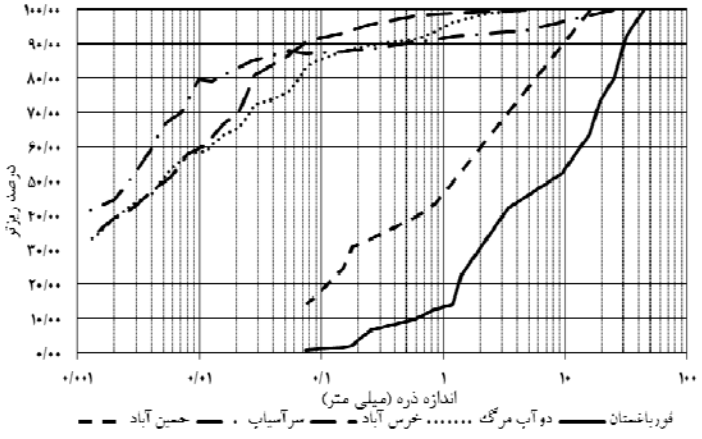
و متوسط جذر مربعات خطا: $$AME = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{n}|Q_m - Q_c|$$

هر چه مقادیر محاسبه شده AME و RMSE به صفر نزدیکتر باشد دقت روش برای تخمین رابطه اندازه‌گیری شده بالاتر است.

نتایج و بحث

با توجه به بررسی‌های انجام شده روی ایستگاه‌های هیدرومتری مورد بررسی و خروجی‌های حاصل از مدل نوشته شده در محیط ویژوال بیسیک و نتایج حاصل برای این ایستگاه‌ها در سال‌های مورد بررسی می‌توان بیان نمود که با توجه به این مسئله که از بین پنج ایستگاه مذکور ایستگاه‌های قورباغستان و حسین آباد دارای مواد بستر درشت دانه هستند و با توجه به نتایج به دست آمده برای این دو ایستگاه در سال‌های موردبررسی می‌توان اظهار داشت که روش انیشتین – باربروسا برای بسترهای درشت دانه به ازای اشل‌های یکسان مقادیر دبی را نسبت به سایر روش‌های مورد مطالعه در این تحقیق با اختلاف کمتری نسبت به دبی اندازه‌گیری شده برآورد می‌کند و با دقت بسیار بالاتری نسبت به سایر روش‌ها برای مطالعه و تکمیل رابطه دبی – اشل در سال‌های مذکور در شرایط سیلابی در این دو ایستگاه کاربرد دارد. هم‌چنین رژیم جریان در این دو ایستگاه بیشتر در محدوده رژیم پایینی و انتقالی قرار داشته و فرم بستر غالباً از نوع تلماسه و یا تلماسه شسته شده می‌باشد.

در ایستگاه‌های دوآب مرگ، خرس آباد و سرآسیاب که دارای مواد بستر ریز دانه هستند و با توجه به نتایج به دست آمده برای این ایستگاه‌ها می‌توان اظهار داشت که روش شن برای اکثر بسترهای ریز دانه به ازای اشل‌های یکسان مقادیر دبی را نسبت به سایر روش‌ها در این تحقیق با اختلاف کمتری نسبت به دبی اندازه‌گیری شده برآورد می‌کند و با دقت بسیار بالاتری نسبت به سایر روش‌ها برای مطالعه و تکمیل رابطه دبی – اشل در شرایط سیلابی در ایستگاه‌هایی با مواد بستر ریز دانه کاربرد دارد. رژیم جریان در این سه ایستگاه نیز در سال‌های مورد مطالعه در محدوده رژیم بالایی قرار دارد و فرم بستر غالباً از نوع بستر صاف (بدون فرم)، پاد تلماسه و یا سرسره و استخر می‌باشد.



شکل ۲- منحنی دانه‌بندی ایستگاه های هیدرومتری مورد مطالعه

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- مقایسه آماری روش‌های مختلف برآورد رابطه دبی – اشل، ایستگاه قورباغستان سال ۸۷-۱۳۸٦

روش محاسبه	R^2	α	RMSE	AME
اینشتین-باربروسا	۰/۹۶۷	۱/۰۲۹	۰/۱۱۲	۰/۳۰۱
شن	۰/۹۸۳	۴/۱۳۶	۴/۳۱۴	۱۵/۴۳۹
وایت	۰/۹۸۵	۴/۲۳۹	۴/۴۵۸	۱۵/۹۶۸
انگلوند	۰/۹۹۹	۴/۸۲۰	۵/۲۷۵	۱۸/۹۴۵
براونل	۰/۹۹۸	۳/۰۰۸	۲/۷۶۷	۹/۸۹۷
وان راین	۰/۹۹۹	۵/۰۲۵	۵/۵۲۷	۱۹/۷۴۲

جدول ۲- مقایسه آماری روش‌های مختلف برآورد رابطه دبی – اشل، ایستگاه دوآب مرگ سال ۸۸-۱۳۸۷

روش محاسبه	R^2	α	RMSE	AME
اینشتین-باربروسا	۰/۹۳۸	۵/۹۸۴	۲/۳۴۴	۳/۹۴۳
شن	۰/۹۵۵	۱/۰۸۰	۰/۰۸۱	۰/۱۲۰
براونلی	۰/۹۲۵	۲/۰۴۸	۰/۵۲۰	۰/۸۴۹
وان راین	۰/۸۹۶	۹/۳۳۸	۳/۹۸۶	۶/۱۰۹

جدول ۳- مقایسه آماری روش‌های مختلف برآورد رابطه دبی – اشل، ایستگاه خرس آباد سال ۷۷-۱۳۷٦

روش محاسبه	R^2	α	RMSE	AME
اینشتین-باربروسا	۰/۹۷۹	۹/۰۰۲	۱۰/۴۸۹	۱۷/۳۴۸
شن	۰/۹۷۸	۱/۰۵۴	۰/۱۸۴	۰/۳۵۴
براونلی	۰/۱۵۵	۸/۱۲۴	۲/۶۰۸	۳/۶۲۶
وان راین	۰/۹۵۵	۸/۸۴۵	۱۰/۳۷۶	۱۹/۷۷۲

جدول ٤- مقایسه آماری روش‌های مختلف برآورد رابطه دبی – اشل، ایستگاه حسین آباد سال ۸۸-۱۳۸۷

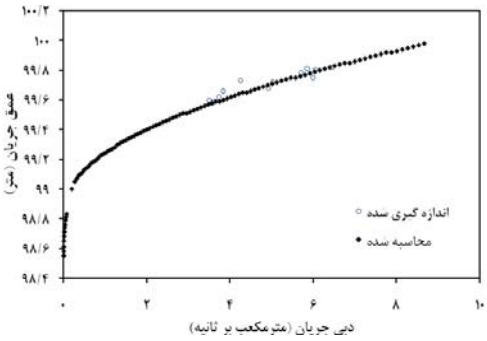
روش محاسبه	R^2	α	RMSE	AME
اینشتین-باربروسا	۰/۹۶۷	۱/۱۸۲	۰/۲۴۰	۰/۴۹۱
شن	۰/۹۸۱	۳/۳۳۹	۲/۵۸۲	۶/۲۶۷
وایت	۰/۹۵۵	۲/۲۳۱	۱/۳۷۴	۳/۵۱۰
انگلوند	۰/۸۸۵	۱/۶۳۰	۰/۷۴۱	۲/۰۱۸
براونلی	۰/۹۶۸	۱/۶۱۱	۰/۶۸۹	۱/۷۴۴
وان راین	۰/۹۷۰	۳/۴۰۶	۲/۶۶۱	۶/۵۸۰

جدول ۵- مقایسه آماری روش‌های مختلف برآورد رابطه دبی – اشل، ایستگاه سرآسیاب سال ۸۸-۱۳۸۷

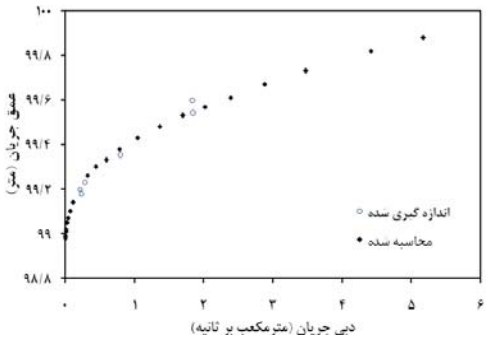
روش محاسبه	R^2	α	RMSE	AME
اینشتین-باربروسا	۰/۶۹۲	۶/۲۷۵	۹/۰۴۰	۲۵/۵۱۹
شن	۰/۵۵۸	۰/۹۲۶	۰/۳۷۳	۱/۰۰۳
براونلی	۰/۶۸۳	۱/۹۸۷	۱/۷۸۲	۵/۱۳۰
وان راین	۰/۵۱۰	۷/۱۰۱	۱۰/۵۷۷	۲۹/۹۸۹

Archive of SID

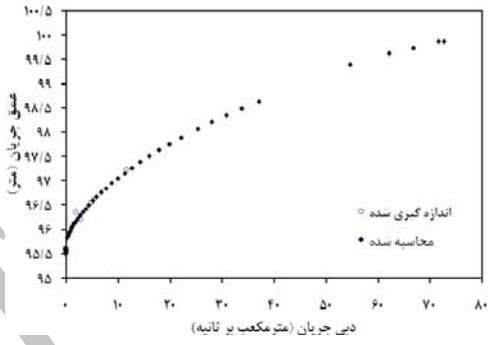
www.SID.ir



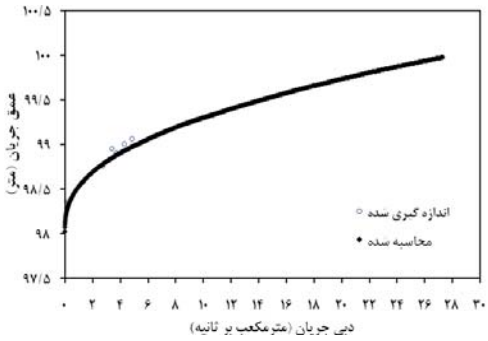
روش انیشتین ـ باربروسا در ایستگاه قورباغستان در سال ۸۷-۸۶



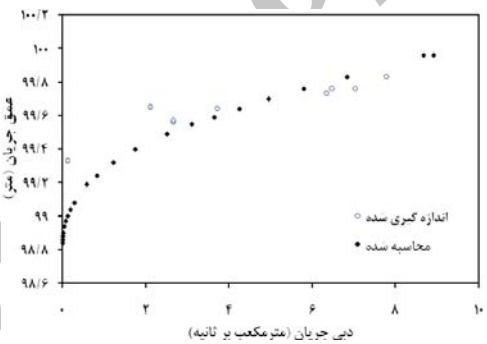
روش شن در ایستگاه دوآب مرگ در سال ۸۸-۸۷



روش شن در ایستگاه خرس آباد در سال ۷۷-۷۶



روش انیشتین ـ باربروسا در ایستگاه حسین آباد در سال ۸۸-۸۷



روش شن در ایستگاه سرآسیاب در سال ۸۸-۸۷

شکل ۳- مقایسه دبی ـ اشل اندازه‌گیری شده و محاسبه شده

نتیجه‌گیری

از آنجاکه از ۵ ایستگاه مذکور ایستگاه‌های قورباغستان و حسین‌آباد دارای مواد بستر درشت دانه هستند و با توجه به نتایج حاصله برای این دو ایستگاه در سال‌های مورد مطالعه می‌توان اظهار داشت که روش انیشتین – باربروسا برای بسترهای درشت دانه به ازای اشل‌های یکسان مقادیر دبی را نسبت به سایر روش‌های مورد مطالعه می‌توان اظهار داشت که روش انیشتین – باربروسا برای بسترهای درشت دانه به ازای اشل‌های یکسان مقادیر دبی را نسبت به سایر روش‌های مورد مطالعه در این تحقیق با اختلاف کمتری نسبت به دبی اندازه‌گیری شده برآورد می‌کند. در سه ایستگاه‌های دیگر که دارای مواد بستر ریز دانه هستند نتایج نشان می‌دهند که در سال‌های مورد بررسی روش شن برای اکثر بسترهای ریزدانه به ازای اشل‌های یکسان مقادیر دبی را نسبت به سایر روش‌های مورد مطالعه با اختلاف کمتری نسبت به دبی اندازه‌گیری شده برآورد می‌کند. لذا نتیجه کلی این بررسی این است که روش انیشتین – باربروسا بیشتر برای بسترهای درشت دانه و روش شن برای اکثر بسترهای ریز دانه برای مطالعه و تکمیل رابطه دبی – اشل در شرایط سیلابی در ایستگاه‌های هیدرومتری حوضه قره‌سو کاربرد دارد.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

۱- امیری تکلدانی ا. و عزیزیان ا. ۱۳۸۹. تأثیر فرم بستر در رودخانه‌های آبرفتی بر روی منحنی دبی - اشل، ششمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس، ۸ تا ۹ اردیبهشت ۱۳۸۹.

۲- سازمان برنامه و بودجه - وزارت نیرو. ۱۳۷۵. راهنمای تعیین منحنی دبی – اشل رودخانه با استفاده از روش اینشتین – باربروسا، نشریه شماره ۱۵۶.

۳- شجاعیان ز. و حسین زاده دلیر ع. ۱۳۸۹. واسنجی روش‌های تجربی در برآورد رابطه دبی – اشل باتوجه به فرم بستر (مطالعه موردی ایستگاه هیدرومتری عبدالخان)، پنجمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۴ تا ۱۶ اردیبهشت ۱۳۸۹.

۴- شفاعی بجستان م. ۱۳۸۷. هیدرولیک انتقال رسوب، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز، ص ۱۶۱ – ۱۹۹.

۵- قبادیان ر. و شفاعی‌بجستان م. ۱۳۸۴. روش اصلاح شده استخراج رابطه دبی - اشل در ایستگاه‌های هیدرومتری، پنجمین کنفرانس هیدرولیک ایران، گروه مهندسی عمران دانشگاه شهید باهنر کرمان، ۱۷ الی ۱۹ آبان ماه ۱۳۸۴.

6- Brownlie W.R. 1983. Flow depth in sand–bed channels, J. Hydraul. Eng., ASCE, 109(7): 959-990.

7- Dai L.Q., Dai H.C., Jiang D.G., Li H., and Chen X.Y. 2010. Calculation of stage-discharge relationship curve based on least square method. Yellow River, (32), 37-39. (in Chinese)

8- Einstein H.A., and Barbarossa N.L. 1952. River Channel Roughness, Transactions of the American Society of Civil Engineers, 117:1121–1146.

9- Engelund F. and Hansen E. 1967. A Monograph on Sediment Transport in Alluvial Streams, Teknisk Forlag, Copenhagen.

10- Feng G.Z., Wang S.Y., and Wei H.Y. 1996. Application of the multivariate autoregressive model to low flow forecast. Journal of Natural Resources, (2), 84-186.

11- Feng H., Chen Y.Y. 2004. A new method in dealing with nonlinear classification and regression problems (II) – application of SVM method in weather forecast. Journal of Applied Meteorological Science, (3), 355-365.

12- Gessler D.J. and Watson C. 1998. Prediction of Discontinuity in Stage- Discharge Rating Curves, Journal of hydrulic engineering. Vol. 124. No (3). PP 243-252.

13- Lu M. 2006. Research on the SVM application of runoff forecast. China Rural Water and Hydropower, (2), 47-49.

14- Schmidt A.R. and Garcia M.H. 2003. Theoretical Examination of Historical Shifts and Adjustments to Stage- Discharge Rating Curve, World water & environmental resources congress. Pennsylvania, USA. PP 223-233.

15- Shen H.W. 1962. Development of Bed roughness in Alluvial Channels, J. of the Hydraulics Div., ASCE, 88, PP 275-289.

16- Van Rijn L.C. 1984a. Sediment Transport, Part II. Suspended Load Transport, Journal of Hydraulic 6.112 Chapter Six *Engineering*, 110:1613–1641.

17- Van Rijn L.C. 1984b. Sediment Transport, Part III. Bed Forms and Alluvial Roughness, American Society of Civil Engineer *Journal of Hydraulic Engineering*, 110(12):1733-1754.

18- White W., Paris E. and Bettess R. 1979. A New General Method for Prediction the Frictional Characteristics of Alluvial Streams, Wallingford, Rebort No, 187, Engeland.

19- Yang C.T. 1996. Sediment Transport: Theory and Practice, McGraw-Hill New York

Archive of SID

www.SID.ir

Journal of Water and Soil
Vol. 27, No. 6, Jan.-Feb. 2014, p. 1216-1224

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۷، شماره ۶، بهمن - اسفند ۱۳۹۲، ص. ۱۲۲۴-۱۲۱۶

Calibration of Methods to Estimating Stage - Discharge Relation in Hydrometry Stations in the Qarasu River Basin

E. Merati[1*]- R. Ghobadian[2]- A. TaheriTizro[3]
Received: 29-04-2013
Accepted: 06-01-2014

Abstract

Since measuring the flow discharge is difficult during a flood event in a hydrometry station, the estimated Stage–discharge relationship of non-flood conditions is extrapolated for flood conditions. Hence the results might show underestimated values. Indeed during the flood bed form is developed and flow resistance changes. In order to establish a more accurate stage–discharge relation, it is important to apply a method which considers (or takes into account) the bed form resistance. This research tries to determine the best method for developing such relationship in hydrometry stations located on the Qarasu river basin such as: Ghorbaghestan, Doabmereg, Khersabad, Hosseinabad and Sarasiab. To reach this aim, the required data (e.g. river cross section, bed material gradation) were measured for these hydrometry stations and methods of Einstein–Barbarossa, Shen, White, Engelund, Brownlie and VanRijn are used to obtain the stage–discharge relationship. A computer program was developed to estimate stage-discharge relation based on afore mentioned methods. Different statistical tests were accomplished to compare estimated and observed discharges. The results in Ghorbaghestan and Hosseinabad stations showed that the regression slope between the measures and calculated values by the Einstein–Barbarossa's method respectively 1.029 and 1.182. by using Shen's method in Doabmereg, Khersabad and Sarasiab stations respectively 1.08, 1.054 and 0.926 While regression slope in other methods is greater than 1, also AME and RMSE is much less than other methods on the appropriate methods. In hydrometry stations with coarse bed material Einstein–Barbarossa's method is more convenient to estimate stage-discharge relation in comparison with other methods. Also for hydrometry stations with fine-grained bed material Shen's method was found a reasonable method to estimate stage-discharge relation.

Keywords: Bed Form, Einstein – Barbarossa's method, Shen's method

Archive of SID

1,2- MSc Graduate and Assistant Professor, Department of Water Engineering, College of Agriculture, Razi University, Kermanshah
(*-Corresponding Author Email: enciehmerati@yahoo.com)
3- Associate Professor, Department of Water Engineering, College of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan

www.SID.ir