پیش‌بینی رابطه دبی - اشل در ایستگاه هیدرومتری قورباغستان کرمانشاه براساس روابط مقاومت فرم بستر

رسول قبادیان[1*]، انسیه مرآتی[1] و عبدالله طاهری تیزرو[2]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۲/۸ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۱۱/۹)

چکیده

در ایستگاه‌های هیدرومتری عمدتاً به‌دلیل مشکل اندازه‌گیری دبی در شرایط وقوع سیلاب، رابطه دبی ـ اشل از روی داده‌های اندازه‌گیری شده مربوط به شرایط غیرسیلابی استخراج می‌گردد 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 موضوع این است که در شرایط جریان سیلابی ممکن است نوع فرم بستر تشکیل شده تغییر یابد و باعث تغییر مقاومت در برابر جریان گردد. بنابراین به منظور 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 شده است که بهترین روش برای توسعه رابطه دبی- اشل ارائه شود. به این منظور از روش‌های انیشتین ـ باربا‌روسا، شن، وایت، انگلوند و براونلی برای تکمیل قسمت انتهایی رابطهٔ دبی ـ اشل حاصل از اندازه‌گیری در ایستگاه هیدرومتری قورباغستان واقع بر رودخانه قره‌سو و یا ساخت رابطه دبی - اشل در ایستگاه مذکور استفاده گردید. پس از برداشت داده‌های مورد نیاز شامل مقاطع عرضی، دبی اندازه‌گیری شده و اشل متناظر با آن و هم‌چنین منحنی دانه‌بندی مواد بستر در این ایستگاه و محاسبه دبی و اشل متناظر با آن توسط روش‌های ذکر شده در دو سال آبی ۸۷-۱۳۸۶ و ۸۸-۱۳۸۷، مقایسه‌های آماری مختلف بین دبی‌های محاسباتی و اندازه‌گیری شده متناظر انجام گردید. نتایج نشان داد روش انیشتین ـ باربا‌روسا دارای کمترین مقدار متوسط خطای مطلق ۰/۳۱۰ و ۱/۴۶۸ مترمکعب بر ثانیه و متوسط جذر مربعات خطا ۰/۱۱۲ و۰/۴۶۶ مترمکعب بر ثانیه به‌ترتیب در دو سال آبی ۸۷-۱۳۸۶ و ۸۸-۱۳۸۷ نسبت به سایر روش‌هاست. سایر روش‌های مذکور به ازای یک اشل ثابت، مقدار دبی جریان را بیش از اندازه پیش‌بینی می‌کنند.

واژه‌های کلیدی: رابطه دبی ـ اشل، فرم بستر، ایستگاه هیدرومتری قورباغستان، کرمانشاه

۱. گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی کرمانشاه

۲. گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: rsghobadian@gmail.com

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

مقدمه

رابطهٔ دبی - اشل یک نوع معادلهٔ مقاومت در مقابل جریان می‌باشد که برای تعیین دبی جریان در صورتی‌که عمق یا شعاع هیدرولیکی، شکل مقطع کانال، شیب، خصوصیات مواد بستر و دما مشخص باشد، به‌کار می‌رود (۱). این منحنی (رابطه) ازجمله اطلاعات پایه‌ای برای محاسبات گوناگون هیدرولوژیکی، هیدرولیکی و رسوب رودخانه‌ها و کانال‌های با بستر خاکی است هم‌چنین از آن برای شرایط مرزی در مدل‌های کامپیوتری محاسبه نیمرخ جریان استفاده می‌شود. اندازه‌گیری دائمی دبی رودخانه ها حتی در شرایط عادی امری مشکل و هزینه بر است چه بسا در شرایط سیلابی به‌دلیل مشکلات اندازه‌گیری و خطرات احتمالی امکان‌پذیر نیست. بنابراین با اندازه‌گیری دائمی اشل که کم هزینه است دبی مواقعی را که اندازه‌گیری آنها صورت نگرفته به‌دست آورد. معمولا با چندین نوبت اندازه‌گیری هم زمان دبی و اشل متناظر در یک ایستگاه هیدرومتری یک رابطه ساده بین دبی رودخانه و رقوم سطح آب دست یافت. رابطه دبی - اشل برای قسمت‌هایی از رودخانه که در آنها ایستگاه اندازه‌گیری وجود دارد، به‌طور تجربی تعیین می‌شود و تنها برای همین مقاطع و در دامنه اندازه‌گیری شده قابل کاربرد است.

از طرفی، چون در سیلاب‌های بزرگ اندازه‌گیری مستقیم دبی تقریباً غیرممکن است، لذا ترسیم قسمت انتهایی منحنی تجربی که معرف کمیت دبی‌های سیلابی است، اغلب با استفاده از روش‌های تجربی نظیر معادله مانینگ و با فرض ثابت بودن ضریب زبری (یعنی n) انجام می‌گیرد. از آنجایی که شرایط سیلابی در خیلی 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 خود باعث تردید است، به منظور محاسبه منحنی دبی ـ اشل یا تکمیل قسمت‌های انتهایی آن صحیح به نظر نمی‌رسد. بنابراین تاکنون روش‌های متعددی برای برآورد رابطهٔ دبی ـ اشل در رودخانه‌های آبرفتی با در نظر گرفتن مقاومت فرم بستر علاوه بر مقاومت ذره ارائه شده است از جمله روش‌های انیشتین و باربروسا(۷)، شن(۱۱)، وایت و همکاران(۱۳)، انگلوند(۸) و براوانلی(۵) که در قسمت بعدی به تفصیل تشریح می‌گردند. برای استفاده از روش‌های مذکور نه تنها لازم است شکل مقطع رودخانه در محل ایستگاه برداشت گردد بلکه نمودار دانه‌بندی مواد بستر نیز باید مشخص گردد. گسلر و همکاران (۹) در مطالعات خود دریافتند که در جریان‌های 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 ـ اشل خواهد شد که مقدار آن تابعی از زمان تغییر دبی بوده و مقدار ثابتی ندارد. این محققین پس از جمع-آوری 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 به‌کار می‌روند، استفاده کردند که این فاکتور در روش انیشتین برای جداکردن زبری جداره از زبری بستر برای پیش‌بینی عمق جریان در هر دبی اندازه‌گیری شده به‌کار می-رود. اشمیت و گارسیا (۱۰)، با استفاده از داده‌های اندازه‌گیری شده و مقایسه آن با روش‌های تجربی دبی ــ اشل، روش‌هایی را برای تعدیل منحنی‌های دبی ـ اشل و اصلاح آنها به منظور سازگاری بیشتر با مقادیر اندازه‌گیری ارائه کردند. آنها اظهار داشتند که علت اختلاف زیاد مقادیر پیش‌بینی توسط منحنی‌های دبی ــ 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 هیدرودینامیک، روش‌های تصحیح و تعدیل منحنی دبی ــ اشل در حالت جریان غیریکنواخت و غیرماندگار را مورد بحث قرار دادند و شرایطی که این فرض‌ها باعث ایجاد خطا می‌شوند را تجزیه و تحلیل نمودند. وفا خواه و شجاعی(۲) نشان دادند مناسب‌ترین رابطه دبی– اشل در ایستگاه هیدرومتری سد زاینده‌رود از نوع توانی می‌باشد.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

هم‌چنین مناسب‌ترین زمان برای اندازه‌گیری دبی به منظور استخراج رابطه دبی- اشل ماه‌های تیر، آذر و اسفند می‌باشد. چاباک و مک گین(۶) روابط دبی- اشل جریان خروجی از دریاچه کلیر در کانادا را مورد ارزیابی قرار دادند و نشان دادند که شکل منحنی دبی- اشل رابطه معنی داری با هندسه جریان و پارامترهای هیدرولیکی جریان در این دریاچه دارد. باناچاریا و سولوماتین(۴) به بررسی ارتباط بین دبی و تراز آب با استفاده از داده‌های ۹ ایستگاه هیدرومتری رودخانه باگیراتی در هند با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی پرداختند.

چنانچه مقدار قابل توجهی از داده‌های اندازه‌گیری دبی - اشل در دسترس باشند با استفاده از مدل‌های ساده رگرسیونی یا مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی می‌توان رابطه بین دبی و رقوم سطح آب بر قرار نمود. همان‌گونه که قبلاً اشاره شد این روابط در محدوده اندازه‌گیری شده قابل کاربرد هستند و برون‌یابی توسط آنها برای شرایط سیلابی با توجه به تغییرات زبری بستر دراین شرایط با خطای قابل ملاحظه‌ای همراه خواهد بود. بنابراین هدف اصلی از این تحقیق ارائه روش مناسب برای تکمیل قسمت انتهایی منحنی دبی- اشل اندازه‌گیری شده (مربوط به شرایط سیلابی) یا محاسبه رابطه دبی ــ اشل با در نظرگرفتن اثر زبری ناشی از فرم بستر علاوه بر زبری مربوط به ذره در ایستگاه هیدرومتری قورباغستان کرمانشاه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به منظور رسیدن به اهداف این مطالعه، لازم است تا یک ایستگاه هیدرومتری که داده‌های مورد نیاز شامل مقاطع عرضی، دبی اندازه‌گیری شده و اشل متناظر و هم‌چنین منحنی دانه‌بندی مواد بستر در آن موجود باشد، انتخاب شود. لذا پس از بررسی ایستگاه‌های هیدرومتری رودخانه‌های کرمانشاه، ایستگاه هیدرومتری قورباغستان واقع بر رودخانه قره‌سو انتخاب گردید که در طول و عرض جغرافیایی '۱۶ °۴۷ شرقی و'۱۴ °۳۴ شمالی قرار دارد. مقطع عرضی رودخانه قره‌سو در محل ایستگاه هیدرومتری قورباغستان که با استفاده از ۱۴ نقطه در ۱۹ اردیبهشت ماه سال ۱۳۸۸ و ۱۲ نقطه در ۲۸ اردیبهشت ماه سال ۱۳۸۷ برداشت شده است مورد استفاده قرار گرفت. شکل ۱ مقطع رودخانه را در محل مذکور در دو سال اندازه‌گیری نشان می‌دهد. هم‌چنین در این دو سال آبی، دبی رودخانه در این مقاطع توسط مولینه مدل OTT و با روش ۱۳ و۱۲ مقطعی اندازه‌گیری شده و همزمان با آن نیز حداکثر عمق جریان و رقوم سطح آب در رودخانه برداشت شد. از این داده‌ها برای ترسیم رابطهٔ دبی ـ اشل اندازه‌گیری شده استفاده شده است. از مواد بستر رودخانه در محل ایستگاه هیدرومتری با نمونه‌بردار هلی- اسمیت نمونه‌برداری شده و آزمایش دانه‌بندی روی آنها انجام گردیده است. به منظور استخراج داده‌های مربوط به مواد بستر، منحنی دانه‌بندی متوسط از روی نتایج آزمایش‌های دانه‌بندی ترسیم گردید (شکل۲). هم‌چنین آزمایش تعیین وزن مخصوص ویژه نشان داد که مواد بستر دارای G_S=۲/۶۵ و s_g = ۴/۶۶ است. در ادامه روش‌های برآورد رابطه دبی - اشل که مورد توجه این تحقیق است مورد بررسی قرار می‌گیرد.

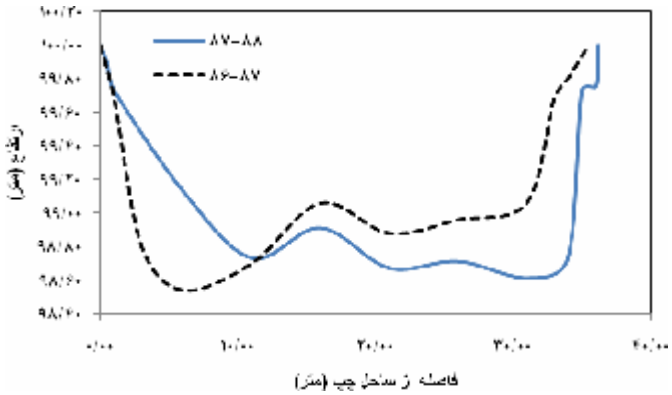
انیشتین و باربروسا (۷) روشی را ارائه نمودند که در آن شعاع هیدرولیکی سطح مقطع جریان به دو بخش، یعنی شعاع هیدرولیکی مربوط به زبری فرم بستر) R'' (و شعاع هیدرولیکی مربوط به زبری ذره (R')، تقسیم می‌شود. در این روش ابتدا شعاع هیدرولیکی مربوط به زبری ذره R' برحسب متر فرض می‌شود و سرعت برشی مربوط به زبری ذره محاسبه می‌گردد. از رابطه زیر سرعت جریان محاسبه می‌شود:

$$\frac{V}{U'_*} = ۵/۷۵ \, Log[۱۲/۲۷ (\frac{R'}{D_{۶۵}}) x] \qquad [۱]$$

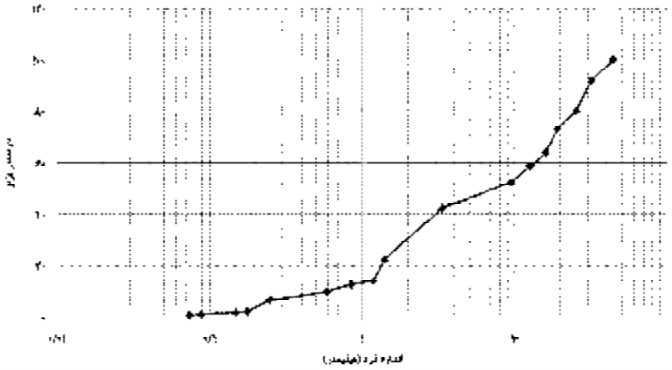
که در آن D_{65} اندازه‌ای است که ۶۵% وزنی مواد کوچک‌تر از آن هستند برحسب متر و x فاکتور تصحیح است که بیانگر رژیم جریان می‌باشد که خود تابعی از D_{65} و ضخامت لایه ورقه‌ای مرزی δ می‌باشد. تابع شدت تنش $\psi' = \frac{(G_S - ۱)D_{۳۵}}{R'S}$ که پارامتری بدون بعد است مطابق روابط زیر تعیین می‌گردد:

$$f(\psi') = 43/394 \psi'^{-1/1215} \qquad \psi' \le 2/5 \quad \text{اگر} \quad [۲]$$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



شکل۱. مقطع رودخانه قره‌سو در محل ایستگاه هیدرومتری قورباغستان در سال‌های ۸۷-۱۳۸۶ و ۸۸-۱۳۸۷



شکل۲. منحنی دانه‌بندی مواد بستر در محل ایستگاه هیدرومتری قورباغستان

[۳] اگر $\psi' > 2/5$ $f(\psi') = 23/522\psi'^{-0/4254}$

پس از تعیین تابع شدت تنش، سرعت برشی مربوط به زبری فرم بستر U''_* از رابطه $\frac{V}{U''_*} = f(\psi')$ و شعاع هیدرولیکی مربوط به زبری فرم بستر R'' از رابطه $U''_* = \sqrt{gR''s}$ محاسبه می‌شوند. شعاع هیدرولیکی سطح مقطع جریان برابر است با $R = R' + R''$. از روی مشخصات مقطع رودخانه، با معلوم بودن R عمق جریان و سطح مقطع محاسبه می‌شود و نهایتاً دبی جریان از حاصل ضرب سطح مقطع در سرعت محاسبه شده از رابطه ۱ محاسبه شود. سپس محاسبات فوق با 'R جدید تکرار شود.

روش شن(۱۱) برای محاسبه رابطه دبی ـ اشل مشابه روش انیشتین ـ باربارو‌ساست، با این تفاوت که در این روش سرعت برشی مربوط به زبری فرم بستر U''_* برای $\psi' > ۱۰$ مطابق رابطه زیر محاسبه می‌شود:

[۴] برای $۱ < \frac{\omega D_{۶۵}}{\upsilon} < ۱۰۰$ $\frac{U''_*}{V} = ۰/۰۳ + ۰/۱۱۱ \log \frac{\psi'}{\lambda}$

[۵] برای $\frac{\omega D_{۶۵}}{\upsilon} > ۱۰۰$ $\frac{U''_*}{V} = ۰/۰۶۴ - ۰/۰۹ \log \frac{\psi'}{۷/۱۲}$

که در آنها $\lambda = \sqrt{\frac{\omega D_{۶۵}}{\upsilon}}$ و ω سرعت سقوط D_{65} است. هم‌چنین برای $\psi' < ۱۰$:

[۶] $\frac{U''_*}{V} = ۰/۰۳ - ۰/۱۱۱ \log \frac{\psi'}{۷/۱۲}$

وایت و همکاران (۱۳) رابطهٔ زیر را برای محاسبه دبی و اشل متناظر با استفاده از داده‌های آزمایشگاهی و صحرایی ارائه کردند:

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

$$Y_{gr} = (Y_{fg} - Y_{cr})(1 - 0.76(1 - e^{-P})) + Y_{cr}$$

$$= \left[\frac{U_*^n}{\sqrt{(G_s - 1)gD_{35}}}\right]\left[\frac{v}{5.66\,Log(\frac{10R}{D_{35}})}\right] \quad [7]$$

که در آن Y_{gr} پارامتر حرکت است و Y_{fg}برابر است با :

$$Y_{fg} = \left[\frac{U_*^n}{\sqrt{(G_s - 1)gD_{35}}}\right] \quad [8]$$

مقادیر n و Y_{cr} برای حالتی‌که پارامتر اندازه ذره بدون بعد $D_* = D_{35}\left[\frac{(Gs-1)g}{\upsilon^2}\right]^{\frac{1}{3}}$ بین یک تا ۶۰ باشد عبارت‌اند از:.

$$n = 1 - 0.56 \log D_* \quad [9]$$

$$Y_{cr} = \frac{0.23}{\sqrt{D_*}} + 0.14 \quad [10]$$

و برای حالتی که $D_* \geq 60$ باشد، مقادیر n و Y_{cr} به‌ترتیب عبارت‌اند از صفر و ۰/۱۷. هم‌چنین مقدار P در هر دو حالت از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$P = [\log(D_*)]^{1.7} \quad [11]$$

انگلوند (۸) با تقسیم شیب خط انرژی به دو قسمت یکی مربوط به زبری ذره و دیگری مربوط به زبری فرم بستر، رابطهٔ دبی ـ اشل در رودخانه‌های آبرفتی را به‌دست آورد. در این روش، ابتدا شعاع هیدرولیکی مربوط به زبری ذره R' فرض می‌شود و مقدار θ' (پارامتر شیلدز مربوط به زبری ذره) محاسبه می‌گردد. سپس پارامتر شیلدز(θ) از روابط زیر استفاده می‌شود:

$$\theta = 1.581(\theta' - 0.06)^{0.5} \qquad \theta' < 0.55 \quad [12]$$

$$\theta = \theta' \qquad 0.055 < \theta' < 1 \quad [13]$$

$$\theta = [1.425\theta' - 0.425]^{-0.555} \qquad \theta' > 1 \quad [14]$$

با معلوم شدن θ، شعاع هیدرولیکی از رابطه ۱۵ محاسبه می‌شود. با معلوم بودن شعاع هیدرولیکی عمق جریان و سطح مقطع جریان از روی مشخصات مقطع تعیین می گردد. هم‌چنین سرعت جریان از رابطهٔ ۱۶ محاسبه می‌شود:

$$R = \frac{\theta(\rho_S - \rho_W)d_{50}}{S} \quad [15]$$

$$\frac{V}{\sqrt{gR'S}} = 6 + 2.5\,Ln\frac{R'}{2.5D_{50}} \quad [16]$$

نهایتاً با معلوم بودن سرعت و عمق جریان دبی محاسبه می‌شود.

روش براوانلی (۵) برای تعیین زبری رودخانه‌های آبرفتی در دو رابطهٔ زیر خلاصه می‌شود:

$$\frac{R}{D_{50}} = 0.372\, q_*^{0.6539}\, S^{-0.2542}\, \sigma_g^{0.105} \quad [17]$$

$$\frac{R}{D_{50}} = 0.2836\, q_*^{0.6248}\, S^{-0.2877}\, \sigma_g^{0.0813} \quad [18]$$

که در آنها q^* از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$q_* = \frac{q}{\sqrt{gD_{50}}} \quad [19]$$

رابطهٔ ۱۷ برای رژیم جریان پائینی و رابطهٔ ۱۸ برای رژیم جریان بالایی کاربرد دارند. در این روش، پارامتری که رژیم‌های جریان را از همه متمایز می‌کند پارامتر بی بعد عدد فرود ذره می‌باشد.

$$Fg = \frac{V}{\sqrt{g(G_s - 1)D_{50}}} \quad [20]$$

چنانچه شیب رودخانه از ۰/۰۰۶ کمتر باشد رژیم جریان بالایی است. در غیر این صورت اگر $Fg > 1.74S^{-1/3}$ باشد رژیم جریان بالایی و در صورت کوچک‌تر بودن رژیم جریان پایینی می‌باشد.

در این تحقیق به منظور بررسی بیشتر و مقایسه دقیق‌تر روش‌های برآورد رابطه دبی - اشل، از پارامترهای آماری به شرح زیر استفاده شده است:

۱. R^2 و a که به‌ترتیب عبارت‌اند از مجذور ضریب همبستگی و شیب خط رگرسیون، زمانی که عرض از مبدأ آن صفر باشد. دقت هر مدل به پارامترهای فوق بستگی دارد. بدین صورت که هر چه α و R^2 به یک نزدیک‌تر باشند مدل بهتر می‌تواند مقادیر دبی اندازه‌گیری شده را تخمین بزند.

۲. متوسط خطای مطلق (Absolute Mean Error):

$$AME = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{n}|Q_m - Q_c|$$

که در آن Q_m دبی اندازه‌گیری شده و Q_c دبی محاسبه شده متناظر با آن است.

۳. متوسط جذر مربعات خطا(Root Mean Square Error):

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

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

جدول ۱. مقادیر دبی ـ اشل اندازه‌گیری شده و محاسبه شده با روش‌های مختلف در دو سال اندازه‌گیری

سال ۸۷-۸۶								سال ۸۸-۸۷							
دبی – اشل اندازه‌گیری شده		دبی متناظر با اشل اندازه‌گیری شده (m)						دبی - اشل اندازه‌گیری شده		دبی متناظر با اشل اندازه‌گیری شده (m^3/s)					
اشل (m)	دبی (m^3/s)	انیشتین باربروسا	شن	وایت	انگلوند	براونلی		اشل (m)	دبی (m^3/s)	انیشتین باربروسا	شن	وایت	انگلوند	براونلی	
۹۹/۵۸	۳/۶	۳/۶	۱۶/۱	۱۶/۷	۲۰/۰	۱۱/۶		۹۹/۶۳	۳/۷	۵	۲۰/۳	۲۰/۹	۲۴/۱	۱۴/۷	
۹۹/۵۹	۳/۶	۳/۶	۱۶/۴	۱۷/۰	۲۰/۲	۱۱/۸		۹۹/۶۴	۳/۹	۵/۱	۲۰/۷	۲۱/۳	۲۴/۵	۱۴/۹	
۹۹/۶	۳/۵	۳/۸	۱۶/۷	۱۷/۳	۲۰/۵	۱۲/۱		۹۹/۶۵	۴/۰	۵/۲	۲۰/۹	۲۱/۶	۲۴/۷	۱۵/۱	
۹۹/۶۲	۳/۷	۴/۰	۱۷/۴	۱۸/۰	۲۱/۱	۱۲/۶		۹۹/۶۵	۴/۱	۵/۳	۲۱/۲	۲۲/۰	۲۵/۰	۱۵/۴	
۹۹/۶۶	۳/۸	۴/۵	۱۸/۸	۱۹/۳	۲۲/۴	۱۳/۵		۹۹/۶۹	۴/۴	۵/۷	۲۲/۵	۲۳/۰	۲۵/۸	۱۶/۳	
۹۹/۶۸	۴/۹	۴/۷	۱۹/۴	۲۰/۰	۲۳/۰	۱۴/۰		۹۹/۷۲	۴/۲	۶/۱	۲۳/۵	۲۴/۱	۲۶/۸	۱۷/۲	
۹۹/۷۲	۵/۰	۵/۱	۲۰/۸	۲۱/۳	۲۴/۳	۱۵/۰		۹۹/۷۷	۴/۹	۶/۶	۲۵/۲	۲۵/۷	۲۸/۶	۱۸/۶	
۹۹/۷۳	۴/۳	۵/۳	۲۱/۱	۲۱/۶	۲۴/۶	۱۵/۳		۹۹/۷۹	۵/۸	۶/۹	۲۶/۰	۲۶/۵	۲۹/۳	۱۹/۲	
۹۹/۷۵	۶/۰	۵/۵	۲۱/۸	۲۲/۳	۲۵/۱	۱۵/۹		۹۹/۸۵	۸/۹	۷/۹	۲۸/۴	۲۸/۹	۳۱/۱	۲۱/۱	
۹۹/۷۸	۵/۷	۵/۹	۲۲/۹	۲۳/۳	۲۶/۱	۱۶/۸		۹۹/۹۳	۱۰/۹	۹/۳	۳۱/۷	۳۲/۲	۳۴/۱	۲۳/۷	
۹۹/۸	۶/۰	۶/۲	۲۳/۶	۲۴/۰	۲۶/۸	۱۷/۳		۹۹/۹۴	۱۲/۲	۹/۵	۳۲/۲	۳۲/۶	۳۴/۴	۲۴/۳	
۹۹/۸۱	۵/۸	۶/۳	۲۳/۹	۲۴/۴	۲۷/۱	۱۷/۶									
۹۹/۸۲	۶/۴	۶/۴	۲۴/۳	۲۴/۷	۲۷/۴	۱۷/۸									

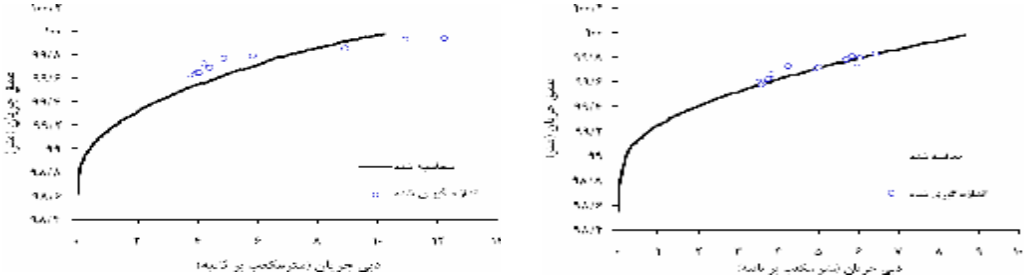
در هر روش هر اندازه مقادیر محاسبه شده AME و RMSE به صفر نزدیک‌تر باشد دقت روش برای تخمین رابطه دبی ـ اشل اندازه‌گیری شده بالاتر است.

پس از جمع‌آوری داده‌ها و به منظور تسریع در محاسبه رابطه دبی ـ اشل با استفاده از روش‌های ذکر شده از یک برنامه رایانه‌ای تهیه شده در محیط ویژوال بیسیک استفاده گردید.

نتایج و بحث

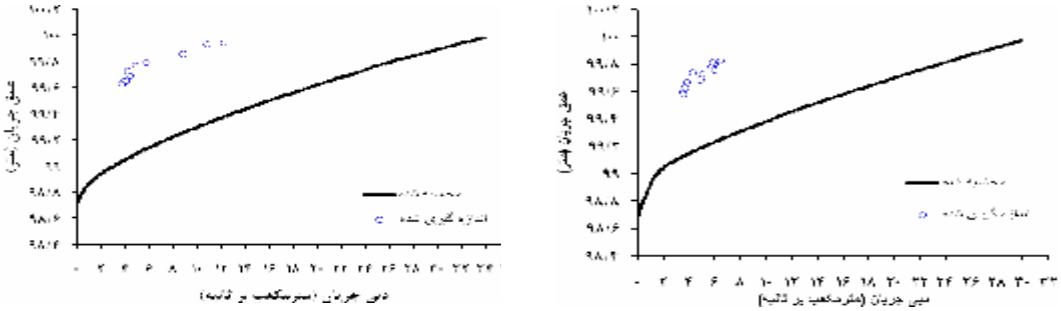
نتایج استخراج شده از برنامه رایانه‌ای همراه با داده‌های اندازه‌گیری شده دبی و اشل در دو سال آبی مذکور در جدول ۱ ارائه شده است. ارقام مندرج در جدول ۱ نشان می‌دهند که روش‌های شن، وایت، انگلوند و براونلی به ازای یک اشل مشخص مقادیر دبی را بسیار بیشتر محاسبه کرده‌اند. هم‌چنین برای نمونه در اشکال ۳ و ۴ مقادیر دبی و اشل اندازه‌گیری شده در مقابل مقادیر محاسبه شده به روش‌های انیشتین – باربروسا و شن نشان داده شده است. روش انیشتین ـ باربروسا مطابق شکل۳، منحنی دبی ـ اشل را نسبتاً خوب پیش‌بینی می‌نماید. از طرفی شکل ۴ نشان می‌دهد منحنی دبی-اشل محاسبه شده با روش شن همانند دیگر روش‌ها به‌طور کامل در بالای منحنی دبی ـ اشل اندازه‌گیری شده قرار می‌گیرد. بررسی‌های انجام شده در این تحقیق نشان داد که براساس روش پیشنهادی عطاالله (۳) رژیم جریان در این مقطع از رودخانه بیشتر در محدوده رژیم پایینی و انتقالی قرار می‌گیرد و فرم بستر غالباً از نوع تلماسه یا تلماسه شسته شده است. عدم مشاهده ناپیوستگی در رابطه دبی-اشل به این دلیل است که تغییر رژیم جریان از پایینی به بالایی در این رودخانه اتفاق نمی‌افتد. به عبارتی، تغییر فرم بستر که باعث عدم پیوستگی رابطه دبی- اشل می‌شود چندان قابل ملاحظه نمی‌باشد. در رژیم جریان پایینی، مقاومت در مقابل جریان زیاد است و افزایش مقاومت بیشتر ناشی از زبری مربوط به فرم بستر می‌باشد. روش انیشتین ـ باربروسا نتایج قابل قبولی برای حالتی‌که بستر رودخانه دارای فرم تلماسه یا بستر صاف باشد، می‌دهد که در این تحقیق نیز این موضوع مورد تأیید قرارگرفت (۱). از آنجا که اندازهٔ ذرات مواد بستر رودخانهٔ قره-سو در محل ایستگاه قورباغستان در دامنهٔ

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



سال 87-86 **سال** 88-87

شکل ۳. مقایسه دبی ـ اشل اندازه‌گیری شده و محاسبه شده به روش انیشتین ـ باربارosa



سال ۸۷-۸۶ سال ۸۸-۸۷

شکل ۴. مقایسه دبی ـ اشل اندازه‌گیری شده و محاسبه شده به روش شن

اندازهٔ ذرات مواد رسوبی مورد استفاده در رابطهٔ براونلی (۰/۸۸ تا۲/۸ میلی‌متر) قرار نمی‌گیرد، این روش نتایج نسبتاً خوبی را ارائه نمی‌دهد. روش وایت(۱۳) بر مبنای داده‌های آزمایشگاهی می‌باشد و برای رژیم جریان پایینی استفاده می‌شود. اختلاف بین اشل اندازه‌گیری شده و اشل محاسبه شده خصوصاً در دبی‌های بالا که رژیم جریان بالایی رخ می‌دهد خود نشان‌دهنده این مطلب است.

همان‌گونه که در بالا اشاره شد اعداد و ارقام جدول ۱ و اشکال ۳ و ۴ نشان داد که روش انیشتین بهتر از سایر روش‌ها رابطه دبی اشل را پیش‌بینی می‌نماید با این وجود به منظور بررسی بیشتر و مقایسه دقیق‌تر، مقایسه‌های آماری بین روش‌های برآورد رابطه مذکور انجام شد. بدین صورت‌که مقادیر دبی اندازه‌گیری شده در مقابل مقادیر محاسبه شده با هر روش به ازای یک اشل یکسان مقایسه شدند. خلاصه نتایج آماری همراه با ذکر هر روش در جدول۲ آورده شده‌است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود همه روش‌ها تقریباً R^2 بالایی دارند. با این وجود، سایر پارامترهای آماری نشان می‌دهند که در روش انیشتین ـ باربارosa متوسط خطای مطلق و متوسط جذر مربعات خطا از بقیه روش‌ها کمتر است. هم‌چنین شیب خط رگرسیون بین مقادیر دبی اندازه‌گیری شده و محاسبه شده با روش انیشتین نزدیک به یک است در صورتی‌که سایر روش‌ها بسیار از یک فاصله می‌گیرند.

نتیجه‌گیری

رابطه دبی ـ اشل از جمله اطلاعات پایه‌ای برای محاسبات گوناگون هیدرولوژیک، هیدرولیکی و رسوب رودخانه‌ها و کانال‌های با بستر خاکی است که غالباً به‌طور تجربی در ایستگاه‌های هیدرومتری و تنها با در نظر گرفتن زبری ذره و

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

جدول ۲. مقایسه روش‌های مختلف با استفاده از پارامترهای آماری در دو سال اندازه‌گیری

پارامتر آماری / روش محاسبه	سال ۸۷-۱۳۸۶				سال ۸۸-۱۳۸۷			
	R^2	α	RMSE	AME	R^2	α	RMSE	AME
اینشتین - باربروسا	۰/۹۶۷	۰/۹۳۳	۰/۱۱۲	۰/۳۱۰	۰/۹۹۳	۰/۹۵	۰/۴۶۶	۱/۴۶۸
شن	۰/۹۸۳	۰/۰۵۷	۴/۳۱۴	۱۵/۴۳۹	۰/۹۹۸	۰/۰۰۱	۵/۶۵۶	۱۸/۶۹۴
وایت	۰/۹۸۵	۰/۰۴۵	۴/۴۸۵	۱۵/۹۶۸	۰/۹۹۸	۰/۰۰۱	۵/۸۲۱	۱۹/۲۵
انگلوند	۰/۹۹۹	۰/۰۱۱	۵/۲۷۴	۱۸/۹۴۵	۰/۹۹۹	۰	۶/۶۲۶	۲۱/۹۴۶
براونلی	۰/۹۹۸	۰/۱۱۲	۲/۷۶۶	۹/۸۹۷	۰/۹۹۷	۰/۰۰۷	۳/۶۷۱	۱۲/۱۳۹

بدون در نظر گرفتن اطلاعات رسوب، در شرایط غیرسیلابی تعیین می‌شود. در این تحقیق به منظور ارائه یک روش مناسب برای پیش‌بینی رابطه دبی ـ اشل یا تکمیل رابطه مذکور برای شرایط سیلابی در ایستگاه قورباغستان واقع بر رودخانه قره‌سو پس از جمع‌آوری اطلاعات مربوط به دانه‌بندی، خصوصیات مواد بستر، داده‌های دبی و اشل اندازه‌گیری شده و شکل مقطع برداشت شده رودخانه در سال‌های ۸۷-۱۳۸۶ و ۸۸-۱۳۸۷ از روش‌های انیشتین ـ باربروسا، شن، وایت، انگلوند و براونلی استفاده شد. مقایسه‌های آماری مختلف نشان داد که شیب خط رگرسیونی بین مقادیر دبی اندازه‌گیری شده و محاسبه شده توسط روش انیشتین ـ باربروسا ۰/۹۳۹ است. در حالی‌که برای سایر روش‌های مورد مطالعه در این تحقیق مقدارشیب خط رگرسیونی کمتراز ۰/۱ است. هم‌چنین میانگین خطا و مجذور مربعات خطا در روش انیشتین ـ باربروسا بسیار کمتر از سایر روش‌ها می‌باشد. هرچند همه روش‌ها ضریب هم‌بستگی خوبی را ارائه می‌دهند، اما روش انیشتین ـ باربروسا با دقت بسیار بالاتری نسبت به سایر روش‌های مورد نظر این تحقیق برای محاسبه و یا تکمیل رابطه دبی ـ اشل در شرایط سیلابی در ایستگاه هیدرومتری قورباغستان کاربرد دارد.

منابع مورد استفاده

۱. شفاعی بجستان، م. ۱۳۸۷. هیدرولیک رسوب. چاپ اول، ویرایش دوم، انتشارات دانشگاه شهید چمران، اهواز. ص ۱۹۹-۱۶۱.

۲. وفا خواه م. و غ. شجاعی.۱۳۸۶. تعیین مناسب‌ترین رابطه دبی - اشل در ایستگاه هیدرومتری سد تنظیمی زاینده‌رود. مجله علوم و فنون کشاورزی ۴۲: ۳۱۵-۳۲۲.

3. Athaaullah, M. 1968. Prediction of Bed Forms in Erodable Channels. Ph.D. Dissertation, Dept. of Civil Eng., Colorado State Univ., Fort Collins, Colorado.
4. Bhattacharya, B. and D. P. Solomatine. 2000. Application of artificial neural network in stage-discharge relationship. 4th International Conference on Hydroinformatics, Iowa City, USA.
5. Brownlie, W.R. 1983. Flow depth in sand–bed channels. J. Hydraul. Eng. ASCE 109(7): 959-990.
6. Chubak, N. J. J. and R. A. McGinn. 2002. Evaluating outlet flow for Clear Lake, Riding Mountain National Park, Manitoba: A rating curve based on lake levels. Annual Meeting of the Canadian Association of Geographers, Toronto, Ontario.
7. Einstein, H.A. and N.L. Barbarossa. 1952. River channel roughness. Trans. ASCE 117: 1121-1132.
8. Engelund, F. 1966. Hydraulic resistance of alluvial stream. J. Hydraulic. Div. ASCE 92: 315-326.
9. Gessler, D., J. Gessler and C. Watson. 1998. Prediction of Discontinuity in Stage- Discharge Rating Curves. J. Hydraul. Eng. ASCE 124(3): 243-252.
10. Schmidt, A.R. and M.H. Garcia. 2003. Theoretical Examination of Historical Shifts and Adjustments to Stage-Discharge Rating Curve. World water & environmental resources congress. Pennsylvania, USA: 223-233.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

11. Shen, H.W. 1962. Development of Bed roughness in Alluvial Channels. J. Hydraul. Div . ASCE 88 : 275-289.
12. Simons, D.B. and Senturk. 1992. Sediment Transport Technology. Water Resource Pub., Ft Collins, Colorado.
13. White, W., E. Paris and R. Bettess. 1979. A New General Method for Prediction the Frictional Characteristics of Alluvial Streams. Wallingford, Rebort No, 187, Engeland.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Prediction of Stage – Discharge Relationship in Ghorbaghestan Hydrometry Station According to Bed Form Resistance Equations

R. Ghobadian*[1], E. Merati[1] and A. Taheri Tizro[2]

(Received : Apr. 28-2011 ; Accepted : Jan. 29-2012)

Abstract

Stage – discharge relationship is mainly developed from measured data in any hydrometry station. Measured data usually obtain in low to medium flow discharge, because in most cases it is very difficult to measure the flow discharge during flood. Therefore, the stage–discharge is extrapolated beyond the measured data to compute the flood which may estimate low or higher value. This is because during the high flow, the bed form is developed which causes the flow resistance to change. In order to establish a better stage – discharge relation, it is important to apply methods which consider the bed form resistance. In this study an attempt has been made to determine the best method for developing such relationship. To reach the goal, the required data such as river cross section, discharge and related stage and bed material gradation from Ghorbaghestan hydrometry station were measured for two years. Then a computer program was developed. Using this program and applying the measured data, the stage – discharge relationships were computed by five different methods. From the statistical comparison of the results of these methods with measured data, it was found that Shen, Brownlie, Engelund and White's method overestimate the flow discharge. The best method was found to be the Einstein – Barbarossa's method that provided the minimum absolute mean errors 0.31 and 1.468 m^3/s and minimum root mean square error 0.112 and 0.466 m^3/s for the two study years, respectively.

Keywords: Stage-discharge relationship, Bed form, Ghorbaghestan hydrometry station, Kermanshah province.

1. Dept. of Water Eng., College of Agric., Razi Uviv., Kermanshah, Iran.
2. Dept. of Water Eng., College of Agric., Bu-Ali Sina Univ., Hamedan, Iran.
*: Corresponding Author, Email: rsghobadian@gmail.com

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com