نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۶، شماره ۵، آذر – دی ۱۳۹۱، ص. ۱۳۱۷-۱۳۰۸

Journal of Water and Soil
Vol. 26, No.5, Nov.-Dec. 2012, p. 1308-1317

بررسی عوامل مؤثر بر ضریب مانینگ در رودخانه‌ها و ارائه‌ی رابطه‌ای جدید جهت تخمین آن (مطالعه‌ی موردی: رودخانه‌ی فریزی)

علی اکبر عباسی [۱*] – محمد ملک نژاد یزدی [۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۴/۱۸

چکیده

یکی از مهم‌ترین مباحث در مهندسی رودخانه، تخمین ضریب مقاومت جریان است. روش‌های مختلفی برای تخمین این ضریب، ارائه شده است که عمدتاً برای شرایط خاص هر رودخانه کاربرد دارند. در این مطالعه مجموعه‌ای از اطلاعات هیدرولیکی و هندسی رودخانه فریزی که در محدوده مورد مطالعه، رودخانه دارای بستر شنی می‌باشد گردآوری شد. در این مقطع، باید جریان یکنواخت، آشفته، بطور هیدرولیکی زبر، بدون موانع و گیاهان و نیز بدون فرم های بستر باشد تا بتوان اثرات این موارد را بر مقاومت جریان کم کرد و فرض کرد که مقاومت جریان عمدتاً ناشی از اندازه ذرات بستر می‌باشد. نتایج نشان داد، علاوه بر دانه‌بندی مصالح بستر، رفتار هیدرولیکی جریان نیز در محاسبه ضریب زبری مؤثر است. به‌همین منظور با انجام آنالیز ابعادی، مشخص شد، عدد فرود جریان می‌تواند به‌عنوان پارامتر بیانگر این رفتار در نظر گرفته شود، علاوه بر عدد فرود، شعاع هیدرولیکی و قطر متوسط ذرات بستر نیز در تخمین ضریب زبری مؤثرند. بررسی بیشتر در این مورد نشان داد، ضریب زبری جریان نسبت عکس با عدد فرود دارد. در نهایت رابطه‌ای ارائه شد که قادر است با دقتی مناسب (R^2=۰/۹۹۳) ضریب زبری را تخمین بزند.

واژه‌های کلیدی: مهندسی رودخانه، آنالیز ابعادی، عدد فرود، رودخانه فریزی

مقدمه

بسیاری از روابط مورد استفاده در مطالعات مهندسی رودخانه، از داده‌های تجربی و اندازه‌گیری‌های صحرایی به دست آمده است. از جمله اندازه‌گیری‌هایی که تحت عنوان آب‌سنجی صورت گرفته و در تحلیل هیدرولیکی و هیدرولوژیکی از نتایج آنها استفاده می‌شود شامل اندازه‌گیری سطح آب، عمق، سرعت آب و دبی می‌باشد. یکی از مهم‌ترین مشکلات مطرح در هیدرولیک رودخانه‌ها، تخمین سرعت متوسط جریان در آبراهه‌های کوهستانی فاقد ایستگاه اندازه‌گیری است. برای اندازه‌گیری سرعت آب روش‌های مختلفی وجود دارد. از طرفی یکی از روش‌های معمول برای برآورد دبی سیلابی و به ویژه دبی حداکثر لحظه‌ای، روش‌های هیدرولیکی مبتنی بر مشخصات هیدرولیکی مقاطع اندازه‌گیری می‌باشد. در این روش‌ها، پارامتر ضریب زبری مانینگ نقشی اساسی در برآورد میزان دبی رودخانه را دارا می‌باشد. تخمین صحیح این عامل برای تعیین عواملی نظیر عمق و سرعت جریان ضروری است. از آنجا که تعیین عمق جریان در مشخصه‌های فنی و حقوقی نظیر حدود بستر و حریم رودخانه‌ها، مؤثر می‌باشد، برآورد ضریب زبری هیدرولیکی علاوه بر ارزش فنی، اهمیت حقوقی نیز پیدا می‌کند، ضمن آنکه در برآورد این پارامتر هرچه دقت بیشتری صورت پذیرد، می‌توان به نتایج محاسبات هیدرولیکی اطمینان بیشتری داشت.

ضریب زبری هیدرولیکی در شرایط متنوع و پیچیده رودخانه‌ها، متأثر از عوامل مختلفی است. بنابراین تحقیقات گسترده‌ای بر روی شرایط متنوع جریان در رودخانه‌ها صورت گرفته و طیف گسترده‌ای از روابط ارائه شده است. روابط مقاومت جریان در مجاری روباز نظیر رودخانه‌ها به پنج نوع تعریف شده است که عبارتند از: رابطه شزی، رابطه دارسی ویسباخ، رابطه مانینگ، رابطه سرعت بی بعد، روابط همبستگی بین دبی جریان و عوامل هیدرولیکی (۶). در تخمین ضریب زبری هیدرولیکی، رابطه‌ی مانینگ به‌علت سادگی و درجه دقت قابل قبول، برگزیده‌ترین انتخاب محققین علم هیدرولیک می‌باشد (۱).

۱ و ۲- به ترتیب استادیار پژوهش و کارشناس ارشد مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی
(*- نویسنده مسئول: Email: ak_abbasi@yahoo.com)

به‌منظور تخمین ضریب زبری مانینگ، بایستی عواملی را که بر مقدار آن تأثیر می‌گذارند، مشخص نمود. این عوامل عبارتند از: زبری سطح بستر و بدنه، پوشش گیاهی، نامنظم بودن سطح مقطع آبراهه، نامنظمی مسیر آبراهه، رسوب‌گذاری و آبشستگی، موانع، تراز سطح آب و دبی، بارمعلق و بار بستر (۸).

تاکنون تحقیقات زیادی بر روی اثر عوامل مختلف بر ضریب زبری مانینگ صورت گرفته است که در جدول ۱ به مهم‌ترین آنها اشاره شده است.

اگرچه در زمینه ضریب زبری مانینگ، کارهای فراوانی صورت گرفته است، ولی برای هر رودخانه نیاز به واسنجی روابط ارائه شده توسط سایر محققین و یا توسعه‌ی روابطی جدید می‌باشد. به‌همین منظور در ایران نیز تاکنون مطالعات فراوانی پیرامون ضریب زبری مانینگ در رودخانه‌ها انجام شده است. در جدول ۲، تعدادی از آخرین تحقیقات انجام شده مشاهده می‌شود.

اداره‌ی زمین‌شناسی ایالت متحده با توجه به تحقیقات بارنز در سال ۱۹۶۷، روشی را برای تعیین ضریب زبری ۵۰ نوع مجرا را منتشر کرد. در این روش، ضرایب مقاومت با استفاده از مقادیر دبی جریان، نیمرخ‌های سطح آب و مشخصات بازه‌ی مورد نظر برآورد می‌شود. روش کار بدین‌صورت است که در هر بازه، مشخصات هندسی و هیدرولیکی بیش از دو مقطع بایستی اندازه‌گیری شود. ضریب زبری بین مقطع (۱) و مقطع (N) از رابطه‌ی (۱) قابل محاسبه خواهد بود (۳).

جدول ۱- تحقیقات انجام گرفته پیرامون عوامل مؤثر بر ضریب زبری

عامل مورد بررسی	محقق (سال) (شماره مرجع)	نتیجه
تأثیر اندازه ذرات رسوبی بستر	استریکلر (۱۹۲۳) (۱۵)	$n=0.019D_{50}^{\frac{1}{6}}$
	کیلوگان (۱۹۳۸) (۱۵)	$n=0.039D_{50}^{\frac{1}{6}}$
	میر پیتر مولر (۱۹۴۸) (۱۵)	$n=0.038D_{50}^{\frac{1}{6}}$
	لین و کارلسون (۱۹۵۳) (۱۵)	$n=0.028D_{75}^{\frac{1}{6}}$
	هندرسون (۱۹۶۶) (۷)	$n=0.041D_{50}^{\frac{1}{6}}$
	لیمرینوس (۱۹۷۰) (۱۵)	$n=0.113\frac{R^{\frac{1}{6}}}{\left[1.16+2.03\log(\frac{R}{D_{84}})\right]}$
	ارتش امریکا (۱۹۹۱) (۷)	$n=0.046D_{90}^{\frac{1}{6}}$
شیب بستر	جارت (۱۹۸۴) (۱۵)	ارائه رابطه نمایی بین ضریب زبری و شعاع هیدرولیکی و شیب بستر
	هسل و همکاران (۲۰۰۳) (۱۶)	وجود رابطه خطی بین ضریب زبری مانینگ و تغییرات شیب بستر کانال
	حبیبی (۲۰۰۶) (۱۵)	پیشنهاد استفاده از پارامتر $D84$ به‌عنوان مشخصه مصالح بستر در روابط
	کامیتی و همکاران (۲۰۰۷) (۱۴)	ارائه رابطه تخمین ضریب زبری با استفاده از سرعت جریان
خصوصیات بستر	ریچاردسون و پار (۱۹۹۲) (۱۷)	انطباق مقاومت برشی جریان با شرایط سطوح تراوا
	افضلی مهر و انکتیل (۱۹۹۹) (۱۳)	ارائه رابطه غیر خطی شامل پارامترهای زبری نسبی،عدد فرود، خصوصیات مقطع عرضی و پارامتر انتقال رسوب کف
	یانگ و کیت‌تان (۲۰۰۸) (۱۸)	تنش برشی روی بستر متحرک برابر است با مجموع تنش برشی مقاومت سطحی و مقاومت بستر

جدول۲- تحقیقات انجام گرفته پیرامون ضریب زبری در داخل کشور

محقق (سال) (شماره مرجع)	رودخانه (استان)	نتیجه
افضلی مهر و حیدری‌پور (۱۳۸۰) (۲)	گاماسیاب (اصفهان)	ارائه مقدار ثابت لگاریتمی معادله توزیع جهانی سرعت بصورت تابعی از عدد فرود و پارامتر شیلدز تا حدی برآورد مقاومت جریان را بهبود می‌بخشد.
ایمان شعار و طاهر شمسی (۱۳۸۵) (۳)	سیستان و کرج (تهران)	در رودخانه سیستان روش لین کارلسون و روش چاو بهترین نتیجه و روش هندرسون بیشترین خطا و در رودخانه کرج روش میر پیتر مولر و چاو بهترین نتیجه و روش لایمرینو بیشترین خطا را داشته است.
بابایی و همکاران (۱۳۸۶) (۴)	زارم‌رود (مازندران)	روش‌های کاون و چاو نزدیکترین مقدار را به مقادیر اندازه گیری شده دارند.
محمودی و همکاران (۱۳۸۶) (۱۱)	کارده (خراسان رضوی)	پیشنهاد مدل‌های لگاریتمی و نمایی برای منطقه مورد مطالعه و استفاده از عوامل D_{35}،D_{85} و D_{90} برای مدل‌سازی ضریب زبری
عباسی و همکاران (۱۳۹۰) (۹)	فریزی (خراسان رضوی)	$n=(a\times R)+(b\times S^2)$

$$n=\frac{1}{Q}\left\{\frac{(h+h_u)_1-(h+h_u)_N-\sum_{j=2}^{N}(k.\Delta h_u)_{j-1,j}}{\sum_{j=2}^{N}\frac{L_{j-2,j}}{(A.R^{\frac{2}{3}})_{j-1}-(A.R^{\frac{2}{3}})_j}}\right\} \quad (۱)$$

در رابطه‌ی (۱)، h تراز سطح آب در مقطع مورد نظر نسبت به یک مرجع بر حسب متر، $h_u=\alpha.\frac{V^2}{2g}$ بار سرعت در مقطع مورد نظر بر حسب متر، ($\Delta_{j-1,j}$ h_u) تغییرات بار سرعت بین مقطع (j-1) و مقطع (j) بر حسب متر، k ضریب یکنواختی مجرای آب که برای بازه‌ی یکنواخت مقدار آن برابر صفر و برای بازه‌ی غیریکنواخت مقدار آن برابر ۰/۵ می‌باشد. Q دبی عبوری از مقطع جریان بر حسب متر مکعب بر ثانیه، A سطح مقطع جریان بر حسب متر مربع، R شعاع هیدرولیکی بر حسب متر، N تعداد مقاطع و $L_{j-1,j}$ فاصله مقطع (j-1) و مقطع (j) بر حسب متر می‌باشد.

همانگونه که مشاهده شد، در رابطه با تعیین ضریب زبری مانینگ کارهای فراوانی در داخل و خارج کشور صورت گرفته است. از آنجا که روابط و نتایج بدست آمده، بطور عمده بر اساس اطلاعات آزمایشگاهی بوده و یا برای رودخانه خاصی توسعه یافته که در محدوده مشخصات همان رودخانه کاربرد دارد، به‌منظور شناسایی عوامل مؤثر در ضریب زبری مانینگ، مطالعاتی بر روی رودخانه فریزی در استان خراسان رضوی انجام شد.

در این مطالعه، از میان روابط ارائه شده، مناسب‌ترین رابطه برای این رودخانه، مشخص و همچنین رابطه‌ای که بتواند با دقت مناسب و فرمی ساده‌تر نسبت به سایر روابط، ضریب زبری را تخمین بزند، ارائه خواهد شد.

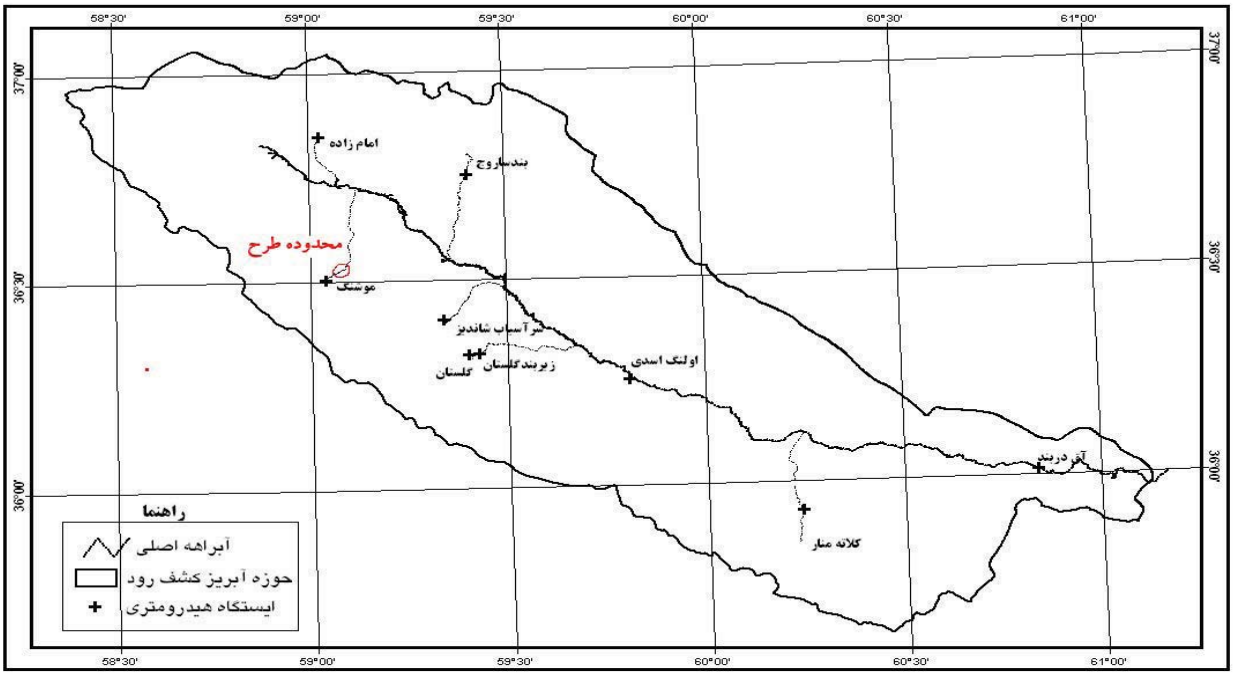
مواد و روش‌ها

مشخصات منطقه مورد مطالعه

حوضه‌ی آبریز رودخانه‌ی فریزی، در دامنه‌های شمالی رشته کوه بینالود و در ۵۰ کیلومتری شمال غربی مشهد واقع است. زهکش اصلی حوضه، رودخانه‌ی فریزی است که از بخش‌های جنوبی حوضه یعنی ارتفاعات بینالود، سرچشمه گرفته و در جهت شمال جریان دارد.

رودخانه‌ی فریزی با طول ۴۵/۱ کیلومتر، از دو سرشاخه به نام‌های پایه و فریزی تشکیل شده که پس از پیوستن به یکدیگر جریان اصلی فریزی را به وجود می آورند. محدوده‌ی مورد مطالعه بر روی این رودخانه در نزدیکی ایستگاه هیدرومتری موشنگ واقع شده است. در شکل ۱، این محدوده مشاهده می‌شود:

برای رسیدن به اهداف این مطالعه مجموعه ای از اطلاعات هیدرولیکی و هندسی از ایستگاه هیدرومتری واقع بر رودخانه فریزی که در این محدوده رودخانه دارای بستر شنی می باشد از شرکت آب منطقه‌ای خراسان رضوی گردآوری شد. همچنین به‌منظور انجام مطالعات تکمیلی، مجموعه‌ای از اطلاعات با پیمایش صحرایی و برداشت مشخصات هیدرولیکی و هندسی مورد نیاز، برداشت شد. در مقطعی که اطلاعات جمع آوری شده است بایستی جریان یکنواخت، آشفته، بطور هیدرولیکی زبر، بدون موانع و گیاهان و بدون فرم های بستر باشد (فرم های بستر بیشتر در بستر های ماسه ای بوجود می آیند و در بسترهای شنی و غیر یکنواخت کمتر مشاهده شده اند) تا اثرات این موارد را بر مقاومت جریان کم کرد و بتوان فرض کرد که مقاومت جریان عمدتاً ناشی از اندازه ذرات بستر می باشد.



شکل ۱- محدوده مطالعاتی رودخانه فریزی

فاصله برداشت مقاطع برای انجام مطالعات مربوط به ضریب زبری از ۲۰ تا ۱۰۰ متر و نیز ۵ برابر عرض مقطع جریان، توصیه شده است (۱۰). علاوه بر این، مقدار D_{50} باید مساوی یا بیشتر از ۲ میلی‌متر باشد که شن، قلوه سنگ یا تخته سنگ در بستر رودخانه می باشد. بنابراین تلاش شد تا اطلاعات جمع‌آوری شده شرایط ذکر شده در بالا را داشته باشند، هرچند این موارد بطور کامل امکان پذیر نیست. محدوده پارامترهای برداشت شده در جدول ۳، مشاهده می‌شوند.

جدول ۳- محدوده پارامترهای اندازه‌گیری شده

پارامتر اندازه‌گیری شده (واحد)	محدوده
دبی (متر مکعب بر ثانیه)	۰/۱۳۷-۸۷/۱۱
سرعت (متر بر ثانیه)	۰/۱۷ -۲/۶۲
شیب	۰/۰۱۲
مساحت خیس شده (متر مربع)	۰/۲۵ -۳۳/۱
محیط خیس شده (متر)	۱ -۸۶/۴
عرض سطح آب (متر)	۱/۶-۸۵/۵
D_{50} (میلیمتر)	۱۳/۲

آنالیز ابعادی

با بکارگیری متغیرهای هیدرولیکی و هندسی مؤثر بر ضریب زبری مانینگ، می‌توان رابطه‌ای جهت تخمین این پارامتر بدست آورد. بدین منظور، ابتدا با بکارگیری آنالیز ابعادی، متغیرهای بدون بعد مؤثر بر ضریب زبری مانینگ مشخص و سپس به بررسی چگونگی تأثیر آنها پرداخته شد. برداشت پارامترهای هندسی و محاسبه مقادیر هیدرولیکی مورد نظر، امکان برآورد ضریب زبری مانینگ با استفاده از روابط تئوری را فراهم می‌سازد. ضریب زبری مانینگ، به پارامترهای مختلفی مطابق رابطه (۲)، بستگی دارد (۵ و ۱۲).

$$n = f(\rho, V, y, \mu, g, b, k_S, S_O) \qquad (۲)$$

که در آن، n ضریب زبری مانینگ، ρ جرم واحد حجم آب، V سرعت متوسط جریان آب، y عمق جریان، μ ضریب لزوجت دینامیکی آب، g شتاب ثقل زمین، b عرض سطح آب، k_s اندازه متوسط ذرات بستر و S_o شیب بستر می‌باشند.

با استفاده از تئوری باکینگهام و انتخاب سه متغیر ρ ،V وy به‌عنوان متغیرهای تکراری، خواهیم داشت:

$$n = f\left(\mathrm{Re}, Fr, S_O, \frac{R_h}{k_S}\right) \qquad (۳)$$

که در آن، Re عدد رینولدز جریان، Fr عدد فرود جریان و R_h شعاع هیدرولیکی جریان هستند که در این تحقیق پس از بررسی گزینه‌های مختلف قطر ذرات بستر، در نهایت D_{50} به‌عنوان شاخص ذرات بستر، مورد استفاده قرار گرفت.

از آنجا که در تمام برداشت‌های این مطالعه، عدد رینولدز بیش از ۳۵۰۰۰ بوده که جریان را در شرایط متلاطم قرار می‌دهد، می‌توان از اثر لزجت و یا عدد رینولدز صرفنظر کرد. همچنین شیب رودخانه در بازه مورد مطالعه مقدار ثابت ۰/۰۱۲ بوده، لذا رابطه (۳) به صورت

ساده‌تری در خواهد آمد:

$$n = f\left(Fr, \frac{R_h}{k_s}\right) \quad (۴)$$

شاخص‌های آماری

در این مطالعه به‌منظور مقایسه دقت روابط مختلف در تخمین مقدار ضریب زبری مانینگ از شاخص‌های آماری مطابق جدول ۴، استفاده شد:

جدول ٤- شاخص‌های آماری

شاخص	رابطه
ناش‌ساتکلیف	$C_{N.c} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{m}(n_c - n_o)^2}{\sum_{i=1}^{m}(n_o - n_m)^2}$
جذر میانگین مربعات خطا	$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{m}(n_C - n_O)^2}{m}}$

در روابط بالا، $C_{N.c}$ ضریب ناش ساتکلیف، n_c ضریب زبری محاسباتی، n_o ضریب زبری مشاهداتی، n_m میانگین ضرایب زبری مشاهداتی و m تعداد داده‌ها می‌باشند.

نتایج و بحث

بررسی روابط ارائه شده توسط سایر محققین

همانگونه که پیش از این اشاره شد، از آنجا که روابط ارائه شده پیرامون محاسبه ضریب زبری برای هر رودخانه نیاز به واسنجی داشته و در صورت نیاز، توسعه روابط جدیدتر را طلب می‌کند، در این مطالعه با توجه به پارامترهای هندسی و هیدرولیکی برداشت شده، روابط مختلف مورد بررسی قرار گرفتند.

به‌منظور دستیابی به اهداف این تحقیق، ابتدا با استفاده از اطلاعات برداشت شده، میانگین ضریب زبری محاسباتی رودخانه‌ی فریزی با استفاده از رابطه‌ی (۱)، مقدار ۰/۰۴۳ بدست آمد.

یک دسته از روابط موجود در تخمین ضریب زبری مانینگ تنها به مشخصه‌ای از قطر ذرات بستر وابسته اند. با عنایت به مقدار میانگین ضریب زبری مانینگ محاسباتی در این رودخانه، مطابق نتایج جدول ۵ این روابط نتوانستند تخمین مناسبی از ضریب زبری داشته باشند.

جدول ۵- مقدار ضریب زبری تخمین زده شده با روابط مختلف

رابطه	مقدار تخمین زده شده
استریکلر	۰/۰۱۹
کیلوگان	۰/۰۱۸
میر پیتر مولر	۰/۰۲۳
لین و کارلسون	۰/۰۱۵
هندرسون	۰/۰۱۹
ارتش امریکا	۰/۰۲۸

دسته دیگری از روابط موجود، علاوه بر قطر ذرات بستر، پارامتری از مشخصات هندسی رودخانه را نیز در تخمین ضریب زبری مؤثر دانسته‌اند. به‌منظور بررسی این دسته از روابط، ضریب زبری رودخانه فریزی با استفاده از روابط لیمرینوس و عباسی نیز مورد بررسی قرار گرفت (۹ و ۱۵). در شکل۱، نتایج این بررسی مشاهده می‌شود:

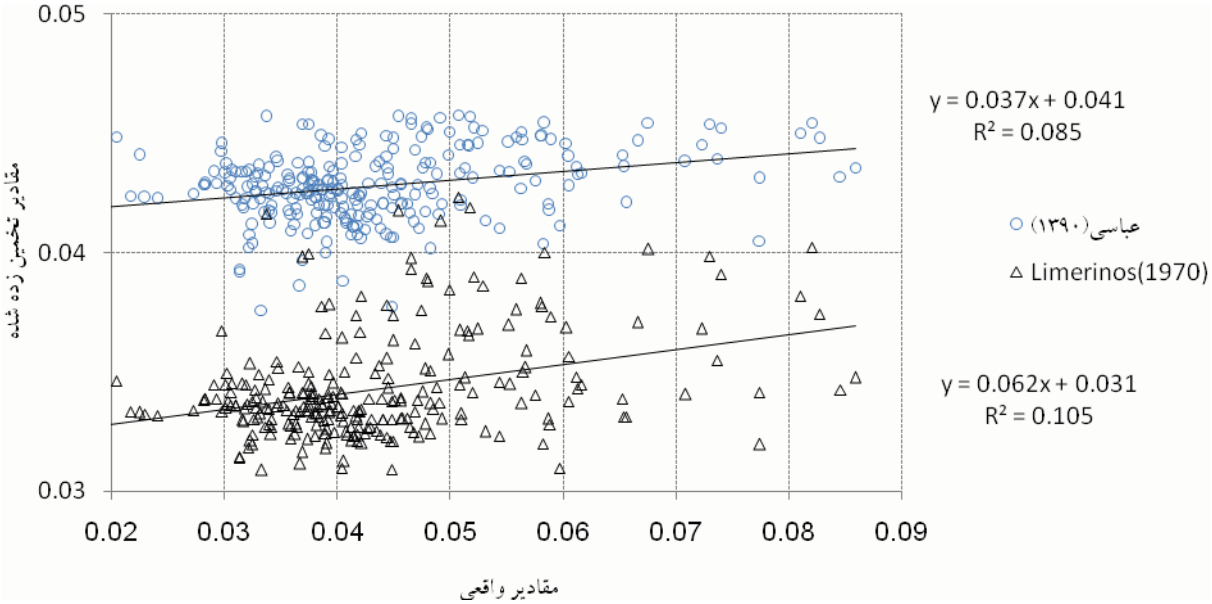
همانطور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، ضریب تبیین نه‌چندان مطلوب روابط فوق نشان می‌دهد، این روابط نمی‌توانند تخمین مناسبی از ضریب زبری داشته باشند.

مشاهدات نشان داد، از آنجا که روابط قبلی نتوانستند تخمین قابل قبولی از ضریب زبری مانینگ داشته باشند، به‌نظر می‌رسد در تخمین این ضریب، علاوه بر مشخصات فیزیکی و هندسی رودخانه نظیر شعاع هیدرولیکی، عمق هیدرولیکی و دانه‌بندی بستر، پارامتری که بیانگر رفتار هیدرولیکی جریان در رودخانه باشد نیز بایستی در نظر گرفته شود.

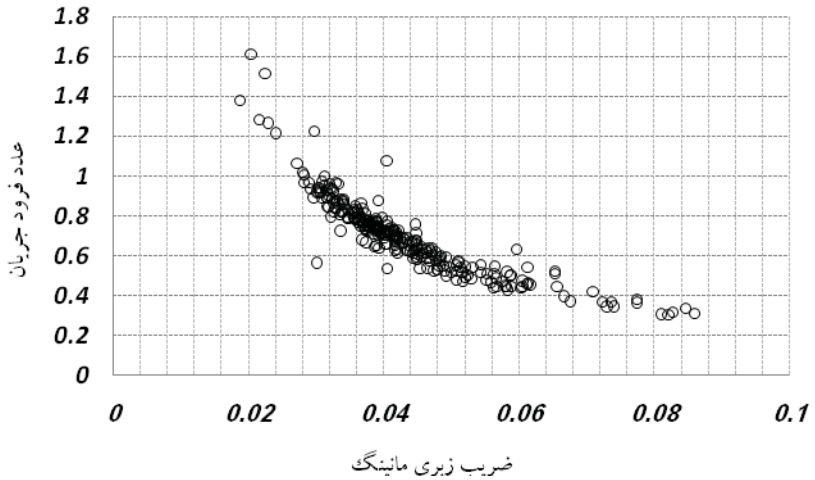
همایون و همکاران، در تحقیقاتی که به منظور اثر عمق جریان بر ضریب زبری مانینگ در بسترهای با زبری متفاوت در کانال آزمایشگاهی انجام دادند، بیان کردند، عدد فرود جریان و ضریب زبری مانینگ دارای نسبت عکس با یکدیگر هستند (۱۲). از آنجا که این تحقیق در شرایط آزمایشگاهی انجام شده بود، روند تأثیرگذاری عدد فرود بر ضریب زبری مانینگ در کانال طبیعی (رودخانه فریزی) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این بررسی نشان داد، با افزایش عدد فرود جریان، ضریب زبری مانینگ در رودخانه‌ها نیز روندی کاهشی از خود نشان می‌دهد. نتایج این بررسی در شکل ۳ مشاهده می‌شود.

نظر به اهمیت تأثیرگذاری عدد فرود، از میان روابط ارائه شده سایر محققین، رابطه آگرت و مادرید (۱۹۹۴) که به‌شکل رابطه (۵)، ارائه شده و عدد فرود جریان در آن موجود است، مورد استفاده قرار گرفت (۱۵). نتایج این بررسی در شکل ۴ مشاهده می‌شود:

$$n = \left[0.183 + \ln\left(\frac{1.74 S_f^{0.1581}}{Fr^{0.263}}\right)\right] \times \left(\frac{D_{84}^{\frac{1}{6}}}{g^{\frac{1}{2}}}\right) \quad (۵)$$



شکل ۲- مقایسه مقادیر تخمین زده شده‌ی روابط مختلف با مقادیر واقعی

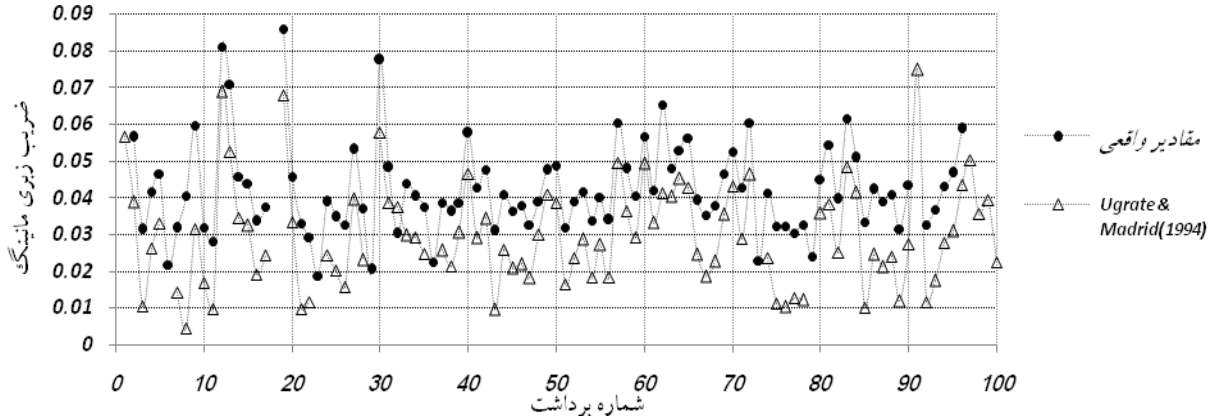


شکل ۳- تغییرات ضریب زبری مانینگ و عدد فرود جریان

همانگونه که از شکل ۴ مشاهده می‌شود، اضافه شدن عدد فرود به رابطه توانسته است در حد قابل قبولی تخمین‌های خود را به مقادیر واقعی نزدیک کند. هر چند در تمامی موارد، رابطه آگرت و مادرید (۱۹۹۴) برآورد کمتری داشته است.

ارائه رابطه

همانطور که پیش از این اشاره شد، با توجه به شرایط هندسی و هیدرولیکی خاص هر رودخانه نیاز به توسعه روابطی که در شرایط آن رودخانه صادق باشد، احساس می‌شود. بدین منظور با استفاده از داده‌های برداشت شده و روش ریاضی برازش، رابطه‌ای جهت محاسبه ضریب زبری در رودخانه فریزی ارائه شد. بررسی توأم عوامل مؤثر بر ضریب زبری با استفاده ازدستور Solver در محیط نرم‌افزار Microsoft Office Excel 2007 و رگرسیون چند متغیره صورت گرفت. عواملی که به عنوان متغیر مستقل در معادله برازش استفاده می‌شوند، بایستی متغیرهای هیدرولیکی و هندسی را در برگیرند. این متغیرهای مستقل شامل کلیه متغیرهای بی‌بعد اشاره شده به روش آنالیز ابعادی می‌باشند.



شکل ٤- مقایسه مقادیر تخمین زده شده‌ی رابطه آگرت و مادرید (۱۹۹٤) با مقادیر واقعی

در این مطالعه به منظور دستیابی به بهترین رابطه، داده‌های موجود به دو دسته تقسیم شدند. از ۸۰ درصد داده‌ها برای محاسبات مربوط به رگرسیون چند متغیره استفاده شد و از ۲۰ درصد باقی‌مانده به عنوان داده‌های آزمون مورد استفاده قرار گرفتند. این دسته‌بندی به‌صورت کاملاً تصادفی انجام شد. بهترین رابطه برای محاسبه ضریب زبری بصورت غیرخطی با ضریب تبیین (R^2=0/993) بصورت رابطه (۶)، بدست آمد:

$$n = 0.016 \times \frac{\left(\frac{R_h}{k_s}\right)^{0.16}}{Fr^{0.97}} \qquad (۶)$$

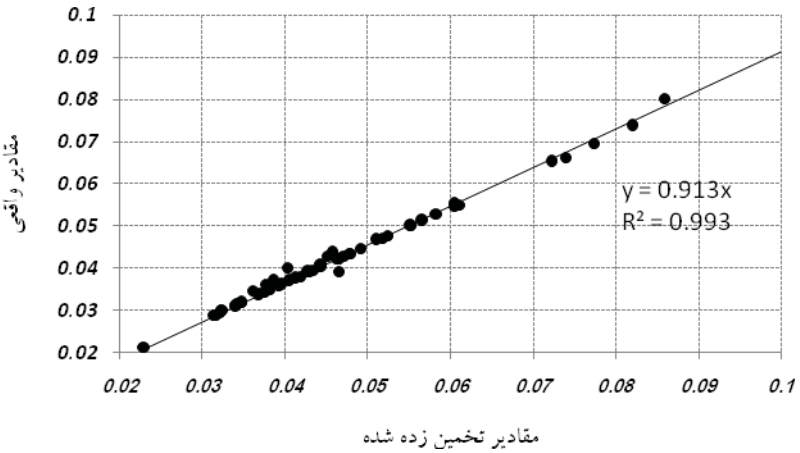
در شکل ۵، مقادیر ضریب زبری محاسبه شده با رابطه (۶)، برای ۲۰ درصد داده‌های آزمون مشاهده می‌شود. نزدیکی نقاط به خط 45°، حاکی از انطباق بسیار خوب بین مقادیر ضریب زبری از رابطه مذکور با مقادیر واقعی دارد.

به‌منظور مقایسه دقت تخمین مقدار ضریب زبری محاسباتی با رابطه پیشنهادی و رابطه آگرت و مادرید (۱۹۹۴)، با شاخص‌های آماری که در جدول ۴، آورده شده است، روابط فوق مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت که نتایج حاصل از آن در جدول ۶، آورده شده است.

جدول ٦- نتایج شاخص‌های آماری مورد استفاده

رابطه	R^2	$C_{N.c}$	RMSE
رابطه (۶)	۰/۹۹۳	۰/۹۱۸	۰/۰۰۴
رابطه آگرت و مادرید (۱۹۹۴)	۰/۸۹۲	۰/۴۳۴	۰/۰۱۵

رابطه پیشنهادی، اولاً دارای فرم ساده‌تری نسبت به رابطه آگرت و مادرید (۱۹۹۴) بوده، ثانیاً برای محاسبه ضریب زبری نیاز به اندازه‌گیری پارامترهای کمتری می‌باشد.



شکل ۵- مقایسه مقادیر تخمین زده شده و مقادیر واقعی ضریب زبری برای داده‌های آزمون

ضمن آنکه همانگونه که در جدول (۶)، مشاهده می‌شود، این رابطه دارای دقت به مراتب بالاتری از رابطه آگرت و مادرید (۱۹۹۴) می‌باشد.

نتیجه‌گیری

با بهره‌گیری از نتایج بدست آمده از این مطالعه، می‌توان بیان داشت:

۱- بطور کلی در تخمین ضریب زبری مانینگ، روابطی که تنها اثر دانه‌بندی مصالح بستر را در نظر می‌گیرند، نمی‌توانند تخمین مناسبی از این ضریب داشته باشند.

۲- به‌علت تأثیر رفتار هیدرولیکی جریان بر مقاومت جریان، بایستی در محاسبه ضریب زبری اثر این رفتار مدنظر قرار گیرد.

۳- ضریب زبری مانینگ در کانال‌های طبیعی نیز دارای نسبت عکس با عدد فرود است که با مطالعه‌ی همایون و همکاران (۱۲) که در کانال‌های مصنوعی صورت گرفته است، مطابقت دارد.

۴- رابطه‌ی ارائه شده در این تحقیق (رابطه‌ی ۶)، می‌تواند با دقت بالاتری نسبت به رابطه‌ی پیشنهادی آگرت و مادرید (۱۵)، ضریب زبری را تخمین بزند. شایان ذکر است ضرایب این رابطه برای رودخانه‌ی فریزی واسنجی شده و برای رودخانه‌هایی مشابه این رودخانه، قابل استفاده است.

قدردانی

در نگارش این مقاله از اطلاعات طرح پژوهشی " بررسی و تعیین روابط ریاضی و هیدرولیکی ضریب زبری رودخانه‌های منتخب استان خراسان برای برآورد سرعت جریان" که به سفارش سازمان آب منطقه‌ای خراسان رضوی انجام شده، استفاده گردیده است. از مسئولین و دست اندرکاران طرح در سازمان مذکور قدردانی می‌گردد.

منابع

۱- ابریشمی ج. و حسینی س. م. ۱۳۸۷. هیدرولیک کانال‌های باز. مشهد. انتشارات دانشگاه امام رضا (ع).

۲- افضلی مهر ح. و حیدری پور. م. ۱۳۸۰. عوامل مؤثر بر مقاومت جریان در رودخانه های دانه درشت. کنفرانس بین المللی سازه های هیدرولیکی.کرمان. دانشگاه شهید باهنر.

۳- ایمان شعار ف. و طاهر شمسی الف. ۱۳۸۵. تخمین ضریب زبری مانینگ در رودخانه ها با استفاده از روشهای تجربی. اهواز. هفتمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه. دانشگاه شهید چمران.

۴- بابایی الف. و گلمایی ح. و ضیاءتبار احمدی م. و ابراهیمی س. ۱۳۸۶. تخمین ضریب زبری مانینگ در رودخانه ها با استفاده از روشهای تجربی و مستقیم. کرج. چهارمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران. دانشکده منابع طبیعی. دانشگاه تهران.

۵- بهرامی یار احمدی م. و شفاعی بجستان م.۱۳۹۰. بررسی آزمایشگاهی اثر شکل ذرات رسوبی بستر بر ضریب زبری مانینگ. مشهد. نشریه آب وخاک. دانشگاه فردوسی ۶۰-۵۱ : (۱)۲۵.

۶- بی‌نام. راهنمای تعیین ضریب زبری هیدرولیکی رودخانه‌ها. ۱۳۹۰. وزارت نیرو. معاونت امور آب و آبفا. دفتر مهندسی و معیارهای فنی آب و آبفا.۳۳۱-الف.

۷- شفاعی بجستان م.۱۳۸۷. اصول نظری و عملی هیدرولیک انتقال رسوب. اهواز. انتشارات دانشگاه شهید چمران.

۸- شفاعی بجستان م.۱۳۸۷. جریان در کانال‌های باز. اهواز. انتشارت دانشگاه شهید چمران.

۹- عباسی ع. الف. و غفوریان ر. و رعنایی الف. ۱۳۹۰. تخمین پارامتر ضریب زبری مانینگ با توجه به مشخصات هیدرولیکی رودخانه (مطالعه موردی: بازه‌ای از رودخانه فریزی). رشت. دهمین کنفرانس هیدرولیک ایران. دانشگاه گیلان.

۱۰- علیزاده الف. ۱۳۸۷. اصول هیدرولوژی کاربردی. مشهد. انتشارات دانشگاه امام رضا (ع).

۱۱- محمودی م. و صادقی س. ح. و عباسی ع. الف. ۱۳۸۶. مدلسازی ضریب زبری مانینگ در بازهای از رودخانه کارده. کرج. چهارمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران مدیریت حوزه های آبخیز. دانشکده منابع طبیعی. دانشگاه تهران.

۱۲- همایون ر. و فرهودی ج. و کوچک‌زاده ص. ۱۳۸۷. مطالعه اثر عمق جریان بر ضریب زبری مانینگ در بسترهای با زبری متفاوت. تهران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی. گروه آبیاری و آبادانی. رشته سازه‌های آبی. دانشگاه تهران.

13- Afzalimehr H., and Anctil F. 1999. Estimation of gravel-bed flow resistance. Journal of Hydraulic Engineering,124 (10):1054-1058.

14- Comiti F., Mao, L., Wilcox, A., Wohl, E.E., and Lenzi M.A. 2007. Field-derived relationships for flow velocity and

resistance in high-gradient streams. Journal of Hydrology. 340:48– 62.
15- Habibi M. 2006. Flow resistance of mountain streams. Technical Report. Soil conservation and Watershed Management Research Institute. Habibi M., 2006. Flow resistance of mountain streams. Technical Report. Soil conservation and Watershed Management Research Institute.
16- Hessel R., Jetten V. and Guanghui Z. 2003. Estimating Manning's n for steep slopes. Catena, 54: 77-91.
17- Richardson C. P,. and Parr A. D. 1992. Friction and free-surface flow over porous media. Journal of Hydraulic Engineering. 117 (11): 1496-1512.
18- Yang S.Q., and Tan S.K. 2008. Flow Resistance over mobile bed in an open-channel flow, Journal of Hydraulic Engineering, 134 (7):937-947.

Journal of Water and Soil
Vol. 26, No.5, Nov.-Dec. 2012, p. 1308-1317

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۶، شماره ۵، آذر – دی ۱۳۹۱، ص. ۱۳۱۷-۱۳۰۸

Investigation of Effective Parameters on Manning Coefficient in Rivers and Obtain the New Relation for Estimate it (Case Study: Ferizi River)

A.A. Abbasi [1]* - M. Malek Nejad Yazdi [2]

Received: 03-04-2012
Accepted 08-07-2012

Abstract

In river engineering, determination of flow resistance is essential. Various empirical methods have been suggested for estimating bed roughness coefficient by researchers. However, these methods can only be applied to Special River. In this study, flow conditions and river geometry data were obtained from the Ferizi river. In this section flow must be uniform, turbulent, hydraulically roughness and without vegetations or obstacles and bed forms, until could ignore from effects of this cases and could assume that the flow resistance is only due size of particle sediment. The result showed in addition particle sediment the hydraulic behavior is effective on calculating for flow resistance coefficient. For this reason after the dimensional analysis the flow resistance coefficient (n) will be inversely proportional to the Froude number. Also the relation is obtained estimate the flow resistance coefficient (n) with more accuracy (R^2=0.993).

Keywords: River engineering, Dimensional analysis, Froude number, Ferizi river

1,2- Assistant Prof. and M.Sc., Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Center
(*-Corresponding Author Email: ak_abbasi@yahoo.com)