

مقدمه

وضعیت زبری بستر و جداره‌های رودخانه یکی از پارامترهای مهم در انتقال جریان بوده و عوامل مختلفی نظیر جنس بستر، پوشش گیاهی، دانه‌بندی و اندازه ذرات بستر، نحوه تغییر مقطع رودخانه و... در مقدار آن تأثیر دارد. با توجه به اینکه مقدار زبری یکی از پارامترهای عمده افت انرژی در کانال‌ها و رودخانه‌ها می‌باشد، تعیین ضریب زبری مناسبی که بیانگر وضعیت واقعی رودخانه باشد، نقش مؤثری در برآورد دقیق‌تر تراز آب و سرعت جریان در هر مقطع داشته و از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

$\frac{1}{n}$ یکی از فرمول‌هایی که برای تعیین سرعت جریان در یک جریان دائمی یکنواخت مورد استفاده قرار می‌گیرد، فرمولی است که توسط رابرت مانینگ در سال ۱۸۸۹ میلادی ارائه شد. وی نشان داد که در معادله شزی $V = C\sqrt{RS}$ ، ضریب شزی با $R^{\frac{1}{6}}$ رابطه مستقیم دارد و بعدها نشان داد که ضریب تناسب این نسبت می‌باشد. با جایگزین کردن این مقدار در معادله شزی، معادله مانینگ به شرح زیر به دست می‌آید (رابطه ۱).

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

که در آن V سرعت متوسط، R شعاع هیدرولیکی و S شیب می‌باشد. به علت ساده بودن فرمول و نتایج قابل قبول، فرمول مانینگ در جریان یکنواخت کانال‌های باز به‌طور گسترده مورد استفاده قرار گرفت. در کاربرد فرمول مانینگ، بزرگ‌ترین مشکل تعیین ضریب زبری می‌باشد زیرا روش دقیقی برای تعیین این ضریب وجود ندارد (آرمان [۱]؛ چاو، [۴]؛ سیدیان و موسوی جهرمی [۱۸]). زبری بسترهای آبرفتی، مطالعات وسیعی توسط محققین مختلف صورت گرفته است که نتایج آن‌ها اغلب با یکدیگر متفاوت است. بسیاری از این مطالعات بر اساس داده‌های محدود آزمایشگاهی استوار بوده و در مورد کاربرد و صحت نتایج آزمایشگاهی برای شرایط صحرائی، اطمینانی وجود ندارد.

عدم وجود یک روش جامع و قابل اعتماد برای پیش‌بینی تغییرات ضریب زبری، مطالعه هیدرولیک رودخانه را مشکل ساخته است. از جمله مباحثی که در هیدرولیک رودخانه‌ها مورد توجه محققین و مهندسين است بررسی عوامل دخیل در شکل‌گیری جریان و نحوه تغییرات آن در بستر و طول مسیر می‌باشد (ایمان شعار و طاهر شمسی [۱۰]). مساعدی و توکلی [۱۵] جهت تعیین بهترین روش ضریب زبری در بخشی از رودخانه اترک، مقادیر ضریب زبری اخذ شده از روش‌های مختلف را وارد HEC-RAS کرده و با مقایسه تراز

تعیین ضریب زبری مانینگ در رودخانه گل‌گل ایلام

نورالدین رستمی* و یونس کاظمی^۲

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۱/۰۶ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۷/۱۱

چکیده

ضریب زبری از مهمترین پارامترهایی است که باعث افت انرژی در کانال‌ها و رودخانه‌ها می‌شود و نقش بسیار مهمی در ارتفاع سطح آب در مقطع عرضی دارد. روش‌های مختلفی برای تخمین ضریب زبری ارائه شده است که بیشتر منشأ آزمایشگاهی دارند. در هیدرولیک رودخانه‌ها به دلیل متحرک بودن بستر، مقاومت در مقابل جریان یا ضریب زبری متغیر می‌باشد. در این حالت نمی‌توان یک فرمول مقاومت جریان را به‌طور مستقیم و بدون آگاهی از نحوه تغییر ضریب مقاومت، در شرایط مختلف جریان و رسوب بکار برد. در تحقیق حاضر رودخانه گل‌گل در سد ایلام انتخاب گردید و نتایج حاصل از روابط تجربی مختلف برای تعیین ضریب زبری با استفاده از عملیات صحرائی و خصوصیات مختلف رودخانه و مقطع عرضی آن و همچنین جنس مصالح بستر و کناره‌ها به دست آمد و با داده‌های واقعی ضریب زبری و شبیه‌سازی جریان رودخانه مقایسه گردید. سپس از نرم‌افزار HEC-RAS جهت تعیین تراز آب در مقاطع عرضی مختلف برای دبی‌ها و ضرایب زبری مختلف استفاده گردید. طبق نتایج روش چاو که دارای کمترین خطای نسبی می‌باشد به‌عنوان بهترین روش برآورد ضریب زبری در این رودخانه پیشنهاد می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: معادلات تجربی، ضریب زبری مانینگ، روش

چاو، رودخانه گل‌گل، ایلام، HEC-RAS

۱. استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، نویسنده مسئول.
Email: n.rostami@ilam.ac.ir

۲. کارشناس ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

آب در مقطع کنترل با مقادیر اشل ایستگاه هیدرومتری به این نتیجه رسیدند که روش چاو بهترین جواب را جهت تعیین ضریب زبری ارائه می‌دهد. سلاجقه و همکاران [۱۷] ضمن شبیه‌سازی جریان با استفاده از HEC-RAS و مقایسه نتایج حاصل از اندازه‌گیری ضریب زبری به روش مستقیم در رودخانه‌های جاجرود و طالقان با نتایج حاصل از روابط تجربی مختلف به این نتیجه رسیدند که در رودخانه جاجرود روش کاون و در رودخانه طالقان روش هاندرسون (۱۹۶۶) برآورد نزدیک‌تری را نسبت به مقدار واقعی ضریب زبری در این رودخانه‌ها ارائه می‌دهند. جی سونگ کیم و همکاران [۱۱] در تحقیقی که پیرامون ضریب زبری در رودخانه‌های با بستر شنی در رودخانه Dalcheon در کره جنوبی انجام دادند، ضمن مقایسه روش‌های تجربی با مقادیر حاصل از داده‌های صحرایی به این نتیجه رسیدند که میزان ضریب زبری با افزایش دبی و عمق جریان کاهش و با کاهش میزان دبی و عمق جریان افزایش می‌یابد. محمدی و کاشفی‌پور [۱۴] به بررسی ضریب زبری در رودخانه کارون در دو دوره زمانی کم آبی و پرآبی پرداختند. با مقایسه نتایجی که از مدل تجربی کاون (۱۹۵۶) برای تخمین ضریب زبری مانینگ حاصل شده و نتایج حاصل از واسنجی مدل ریاضی ملاحظه گردید که مقادیر تخمینی بسیار نزدیک به مقادیری است که در مدل ریاضی برای واسنجی و صحت‌سنجی استفاده شده است. غفاری و مساعدی [۵] با بررسی پنج روش کاون، چاو، SCS، عکس و اسلاید و روش سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی برای تعیین ضریب زبری در رودخانه بابل رود به این نتیجه رسیدند که روش کاون علاوه بر انعطاف‌پذیری زیاد در تعیین ضریب زبری رودخانه، روش بسیار ساده و کوتاهی بوده و می‌تواند به برتری این روش نسبت به سایر روش‌های مورد بررسی تأکید کرد. همچنین روش عکس و اسلاید دارای پایین‌ترین اولویت برای انتخاب است. هادیانی و همکاران [۸] در تحقیقی تأثیر ضریب زبری بر رفتار هیدرولیکی سیلاب در رودخانه هراز را بررسی کرده و با استفاده از روش کاون به این نتیجه رسیدند که میزان ضریب زبری به علت وجود پوشش گیاهی در تابستان بیشتر از زمستان است. ایمان شعار و طاهرشمسی [۱۰] تعیین بهترین روش ضریب زبری را برای رودخانه‌های سیستان و کرج بررسی کرده و به این نتیجه رسیدند که برای رودخانه سیستان روش‌های لین-کارلسون و روش چاو و برای رودخانه کرج روش‌های میسر-پیتز-مولر و همچنین چاو نسبت به بقیه روش‌ها از دقت بیشتری برخوردار است. غریب و همکاران [۶] ضمن مطالعه رودخانه قره‌چای، برای انتخاب مناسب‌ترین روش تعیین ضریب مانینگ، ابتدا ضریب مانینگ به روش‌های مختلف (چاو، برنامه و بودجه، عکس و اسلاید، کاون و SCS) را تعیین کردند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که روش کاون در مقایسه با چهار روش دیگر تعیین ضریب مانینگ، دارای مقدار RME (میانگین درصد خطای نسبی) و RMSE (جذر میانگین توان دوم خطا) کمتری می‌باشد، بنابراین روش کاون به عنوان مناسب‌ترین روش تعیین ضریب زبری مانینگ در محدوده مورد مطالعه انتخاب گردید.

به طور کلی روش‌های تعیین ضریب مانینگ به دو گروه تقسیم‌بندی می‌شوند. گروه اول روش‌هایی هستند که با استفاده از بعضی از روابط تجربی که اکثراً بر اساس دانه‌بندی رسوبات و مواد بستر رودخانه می‌باشد، فرمول‌بندی شده‌اند. گروه دوم نیز روش‌هایی هستند که از طریق انجام عملیات میدانی و یادداشت مشخصات رودخانه و سیلاب‌دشت‌ها و نهایتاً مقایسه مشخصات و عکس‌های تهیه‌شده با عکس‌ها و جداولی که همراه با توضیحات لازم در کتب و منابع علمی وجود دارند مقدار ضریب مانینگ را تعیین می‌نمایند (چاو [۴]). این روش‌ها شامل:

۱- تصاویر و اسلایدهایی از کانال‌های مختلف همراه با توضیحات لازم تهیه شده است که ضریب n در این کانال‌ها مشخص می‌باشد و از طریق مقایسه کانال مورد مطالعه با این تصاویر می‌توان ضریب n را تخمین زد (حسینی و ابریشمی [۹]).

روش کاون یا روش سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS) که عوامل مختلف مؤثر در ضریب زبری مانینگ را در قالب ۶ فاکتور به‌صورت معادله (۲) معرفی کرده و مقدار مربوط به هر فاکتور را از طریق جداولی ارائه نمود (یانگ [۲۰]؛ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور [۱۳]).

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)n_5 \quad (2)$$

۳- چاو در سال ۱۹۵۹ مطالعه جامعی را در مورد مقادیر n انجام داد که نتایج تحقیقات او مرجع ارزشمندی برای مسائل مهندسی است که در اکثر کتب هیدرولیک جداول تنظیم شده توسط وی قابل دسترسی است [۴].

۴- تعیین ضریب زبری با استفاده از اندازه‌گیری سرعت در مقطعی از رودخانه (تلوری [۱۹]).

۵- استفاده از روش اداره زمین‌شناسی ایالات‌متحده با توجه به تحقیقات بارنز در سال ۱۹۶۷ [۳].

۶- تعیین n ، با استفاده از روش‌های تجربی مخصوص مهندسی رودخانه. این روابط عموماً به قطر ذرات تشکیل دهنده جدار و بستر آبراهه بستگی دارد (کاظمی [۱۲]؛ بابایی و همکاران [۲]؛ راهنمای مطالعات ریخت‌شناسی رودخانه [۷]).

هدف از این تحقیق انتخاب بهترین معادله برای تعیین ضریب زبری در رودخانه گل‌گل می‌باشد به نحوی که بتواند ضمن سادگی با کمترین خطای ممکن ارتفاع سطح آب و میزان دبی رودخانه را پیش‌بینی نماید.

منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز گل‌گل یکی از زیر حوزه‌های سد ایلام در شرق و شمال شرقی شهر ایلام و از نظر موقعیت جغرافیایی بین ۳۳۴'۶۳ تا ۶۲۸'۶۴ طول جغرافیایی و ۳۶۹۸۹۹۷ تا ۳۷۱۰۰۶۳ عرض جغرافیایی واقع شده است. رودخانه گل‌گل اصلی‌ترین رودخانه این حوضه و مهم‌ترین رودخانه ورودی به مخزن سد ایلام می‌باشد (شکل ۱). خروجی این حوضه در محل ایستگاه هیدرومتری سرجوی و در

موقعیت ۶۳۵۷۸۷ طول جغرافیایی و ۳۷۰۳۵۲۹ عرض جغرافیایی واقع شده است. مساحت این حوزه معادل ۶۶۱۹ هکتار می‌باشد. حداکثر ارتفاع این منطقه مورد مطالعه ۲۳۴۰ و حداقل ارتفاع آن در محل ایستگاه سرجوی ۱۰۴۰ متر از سطح دریا می‌باشد. عمده پوشش گیاهی جنگلی این حوضه را درختان بلوط و بادام کوهی و پوشش مرتعی آن را انواع گون و گراس‌ها تشکیل می‌دهد. اقلیم حوضه بر اساس روش آمبرژه جزء اقلیم نیمه مرطوب معتدل می‌باشد (مهندسان مشاور سبزاندیشان کبیرکوه، [۱۶]).



شکل ۱- نقشه موقعیت مکانی منطقه مورد مطالعه

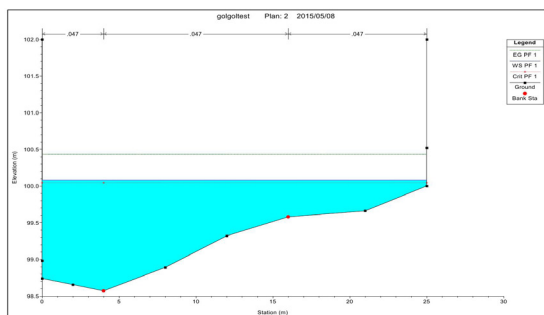
مواد و روش‌ها

برای تعیین بهترین روش برآورد ضریب زبری در رودخانه گل‌گل از شبیه‌سازی جریان با استفاده از نرم‌افزار HEC-RAS استفاده شد. شبیه‌سازی برای بازه‌ای به طول ۲۰۰ متر از رودخانه و فاصله مقاطع عرضی ۱۰ طوری انجام گردید که مقطع مربوط به ایستگاه در وسط بازه قرار گیرد و پارامتر شیب به عنوان شرایط مرزی جریان در نظر گرفته شد. سپس آمار دبی و اشل و مقطع عرضی جریان در محل ایستگاه سرجوی از آب منطقه‌ای ایلام دریافت و سپس با دارا بودن مقادیر مربوط به دبی جریان و شرایط مرزی و پلان رودخانه، شبیه‌سازی جریان با استفاده از نرم‌افزار HEC-RAS انجام شد. یکی از قابلیت‌های این نرم‌افزار ارائه تراز آب در مقاطع عرضی مختلف برای دبی‌ها و ضرایب زبری مختلف می‌باشد. طی این تحقیق، شبیه‌سازی در دو مرحله انجام شد. در مرحله اول مقادیر مورد نیاز شبیه‌سازی از قبیل دبی و شرایط مرزی برای کلیه مقاطع ثابت در نظر گرفته شد و با تغییر در میزان ضریب زبری ترازهای مختلف آب در مقطع کنترل (ایستگاه سرجوی) با روش آزمون و خطا به دست آمد. تغییر در مقدار ضریب زبری تا مساوی شدن تراز آب حاصل از آمار واقعی رودخانه با مقدار خروجی نرم‌افزار HEC-RAS ادامه یافت و با مساوی شدن این مقادیر ضریب زبری واقعی رودخانه در محل ایستگاه سرجوی معادل ۰/۰۴۷ به دست آمد.

در مرحله دوم با استفاده از عملیات صحرائی خصوصیات مختلف رودخانه بررسی شد و از مقطع عرضی مورد نظر عکس و گزارش تهیه گردید (شکل ۲). همچنین با توجه به جنس مصالح بستر و کناره‌ها و روش‌های موجود، ضریب زبری بر اساس هر کدام از

روش‌های مذکور تعیین شد. لازم به ذکر است که جنس مصالح بستر رودخانه در محل ایستگاه سرجوی از نوع قلوه‌سنگ می‌باشد. سپس مقادیر ضریب زبری به دست آمده از روش‌های مختلف وارد نرم‌افزار HEC-RAS و ضمن شبیه‌سازی جریان، تراز آب به دست آمده از این روش، با مقدار واقعی اندازه‌گیری شده مقایسه گردید. به منظور تعیین ضریب زبری مستقیم رودخانه گل‌گل از روش‌های زیر استفاده شد:

- ۱- جداول ارائه شده توسط چاو، تورنر و چانمیسری
 - ۲- بازدهای میدانی و تعیین مستقیم ضریب زبری با روش کاون
 - ۳- شبیه‌سازی جریان با استفاده از نرم‌افزار HEC-RAS
 - ۴- استفاده از اطلاعات اندازه‌گیری شده توسط شرکت آب منطقه‌ای ایلام و تعیین ضریب زبری با استفاده از فرمول مانینگ و داده‌های سرعت، شیب و شعاع هیدرولیکی
- پس از تعیین ضریب زبری از طریق روش‌های مذکور ابتدا از طریق آزمون و خطا، شبیه‌سازی جریان در نرم‌افزار HEC-RAS انجام شد و با تغییر در مقدار ضریب زبری اشل اندازه‌گیری شده توسط آب منطقه‌ای ایلام به دست آمد (شکل ۳)، سپس مقادیر ضریب زبری حاصل از روش‌های مختلف وارد نرم‌افزار HEC-RAS شد و نتایج آن با مقدار اندازه‌گیری شده مقایسه و مناسب‌ترین ضریب زبری انتخاب شد (جداول ۱ و ۲).



شکل ۲- مقطع عرضی رودخانه گل‌گل در محل ایستگاه هیدرومتری سرجوی



شکل ۳- شبیه‌سازی جریان در مقطع کنترل ایستگاه سرجوی رودخانه گل‌گل

جدول ۱- محاسبه ضریب زبری مانینگ برای رودخانه گل گل با استفاده از روش های مختلف

روش مورد استفاده	دبی (m ³ /s)	ضریب زبری	ارتفاع سطح آب (cm)	شیب (m/m)	سرعت (m/s)	سطح جریان (m ²)	شعاع هیدرولیکی	محیط جریان (m)
اندازه گیری مستقیم و HEC-RAS	۵۲/۱۳	۰/۰۴۷	۱۰۰/۰۸	۰/۰۱۶	۲/۶۶	۲۰/۸۶	۰/۷۹	۲۶/۴۸
چاو	۵۲/۱۳	۰/۰۵	۱۰۰/۱۲	۰/۰۱۶	۲/۵۶	۲۱/۷۷	۰/۸۲	۲۶/۵۶
تورنر و چانمیسری	۵۲/۱۳	۰/۰۵۵	۱۰۰/۳۴	۰/۰۱۶	۲/۰۸	۲۷/۲۹	۱/۰۱	۲۷/۰۰
کاون	۵۲/۱۳	۰/۰۶۵	۱۰۰/۲۹	۰/۰۱۶	۲/۱۸	۲۵/۹۸	۰/۹۷	۲۶/۹۰

جدول ۲- پارامترهای آماری برای مقادیر سطح آب پیش بینی و اندازه گیری شده روش های مختلف

روش	ضریب زبری	اشل	میانگین خطای نسبی
اندازه گیری مستقیم و HEC-RAS	۰/۰۴۷	۱۰۰/۰۸	-
چاو	۰/۰۵	۱۰۰/۱۲	۰/۰۴
تورنر و چانمیسری	۰/۰۵۵	۱۰۰/۳۴	۰/۰۲۶
کاون	۰/۰۶۵	۱۰۰/۲۹	۰/۰۲۱

نتیجه گیری

تعیین ضریب زبری رودخانه از بخش های مهم در مطالعات مهندسی رودخانه می باشد. تعیین این ضریب با استفاده از روش مستقیم و از طریق اندازه گیری دبی و سرعت جریان، اندازه گیری شعاع هیدرولیکی و سطح مقطع جریان و همچنین پارامتر شیب طولی نیازمند استفاده از تجهیزات، نیروی انسانی متخصص و صرف وقت و هزینه زیاد است. از این رو استفاده از روش های مختلف تجربی بجای روش مستقیم حائز اهمیت است. هدف از انجام این تحقیق به دست آوردن معادله ای برای ضریب زبری بود که بتواند با کمترین خطا، ارتفاع سطح آب و میزان دبی را برای یک رودخانه پیش بینی کند. جهت انتخاب مناسب ترین روش تعیین ضریب زبری مانینگ از پارامتر آماری میانگین خطای نسبی استفاده شد (جدول ۲).

نتایج حاصل از جدول (۲) و مقایسه اندازه گیری ضریب زبری به روش مستقیم و شبیه سازی جریان توسط HEC-RAS در رودخانه گل گل با نتایج حاصل از روابط تجربی نشان دهنده این است که مقدار به دست آمده از طریق روش چاو به مقدار اندازه گیری مستقیم نزدیک تر می باشد و با توجه به اینکه این روش دارای کمترین خطای نسبی می باشد به عنوان بهترین روش برای برآورد ضریب زبری در این رودخانه پیشنهاد می گردد. همان گونه که در انتخاب بهترین روش مساعدی و توکلی [۱۵] و ایمان شعار و طاهر شمسی [۱۰] از روش چاو استفاده نمودند. پس از چاو، روش کاون با میانگین خطای نسبی ۰/۰۲۱ به عنوان روش دوم برای تعیین ضریب زبری انتخاب می گردد؛ که این روش با نتایج، سلاجقه و همکاران [۸] در رودخانه جاجرود، جی سونگ کیم و همکاران [۱۱] در رودخانه

Dalcheon, محمدی و کاشفی پور [۱۴]، غفاری و مساعدی [۵] که از این روش بهره مند شده اند، همخوانی دارد.

تشکر و قدردانی

این تحقیق با مساعدت های علمی و مالی دانشگاه ایلام انجام شده است. از دکتر محمود رستم نیا، مهندس علی چابک و دیگر دوستان و همکارانی که به هر نحو با اینجانب همکاری داشته اند قدردانی می شود.

منابع

- Arman, N. 2006. Calibration of manning roughness coefficient in the basins of Karaj River and analyzing it with HEC-RAS software, Master's thesis, Faculty of Natural Resources, University of Tehran.
- Babaei, Azam., Golmaye, H., Zia Tabar Ahmadi, M., and Ebrahimi, S. 2007. Maning roughness estimation in rivers using experimental and direct methods, 4th conference of watershed management and engineering, watershed management, Tehran University
- Barnes, Harry H. 1967. Roughness characteristics in natural channels. Water Supply Paper 1849, US Geological Survey, Washington D.C.
- Chow, V.T. 1959. Open Channel Hydraulics. McGraw-Hill Book Co., New York, 110-113.

14. Management and Planning Organization. 2011. Guidelines for determining the roughness of rivers. No. 331 booklet.
15. Mohammadi, S., and Kashefipoor, S.M. 2012. Numerical flow modeling using dynamic roughness coefficient (case study: Karun River). *Irrigation and water engineering*, 9(3).
16. Mosaedi, A., and Tavakoli, M. 2003. Investigation on the finding of best method for determining Manning roughness coefficient and flood hazard zonation in a part of Mid Atrak river (Maraveh). *Journal of Agricultural Science and Natural Resources*. 10 (4).
17. Sabzandishan Consulting Engineers Kebirkouh. 2012. Detailed studies of Watershed management in Ilam Dam basin, Forests, Range and Watershed Management Organization.
18. Salajegheh, A., Kazemi, Y., Abedi, M., and Abbasi, M. 2009. Estimation of manning roughness in central Alborz rivers (Taleghan and Jajroud rivers). The 8th International Seminar on Ahvaz River Engineering, Shahid Chamran University.
19. Sayidian, S.M., and Mousavi Jahromi, H. 2006. Estimation of manning roughness at the bridge of Ab-Dahkhan bridge at Karkheh river using flood model calibration, Proceedings of 7th International River Engineering Seminar, Shahid Chamran University of Ahwaz.
20. Telvari, A. 2004. Principal Principles of River Engineering and Reconstruction. Soil Conservation and Watershed Management Institute.
21. Yang, C.T. 1996. Sediment Transport theory and Practice. McGraw-Hill, New York, 75-85.
5. Ghaffari, G., Mosaedi, A. 2005. Effect of Different Methods for Determining Manning Rough Coefficient on Estimating the Extent of Flood Lands (Case Study: Babol Rood River). *Journal of Agricultural Science and Natural Resources*. 12th year. No, 6.
6. Gharib, M., Hosseini, A., Najafinejad, A., and Hedekhashi, M.E. 2007. Risk Assessment and Flood Damage Assessment (Case Study: Gharacheh Area in Ramayan Suburbs). *Journal of Natural Resources Faculty*, Volume 60, Number 3
7. Guide to River Morphology Studies. 2007. Organization for Management and Planning, No. 314-A.
8. Hadiani, M.O., Gholami, V., and Nezhad Azar, Z. 2009. Effect of seasonal variations of Manning roughness coefficient on prediction of hydraulic behavior of a flood (Case study: Haraz River). *Journal of Astronomy*, 33(51): 11-18.
9. Hosseini, S.M., and Abrishami, J. 1997. Open Channels Hydraulic (5th Edition), Astan Qhods Razavi Printing and Publishing Institute. 480 p.
10. Imanshoar, F., and Taher-shamsi, A. 2007. Foretelling of river maning coefficient based on empirical methods. 7th International River Engineering Confrence, Shahid Chamran University, 13-15, Ahvaz
11. Ji-Sung, KIM., Chan-Joo, LEE., Won, KIM., and Yong-Jeon, KIM. 2010. Roughness coefficient and its uncertainty in gravel-bed River. *Water Science and Engineering*. 3(2): 217-232.
12. Kazemi, Y. 2008. Evaluation of bed load ratio to suspended load in central Alborz
13. rivers (Jajroud and Taleghan rivers), master's thesis of Tehran University.

*Abstract***Manning Roughness Coefficient in the Gol-Gol River of Ilam**N. Rostami^{1*} and Y. Kazemi²

Received: 2017/03/26 Accepted: 2017/09/02

Roughness coefficient is one of the main factors that lead to energy loss in channels and rivers which have a very important role in water level in cross-sections of rivers. There are several methods that suggested by various researchers for estimating roughness coefficients which are mostly based on experimental tests. In river hydraulic, flow resistance or roughness coefficient is changing because of bed mobility. In this case, a flow resistance formula cannot be used directly without any information about changes of flow resistance coefficient, in different situations of flow and sediment processes. Gol-Gol River of Ilam dam selected for this study. So, results of various empirical methods obtained to find out this coefficient using field survey and characterization of rivers such as cross-sections, soil materials of river bed and banks, then results compared with observed and simulated data of river flow. The HEC-RAS software used to determine the water level in different cross-sections for various discharges and roughness coefficients. Results showed that among various methods, results of Chow method was closer to the observed data, and this method had the lowest mean relative error, so it recommended as the best method to estimate the manning roughness coefficient of this river.

Keywords: *Empirical equations, Manning roughness coefficient, Chow method, Gol-Gol river, Ilam, HEC-RAS.*

1. Assistant Professor, Department of Range and Watershed Management, School of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran, Corresponding Author, Email: n.rostami@ilam.ac.ir

2. M.Sc. of Watershed Management, University of Tehran, Iran