نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد 30، شماره 6، بهمن – اسفند 1395، ص. 1819-1808

Journal of Water and Soil
Vol. 30, No. 6, Jan.-Feb. 2017, p. 1808-1819

تحلیل آماری ضریب زبری مانینگ درکانال‌های خاکی بدون پوشش گیاهی در شبکه آبیاری و زهکشی مغان

ابوالفضل ناصری[1*]

تاریخ دریافت: 1393/09/10
تاریخ پذیرش: 1395/02/19

چکیده

با توجه به حساسیت دبی به مقدار ضریب زبری جریان، انتخاب مقدار آن در طراحی کانال‌های خاکی، از اهمیت و حساسیت زیادی برخوردار است. بنابراین پژوهش حاضر با هدف تحلیل آماری و تدقیق مقادیر ضریب زبری کانال‌های خاکی بدون پوشش گیاهی در شبکه آبیاری و زهکشی مغان انجام شده است. برای انجام آزمایش‌ها پنجاه مقطع از کانال‌های خاکی در شبکه انتخاب گردید. سرعت جریان آب در مقاطع مختلف کانال‌های خاکی با مولینه، مختصات نیمرخ عرضی مقاطع کانال‌ها با دوربین نقشه‌برداری (ترازیاب) و یک شاخص مدرج اندازه‌گیری گردید. میانگین ضریب زبری برابر 0/06 به دست آمد. نتایج نشان داد به احتمال 90، 80، 60 و 40 درصد، ضریب زبری به ترتیب برابر 0/014، 0/020، 0/033 و 050/ و بیشتر از آن بود. توزیع سرعت جریان، شعاع هیدرولیکی، سطح مقطع جریان، پیرامون ترشده و ضریب زبری در کانال‌های خاکی بدون پوشش گیاهی با توزیع لاگ نرمال منطبق بود. نتایج نشان داد جریان در مقاطع کانال‌های خاکی، به صورت آشفته بوده و با افزایش عدد رینولدز، ضریب زبری در کانال‌ها، کاهش می‌یابد. تحلیل حساسیت نشان داد با دو و سه برابر شدن اندازه ضریب زبری، دبی جریان به ترتیب نصف و یک سوم دبی نظیر میانگین ضریب زبری بود. به منظور حذف متغیرهای کم اثر بر روی ضریب زبری، یک رابطه ساده رگرسیونی برای برآورد ضریب زبری در کانال‌های بدون پوشش گیاهی در شبکه آبیاری و زهکشی مغان به صورت تابعی از دو متغیر سرعت جریان و شیب کانال ارائه گردید.

واژه‌های کلیدی: ضریب مانینگ، ضریب مقاومت جریان، کانال‌های خاکی، مقاومت هیدرولیکی

مقدمه

ضریب زبری به عنوان یکی از پارامترهای مهم در طراحی کانال‌های روباز است که شامل همه عامل‌های بازدارنده جریان است. ضریب مقاومت جریان در تعیین میانگین سرعت جریان در کانال‌ها، تحلیل رواناب سطحی، طراحی روش‌های آبیاری سطحی و برآورد مدت زمان تمرکز حوضه‌ها کاربرد دارد. انتخاب دقیق این ضریب برای اهداف طراحی و بهره‌برداری از کانال‌های خاکی لازم و ضروری است. انتخاب بیشتر از مقدار واقعی این ضریب موجب برآورد مقادیر کم برای سرعت جریان خواهد شد که آن نیز سبب رسوب‌گذاری آب جاری در کانال‌های شده و در نتیجه موجب کاهش ظرفیت کانال خواهد شد. انتخاب کمتر از مقدار واقعی نیز منجر به برآورد زیاد سرعت جریان و در نتیجه برآورد بیش از مقدار واقعی جریان خواهد شد. آن نیز سبب افزایش خطر فرسایش و کنش بستر کانال‌های خاکی خواهد شد. این ضریب، با معادلات مختلفی مانند مانینگ، شزی و دارسی ویسباخ بیان می‌شود. سهولت کاربرد و دقت قابل قبول در استفاده از معادله مانینگ، موجب انتخاب این معادله به عنوان معادله مرسوم برای برآورد سرعت جریان در مجاری روباز توسط مهندسین هیدرولیک گردیده است. یکی از متغیرهای اساسی این معادله، ضریب زبری است که انتخاب درست آن می‌تواند کاربرد معادله مانینگ را با نتایج دقیقی همراه نماید (1). معادله مانینگ برای برآورد سرعت جریان، به صورت معادله (1) نوشته می‌شود:

$$V = \frac{k}{n} R^{0.67} S^{0.5} \qquad (1)$$

که در آن V سرعت جریان (با بعد LT^{-1})، n ضریب زبری (با بعد $L^{-0.33}T$)، k ضریب تبدیل واحد که در سیستم SI مقدار آن برابر یک بوده و R شعاع هیدرولیکی (با بعد L) بوده و S شیب کف کانال (بی‌بعد) در نظر گرفته می‌شود (18).

روش‌های برآورد ضریب زبری به چهار دسته تحلیلی، تجربی، اندازه‌گیری مستقیم و مبتنی بر مقادیر پیشنهاد شده (جدول‌های

1- دانشیار پژوهش بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران
(*- نویسنده مسئول: (Email:Nasseri_ab@yahoo.com
DOI: 10.22067/jsw.v30i6.41146

Archive of SID
www.SID.ir

ضریب زبری) تقسیم می‌شوند. علیرغم این‌که اندازه‌گیری مستقیم آن مستلزم صرف هزینه زیادی است، اندازه‌گیری مستقیم این ضریب همواره قابلیت اجرایی ندارد. بنابراین نتایج ارزیابی ضریب زبری کانال‌های خاکی بدون پوشش گیاهی می‌تواند دستورالعمل یا معیار مناسبی برای اهداف طراحی و بهره‌برداری مهندسی شبکه‌های آبیاری و زهکشی باشد. برای ضریب زبری مجاری خاکی چاو (1972) مقادیری به شرح جدول 1 ارائه نموده است. دامنه ضریب زبری در مجاری خاکی بدون پوشش گیاهی از 0/016 تا 0/033 و میانگین آن 0/023 می‌باشد (4). با توجه به اهمیت ضریب زبری و حساسیت قابل توجه دبی جریان به این ضریب، پژوهش در مورد تدقیق مقادیر ضریب زبری برای شرایط بدون و (یا) با پوشش گیاهی از گذشته شروع شده و در حال حاضر نیز ادامه دارد. از نتایج و مطالعات قابل دسترس، می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود. کوک و کمبل (1939) آزمایش‌هایی را در آزمایشگاه سازمان حفاظت خاک آمریکا برای به دست آوردن رابطه ضریب زبری با عمق و سرعت جریان و پوشش گیاهی انجام داده‌اند (6). کوکس و پالمر (1945) بر اساس نتایج آزمایش‌های انجام شده در اداره حفاظت خاک و مرکز تحقیقات کشاورزی آمریکا، رابطه بین ضریب زبری و دبی کانال‌ها را به صورت گراف نشان داده‌اند (7). فتحی مقدم و کاون (1997) روابط مقاومت را برای دو گونه گیاهی سرو و صنوبر در یک فلوم آزمایشگاهی بررسی نموده‌اند (11). افضلی مهر و انستیل (1998) گزارش نموده‌اند که برای برآورد ضریب زبری در رودخانه‌های با بستر سنگریزه، معادلات موجود دقت کافی نداشته و لازم است علاوه بر استغراق نسبی، پارامترهای حرکت رسوب و عدد فرود جریان هم در نظر گرفته شوند (2). مساعدی و توکلی (1382) مناسب‌ترین روش تعیین ضریب مانینگ در بخشی از اترک میانی را روش چاو گزارش نموده‌اند (15).

جدول 1- ضریب زبری مجاری خاکی (4)

Table 1- Roughness coefficient for earth canals (4)

نوع مجرای خاکی Type of earth canals	ضریب زبری Roughness coefficient		
	حداقل Min.	میانگین Average	حداکثر Max.
مستقیم و یکنواخت، تمیز و نو Straight and uniform, clean and recently completed	0.016	0.018	0.020
مستقیم و یکنواخت، تمیز و قدیمی Straight and uniform, clean and after weathering	0.018	0.022	0.025
مستقیم و یکنواخت، شنی، تمیز و با سطح مقطع ثابت Straight and uniform, gravel, uniform section, clean	0.022	0.025	0.030
لایروبی شده بدون گیاه No vegetation	0.025	0.028	0.033

حسین‌زاده (1383) در مقایسه دو روش سازمان حفاظت خاک آمریکا و چاو (1982)، گزارش نموده که روش سازمان حفاظت خاک آمریکا مقادیر ضریب زبری را بیش از مقادیر توصیه شده چاو (1982)، برآورد می‌کند (14). غریب (1383) مناسب‌ترین روش تعیین ضریب زبری مانینگ در حومه شهر رامیان را روش کاون گزارش نموده است (13). غفاری و مساعدی (1384) در بررسی تأثیر روش‌های مختلف تعیین ضریب زبری مانینگ در رودخانه بابل‌رود گزارش نموده‌اند که کاربرد روش‌های کاون، سازمان حفاظت خاک آمریکا و چاو نتایج مشابهی را تولید نموده‌اند (12). سیرالو و همکاران (2006) با ساخت مدل آزمایشگاهی به بررسی تغییرات ضریب زبری در شرایط مختلف پرداخته‌اند (5). ابراهیمی و همکاران (1387) با ساخت فلوم آزمایشگاهی به بررسی تغییرات ضریب زبری در شرایط مختلف پرداخته و گزارش نموده‌اند مقدار ضریب زبری مانینگ ثابت نبوده و با افزایش تراکم پوشش گیاهی افزایش و با افزایش سرعت و عمق جریان کاهش می‌یابد. ایشان معادلات مختلفی برای برآورد ضریب زبری مانینگ در رودخانه‌ها با استفاده از نسبت‌های عمق، سرعت جریان و پوشش گیاهی پیشنهاد نموده‌اند (8). اسماعیلی و همکاران (1388) گزارش کرده‌اندکه ضریب زبری بستر با گذشت زمان و بر مبنای شرایط فرسایش روند سینوسی (افزایشی، کاهش- افزایش) داشته است (9). یافته پژوهشی فلاحتگر و همکاران (1389) این است که پوشش گیاهی در دامنه‌های آق‌قلا در گرگان موجب افزایش ضریب زبری مانینگ در دامنه گردیده و مقدار میانگین آن 0/06 اعلام شده است (10). موسوی بایگی و همکاران (1390) در بررسی تغییرات ضریب زبری مانینگ در اترک میانی گزارش نموده‌اند که فصول سال و پوشش گیاهی در تغییرات این ضریب در ساحل‌های راست و چپ رودخانه، مؤثر بوده است (16).

آب مصرفی برای تولیدات محصولات زراعی در دشت مغان به عنوان یکی از قطب های مهم کشاورزی، از سد انحرافی میل و مغان

Archive of SID

www.SID.ir

و از طریق کانال اصلی شبکه آبیاری و زهکشی به ظرفیت 80 متر مکعب در ثانیه و به طول 116 کیلومتر تأمین می‌گردد. تعداد 63 کانال درجه دو از کانال اصلی انشعاب یافته که همه این کانال‌ها، خاکی می‌باشند (17 و 19). رسوب‌گذاری مداوم در کانال‌های خاکی موجب کاهش ظرفیت آنها گردیده و برآورد مجدد ظرفیت کانال‌ها نیازمند اعمال مقادیر دقیق برای متغیرهای محاسباتی مانند ضریب زبری است زیرا انتخاب بیشتر از مقدار واقعی ضریب زبری موجب کاهش ظرفیت کانال و انتخاب کمتر از مقدار واقعی منجر به افزایش خطر فرسایش بستر کانال‌های خاکی خواهد شد.

نظر به توانمندی روش‌های آماری در تحلیل همبستگی متغیرها، توسعه الگوهای رگرسیونی، تحلیل توزیع آماری متغیرها، تحلیل واریانس متغیرها و تحلیل احتمال وقوع متغیرهای غیرجبری متغیرها، در این پژوهش از این روش‌های آماری برای تحلیل ضریب زبری در کانال‌های خاکی استفاده خواهد شد. همچنین با توجه به اهمیت ضریب زبری و حساسیت قابل توجه ظرفیت کانال‌های خاکی به این ضریب، هدف این پژوهش عبارت از تحلیل آماری و تدقیق مقادیر ضریب زبری کانال‌های خاکی بدون پوشش گیاهی در شبکه آبیاری و زهکشی مغان بود. نتایج پژوهش می‌تواند در طراحی، ارزیابی و بهره‌برداری مهندسی شبکه‌های آبیاری و زهکشی به ویژه شبکه مغان، مورد استفاده قرارگیرد.

مواد و روش‌ها

موقعیت جغرافیای و اقلیمی منطقه

دشت مغان با وسعتی حدود سیصد هزار هکتار در شمال غربی ایران، در قسمت شمالی استان اردبیل و مابین طول‌های ‘35 °47 و ‘22 °47 شرقی و عرض‌های ‘22°39 و ‘45 °39 شمالی واقع گردیده، ارتفاع مناطق مختلف این دشت از سطح دریا از 30 متر در اطراف پارس آباد تا 900 متر در اطراف گرمی و اصلاندوز متغیر است (17 و 19). این دشت از سوی شمال به رودخانه مرزی ارس، از جنوب و جنوب غربی به ارتفاعات خروسلو، از شرق با فاصله 120 کیلومتری به دریای خزر محدود شده است. ارتباط این دشت با شهرهای همجوار خود از جمله بیله‌سوار- گرمی، مشکین شهر، اردبیل، اهر، کلیبر و تبریز امکان پذیر است. این دشت آب و هوائی متفاوت با سایر نقاط آذربایجان دارد. نزولات جوی منطقه به طور عمده تحت تأثیر جریان‌های غربی شمال غربی اقیانوس اطلس شمالی و مرکزی است. از نظر اقلیمی و با روش‌های دومارتن و آمبرژه، این منطقه جزو مناطق نیمه خشک و با روش کوپن جزو مناطق استپی است (17 و 19).

وضعیت شبکه آبیاری و زهکشی منطقه

استفاده از آب کانال‌ها برای آبیاری محصولات کشاورزی در این دشت دارای قدمت زیادی نبوده و به نظر می‌رسد که نهر نادری قدیمی‌ترین نهر مهم موجود در منطقه بوده باشد. در حال حاضر، محل آبگیری کانال اصلی شبکه آبیاری و زهکشی مغان به ظرفیت 80 متر مکعب در ثانیه از سد انحرافی میل- مغان می‌باشد. طول کانال اصلی 116 کیلومتر می‌باشد که از این کانال اصلی تعداد 63 کانال درجه دو منشعب می‌شود که یا به طور مستقیم یا به وسیله ایستگاه‌های پمپاژ آبگیری می‌کنند. همزمان با احداث شبکه کانال‌های اصلی، در اراضی تحت کانال A، احداث کانال‌های فرعی آبیاری درجه سه صورت گرفته است (17 و 19). در اراضی تحت کانال اصلی و در بخش‌های مختلف کشت و صنعت مغان، کانال‌های درجه دو و سه به صورت خاکی احداث شده‌اند (شکل 1).

موقعیت کانال‌های خاکی انتخاب شده برای آزمایش

برای انجام آزمایش‌ها پنجاه مقطع از کانال‌های خاکی آبیاری و زهکشی در شبکه آبیاری و زهکشی مغان واقع در بخش‌های یک تا پنج کشت و صنعت مغان، اراضی خصوصی زارعین، اراضی خصوصی پیرایواتلو، ایران‌آباد، قشلاق حاج هزار، مزارع مرکز آموزش و ایستگاه تحقیقات کشاورزی انتخاب شدند. برای اندازه‌گیری سرعت جریان آب در مقاطع مختلف کانال‌های خاکی از مولینه‌ای از نوع AOTT ساخت شرکت مهندسی منابع آب استفاده شد. برای اندازه‌گیری مختصات نیمرخ عرضی مقاطع کانال‌ها از یک دوربین نقشه‌برداری (ترازیاب) و یک شاخص مدرج استفاده گردید. برای محاسبه شیب کانال از ارقامی که از قرائت رقوم کف دو مقطع هم امتداد و اندازه‌گیری فاصله بین دو مقطع حاصل، استفاده شد (17). مقدار ضریب زبری مانینگ (n) با توجه به ابعاد و سرعت جریان آب در کانال‌های خاکی از رابطه (2) به دست آمد:

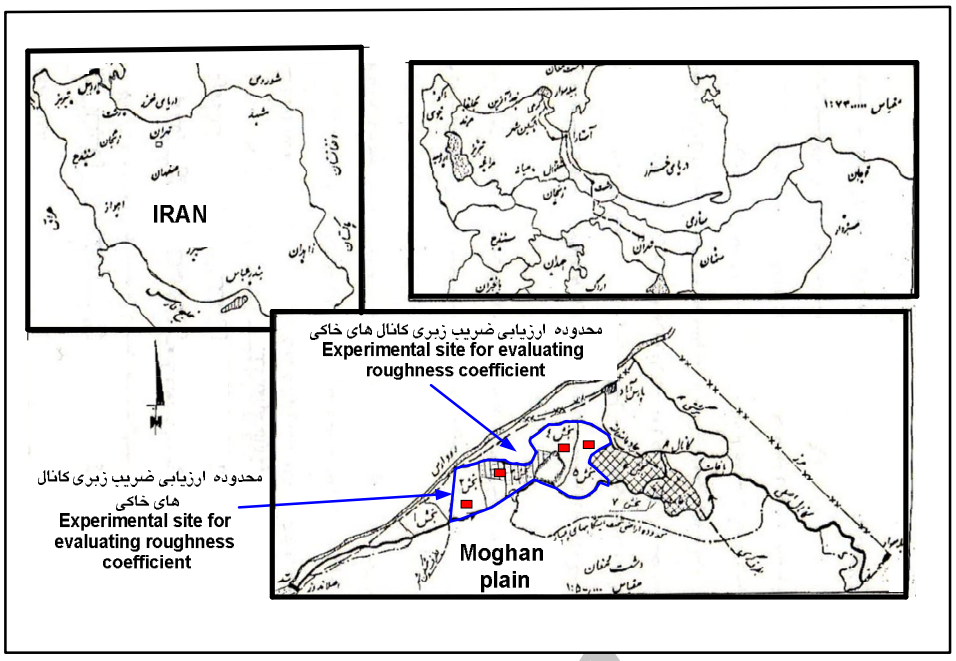
$$n = \frac{R^{0.667} S^{0.5}}{V} \qquad (2)$$

که در آن R شعاع هیدرولیکی (متر)، V سرعت جریان (متر بر ثانیه) و S شیب کف کانال (متر بر متر) می‌باشد. در این پژوهش، برای تعیین رژیم جریان در کانال‌های خاکی از عدد رینولدز استفاده شد (1 و 3).

به منظور شناسایی متغیرهای مؤثر در ضریب زبری مانینگ درکانال‌های خاکی بدون پوشش گیاهی، از ضریب همبستگی جزئی استفاده گردید. کارکرد این ضریب به این شکل است که همبستگی متغیر وابسته (به چندین متغیر مستقل) و مستقل را در صورت ثابت ماندن مقادیر سایر متغیرهای مستقل، محاسبه می‌نماید. برای تحلیل آماری از نرم افزارهای SPSS و Minitab استفاده گردید.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل 1- موقعیت شبکه و محدوده انجام آزمایش‌های ارزیابی ضریب زبری کانال‌های خاکی شبکه آبیاری و زهکشی مغان (17 و 19)

Figure 1- Network and site for evaluation of roughness coefficient in earth canals of irrigation and drainage network of Moghan (17 and 19)

نتایج و بحث

بر مبنای ویژگی‌های هندسی و هیدرولیکی مقاطع کانال‌های خاکی، ضریب زبری با رابطه (2) برآورد گردید. تغییرات ضریب زبری به ازای تغییرات سرعت جریان، سطح مقطع جریان، پیرامون ترشده، شعاع هیدرولیکی و شیب کف کانال‌های خاکی در شکل 2 ارائه شده است.

الف) تغییرات ویژگی‌های هندسی و هیدرولیکی مقاطع

نتایج اندازه‌گیری اجزاء هندسی نشان داد تغییرات مساحت مقاطع جزئی و کلی از 60 تا 2470 سانتی‌متر مربع بود. میانگین مساحت مقاطع در کانال‌های خاکی بدون پوشش گیاهی برابر 540 سانتی‌متر مربع به دست آمد. پیرامون ترشده مقاطع از 10 تا 277 سانتی‌متر با میانگین 53 سانتی‌متر متغیر بود. متناسب با مقادیر مساحت و پیرامون ترشده مقاطع، شعاع هیدرولیکی از سه تا 11 سانتی‌متر با میانگین 25 سانتی‌متر محاسبه گردید. سرعت جریان در مقاطع کانال‌های خاکی از 3 تا 53 سانتی‌متر بر ثانیه با میانگین 23 سانتی‌متر بر ثانیه اندازه‌گیری گردید. میانگین شیب کف کانال‌ها 0/24 درصد و تغییرات آن از 0/01 تا 0/92 درصد بود. نتایج اندازه‌گیری ضریب زبری نشان داد تغییرات ضریب زبری از 0/01 تا 0/2 بود. میانگین ضریب زبری در کانال‌های خاکی بدون پوشش گیاهی برابر 0/06 به دست آمد. چاو (1972) دامنه ضریب زبری در مجاری خاکی بدون پوشش گیاهی از 0/016 تا 0/033 و میانگین آن 0/023 ذکر نموده است (4). دامنه ضریب زبری به دست آمده در این پژوهش از دامنه گزارش شده توسط چاو (1972) گسترده‌تر و فراتر بود. به نظر می‌رسد وجود احتمالی سنگ در حاشیه یا جدار کانال‌ها، ریشه برخی از گیاهان آبزی و یا سایر مواد خارجی موجود در آب مانند لاشه برخی حیوانات موجب افزایش ضریب زبری در برخی از مقاطع کانال‌های خاکی گردیده است.

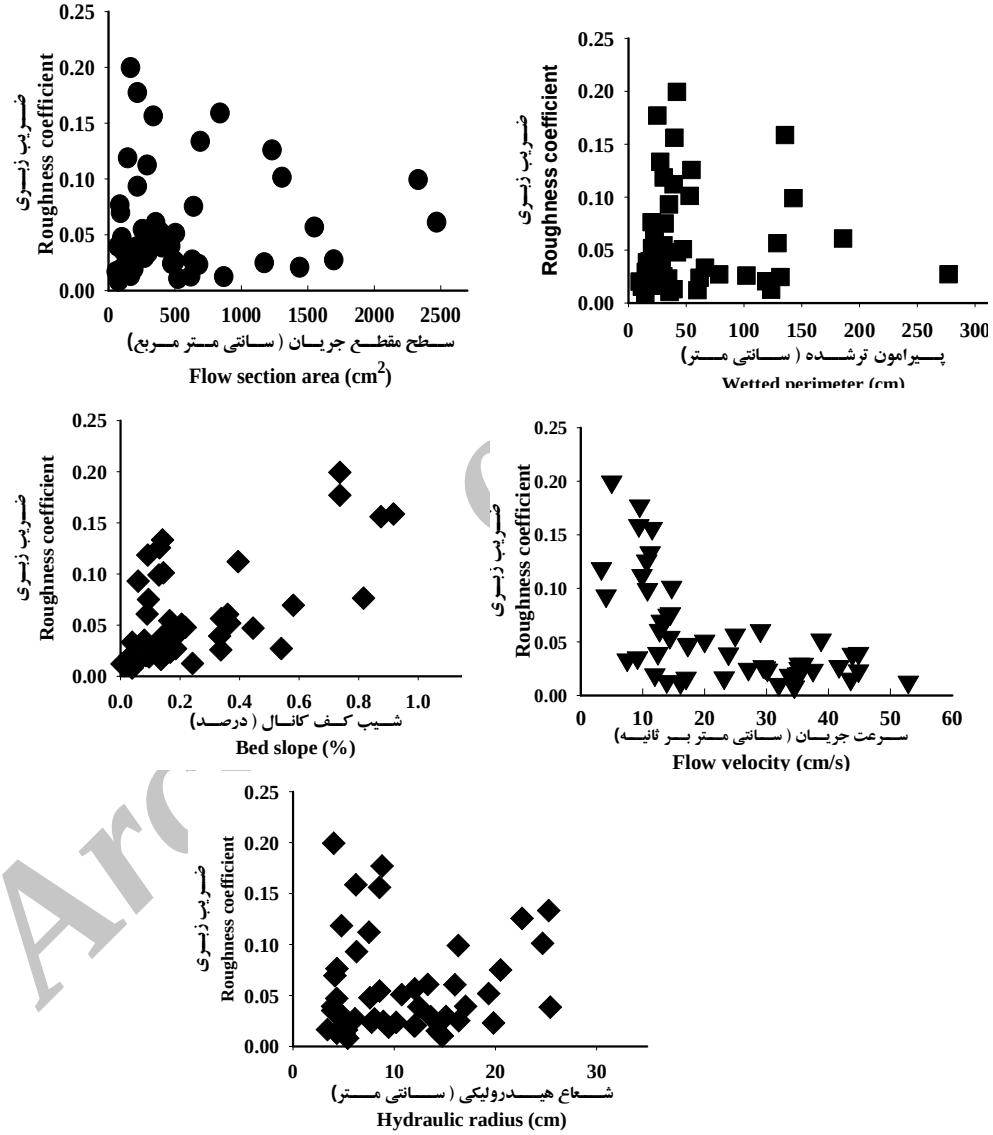
ب) بررسی توزیع آماری ضریب زبری در کانال‌های بدون پوشش گیاهی

مطابق رابطه مانینگ، سرعت جریان آب در هر مقطع تابع شعاع هیدرولیکی، سطح مقطع جریان، پیرامون ترشده و ضریب زبری است. برای بررسی تابع توزیع هر یک از این متغیرها، تغییرات مکانی (نه تغییرات عمقی) این متغیرها در یک محدوده زمانی مشخص از تحلیل آماری استفاده گردید. انطباق توزیع سرعت متوسط جریان، شعاع هیدرولیکی و ضریب زبری با توزیع‌های نرمال، لاگ نرمال، ویبول، مقادیر حدی، نمائی، لاجستیک بررسی گردید. به عبارت دیگر در زمان تحلیل توزیع مقادیر سرعت متوسط جریان، شعاع هیدرولیکی و ضریب زبری با توزیع نرمال، ضریب چولگی مثبت و متمایل به راست در منحنی توزیع مشاهده گردید و به دلیل ماهیت داده‌ها، امکان

Archive of SID

www.SID.ir

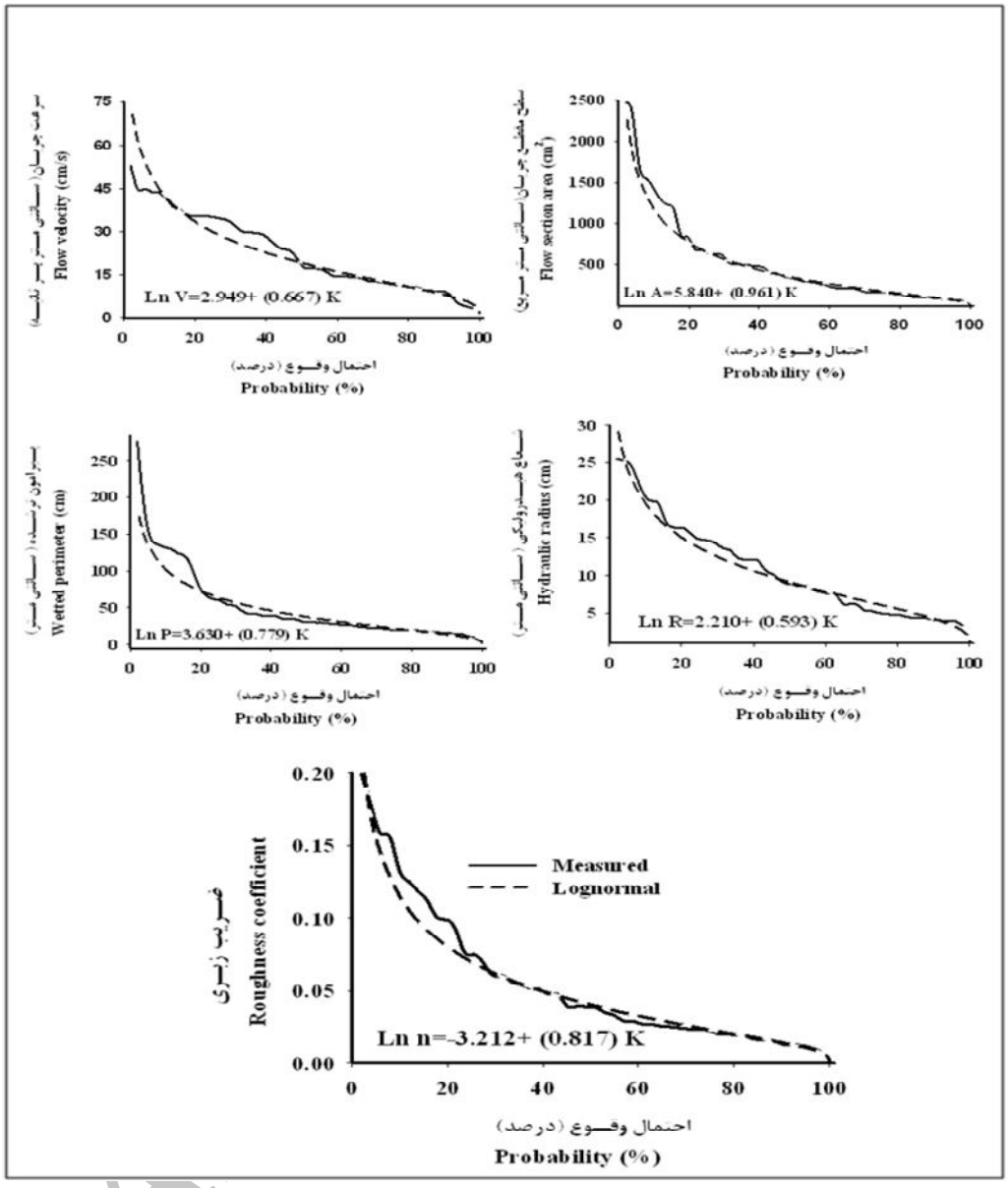
انطباق آن با توزیع لاگ نرمال تقویت گردید. نتایج بررسی‌های تکمیلی نشان داد توزیع سرعت جریان، شعاع هیدرولیکی، سطح مقطع جریان، پیرامون ترشده و ضریب زبری در کانال‌های خاکی بدون پوشش گیاهی با توزیع لاگ‌نرمال منطبق بود (شکل 3). در این پژوهش، میانگین ضریب زبری 0/06 اندازه‌گیری گردید. سئوالی که به ذهن مهندس طراح متبادر می‌شود، این است که آیا برای برآورد دبی جریان یا طراحی ابعاد کانال‌های خاکی از این مقدار میانگین باید استفاده نمود؟ برای پاسخ به این سئوال، از فنون آمار و احتمالات که در آن رویدادهای غیرجبری و غیرتعیینی تحلیل می‌شوند، استفاده می‌شود.



شکل 2- تغییرات ضریب زبری مانینگ به ازای تغییرات سرعت جریان، سطح مقطع جریان، پیرامون ترشده، شعاع هیدرولیکی و شیب کف کانال‌ها

Figure 2- Variations of Manning's roughness coefficient versus variations of flow velocity, section area, wetted perimeter, hydraulic radius and canal slope

www.SID.ir



شکل 3- درصد احتمال وقوع (یا وجود متغیر) با توزیع لاگ نرمال برای کمیت‌های سرعت جریان، سطح مقطع جریان، پیرامون تر شده، شعاع هیدرولیکی و ضریب زبری مانینگ درکانال‌های خاکی

Figure 3- Probability of events with lognormal distribution for flow velocity, section area, wetted perimeter, hydraulic radius and Manning's roughness coefficient in earth canals

در این پژوهش، ضریب زبری از 0/01 تا 0/2 با فراوانی‌های مختلف اندازه‌گیری شده است. بدیهی است درصد فراوانی یا احتمال وقوع یا وجود مقدار مشخصی از این متغیر، مؤلفه بسیار مهمی در انتخاب یا تعیین ضریب زبری طراحی می‌باشد. میانگین‌گیری وزنی بر مبنای درصد فراوانی یا تحلیل احتمال وقوع یا وجود ضریب زبری در کانال‌های خاکی از روش‌هایی است که تصمیم‌گیری در مورد انتخاب این ضریب را برای برآوردها یا محاسبات، تسهیل می‌بخشد. به دلیل عمومیت کاربرد احتمال رخدادهای غیرجبری در مهندسی آب، ذز این پژوهش از این روش استفاده گردید. به طور مثال به احتمال 90 درصد، ضریب زبری در کانال‌های خاکی 0/014 و یا بیشتر بود. به عبارت دیگر در 50 مورد اندازه‌گیری این ضریب، 45 مورد آن شامل مقادیر بیشتر از 0/014 بود. نتایج تحلیل مقادیر سایر متغیرها نشان

www.SID.ir

داد به احتمال 90، 80، 60 و 40 درصد، مساحت مقاطع در کانال‌ها به ترتیب برابر 100 ، 153، 270 و 438 سانتی‌متر مربع و بیشتر از آن‌ها بود. به ازای همین درصد احتمال پیرامون ترشده مقاطع به ترتیب برابر 14، 20، 31 و 46 سانتی‌متر و بیشتر از آن‌ها بود. به ازای همین درصد احتمال شعاع هیدرولیکی در کانال‌ها به ترتیب برابر 4، 6، 8 و 11 سانتی‌متر و بیشتر از آن‌ها بود. به احتمال 90، 80، 60 و 40 درصد، ضریب زبری به ترتیب برابر 0/014، 0/020، 0/033و 0/050 و بیشتر از آن‌ها بود (شکل 3). الگوی برازش داده شده برای درصد احتمال متغیرهای سرعت جریان، سطح مقطع جریان، پیرامون ترشده، شعاع هیدرولیکی و ضریب زبری مانینگ به ترتیب به صورت معادلات (3)، (4)، (5)، (6) و (7) بود.

$$\ln V = 2.949 + (0.667)\, K \quad (3)$$

$$\ln A = 5.840 + (0.961)\, K \quad (4)$$

$$\ln P = 3.630 + (0.779)\, K \quad (5)$$

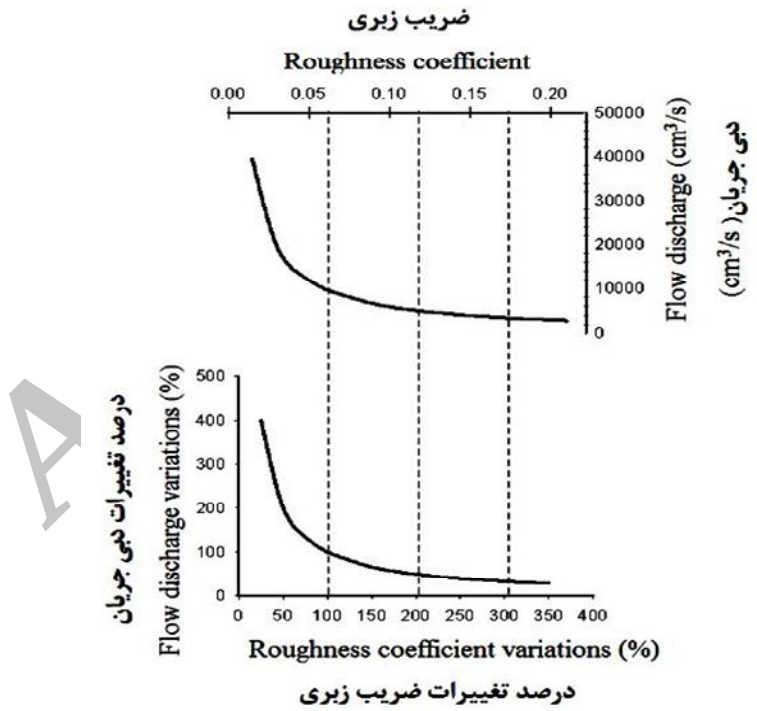
$$\ln R = 2.210 + (0.593)\, K \quad (6)$$

$$\ln n = -3.212 + (0.817)\, K \quad (7)$$

که در آن V سرعت جریان (سانتی‌متر بر ثانیه)، A سطح مقطع جریان (سانتی‌متر مربع)، P پیرامون ترشده (سانتی‌متر)، R شعاع هیدرولیکی (سانتی‌متر) و K ضریب برازش توزیع لاگ‌نرمال است.

ج) حساسیت دبی جریان به ضریب زبری مانینگ در کانال‌های بدون پوشش گیاهی

بر اساس منطق علم هیدرولیک با افزایش ضریب زبری، دبی در بستر جریان کاهش می‌یابد. به عبارت دیگر، رابطه ضریب زبری و دبی جریان معکوس می‌باشد. سطح مقطع جریان، شعاع هیدرولیکی و شیب کف کانال و دبی جریان نظیر مقدار میانگین ضریب زبری (0/06) برابر 0/054، 0/11، 0/0024 و 9863 سانتی‌متر مکعب بر ثانیه بود. تحلیل حساسیت دبی جریان به ضریب زبری نشان داد با دو و سه برابر شدن اندازه ضریب زبری، دبی جریان به ترتیب 50 و 33 درصد مقدار میانگین نظیر ضریب زبری (0/060) بود. زمانی که ضریب زبری 50 و 25 درصد مقدار میانگین بود، دبی جریان 200 و 400 درصد دبی نظیر میانگین ضریب زبری (9863 سانتی‌متر مکعب بر ثانیه) گردید (شکل 4). بنابراین حساسیت دبی جریان به ضریب زبری در کانال‌های خاکی قابل توجه بوده و توصیه می‌شود در انتخاب و اعمال این ضریب در محاسبات یا برآوردهای مهندسی، توجه و دقت لازم معمول گردد.



شکل 4- حساسیت دبی جریان به ضریب زبری مانینگ در کانال‌های خاکی

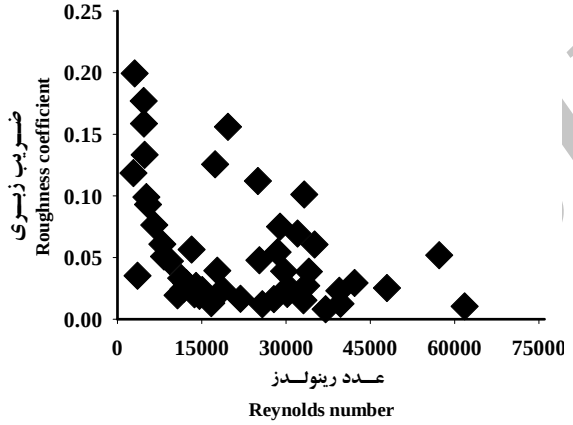
Figure 4- Flow sensitivity to Manning's roughness coefficient in earth canals

Archive of SID

www.SID.ir

د) رابطه بین ضریب زبری مانینگ و رژیم جریان در کانال‌های خاکی بدون پوشش گیاهی

نسبت نیروهای لزجت و اینرسی تعیین کننده لایه‌ای یا آشفته بودن جریان در کانال‌های خاکی است. اگر نیروهای لزجت غالب باشند، جریان لایه‌ای بوده و اگر نیروهای اینرسی غالب باشند، جریان آشفته است. نسبت نیروهای اینرسی به لزجت به عنوان عدد رینولدز تعریف می‌شود. تبدیل جریان از لایه‌ای به آشفته، در عدد رینولدز حدود 600 رخ می‌دهد (3). در این پژوهش، عدد رینولدز برای هر یک از مقاطع کانال‌های خاکی برآورد گردید. حداقل، میانگین و حداکثر عدد رینولدز به ترتیب برابر 2800، 22000 و 62000 به دست آمد. این مقادیر عدد رینولدز از مقدار مرزی 600 بیشتر بود. بنابراین جریان در همه مقاطع، به صورت آشفته تشخیص داده شد. تغییرات ضریب زبری به ازای تغییرات عدد رینولدز در شکل 5 رسم شده است. نتایج نشان داد با افزایش عدد رینولدز، ضریب زبری در کانال‌های خاکی کاهش می‌یابد. ارتباط معکوس عدد رینولدز با ضریب زبری با یافته بسیاری از پژوهشگران سازگار است. گرچه روند دقیق این تغییرات بسته به خصوصیات جریان و طبیعت بستر جریان در کانال‌های خاکی ممکن است مانند هم نباشد.



شکل 5- تغییرات ضریب زبری مانینگ به ازای تغییرات عدد رینولدز در مقاطع کانال‌های خاکی
Figure 5- Manning's roughness coefficient versus Reynolds number in earth canals

ه) شناسایی متغیرهای مؤثر در ضریب زبری مانینگ درکانال‌های خاکی بدون پوشش گیاهی

به منظور شناسایی متغیرهای مؤثر در ضریب زبری مانینگ در کانال‌های خاکی بدون پوشش گیاهی از ضریب همبستگی جزئی استفاده گردید. اندازه ضریب همبستگی جزئی ضریب زبری مانینگ با سرعت جریان، سطح مقطع جریان، پیرامون ترشده، شعاع هیدرولیکی، شیب بستر و عدد رینولدز به ترتیب برابر 0/57، 0/57، 0/05، 0/09، 0/62 و 0/004 به دست آمد. بنابراین در شرایط آزمایش‌های این پژوهش، ضریب همبستگی جزئی ضریب زبری با پیرامون ترشده، شعاع هیدرولیکی و عدد رینولدز معنی‌دار به دست نیامد. بر این اساس ضرورت داشت تعداد متغیرهای معادله مانینگ برای برآورد ضریب زبری تعدیل یا کاهش داده شود. نتیجه تلاش برای یافتن روابط رگرسیونی به رابطه (8) منجر گردید.

$$n = \frac{S^{0.46}}{V^{0.79}} \qquad R^2=0.99 \qquad (8)$$

متغیرهای این معادله قبلا معرفی شده‌اند. ضریب تعیین (R^2) این رابطه نشان داد بیش از 99 درصد تغییرات ضریب زبری در کانال‌های خاکی در این شبکه، با دو متغیر سرعت جریان و شیب کانال قابل توجیه و الگوبندی است. جدول تحلیل واریانس این رابطه نشان داد که الگوی حاصل با سطح اعتماد بیش از 99 درصد معتبر است.

در شکل 6 ضریب زبری اندازه‌گیری شده و برآورد شده با رابطه رگرسیونی ارائه شده است. این شکل نشان می‌دهد رابطه رگرسیونی تا حد رضایت‌بخشی می‌تواند برای برآورد ضریب زبری در کانال‌های خاکی بدون پوشش گیاهی مورد استفاده قرار گیرد. به عبارت دیگر، در شرایط بدون پوشش گیاهی در کانال‌های خاکی شبکه آبیاری و زهکشی مغان، می‌توان با متغیرهای کاهش‌یافته ضریب زبری را برآورد نمود. لازم به یادآوری است رابطه رگرسیونی حاصل ضریب زبری را تا نزدیک 0/07 (از 50 مورد، 40 مورد اندازه‌گیری) در حد بسیار رضایت بخش، برآورد می‌کند. با افزایش ضریب زبری (از 0/07) به طور مثال در اثر وجود ریشه گیاهان یا لاشه حیوانات و یا وجود سنگ در جدار و کف کانال‌های خاکی، از دقت برآورد این رابطه نسبتا کاسته شده و ضریب برآورد شده به طور معمول کمتر از مقدار واقعی است.

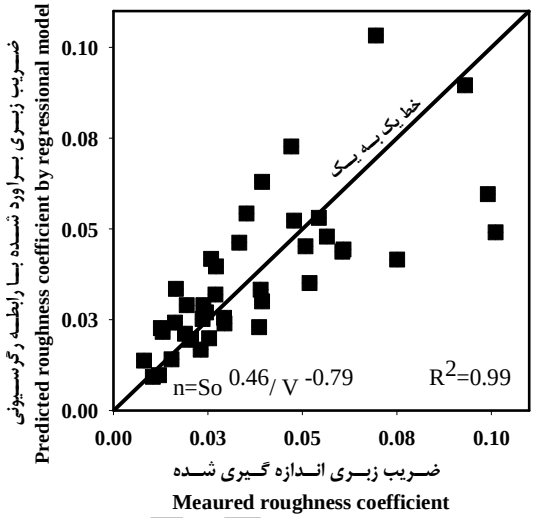
Archive of SID

www.SID.ir

جدول 2- تحلیل واریانس رابطه رگرسیونی ضریب زبری به صورت تابعی از سطح مقطع جریان، شیب کف و دبی جریان در کانال خاکی

Table 2- Analysis of variance for regression relation of roughness coefficient as a function of flow section area, bed slope and flow discharge in earth canals

منبع Source	درجه آزادی Df	میانگین مربعات Mean squares	نسبت F F ratio
رابطه رگرسیونی ضریب زبری Regression model	2	271	1957
باقیمانده رابطه Residual	48	0.1	
کل Total	50		



شکل 6- ضریب زبری اندازه‌گیری شده و برآورد شده با رابطه رگرسیونی

Figure 6- Measured and predicted roughness coefficient

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

ضریب زبری کانال‌های خاکی بدون پوشش گیاهی در شبکه آبیاری و زهکشی مغان با هدف تحلیل آماری و تدقیق مقادیر ضریب زبری کانال‌ها به طور موفقیت آمیزی ارزیابی گردید. میانگین ضریب زبری در کانال‌های خاکی بدون پوشش گیاهی برابر 0/06 به دست آمد. حساسیت دبی جریان به ضریب زبری در کانال‌های خاکی قابل توجه بوده و توصیه می‌شود در انتخاب و اعمال این ضریب در محاسبات یا برآوردهای مهندسی، توجه و دقت لازم معمول گردد. با توجه به متغیرهای مؤثر در ضریب زبری و حذف متغیرهای کم‌اثر بر روی این ضریب، یک رابطه رگرسیونی برای برآورد ضریب زبری در کانال‌های بدون پوشش گیاهی در شبکه آبیاری و زهکشی مغان ارائه شد. در این پژوهش، نقش پوشش گیاهان موجود در کانال‌های خاکی منطقه در ضریب زبری بررسی نگردید. پیشنهاد می‌شود تأثیر وجود و تراکم گیاهان مختلف در ضریب زبری کانال‌های خاکی بررسی گردد. همچنین، امکان‌سنجی کاربرد معادلات جریان در کانال‌ها مانند سنت‌ونانت یا مدل‌های هیدرودینامیک، موج سینماتیک یا اینرسی صفر برای برآورد ضریب زبری در کانال‌های خاکی به عنوان یک پروژه پژوهشی بررسی گردد.

سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از طرح تحقیقاتی مصوب سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی و مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی می‌باشد. بدین‌وسیله مؤلف مقاله از حمایت‌های سازمان و مؤسسه یادشده سپاسگزاری می‌نماید. مؤلف مقاله از نظرات و ارشادات علمی هیأت محترم تحریریه و داوران ارجمند نشریه که در بهبود و ارتقاء کیفی مقاله بسیار مؤثر و مفید بودند، سپاسگزاری می‌نماید.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

1- Abrishami J., and Hosseini S.M. 2005. Open channel hydraulics. Astan Ghods publication Center. 501 pp. (in Persian).
2- Afzalimehr H., and Anctil F. 1998. Estimation of gravel-bed river flow resistance. Journal of Engineering, 124(10): 1054-1058.
3- Chaudhry M. H. 2007. Open-channel flow. Springer Science and Business Media.
4- Chow VT. 1972. Open channel hydraulics. McGRAW-HILL KOGAKUSHA, LTD. New York. 680 pp.
5- Ciraolo G., Ferreri G., and Loggia G. 2006. Flow resistance of posidonia oceanic an in shallow water. Journal of Hydraulic Research, 44 (2): 189-202.
6- Cook H.L., and Campbell F.B. 1939. Characteristics of some meadow strip vegetation. Journal of Hydraulic Engineering, 118(1): 92-97.
7- Cox M.B., and Palmer V.J. 1984. Results of tests on vegetated waterways and method of field application. Oklahoma Agricultural Experimental Station, Stillwater Oklahoma, Miscellaneous Publication. No. MP1 2, 43.
8- Ebrahimi N.G., Fathi-Moghaddam M., Kashefipour S.M., Ebrahimi K., and Saneie M. 2009. A study of the effect of submerged vegetation covers on river roughness coefficient. Agricultural Research: Water, Soil and Crop in Agriculture, 8(1):79-87. (in Persian with English abstract)
9- Esmaili K., Kashefipour S.M., and Shafaie Bajestan M. 2009. The effect of bed form on roughness coefficient in unsteady flows using a combined numerical and laboratory method. Journal of Water and Soil, 23(3):136-144. (in Persian with English abstract)
10- Falahatgar M., Bahremend A., Sheikh V.B., and Atrakchali A. 2010. The effect of vegetation Manning roughness coefficient on the hill slope in Agghala rangelands. J. of Water and Soil Conservation. 17(3):125-141. (in Persian with English abstract)
11- Fathi Moghaddam M., and Kouwen N. 1997. Nonrigid, no submerged, vegetative roughness on flood plains. Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, 123 (1): 51-57.
12- Ghaffari G., and Mosaedi A. 2006. Effect of applying different Manning's roughness coefficient determination methods to estimate the amount of flooding area (Case study, Babolroud River). J. Agric. Sci. Natr. Resour. 12 (6): 1-12. (in Persian with English abstract)
13- Gharib M. 2004. Hazard zonation and management of flood (Ramian town). MSc Thesis. Watershed Management Department. Agriculture and Natural Resources Faculty. Gorgan University, Iran. 110 pp. (in Persian with English abstract)
14- Hosseinzadeh M. 2004. Flood patterns using HEC-RAS in GIS environment (Lain Sou River). MSc Thesis. Irrigation Department. Sari Agricultural Sciences Faculty. 115pp. (in Persian with English abstract)
15- Mosaedi A., and Tavakoli M. 2004. Investigation on the finding of best method for determining manning roughness coefficient and flood hazard zonation in a part of mid-Atrak River (Maraveh). J. Agric. Sci. Natr. Resour. 10 (4): 153-160. (in Persian with English abstract)
16- Mousavi Baygi S.M., Fardi Hosseini A., Alizadeh A., and Inanlou M. 2011. The assessment of fluctuations on roughness Manning coefficient for prediction of flood flow hydraulics (Case study: Atrak River). Journal of Water and Soil, 26(1): 183-192. (in Persian with English abstract)
17- Nasseri A. 2000. Evaluation of flow resistance coefficient vegetated canals in Moghan plain. Final Report. Iranian Agricultural Engineering Research Institute. AERO. 195 pp (in Persian with English abstract)
18- Rahmeyer W. 2006. Flow resistance for Utah flood plains, Utah State University.
19- Tayfehrezaei H. 1994. Analysis of ponding causes in Moghan plain. MSc Thesis. Irrigation Department. Agricultural Faculty. Tehran University, Karaj, Iran. 289pp. (in Persian with English abstract)

Archive of SID

www.SID.ir

Journal of Water and Soil
Vol. 30, No. 6, Jan.-Feb. 2017, p. 1808-1819

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد 30، شماره 6، بهمن – اسفند 1395، ص. 1819-1808

Statistical Analysis of *Manning's* Roughness Coefficients in Non-vegetated Canals for Irrigation and Drainage Network of Moghan

A. Nasseri[1]*

Received: 01-12-2014
Accepted: 08-05-2016

Introduction: Due to sensitiveness of flow to roughness coefficient (RC), selection of this coefficient is important in earth canals designing purposes. Precision selection of this coefficient is necessary for design and operation of earthen canals purposes. Overestimation of the actual amount of this coefficient will cause an underestimation for flow velocity. Accordingly, sedimentation in the earth canals will reduce canals' capacitances. Adversely, underestimation of this coefficient will cause an overestimation for flow velocity and water flux in the earth canals. It will also increase the risk of soil erosion in the channels. This coefficient is expressed by Manning, Chezy and Darcy Weisbach equations. While, hydraulic engineers have selected Manning equation to estimate the flow rate in open channels due to ease of use and acceptable precision in the application of this equation. Water for crop production in Moghan, as one of the most important agricultural centers in Iran, is supplied from Moghan-Meel diversion dam via main canal of irrigation and drainage network with a capacity of 80 m3 s-1 with a length of 116 km. All of the branched 63-channel from the main channel are earthen. Continual sedimentation in the earth canals reduced the capacity of them and re-estimation the capacity of this canals needs to the precise quantities of variables such as roughness coefficient. Because the overestimation of the actual value of the coefficient would reduce the canals' capacity and underestimation of the coefficient increase the risk of erosion in earth canals. The analysis of the correlation among variables, regression, analysis of statistical distribution of variables, analysis of variance of variables and the analysis of the events probabilities for stochastic variables can be made by statistical methods. Therefore, these methods were applied to analysis of roughness coefficient in the earth canals. Also, due to the importance of roughness coefficient and significant sensitivity of the capacity to this coefficient, the current study was conducted to statistically analyze and to evaluate roughness coefficients in non-vegetated canals for irrigation and drainage network of Moghan (in North-west of Iran). The results of the research may be applied in the design, evaluation and utilization of networks, especially in the irrigation and drainage network of Moghan.

Materials and Methods: Experimental area was Moghan plain located at the north-west of Iran with latitude from 39º 22' to 39º 45' N, longitude from 47º 22' to 47º 45' E and sea level of 32.0 m. The annual averages air temperature, relative humidity and pan evaporation are 14.5º C, 72% and 111 mm month-1, respectively. Annual rainfall in this plain is 332 mm. In the network of Moghan, 50 sections were selected to measure water flow velocity (with a flow meter) and canals cross sections (with profilimetery devices). The selected sections were in earth canals located at the farms of Agro-Industrial Company of Moghan, farmers' farms, Pirayvatlu's farms, Iranabad, Hajhazar, Farms of Agricultural Education Center and Agricultural Research Center. A flowmeter (type AOTT) made by Iranian Water Resources Engineering Company was applied to measure flow velocity in different sections of the channel. Resistance coefficient were determined by the following equation according to the dimensions and the velocity of the water flow in the earth canals

$$n = \frac{R^{0.667} S^{0.5}}{V} \quad (1)$$

Where R is the hydraulic radius (m), V is velocity (m/s) and S is channel slope (m/m).

In this study, the Reynolds number was applied to determine the flow regime in the channel. The partial correlation coefficient was used to determine the effective variables in the roughness coefficient in canals without vegetation. The application of the coefficient of correlation is that the dependent variable (multiple independent variables) and independent stay in the form of fixed values of other independent variables. The software's of SPSS and Minitab were used in statistical analysis.

Results and Discussion: Roughness coefficients averaged 0.06. Results revealed that RC varied from 0.014 to 0.050 (and more than) for 90 to 40% probabilities in non-vegetated canals. Also, flow velocity, hydraulic radius, cross section area, wetted perimeter and roughness coefficient were lognormal in distributions.

Results also showed that flow regimes were turbulent and with increase in Reynolds numbers, roughness

1- Associate Professor of Agricultural Engineering Research Department, East Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Tabriz, Iran
(*- Corresponding Author Email: Nasseri_ab@yahoo.com)

Archive of SID

www.SID.ir

coefficients decrease. Sensitivity analysis of flow rate to roughness coefficient showed that with increase as 200 and 300 percent in roughness coefficients, flow rates were 0.50 and 0.33 of flow rate from average roughness coefficient. Moreover,

A simple regression model was developed based on effective variables (viz. flow velocity and canal slope) on roughness coefficient by omitting non-effective variables in non-vegetated canals. Developed model was as follows:

$$n = \frac{S^{0.46}}{V^{0.79}} \qquad R^2=0.99 \qquad (2)$$

The variables of the model were previously introduced earlier. The coefficient of determination (R^2) shows that more than 99% variations in RC could be explained by flow velocity and canal slope.

Conclusion: Roughness coefficient in the earth non-vegetated canals was successfully and precisely evaluated for irrigation and drainage network of Moghan (in North-west of Iran) by statistical methods. Roughness coefficients averaged 0.06. The sensitivity of canal discharge to roughness coefficient was significant. It is recommended to select and apply actual values of this coefficient in engineering or computing purposes. By omitting non-effective variables in roughness coefficient in non-vegetated canals, a simple regression model with R^2 of 0.99 was developed based on effective variables. In this study, the role of vegetation in channel for roughness coefficient was not evaluated. Therefore, it is recommended that the effect of different vegetation on roughness coefficient tobe evaluated with models such as hydrodynamic and zero-inertia.

Keywords: Earth canals, Flow resistance coefficient, Hydraulic resistance, Manning

Archive of SID

www.SID.ir