نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیستم، شماره سوم، ۱۳۹۲
http://jwsc.gau.ac.ir

شبیه‌سازی دبی جریان در مقاطع مرکب به کمک مدل درخت تصمیم M5

*عبدالرضا ظهیری[۱] و خلیل قربانی[۱]
[۱]استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
تاریخ دریافت: ۹۱/۲/۲۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۱/۸/۲۹

چکیده

محاسبه دقیق دبی جریان سیلاب برای بسیاری از طرح‌های مهندسی رودخانه و کنترل سیل از اولویت خاصی برخوردار است. در شرایط سیلاب به‌دلیل ورود جریان در دشت‌های سیلابی، هیدرولیک جریان نسبت به جریان عادی پیچیده‌تر می‌شود. مطالعات اخیر نشان داده است که روش‌های معمول محاسبه دبی جریان رودخانه‌ها در مواقع سیلاب، بدون دقت لازم می‌باشند. به این منظور روش‌های اصلاحی زیادی توسط پژوهش‌گران ارایه شده است. این روش‌ها دارای محاسبه‌های طولانی بوده و گاهی نیاز به حل عددی معادلات دیفرانسیل دارند. در این مقاله به‌عنوان یک راه‌حل جدید، روش درخت تصمیم M5 برای محاسبه دقیق دبی جریان در مقاطع مرکب پیشنهاد شده است. متغیرهای بدون بعد عمق نسبی جریان، پارامتر کوهیرنس و نسبت دبی محاسباتی کل به دبی مقطع لبریز رودخانه به‌عنوان متغیرهای ورودی و نسبت دبی واقعی جریان به دبی مقطع لبریز به‌عنوان متغیر خروجی انتخاب شد. برای انجام این کار، ٤٠٠ داده دبی- اشل از ۳۰ مقطع مرکب آزمایشگاهی و رودخانه‌ای جمع‌آوری شده و به دو گروه داده‌های واسنجی و صحت‌سنجی تقسیم شده‌اند. با استفاده از مدل درخت تصمیم M5 و براساس تقسیم‌بندی عمق نسبی جریان، ٤ معادله خطی برای محاسبه دبی پیشنهاد شده است. با مقایسه آماری نتایج محاسباتی، ضریب تبیین (R^2) و مجذور میانگین مجموع مربعات خطا (RMSE) برای داده‌های واسنجی حدود ۰/۹۳۹ و ۰/۳۸۲ و برای داده‌های صحت‌سنجی ۰/۹۳۸ و ۰/٤٤٦ به‌دست آمده است. این روش نسبت به روش تجزیه قائم مقطع مرکب، روش اروین و همکاران و نیز روش هایدرا و والنتاین از دقت بیش‌تری برخوردار است.

واژه‌های کلیدی: دبی سیلاب، پارامتر کوهیرنس، مدل درخت تصمیم‌گیری M5، مقاطع مرکب

* مسئول مکاتبه: zahiri_reza@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

اهمیت محیط زیست باعث تغییر نگرش مهندسین هیدرولیک و اصلاح ضوابط و معیارهای طراحی سازه‌ها و اقدامات مهندسی رودخانه شده است. یکی از جنبه‌های مهم و به‌نسبت جدید در این زمینه، هیدرولیک دشت‌های سیلابی رودخانه‌ها است که در بعضی از اوقات سال، محل رشد گیاهان و تجمع انواع پرندگان می‌شود. هیدرولیک جریان در دشت‌های سیلابی در طی چند دهه اخیر موضوع پژوهش بسیاری از پژوهش‌گران بوده است. دشت‌های سیلابی بخشی از رودخانه‌های آبرفتی است که علاوه‌بر این‌که زیست‌گاه بسیاری از پرندگان و گیاهان مختلف است، در ضمن به‌عنوان یک مخزن عمل نموده و در هنگام سیل، درصد زیادی از جریان را در خود ذخیره می‌نماید. با توجه به سرعت بسیار کم جریان در این ناحیه، در عمل جریان به‌صورت غیرفعال بوده و فقط دبی مقطع اصلی رودخانه در عبور هیدروگراف سیلاب و نیز انتقال رسوب معلق نقش دارد. به همین دلیل محاسبه دبی مجرای اصلی رودخانه و نیز دبی جریان در دشت‌های سیلابی در بسیاری از پروژه‌های کنترل سیل، ساماندهی رودخانه و کنترل رسوب و مواد آلاینده بسیار مهم و ضروری است.

در شرایط وقوع سیل و ورود جریان به دشت‌های سیلابی، رودخانه به شکل یک مقطع مرکب ظاهر می‌شود. از نظر هیدرولیکی، این گونه مقاطع تفاوت‌های بسیار زیادی با مقاطع ساده رودخانه‌ها در حالت جریان عادی (دبی پایه) دارند. مهم‌ترین ابزار مهندسین هیدرولیک در پروژه‌های ساماندهی رودخانه و کنترل سیل، رابطه دبی- اشل است. این رابطه، دو پارامتر مهم عمق و دبی جریان رودخانه را به یکدیگر ارتباط می‌دهد. در بیش‌تر پروژه‌های مهندسی رودخانه و به‌ویژه در شرایط سیل، محاسبه دبی جریان از اهمیت خاصی برخوردار است. در مقاطع ساده، محاسبه دبی جریان با استفاده از روابط مقاومت جریان (مثلاً فرمول مانینگ یا شزی) به سادگی و با دقت خوبی امکان‌پذیر است، اما در مقاطع مرکب به‌دلیل اختلاف سرعت‌های جریان در مجرای اصلی و دشت‌های سیلابی (گرادیان عرضی سرعت)، تنش برشی در مرز تماس این مجرای اصلی و دشت‌های سیلابی ایجاد شده و سرعت متوسط جریان را کاهش می‌دهد. این کاهش سرعت باعث کاهش دبی جریان و ظرفیت حمل رسوب معلق شده و تأثیر زیادی بر هیدرولیک جریان می‌گذارد. میزان این تنش برشی یا به‌عبارت دیگر، میزان کاهش سرعت در مقاطع مرکب تابع مشخصات هندسی و هیدرولیکی مقطع اصلی و دشت‌های سیلابی از جمله عمق جریان، ضریب زبری و عرض کف است. برای استخراج رابطه دبی- اشل رودخانه‌ها در هنگام وقوع سیل، از تجزیه مقطع مرکب به مجرای اصلی و دشت‌های سیلابی استفاده می‌شود. تجزیه مقطع مرکب به روش‌های زیادی صورت می‌گیرد که تجزیه قائم، مایل و افقی

Archive of SID

www.SID.ir

از مهم‌ترین این روش‌ها می‌باشد. هم‌اکنون روش تجزیه قائم بیش‌ترین کاربرد را در محاسبات نرم‌افزارهای معمول در مهندسی رودخانه (مثل HEC-RAS و MIKE11) دارد، در حالی‌که این روش، بیش‌ترین خطا را دارد. به‌منظور اصلاح این روش، مطالعات زیادی توسط پژوهش‌گران مختلف انجام شده که در طی ۳۰ سال اخیر، پیشرفت‌های زیادی به‌دست آمده است. فاکتور اصلاح φ (ورم‌لیتون و مرت، ۱۹۹۰)، مدل توزیع عرضی دبی (وارک و همکاران، ۱۹۹۰)، مدل تحلیلی شیونو و نایت (۱۹۹۱)، روش کوهیرنس (آکرز، ۱۹۹۲)، مدل طول اختلاط پرانتدل (لامبرت و سلین، ۱۹۹٦)، روش نسبت دبی‌ها (میرز و لینس، ۱۹۹۷)، روش تجزیه وزنی (لامبرت و میرز، ۱۹۹۸)، روش تبادل دبی (بوسمار و زک، ۱۹۹۹)، روش هایدرا و والنتاین (۲۰۰۰)، مدل تحلیلی اروین و همکاران (۲۰۰۰)، روش آتابای و نایت (۲۰۰٦)، روش تجزیه مقطع هاتوف و همکاران (۲۰۰۸) و مدل تحلیلی هو و همکاران (۲۰۱۰) از مهم‌ترین روش‌های ارایه شده برای مقاطع مرکب مستقیم می‌باشند. اگرچه این روش‌ها دارای دقت خوبی در محاسبه دبی جریان می‌باشند، اما بیش‌تر برای کانال‌های با مقطع مرکب آزمایشگاهی ارایه شده و به‌صورت محدود در رودخانه‌ها مورد استفاده قرار گرفته‌اند. همچنین دارای محاسبه‌های زیادی بوده (مثل روش آکرز، ۱۹۹۲) و یا نیاز به محاسبه‌های عددی و حل معادلات دیفرانسیل دارند (روش‌های وارک و همکاران، ۱۹۹۰؛ شیونو و نایت، ۱۹۹۱؛ بوسمار و زک، ۱۹۹۹؛ اروین و همکاران، ۲۰۰۰؛ هو و همکاران، ۲۰۱۰). به همین دلیل این روش‌ها تاکنون به یک حالت همگانی و عمومی دست نیافته‌اند. به این منظور، پژوهش‌گران روش‌های جدیدی را برای محاسبه دبی جریان در مقاطع مرکب به‌کار گرفته و به نتایج خوبی نیز دست یافته‌اند. مک‌لیود (۱۹۹۷) و لیو و جیمز (۲۰۰۰) با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی، رابطه دبی- اشل در مقاطع مرکب آزمایشگاهی مستقیم و پیچانرود را شبیه‌سازی نمودند. حسینی (۲۰۰٤)، با مطالعه نتایج آزمایشگاهی روابط دبی- اشل مقاطع مرکب همگن و با مسیر مستقیم، روابط رگرسیونی را برای تعیین سرعت جریان در مقطع اصلی و دشت‌های سیلابی ارایه نمود. ظهیری و دهقانی (۲۰۰۹)، شبکه‌های عصبی مصنوعی را برای استخراج رابطه دبی- اشل مقاطع مرکب آزمایشگاهی و رودخانه‌ای با مسیر مستقیم استفاده نمودند. اونال و همکاران (۲۰۱۰) نتایج شبکه عصبی مصنوعی را با نتایج مدل‌های یک و دوبعدی تخمین جریان در مقاطع مرکب مستقیم مورد مقایسه قرار داده و دقت بیش‌تر نتایج شبکه عصبی مصنوعی را اثبات نمودند. ظهیری و همکاران (۲۰۱۲) با استفاده از الگوریتم ژنتیک، رابطه صریحی را برای محاسبه دبی سیل در رودخانه‌ها ارایه نمودند.

Archive of SID

www.SID.ir

اخیراً روش جدیدی به‌نام مدل درخت تصمیم[1] M5 برای حل مسایل مختلف و پیش‌بینی پارامترهای خروجی ارایه شده است. این مدل تاکنون در موضوعات متنوعی مانند اقتصاد، پزشکی و مهندسی مورد استفاده قرار گرفته است. ایده مدل درخت تصمیم M5 اولین بار توسط کوینلان (۱۹۹۲) مطرح شد. از این مدل تاکنون در حل مسایل مهندسی مانند مدل‌سازی فرآیند بارش- رواناب (سالوماتین و دولال، ۲۰۰۳)، پیش‌بینی سیلاب (سالوماتین و ژیو، ۲۰۰٤)، رابطه دبی- اشل رودخانه‌ها (باتاچاریا و سالوماتین، ۲۰۰۵)، محاسبه حجم رسوب‌گذاری در رودخانه (باتاچاریا و سالوماتین، ۲۰۰٦)، طبقه‌بندی کاربری اراضی (پال، ۲۰۰٦)، مدل‌سازی انتقال رسوب (باتاچاریا و همکاران، ۲۰۰۷)، تخمین غلظت رسوب معلق رودخانه‌ها (ردی و جی‌مایر، ۲۰۰۹)، محاسبه تبخیر و تعرق پتانسیل (پال و دسوال، ۲۰۰۹)، محاسبه ارتفاع موج در سواحل (اعتماد شهیدی و محجوبی، ۲۰۰۹)، پیش‌بینی آب‌دهی رودخانه (لاند و دیکسیت، ۲۰۱۱) و تخمین ضریب تشت تبخیر (دیتاکیت و چیناراسری، ۲۰۱۲) استفاده شده است. با توجه به این‌که تاکنون کاربرد این مدل برای حل مسایل پیچیده هیدرولیک جریان در رودخانه‌ها مورد توجه قرار نگرفته است، در این مقاله از ایده یاد شده (مدل درخت تصمیم[2] M5) برای محاسبه دبی جریان مقاطع مرکب آزمایشگاهی و رودخانه‌ای استفاده شده است. در این مدل براساس مهم‌ترین متغیرهای ورودی، داده‌ها به گروه‌های مجزا تفکیک شده و برای هر گروه، یک معادله رگرسیون خطی چندمتغیره برای محاسبه متغیر خروجی (هدف) ارایه می‌شوند. سادگی محاسبه‌ها، دقت نتایج و قابلیت تعمیم نتایج از مهم‌ترین برتری‌های این روش است.

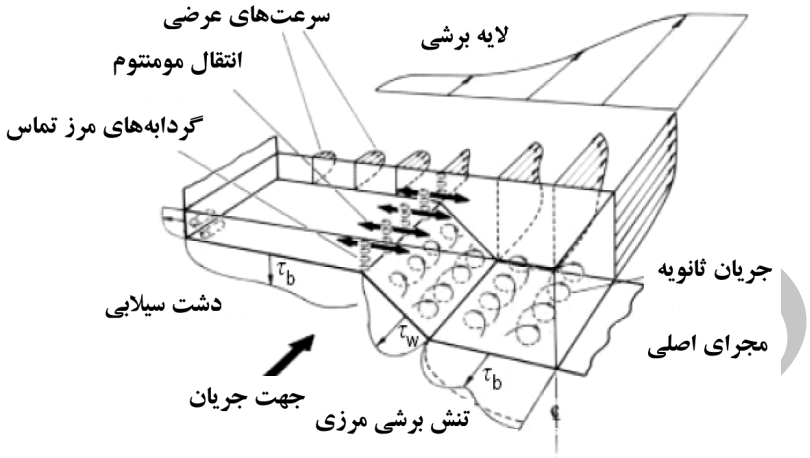
مواد و روش‌ها

هیدرولیک جریان در مقاطع مرکب: همان‌طورکه اشاره شد در هنگام سرریز شدن جریان سیل و ورود آب به دشت‌های سیلابی، در مرز تماس این بخش با مقطع اصلی تنش برشی قابل‌ملاحظه‌ای ایجاد می‌شود که حتی در بعضی از شرایط از تنش برشی کف رودخانه نیز بیش‌تر است. این تنش باعث ایجاد گردابه‌های چرخشی در مرز تماس و در طول رودخانه شده و در نهایت موجب اتلاف انرژی و کاهش سرعت و دبی جریان می‌شود. در شکل ۱، مکانیسم هیدرولیک جریان در یک مقطع مرکب نشان داده شده است. به‌دلیل پیچیدگی جریان در این حالت، روش‌های معمول محاسبه دبی جریان در این گونه مقاطع بدون دقت لازم می‌باشند.

1- Model Decision Tree (M5)
2- Decision Tree Model (M5)

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱- مکانیسم هیدرولیک جریان در یک مقطع مرکب.

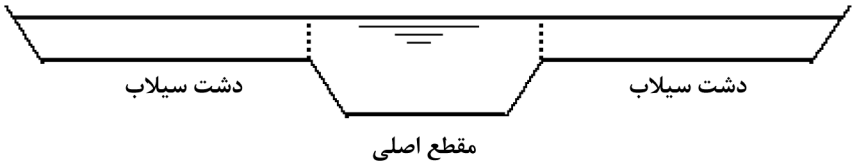
روش تجزیه قائم مقطع مرکب: روش مورد استفاده در نرم‌افزارهای کاربردی برای محاسبه دبی کل جریان در مقاطع مرکب، روش تجزیه قائم مقطع مرکب[1] است که در آن، رودخانه به مجرای اصلی و دشت‌های سیلابی تقسیم شده و با استفاده از رابطه مانینگ، دبی جریان در هر یک از این مقاطع به‌صورت جداگانه محاسبه می‌شود. دبی کل جریان از مجموع این دبی‌های جزیی به‌دست می‌آید (چاو، ۱۹۵۹):

$$Q_{DCM} = \sum_{i=1}^{N} Q_i = \sum_{i=1}^{N} \frac{A_i R_i^{2/3} S_.^{1/2}}{n_i} \qquad (1)$$

که در آن، Q_{DCM}: دبی کل جریان به‌دست آمده از روش تجزیه مقطع، i: بیان‌کننده هر یک از مقاطع جزیی (مقطع اصلی و دشت‌های سیلابی)، N: تعداد کل مقاطع جزیی، A: سطح مقطع جریان، R: شعاع هیدرولیکی هر یک از مقاطع جزیی، $S_.$: شیب طولی رودخانه و n: ضریب زبری مانینگ می‌باشند. نحوه تفکیک و جداسازی مجرای اصلی و دشت‌های سیلابی در روش معمول برای یک مقطع مرکب منظم در شکل ۲ نشان داده شده است.

1- Divided Channel Method (DCM)

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۲- مقطع مرکب و تجزیه آن به مقطع اصلی و دشت‌های سیلابی.

روش بالا با وجود سادگی محاسبه‌ها، به‌دلیل در نظر نگرفتن تنش برشی بین مقطع اصلی و دشت‌های سیلابی، دبی کل جریان را به‌میزان قابل‌توجهی بیش‌تر از مقدار واقعی محاسبه می‌کند. این خطا در کانال‌های آزمایشگاهی و رودخانه‌های طبیعی تا ٦٠ و ٤٠ درصد نیز گزارش شده است (لای و بسیج، ۲۰۰٤؛ مارتین و میرز، ۱۹۹۱). با توجه به این‌که این روش در بسیاری از نرم‌افزارهای مهندسی و مدل‌های ریاضی برای شبیه‌سازی هیدرولیک جریان و رسوب شامل پروفیل سطح آب، روندیابی سیل و انتقال رسوب معلق کاربرد دارد، لازم است مورد بازنگری قرار گیرد.

روش کوهیرنس (آکرز، ۱۹۹۲): برای اصلاح روش تجزیه قائم مقطع مرکب، روش‌های زیادی پیشنهاد شده است. یکی از بهترین و دقیق‌ترین روش‌ها در این زمینه، روش کوهیرنس است. آکرز (۱۹۹۲) با استفاده از داده‌های کانال آزمایشگاه مؤسسه تحقیقاتی هیدرولیک والینگفورد و به کمک تحلیل ابعادی، روش کاربردی و نیمه‌تجربی مناسبی را برای برآورد دبی جریان در کانال‌های و رودخانه‌های با مقطع مرکب ارایه نمود. این روش براساس اصلاح محاسبه‌های روش تجزیه قائم مقطع مرکب می‌باشد. در این روش، جریان به ٤ ناحیه تقسیم شده و سپس براساس یک سری شرایط هیدرولیکی و هندسی، منطقه مناسب جریان مشخص شده و دبی کل مقطع تعیین می‌شود. به‌طورکلی رابطه زیر در نواحی مختلف جریان صادق است:

$$Q_t = DISADF \times Q_{DCM} \qquad (۲)$$

که در آن، Q_t: دبی کل جریان و $DISADF$: ضریب اصلاح دبی است. تغییرات این ضریب در یک کانال آزمایشگاهی با مقطع مرکب در شکل ۳ نشان داده شده است. ملاحظه می‌شود که براساس عمق نسبی جریان (نسبت عمق جریان در دشت سیلابی به عمق کل)، ٤ منطقه جریان تشکیل می‌شود. نتایج این روش با دقت بسیار خوبی همراه است اما متأسفانه این محدودیت را دارد که تقسیم‌بندی

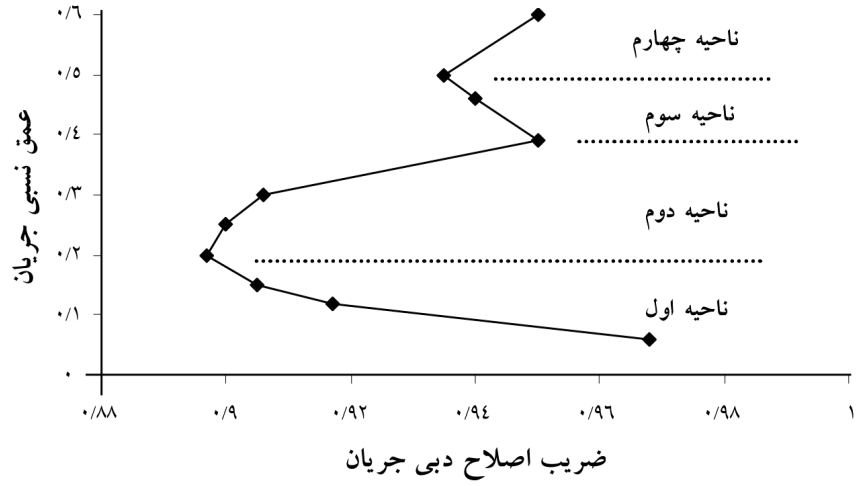
Archive of SID

www.SID.ir

جریان ثابت نبوده و برای هر مقطع متفاوت است. بنابراین باید برای هر مقطع محاسبه‌های جداگانه‌ای انجام شود. ضریب اصلاح دبی تابع پارامتر بدون بعدی به‌نام کوهیرنس مقطع است که بیان‌کننده میزان تشابه جریان در مقطع اصلی و دشت‌های سیلابی است. در این پارامتر، نسبت مقادیر هندسی و هیدرولیکی (مثل عمق، عرض، سطح مقطع و ضریب زبری) مربوط به دشت‌های سیلابی به مقادیر آن‌ها در مجرای اصلی رودخانه به‌کار رفته است. این پارامتر به‌صورت زیر تعریف می‌شود (آکرز، ۱۹۹۲):

$$COH = \frac{\left(1 + A_*\right)^{1/5} \Big/ \sqrt{\left(1 + P_*^{1/33} n_*^{2} / A_*^{0/33}\right)}}{1 + A_*^{1/67} / n_* P_*^{0/33}} \qquad (3)$$

که در آن، A: سطح مقطع جریان و P: محیط مرطوب است. زیرنویس $*$ نسبت متغیرها در دشت سیلاب به مقطع اصلی را بیان می‌کند به این صورت که $A_* = A_f / A_c$ ، $P_* = P_f / P_c$ و $n_* = n_f / n_c$. روش کوهیرنس آکرز پرکاربردترین روش یک‌بعدی محاسبه دبی جریان در مقاطع مرکب آزمایشگاهی و رودخانه‌ای محسوب می‌شود.



شکل ۳- تغییرات ضریب اصلاحی دبی جریان نسبت به عمق نسبی در یک کانال آزمایشگاهی با مقطع مرکب.

www.SID.ir

روش اروین و همکاران (۲۰۰۰): اروین و همکاران (۲۰۰۰) به کمک رگرسیون غیرخطی و براساس ۹۰۰ داده دبی- اشل در مقاطع مرکب آزمایشگاهی و رودخانه‌ای، رابطه زیر را برای تخمین نسبت دبی کل جریان به دبی مقطع پر کانال ارایه نمودند:

$$\frac{Q_t}{Q_b} = ۰/۸۰۵۹ \left(\frac{H}{h}\right)^{۳/۶۸۴۶} \quad (٤)$$

که در آن، Q_b: دبی مقطع پر یا لبریز رودخانه، H: عمق کل جریان و h: عمق مقطع لبریز کانال مرکب است.

روش هایدرا و والنتاین (۲۰۰۲): هایدرا و والنتاین (۲۰۰۲) با استفاده از دو پارامتر عمق نسبی جریان (D_r) و کوهیرنس مقطع (COH)، روشی ساده و کاربردی برای برآورد دبی کل جریان در کانال‌ها و آبراهه‌های مرکب با بستر صلب و آبرفتی ارایه نمودند. با توجه به بدون بعد بودن این دو پارامترها، نام روش پیشنهادی را روش بدون بعد اصلاح دبی کل جریان[1] نامیدند. در این روش، دبی کل جریان تابعی از دبی مقطع واحد[2] و دبی تجزیه قائم مقطع مرکب در نظر گرفته شده است:

$$Q_t = AF_۱ Q_{SCM} + AF_۲ Q_{DCM} \quad (٥)$$

که در آن، AF: یک ضریب بدون بعد و Q_{SCM}: دبی مقطع واحد است (با در نظر گرفتن مقطع مرکب به‌صورت یک مقطع ساده). طبق مطالعات پژوهش‌گران مختلف، هرچه عمق نسبی کوچک‌تر باشد اثر متقابل بین مقطع اصلی و دشت‌های سیلابی بیش‌تر است. در این حالت مقطع مرکب حتماً باید به مجرای اصلی و دشت‌های سیلابی تجزیه شود و بنابراین، سهم روش تجزیه قائم مقطع در تعیین دبی کل جریان بیش‌تر است. با افزایش عمق جریان، کانال مرکب به شکل یک مقطع ساده ظاهر می‌شود و در این حالت سهم روش مقطع واحد در تعیین دبی واقعی جریان افزایش می‌یابد. با توجه به این واقعیت، هایدرا و والنتاین با تجزیه و تحلیل داده‌های دبی- اشل مقاطع مرکب، ضرایب $AF_۱$ و $AF_۲$ را به‌گونه‌ای تعیین نمودند که دبی جریان به‌دست آمده از رابطه ۵ در کل محدوده عمق نسبی جریان دارای دقت مناسبی باشد. رابطه نهایی به‌صورت زیر استخراج شد:

$$Q = D_r Q_{SCM} + (COH - D_r) Q_{DCM} \quad (٦)$$

1- Dimensionless Total Flow Adjustment Method
2- Single Channel Method

Archive of SID

www.SID.ir

مدل درخت تصمیم M5: در مدل‌سازی پدیده‌ها، وجود شرایط محلی ممکن است باعث شود تا استفاده از یک رابطه کلی نتایج خوبی را به‌همراه نداشته باشد و تغییرات محلی به‌خوبی دیده نشوند. در صورت امکان، شناسایی محدوده‌های همگن و ارایه روابط ساده خطی برای هر یک از این محدوده‌ها می‌تواند باعث افزایش دقت مدل شود. بر این اساس معمولاً برای حل مسایل پیچیده، آن را به چند مسأله کوچک‌تر و ساده‌تر تقسیم نموده و سپس جواب‌های به‌دست آمده را با هم ترکیب می‌کنند. همین ایده ساده در مدل‌های درخت تصمیم مورد استفاده قرار می‌گیرد. به این منظور، فضا یا محدوده مقادیر داده‌های ورودی به چند زیربازه یا ناحیه تقسیم شده و برای هر ناحیه یک معادله یا مدل مناسب استخراج می‌شود (باتاچاریا و سالوماتین، ۲۰۰۶).

درخت‌های تصمیم روشی برای نمایش یک سری از قوانین هستند که منتهی به یک رده یا مقدار می‌شوند. درخت‌های تصمیم به کمک جداسازی متوالی داده‌ها به یک سری گروه مجزا تشکیل شده و سعی می‌شود در فرآیند جداسازی، فاصله بین گروه‌ها افزایش یابد. ساختار یک مدل درختی شامل ریشه، گره‌های داخلی و برگ می‌باشد. از مدل‌های درخت تصمیم در حل بسیاری از مسایل طبقه‌بندی و رگرسیون استفاده شده است. برای اولین بار کوینلان (۱۹۹۲) مدل درخت تصمیم موسوم به M5 را برای پیش‌بینی داده‌های پیوسته ارایه نمود. این مدل، بر خلاف مدل‌های درخت تصمیم معمول که کلاس یا رده‌های گسسته را به‌عنوان خروجی ارایه می‌نمایند، یک مدل خطی چندمتغیره را برای داده‌ها در هر گره از مدل درختی می‌سازد. تشکیل ساختار مدل‌های درخت تصمیم‌گیری شامل مراحل ایجاد درخت و هرس کردن آن است (کوینلان، ۱۹۹۲؛ ویتن و فرانک، ۲۰۰۵). در مرحله ساختن درخت، از یک الگوریتم استنتاجی یا معیار تقسیم (انشعاب) برای تولید یک درخت تصمیم استفاده می‌شود. معیار تقسیم برای الگوریتم مدل M5، ارزیابی انحراف معیار مقادیر کلاسی است که به‌عنوان کمیتی از خطا به یک گره می‌رسد و کاهش مورد انتظار در این خطا را به‌عنوان نتیجه آزمون هر صفت در آن گره محاسبه می‌نماید. کاهش انحراف معیار[1] (SDR) از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

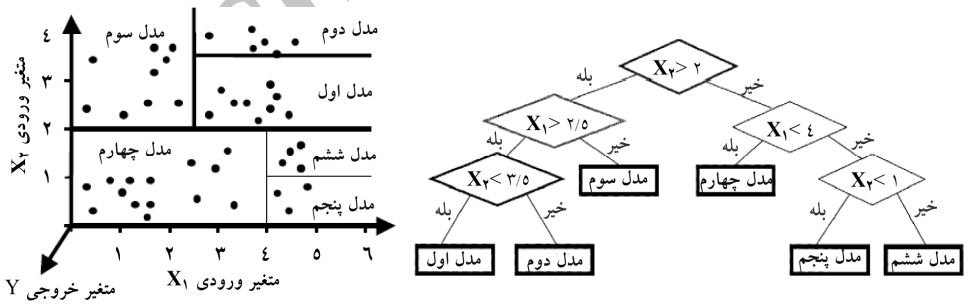
$$SDR = sd(T) - \sum \frac{|T_i|}{|T|} sd(T_i) \qquad (۷)$$

1- Standard Deviation Reduction

Archive of SID

www.SID.ir

که در آن، T: بیانگر یک سری نمونه‌هایی است که به گره می‌رسد، T_i: بیانگر نمونه‌هایی است که i امین خروجی سری پتانسیلی را دارند و sd: بیانگر انحراف معیار است. به‌دلیل فرآیند انشعاب، داده‌های قرار گرفته در گره‌های فرزند، انحراف معیار کم‌تری نسبت به گره مادر داشته و بنابراین خالص‌تر هستند. پس از حداکثرسازی تمامی انشعاب‌های ممکن، M5 صفتی را انتخاب می‌کند که کاهش مورد انتظار را بیشینه نماید. این تقسیم بیش‌تر ساختار شبه‌درختی بزرگی را تشکیل می‌دهد که باعث بیش‌برازش می‌گردد. برای غلبه بر مسأله بیش‌برازش، درخت تشکیل شده باید هرس شود. این کار با جایگزینی یک درخت فرعی با یک برگ انجام می‌شود. بنابراین، مرحله دوم در طراحی مدل درختی شامل هرس نمودن درخت رشدیافته و جایگزینی درختان فرعی با توابع رگرسیونی خطی است. این تکنیک تولید مدل درختی، فضای پارامترهای ورودی را به نواحی یا زیر فضاهای کوچک‌تر تقسیم نموده و در هر کدام از آن‌ها، یک مدل رگرسیونی خطی برازش می‌دهد. بعد از اینکه مدل خطی به‌دست آمد برای کمینه کردن خطای تخمین با حذف کردن پارامترها، ساده‌سازی مدل انجام می‌شود. در مدل M5 از یک جستجوی حریصانه برای حذف متغیرهایی که مشارکت کمی در مدل دارند، استفاده می‌شود. البته گاهی اوقات همه متغیرها حذف شده و فقط یک مقدار ثابت باقی می‌ماند. در شکل ٤ نحوه عملکرد مدل درخت تصمیم M5 برای یک مسأله فرضی هر مدل نشان‌دهنده یک معادله رگرسیونی خطی می‌باشد. به‌عنوان مثال اگر $X_1>2/5$ و $X_2>2$ باشند، آن‌گاه مدل سوم به فرم $Y = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2$ مورد استفاده قرار می‌گیرد.

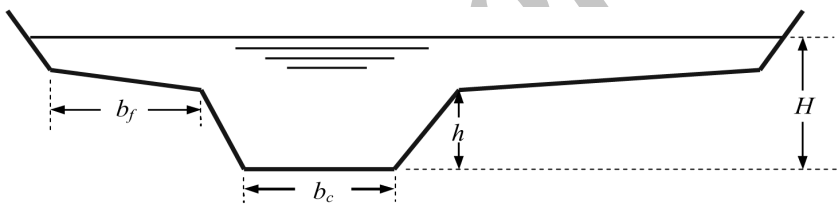


شکل ٤- عملکرد مدل درخت تصمیم M5. الف) تقسیم فضای پارامترهای ورودی ($X_1 \times X_2$) به ٦ ناحیه. ب) بیان معیار تقسیم فضای پارامترهای ورودی به‌صورت درختی (سالوماتین و ژیو، ۲۰۰٤)

Archive of SID

www.SID.ir

داده‌های مورد استفاده: در این مقاله، داده‌های آزمایشگاهی و رودخانه‌ای ۳۰ مقطع مرکب شامل عمق مقطع لبریز[1]، عرض کف مقطع اصلی و دشت‌های سیلابی، شیب جانبی مقطع اصلی و دشت‌های سیلابی، عمق جریان، دبی جریان، ضریب زبری مقطع اصلی و دشت‌های سیلابی و شیب کف (و در مجموع ٤٠٠ سری داده دبی- اشل) مورد استفاده قرار گرفته است. داده‌های آزمایشگاهی از نتایج آزمایشگاهی بلالوک و استورم (۱۹۸۱)، نایت و دیمتریو (۱۹۸۳)، نایت و سلین (۱۹۸۷)، لامبرت و سلین (۱۹۹٦)، میرز و لینس (۱۹۹۷)، لامبرت و میرز (۱۹۹۸)، بوسمار و زخ (۱۹۹۹)، هایدرا و والنتاین (۲۰۰۲)، لای و بسیج (۲۰۰٤)، آتابای و نایت (۲۰۰٤) و بوسمار و همکاران (۲۰۰٤) جمع‌آوری شده است. داده‌های صحرایی مقاطع مرکب از مقادیر اندازه‌گیری شده عمق و دبی جریان رودخانه‌های سورن[2] (آکرز، ۱۹۹۲؛ نایت و همکاران، ۱۹۸۹) و مین[3] (مارتین و میرز، ۱۹۹۱) در انگلستان و رودخانه ریوکلرادو[4] در آرژانتین (تاراب و وبر، ۲۰۰٤) استخراج شده‌اند. در شکل ۵، متغیرهای یک مقطع مرکب طبیعی نشان داده شده است. در جدول ۱ نیز محدوده تغییرات پارامترهای هندسی و هیدرولیکی این مقاطع ارایه شده است.



شکل ۵- نمایش متغیرهای مورد استفاده در یک مقطع مرکب طبیعی.

جدول ۱- محدوده تغییرات پارامترهای هندسی و هیدرولیکی مقاطع مرکب مورد استفاده در این پژوهش.

پارامتر	مقدار حداقل	مقدار حداکثر	مقدار میانگین
ارتفاع مقطع لبریز h (متر)	۰/۰۳۱	٦	۰/۸٥٦
عمق جریان H (متر)	۰/۰۳٦	۷/۸۱	۱/۰۳۸
دبی مقطع پر Q_b (مترمکعب بر ثانیه)	۰/۰۰۲٦۸	۱۷۲/۰٤۸	۲۲/۲۹
دبی کل جریان Q_t (مترمکعب بر ثانیه)	۰/۰۰۳	٥٦۰	۳۲/۳۷
شیب طولی S.	۰/۰۰۰۱۸٥	۰/۰۰٥	۰/۰۰۱۱

1- Bank-Full Level
2- River Severn
3- River Main
4- Rio Colorado

Archive of SID

www.SID.ir

تعیین پارامترهای ورودی و خروجی مدل M5: دبی جریان در مقاطع مرکب آزمایشگاهی و رودخانه‌ای تابع پارامترهای زیادی است. در مطالعات قبلی از پارامترهای ورودی زیادی استفاده شده است (ظهیری و دهقانی، ۲۰۰۹؛ ظهیری و همکاران، ۲۰۱۲)، به همین دلیل در این پژوهش سعی شده است روابط ساده‌تر و دقیق‌تری ارایه و پیشنهاد شود. به این منظور مشابه پارامترهای روش کوهیرنس (آکرز، ۱۹۹۲) و روش هایدرا و والنتاین (۲۰۰۲) در این پژوهش از پارامترهای عمق نسبی، کوهیرنس مقطع، دبی مقطع پر و دبی به‌دست آمده از روش تجزیه قائم مقطع مرکب به‌عنوان ورودی و از دبی کل جریان به‌عنوان پارامتر خروجی استفاده شده است. بنابراین براساس بی‌بعدسازی متغیرهای ورودی و خروجی، رابطه کلی زیر قابل استفاده است:

$$\frac{Q_t}{Q_b} = f\left(D_r, COH, \frac{Q_{DCM}}{Q_b}\right) \qquad (۸)$$

در رابطه بالا، دبی مقطع پُر به کمک رابطه مانینگ و براساس هندسه مقطع پُر رودخانه قابل محاسبه است. عمق مقطع پر یا عمق لبریز عمقی است که در آن، آب از مجرای اصلی رودخانه فراتر رفته و وارد دشت‌های سیلابی می‌شود.

نتایج

معادلات مدل M5: برای استخراج معادلات خطی مدل M5 ابتدا داده‌ها به دو گروه آموزش یا واسنجی (۷۰ درصد داده‌ها) و آزمون یا صحت‌سنجی (۳۰ درصد داده‌ها) تقسیم شدند. با اجرای نرم‌افزار WEKA 3.7 برای داده‌های آموزش، روابط خطی زیر استخراج شده‌اند:

مدل اول: برای عمق‌های نسبی کوچک‌تر از ۰/۱۶

$$\frac{Q_t}{Q_b} = ۰/۰۲۸۹\frac{Q_{DCM}}{Q_b} + ۲/۱۴۷D_r - ۰/۶۲۲۵(۱-COH) + ۱/۱۳۰۹ \qquad (۹)$$

مدل دوم: برای عمق‌های نسبی کوچک‌تر از ۰/۳۴۴ و پارامتر کوهیرنس کوچک‌تر از ۰/۰۶۸

$$\frac{Q_t}{Q_b} = ۰/۰۰۹۶\frac{Q_{DCM}}{Q_b} + ۲/۱۱۶۴D_r - ۲۳/۳۰۲۱(۱-COH) + ۳/۲۰۱۳ \qquad (۱۰)$$

Archive of SID

www.SID.ir

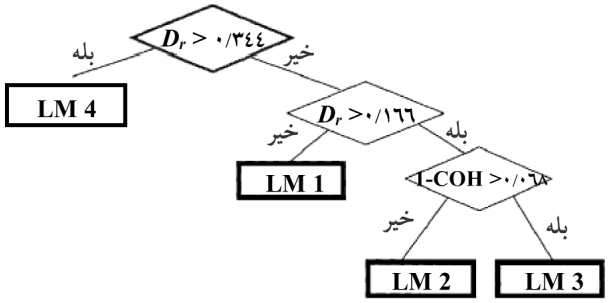
مدل سوم: برای عمق‌های نسبی کوچک‌تر از ۰/۳٤٤ و پارامتر کوهیرنس بزرگ‌تر از ۰/۰٦۸

$$\frac{Q_t}{Q_b} = -۰/۰۷\frac{Q_{DCM}}{Q_b} + ٤/۳۱۹۱D_r - ۱/۹۸۳۱(۱ - COH) + ۱/۳۸۳۲ \qquad (۱۱)$$

مدل چهارم: برای عمق‌های نسبی بزرگ‌تر از ۰/۳٤٤

$$\frac{Q_t}{Q_b} = ۰/٦۵۹۲\frac{Q_{DCM}}{Q_b} + ۲/۸۳۷۸D_r - ۲/۳٦۸۱(۱ - COH) + ۰/٤۲۰۹ \qquad (۱۲)$$

در رابطه‌های بالا از پارامتر ($۱-COH$) به‌جای COH استفاده شده است. هرچه مقدار پارامتر کوهیرنس به یک نزدیک‌تر باشد، تبادل مومنتوم بین مقطع اصلی و دشت‌های سیلابی کم‌تر بوده و مقطع مرکب، حالت یک مقطع ساده را دارد. به‌عبارت بهتر پارامتر ($۱-COH$) بیانگر میزان تبادل مومنتوم بین مقطع اصلی و دشت‌های سیلابی است و بنابراین معیار بهتری برای بیان شرایط هیدرولیکی مقاطع مرکب است. در شکل ٦ ساختار درختی به‌دست آمده از مدل M5 ارایه شده است.



شکل ٦- نمایش ساختار درختی به‌دست آمده از مدل M5 برای محاسبه دبی جریان مقاطع مرکب.

تجزیه و تحلیل نتایج: بعد از استخراج معادلات رگرسیونی خطی برای داده‌های بخش آموزش، همین معادلات برای داده‌های بخش آزمون نیز مورد استفاده قرار گرفت. در این پژوهش از پارامترهای آماری ضریب تعیین ($R^۲$)، ریشه دوم میانگین مجموع مربعات خطا (RMSE)، متوسط خطا (AE) و متوسط قدرمطلق انحراف (δ) به‌عنوان معیارهای ارزیابی نتایج مدل M5 مورد استفاده قرار گرفت. این پارامترها به‌صورت زیر تعریف می‌شوند:

www.SID.ir

$$R^2 = \left(\frac{\sum xy}{\sqrt{\sum x^2 \sum y^2}} \right)^2 \quad (۱۳)$$

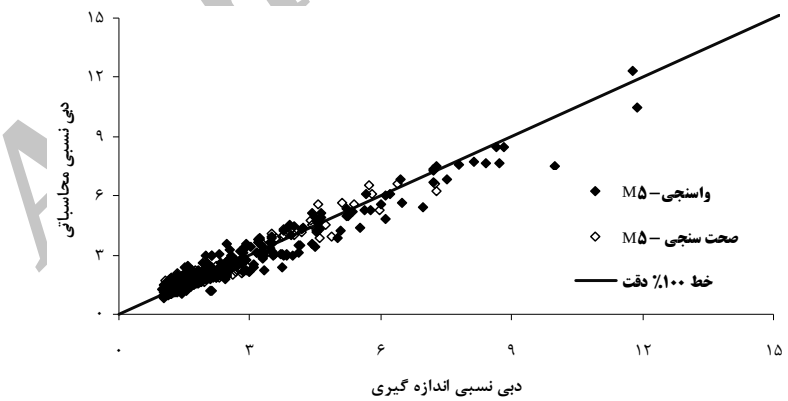
$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (X-Y)^2}{n}} \quad (۱٤)$$

$$AE = \frac{\sum \frac{X-Y}{X} \times ۱۰۰}{n} \quad (۱٥)$$

$$\delta = \frac{\sum |X-Y|}{\sum X} \times ۱۰۰ \quad (۱٦)$$

که در آن‌ها، $x = X - \overline{X}$، $y = Y - \overline{Y}$، X: مقدار مشاهداتی، Y: مقدار محاسباتی، $\overline{X}$: میانگین مقادیر مشاهداتی، $\overline{Y}$: میانگین مقادیر محاسباتی و n: تعداد داده‌ها است.

در شکل ۷ نتایج مدل M5 برای داده‌های واسنجی و صحت‌سنجی ارایه شده است. مشاهده می‌شود برای هر دو گروه داده، انطباق نتایج محاسباتی و مشاهداتی دبی جریان نسبی بسیار خوب است. ضریب تبیین برای داده‌های واسنجی و صحت‌سنجی به‌ترتیب ۰/۹۳۹ و ۰/۹۳۸ به‌دست آمده است. همچنین ریشه دوم میانگین مجموع مربعات خطا برای این دو گروه داده به‌ترتیب ۰/۳۸۲ و ۰/٤٤٦ می‌باشد.



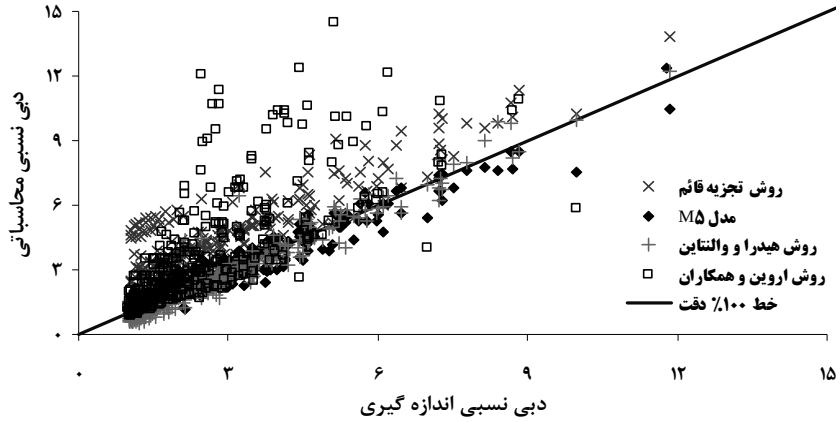
شکل ۷- نتایج مدل M5 برای محاسبه دبی جریان نسبی مقاطع مرکب آزمایشگاهی و صحرایی (داده‌های واسنجی و صحت‌سنجی).

Archive of SID

www.SID.ir

در شکل ۸ نتایج محاسبه‌های مدل M5 در مقایسه با نتایج هر سه روش مورد مطالعه در این پژوهش (تجزیه قائم مقطع مرکب، روش رگرسیونی اروین و همکاران، روش هایدرا و والنتاین) ارایه شده است. مشخص است که مدل M5 در مقایسه با روش‌های دیگر و به‌ویژه روش تجزیه مقطع و روش اروین و همکاران (۲۰۰۰)، دقت محاسبه‌های دبی جریان در مقاطع مرکب آزمایشگاهی و صحرایی را تا حد زیادی بهبود داده است. برای بررسی دقیق‌تر این موضوع، محاسبه پارامترهای آماری برای همه روش‌ها در جدول ۲ نشان داده شده است. این نتایج برای کل داده‌ها به‌دست آمده است. بررسی نتایج این جدول نیز نشان می‌دهد که مدل M5 از نظر همه پارامترهای آماری، دقت محاسبه‌ها را به‌میزان قابل‌توجهی افزایش داده است. اگرچه ضریب تبیین روش هایدرا و والنتاین به یک بسیار نزدیک است اما از نظر سایر پارامترها، دارای دقت کم‌تری نسبت به مدل M5 است.

در اینجا لازم است این نکته نیز اشاره شود که برای اطمینان از دقت مدل پیشنهادی، پارامترهای شیب طولی و زبری نسبی مقاطع مرکب (نسبت ضریب زبری دشت سیلابی به مقطع اصلی) نیز به ۳ پارامتر بدون بعد قبلی اضافه شده و دوباره مدل M5 اجرا شد. نتیجه به‌صورتی بود که افزایش دقت قابل‌ملاحظه‌ای در پارامترهای آماری به‌دست نیامد. به‌عنوان مثال ضریب تبیین از مقدار قبلی ۰/۹۳۹ به ۰/۹۵ و مجذور مربعات خطا از مقدار قبلی ۰/٤۳۱ به ۰/٤۰۱ افزایش یافتند. علاوه‌بر این تعداد معادله‌ها از ٤ به ۸ معادله افزایش یافت که پیچیدگی و کاربرد مدل پیشنهادی را تا حدودی دشوار می‌کند. به همین دلیل تصمیم گرفته شد که همان مدل قبلی با ۳ پارامتر عمق نسبی، کوهیرنس مقطع و نسبت دبی تجزیه مقطع به دبی مقطع پر به‌عنوان مدل بهینه معرفی شود.



شکل ۸- مقایسه نتایج روش‌های مختلف مورد مطالعه برای محاسبه دبی جریان نسبی مقاطع مرکب آزمایشگاهی و صحرایی.

www.SID.ir

جدول ۲- پارامترهای آماری نتایج روش‌های محاسبه دبی نسبی.

روش محاسبه دبی/ پارامتر آماری	R^2	RMSE	AE%	δ
تجزیه قائم مقطع مرکب (DCM)	۰/۷۳٤	۱/٦۲	-۵۸/۳	٤۸/۸
مدل درخت تصمیم M5	۰/۹۳۹	۰/٤۳۱	-۱/۰۷	۱۱/۸۵
روش اروین و همکاران (۲۰۰۰)	۰/٤۸۹	۸/۸۱٤	٦۹/٤۲	۱۱٤/۹۱
روش هایدرا و والتاین (۲۰۰۲)	۰/۹۳۸	۰/۵۱۲	-٦/۳۵	۱۲/۵٤

نتیجه‌گیری

در این مقاله از یک روش جدید به‌نام مدل درخت تصمیم M5 برای تخمین دبی جریان در مقاطع مرکب استفاده شده است. یافته‌های مهم این پژوهش عبارتند از:

۱- مدل درخت تصمیم M5 ضمن سادگی محاسبه‌ها و معادله‌های ارایه شده، قابلیت خوبی در تخمین دبی جریان در مقاطع مرکب آزمایشگاهی و صحرایی داشته است. این مدل به‌ازای تغییرات عمق نسبی و کوهیرنس مقطع، ٤ معادله رگرسیونی خطی ارایه نموده است. تعداد معادله‌ها و مبنای تقسیم‌بندی آن‌ها با روند معادله‌های ارایه شده توسط آکرز (۱۹۹۲) هم‌خوانی خوبی دارد.

۲- ارزیابی نتایج به‌دست آمده از مدل M5 نشان می‌دهد که ضریب تبیین برای داده‌های واسنجی، صحت‌سنجی و کل داده‌ها به‌ترتیب ۰/۹۳۹، ۰/۹۳۸ و ۰/۹۳۹ و ریشه دوم میانگین مربعات خطا به‌ترتیب ۰/۳۸۲، ۰/٤٤٦ و ۰/٤۳۱ می‌باشد. این مقادیر دقت بسیار خوب این روش را نشان می‌دهد.

۳- محاسبه‌های آماری نشان می‌دهد که مدل M5 در مقایسه با روش‌های مورد مطالعه در این پژوهش و به‌ویژه روش تجزیه مقطع و روش اروین و همکاران (۲۰۰۰)، دقت محاسبه‌های دبی جریان در مقاطع مرکب آزمایشگاهی و صحرایی را تا حد زیادی بهبود داده است. روش هایدرا و والتاین (۲۰۰۰) اگرچه دارای ضریب تبیین بسیار نزدیک به یک است اما از نظر سایر پارامترهای آماری، دارای دقت کم‌تری نسبت به مدل M5 است.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

1.Ackers, P. 1992. Hydraulic design of two-stage channels. J. Water and Mar. Engine. 96: 247-257.
2.Atabay, S., and Knight, D.W. 2006. 1-D modeling of conveyance, boundary shear and sediment transport in overbank flow. J. Hydr. Res. 44: 6. 739-754.
3.Bhattacharya, B., and Solomatine, D.P. 2005. Neural networks and M5 model trees in modeling water level-discharge relationship. Neuro Computing, 63: 381-396.
4.Bhattacharya, B., and Solomatine, D.P. 2006. Machine learning in sedimentation modelling, Neural Networks, 19: 208-214.
5.Bhattacharya, B., Price, R.K., and Solomatine, D.P. 2007. Machine learning approach to modeling sediment transport. J. Hydr. Engine. 133: 4. 440-450.
6.Blalock, M.E., and Sturm, T.W. 1981. Minimum specific energy in compound channel. J. Hydr. Div. 107: 699-717.
7.Bousmar, D., and Zech, Y. 1999. Momentum transfer for practical flow computation in compound channels. J. Hydr. Engine. 125: 7. 696-70.
8.Bousmar, D., Wilkin, N., Jacquemart, H., and Zech, Y. 2004. Overbank flow in symmetrically narrowing floodplains. J. Hydr. Engine. 130: 4. 305-312.
9.Chow, V.T. 1959. Open channel hydraulics, McGraw-Hill, London, 700p.
10.Ditthakit, P., and Chinnarasri, C. 2012. Estimation of pan coefficient using M5 model tree. Am. J. Environ. Sci. 8: 95-103.
11.Ervine, D.A., Babaeyan-Koopaei, K., and Sellin, R.H.J. 2000. Two-dimensional solution for straight and meandering overbank flows. J. Hydr. Engine. 126: 9. 653-669.
12.Etemad Shahidi, A., and Mahjoobi, J. 2009. Comparison between M5 model tree and neural networks for prediction of significant wave height in Lake Superior. Ocean Engineering, 36: 15. 1175-1181.
13.Haidera, M.A., and Valentine, E.M. 2002. A practical method for predicting the total discharge in mobile and rigid boundary compound channels. P 153-160, In: Int. Conf. on Fluvial Hydraulics, Belgium.
14.Hosseini, S.M. 2004. Equations for discharge calculation in compound channels having homogenous roughness. Iran. J. Sci. Technol. Trans. B. 28: 5. 537-546.
15.Hu, C., Ju, Z., and Guo, Q. 2010. Flow movement and sediment transport in compound channels. J. Hydraul. Res. IAHR. 48: 1. 23-32.
16.Huthoff, F., Roose, P.C., Augustijn, D.C.M., and Hulscher, S.J.M.H. 2008. Interacting divided channel method for compound channel flow. J. Hydr. Engine. 134: 8. 1158-1165.
17.Knight, D.W., and Demetriou, J.D. 1983. Flood plain and main channel flow interaction. J. Hydr. Div. 109: 8. 1073-1092.

Archive of SID

www.SID.ir

18.Knight, D.W., and Sellin, R.H.J. 1987. The SERC flood channel facility. J. Inst. Water and Environ. Manage. 1: 2. 198-204.
19.Knight, D.W., Shiono, K., and Pirt, J. 1989. Predictions of depth mean velocity and discharge in natural rivers with overbank flow. P 419-428, In: Conf. on Hydraulics and Environmental Modeling of Coastal, Estuarine and River Waters, England.
20.Lai, S.H., and Bessaih, N. 2004. Flow in compound channels. P 275-280. In: 1st Int. Conf. on Managing Rivers in the 21st Century, Malaysia.
21.Lambert, M.F., and Myers, R.C. 1998. Estimating the discharge capacity in straight compound channels. Water, Maritime and Energy, 130: 84-94.
22.Lambert, M.F., and Sellin, R.H.J. 1996. Discharge prediction in straight compound channels using the mixing length concept. J. Hydr. Res. 34: 381-394.
23.Liu, W., and James, C.S. 2000. Estimating of discharge capacity in meandering compound channels using artificial neural networks. Can. J. Civil. Engine. 27: 2. 297-308.
24.Londhe, and Dixit. 2011. Stream flow forecasting using model trees. Int. J. Earth Sci. Engine. 4: 6. 282-285.
25.Mac Leod, A.B. 1997. Development of methods to predict the discharge capacity in model and prototype meandering compound channels. Ph.D. Thesis in Civil Engineering, University of Glasgow, 513p.
26.Martin, L.A., and Myers, R.C. 1991. Measurement of overbank flow in a compound river channel. J. Inst. Water and Environ. Manage. Pp: 645-657.
27.Myers, R.C., and Lyness, J.F. 1997. Discharge ratios in smooth and rough compound channels. J. Hydr. Engine. 123: 3. 182-188.
28.Pal, M. 2006. M5 model tree for land cover classification. Inter. J. Rem. Sens. 27: 4. 825-831.
29.Pal, M., and Deswal, S. 2009. M5 model tree based modeling of reference evapotranspiration. Hydr. Process. 23: 1437-1443.
30.Quinlan, J.R. 1992. Learning with continuous classes. P 343-348, In: Proceedings of Fifth Australian joint conference on artificial intelligence, Singapore.
31.Reddy, M.J., and Ghimire, B.N.S. 2009. Use of Model tree and Gene expression programming to predict the suspended sediment load in rivers. J. Intelligent Systems, 18: 3. 211-227.
32.Shiono, K., and Knight, D.W. 1991. Turbulent open-channel flows with variable depth across the channel. J. Fluid Mechanics. 222: 617-646.
33.Solomatine, D.P., and Dulal, K. 2003. Model tree as an alternative to neural network in rainfall-runoff modeling. Hydr. Sci. J. 48: 3. 399-411.

Archive of SID

www.SID.ir

34.Solomatine, D.P., and Xue, Y. 2004. M5 model trees and neural networks: Application to flood Forecasting in the upper reach of the Huai river in China. J. Hydr. Engine. 9: 6. 1-10.
35.Tarrab, L., and Weber, J.F. 2004. Trasverse mixing coefficient predicción in natural channels. Computacional Mechanics, 13: 1343-1355.
36.Unal, B., Mamak, M., Seckin, G., and Cobaner, M. 2010. Comparison of an ANN approach with 1-D and 2-D methods for estimating discharge capacity of straight compound channels. Advances in Engineering Software, 41: 120-129.
37.Wark, J.B., Samuels, P.G., and Ervine, D.A. 1990. A practical method of estimating velocity and discharge in compound channels. P 163-172, In: Int. Conf. on River Flood Hydraulics, London.
38.Witten, I.H., and Frank, E. 2005. Data mining: practical machine learning tools and techniques with Java implementations. Morgan Kaufmann: San Francisco.
39.Wormleaton, P.R., and Merrett, D.J. 1990. An improved method of calculation for steady uniform flow in prismatic main channel/floodplain sections. J. Hydr. Res. 28: 157-174.
40.Zahiri, A., and Dehghani, A.A. 2009. Flow discharge determination in straight compound channels using ANN. P 12-15, In: World Academy of Science, Engineering and Technology, Italy.
41.Zahiri, A., Dehghani, A.A., and Hezarjeribi, A. 2012. Determination of stage-discharge curve for laboratory and river compound channels applying genetic algorithm. J. Water and Soil Conservation. (In Persian, In Press)

Archive of SID

www.SID.ir

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 20(3), 2013
http://jwsc.gau.ac.ir

Flow discharge prediction in compound channels by using decision model tree M5

***A.R. Zahiri[1] and Kh. Ghorbani[1]**

[1]Assistant Prof., Dept. of Water Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Received: 05/14/2012; Accepted: 11/19/2012

Abstract

Accurate computation of flood discharge has specific priority for many river engineering projects and flood controls. In flood condition, by flow entering into the floodplains, hydraulic flow is more complex than usual. Recent studies have shown that existing methods do not have sufficient accuracy in calculation of flow discharge in time of flooding. Therefore, many modified methods have been proposed by various researchers. These methods are often time-consuming and sometimes need to use numerical solution of differential equations. In this paper, M5 decision tree model is proposed as a new solution for accurate computation of flow discharge in compound channels. Dimensionless variables of the flow depth ratio, coherence parameter and ratio of computed total flow discharge to bankful discharge have been used as input data and ratio of actual discharge to bankful discharge as output (target) variable. 400 stage-discharge data were collected from 30 experimental and natural compound channels and then divided into calibration and validation groups. Using decision tree model, four linear equations have been derived for calculation of flow discharge in compound channels based on depth ratio. By statistical comparison of results, determination coefficient (R^2) and root mean square error (RMSE) were obtained as 0.939 and 0.382 for calibration data and 0.938 and 0.466 for validation data, respectively. The proposed method has more accuracy than the DCM, Ervine et al. (2000) and Haidera and Valentine (2002) methods.

Keywords: Flood discharge, Coherence parameter, Decision tree model M5, Compound channels

* Corresponding Author; Email: zahiri_reza@yahoo.com

Archive of SID

www.SID.ir