



دانشگاه گورزی و صنعتی گنگ

مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد نوزدهم، شماره دوم، ۱۳۹۱
<http://jwfst.gau.ac.ir>

تعیین رابطه دبی - اشل برای مقاطع مرکب آزمایشگاهی و صحرایی با استفاده از الگوریتم ژنتیک

عبدالرضا ظهیری^۱، *امیراحمد دهقانی^۱ و ابوطالب هزارجریبی^۱

^۱استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۸۹/۱۲/۴؛ تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۲/۹

چکیده

تاکنون روش‌های زیادی با فرضیاتی متفاوت برای طراحی مقاطع مرکب و تعیین رابطه دبی - اشل آن‌ها ارائه شده‌اند. بیش‌تر این روش‌ها در شرایط آزمایشگاهی دارای نتایج خوبی هستند، اما تعمیم آن‌ها برای همه شرایط هندسی و هیدرولیکی مقاطع مرکب از جمله رودخانه‌های سیلابی، دشوار است. در این پژوهش، با استفاده از حدود ۴۰۰ داده دبی - اشل از ۳۰ مقطع مرکب آزمایشگاهی و صحرایی با شرایط مختلف هندسی و هیدرولیکی، رابطه‌ای بر مبنای روش جستجوی ژنتیکی برای محاسبه دبی جریان در مقاطع مرکب ارائه شده است. رابطه دبی - اشل پیشنهادی نسبت به روش متداول (روش تجزیه قائم مقطع مرکب) دارای دقت بهتری است به طوری که ضریب تعیین (R^2) این دو رابطه به ترتیب ۰/۹۱ و ۰/۲۷ و میانگین مربعات خطا به ترتیب ۰/۰۱ و ۰/۱۱ به دست آمده است. از رابطه پیشنهادی می‌توان در حل مسایل مهندسی آب مانند طرح‌های کنترل سیلاب، محاسبات روندیابی سیلاب در رودخانه‌ها و طراحی کانال‌های انتقال آب به شکل مقطع مرکب استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: الگوریتم ژنتیک، رابطه دبی - اشل، مقاطع مرکب

* مسئول مکاتبه: a.deghani@gau.ac.ir

مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک جلد (۱۹)، شماره (۲) ۱۳۹۱

مقدمه

رودخانه‌ها و به‌ویژه رودخانه‌های آبرفتی معمولاً شامل یک مجرای عمیق اصلی^۱ و یک یا دو دشت سیلابی^۲ عریض هستند که این دشت‌ها در بیش‌تر اوقات سال خشک بوده و تنها در صورت وقوع سیل، آب در آن‌ها جریان می‌یابد. این گونه مقاطع را مقاطع مرکب^۳ می‌نامند. دشت‌های سیلابی به‌دلیل پوشش گیاهی معمولاً ضریب زبری بیش‌تری نسبت به مقطع اصلی رودخانه دارند. یکی از موارد مهم و معمول در مهندسی رودخانه، تعیین رقوم سطح آب به‌ازای دبی جریان سیلاب می‌باشد. محاسبه یا برآورد رابطه دبی-اشل برای شرایط جریان عادی یک رودخانه، با استفاده از روابط مقاومت جریان مانند رابطه شزی و مانینگ به سادگی امکان‌پذیر است، اما در شرایط سیلاب، محاسبه دبی جریان در مقطع اصلی و دشت‌های سیلابی پیچیده است. وقتی تراز سطح آب از مقطع اصلی رودخانه فراتر رفته و وارد دشت‌های سیلابی می‌شود، شرایط هندسی و هیدرولیکی رودخانه (شامل عمق جریان، ضریب زبری و عرض) با تغییر آبی و قابل‌توجهی مواجه می‌شود. تغییرات عمق آب و ضریب زبری باعث می‌شود که سرعت در مقطع اصلی رودخانه بیش‌تر از دشت‌های سیلابی شود. این تفاوت زیاد، منجر به ایجاد تنش برشی اضافی در ناحیه اتصال مقاطع اصلی و سیلابی شده که مهم‌ترین نتیجه آن، افت انرژی و کاهش دبی جریان در مقطع اصلی برای یک عمق معین است (ورملیتون و مرت، ۱۹۹۰؛ آکرز، ۱۹۹۲).

براساس مطالعات آزمایشگاهی انجام شده در زمینه مقاطع مرکب، نشان داده شده است که روش‌های متداول تعیین دبی جریان (روش‌های تجزیه مقطع مرکب به مقاطع جزئی) قابل‌اعتماد نیستند (میرز و لیس، ۱۹۹۷). پارامترهای مؤثر در تعیین دبی جریان در مقاطع مرکب عبارتند از عمق نسبی (نسبت عمق کل جریان در مقطع مرکب به عمق جریان در مقطع سیلابی)، زبری نسبی (نسبت ضرایب زبری دشت سیلابی به مقطع اصلی)، عرض نسبی (نسبت عرض دشت سیلابی به عرض مقطع اصلی) و تعداد دشت‌های سیلابی (آکرز، ۱۹۹۲).

مطالعات زیادی به‌منظور اصلاح روش‌های معمول محاسبه دبی جریان در مقاطع مرکب با مسیر مستقیم انجام شده است که مهم‌ترین آن‌ها عبارتند از روش دوبعدی تحلیلی (شیونو و نایت، ۱۹۸۸)، روش فاکتور اصلاح ϕ (ورملیتون و مرت، ۱۹۹۰)، روش شبه‌دوبعدی تقسیم عرضی مقطع (وارک و همکاران، ۱۹۹۰)، روش نیمه‌تحلیلی کوهیرنس (آکرز، ۱۹۹۲)، روش شبه‌دوبعدی مبتنی بر طول اختلاط

- 1- Main Channel
- 2- Flood Plains
- 3- Compound Channels

پرائتل (لامبرت و سلین، ۱۹۹۶)، روابط رگرسیونی بدون بعد (میرز و لینس، ۱۹۹۷)، روش تجزیه وزنی مقطع مرکب (لامبرت و میرز، ۱۹۹۸)، روش تبادل دبی (بوسمار و زخ، ۱۹۹۹)، روش شبه‌دوبعدی تحلیلی (اروین و همکاران، ۲۰۰۰) و روش اصلاحی تجزیه وزنی مقطع مرکب (آتابای و نایت، ۲۰۰۶). روش کوهیرنس^۱ مهم‌ترین روش اصلاحی است که مبتنی بر تعریف پارامتر بدون بعد کوهیرنس است. پارامتر کوهیرنس، بیش‌تر متغیرهای هندسی و هیدرولیکی یک مقطع مرکب را دربرگرفته و میزان اثر متقابل بین مقطع اصلی و دشت سیلابی را بیان می‌کند. این پارامتر به صورت زیر تعریف می‌شود (آکرز، ۱۹۹۲):

$$COH = \frac{(1 + A_*) \sqrt{[(1 + A_*) / (1 + f_* P_*)]}}{1 + A_* \sqrt{(A_* / f_* P_*)}} \quad (1)$$

که در آن، A : سطح مقطع، P : محیط مرطوب و f : ضریب اصطکاک دارسی - ویسباخ است. اندیس * برای بیان نسبت متغیرها در دشت‌های سیلابی به مقطع اصلی است به این صورت که $A_* = A_f / A_c$ ، $f_* = f_f / f_c$ و $P_* = P_f / P_c$

با وجود ارایه روش‌های اصلاحی گوناگون توسط محققان مختلف، به دلیل این‌که این روش‌ها براساس داده‌های آزمایشگاهی توسعه داده شده‌اند، قابلیت تعمیم به همه مقاطع مرکب آزمایشگاهی و رودخانه‌ای نداشته و بنابراین، تاکنون روشی جامع برای تعیین رابطه دبی - اشل مقاطع مرکب با شرایط هندسی و هیدرولیکی متنوع وجود ندارد. به همین دلیل لزوم استفاده از روش‌های نوین مبتنی بر بهینه‌سازی هوشمند برای حل مسایل هیدرولیک جریان در مقاطع مرکب آزمایشگاهی و رودخانه‌ای احساس می‌شود. لیو و جیمز (۲۰۰۰) با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی، رابطه دبی - اشل در مقاطع مرکب پیچانرود را شبیه‌سازی نمودند. در این مطالعه، فقط مقاطع مرکب آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفته‌اند. بیش‌ترین خطا در برآورد دبی کل جریان در این مطالعه، ۱۵ درصد گزارش شده است. حسینی (۲۰۰۴)، با مطالعه نتایج آزمایشگاهی روابط دبی - اشل مقاطع مرکب همگن و با مسیر مستقیم، روابطی را برای تعیین سرعت جریان در مقطع اصلی و دشت‌های سیلابی ارایه نمود. روابط ارایه شده فقط برای مقاطع مرکب آزمایشگاهی و همگن قابل استفاده هستند. ظهیری و همکاران (۲۰۰۵) و دهقانی (۲۰۰۹)، شبکه‌های عصبی مصنوعی را برای استخراج رابطه دبی - اشل مقاطع مرکب آزمایشگاهی و رودخانه‌ای با مسیر مستقیم استفاده نمودند. نیک‌مهر و همکاران (۲۰۰۹)

با استفاده از شبکه‌های عصبی و روش فازی، پروفیل عرضی سرعت در مقاطع مرکب آزمایشگاهی را شبیه‌سازی نمودند. اگرچه کاربرد شبکه‌های عصبی مصنوعی، برتری بسیار مناسبی نسبت به روش‌های محاسباتی دارد اما محدودیت مهم این شبکه‌ها این است که رابطه یا معادله‌ای را برای ارتباط بین متغیر اصلی موردنظر و متغیرهای اساسی مورد مطالعه ارائه نمی‌کند. آنال و همکاران (۲۰۱۰) نتایج شبکه عصبی مصنوعی را با نتایج مدل‌های یک و دوبعدی تخمین جریان در مقاطع مرکب مستقیم مورد مقایسه قرار دادند. این مقایسه نشان داد که نتایج شبکه عصبی مصنوعی، دارای دقت بهتری نسبت به مدل‌های یک و دوبعدی است.

با توجه به محاسبه‌های طولانی روش‌های ریاضی برای تعیین دبی جریان در مقاطع مرکب و ارائه نکردن یک رابطه کلی در روش شبکه‌های عصبی مصنوعی، کاربرد روش‌های بهینه‌سازی هوشمند به‌عنوان یک راه‌حل مناسب پیشنهاد شده است. از میان الگوریتم‌های هوشمند، روش جستجوی ژنتیکی که ایده آن از سیستم تکامل طبیعی موجودات زنده (ژن و کروموزوم) گرفته شده، به‌عنوان روش نوین بهینه‌سازی مدل‌های غیرخطی، کاربردهای فراوانی داشته است. این روش به‌طور وسیع در مسایل مهندسی، به‌ویژه در مسایل بهینه‌سازی شبکه لوله‌ها، سازه‌های ساختمانی، واسنجی مدل‌های بارش- رواناب و آب‌های زیرزمینی مورد استفاده قرار گرفته است (دهقانی و همکاران، ۲۰۰۶؛ هارونی و همکاران، ۱۹۹۶). هدف از این مقاله، ارائه کاربرد الگوریتم ژنتیک به‌عنوان روشی مناسب برای پیش‌بینی دبی جریان (استخراج رابطه دبی- اشل) در مقاطع مرکب همگن و غیرهمگن با مسیر مستقیم و در شرایط آزمایشگاهی و رودخانه‌ای است. این کار به کمک حدود ۴۰۰ داده دبی- اشل از ۳۰ مقطع مرکب آزمایشگاهی و صحرایی انجام شده است. بر خلاف روش‌های جدید تعیین دبی مقاطع مرکب، رابطه پیشنهادی در این پژوهش ضمن دارا بودن دقت مناسب، از سادگی بسیار بیش‌تری برخوردار است.

مواد و روش‌ها

تعیین رابطه دبی- اشل مقاطع مرکب: روش متداول برای محاسبه دبی کل جریان در مقاطع مرکب، روش تجزیه قائم مقطع مرکب^۱ است که در آن، مقطع مرکب به مقاطع جزئی (مقطع اصلی و دشت‌های سیلابی) تقسیم شده و با استفاده از رابطه مانینگ، دبی جریان در هر یک از این مقاطع جزئی به‌صورت جداگانه محاسبه می‌شود. دبی کل جریان از مجموع این دبی‌های جزئی به‌دست می‌آید (چاو، ۱۹۵۹):

1- Divided Channel Method, DCM

$$Q = \sum_{i=1}^N Q_i = \sum_{i=1}^N \frac{A_i R_i^{2/3} S_i^{1/2}}{n_i} \quad (2)$$

که در آن، Q : دبی کل جریان (مترمکعب بر ثانیه)، n_i : بیان‌کننده هر یک از مقاطع جزئی (مقطع اصلی و دشت‌های سیلابی)، N : تعداد کل مقاطع جزئی، A : سطح مقطع جریان (مترمکعب)، R : شعاع هیدرولیکی هر یک از مقاطع جزئی (متر)، S : شیب طولی کانال و n : ضریب زبری مانینگ می‌باشند. نحوه تفکیک و جداسازی مقاطع اصلی و دشت‌های سیلابی در روش معمول برای یک مقطع مرکب منظم در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- مقطع مرکب و تجزیه آن به مقطع اصلی و دشت‌های سیلابی.

روش بالا با وجود سادگی محاسبه‌ها، به دلیل در نظر نگرفتن تنش برشی بین مقطع اصلی و دشت‌های سیلابی، دبی کل جریان را به میزان قابل توجهی بیش‌تر از مقدار واقعی محاسبه می‌کند. خطای این روش در مقاطع مرکب همگن آزمایشگاهی (زبری یکسان در مقطع اصلی و دشت‌های سیلابی) حدود ۱۰ درصد (آکرز، ۱۹۹۳) و در مقاطع مرکب غیرهمگن رودخانه‌ای (با دشت‌های سیلابی زبرتر از مقطع اصلی) ۴۰ درصد گزارش شده است (مارتین و میرز، ۱۹۹۱).

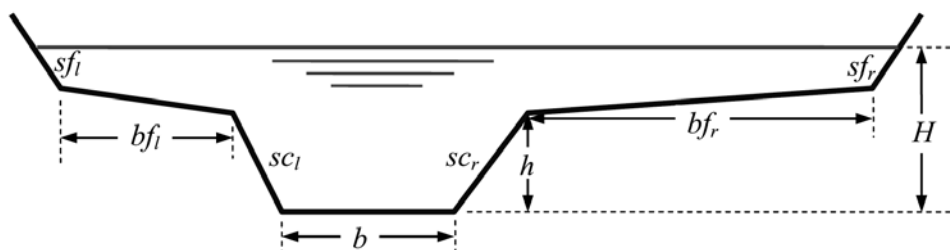
داده‌های مورد استفاده: در این پژوهش، از حدود ۴۰۰ سری داده هندسی و هیدرولیکی مقاطع مرکب در شرایط مختلف آزمایشگاهی و صحرایی استفاده شده است. داده‌های آزمایشگاهی از نتایج آزمایشگاهی محققان مختلفی مانند بلالوک و استورم (۱۹۸۱)، نایت و دیمتریو (۱۹۸۳)، نایت و سلین (۱۹۸۷)، لامبرت و سلین (۱۹۹۶)، میرز و لینس (۱۹۹۷)، لامبرت و میرز (۱۹۹۸)، بوسمار و زخ (۱۹۹۹) و هیدرا و والتاین (۲۰۰۲)، لای و بسیخ (۲۰۰۲)، آتابای و نایت (۲۰۰۶) و بوسمار و همکاران (۲۰۰۴) جمع‌آوری و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. داده‌های صحرایی مقاطع مرکب از مقادیر اندازه‌گیری شده عمق و دبی جریان رودخانه‌های سورن^۱ (آکرز، ۱۹۹۲؛ نایت و همکاران،

1- River Severn

۱۹۸۹) و مین^۱ (مارتین و میرز، ۱۹۹۱) در انگلستان و رودخانه ریوکلرادو^۲ در کشور آرژانتین (تراب و ویر، ۲۰۰۴) استخراج شده‌اند. در جدول ۱، محدوده تغییرات هندسی و هیدرولیکی این مقاطع ارایه شده است. در شکل ۲، متغیرهای مورد استفاده در این مقاله در یک مقطع مرکب نشان داده شده است.

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

محدوده	علامت	متغیر مورد استفاده
۰/۰۳۱-۶	h	ارتفاع مقطع لبریز (متر)
۰/۱۵۲-۲۱/۴	b	عرض مقطع اصلی (متر)
۰-۶۳	b_f	عرض دشت‌های سیلابی (متر)
۰-۲	s_c	شیب جانبی مقطع اصلی
۰-۷/۱	s_f	شیب جانبی دشت‌های سیلابی
۰-۰/۰۶۲	b_i	شیب عرضی بستر دشت‌های سیلابی
۰/۰۱-۰/۰۳۶	n_c	ضریب زبری مانینگ مقطع اصلی
۰/۰۱-۰/۰۵	n_f	ضریب زبری دشت‌های سیلابی
۰/۰۰۰۱۹-۰/۰۰۵	S_0	شیب طولی
۰/۰۳۶-۷/۸۱	H	عمق جریان (متر)
۰/۰۰۳-۵۶۰	Q	دبی جریان (متر بر ثانیه)



شکل ۲- نمایش متغیرهای مورد استفاده در یک مقطع مرکب طبیعی.

مبانی روش جستجوی ژنتیک: فرآیند بهینه‌سازی به این صورت می‌باشد که در آغاز، یک جمعیت اولیه تولید شده و مراحل تکثیر، جهش و تبادل ژنی بر روی این جمعیت صورت می‌گیرد. به این

1- River Main

2- Rio Colorado

منظور، ابتدا تعدادی پاسخ در محدوده تغییر پارامترها حدس زده می‌شود و با تبدیل این اعداد به زنجیره‌ای کروموزوم‌های شامل صفر و ۱، مقادیر تابع هدف به‌ازای این مقدار پاسخ به‌دست می‌آید. آن‌گاه توسط روش دیسک‌گردان، زنجیره‌هایی که تابع هدف به‌ازای آن‌ها کمینه شود، باقی‌مانده و بقیه حذف می‌شوند. پس از انتخاب زنجیره‌ها و با برگزیدن درصد احتمال ترکیب مناسب، مکان‌هایی از تابع زنجیره‌ها برای رد و بدل کردن اطلاعات انتخاب می‌شود. در این پژوهش، از ترکیب نقطه‌ای برای ترکیب زنجیره‌های صفر و ۱ استفاده شده است، به این ترتیب که یک نقطه از این زنجیره اطلاعات انتخاب شده و همه صفر و یک‌های بعد از این نقطه در دو زنجیره در حال ترکیب با هم تعویض می‌شود. همچنین با انتخاب درصد مناسب برای احتمال جهش، مکان یا مکان‌هایی از زنجیره جواب انتخاب شده و اعداد درون این مکان‌ها از صفر به ۱ و بالعکس تبدیل می‌شود. پس از آن دوباره تابع هدف به‌ازای جمعیت جدید محاسبه شده و این روال آن‌قدر تکرار می‌شود تا تمامی جواب‌ها به سمت نقطه بهینه رهنمون گشته و یا تعداد تکرارها به حد تعیین شده برسد. این جواب یا کروموزوم به‌عنوان بهترین تخمین برای پارامتر دبی جریان در مقطع مرکب معرفی می‌گردد. عامل تعیین‌کننده در برازش و ارزیابی کروموزوم‌ها، تابع برازش می‌باشد. در این فرایند، تابع برازش براساس میزان تطابق با دبی جریان اندازه‌گیری شده در آزمایشگاه یا رودخانه تعریف می‌شود.

تحلیل ابعادی: با انجام تحلیل ابعادی، ابتدا پارامترهای بدون بعد با استفاده از روش π -باکینگهام استخراج و سپس برای ارایه رابطه دبی-اشل در مقاطع مرکب آزمایشگاهی و رودخانه‌ای، رابطه ۳ پیشنهاد شده است:

$$\frac{Q_b}{Q} = a Dr^\alpha (1 - COH)^\beta \left(\frac{b_f}{B-b} \right)^\gamma \left(\frac{n_f}{n_c} \right)^\delta \left(\frac{h}{H} \right)^\lambda \left(\frac{b}{B} \right)^\eta N_f^\epsilon S_0^\phi \quad (3)$$

که در آن: Q_b : دبی جریان مقطع لبریز^۱ (آستانه ورود جریان از مقطع اصلی به دشت‌های سیلابی)، Dr : عمق نسبی، COH : پارامتر کوهیرنس مقطع مرکب، B : عرض فوقانی سطح آب در حالت مقطع مرکب، N_f : تعداد دشت‌های سیلابی و a ، α ، β ، γ ، δ ، λ ، η و ϕ ضرایب و نماهای ثابتی هستند که به کمک روش جستجوی ژنتیکی محاسبه می‌شوند.

نتایج و بحث

برای انجام این پژوهش، ابتدا داده‌ها به دو گروه واسنجی (حدود ۷۰ درصد داده‌ها) و آزمون (حدود ۳۰ درصد داده‌ها) تقسیم شدند. سپس با استفاده از روش جستجوی ژنتیکی، رابطه ۴ به‌عنوان رابطه نهایی دبی-اشل مقاطع مرکب برای داده‌های واسنجی استخراج گردید:

$$\frac{Q_b}{Q} = 2/0.75 Dr^{1/0.6} (1 - COH)^{1/2.51} \left(\frac{b_f}{B-b} \right)^{1/0.33} \left(\frac{h}{H} \right)^{1/0.98} \left(\frac{b}{B} \right)^{1/1.84} N_f^{1/0.33} S_f^{-1/0.05} \quad (4)$$

در رابطه بالا اگرچه پارامترهای بدون بعد شیب‌های جانبی مقطع اصلی و دشت‌های سیلابی و نیز شیب جانبی بستر دشت سیلابی ظاهر نشده‌اند، اما همه این پارامترها در محاسبه پارامتر کوهپیرنس دخالت دارند.

با توجه به این‌که استفاده از مقادیر بهینه پارامترهای روش جستجوی ژنتیکی مانند پارامتر کسر جهش^۱ (Pm)، کسر ترکیب^۲ (Pc) و اندازه جمعیت^۳ (Pop) در همگرایی و جلوگیری از قرار گرفتن محاسبات در نقاط بهینه موضعی بسیار مؤثر است، اثر مقادیر مختلف پارامترهای فوق بر میزان خطای محاسبات مورد بررسی قرار گرفت و از بین آن‌ها مقادیری که منجر به کم شدن خطا گردید، انتخاب شده‌اند. مقادیر بهینه پارامتر کسر ترکیب Pc=۰/۹، اندازه جمعیت Pop=۱۰۰ و کسر جهش Pm=۰/۳۵ می‌باشد.

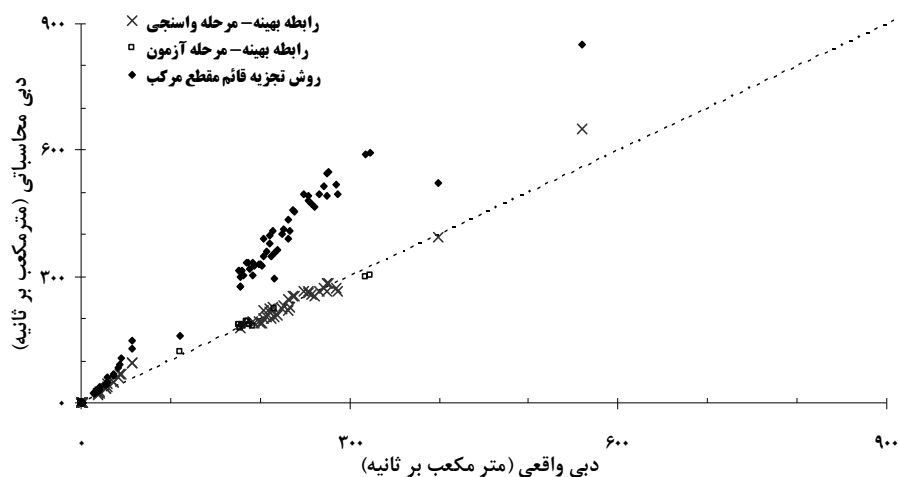
در جدول ۲، مقایسه آماری نتایج دو روش پیشنهادی و روش تجزیه قائم مقطع مرکب (DCM) ارایه شده است. در این مقایسه، پارامترهای آماری ضریب تعیین^۴ (R^2)، میانگین مربعات خطا^۵ (MSE)، میانگین (\bar{x}) و انحراف معیار (σ) نسبت دبی‌های مشاهداتی به محاسباتی مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

جدول ۲- مقایسه پارامترهای آماری رابطه پیشنهادی و مدل DCM

پارامتر آماری	روش تجزیه قائم مقطع	رابطه پیشنهادی
R^2	۰/۷۵	۰/۹۲
MSE	۰/۱۱	۰/۰۱
\bar{x}	۰/۸۵۶	۰/۹۹۵
σ	۰/۱۰۴	۰/۰۷۳

- 1- Probability of Mutation
- 2- Probability of Crossover
- 3- Population
- 4- Determination Coefficient
- 5- Mean Squared Error

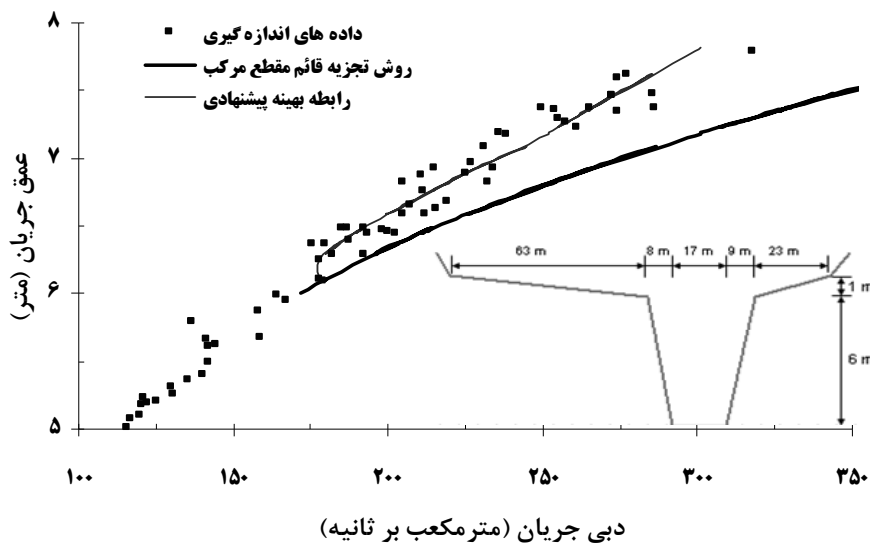
با توجه به نتایج روش بهینه‌سازی جستجوی ژنتیک، دبی جریان به‌ازای هر عمق دلخواه در مقطع مرکب با استفاده از رابطه ۴ محاسبه شده است. در شکل ۳، نتایج مقایسه دبی‌های محاسباتی از رابطه ۴ و دبی‌های مشاهداتی در مراحل واسنجی و آزمون ارایه شده است. علاوه‌بر سادگی رابطه ارایه شده، دقت مناسب محاسبه‌ها در دبی‌های بالای جریان که معمولاً بیانگر مقاطع مرکب رودخانه‌ای است از برتری‌های مهم این رابطه است. در شکل ۳، نتایج روش تجزیه قائم مقطع مرکب (DCM) نیز ارایه شده است. مشاهده می‌شود که این روش به‌ویژه در دبی‌های پایین و بالای جریان، با خطای زیادی هم‌زمان است. در همین محدوده از دبی جریان، رابطه بهینه‌سازی دقت مناسبی دارد. به‌طورکلی، رابطه بهینه پیشنهادی، قابلیت کاربرد در مقاطع مرکب آزمایشگاهی و رودخانه‌ای را به‌صورت هم‌زمان دارا می‌باشد.



شکل ۳- ارزیابی دقت روش DCM و رابطه پیشنهادی در مراحل واسنجی و آزمون.

نکته قابل‌توجه این است که دبی جریان مقاطع مرکب آزمایشگاهی در محدوده ۰/۰۰۳-۱ مترمکعب بر ثانیه و دبی مقاطع مرکب رودخانه‌ای در محدوده ۱۰-۵۶۰ مترمکعب بر ثانیه تغییر می‌کند. بنابراین در محدوده دبی‌های ۱-۱۰ مترمکعب بر ثانیه، داده‌ای وجود ندارد.

در شکل ۴، نتایج محاسبه‌های رابطه بهینه پیشنهادی و روش معمول DCM برای یک مقطع مرکب رودخانه‌ای (رودخانه سورن) ارایه شده است. مقطع عرضی این رودخانه و مقادیر اندازه‌گیری شده دبی و عمق جریان آن نیز در این شکل ارایه شده است. ارتفاع مقطع لبریز این رودخانه ۶ متر، شیب طولی ۰/۰۰۰۱۸ و ضرایب زبری مانینگ مقطع اصلی و دشت‌های سیلابی به ترتیب ۰/۰۳۰۷ و ۰/۰۳۳۸ است. نتایج نشان می‌دهد که دقت رابطه پیشنهادی در مقایسه با روش معمول بسیار بیشتر است. روش معمول به‌ویژه برای عمق‌های بالای جریان که بیانگر شرایط حاد سیلابی است، دارای خطای بیشتری است. این روش، عمق جریان را کم‌تر از واقع برآورد می‌کند که در طرح‌های کنترل سیلاب رودخانه‌ها (مانند طراحی دایک‌های کنترل سیلاب) همراه با ریسک بزرگی بوده و خطر سیلاب را جدی‌تر می‌کند. این مسأله نشان‌دهنده محدودیت و ضعف این روش در طراحی کانال‌های با مقطع مرکب و مدیریت طرح‌های کنترل سیلاب رودخانه‌ها است. به همین دلیل توصیه می‌شود استفاده از این روش در مدل‌های ریاضی روندیابی سیلاب در رودخانه‌ها (مانند مدل‌های HEC-RAS و MIKE11) دوباره مورد بررسی قرار گیرد.



شکل ۴- ارزیابی دقت رابطه بهینه پیشنهادی و روش تجزیه قائم در یک مقطع مرکب رودخانه‌ای.

نتیجه گیری

۱- روش جستجوی ژنتیکی با دقت مناسب، قابلیت کاربرد در حل مسایل هیدرولیک مقاطع مرکب را دارد. آنالیزهای آماری نشان می‌دهد که رابطه دبی- اشل در مقاطع مرکب آزمایشگاهی و صحرایی براساس این روش نسبت به روش متداول تجزیه قائم مقطع مرکب از دقت بالاتری برخوردار است. رابطه پیشنهادی با حجم محاسبه‌های کم، کارایی مناسبی برای تعیین دبی به‌ویژه برای عمق‌های بالای جریان رودخانه دارد. ضریب تعیین روش معمول و رابطه پیشنهادی این پژوهش به ترتیب حدود ۰/۹۲ و ۰/۷۵ به‌دست آمده است.

۲- در روش جستجوی ژنتیکی، پارامترهای کسر جهش (P_m)، کسر ترکیب (P_c) و اندازه جمعیت (Pop) در همگرایی و جلوگیری از قرار گرفتن در نقاط بهینه موضعی، بسیار مؤثر هستند. مقادیر بهینه‌ی این پارامترها به ترتیب ۰/۳۵، ۰/۹ و ۱۰۰ به‌دست آمده‌اند.

منابع

1. Ackers, P. 1992. Hydraulic design of two-stage channels. J. Water and Maritime Engine. 96: 247-257.
2. Ackers, P. 1993. Stage-Discharge functions for two-stage channels. Water and Enviro. Manage. 7: 52-61.
3. Atabay, S., and Knight, D.W. 2006. 1-D modeling of conveyance, boundary shear and sediment transport in overbank flow. J. Hydr. Res. IAHR, 44: 6. 739-754.
4. Blalock, M.E., and Sturm, T.W. 1981. Minimum specific energy in compound channel. Journal of the Hydraulics Division, ASCE, 107: 699-717.
5. Bousmar, D., and Zech, Y. 1999. Momentum transfer for practical flow computation in compound channels. J. Hydr. Engine. ASCE, 125: 7: 696-70.
6. Bousmar, D., Wilkin, N., Jacquemart, H., and Zech, Y. 2004. Overbank flow in symmetrically narrowing floodplains. J. Hydr. Engine. ASCE, 130: 4. 305-312.
7. Chow, V.T. 1959. Open channel hydraulics, McGraw-Hill, London, 700p.
8. Dehghani, A.A., Ghodsian, M., Montazer, Gh., and Nasiri Saleh, F. 2006. Optimization of concrete gravity dam sections using genetic algorithm and artificial neural network, Modares Engine. J. 2: 22-33. (In Persian)
9. Ervine, D.A., Babaeyan-Koopaei, K., and Sellin, R.H.J. 2000. Two-dimensional solution for straight and meandering overbank flows. J. Hydr. Engine. ASCE, 126: 9. 653-669.
10. Haidera, M.A., and Valentine, E.M. 2002. A practical method for predicting the total discharge in mobile and rigid boundary compound channels. International Conference on Fluvial Hydraulics, Belgium, Pp: 153-160.

11. Harrouni, K., Ouazar, D., and Walters, A.H.D. 1996. Groundwater Optimization and Parameter Estimation by Genetic Algorithm and Dual Reciprocity Boundary Element Method. *Engine. Anal. with Bound. Elem.* 18: 287-296.
12. Hosseini, S.M. 2004. Equations for discharge calculation in compound channels having homogenous roughness. *Iran. J. Sci. and Technol. Transaction B, Shiraz University*, 28: 5. 537-546.
13. Knight, D.W., and Demetriou, J.D. 1983. Flood plain and main channel flow interaction. *J. Hydr. Div. ASCE*, 109: 8. 1073-1092.
14. Knight, D.W., and Sellin, R.H.J. 1987. The SERC flood channel facility. *J. Inst. Water and Environ. Manage.* 1: 2. 198-204.
15. Knight, D.W., Shiono, K., and Pirt, J. 1989. Predictions of depth mean velocity and discharge in natural rivers with overbank flow. *International Conference on Hydraulics and Environmental Modeling of Coastal, Estuarine and River Waters*. England, Pp: 419-428.
16. Lai, S.H., and Bessaih, N. 2004. Flow in compound channels. 1st International Conference on Managing Rivers in the 21st Century, Malaysia, Pp: 275-280.
17. Lambert, M.F., and Myers, R.C. 1998. Estimating the discharge capacity in straight compound channels. *Water, Maritime and Energy*, 130: 84-94.
18. Lambert, M.F., and Sellin, R.H.J. 1996. Discharge prediction in straight compound channels using the mixing length concept. *J. Hydr. Res. IAHR*, 34: 381-394.
19. 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.
20. Martin, L.A., and Myers, R.C. 1991. Measurement of overbank flow in a compound river channel. *J. Ins. Water and Environ. Manage.* Pp: 645-657.
21. Myers, R.C., and Lyness, J.F. 1997. Discharge ratios in smooth and rough compound channels. *J. Hydr. Engine. ASCE*, 123: 3. 182-188.
22. Nikmehr, S., Farhoodi, J., and Samadianfard, S. 2009. Estimation of velocity profile in width of canal using ANFIS and Neural Network methods, *Proceedings of the 8th Iranian Hydraulic Conference, Tehran, Iran.* (In Persian)
23. Shiono, K., and Knight, D.W. 1988. Two-dimensional analytical solution for a compound channel. 3rd International Symposium on Refined Flow Modeling and Turbulence Measurements, Japan, Pp: 503-510.
24. Tarrab, L., and Weber, J.F. 2004. Predicción del coeficiente de mezcla transversal en cauces aturales. *Mecánica Computacional, XXIII, Asociación Argentina de Mecánica Computacional, San Carlos de Bariloche*, Pp: 1343-1355.
25. 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. *Adv. In Engine. Soft.* 41: 120-129.

26. Wark, J.B., Samuels, P.G., and Ervine, D.A. 1990. A practical method of estimating velocity and discharge in compound channels. International Conference on River Flood Hydraulics, London, Pp: 163-172.
27. 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. IAHR, 28: 157-174.
28. Zahiri, A., Anbarizadeh, M., Zahiri, J., and Emamgholizadeh, S. 2005. Calculation of flow discharge in compound channels using artificial neural networks. 4th Iranian Hydraulic Association's Conference, Kerman. (In Persian)
29. Zahiri, A., and Dehghani, A.A. 2009. Flow discharge determination in straight compound channels using ANN. World Academy of Sci. Engine. and Technol. 58: 12-15.



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 19(2), 2012
<http://jwfst.gau.ac.ir>

Determination of stage discharge curve for laboratory and river compound channels applying genetic algorithm

A.R. Zahiri¹, *A.A. Dehghani¹ and A. Hezarjeribi¹

¹Assistant Prof., Dept. of Water Engineering, Gorgan University of
Agricultural Sciences and Natural Resources
Received: 2011/02/23; Accepted: 2012/02/28

Abstract

Many approaches with different assumptions have been developed for designing compound channels and prediction of their stage-discharge curves. Most of these methods have satisfactory results in laboratory compound flumes but extending them to all hydraulic and geometric conditions such as natural rivers is very limited. In this study, using nearly 400 laboratory and field stage-discharge data sets of 30 compound channels with different geometric and hydraulic conditions, a new method has been presented for calculation of flow discharge in compound channels, based on Genetic Algorithm. This proposed stage-discharge relation with sufficient accuracy ($R^2=0.91$, $MSE=0.01$) in comparison with divided channel method ($R^2=0.27$, $MSE=0.11$) can be used for all types of compound channels (laboratory and field). Therefore, this approach is suitably applicable in flood control projects, river flood routing and design of conveyance canals.

Keywords: Intelligent optimization, Genetic algorithm, Stage-discharge curve, Compound channels

* Corresponding Author; Email: a.dehghani@gau.ac.ir