

## روش تلفیقی سطح پاسخ و فراکاوشی در بهروزرسانی مدل عددی جریان غیردائمی در شبکه رودخانه‌ای (مطالعه موردی: رودخانه گرمابدر - زیقان)

فرهود کلاته<sup>۱\*</sup>، احسان امین‌وش<sup>۲</sup>

۱ دانشیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

۲ دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۱۷

### چکیده

در تحقیق حاضر روشی برای بهروزرسانی مدل‌های عددی پیش‌بینی جریان غیردائمی در شبکه های رودخانه ای با استفاده از ترکیب روش سطح پاسخ و روش‌های فراکاوشی توسعه داده شده است. در این راستا، شاخه‌ای از رود گرمابدر (زیقون) برای مطالعه موردی انتخاب شد. از نرم‌افزار Hec-Ras به منظور تهیه مدل عددی جریان غیردائمی در شبکه رودخانه‌ای استفاده شده است. شبکه عصبی نیز برای شبیه‌سازی روش عددی انتخاب شد تا در روند استفاده از روش الگوریتم ژنتیک بتوان پارامترهای مورد نظر را بهینه‌سازی کرد. پس از مدل‌سازی جریان غیردائمی در نرم‌افزار Hec-Ras برای بهروزرسانی مدل عددی، ضریب مانینگ به عنوان پارامتر تاثیرگذار در نتایج حاصل از نرم‌افزار Hec-Ras انتخاب گردید. برای بررسی تاثیر این پارامتر و تعیین مقدار بهینه برای بهروزرسانی مدل عددی مورد نظر، به تعداد ۱۰۰ بار نرم افزار Hec-Ras به‌ازای ضریب‌های مانینگ متفاوت مدل‌سازی و آنالیز گردید و شبکه عصبی با تعداد ۱۰۰۰ لایه درونی آموزش داده شد. نتایج به‌دست آمده نشان داد که بهینه‌سازی پارامتری موثر در رفتار جریان شبیه‌سازی شده و روندی است فرسایشی و زمان‌بر اما استفاده از شبکه عصبی این سرعت همگرایی را بالا می‌برد و در نتیجه این روند بسیار سریع‌تر و قابل اعتمادتر می‌شود. از طرف دیگر، نتایج نشان می‌دهد که ضرایب مانینگ از پارامترهای بسیار مهم و تاثیرگذار در رفتار جریان شبیه‌سازی شده است که با تغییری اندک در آن، نتایج مدل شبیه‌سازی شده دستخوش پراکندگی قابل توجهی می‌شود که در روند آنالیز باید در نظر گرفته شود تا نتایج حاصل با واقعیت تفاوت قابل توجهی نداشته باشند.

**واژه‌های کلیدی:** الگوریتم ژنتیک، بهینه‌سازی، بهروزرسانی مدل‌های عددی، شبیه‌سازی، نرم افزار Hec-Ras.

### مقدمه

بسیاری از قلمروهای مهندسی استفاده می‌شود. هرچند مدل عددی مسئله مهندسی به‌طور معمول براساس فرضیات ساده‌سازی متعددی تهیه می‌گردد، امکان دارد این مدل

امروزه مدل‌سازی عددی روش و ابزاری قدرتمند در بررسی پدیده‌های عملی شناخته شده است. این روش در

پیروزکوا و همکاران (Pirozkova et al., 2012). در مقاله خود به راه حل عددی دو بعدی یک جریان ناماندگار از یک مایع چسبناک متراکم در یک کانال برای سرعت جریان هوا دریچه های کم پرداخته و نشان داده اند که ناپایداری های جریان ناشی از یک حرکت تناوبی مقرر بر قسمتی از دیواره کانال با نوسان های زیاد است که احتمالاً در طول مرحله نوسان، به بسته شدن کانال می انجامد. با این حال، جریان توسط سیستم معادله های ناویر-استوکس برای جریان های آرام تشریح می شود. لاروکو و همکاران (Larocque et al., 2013) در این حوزه مقاله ای دارند و در آن نوشته اند که معادلات آب کم عمق، که معادلات سنت و نانت نیز شناخته می شوند، معمولاً برای شبیه سازی حالت گذرای سطح آزاد جریان شامل شکست سد و جریان شکاف-خاکریز استفاده می شوند. هی و همکاران (He et al., 2015) نشان دادند تحقیقات عددی موجود از جریانات شکست سد به ندرت اثر پوشش گیاهی را در نظر می گیرند. در حقیقت، این نوشتار یک مدل دو بعدی عمقی متوسط را برای جریانات شکست سد روی بسترهای سیال (جنبان) و پوشش گیاهی ارائه می دهد. در این مدل، هم نتایج کاهش فضا برای ذخیره سازی توده و هم مقدار حرکت با وجود پوشش گیاهی و دراگ کردن جریان در نظر گرفته می شوند.

چانگ و همکاران (Chang et al., 2011) یک مدل عددی بدون شبکه را به منظور بررسی جریانات شکست سد آب کم عمق در آبراهه های باز یک بعدی پیشنهاد دادند. نتایج شبیه سازی شده نشان داد عملکرد دقیق ناشی از حضور ناپیوستگی های شوک، حرکت جلو شاک، پرش هیدرولیکی، جریان بستر خشک/ مرطوب، جریان فوق بحرانی / زیر بحرانی / دوگانه، جریان معکوس، جریان انقباض، جریان روگذری بازتاب جزئی و تعامل موج های متعدد بدون عملیات عددی خاص است. لاروکو و همکاران (Larocque et al., 2012) با

عددی تمامی جنبه های مسئله واقعی را منعکس نسازد و نتواند رفتار واقعی را نشان دهد. روش های به روز رسانی مستقیم از حل تحلیلی مسئله برای این منظور استفاده می کنند، این روش ها بدون نیاز به تکرار محاسبات، در یک گام اصلاحات لازم را مشخص می کنند ولی در اغلب موارد چنین اصلاحاتی دارای مفهوم فیزیکی در واقعیت نیست ولی روش های بروز رسانی مبتنی بر تکرار مستلزم تحلیل حساسیت پارامترهای موثر در مسئله به منظور یافتن میزان تاثیر هر یک از آنهاست (Karimi et al., 2013; Zehtab et al., 2016). یکی از راهکارهای برخورد با مشکل زمان بر بودن تحلیل های مجدد و متعدد در مدل های عددی تهیه شده توسط نرم افزار های تجاری در به روز رسانی مدل براساس تحلیل حساسیت، جایگزین کردن مدل عددی با مدل نماینده تقریبی موسوم به مدل های متا است به طوری که سریع اجرا شوند و شامل پارامترهای تاثیرگذار اندکی باشند. روش سطح پاسخ یکی از روش های متداول به منظور ساخت چنین مدل های متایی است. روش سطح پاسخ در واقع روش طراحی آزمایش ها برای گزینش پارامترهای طراحی در آزمایش با هدف بهینه کردن برخی عملکردهای پاسخ سیستم است (Ghezelsouflu et al., 2014; Mahjoub et al., 2009; Khabaz et al., 2008). حل عددی معادله های آب کم عمق و بررسی مسائلی مانند باز یا بسته کردن ناگهانی دریچه در آبراهه و شکست سد موضوع مطالعات (Hsu & Yeh, 2002) بوده است. روش تفاضل محدود این محققان از یک الگوی تکرار کننده مبتنی بر شکل مشخصاتی معادلات سود می برد که در آن شرایط مرزی نیز در شکل مشخصاتی خود مدنظر قرار می گیرد. پیروزولی و همکاران (Pirozzoli et al., 2011) در مقاله ای روش های عددی را برای شبیه سازی عددی مستقیم (DNS) و شبیه سازی گردابه بزرگ (LES) از جریان متلاطم آشفتنه در حضور امواج شاک بررسی کرده اند.

متنوع دیگر (Joshi & Shahapure, 2018; Abdi *et al.*, 2020; Bush *et al.*, 2022; Uca *et al.*, 2023; Kamakoly *et al.*, 2022) نیز در دسترس هست. دانشفراز و همکاران (Daneshfaraz *et al.*, 2019) برای ارزیابی آبشستگی عمومی اطراف پایه پل با نرم‌افزار Hec-Ras در رودخانه سیمینه‌رود میان‌دوآب از دو روش فروهلیچ و CSU استفاده کردند و نشان دادند که روش فروهلیچ به اندازه روش CSU در محاسبه عمق آبشستگی نسبت به افزایش دبی حساس نیست و این دو تقریباً ۲۰ درصد نسبت به هم در محاسبه این عمق اختلاف دارند.

ورود موج سیل به داخل شبکه کانال‌های روباز یا رودخانه ای می‌تواند به دلیل، به‌طور مثال، شکست سد در بالادست این شبکه باشد که ممکن است به بروز ویرانی‌های پرهزینه و در مواردی جبران‌ناپذیر در شاخه شبکه‌های کانال‌های روباز یا رودخانه ای انجامد. از این منظر، تحقیق در خصوص پاسخ شبکه کانال‌های روباز به ورود موج سیل و پیش‌بینی ویژگی‌های جریان در شاخه‌های شبکه می‌تواند راه حل به حداقل رساندن خسارت‌های ناشی از آن باشد. هدف از تحقیق حاضر ارائه روندی برای به‌روز رسانی مدل عددی جریان غیردائمی در شبکه کانال‌های روباز است که در شبکه رودخانه‌ها در حوضه‌های آبریز قابل توسعه خواهد بود. هدف نهایی از توسعه چنین مدل‌های عددی به‌روز شده‌ای امکان پیش‌بینی مشخصات جریان را در شاخه‌های مختلف رودخانه‌ها در حوضه آبریز در شرایط بحرانی فراهم می‌کند. در توسعه سطح پاسخ، هدف تخمین مقادیر پارامترهای هندسی و هیدرولیکی جریان و کانال (ضریب زبری کانال، شیب بستر، سطح مقطع و ...) براساس کمیت‌های پاسخ اندازه‌گیری شده (سرعت و عمق جریان) است.

بررسی نتایج اندازه‌گیری‌های پروفیل سرعت به‌دست آمده از آزمایش‌های شکست سد ایده‌آل و نتایج حاصل از شبیه‌سازی عددی از اینگونه آزمایش‌ها نشان دادند که اندازه‌گیری و شبیه‌سازی با مدل LES برای جریان متلاطم نشان‌دهنده شرایط رضایت‌بخش است و در واقع رویکردی قابل‌قبول برای پیش‌بینی دقیق جریان‌های شکست سد است. عباسی و ملک‌نژاد یزدی (Abbasi and Malek Nejad Yazdi, 2012) عوامل موثر بر ضریب مانینگ در رودخانه‌ها را بررسی و رابطه‌ای برای تخمین آن ارائه دادند. نتایج مطالعات این محققان روی رودخانه فریزی نشان داد که علاوه بر دانه‌بندی مصالح بستر، رفتار هیدرولیکی جریان نیز در محاسبه ضریب زبری موثر است. چابک‌پور و دانشفراز (Chapokpour and Daneshfaraz, 2013) انتقال رسوب رودخانه قرانقو را با استفاده از نرم‌افزار Hec-Ras بررسی کردند. موسوی و دانشفراز (Mousavi and Daneshfaraz, 2013) نیز عوامل مختلف را در محاسبه عمق آبشستگی اطراف پایه‌های پل با استفاده از نرم‌افزار Hec-Ras و معادلات فروهلیچ ارزیابی کردند. نتایج تحقیق نشان داد که عدد فرود، اندازه‌گیری آنها و ضرایب موثر معادلات تجربی و نرم‌افزار تاثیر بسزایی در تغییرات این پارامترها دارند.

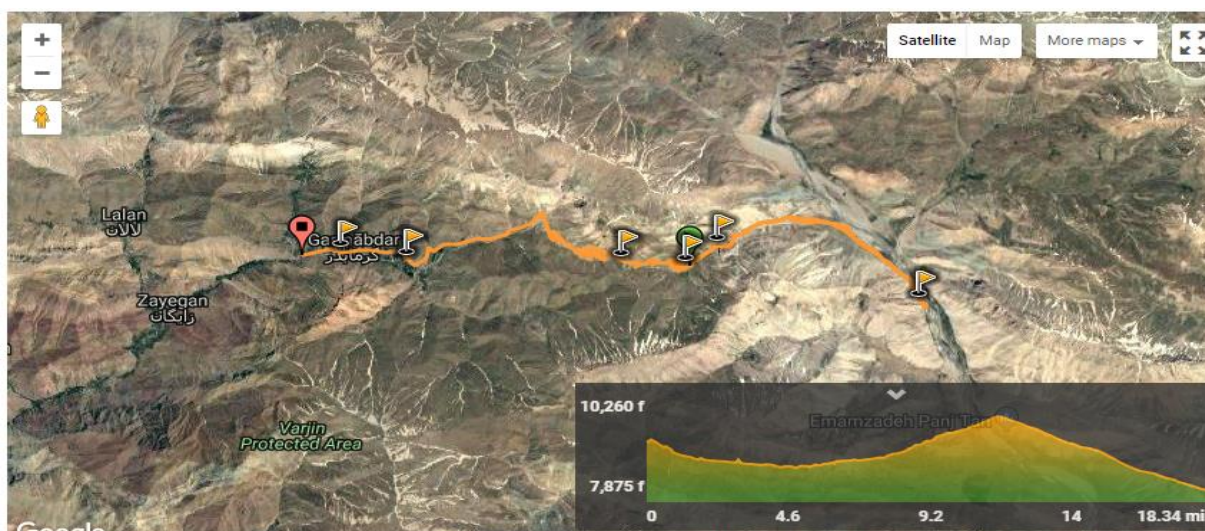
امامی و همکاران (Emami *et al.*, 2019) با برآورد دبی رسوب معلق رودخانه با استفاده از الگوریتم‌های فراابتکاری به این نتیجه دست یافتند که الگوریتم GWO با کسب مقادیر ارزیابی بهتر، در مقایسه با سایر الگوریتم‌های استفاده شده، کارایی بالاتری دارد. زارعی و همکاران (Zarei *et al.*, 2022) با ارزیابی تاثیر آب‌بندان‌ها بر دو پارامتر رواناب و رسوب با استفاده از مدل SWAT در حوضه آبخیز رودخانه تجن دریافتند که شبیه‌سازی دبی و رسوب عملکرد رضایت بخشی دارد. در ارتباط با مهندسی رودخانه و ارزیابی آنها با استفاده از روش‌های شبکه‌های عصبی و نرم‌افزار Hec-Ras تحقیقات

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

رودخانه از سر منشاهای رودخانه جاجرود است. گرمابدر از دیگر تامین کننده های آب سد لتیان نیز هست. شبکه عصبی نیز برای شبیه سازی روش عددی انتخاب شده تا در روند استفاده از روش الگوریتم ژنتیک بتوان پارامترهای مورد نظر را بهینه سازی کرد. این منطقه در در شمال شرق استان تهران قرار گرفته است. مختصات جغرافیایی شامل طول جغرافیایی  $51^{\circ}32'00''$  تا  $51^{\circ}38'00''$  و عرض جغرافیایی  $35^{\circ}51'00''$  تا  $35^{\circ}58'00''$  است و در شکل ۱ نیز تصویری از نقشه هوایی شاخه ای از رودخانه گرمابدر (زیقون) نشان داده شده است.

در پژوهش حاضر به منظور به روز رسانی مدل عددی جریان غیردائمی در شبکه کانال های روباز با استفاده از روش ترکیبی سطح پاسخ و روش های فراکوشی، شاخه ای از رود گرمابدر (زیقون) انتخاب شده است که داده های مورد نظر تهیه و مرتب شده اند. از نرم افزار Hec-Ras به عنوان روش عددی استفاده شده است. منطقه مورد مطالعه که همان رودخانه گرمابدر است از توابع رودبار قصران است. این



شکل ۱- نقشه هوایی شاخه ای از رود گرمابدر (زیقون)

Fig. 1- Aerial map of a branch of the Garmabadr River (Ziquon)

استفاده نشدند. شرایط اولیه شامل اطلاعات جریان و اشل در هر یک از مقاطع عرضی و نیز ترازهای مربوط به هر یک از نواحی ذخیره شده در سیستم است.

### نرم افزار مورد استفاده برای تهیه مدل

از نرم افزار MATLAB برای ساخت مدل یا مدل جایگزین استفاده شده است. MATLAB نرم افزاری است که می توان آن را زبان ریاضیات و علوم مهندسی مدرن نامید. این

هیدروگراف جریانی، هیدروگراف اشل و هیدروگراف دبی-اشل که هر سه گزینه را می توان به عنوان شرط مرزی بالادست یا پایین دست به مدل معرفی کرد. منحنی سنجه آب و عمق نرمال نیز می توانند به عنوان شرط مرزی پایین دست مورد استفاده قرار گیرند. برای به حداقل رساندن میزان خطا بهتر است منحنی به اندازه کافی در پایین دست مطالعه شود. شرایط مرزی دیگری نیز وجود دارند که در این مطالعه

پارامتر خاص است و از این رو، شایستگی افراد بر این مبناست که کدام یک کمترین مقدار را برای تابع هدف مورد نظر به ارمغان آورده است. این روش تناسب دهی معمولاً تنها به صورت یک مرحله میانی در معین کردن کارایی نسبی افراد در الگوریتم ژنتیک است و از این رو توابع دیگری برای تبدیل مقدار تابع هدف به دست آمده به مقدار شایستگی نسبی آن استفاده می‌شود. به همین دلیل، مطابق رابطه ۱ خواهیم داشت:

$$F(x) = g(f(x)) \quad (1)$$

در این رابطه:  $f$  تابع هدف،  $g$  تابع انتقال مقدار تابع هدف به یک مقدار نامنفی و  $F$  نتیجه مزیت نسبی است. در اکثر مواقع، تابع هدف متناظر با شمار فرزندان است که از یک فرد انتظار می‌رود در جمعیت بعدی تولید کند. شایستگی هر فرد با استفاده از رابطه ۲ به عنوان کارایی خام هر فرد نسبت به کل جمعیت محاسبه می‌شود.

$$F(x_i) = \frac{f(x_i)}{\sum_{i=1}^N f(x_i)} \quad (2)$$

در این رابطه:  $N$  اندازه جمعیت و  $x_i$  مقدار فنوتیپیک فرد  $i$  است. تا زمانی که این روش ارزش دهی تناسب، احتمال تولید مجدد برای هر فرد را بر طبق تناسب نسبی تضمین کند، مقادیر منفی تابع هدف از چرخه محاسبات خارج خواهند شد. برای مثال، یک جمعیت ۱۰ نفره با مقدار تناسب زیر در نظر گرفته شده است.

$$\text{Objv}=[1; 2; 3; 4; 5; 10; 9; 8; 7; 6] \quad (3)$$

با استفاده از روش رتبه‌بندی خطی و فشار انتخاب برابر ۲، ارزیابی تناسب بدین شکل به دست آمده است (رابطه سمت چپ). با استفاده از رتبه‌بندی غیر خطی و فشار انتخاب ۲، خواهیم داشت (رابطه سمت راست).

نرم افزار را شرکت MathWorkd™ تهیه کرده است و عملکرد بسیار خوب محاسبات عددی و بصری دارد. ترکیب قابلیت های تجزیه و تحلیل همراه با انعطاف پذیری خوب، قابلیت اطمینان و گرافیک قدرتمند از آن یک بسته نرم افزار فوق العاده قوی ساخته است. این نرم افزار یک محیط محاوره‌ای با صدها تابع ریاضیات و فیزیک به خود اختصاص داده که این توابع حل محدوده وسیعی از مسائل ریاضی شامل جبرماتریسی، حساب اعداد مختلط، سیستم‌های خطی، پردازش، بهینه‌سازی سیستم‌های غیرخطی و بسیاری از محاسبات علمی دیگر را مهیا می‌سازد. علاوه بر اینکه MATLAB دارای چندین جعبه ابزار اختیاری همانند طراحی سیستم‌های کنترل، پردازش سیگنال، بهینه‌سازی، شبکه‌های عصبی، منطق فازی، الگوریتم ژنتیک و ... است که برای کاربردهای خاص نوشته شده‌اند. امکانات فوق دلایل کافی برای استفاده از این نرم افزار را فراهم آورده است که در این رساله نیز با توجه به امکانات بسیار پیشرفته MATLAB، از این نرم افزار استفاده شده است.

#### توابع الگوریتم ژنتیک مورد استفاده در محیط MATLAB

الگوریتم ژنتیک روز اعدادی عمل می‌کند که پتانسیل حل مسئله را دارند. این اعداد جمعیت خوانده می‌شوند. تعداد افراد هر جمعیت معمولاً بین ۳۰ تا ۱۰۰ است. در این پژوهش از روش کدگذاری حقیقی استفاده شده است که توسط رایت (۱۹۹۱) به رسمیت رسید. کارایی الگوریتم ژنتیک با استفاده از این روش افزایش می‌یابد زیرا برای ارزیابی مقادیر به دست آمده از حل مسئله بهینه‌سازی، تبدیل کروموزوم‌ها به فنوتیپ لازم نخواهد بود که این خود منجر به کاهش ظرفیت حافظه مورد نیاز برای محاسبات می‌گردد. استفاده از کدگذاری حقیقی را مایکلویک (۱۹۹۲) به‌طور مفصل و با جزئیات کامل بیان کرده است. هدف در این پژوهش مینم کردن یک

$$FitnV = \begin{bmatrix} 2 \\ 1.77 \\ 1.55 \\ 1.33 \\ 1.11 \\ 0 \\ 0.22 \\ 0.44 \\ 0.66 \\ 0.88 \end{bmatrix} \quad \text{FitnV} = \begin{bmatrix} 2 \\ 1.66 \\ 1.38 \\ 1.15 \\ 0.95 \\ 0.38 \\ 0.45 \\ 0.55 \\ 0.66 \\ 0.79 \end{bmatrix} \quad (۴)$$

#### مدل سازی در نرم افزار Hec-Ras

نرم افزار Hec-Ras را اداره مهندسی ارتش ملی آمریکا توسعه داده و چندین سال است که مهندسان رودخانه و هیدرولیک از آن استفاده می کنند. این نرم افزار توانایی مدل سازی شبکه ها رودخانه ها و ... را دارد. از قابلیت های مهم این نرم افزار می توان به تحلیل جریان های دائمی و غیردائمی و جریان های با رژیم زیر بحرانی و فوق بحرانی اشاره کرد. این نرم افزار با استفاده از اطلاعات مربوط به حوزه هیدرولیک جریان می تواند آبشستگی، شکل بستر، جنس بستر، و عمق آبشستگی پایه های پل احداث شده روی رودخانه ها را محاسبه کند.

برای رسیدن به هدف های پژوهش حاضر از نرم افزار Hec-Ras برای تهیه مدل عددی جریان غیردائم در شبکه های رودخانه ای استفاده شده است. برای مدل سازی، ابتدا اطلاعات لازم تهیه و دسته بندی شدند. پیش از هر کاری از منوی Option باید واحدهای مورد نظر تنظیم شوند. مختصات و مشخصات هندسی مقاطع جریان مورد نظر که دارای ۲۴ ایستگاه است به برنامه وارد است که مشاهدات دو ایستگاه در دست است. ضریب های مانینگ برای هر مقطع

الگوریتم رتبه بندی خطی و غیر خطی مورد استفاده در این رساله بدین صورت است که ابتدا مقادیر توابع هدف به ازای افراد، نزولی مرتب می شوند و بعدا فرد با کمترین ارزش تناسب در موقعیت مکانی ۱ در لیست مرتب شده گفته شده در بالا قرار می گیرد. همین روند تا قرارگیری مناسب ترین فرد در انتهای لیست مورد نظر ادامه می یابد. در نهایت برای هر فرد، بسته به موقعیت مکانی اش در جمعیت مرتب شده، یک مقدار تناسب اختصاص داده می شود. در این پژوهش از رتبه بندی خطی افراد، مقدار تناسب با رابطه ۵ اختصاص داده می شود.

$$FitnV(Pos) = 2 - SP + 2 \times (SP - 1) \times (Pos - 1) / (N_{ind} - 1) \quad (۵)$$

سپس مقدار مناسب (FitnV)، بمنظور بازگردانی ترتیب بردار اصلی (ObjV)، از ترتیب درآورده می شود. برای رتبه بندی غیرخطی افراد نیز مقدار تناسب با رابطه زیر به دست می آید که X ریشه چند جمله ای زیر است.

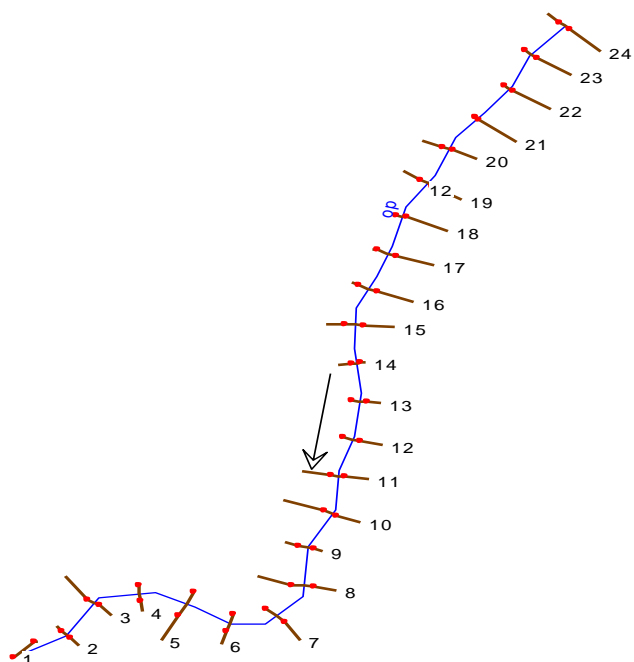
$$FitnV(pos) = \frac{N_{ind} \times X^{Pos-1}}{\sum_{i=1}^{N_{ind}} X_i} \quad (۶)$$

$$(SP - 1) \times X^{N_{ind}-1} + SP \times X^{N_{ind}-2} + \dots + SP \times X + SP = 0 \quad (۷)$$

آموزش شبکه عصبی مورد استفاده قرار گرفت. در شکل ۲، نمایی از جریان تعریف شده به نرم افزار Hec-Ras به‌عنوان یکی از خروجی‌های این نرم‌افزار ارائه شده است. در این شکل شماره هر ایستگاه و راستای برش مقاطع نشان داده شده است.

به‌طور جداگانه وارد می‌شوند. در این مرحله، سازه‌هایی مانند پل، سد و دیوار جانبی (در صورت وجود) تعریف می‌شوند. در این تحقیق سازه‌های جانبی در مسیر جریان وجود ندارد. هیدروگراف اولین مقطع بالادست نیز به‌عنوان یکی از اساسی‌ترین ورودی‌ها به برنامه تعریف می‌شود.

مدل‌سازی به تعداد ۱۰۰ بار به‌ازای ضریب‌های مانینگ مختلف تکرار و آنالیز شدند. نتایج حاصل از این آنالیز برای



شکل ۲- نمودار مسیر جریان و موقعیت ایستگاه‌ها با شماره هر ایستگاه در نرم افزار Hec-Ras

Fig. 2- Diagram of the flow path and the position of the stations with the number of each station in the Hec-Ras software

کانال، سمت راست و چپ آن در جدول ۱ نشان داده شده است.

## نتایج و بحث

### نتایج حاصل از نرم افزار Hec-Ras

در این بخش، برخی از نتایج عددی حاصل از آنالیز نرم افزار Hec-Ras ارائه شده است. ضریب‌های مانینگ برای داخل

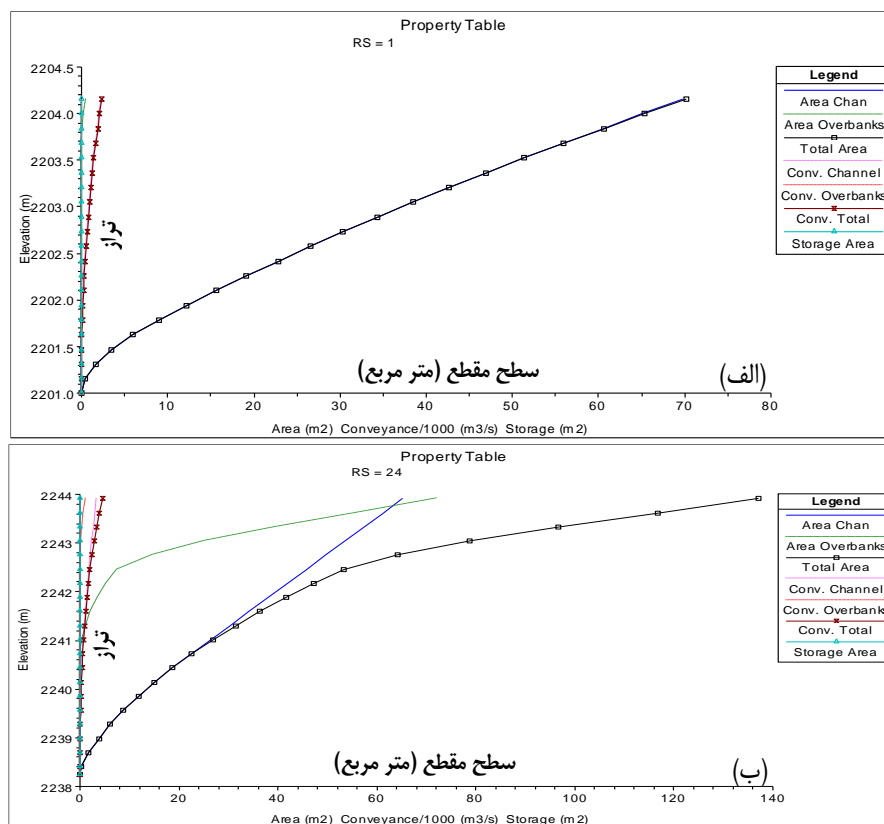
جدول ۱- ضریب های مانینگ برای داخل، سمت راست و چپ کانال

Table 1- Manning's coefficients for the center, right and left side of the channel

موقعیت	چپ	مرکز	راست
Position	Left	Center	Right
ضریب مانینگ (n)	0.07	0.05	0.07
Manning coefficient (n)			

مانند ارتفاع سیل بر حسب مساحت، جریان بر حسب تاریخ وقوع، منحنی دبی کل بر حسب ارتفاع مقطع، سرعت جریان بر حسب فاصله کانال اصلی و برش مقطع ایستگاهها ارائه شده است.

پس از وارد کردن مقادیر لازم، نرم افزار Hec-Ras آماده آنالیز کردن خواهد بود. بعضی از خروجی هایی که از برنامه می توان استخراج کرد تا وضعیت جریان مورد نظر بررسی شود در شکل های ۳ تا ۶ آورده شده است. در این شکل ها، مواردی

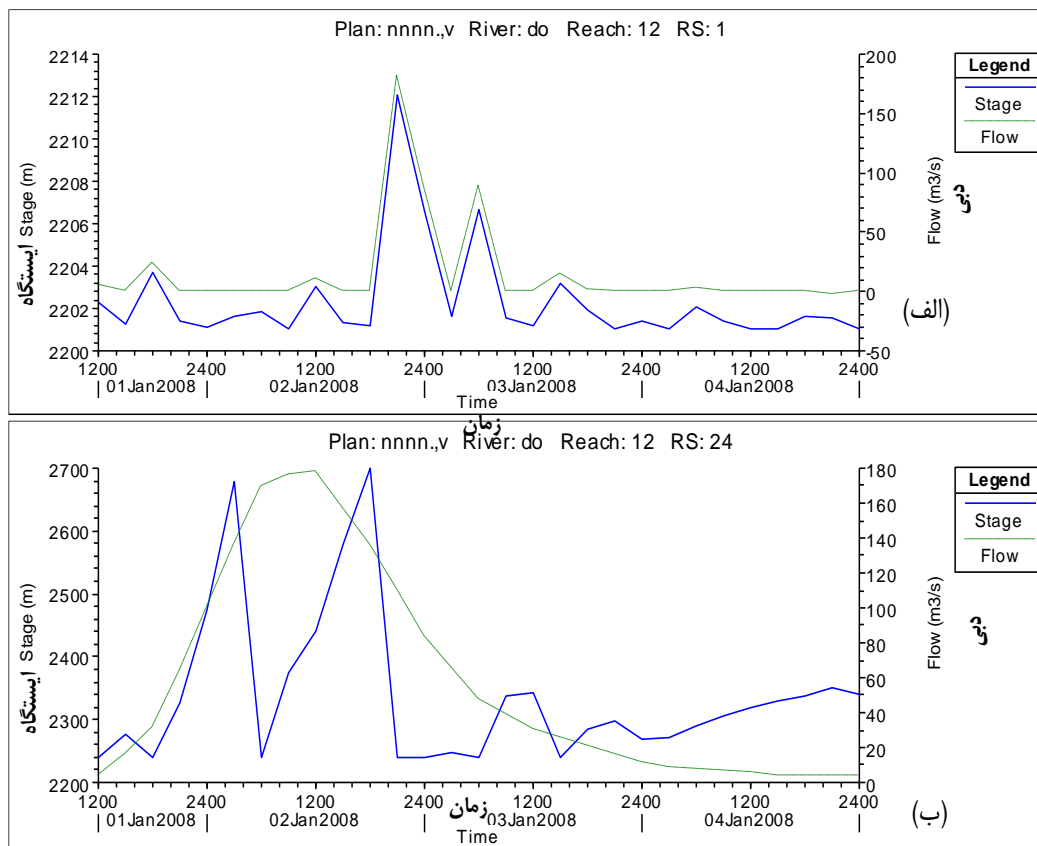


شکل ۳- نمودار ارتفاع سیل بر حسب مساحت به ازای حالت های مختلف: الف) ایستگاه شماره ۱، ب) ایستگاه شماره ۲

Fig. 3- Flood height diagram by area for different states: a) Station no. 1; b) Station no. 2

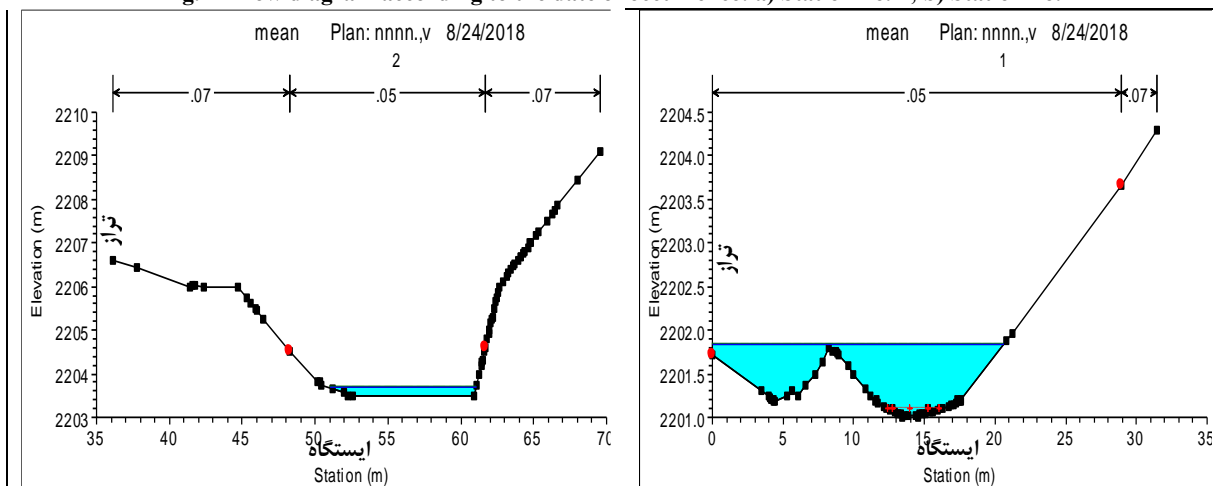


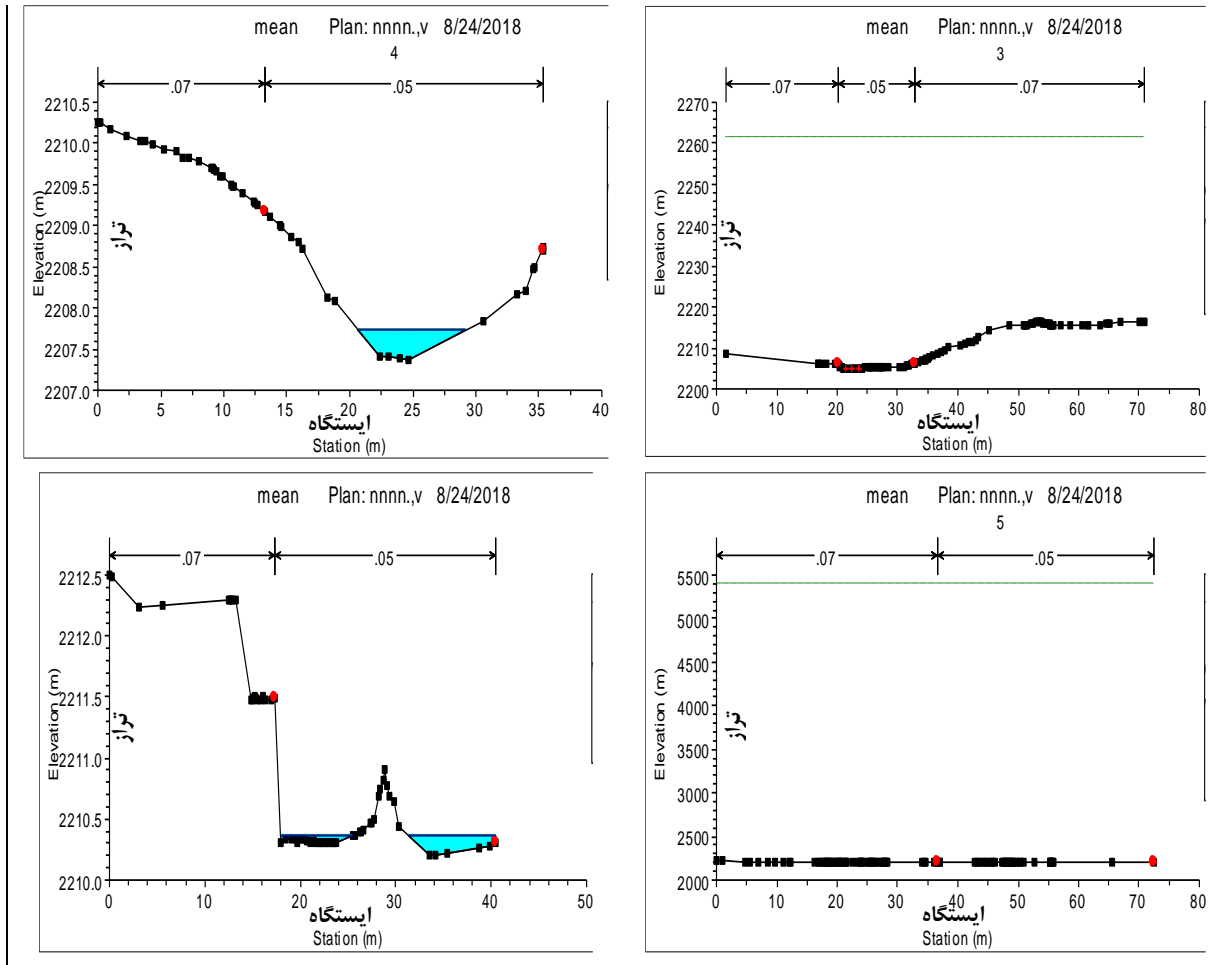
روش تلفیقی سطح پاسخ و فراکوشی در به‌روزرسانی مدل عددی جریان...



شکل ۴- نمودار جریان برحسب تاریخ وقوع: الف) ایستگاه شماره ۱، ب) ایستگاه شماره ۲۴

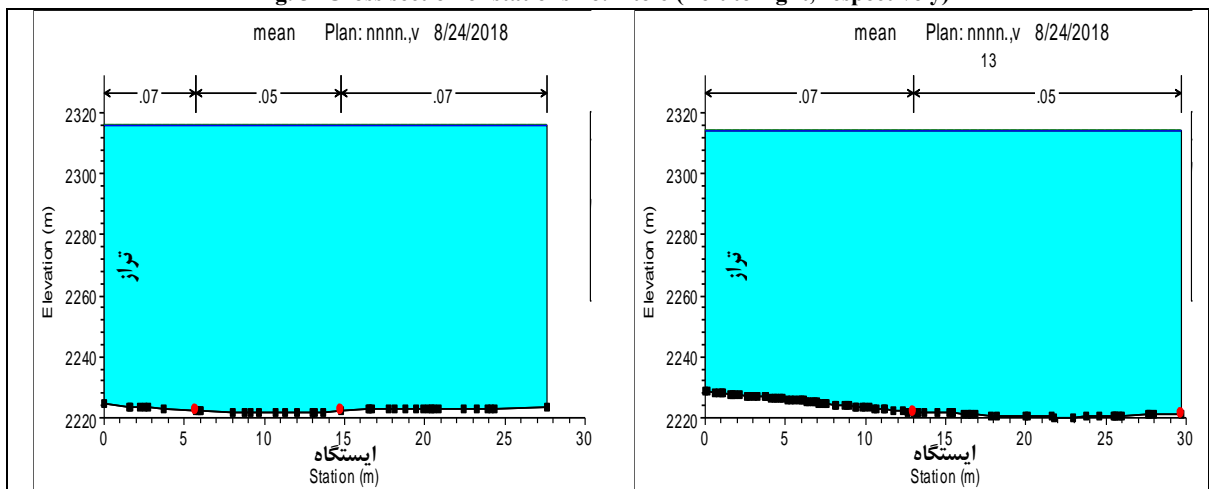
Fig. 4- Flow diagram according to the date of occurrence: a) Station no. 1; b) Station no. 24





شکل ۵- برش مقطع ایستگاه‌های شماره ۱ تا ۶ (به ترتیب از چپ به راست)

Fig. 5- Cross section of stations no. 1 to 6 (Left to right, respectively)



شکل ۶- برش مقطع ایستگاه‌های شماره ۱۳ تا ۲۲ (به ترتیب از چپ به راست)

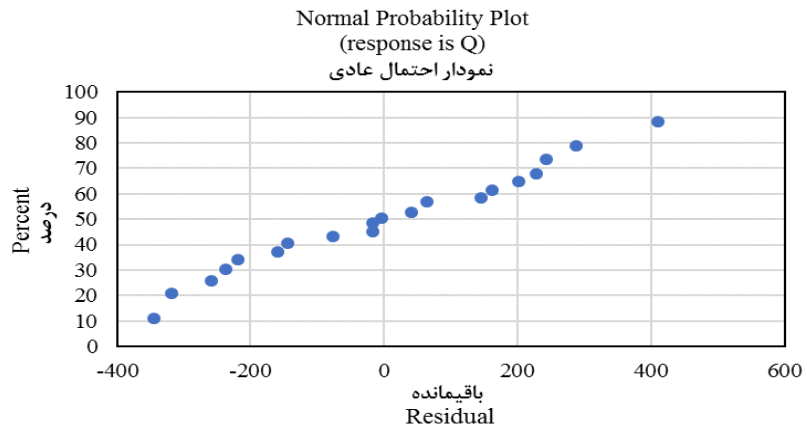
Fig. 6- Cross section of stations no. 13 to 22 (Left to right, respectively)

مسیر جریان، شرایط رسوب گذاری و آبشستگی در مسیر جریان، موانع، تراز سطح آب، بارمعلق و بار بستر رسوبات باشند (Guideline for determination of the hydraulic roughness coefficient of rivers, No.688). با بررسی مطالعات فوق و پیشینه موضوع، روشن است عدم قطعیت قابل توجهی در تخمین مقدار واقعی ضریب زبری در مسیر رودخانه‌ها وجود دارد، از این رو در مطالعه حاضر با مراجعه به تحقیقات، بازه‌ای برای مقدار ضریب زبری مانینگ تعریف و مدل عددی برای شرایط مختلف تحلیل گردید. در واقع، پارامتر ضریب زبری مانینگ به‌عنوان پارامتر تاثیرگذار غیرقطعی در مطالعه حاضر تعریف و تاثیر آن بررسی شده است و یکی از هدف‌های اصلی پژوهش حاضر توسعه ارائه روند و الگویی است برای استخراج بهترین ضریب مانینگ به‌نحوی که همخوانی نتایج مدل عددی و اندازه‌گیری‌های میدانی کمترین اختلاف را داشته باشد.

### نتایج روش سطح پاسخ

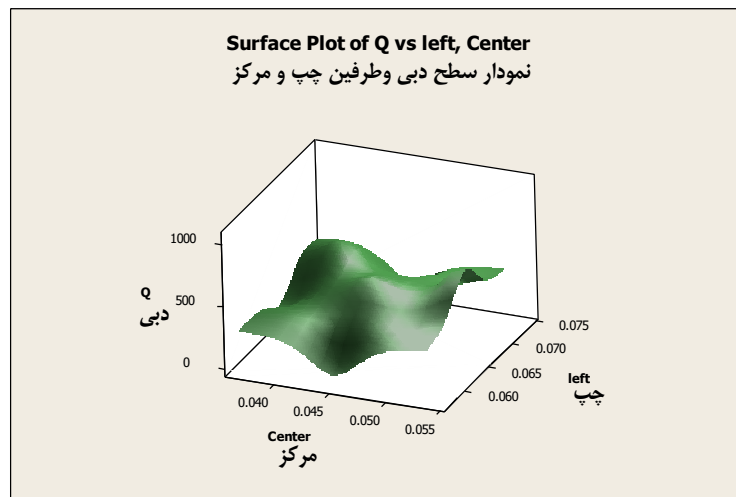
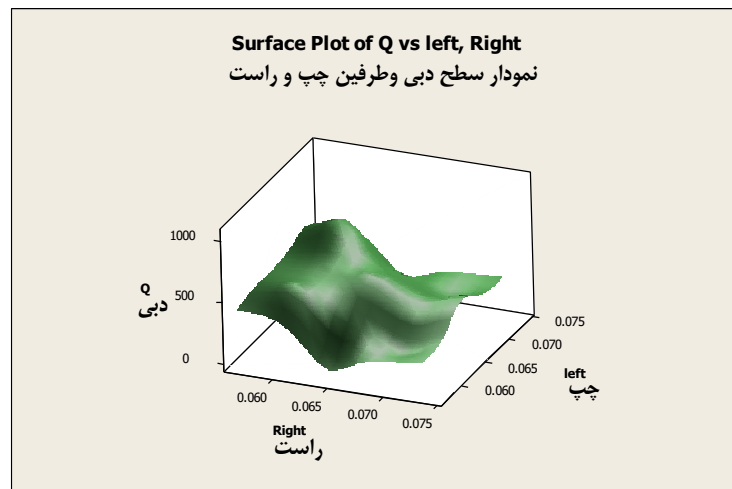
همان‌طور که گفته شد، با استفاده از نتایج فوق روش سطح پاسخ نیز برای تعیین ضریب‌های مانینگ مناسب استفاده شده است. نتایج حاصل از استفاده از روش سطح پاسخ برای نشان دادن همگرایی مناسب این روش در شکل ۷ ارائه شده است. نحوه توزیع دبی در ازای تغییرات ضریب‌های مانینگ سمت چپ و راست کانال و داخل کانال، در شکل‌های ۸ تا ۱۰ ارائه شده است.

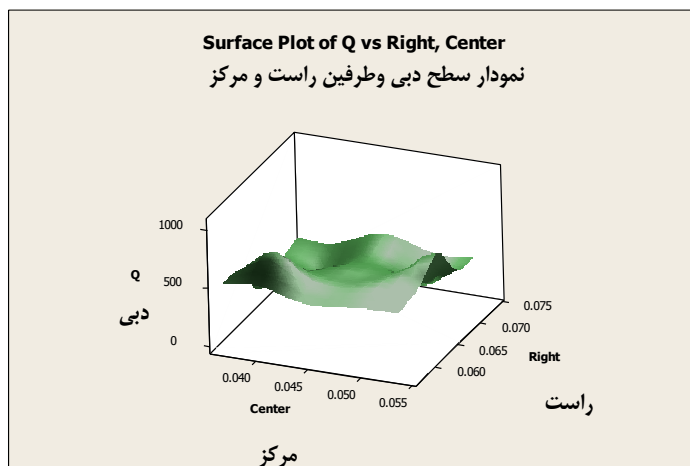
همان‌طور که از شکل‌های بالا مشخص است، نتایج حاصل از آنالیز دارای گستردگی قابل توجهی است که هر یک از آنها می‌تواند کاربرد خود را داشته باشد. در این تحقیق، مشاهدات موجود از جریان مورد نظر برای مقایسه نتایج حاصل از آنالیز مربوط به ایستگاه‌های شماره ۱۳ و ۲۲ است. در نتیجه، دبی ایستگاه‌های شماره ۱۳ و ۲۲ به‌عنوان پارامتر خروجی از نرم افزار Hec-Ras به‌ازای هر ۱۰۰ مدل ایجاد شده، استخراج و دسته‌بندی گردید. این اطلاعات به صورت دو ماتریس، یکی به‌عنوان ورودی (ضریب‌های مانینگ کانال، سمت راست و چپ آن) و دیگری به‌عنوان خروجی (دبی ایستگاه‌های شماره ۱۳ و ۲۲) برای آموزش شبکه عصبی استفاده شده است. در این حالت، ورودی دارای سه پارامتر و خروجی دارای دو پارامتر خواهد بود که هر یک مقادیر مختص به خود را دارد. بسیاری از روابط مورد استفاده در مطالعات مهندسی رودخانه از داده‌های تجربی و اندازه‌گیری صحرائی به‌دست آمده‌اند از جمله اندازه‌گیری‌هایی که تحت عنوان آب‌سنجی صورت گرفته و در تحلیل هیدرولیکی و هیدرولوژیکی از نتایج آنها استفاده می‌شود که شامل اندازه‌گیری سطح آب، عمق، سرعت آب و دبی جریان است. پارامتر ضریب زبری مانینگ نقش اساسی در برآورد و میزان دبی رودخانه‌ها دارد. تخمین درست ضریب زبری مانینگ برای تعیین عواملی مانند عمق و سرعت جریان ضروری است. ضریب زبری هیدرولیکی در شرایط متنوع و پیچیده رودخانه‌ها متأثر از عوامل مختلفی است. مطالعات گسترده‌ای در ارتباط با شرایط متنوع جریان در رودخانه‌ها صورت گرفته است و طیف گسترده‌ای از روابط ارائه شده است. به‌منظور تخمین ضریب زبری مانینگ، باید عواملی را که بر مقدار آن تاثیر دارند مشخص و بررسی کرد که اهم این عوامل می‌توانند از زبری بستر و بدنه آبراهه، پوشش گیاهی، نامنظم بودن سطح مقطع آبراهه، نامنظمی



شکل ۷- همگرایی مناسب روش سطح پاسخ

Fig. 7- Appropriate convergence of the response surface method





شکل ۸- توزیع دبی در ازای تغییرات ضریب‌های مانینگ سمت راست، چپ و داخل کانال

Fig. 8- Flow distribution in changes of the Manning coefficients on the right and left side and center the channel

نتایج حاصل از روش سطح پاسخ برای برآورد ضریب‌های مانینگ ایستگاه‌های ۱۳ و ۲۲ و جایگذاری آن در نرم افزار Hec-Ras برای تعیین دبی این ایستگاه‌ها در جدول ۲ آورده شده است.

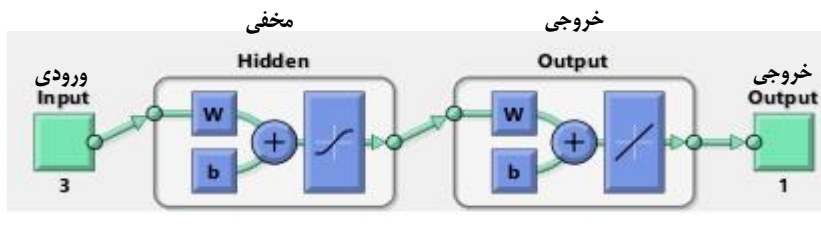
جدول ۲- دبی حاصل از روش سطح پاسخ و دبی مشاهده شده

Table 2- Discharge results from response surface method and observed discharge

شماره ایستگاه Station no.	مشاهداتی Observed	سطح پاسخ Surface response
13	290	329.4
22	30	41.87

نتایج حاصل از شبکه عصبی الگوریتم ژنتیک شبکه عصبی مورد نظر دارای ورودی ۳ پارامتری و خروجی ۲ پارامتری است که اطلاعات آن از مراحل قبلی به- دست آمده است. در شبکه عصبی تعدادی لایه مخفی در بین لایه خروجی و ورودی وجود دارد که مقدار آن بستگی خواهد داشت به شرایط مسئله و باید طوری تعیین گردد که شبکه عصبی بتواند همگرا شود و مقادیر مورد نظر را با خطای کم برآورد کند. نمودار شماتیک شبکه عصبی مورد نظر در شکل ۹ ارائه شده است.

نتایج حاصل از شبکه عصبی الگوریتم ژنتیک شبکه عصبی مورد نظر دارای ورودی ۳ پارامتری و خروجی ۲ پارامتری است که اطلاعات آن از مراحل قبلی به- دست آمده است. در شبکه عصبی تعدادی لایه مخفی در بین لایه خروجی و ورودی وجود دارد که مقدار آن بستگی خواهد داشت به شرایط مسئله و باید طوری تعیین گردد که شبکه عصبی بتواند همگرا شود و مقادیر مورد نظر را با خطای کم برآورد کند. نمودار شماتیک شبکه عصبی مورد نظر در شکل ۹ ارائه شده است.

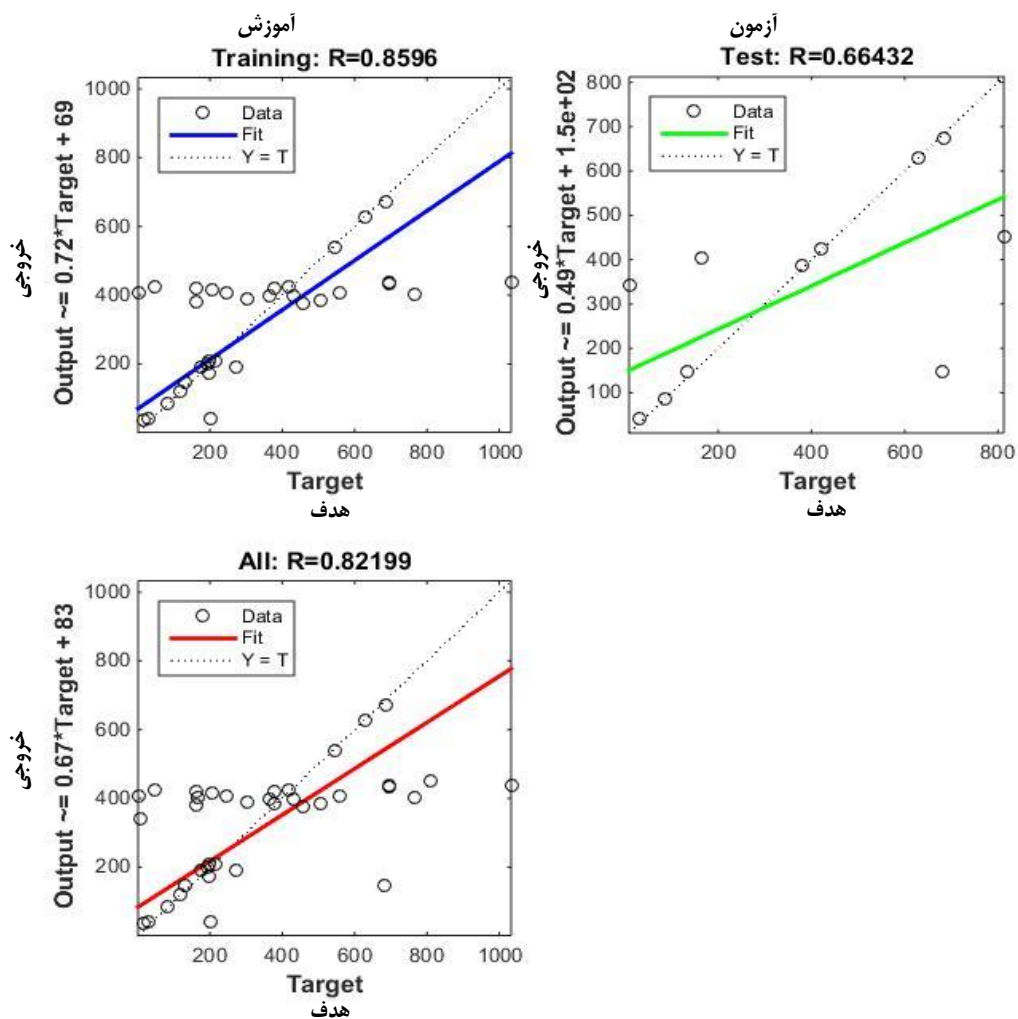


شکل ۹- نمودار شماتیک شبکه عصبی مورد استفاده در تحقیق حاضر

Fig. 9- Schematic diagram of the neural network used in this research

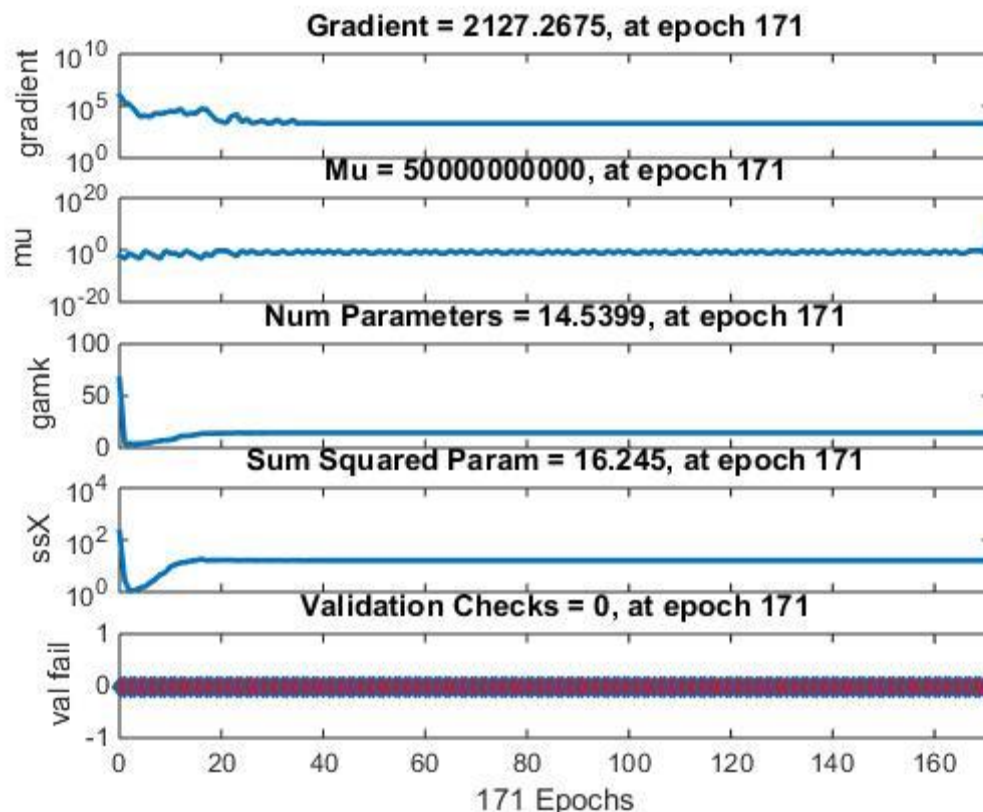
استفاده شده است. از الگوریتم Bayesian Regularization برای آموزش استفاده شده است. این نوع الگوریتم برای داده‌هایی با پراکندگی زیاد و تعداد کم مناسب است و در حالی که دقت بالایی برای آموزش دارد، زمان بیشتری برای این کار صرف می‌کند. در شکل‌های ۱۰ و ۱۱، رگرسیون و وضعیت آموزش شبکه عصبی نشان داده شده‌اند. همان‌طور که از نمودارهای زیر مشخص است، عملکرد شبکه عصبی به دلیل وجود خطای کم در برآورد، قابل استفاده برای اهداف این پژوهش است.

برای اهداف این تحقیق از جعبه ابزار خود نرم‌افزار MATLAB برای آموزش شبکه عصبی استفاده شده است. از گزینه‌های موجود برای این کار ابزار Neural Net Fitting مناسب خواهد بود. پس از وارد کردن مقادیر ماتریس‌های مورد نظر برای آموزش شبکه عصبی، تعداد ۱۰۰۰ لایه مخفی برای کاهش خطای آموزش در نظر گرفته شده است، هرچند این مورد زمان آموزش و تست شبکه عصبی را بسیار افزایش می‌دهد. از داده‌های موجود ۷۰ درصد برای آموزش، ۱۵ درصد برای راستی آزمایی و ۱۵ درصد برای آزمایش شبکه عصبی



شکل ۱۰- رگرسیون آموزش شبکه عصبی

Fig. 10- Neural network training regression



شکل ۱۱- وضعیت آموزش شبکه عصبی به‌ازای تکرار برنامه  
 Fig. 11- Neural network training status per program iteration

ضریب‌های مانینگ به‌دست آمده از الگوریتم ژنتیک وارد نرم افزار Hec-Ras گردید تا نتایج آنالیز با مشاهدات بررسی و مقایسه شوند. مقدار دبی مشاهده شده در ایستگاه‌های شماره ۱۳ و ۲۲ به ترتیب برابر با ۲۹۰ و ۳۰ متر مکعب بر ثانیه است که نتایج حاصل در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳- دبی جریان Hec-Ras برای ضریب‌های مانینگ به دست آمده از الگوریتم ژنتیک

Table 3- Hec-Ras flow rate for Manning coefficients obtained from the genetic algorithm

18	17	16	15	14	13	12	11	10	ایستگاه Station
355.13	281.52	111.83	53.98	343.3	308.03	263.51	196.21	101.21	دبی Flow rate
			24	23	22	21	20	19	ایستگاه Station
			175.5	101.66	27.89	642.17	570.78	459.44	دبی Flow rate

همانطوری که از نتایج حاصل از نرم افزار Hec-Ras مشخص است، دبی ایستگاه‌های شماره ۱۳ و ۲۲ به ترتیب برابر با ۳۰۸/۰۳ و ۲۷/۸۹ متر مکعب بر ثانیه به‌دست آمده است. خطای برآورد برابر است با اختلاف دبی برآورد شده با

این پژوهش مشخص گردید. در نتیجه مشخص گردید که بررسی ورودی‌های دارای عدم قطعیت ذاتی و هم‌چنین تعیین مقادیر مناسب آنها راه‌حل مناسبی برای بهبود روش‌های عددی است. حالت بهینه این موضوع زمانی خواهد بود که در روش‌های عددی مذکور بتوان با روابط ریاضی مقادیر این عدم قطعیت‌ها را وارد روند آنالیز کرد که این مورد می‌تواند موضوعی برای تحقیقات آینده بر پایه روش‌های قابل اعتماد باشد. برای مقایسه نحوه عملکرد هر یک از روش‌های ارائه شده در تحقیق حاضر، نتایج حاصل از هر یک روش‌ها در جدول ۴ و ۵ ارائه شده است. منظور از نتایج، مقادیر دبی به دست آمده از نرم افزار Hec-Ras به‌ازای ضریب‌های مانینگ به دست آمده از هر روش است که درصد خطای مورد نظر در مقایسه با دبی مشاهداتی مبنای انتخاب روش مناسب در تحقیق حاضر بوده است.

دبی مشاهده شده که به ترتیب برابر است با ۱۸/۰۳ و ۲/۱۱ متر مکعب بر ثانیه. درصد خطای برآورد برابر با نسبت خطای برآورد به مقدار مشاهداتی به ترتیب برابر با ۶/۲ درصد و ۷ درصد است که برای این تحقیق مقادیر قابل قبول و این نتیجه، عملکرد مناسب الگوریتم ژنتیک را برای بهینه‌یابی جریان شبیه‌سازی شده توسط شبکه عصبی نشان می‌دهد. از طرفی، کم بودن درصد خطا، صحت عملکرد برنامه مورد نظر را نیز مشخص می‌کند. در نتیجه، خطای برنامه ژنتیک در حد مطلوبی قرار دارد. همان‌طور که مشخص است ضریب‌های مانینگ از پارامترهای بسیار مهم و تاثیرگذار در نحوه رفتار جریان هستند که تغییر در آنها نتایج شبیه‌سازی را دچار تغییرات قابل توجهی می‌کند و این مقدار خود به دلیل شرایط محیطی دارای عدم قطعیتی است ذاتی که میزان تاثیر این عدم قطعیت در عملکرد روش‌های عددی به روشنی در

جدول ۴- نتایج عددی شبیه سازی با روش سطح پاسخ و الگوریتم ژنتیک

Table 4- Numerical results of simulation with response surface method and genetic algorithm

دبی جریان (متر مکعب در ثانیه) Flow rate (m <sup>3</sup> /s)			شماره ایستگاه Station no.
روش پاسخ سطحی response surface method	روش الگوریتم ژنتیک Genetic algorithm method	مشاهداتی Observed	
329.4	308.03	290	13
41.87	27.89	30	22

جدول ۵- درصد خطای حاصل از شبیه سازی با روش سطح پاسخ و الگوریتم ژنتیک

Table 5- Percentage of error resulting from simulation with response surface method and genetic algorithm

درصد خطا Percentage of error		شماره ایستگاه Station no.
روش پاسخ سطحی response surface method	روش الگوریتم ژنتیک Genetic algorithm method	
13.5	6.2	13
41.87	7.0	22



❖ ضریب‌های مانینگ از پارامترهای بسیار مهم و تاثیرگذار در رفتار جریان شبیه‌سازی شده است که با تغییری کوچک در آن، مدل شبیه‌سازی شده دستخوش پراکندگی قابل توجهی می‌شود که در روند آنالیز باید در نظر گرفته شود تا نتایج حاصل با واقعیت تفاوت قابل توجهی نداشته باشند.

❖ بهینه‌سازی پارامتری است موثر در رفتار جریان شبیه‌سازی شده و روندی است فرسایشی و زمان‌بر که استفاده از شبکه عصبی به دلیل وجود سرعت همگرایی بالا این روند بسیار سریع‌تر و قابل اعتمادتر می‌گردد.

❖ درصد خطای برآورد برابر با نسبت خطای برآورد به مقدار مشاهداتی به ترتیب برابر با ۶/۲ درصد و ۷ درصد است که برای این تحقیق مقداری است قابل قبول و این نتیجه، عملکرد مناسب الگوریتم ژنتیک را برای بهینه‌یابی جریان شبیه‌سازی شده توسط شبکه عصبی نشان می‌دهد. از طرفی، کم بودن درصد خطا صحت عملکرد برنامه مورد نظر را نیز مشخص می‌کند. در نتیجه خطای برنامه ژنتیک در حد مطلوبی قرار دارد.

❖ استفاده از ضریب‌های مانینگ به‌دست آمده از الگوریتم ژنتیک در بهترین حالت رفتار سیلاب را در منطقه با نرم افزار Hec-Ras شبیه‌سازی می‌کند، در نتیجه برای جریان‌های دیگری که در این منطقه در آینده رخ خواهد داد می‌توان از ضریب‌های مانینگ ارائه شده توسط الگوریتم ژنتیک استفاده کرد تا شبیه‌سازی جریان نزدیک به واقعیت باشد.

درصد خطای برآورد در روش الگوریتم ژنتیک برابر با نسبت خطای برآورد به مقدار مشاهداتی به ترتیب برابر با ۶/۲ درصد و ۷ درصد است که در مقایسه با روش RSM کمتر است و برای این تحقیق مقداری قابل قبول خواهد بود و این نتیجه، عملکرد مناسب الگوریتم ژنتیک را برای بهینه‌یابی جریان شبیه‌سازی شده توسط شبکه عصبی نشان می‌دهد. از طرفی، کم بودن درصد خطا، صحت عملکرد برنامه مورد نظر را نیز مشخص می‌کند. در نتیجه، خطای برنامه ژنتیک در حد مطلوبی قرار دارد.

### نتیجه‌گیری کلی

در تحقیق حاضر، به منظور به‌روزرسانی مدل عددی جریان غیردائمی در شبکه کانال‌های روباز با استفاده از روش ترکیبی سطح پاسخ و روش‌های فراکاوشی، شاخه‌ای از رود گرمابدر (زیقون) انتخاب شد و از نرم افزار Hec-Ras به عنوان روش عددی استفاده شده است. شبکه عصبی نیز برای شبیه‌سازی روش عددی انتخاب شد تا در روند استفاده از روش الگوریتم ژنتیک بتوان پارامترهای مورد نظر را بهینه‌سازی کرد. نتایج حاصل از آنالیز عددی بدین‌صورت قابل جمع بندی است:

❖ الگوریتم ژنتیک روشی قدرتمند برای تعیین مقادیر پارامترهای موثر در عملکرد جریان شبیه‌سازی شده است و ترکیب آن با شبکه عصبی ابزاری قدرتمند برای اهداف مهندسی از جمله آنالیز رفتار کانال‌های روباز است که همگرایی سریع آن در این مسایل نقطه قوتی برای انتخاب در موارد مشابه باشد.

## منابع

- Abbasi, A. and Malek Nejad Yazdi, M. (2012). Investigation of Effective Parameters on Manning Coefficient in Rivers and Obtain the New Relation for Estimate it (Case Study: Ferizi River). *Water and Soil*, 26(5), 1308-1317 (In Persian).
- Abdi, R. Endreny, T. & Nowak, D. (2020). i-Tree cool river: An open source, freeware tool to simulate river water temperature coupled with HEC-RAS. *MethodsX*, 7, 100808.
- Bush, S. T. Dresback, K. M. Szpilka, C. M. & Kolar, R. L. (2022). Use of 1D Unsteady HEC-RAS in a Coupled System for Compound Flood Modeling: North Carolina Case Study. *Journal of Marine Science and Engineering*. 10(3), 306.
- Chang, T. J. Kao, H. M. Chang, K. H. & Hsu, M. H. (2011). Numerical simulation of shallow-water dam break flows in open channels using smoothed particle hydrodynamics. *Journal of Hydrology*. 408(1), 78-90.
- Chapokpour, J. and Daneshfaraz, R. (2013). Sedimentary study of Qarranqu river using Hec-Ras. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, 4(11), 3582-3591.
- Daneshfaraz, R. Dasineh, M. and Ghaderi, A. (2019). Evaluation of scour depth around bridge piers with HEC-RAS (case study: Bridge of Simineh Rood, Miandoab, Iran). *Environment and Water Engineering*, 5(2), 91-102 (In Persian).
- Emami, H. Emami, S. and Heydari, S. (2019). Prediction Suspended Sediment Load of River Using Meta-heuristic Algorithms. *Iranian Journal of Irrigation & Drainage*. 13(5), 1426-1438 (In Persian).
- Ghezelsouflu, A.A. and Jaafzadeh, M.R. (2008). Numerical modeling of shallow water flow with static and dynamic sharp waves. *Technical Engineering Journal of Islamic Azad University of Mashhad*. 2(2): 27-40 (In Persian).
- Guideline for determination of the hydraulic roughness coefficient of rivers, Management and planning organization, Islamic Republic of Iran, No. 688 (In Persian).
- He, Z. Wu, T. Weng, H. Hu, P. & Wu, G. (2015). Numerical simulation of dam-break flow and bed change considering the vegetation effects. *International Journal of Sediment Research*. 32(1), 102-120.
- Hsu, C.T. & Yeh, K.C. (2002). Iterative explicit simulation of 1D surges and dam-break flows. *International Journal for Numerical Methods in Fluids*. 38 (7), 647-675.
- Joshi, M. M., and Shahapure, S. S. 2020. Flood susceptibility mapping for part of Bhima River basin using two-dimensional HEC-RAS model. In *Techno-Societal 2018: Proceedings of the 2nd International Conference on Advanced Technologies for Societal Applications-Volume 1* (pp. 595-605). Springer International Publishing.
- kamakoly, S. Esmaili varaki, M. and Navabian, M. (2022). Experimental investigation of effect of the efficiency block ramp on increasing the dissolved oxygen in semi-uniform regime. *Irrigation and Drainage Structures Engineering Research*. 23(86), 19-50 (In Persian).
- Karimi, R. Minatoor, Y and Akhtari, A.A. (2013). Application of Finite Element Method in Simulation of One-Dimensional Unsteady Flow. *First National Conference of Civil Development, Rasht* (In Persian).
- Khabaz Tamimi, M.R. Kolahdozan, M. and Majdzadeh Tabatabai, H. (2014). two-dimensional modeling of flow in rivers using curvilinear networks. *5th Iran Hydraulics Conference, Kerman* (In Persian).
- LaRocque, L. A. Imran, J. & Chaudhry, M. H. (2012). Experimental and numerical investigations of two-dimensional dam-break flows. *Journal of Hydraulic Engineering*. 139(6), 569-579.
- Larocque, L. A. Imran, J. & Chaudhry, M. H. (2013). 3D numerical simulation of partial breach dam-break flow using the LES and  $k-\epsilon$  turbulence models. *Journal of Hydraulic Research*. 51(2), 145-157.
- Mahjoub, A. Ghayashi, R. Gwashiri, Z. (2009). Numerical modeling of flow in the location of river bridges and investigation of the effect of water guide wall on horizontal vortices. *5th National Congress of Civil Engineering, Mashhad* (In Persian).
- Mousavi, F. and Daneshfaraz, R. (2013). Evaluating various factors in calculation of scour depth around bridge piers using HEC-RAS Software, CSU2001 and Froehlich equations. *Journal of Civil Engineering and Urbanism*, 3(6), 398-402.

- Pirozzoli, S. (2011). Numerical methods for high-speed flows. *Annual review of fluid mechanics*. 43, 163-194.
- Pořízková, P. Kozel, K. & Horáček, J. (2012). Numerical simulation of unsteady compressible flow in convergent channel: pressure spectral analysis. *Journal of Applied Mathematics*.
- Uca, U. Lamada, M. Arfan, A. & Haris, N. A. (2023). Flood Modelling Using Integration of Multi-data Analysis and HEC-RAS Model in Mata Allo River, Sulawesi. *In E3S Web of Conferences*. 400: 01004.
- Zarei ghorkhodi, A. Shahnazari, A. and Mohammadi, F. (2022). Evaluation of the effect of dams on runoff and sediment parameters using SWAT model (Case study: Tajan River watershed, Mazandaran). *Iranian Journal of Irrigation & Drainage*. 16(2), 294-307 (In Persian).
- Zehtab, R. Akbari, M.H and Alishahi, M.M. (2016). Numerical modeling of flow in an ultrasonic shock turbine. *10th Fluid Dynamics Conference, Yazd* (In Persian).



## **Using the Response Surface and Heuristic Methods in Updating the Numerical Model of Unsteady Flow in River Networks (Case study: Garmabdar river)**

Farhoud Kalateh\*, Ehsan Aminvash

\* **Corresponding Author:** Associate professor, Faculty of civil engineering, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

**Received:** 3 August 2023, **Accepted:** 6 February 2024

**Email:** F.kalateh@gmail.com

**[https://doi.org/ 10.22092/IDSER.2024.363104.1550](https://doi.org/10.22092/IDSER.2024.363104.1550)**

### **Introduction**

Nowadays, numerical modeling is known as a powerful method and tool in investigating practical phenomena. So that this method is used in many fields of engineering. Although the numerical model of an engineering problem is usually prepared based on several simplifying assumptions, it is possible that this numerical model does not reflect all aspects of the real problem and is not able to show the real behavior in reality. Direct updating methods use the analytical solution of the problem for this purpose, although these methods specify the necessary corrections without the need to repeat calculations and in one step, but in most cases such corrections do not have a physical meaning in reality but iteration-based updating methods require sensitivity analysis of the effective parameters in the problem in order to find the impact of each of them. One of the solutions to deal with the time-consuming problem of multiple re-analyses in numerical models prepared by commercial software during model updating based on sensitivity analysis is to replace the numerical model with an approximate representative model known as meta-models. The response surface method is one of the common methods for building such meta-models. The response surface technique is actually a test design method to select the design parameters in the experiment with the aim of optimizing some system response functions. From this point of view, the research regarding the response of the network of open channels to the arrival of the flood wave and predicting the characteristics of the flow in the branches of the network can be the solution to minimize the damages caused by it.

### **Methodology**

In this research, in order to update the numerical model of unsteady flow in the network of open channels by using the combined method of response surface and meta-exploration methods, a branch of the Garmabdar River (Ziquon) has been selected, and the desired data has been prepared and sorted. Hec-Ras software has been used as a numerical method. Neural network is also chosen for simulating the numerical method so that the desired parameters can be optimized in the process of using the genetic algorithm method. This area is located in the northern part of

Iran and in the northeast of Tehran province. The geographical coordinates include longitude 51 degrees 32 minutes to 51 degrees 38 minutes and latitude 35 degrees 51 minutes to 35 degrees 58 minutes. MATLAB software has been used to build a meta-model or an alternative model. MATLAB is a software that can be called the language of mathematics and modern engineering sciences.

### **Results and Discussion**

As it is clear from the results of the Hec-Ras program, the discharge of stations number 13 and 22 is equal to 308.03 and 27.89 cubic meters per second, respectively. The estimation error is equal to the difference between the estimated flow rate and the observed flow rate, which is 18.03 and 2.11 cubic meters per second, respectively. The percentage of the estimation error is equal to the ratio of the estimation error to the observed value is equal to 6.2% and 7%, respectively, which is an acceptable value for this research, and this result shows the appropriate performance of the genetic algorithm for optimizing the flow simulated by It shows the neural network, on the other hand, the low percentage of error also determines the accuracy of the intended program. As a result, the error of the genetic program is at an optimal level. As it is known, Manning's coefficients are very important and influential parameters in the behavior of the flow, the change in which causes significant changes in the simulation results. The effect of this uncertainty on the performance of numerical methods was clearly identified in this research. As a result, examining inputs that have inherent uncertainty and determining their appropriate values is a suitable solution for improving numerical methods.

### **Conclusions**

- ❖ Genetic algorithm is a powerful method to determine the values of effective parameters in simulated flow performance, and its combination with neural network is a powerful tool for engineering purposes, including the analysis of the behavior of open channels, whose fast convergence is a strong point to choose in these problems. in similar cases.
- ❖ Manning's coefficients are very important and influential parameters in the simulated flow behavior, with a small change in it, the simulated model undergoes significant dispersion, which should be considered in the analysis process so that the results are not significantly different from reality.
- ❖ Optimizing an effective parameter in simulated flow behavior is an erosive and time-consuming process, and the use of neural network becomes much faster and more reliable due to the high convergence speed of this process.

**Keywords:** Genetic algorithm, Optimization, Update of numerical models, Simulation, HecRas mathematical model.



©2020 Food Engineering Research, Karaj, Iran. This is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons attribution 4.0 International (CC BY 4.0 license)