ارزیابی اثرات ساماندهی رودخانه کارون بر مشخصات هیدرولیک جریان (مطالعه موردی: محدوده شهری اهواز)

مرجان کردانی[۱]*، علی‌محمد آخوند علی [۲]، سمانه عبدویس[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و مهندسی آب-منابع آب، دانشگاه شهید چمران اهواز (Marjan.kordani@yahoo.com)
۲- استاد تمام، گروه هیدرولوژی و منابع آب، دانشگاه شهید چمران اهواز
۳- کارشناس ارشد سازمان آب و برق خوزستان

چکیده

شناخت رفتار رودخانه و اقدامات مهندسی به‌جا و انجام فعالیت‌های سازگار با طبیعت رودخانه، همواره دغدغه‌ی مهندسین این رشته بوده است. از طرفی پیش‌بینی رفتار هیدرولیکی رودخانه در مقابل سیلاب‌های احتمالی جهت کاهش خسارت واردشده به مزارع و شهرها و یا تأسیسات در حال ساخت در اطراف رودخانه‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هست. شناخت ویژگی‌های رودخانه که به شناخت رفتار رودخانه‌ها در محدوده‌های زمانی و مکانی منجر می‌شود اهمیت ویژه‌ای در توسعه‌ی مدل‌های مفهومی در ارتباط با محیط‌های رودخانه‌ای دارد. برای این منظور سناریو تعمیق رودخانه در محدوده اهواز شبیه‌سازی و مدل HEC-RAS بر مسیر مذکور به ازای سیلاب‌ها با دوره بازگشت‌های مختلف اجرا شد. نتایج صحت سنجی ضریب ناش-ساتکلیف برای تراز سطح آب در محدوده موردمطالعه، بیش از ۰/۹۹ تعیین گردید که نشان‌دهنده دقت بالای این روش در شبیه‌سازی جریان در رودخانه کارون می‌باشد. پس از تعیین مشخصه های جریان هیدرولوژیکی با احتمال وقوع بالا، با کمک نرم افزار HEC-RAS اقدام به شبیه سازی کانال لایروبی در محدوده مورد مطالعه شد. نتایج نشان داد که با حذف کامل جزایر رسوبی تراز سطح آب به طور میانگین ۰٫۵۵ متر کاهش پیدا می‌کند و توانایی عبور دبی‌های بالاتر از ۳۷۰۰ متر مکعب بر ثانیه را ندارد. لذا نیاز هست که با افزایش بازه کانال لایروبی و ایجاد سازه‌های کنترل سیلاب در محدوده رودخانه ظرفیت آبگذری رودخانه کارون را تا حد قابل قبولی افزایش داد.

واژه‌های کلیدی: ساماندهی، مدل HEC-RAS، ضریب ناش-ساتکلیف، رودخانه کارون، شبیه‌سازی

۱- مقدمه

شناخت رفتار رودخانه و اقدامات مهندسی به‌جا و انجام فعالیت‌های سازگار با طبیعت رودخانه، همواره دغدغه‌ی مهندسین این رشته بوده است. از طرفی پیش‌بینی رفتار هیدرولیکی رودخانه در مقابل سیلاب‌های احتمالی جهت کاهش خسارت واردشده به مزارع و شهرها و یا تأسیسات در حال ساخت در اطراف رودخانه‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هست. مورفولوژی[۱] هر رودخانه تحت تأثیر فرایندهای حاکم بر آن ازجمله شرایط اقلیمی، هیدرولوژیکی، هیدرولیکی، وضعیت فرسایش و رسوب‌گذاری و نیز خصوصیات زمین‌شناسی و توپوگرافی رودخانه و حوضه‌ی بالادست آن است. شناخت ویژگی‌های رودخانه که به شناخت رفتار رودخانه‌ها در محدوده‌های زمانی و مکانی منجر می‌شود اهمیت ویژه‌ای در توسعه‌ی مدل‌های مفهومی در ارتباط با محیط‌های رودخانه‌ای دارد.

[۱] Morphology

تغییرات مورفولوژیکی در بستر رودخانه‌ها پدیده‌ای غیرقابل‌اجتناب می‌باشد. این تغییرات در طول سالیان سال و به‌تدریج براثر عوامل طبیعی و یا به‌صورت ناگهانی و تشدید شونده براثر دخالت‌های بشر رخ می‌دهند. تغییرات مورفولوژیکی عمدتاً به دو صورت کلی یعنی تخریب کناره و بستر و یا رسوب‌گذاری در آن‌ها رخ می‌دهد که بیانگر روند فرسایش و یا رسوب‌گذاری در رودخانه است. مطالعات نشان داده است که رودخانه‌ی کارون تحت تاثیر رسوب‌گذاری در بازه رودخانه‌ای میان ایستگاه ملاثانی— فارسیات قرارگرفته است و تراز پروفیل سطح آب در دبی‌های با دوره بازگشت‌های مختلف نسبت به گذشته افزایش‌یافته است. این موضوع نشان‌دهنده‌ی کاهش ظرفیت آبگذری در رودخانه می باشد که درنتیجه با بالا آمدن رقوم سطح آب در هرسال برای سیل با دوره بازگشت‌های یکسان پهنه‌بندی سیلاب اطراف رودخانه وسیع‌تر می‌گردد که تهدیدی جدی برای ساکنین در اطراف رودخانه می‌باشد[۱, ۲].

اصلاح مقطع و مسیر رودخانه راهکاری برای کنترل سیلاب است که برای افزایش ظرفیت هیدرولیکی رودخانه‌ها و مسیل‌ها و همچنین زیاد کردن قدرت انتقال انجام می‌پذیرد و سبب تسریع عبور جریان سیلاب و کاهش تراز سطح آب از محدوده‌ی موردنظر می‌گردد[۳].

نرم‌افزار HEC-RAS با استفاده از GIS توانایی آن را دارد تا با استفاده از دوره بازگشت‌های مختلف، تراز سطح آب را در کانال‌های طبیعی، مصنوعی و همچنین تأثیر سازه‌های رودخانه‌ای نظیر پل، کالورت و سرریز را شبیه‌سازی نماید تا پهنه‌بندی سیل به‌صورت سه‌بعدی امکان‌پذیر گردد[۴].

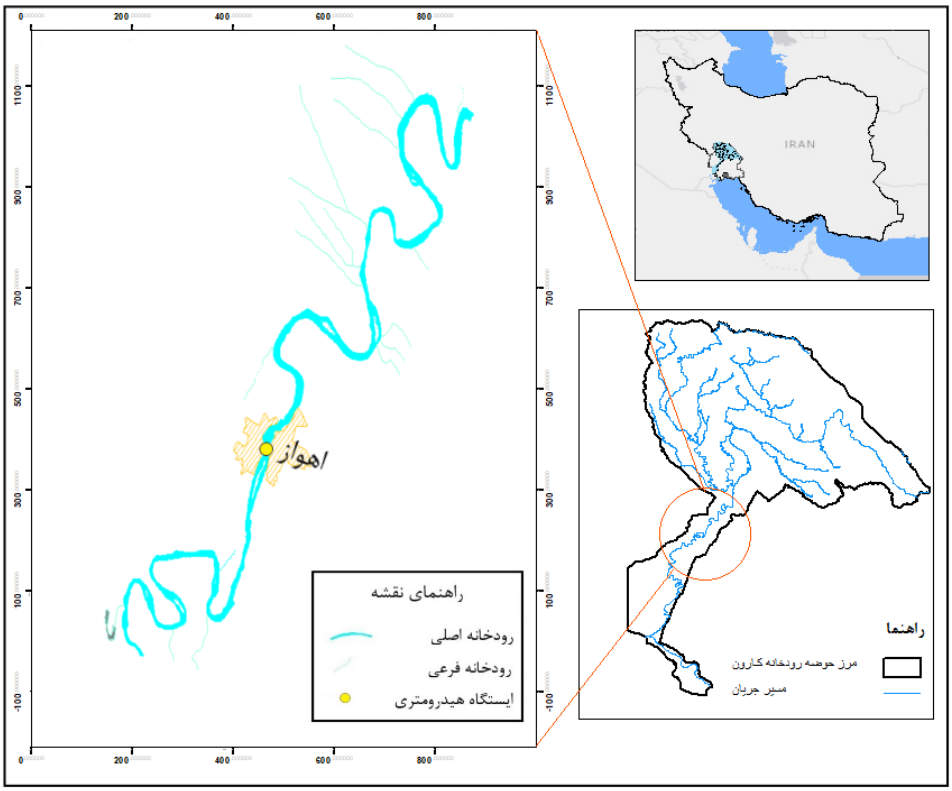
نوحانی و همکاران (۱۳۹۷)، مطالعات ریخت‌شناسی دارای اهمیت ویژه‌ای در ساماندهی رودخانه و تعیین حریم و بستر رودخانه می‌باشد. به همین منظور بازه‌ای از رودخانه زهره به طول ۶۰ کیلومتر به‌عنوان منطقه موردمطالعه قرار گرفت. روش‌های ساماندهی مورداستفاده در تحقیق آن‌ها احداث آب‌شکن، پوشش سنگچین، احداث دیواره بتنی، پوشش گیاهی، گوره و صفحات مستغرق می‌باشد. نتایج حاصل از خروجی مدل HEC-RAS نشان داد که گزینه آبشکن–گوره با کاهش ۱۳,۵ درصدی تنش برشی نسبت به شرایط موجود که دلیل بر کاهش فرسایش در سواحل رودخانه می‌باشد به‌عنوان روش برتر ازنظر هیدرولیکی از بین روش‌های مذکور در بازه‌ی موردنظر انتخاب و معرفی گردید[۵]. شاهی نژاد و همکاران (۱۳۸۵)، درتحقیقی شرایط هیدرولیکی سیلاب در محدوده شهری اهواز، با استفاده از مدل ریاضی HEC-RAS را موردبررسی قراردادند. مقایسه نتایج نشان داده است که وجود جزیره موزه آب به‌تنهایی دلیلی برای افزایش رقوم سطح آب نبوده و مقاطع کنترل جریان در پایین‌دست بوده و بایستی اقدامات بهسازی لازم ازجمله لایروبی و انحراف سیلاب برای بهبود و اصلاح ظرفیت آبگذری جریان در محدوده شهری اهواز صورت گیرد.[۶]. موسی پور و همکاران (۱۳۹۷)، اقدام به ساماندهی محدوده ای از رودخانه بابل با کمک مدل HEC-RAS کردند. با توجه به خروجی نرم‌افزار HEC-RAS و بررسی‌های اجمالی استفاده از خاک‌ریز سیل بند را در محدوده ای از رودخانه بابل رود را ازنظر اقتصادی مرون‌به‌صرفه دانستند[۷].

رودخانه کارون بزرگ از به هم پیوستن دو رودخانه اصلی کارون و دز در محل بند قیر واقع در دشت میانی خوزستان به وجود آمده است. پس از الحاق این دو رودخانه به یکدیگر و تشکیل کارون بزرگ، این رودخانه به سمت جنوب جریان یافته و با عبور از ملاثانی و اهواز در امتداد کلی جنوب غربی ادامه مسیر می‌دهد. رودخانه کارون بزرگ در مواقع بروز رگبارهای شدید در حوضه، جریان شدید سیلابی را به دشت‌های اطراف سرازیر می‌نماید و مناطق اطراف را خصوصاً در نواحی دشت جنوبی خوزستان بشدت غرقاب و خسارات زیادی را نیز تحمیل می‌نماید. این رودخانه در خرمشهر به رودخانه‌های بهمنشیر و اروندرود و از آن طریق به خلیج‌فارس می‌پیوندد.تأثیرات جزر و مدی خلیج‌فارس روی این رودخانه خصوصاً در نواحی پایین‌دست ایستگاه دارخوین قابل‌ملاحظه بوده و در افزایش میزان تخلیه سیلاب رودخانه و مدت سیل گیری تاثیر بسزایی دارد. سرشاخه‌های اصلی رودخانه کارون عبارت‌اند از بهشت‌آباد، کوهرنگ، آب ونک، بازفت و خرسان و سرشاخه‌های اصلی رودخانه دز عبارتند از سزار و بختیاری.

هدف از مطالعه جاری دست‌یابی به ابزاری است که بتوان با توجه به محدودیت شیب بستر رودخانه کارون در جلگه خوزستان، آبگذری سیلاب را آن‌چنان افزایش داد تا شرایط ایمنی مطلوب برای شهرها و روستاهای اطراف آن فراهم گردد. برای این منظور سناریو تعمیق رودخانه با حذف کامل جزایر رسوبی در محدوده شهری اهواز و مدل HEC-RAS بر مسیر مذکور به ازای سیلاب‌ها با دوره بازگشت‌های مختلف اجرا شد تا معلوم گردد چنین تغییراتی برافزایش سیل گذری مؤثر هست یا خیر.

۲- مواد و روشها

حوضه آبریز رودخانه کارون به مختصات ´۱۰ °۴۸ تا ´۳۰ °۵۲ طول شرقی و ´۲۰ °۳۰ تا ´۵۰ °۳۲ عرض شمالی قرار دارد. بازه موردمطالعه بر روی رودخانه کارون به طول تقریبی ۳۴ کیلومتر است که در این بازه ایستگاه هیدرومتری اهواز قرار دارد. شکل(۱) موقعیت بازه موردمطالعه، مسیر جریان و موقعیت ایستگاه هیدرومتری واقع در این بازه را نشان می‌دهد. داده‌هایی که برای تجزیه‌وتحلیل ساماندهی رودخانه کارون در این پژوهش مورداستفاده قرارگرفته است از سازمان آب و برق خوزستان اخذ گردید. به‌منظور استخراج سناریوهای شبیه‌سازی هیدرولیکی، دبی‌های اوج لحظه‌ای در محدوده موردمطالعه در نظر گرفته‌شده است. ازآنجایی‌که سیلاب محدوده موردمطالعه تحت تاثیر سیلاب حوضه و عملکرد سدهای سری و موازی سامانه کارون بزرگ و حتی حوضه‌های میانی شهر تنظیمی می‌باشد برای برآیند فعالیت هیدرولوژیکی حوضه میانی، سیستم رودخانه‌ای و خروجی سدهای گتوند علیا و دز به‌عنوان شرایط مرزی سیل در محدوده موردمطالعه در نظر گرفته‌شده است.



شکل ۱ – موقعیت حوضه آبریز کارون بزرگ در نقشه ایران و محدوده موردمطالعه

جهت ساماندهی رودخانه کارون از نرم‌افزار HEC-RAS که توسط گروه مهندسین مشاور ارتش آمریکا[۱] توسعه‌یافته است، استفاده گردید. در این مدل روش حل معادلات در حالت جریان پایدار، روش استاندارد گام‌به‌گام[۲] و در حالت ناپایدار روش تفاضل‌های محدود ضمنی[۳] می‌باشد. مدل می‌تواند در جریان زیربحرانی، فوق بحرانی و جریان ترکیبی همراه با جهش هیدرولیکی، پارامترهای هیدرولیکی و پروفیل سطح آب را محاسبه کند[۸]. معادلات حاکم در جریان ماندگار، پروفیل سطح آب از یک مقطع به مقطع دیگر با حل معادله انرژی محاسبه

---

[۱] United States Army Corps of Engineers (USACE)

[۲] Step method

[۳] Implicit finite difference

می‌شود. حل این معادله با روش تکرار که روش استاندارد نامیده می‌شود، انجام می‌گیرد. معادلات جریان ماندگار حاکم بر مدل HEC-RAS به صورت زیر می باشند:

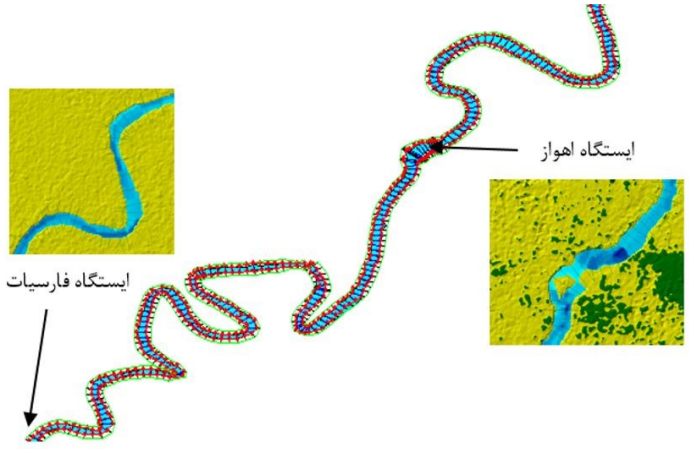
$$Y_2 + Z_2 {}^{\alpha_2 V_2^2}/_{2g} = Y_1 + Z_1 {}^{\alpha_1 V_1^2}/_{2g} + h_e \quad (1)$$

$$h_e = LS_f + C({}^{\alpha_2 V_2^2}/_{2g} \times {}^{\alpha_1 V_1^2}/_{2g}) \quad (2)$$

در روابط فوق Y: عمق آب بین دو مقطع ، Z: تراز کف رودخانه بین دو مقطع ، V: سرعت متوسط بین دو مقطع(m/s)، α: ضرایب وزنی سرعت بین دو مقطع ، g: شتاب جاذبه h_e: افت انرژی، L: طول بازه، S_f: شیب اصطکاک بین دو مقطع، C: ضریب افت انبساط و انقباض مقطع است.

با توجه به اینکه سیلاب ورودی به محدوده موردمطالعه رودخانه کارون در فاصله حدود ۲۰۰ کیلومتری از سد دز و ۱۵۰ کیلومتری از سد گتوند واقع‌شده است، لازم است سیلاب خروجی از سدهای فوق تا ابتدای محدوده مطالعاتی (ملاثانی) با استفاده از یک مدل هیدرولیکی مناسب روند یابی گردد. لذا با استفاده از مطالعات انجام‌شده درگذشته، مقادیر پیک و هیدروگراف سیلاب تنظیمی رودخانه‌ی کارون تعیین و با استفاده از نرم‌افزار مناسب سیلاب تنظیمی با دوره بازگشت‌های مختلف در ابتدای محدوده مطالعاتی تعیین‌شده است. به‌منظور تحلیل فراوانی سیلاب و تعیین دوره‌های بازگشت مختلف داده‌های حداکثر لحظه‌ای سیل برای طول دوره آماری ۳۰ ساله ایستگاه هیدرومتری منتخب بر روی رودخانه کارون مدنظر قرار گرفت. بر اساس ملاحظات فوق، مقادیر دبی اوج شبیه سازی شده شده برای دبی‌های با دوره بازگشت ۲، ۵ و ۱۰ ساله به ترتیب ۲۷۷۷، ۳۷۵۴ و ۳۹۱۱ متر مکعب بر ثانیه می‌باشد.

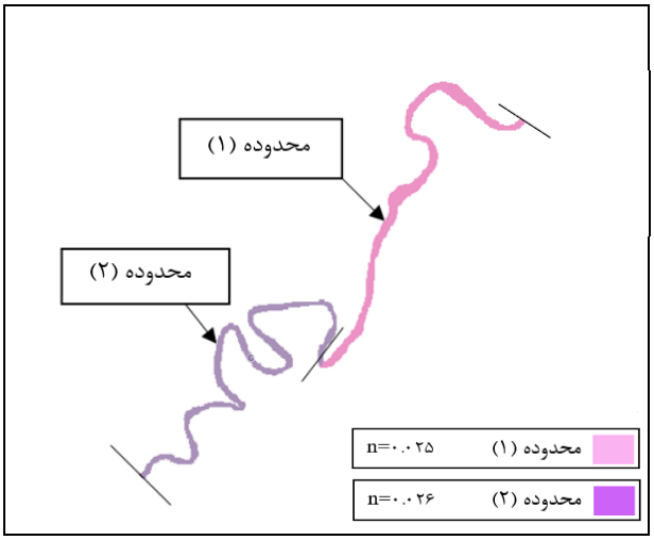
هندسه مقطع در رودخانه از اساسی‌ترین اطلاعات موردنیاز در شبیه‌سازی جریان رودخانه است. پارامترهایی چون سرعت، عمق و سطح مقطع رودخانه با عبور جریان و بر اساس هندسه مقطع رودخانه محاسبه می‌گردد. در شکل (۲) رودخانه کارون و مقاطع عرضی ایجاد شده پس از مدل سازی در HEC-RAS نمایش داده شده‌اند. علاوه بر این، موقعیت ایستگاه‌های آب‌سنجی اهواز و فارسیات بر روی پلان رودخانه مشخص شده‌اند. جهت تعیین ضریب زبری مانینگ در محدوده مورد مطالعه از تحقیقات صورت گرفته توسط مهندسین مشاور دزآب (۱۳۸۱) استفاده گردید. بر این اساس محدوده طرح به ۲ قسمت مجزا با توجه به شرایط رودخانه تقسیم شده و برای هر قسمت بر اساس کالیبراسیون صورت گرفته، مقدار ضریب مانینگ تعیین گردید. تقسیم‌بندی محدودهٔ طرح و میزان ضریب زبری مانینگ برای هر قسمت در شکل (۳) نشان داده شده است. بدین ترتیب مقدار ضریب زبری مانینگ در ایستگاه‌های اهواز و فارسیات به ترتیب ۰/۰۲۵ و ۰/۰۲۶ در نظر گرفته شد. مختصات UTM ابتدا و انتهای هر محدوده از رودخانه کارون برای مشخص کردن ضرایب زبری مانینگ نیز در جدول (۱) ارائه شده است.



شکل ۲- پلان رودخانه کارون در بازه مورد مطالعه و موقعیت ایستگاه‌های آب‌سنجی

جدول ۱- مختصات UTM تقسیم بندی رودخانه کارون براساس ضریب زبری مانینگ

محدوده‌ها	ضریب مانینگ	مختصات ابتدای محدوده		مختصات انتهای محدوده	
		طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
محدوده (۱)	۰/۰25	۲۷۹۸۱۲/۲۷	۳۴۷۳۵۳۷/۵	/۳۷۲۷۴۲۶۶	/۳۵۳۴۵۸۱۹۲
محدوده (۲)	۰/۰۲۶	/۳۷۲۷۴۲۶۶	/۳۵۳۴۵۸۱۹۲	۲۶۲۸۲۸/۷	۳۴۵۱۱۵۱/۱۹



شکل ۳- میزان ضریب زبری مانینگ برای هر قسمت از رودخانه کارون

جهت مقایسه و ارزیابی کارایی مدل HEC-RAS از معیارهای آماری جذر میانگین مربعات خطا (RMSE)، ضریب تبیین (R^2) و ضریب ناش-ساتکلیف (NSE) جهت تراز سطح آب در ایستگاه اهواز استفاده شده است[۹].

$$R^2 = \frac{\left[\sum\left(\Psi_s^{measured} - \overline{\Psi_s^{measured}}\right)\left(\Psi_s^{computed} - \overline{\Psi_s^{computed}}\right)\right]^2}{\sum\left(\Psi_s^{measured} - \overline{\Psi_s^{measured}}\right)^2 \sum\left(\Psi_s^{computed} - \overline{\Psi_s^{computed}}\right)^2} \quad (۳)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N}\sum\left(\Psi_s^{measured} - \Psi_s^{computed}\right)^2} \quad (۴)$$

$$NSE = 1 - \frac{\sum\left(\Psi_s^{measured} - \Psi_s^{computed}\right)^2}{\sum\left(\Psi_s^{measured} - \overline{\Psi_s^{measured}}\right)^2} \quad (۵)$$

در روابط فوق $\Psi_s^{measured}$ مقادیر مشاهداتی، $\Psi_s^{computed}$ مقادیر تراز سطح آب پیش‌بینی‌شده، n تعداد داده‌ها و $\overline{\Psi_s^{measured}}$ میانگین مقادیر تراز سطح آب می‌باشد.

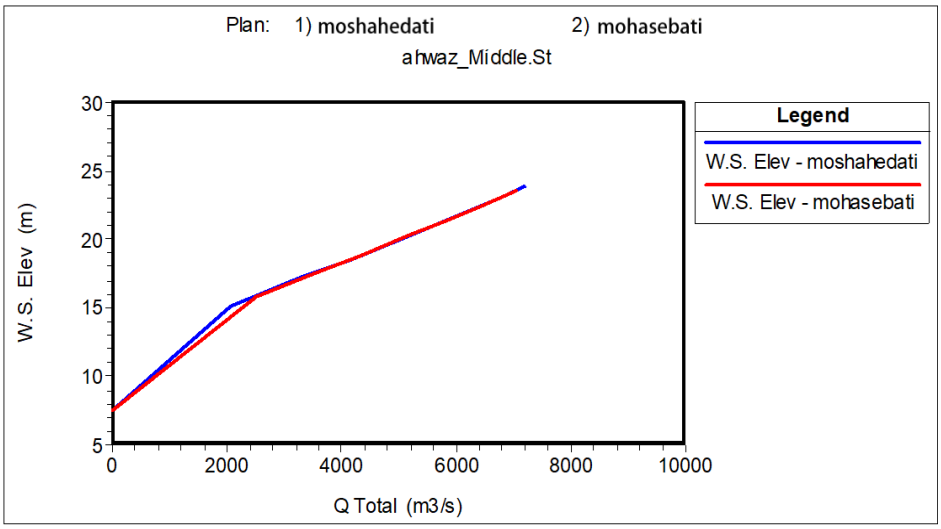
۳- نتایج و بحث

۳-۱. شرایط مرزی مدل

مدل‌های عددی مهندسی رودخانه جهت شبیه‌سازی جریان نیاز به شرایط مرزی در بالادست و پایین‌دست رودخانه دارند. در مطالعه حاضر مرز بالادست سیلاب‌های تنظیمی محاسبه‌شده با دوره بازگشت ۲، ۵ و ۱۰ ساله به‌عنوان شرایط مرزی بالادست به مدل معرفی می‌شوند و در خصوص شرایط مرزی پایین‌دست، توجه به این نکته ضروری است که رژیم جریان در بازه موردمطالعه زیربحرانی می‌باشد. که این بدان معنی است که کنترل جریان از پایین‌دست صورت می‌گیرد، لذا جهت شرایط مرزی پایین‌دست از اطلاعات منحنی دبی- اشل فارسیات استفاده گردید.

۳-۲. کالیبراسیون مدل

جهت کالیبراسیون مدل هیدرولیکی در مطالعه حاضر به دلیل ارائه طرح ساماندهی رودخانه کارون و همچنین اصلاح خطوط ساحلی، برداشتن جزیره‌ها و همچنین اصلاح بستر و شیب آن در بخش‌هایی، انتظار ضریب مانینگ کوچک‌تری می‌رود. جهت کالیبراسیون مدل هیدرولیکی از منحنی دبی–اشل ایستگاه هیدرومتری اهواز برای کالیبراسیون ضریب زبری مانینگ در این بازه از رودخانه به کار گرفته‌شده است. برای این منظور منحنی دبی–اشل ایستگاه فارسیات به‌عنوان شرایط مرزی پایین‌دست رودخانه به مدل معرفی گردید و زبری رودخانه و سیلاب‌دشت‌های اطراف آن به‌گونه‌ای تعیین شد که شکل منحنی تراز سطح آب شبیه‌سازی‌شده بهترین تطابق را با مقادیر منحنی اندازه‌گیری شده در آن ایستگاه داشته باشد. ازآنجاکه منحنی شبیه‌سازی‌شده و منحنی اندازه‌گیری شده کاملاً باهم تطابق دارند نشان‌دهنده دقت بالای مدل کالیبره شده است.

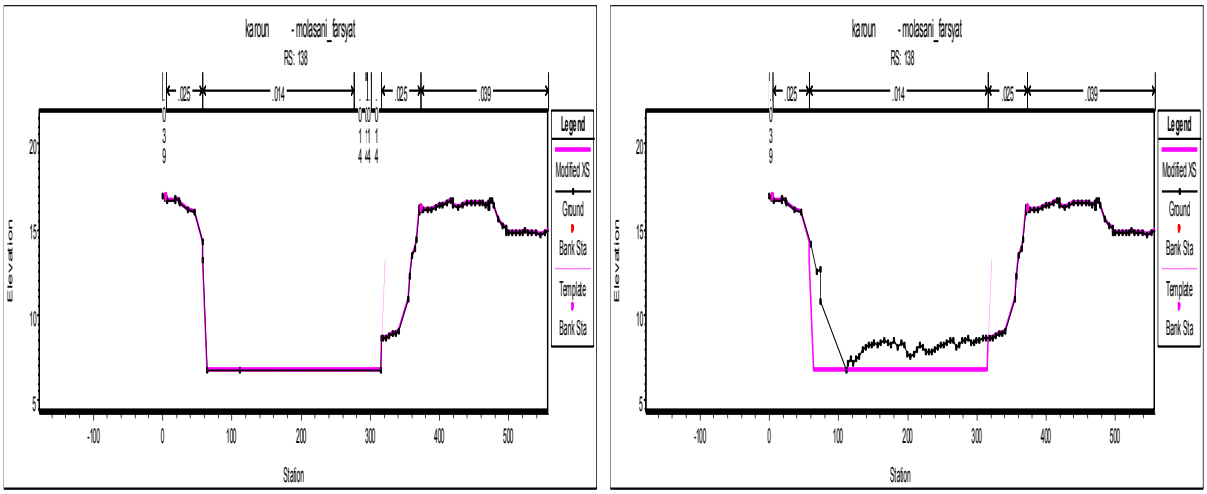


شکل۴- منحنی شبیه‌سازی‌شده و اندازه‌گیری شده در ایستگاه اهواز

۳-۳. تعریف سناریو اعمال‌شده به مدل HEC-RAS

همان‌طور که اشاره شد، هدف از مطالعه حاضر بازنگری محاسبات هیدرولیک رودخانه کارون در محدوده موردمطالعه می‌باشد. برای این منظور دو سناریو مطرح شد در سناریو اول حالت طبیعی رودخانه در نظر گرفته شد و در سناریو دوم از یک کانال ذوزنقه‌ای شکل به عمق نرمال ۶٫۵ متر و عرض کف بستر ۲۵۰ متر و شیب جانبی ۱ متر متناسب با جنس بستر رودخانه، جهت تعمیق رودخانه استفاده‌شده است. لازم به توضیح است که عرض بستر کانال با در نظر گرفتن عرض متوسط رودخانه در این محدوده می‌باشد. شکل (۵) به‌طور شماتیک سناریو ذکرشده در پروفیل عرضی ایستگاه اهواز در مدل HEC-RAS را نشان می‌دهد.

سناریو معرفی‌شده با توجه به وضعیت فعلی رودخانه‌ی کارون و روش‌های ساماندهی ذکرشده در نشریه ۳۸۳ انتخاب‌شده‌است. معیار تصمیم‌گیری شامل معیار تراز سطح آب است که با توجه به عبور رودخانه کارون از محدوده‌ی شهر اهواز، این مسائل از اهمیت بالایی برخوردار هستند.

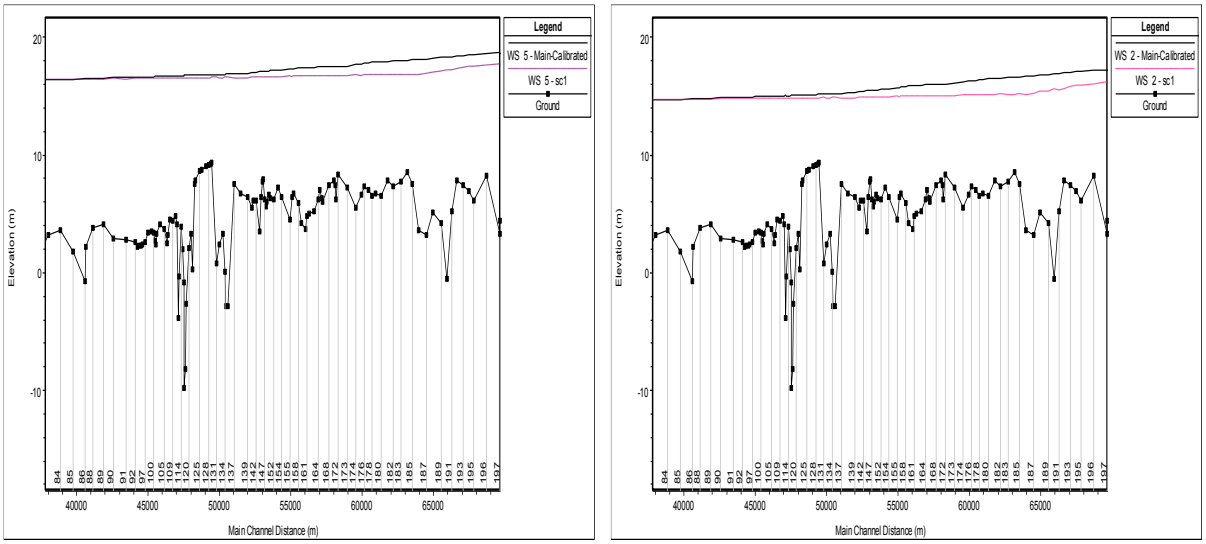


الف- قبل از اعمال سناریو تعمیق ب- بعد از اعمال سناریو تعمیق

شکل ۵- سناریو تعمیق رودخانه در ایستگاه اهواز

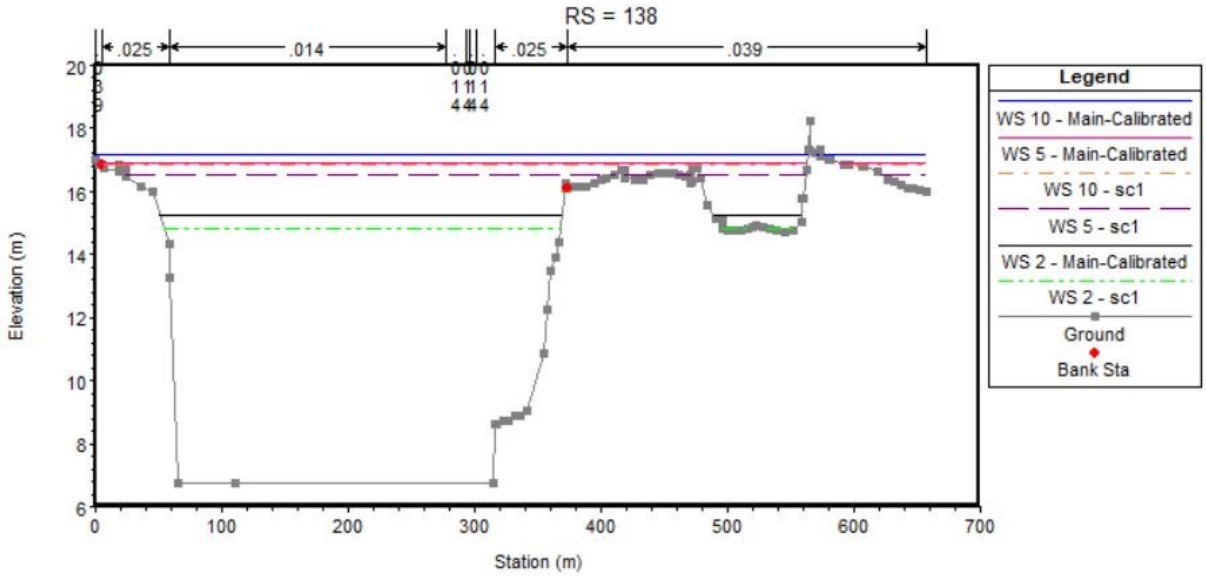
۳-۴. نتایج شبیه‌سازی

پس از کالیبراسیون ضریب زبری مانینگ، مدل در شرایط پایدار اجرا شد و دبی‌های مختلف بین ۲۷۷۷ تا ۳۹۱۱ مترمکعب در ثانیه در مدل تعریف شد و پروفیل سطح آب در مقاطع مختلف رودخانه به دست آمد. شکل (۶) پروفیل سطح آب به ازای دبی با دوره بازگشت ۲ و ۵ ساله، شکل (۷) مقطع عرضی رودخانه در ایستگاه هیدرومتری اهواز را نشان می‌دهد. در جدول(۲) اختلاف تراز سطح آب نسبت به حالت طبیعی رودخانه آورده شده است. اعداد منفی در جدول نشان‌دهنده‌ی کاهش تراز سطح آب سناریو ذکر شده نسبت به حالت طبیعی رودخانه می‌باشد.



الف- دبی با دوره بازگشت ۲ ساله ب- دبی با دوره بازگشت ۵ ساله

شکل۶- پروفیل سطح آب رودخانه کارون در محدوده شهری اهواز
(خط مشکی تراز سطح آب در حالت طبیعی رودخانه را نشان می‌دهد)



شکل۷- مقطع عرضی ایستگاه هیدرومتری اهواز به ازای دبی با دوره بازگشت های مختلف

(خطوط مشکی، صورتی و آبی تراز سطح آب در حالت طبیعی رودخانه و خطوط سبز، بنفش و نارنجی تراز سطح آب بعد از اعمال سناریو را نشان می‌دهد)

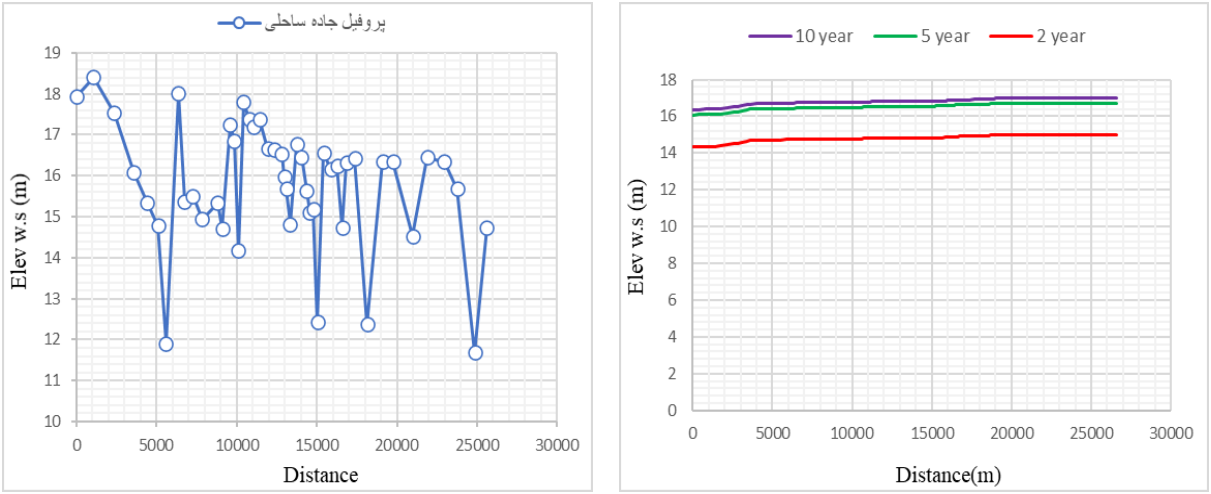
همانطور که در شکل (۷) مشاهده می‌شود تغییرات پروفیل سطح آب در محدوده شهری اهواز با اعمال طرح سناریو تعمیق جهت ساماندهی رودخانه کارون، توانایی عبور دبی با دوره بازگشت‌های ۲ ساله (۲۷۷۷ مترمکعب بر ثانیه) را دارد و برای دبی با دوره بازگشت ۵ ساله (۳۷۵۴ مترمکعب بر ثانیه) و ۱۰ ساله (۳۹۱۱ مترمکعب بر ثانیه) در حالت لبریز قرار می‌گیرد.

جدول ۲- میانگین و بیشترین درصد اختلاف تراز سطح آب سناریوهای مختلف در محدوده شهری اهواز

دوره بازگشت	بیشترین اختلاف باحالت طبیعی رودخانه (متر)	درصد اختلاف باحالت طبیعی رودخانه	میانگین اختلاف باحالت طبیعی رودخانه (متر)	درصد اختلاف باحالت طبیعی رودخانه
۲ ساله (دبی ۲۷۷۷ متر مکعب بر ثانیه)	-1/52	-9/18	-0/55	-3/59
۵ ساله (دبی ۳۷۵۴ متر مکعب بر ثانیه)	-1/23	-7/38	-۰/٤٦	-3
۱۰ ساله (دبی ۳۹۱۱ متر مکعب بر ثانیه)	-۱/۱۸	-7/03	-0/44	-2/89

همانطور که در جدول (۲) مشاهده می‌شود، به علت شیب کم بستر و رسوب گذاری بالای رودخانه در این محدوده حتی با حذف کامل جزایر رسوبی، رودخانه توانایی عبور دبی‌های بالاتر از 3700 متر مکعب بر ثانیه را ندارد و لایروبی این ناحیه به صورت میانگین باعث کاهش 0/55 متر تراز سطح آب می‌شود.

پس از دستیابی به خروجی های مدل برای بررسی و تحلیل سناریوهای سیلاب رودخانه کارون در محدوده شهر اهواز، پروفیل سطح آب با دبی‌های اوج بین ۲۷۷۷ تا ۳۹۰۰ متر مکعب در ثانیه با فاصله از سطح زمین بر روی نمودار ترسیم شد و رقوم جاده ساحلی(محیط طرفین رودخانه) مورد بررسی قرار گرفت که در شکل (۸) نشان داده شده است.



شکل ۸- (الف) پروفیل سطح آب برای دبی های اوج مختلف، (ب) پروفیل جاده ساحلی اهواز در طرفین رودخانه (درحالت اعمال سناریو تعمیق)

مقایسه پروفیل سطح آب در سناریوهای مختلف با رقوم جاده ساحلی اهواز میزان خطر و نقاط آسیب پذیری محدوده شهر را نشان می‌دهد. با نگاه اجمالی به این نمودار متوجه می‌شویم که حداقل ارتفاع پروفیل جاده ساحلی اهواز ۱۱/۶ متر و حداکثر آن ۱۸/۴ متر است که با توجه به نتایج مدل، دبی ۲۷۰۰ متر مکعب بر ثانیه با توجه به ارتفاع سطح آبی که در مقاطع مختلف دارد مخاطره‌ای برای محدوده شهر اهواز ندارد.

5-3. صحت سنجی مدل

ازآنجاکه نتایج حاصل از مدل‌ها در تصمیم‌گیری‌ها و طرح‌های منابع آب و همچنین مسائل مربوط به سیل کاربرد فراوانی دارد. بنابراین برای رسیدن به نتایج مورد انتظار و اینکه آیا مدل رضایت‌بخش است یا خیر روش‌های توسعه‌یافته و بهبود ارزیابی دقت مدل ضروری است و این مرحله از آزمون مدل به‌عنوان صحت سنجی مدل شناخته می‌شود.

در جدول (۳) مقادیر R^2 ، NSE و RMSE برای صحت‌سنجی مدل هیدرودینامیکی در محدوده شهری اهواز نشان داده شده است. هر چه مقدار R^2 به یک نزدیک‌تر باشد برازش بهتر بوده و نتایج مدل دارای دقت بالاتری می‌باشد. ضریب NSE نشان‌دهنده مقدار نسبی واریانس باقیمانده در مقایسه با واریانس داده‌های مشاهداتی است. اگر NSE >۰/۷ باشد، نتایج مدل‌سازی خوب بوده و مقادیر ۰/۷> NSE >۰/۴ رضایت‌بخش بوده ولی NSE <۰/۴ نشان‌دهنده دقت پایین مدل‌سازی خواهد بود. مقدار RMSE بین صفر و یک در نوسان می‌باشد (۰<RMSE<۱). اگر RMSE نزدیک به صفر باشد بیانگر میزان خطای کمتر مدل می‌باشد. در مطالعه انجام شده مقدار NSE برای تراز سطح آب برابر با ۰/۹۹ محاسبه شد که این مقادیر نشان‌دهنده دقت بالای مدل‌سازی می‌باشند.

جدول ۳- محاسبه مقادیر خطا و همبستگی در مدل هیدرودینامیک

پارامتر هیدرولیکی	دوره بازگشت	RMSE	R^2	NSE
سطح آب	۲ ساله (دبی ۲۷۷۷ متر مکعب بر ثانیه)	0/44	0/99	0/99
	۵ ساله (دبی ۳۷۵۴ متر مکعب بر ثانیه)	0/78	0/99	0/99
	۱۰ ساله (دبی ۳۹۱۱ متر مکعب بر ثانیه)	0/95	0/99	0/99

۴- نتیجه گیری

استفاده از مدل‌های عددی از متداول‌ترین روش‌های شبیه‌سازی جریان در رودخانه‌ها به‌حساب می‌آید. مدل‌های زیادی نیز در این زمینه تدوین و توسعه‌یافته‌اند. در این تحقیق از مدل یک‌بعدی HEC-RAS جهت شبیه‌سازی جریان در رودخانه کارون در محدوده شهری اهواز استفاده گردید. مدل‌های یک‌بعدی به دلیل نیاز به زمان کوتاه جهت اجراشدن و عدم پیچیدگی‌های مدل‌های دو و سه‌بعدی به‌طور گسترده درزمینه‌ی پروژه‌های مهندسی رودخانه به کار می‌روند. جهت صحت‌سنجی نتایج مدل ارائه‌شده از تحلیل‌های آماری متنوعی استفاده گردید. ضریب ناش–ساتکلیف برای تراز سطح آب در محدوده موردمطالعه، بیش از ۰/۹ تعیین گردید که نشان‌دهنده دقت بالای این روش در شبیه‌سازی جریان در رودخانه کارون می‌باشد. پس از بررسی‌های لازم و ارائه‌ی مستندات نتایج به‌صورت کلی، شامل موارد زیر است:

۱. اجرای مدل در حالت طبیعی نشان داد که ظرفیت آبگذری رودخانه کارون در محدوده شهری اهواز حدود ۲۷۰۰ متر مکعب بر ثانیه است که بعد از طرح ساماندهی رودخانه تا حدود ۳۷۰۰ متر مکعب بر ثانیه افزایش یافت.

۲. با مقایسه و تحلیل نمودار رقوم پروفیل سطح جاده ساحلی اهواز این نتیجه حاصل شد که متوسط رقوم سطح جاده ساحلی اهواز در بیشتر نقاط ۳/ ۱۶ متر است و همین باعث شد که سطح آب تا حد بستر رودخانه بالا رود و موجب آب گرفتگی و خساراتی در محدوده شهر شود. همچنین با بررسی نمودار رقوم سطح جاده ساحلی اهواز، مشخص شد که نقاط آسیب پذیر این محدوده در تقعر نمودار واقع شده است و اعداد ۶/ ۱۱ متر و ۱۲/۵ متر مخاطره ترین نقاط هستند، اما چون این نقاط در محدوده پل‌ها و زیر گذرها واقع شده‌اند قابل ترمیم و باسازی می‌باشند و دبی ۲۷۰۰ متر مکعب بر ثانیه دبی ایمن برای رودخانه کارون محسوب می‌شود.

۳. با لایروبی کامل محدوده شهری اهواز و حذف کامل جزایر رسوبی این نتیجه حاصل شد که رودخانه کارون توانایی عبور دبی‌های بالاتر از ۳۷۰۰ متر مکعب بر ثانیه را ندارد لذا باید محدوده لایروبی گسترش و طرح‌های وسیع تری جهت کنترل سیلاب برای دبی‌های بالا لحاظ شود.

۴. با توجه به رسوب گذاری شدید رودخانه کارون در محدوده شهری اهواز بعد از اجرای عملیات لایروبی باید نظارت و کنترل دقیقی بر حفاظت رودخانه و حفظ و نگهداری کانال لایروبی انجام شود.

۵- منابع

[۱] م. پوررضابیلندی، ع.م. آخوندعلی، شبیه سازی سیلابهای رودخانه کارون در بازه ملاثانی –اهواز تحت تاثیر تغییرات مرفولوژیکی آن، پنجمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، ۱۳۸۸.

[۲] س. عبدویس، ع.م. آخوندعلی، شبیه سازی سیلابهای رودخانه کارون در بازه اهواز – فارسیات تحت تاثیر تغییرات مرفولوژیکی آن، هفتمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه، ۱۳۸۵۳. س. مختاری، راهکارهای کنترل سیلاب، فصلنامه مسکن و محیط روستا، دوره ۳۷، شماره ۱۳۳، ص ۷۳ الی ۷۵, ۱۳۸۸.

[۳] س. مختاری، راهکارهای کنترل سیلاب، فصلنامه مسکن و محیط روستا، دوره ۳۷، شماره ۱۳۳، ص ۷۳ الی ۷۵, ۱۳۸۸.

[۴] ا.دهخوارقانی، پهنه‌بندی سیلاب با استفاده از مدل هیدرولیکی HEC-RAS و سیستم ساماندهی جغرافیایی GIS (مطالعه موردی: قسمتی از رودخانه شهر چای در استان آذربایجان غربی). چهارمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران (ص. ۱–۲). تهران: دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۹۰.

[۵] ا. نوحانی، ع. معلای مزرعی، ساماندهی و تثبیت سواحل رودخانه با استفاده از مدل ریاضی (مطالعه ی موردی؛ رودخانه ی زهره), مخاطرات محیط طبیعی , (۱۳۹۷).

[۶] ب. شاهی نژاد، س. رستمی، س.ا. محمودی کردستانی، بررسی هیدرولیکی جریان در رودخانه کارون محدوده شهری اهواز (جزیره موزه آب), هفتمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه، ۱۳۸۵.

[۷] R. Moosapour, S. Mousavi, K. Hosseini, Hydraulic and Structural Analysis of Babolrud River Training Using Some Applied Software, JWSS-Isfahan University of Technology ۲۳(۴) (۲۰۱۹) ۹۳-۱۰۶.

[۸] عزیز پناه ب، حکیمی د، غزنوی ا، "تعیین حدود بستر و حریم رودخانه با تلفیق نرم‌افزار GIS و مدل HEC-RAS"، دهمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه، دانشگاه شهید چمران اهواز، ۱۳۹۴.

[۹] Brunner G, "HEC-RAS river analysis system hydraulic reference manual, Version 5.0." US Army Corps of Engineers, Institute for Water Resources, Hydrologic Engineering Center, 2016.

Evaluation of the effects of Karun river reorganization on hydraulic flow characteristics (Case study: Ahvaz urban area)

Author's names

Marjan kordani[1], Ali Mohammad Akhound Ali[2], Samaneh Abdoveis[3]

Affiliation and Address

1−Master student of Water Science and Engineering-Water Resources, Shahid Chamran University of Ahvaz

2−Professor, Department of Hydrology and Water Resources, Shahid Chamran University of Ahvaz

3−Master of Khuzestan Water and Electricity Organization

Abstract

Understanding the behavior of the river and proper engineering measures and performing activities compatible with the nature of the river, has always been the concern of engineers in this field. On the other hand, predicting the hydraulic behavior of the river in the face of possible floods to reduce the damage to farms and cities or facilities under construction around rivers is of particular importance. Understanding the characteristics of rivers that lead to understanding the behavior of rivers in time and space is of particular importance in the development of conceptual models in relation to river environments. For this purpose, the river deepening scenario in Ahvaz area was simulated and the HEC-RAS model was implemented on the mentioned route in exchange for floods with different return periods. The results of Nash-Sutcliffe coefficient validation for water level in the study area was more than 0/۹۹, which indicates the high accuracy of this method in simulating the flow in the Karun River. After determining the characteristics of hydrological flow with high probability of occurrence, with the help of HEC-RAS software, a dredging channel was simulated in the study area. The results showed that with the complete removal of sedimentary islands, the water level decreases by an average of 0/55 meters and is not able to pass discharges above 3700 cubic meters per second. Therefore, it is necessary to increase the water intake capacity of Karun River to an acceptable level by increasing the range of dredging canal and creating flood control structures in the river area.

Keywords:

Organizing, HEC-RAS model, Nash-Sutcliffe coefficient, Karun river, Simulation