

مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره هفتم، شماره ۱۷، پاییز ۱۳۹۷

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۱۲/۱۴

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۰۶/۱۴

صفحات: ۹۸ - ۸۳

ساماندهی و تثبیت سواحل رودخانه با استفاده از مدل ریاضی (مطالعه موردی؛ رودخانه زهره)

ابراهیم نوحانی^{۱*}، علیرضا معلائی مزرعی^۲

چکیده

مطالعات ریخت‌شناسی دارای اهمیت ویژه‌ای در ساماندهی رودخانه و تعیین حریم و بستر رودخانه می‌باشد. عوامل متعدد هیدرولیکی باعث می‌شود که پدیده آبشستگی در محل سازه‌های آبی که در ساحل رودخانه‌ها احداث می‌شوند، تشدید شود. فرسایش دیواره ساحلی رودخانه توسط آب از جمله پدیده‌های شناخته شده و بسیار شایع در رودخانه‌های استان خوزستان است. در این راستا اجرای عملیات حفاظتی و تثبیت دیواره‌های کناری رودخانه بسیار ضرورت دارد. در این تحقیق در نظر است با شبیه‌سازی و مقایسه روش‌های گوناگون حفاظت سواحل برترین روش جهت تثبیت ساحل را بر مبنای منطقه مورد مطالعه بدست آوریم. به همین منظور بازه‌ای از رودخانه زهره به طول ۶۰ کیلومتر به عنوان منطقه مدل با حضور سازه‌های حفاظت سواحل مورد مطالعه قرار گرفت. روش‌های ساماندهی تحقیق شامل احداث آبشکن، پوشش سنگچین، احداث دیواره بتنی، پوشش گیاهی، گوره و صفحات مستغرق می‌باشد. در ابتدا با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی، رودخانه بر روی نرم افزار ArcView مدل گردید و نتایج حاصل از آن جهت افزودن شرایط هیدرولیکی، وارد نرم افزار HEC-RAS گردید و پارامترهای مختلف جریان در شرایط وجود روش‌های ساماندهی با وضع موجود رودخانه مقایسه گردید. در نهایت گزینه آب شکن - گوره با کاهش ۱۳/۵ درصدی تنش برشی نسبت به شرایط موجود که دلیلی بر کاهش فرسایش در سواحل رودخانه می‌باشد به عنوان روش برتر از نظر هیدرولیکی از بین روش‌های مذکور در بازه مورد نظر انتخاب و معرفی شد.

واژگان کلیدی: آبشکن-گوره، حفاظت سواحل، رودخانه زهره، ساماندهی رودخانه، HEC-RAS.

^۱ - استادیار گروه عمران، سازه‌های هیدرولیکی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد دزفول، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان (نویسنده مسئول)

Nohani_e@yahoo.com

mazraei.moalla@gmail.com

^۲ - دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه عمران سازه‌های هیدرولیکی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد دزفول

مقدمه

خصوصیات مورفولوژیک رودخانه‌ها به واسطه ویژگی پویای آنها، همواره دچار تغییرات هستند و این تغییرات می‌توانند بر سازه‌هایی که روی رودخانه‌ها و یا حاشیه آنها ساخته می‌شوند، اثر منفی بگذارند عواملی مانند شیب بستر، دبی جریان، مشخصات مصالح بستر و کناره‌ها و فرکانس و شدت سیلابها، مورفولوژی رودخانه را در بعد مکان و زمان تعیین می‌کنند (تلوری، ۱۳۸۳). شناخت رفتار رودخانه و انجام فعالیت‌های سازگار با طبیعت رودخانه و اقدامات مهندسی به‌جا، همواره دغدغه مهندسين درگیر با این رشته بوده است و به ابزاری جهت شبیه‌سازی پدیده‌های مورد نظر در رودخانه نیازمند بوده‌اند. از طرفی پیش‌بینی رفتار هیدرولیکی رودخانه در مقابل سیلاب‌های احتمالی جهت کاهش خسارت وارده به مزارع و شهرها و یا تأسیسات در حال ساخت در اطراف رودخانه‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد (داننده مهر و نیک صفت، ۱۳۸۹). تغییرات و جابه‌جایی‌هایی که در اثر عوامل طبیعی یا مصنوعی در مسیر و ویژگی‌های هندسی رودخانه رخ می‌دهد، نتیجه منطقی عکس‌العمل سامانه رودخانه برای برقراری موازنه جدید بین فرایند فرسایش و رسوبگذاری می‌باشد. از این رو انجام دادن اقدامات ساماندهی و دخالت در نظام رودخانه‌ای مستلزم شناخت قواعد خاص حاکم بر آن بوده و بررسی و پیش‌بینی عکس‌العمل رودخانه قبل از هر اقدامی ضروری است (صاحبقرانی، ۱۳۸۴). مطالعات فرسایش و رسوبگذاری این امکان را فراهم می‌آورد تا بتوان ضمن شناخت رفتار ریخت‌شناسی رودخانه، اثرهای اقدامات مختلف ساماندهی را بر عملکرد رفتاری رودخانه مورد ارزیابی کمی و کیفی قرار داده و از این طریق امکان تشخیص عوامل ناپایداری و اعمال معیارهای مناسب حفاظتی و اقدامات مهندسی را پیشاپیش میسر نمود (شفاعی بجستان و همکاران، ۱۳۸۹). از جمله اهداف بهسازی رودخانه‌ها کاهش تراز سیلاب در بازه‌ای از رودخانه می‌باشد. این کار به وسیله افزایش توان آبدگری آبراه و سیلاب دشت همراه با اصلاح راستا و تثبیت رودخانه صورت می‌گیرد و شامل کلیه کارهایی است که منجر به اصلاح مسیر، تعریض، تعمیق مقطع عرضی، تنظیم عمق جریان و شیب طولی، تغییر ضریب زبری بستر، حذف موانع زاید در مسیر جریان و تثبیت کناره‌ها و بستر رودخانه می‌گردد (سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، ۱۳۸۴). راندل و همکاران (۲۰۰۰) در اداره عمران اراضی آمریکا مدل ریاضی HEC-RAS را جهت شبیه‌سازی پارامترهای هیدرولیکی از قبیل ارتفاع سطح آب، سرعت متوسط جریان و نوسانات سطح آب در رودخانه تتون بالادست سد تتون در آیداهو، برای چهار بازه مختلف بکار بردند. آندام (۲۰۰۳) در پایان نامه خود تحت عنوان مقایسه رژیم رودخانه‌های جنگلی و خارج جنگلی، با استفاده از مدل HEC-RAS تغییرات سرعت و عدد فرود را در این دو نوع رودخانه مورد بررسی قرار داده و تاثیر پوشش گیاهی بر رفتار فیزیکی جریان را مورد مقایسه قرار داد و نتیجه گرفت که استفاده از مدل HEC-RAS می‌تواند مقادیر عددی مناسبی را جهت مطالعه رژیم و سایر خصوصیات هیدرولیکی جریان رودخانه، در اختیار محققین قرار دهد. رنگزن و همکاران (۲۰۱۲) امکان پایش و ارزیابی کمی تغییرات مسیر رودخانه ایندوس در پاکستان را با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست مورد بررسی قرار دادند. تایمر (۲۰۱۳) با بررسی روش‌های کنترل تغییرات رودخانه‌های پیچان رودی بر روی رودخانه تیسرا نتیجه گرفت که پیچان رودی شدن رودخانه به شدت تحت تأثیر موقعیت گسلها و فرونشست‌های غیرعادی است. گارتنر و همکاران (۲۰۱۵) با بررسی تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک بالا گزارش کردند که RS در ارزیابی خطرات زیست محیطی اکوسیستم‌های در معرض خطر بسیار

مؤثر می‌باشد. تلوری (۱۳۸۱) به بررسی رابطه رسوبدهی معلق با برخی از ویژگی‌های آبخیز در سرشاخه‌های کرخه و دز در استان لرستان پرداختند. در تحقیق فوق تعداد ۱۵ زیرحوضه دارای آمار رسوب، که برخی از زیرحوضه‌های رودخانه کرخه و برخی از زیرحوضه‌های رودخانه دز در محدوده استان لرستان می‌باشند، مورد بررسی قرار گرفته و روابط رگرسیونی خطی یا نمائی بین میزان رسوبدهی و پارامترهای مختلف مؤثر هم در کل منطقه و هم در مناطق همگن ارائه گردید. موسوی نائینی و همکاران (۱۳۹۰) ساماندهی رودخانه با استفاده از آب شکن‌ها پرداختند. قمشی و همکاران (۱۳۹۲) شبیه‌سازی هیدرولیکی طرح‌های ساماندهی رودخانه با استفاده از مدل ریاضی HEC-RAS4 پرداختند. نتایج تحقیق فوق نشان دادند که طرح اثر قابل ملاحظه‌ای بر هیدرولیک جریان و بالابردن اثربخشی لایروبی خواهد داشت. شش انگشت و همکاران (۱۳۹۴) به بررسی روش شناسی توسعه و بهره‌وری سیلابدشت‌ها با رویکرد مدیریت جامع سیلاب در محیط GIS پرداختند. در تحقیق فوق با استفاده از نقشه‌های حریم و بستر رودخانه، اطلاعات طرح‌های هادی روستایی، طرح‌های آبخیزداری، طرح‌های ساماندهی رودخانه کن و پتانسیل‌های منطقه، شاخص‌های فیزیکی و غیرفیزیکی متعدد مؤثر در کاربری‌های قابل توسعه در منطقه تعریف گردیدند. رحیمی‌نژاد و طیاری (۱۳۹۴) با استفاده از مدل HEC-RAS به اصلاح و ساماندهی رودخانه خبرافت با روش دیواره‌سازی سواحل رودخانه پرداختند. نتایج ایشان نشان داد که اجرای طرح ترکیب بهینه بندهای متوالی و دیواره ساحلی در مقایسه با طرح دیواره‌سازی، باعث کاهش ۱۵ درصدی هزینه‌های اجرایی می‌شود. رستمی و زنگنه تبار (۱۳۹۵) به بررسی تغییرات مورفولوژی کناری آبراهه روخانه قره سو با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی پرداختند. در تحقیق فوق مشخصات جریان مشخصات هندسی و ضریب زبری مانینگ به نرم افزار HEC-RAC مشخصات جریان در دوره‌های بازگشت مختلف محاسبه گردیده و جهت تعیین و شناسایی نقاط مستعد فرسایش و رسوبگذاری مقادیر حداکثر و حداقل تنش برشی سواحل راست، چپ، و کانال اصلی هر مقطع در دوره‌های بازگشت مختلف تعیین و نهایتاً مناطق در معرض خطر فرسایش مشخص گردید. عسکری ایلاق (۱۳۹۵) به طراحی و ساماندهی نوار ساحلی رودخانه کارون اهواز با تاکید بر رویکرد توسعه پایدار پرداخت. جواهری طهرانی و همکاران (۱۳۹۵) به مطالعه ریخت شناسی پیچان رودها با جریان کنترل شده با استفاده از تکنیک‌های RS و GIS پرداختند. نتایج تحقیق فوق نشان دادند که در مناطق چم جنگل، چم خلیفه و چم عالی، به دلیل افزایش شیب و عدم پوشش گیاهی مناسب، فرسایش دیواره‌ها به حداکثر می‌رسد. درنهایت، اگرچه دبی سیلابی رودخانه توسط سد زاینده رود مهار شده، اما هنوز رودخانه در قسمت‌های پیچان رودی قابلیت فرسایش دارد. سلیقه‌زاده و همکاران (۱۳۹۵) به بررسی و طرح سیستم‌های حفاظت ساحلی با در نظر گرفتن ملاحظات ژئوتکنیکی پرداختند. در تحقیق ایشان با محور قرار دادن رودخانه کارون در محدوده کلانشهر اهواز، روش‌های استفاده شده در انتخاب و طرح سیستم‌های حفاظت ساحلی با در نظر گرفتن ملاحظات ژئوتکنیکی را مورد بررسی قرار داده و به توضیح فنی گزینه‌ها و تحلیل آنها پرداختند.

با توجه به اینکه رودخانه زهره در بازه مورد بررسی دچار فرسایش سواحل شده است، با بررسی سناریوهای مختلف قرار بر این است که گزینه برتر تعیین و به عنوان طرح بهینه پیشنهاد گردد. هدف از تحقیق حاضر، بررسی وضعیت

موجود در بازه‌ای از رودخانه زهره به طول ۶۱ کیلومتر و ارزیابی پایداری سواحل آن در شرایط موجود و سپس ارائه راهکارهای مختلف جهت تثبیت سواحل و مقایسه کمی و کیفی آنها و معرفی گزینه برتر ساماندهی می‌باشد. روش‌های ساماندهی که در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفته‌اند عبارتند از: احداث آبشکن، پوشش سنگچین، احداث دیواره بتنی، پوشش گیاهی، گوره و صفحات مستغرق. هیچ یک از روش‌های فوق در بازه مورد بررسی از رودخانه تا به‌حال احداث و طراحی نشده است و نوآوری تحقیق از همین بابت می‌باشد.

داده‌ها و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

رودخانه زهره یکی از رودخانه‌های استان خوزستان است که از دو شاخه اصلی فهلیان و خیرآباد تشکیل شده و با نام رودخانه زهره در انتهای دشت هندیجان به خلیج فارس می‌ریزد. منطقه مورد مطالعه بازه‌ای از رودخانه زهره در حد فاصل شهرستان گچساران تا شهرستان زیدون بهبهان با مختصات $52^{\circ} 50'$ تا $49^{\circ} 26'$ ، طول شرقی $30^{\circ} 11'$ تا $30^{\circ} 00'$ ، عرض شمالی می باشد. مساحت این محدوده بالغ بر ۶۷۳۵ کیلومتر مربع بوده و طول رودخانه در این بازه ۶۰ کیلومتر است. متوسط بارندگی منطقه ۴۲۵/۵ میلی متر، (ایستگاه هواشناسی گچساران) که بیشینه بارش در دی ماه، بالاترین ۲۲/۵ درصد بارندگی سالانه را شامل می‌شود و کمترین بارش مربوط به تیر ماه با ۰/۱ است. بالاترین دما در تیرماه با بیش از ۵۰ درجه سانتی گراد و کمترین آن در دی ماه است. دبی بیشینه، متوسط و کمینه به ترتیب ۱۳۴/۲، ۶۳/۳ و ۱۹/۱ متر مکعب بر ثانیه است. بیشینه دامنه جزر و مد ۷/۲ متر و تا عمق ۷ کیلومتری از مصب رودخانه نفوذ می‌کند (شرکت مهندسی مشاور جاماب، ۱۳۷۸). به منظور ترسیم پروفیل طولی شاخه اصلی رودخانه زهره، این بخش از شبکه آبراهه‌ها انتخاب و با خطوط تراز که از نقشه DEM حوضه استخراج شده بودند تقاطع داده شد و نهایتاً با تقاطعی که به دست آمد اقدام به ترسیم پروفیل طولی آن گردید. ضرایب مختلفی برای استفاده در انواع گوناگونی از مطالعات تعریف شده‌اند. برخی از مهمترین این ضرایب شامل مساحت حوضه، محیط حوضه، ضریب فشردگی (ضریب گراولیوس)، طول آبراهه اصلی (کیلومتر)، شیب آبراهه اصلی (درصد)، طول و عرض مستطیل معادل (کیلومتر)، ارتفاع متوسط حوضه (متر) می‌باشد (علیزاده، ۱۳۹۵). جدول (۱) مقادیر این پارامترها را در منطقه مورد بررسی نشان می‌دهد.

جدول ۱: ضرایب فیزیوگرافی حوضه آبریز رودخانه زهره

ارتفاع متوسط حوضه (متر)	عرض مستطیل معادل (کیلومتر)	طول مستطیل معادل (کیلومتر)	شیب آبراهه اصلی (درصد)	طول آبراهه اصلی (کیلومتر)	ضریب فشردگی	محیط (کیلومتر)	مساحت (کیلومتر مربع)
۵۲۸/۵۴	۲۳/۲۹	۳۲۶/۶۵	۰/۹۲	۲۸۲/۰۸۱	۲/۲۵	۶۶۹/۸۸۱	۶۷۳۵

روابط بکار رفته در تحقیق

در این مدل با حل معادله انرژی یک بعدی به روش گام به گام استاندارد در حالت جریان ماندگار در مقاطع مختلف رودخانه، پروفیل سطح آب محاسبه شده و افت اصطکاکی در طول مسیر و نیز افت‌های ناشی از انقباض و انبساط نیز در نظر گرفته می‌شود.

$$y_2 + z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = y_1 + z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e \quad (1)$$

در این رابطه به ترتیب y_1 و y_2 : عمق آب در مقاطع عرضی ۱ و ۲، z_1 و z_2 : ارتفاع کف کانال اصلی در محل مقاطع عرضی، V_1 و V_2 : سرعت‌های متوسط، α_1 و α_2 : ضرایب افت انرژی جنبشی، g : شتاب ثقل و h_e : افت سطح انرژی می‌باشد. افت سطح انرژی (h_e) بین دو مقطع عرضی شامل افت اصطکاکی و افت ناشی از تنگ شدگی و بازشدگی آبراهه می‌باشد و از رابطه زیر محاسبه می‌گردد (ابریشمی و حسینی، ۱۳۹۴):

$$h_e = S_f + C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right| \quad (2)$$

در این رابطه L : طول بازه، S_f : متوسط شیب اصطکاک بین دو مقطع، C : ضریب افت بازشدگی و تنگ شدگی می‌باشد. پارامتر L را می‌توان از رابطه زیر محاسبه نمود:

$$L = \frac{L_{lob} \bar{Q}_{lob} + L_{ch} \bar{Q}_{ch} + L_{rob} \bar{Q}_{rob}}{\bar{Q}_{lob} + \bar{Q}_{ch} + \bar{Q}_{rob}} \quad (3)$$

در رابطه فوق به ترتیب L_{lob} ، L_{ch} و L_{rob} فاصله دو مقطع در ساحل چپ، کانال اصلی و راست می‌باشند. \bar{Q}_{lob} ، \bar{Q}_{ch} و \bar{Q}_{rob} به ترتیب میانگین حسابی دبی جریان بین مقاطع برای ساحل چپ، کانال اصلی و ساحل راست می‌باشد. رابطه افت اصطکاکی و ضریب انتقال در مقاطع عرضی از رابطه زیر بدست می‌آیند:

$$k = \frac{1.486}{n} AR^{\frac{2}{3}} \quad (4)$$

$$S_f = \left(\frac{Q_1 + Q_2}{K_1 + K_2} \right)^2 \quad (5)$$

که در این رابطه به ترتیب: K_1 و K_2 : ضریب انتقال در مقاطع عرضی ۱ و ۲، Q_1 و Q_2 : دبی جریان در مقاطع ۱ و ۲، n : ضریب زبری مانینگ، A : سطح مقطع جریان (متر مربع) و R : شعاع هیدرولیکی می‌باشد. کاون رابطه‌ی زیر را در تخمین ضریب n پیشنهاد نموده است:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) m_5 \quad (6)$$

که در رابطه فوق به ترتیب: n_0 : ضریب زبری پایه است که با توجه به جنس کانال برای کانال یکنواخت و صاف و مستقیم انتخاب می‌شود. ضرایب اصلاحی n_1, n_2, n_3, n_4 و m_5 به ترتیب در برگیرنده اثرات نامنظمی سطح مقطع، چگونگی تغییرات سطح مقطع، وجود موانع در مسیر کانال، پوشش گیاهی و درجه مارپیچی بودن مسیر می‌باشند. براساس پارامترهای در دسترس و محدودیت‌های خاص مربوط به روابط موجود برای تخمین عمق آب‌شستگی در دماغه آب‌شکن‌ها، در این تحقیق از دو رابطه گیل (۱۹۷۲) و نیل (۱۹۷۳) استفاده گردید که از رابطه زیر محاسبه می‌گردند (سوبرامانیا، ۲۰۰۸):

$$\frac{d_2}{d_1} = 8.4 \left(\frac{D}{d_1}\right)^{0.25} \left(\frac{B_1}{B_2}\right)^{\frac{6}{7}} \quad (7)$$

$$\frac{d_2}{d_1} = 8.4 \left(\frac{D}{d_1}\right)^{0.25} \left(\frac{B_1}{B_2}\right)^{\frac{6}{7}} \quad (8)$$

در رابطه فوق به ترتیب d_2 : عمق بیشینه فرسایش از سطح آب حسب متر، d_1 : عمق جریان حسب متر، B_1 : عرض آبراهه پیش از انقباض توسط آب شکن، B_2 : عرض آبراهه پس از انقباض توسط آب شکن و D اندازه متوسط ذرات بر حسب متر می‌باشد. یکی از پارامترهای بسیار مهم در مطالعه هیدرولیک جریان، تنش برشی می‌باشد که در تعیین مناطق فرسایش پذیر رودخانه مورد استفاده قرار می‌گیرد. این پارامتر در مجاری روباز رابطه مستقیمی با شعاع هیدرولیکی جریان دارد و از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\tau = \gamma RS \quad (9)$$

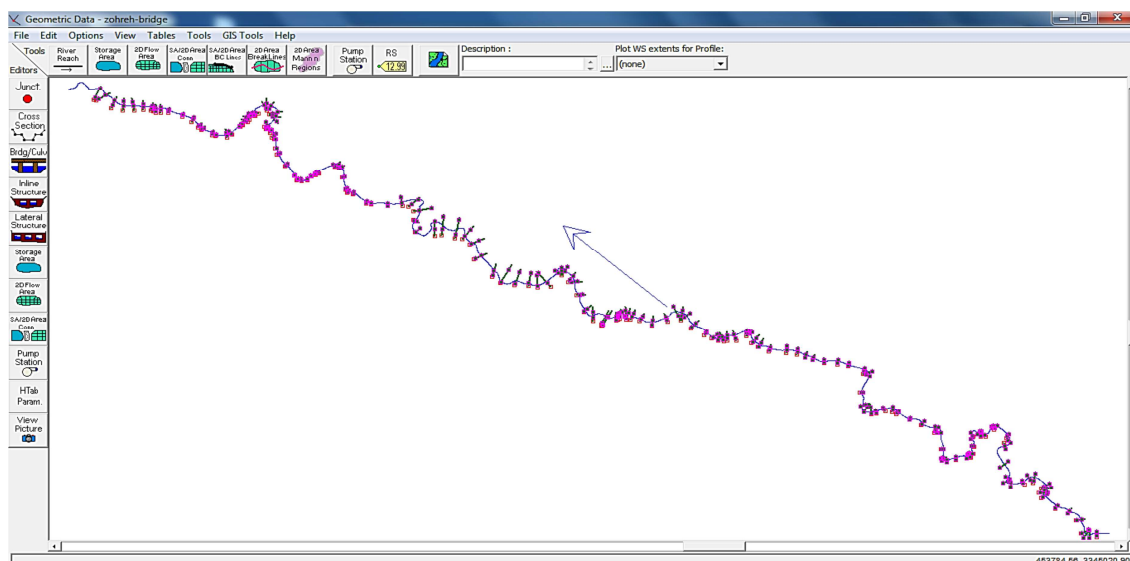
در رابطه فوق τ تنش برشی جریان بر حسب N/m^2 ، γ وزن مخصوص سیال بر حسب N/m^3 ، R شعاع هیدرولیکی مقطع بر حسب m و S شیب بستر آبراهه می‌باشد. به دلیل اینکه جریان آب در رودخانه‌ها دارای سطح آزاد می‌باشد به نیروی ثقل حساسیت زیادی داشته و با تغییر در شیب (تغییر در نیروی ثقل) وضعیت جریان سریعاً تغییر می‌کند. لذا نیروی ثقل (عدد فرود) نقش مهمی در مطالعات جریان آب در رودخانه‌ها دارد. همچنین تقسیم‌بندی جریان از نظر تأثیر نیروی ثقل به وسیله کمیت بدون بعدی به نام عدد فرود صورت می‌گیرد. عدد فرود از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{gD_h}} \quad (10)$$

در رابطه فوق Fr عدد فرود جریان، V سرعت جریان بر حسب m/s ، g شتاب ثقل بر حسب m/s^2 و D_h عمق هیدرولیکی جریان بر حسب m می‌باشد.

بحث و نتایج

مدل هندسی مورد نیاز نرم افزار HEC-RAS، با استفاده از برنامه‌ی جانبی HEC-GeoRAS در محیط ArcView برای شبیه‌سازی هیدرولیکی رودخانه زهره ایجاد شد و پس از وارد نمودن فایل خروجی HEC-GeoRAS به محیط HEC-RAS و تکمیل اطلاعات مورد نیاز، خروجی‌های نرم افزار HEC-RAS نیمرخ سطح آب و منحنی سنجه حاصل گردید. در نهایت خروجی‌های مدل HEC-RAS وارد HEC-GeoRAS گردید و پهنه‌های سیلاب با دوره‌های برگشت مختلف پیش و پس از شبیه‌سازی سازه‌های تثبیت سواحل تهیه گردید. شکل (۱) طرح شماتیک سیستم رودخانه همراه با موقعیت سواحل را به خوبی نمایش می‌دهد.



شکل ۱: طرح شماتیک سیستم رودخانه

تحلیل حساسیت مدل نسبت به ضریب زبری مانینگ

به این دلیل که ضریب زبری مانینگ نقش بسیار مهمی در محاسبات دقیق پروفیل سطح آب و پارامترهای هیدرولیکی جریان دارد، حساسیت مدل نسبت به ضریب زبری مانینگ مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت. ابتدا مدل در شرایط سیلاب طراحی و با افزایش و کاهش ۱۰ و ۲۰ درصدی ضریب زبری مانینگ اجرا شد. سپس ۲۰ مقطع عرضی به صورت تصادفی انتخاب و اختلاف تراز سطح آب نسبت به شرایط اولیه محاسبه شد. با رسم نمودار نقطه‌ای این چهار حالت، بهترین منحنی از بین نقاط رسم شده برازش داده شده و ضریب همبستگی هر نمودار محاسبه گردید. جدول (۳) نمونه‌ای از اختلاف تراز سطح آب نسبت به شرایط اولیه با افزایش و کاهش ضریب زبری مانینگ و جدول (۴) ضرایب همبستگی (r^2) مربوط به نمودارهای افزایش و کاهش ضریب زبری مانینگ را نشان می‌دهد.

جدول ۳: نمونه ای از اختلاف تراز سطح آب نسبت به شرایط اولیه با افزایش و کاهش ضریب زبری مانینگ

شماره مقطع	۳۳۳۸۴/۴	۳۱۶۳۵/۸	۳۱۴۰۳/۴	۳۱۲۸۷/۲	۲۰۷۰۴/۷
اختلاف تراز سطح آب با افزایش ۲۰٪ ضریب زبری مانینگ (متر)	+۰/۲۹	+۰/۲۸	+۰/۲۶	+۰/۲۵	+۰/۲۸
اختلاف تراز سطح آب با افزایش ۱۰٪ ضریب زبری مانینگ (متر)	+۰/۱۵	+۰/۱۳	+۰/۱۲	+۰/۱۲	+۰/۱۴
اختلاف تراز سطح آب با کاهش ۱۰٪ ضریب زبری مانینگ (متر)	-۰/۱۳	-۰/۱۲	-۰/۱۲	-۰/۱۱	-۰/۱۵
اختلاف تراز سطح آب با کاهش ۲۰٪ ضریب زبری مانینگ (متر)	-۰/۲۴	-۰/۲۴	-۰/۲۲	-۰/۲۰	-۰/۲۹

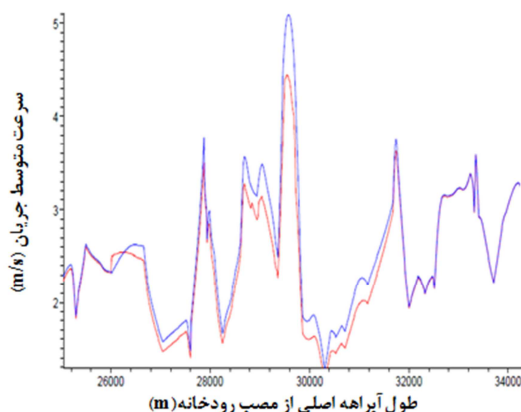
جدول ۴: ضرایب همبستگی مربوط به نمودارهای افزایش و کاهش ضریب زبری مانینگ

با ۲۰٪ افزایش ضریب زبری مانینگ	با ۱۰٪ کاهش ضریب زبری مانینگ	با ۱۰٪ افزایش ضریب زبری مانینگ	با ۲۰٪ کاهش ضریب زبری مانینگ
$r^2 = 0.017$	$r^2 = 0.006$	$r^2 = 0.005$	$r^2 = 0.014$

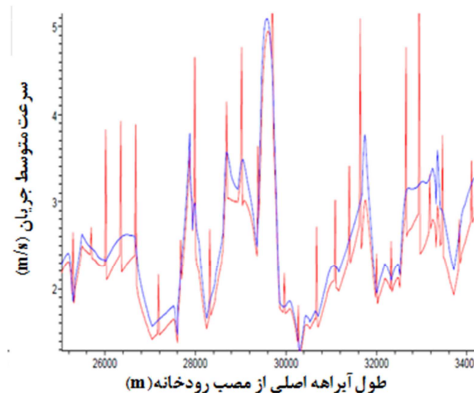
ضرایب همبستگی مربوط به هر نمودار در دو سطح معنی‌دار ۱ و ۵ درصد معنی‌دار نیست. بنابراین رقوم سطح آب در منطقه مورد بررسی به تغییرات ضریب زبری در محدوده ± 20 حساس نمی‌باشد. در نتیجه ضرایب زبری تخمینی قابل قبول بوده و مدل از صحت کافی برخوردار می‌باشد.

سرعت متوسط

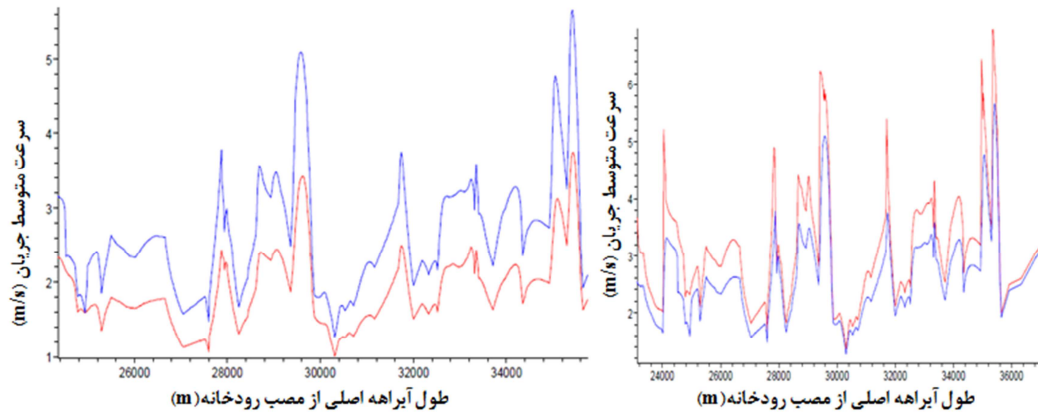
قدرت تخریبی رودخانه‌ها بستگی مستقیم به سرعت جریان آب دارد به طور کلی تعیین سرعت متوسط در مطالعات رودخانه‌ها کاربرد فراوان دارد و معمولاً در تعیین رابطه دبی سنج، تنش برشی بحرانی، محاسبه بار رسوبی، محاسبه عمق آب شستگی و طراحی سازه‌های حفاظتی مختلف مؤثر می‌باشد. بررسی نمودارهای سرعت متوسط جریان در کل مقطع عرضی و در بازه مربوطه نشان می‌دهد احداث سازه‌های عرضی موجب کاهش مساحت و افزایش قابل توجه سرعت گردیده است و بیشترین مقادیر آن در نزدیکی سازه‌های آب شکن مشاهده می‌شود. شکل‌های (۲) تا (۶) به ترتیب تغییرات سرعت متوسط جریان را بعد از طراحی سازه‌های آب شکن گوره، صفحات مستغرق گوره، پوشش گیاهی گوره، پوشش بتنی گوره و پوشش سنگچین گوره (سازه‌های مورد ذکر در نرم‌افزار HEC-RAS موجود می‌باشند و در ساحل رودخانه کارگزاری شد) نسبت به وضعیت موجود برای سیلاب ۵۰ ساله نشان می‌دهند. در این شکل‌ها، محور افقی و عمودی به ترتیب بیانگر طول آبراهه اصلی از مصب رودخانه و سرعت متوسط کل جریان در رودخانه می‌باشند.



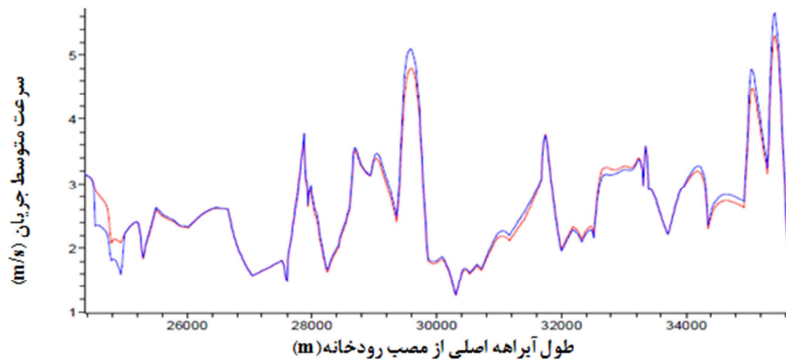
شکل ۳: تغییرات سرعت متوسط قبل و بعد از صفحات مستغرق-گوره



شکل ۲: تغییرات سرعت متوسط جریان قبل و بعد از آبشکن گوره



شکل ۴: تغییرات سرعت متوسط جریان بعد از پوشش بتنی - شکل ۵: تغییرات سرعت متوسط جریان بعد از پوشش گیاهی - گوره گوره

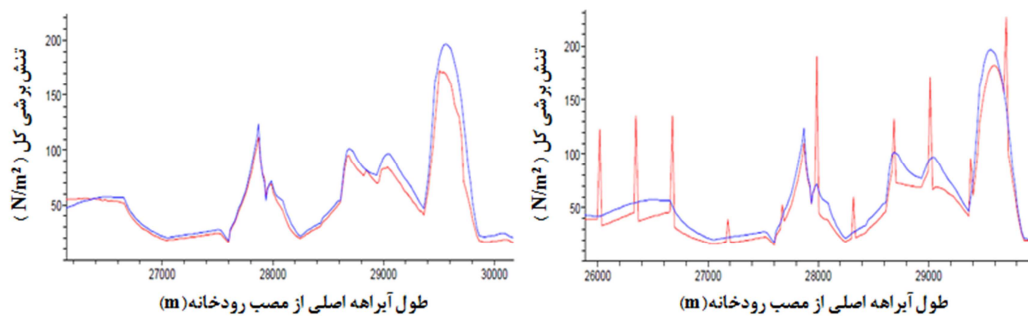


شکل ۶: تغییرات سرعت متوسط جریان قبل و بعد از پوشش سنگچین - گوره

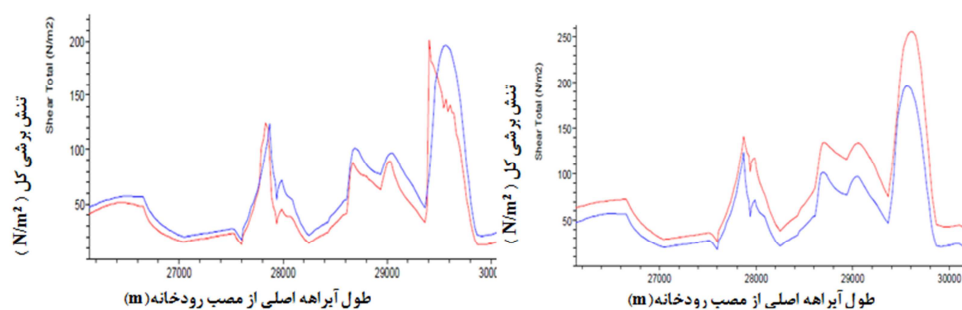
تنش برشی

یکی از پارامترهای بسیار مهم در مطالعه هیدرولیک جریان و رسوب، تنش برشی می‌باشد که در تعیین مناطق فرسایش پذیر رودخانه مورد استفاده قرار می‌گیرد. این پارامتر در مجاری روباز رابطه مستقیمی با شعاع هیدرولیکی جریان دارد و از رابطه ۹ بدست می‌آید.

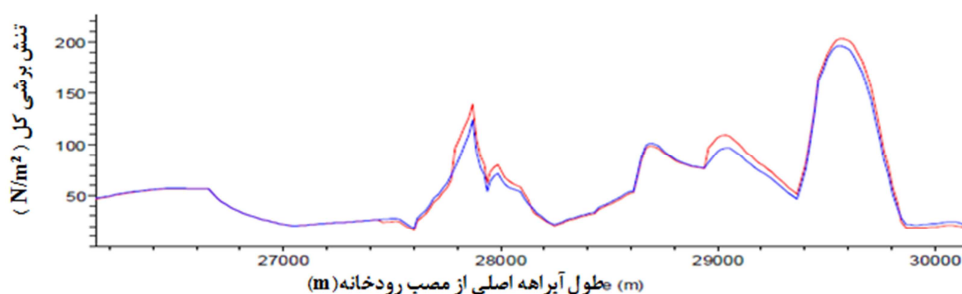
با توجه به این که در شرایط احداث سازه‌ها شعاع هیدرولیکی افزایش می‌یابد، تنش برشی نیز در مقاطع دارای آب شکن افزایش می‌یابد. شکل‌های (۷) تا (۱۱) به ترتیب تغییرات تنش برشی کل را بعد از طراحی سازه‌های آب شکن گوره، صفحات مستغرق گوره، پوشش گیاهی- گوره، پوشش بتنی- گوره و پوشش سنگ چین- گوره نسبت به وضعیت موجود برای سیلاب ۵۰ ساله نشان می‌دهند. در این شکل‌ها، محور افقی و عمودی به ترتیب بیانگر طول آبراهه اصلی از مصب رودخانه و تنش برشی کل جریان در رودخانه می‌باشند.



شکل ۷: تغییرات تنش برشی کل قبل و بعد از آبشکن - گوره
 شکل ۸: تغییرات تنش برشی کل قبل و بعد از صفحات مستغرق - گوره



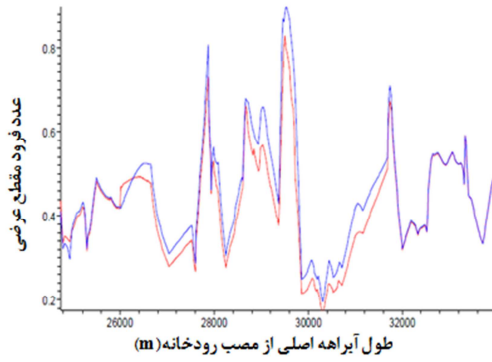
شکل ۹: تغییرات تنش برشی کل بعد از پوشش گیاهی - گوره
 شکل ۱۰: تغییرات تنش برشی کل بعد از پوشش بتنی - گوره



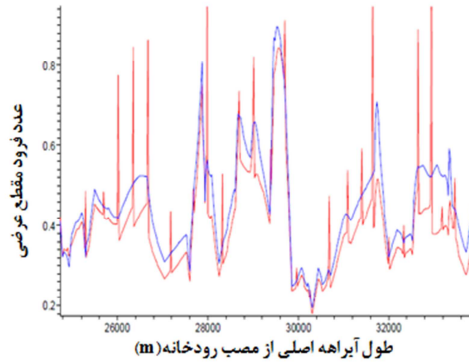
شکل ۱۱: تغییرات تنش برشی کل قبل و بعد از سنگچین - گوره

عدد فرود

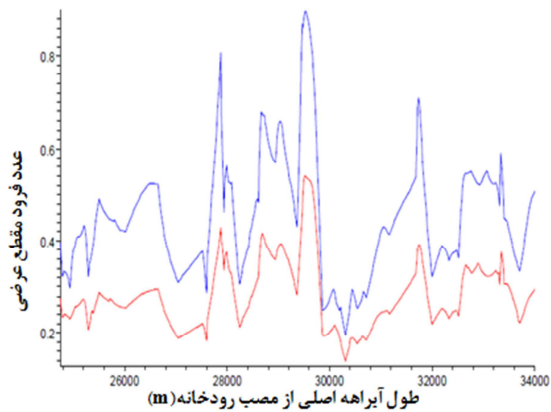
شکل‌های (۱۲) تا (۱۶) به ترتیب تغییرات عدد فرود کل بعد از طراحی سازه‌های آب شکن گوره، صفحات مستغرق گوره، پوشش گیاهی-گوره، پوشش بتنی -گوره و پوشش سنگچین -گوره را نسبت به وضعیت موجود برای سیلاب ۵۰ ساله نشان می‌دهند. در این شکل‌ها، محور افقی و عمودی به ترتیب بیانگر طول آبراهه اصلی از مصب رودخانه و عدد فرود کل مقطع عرضی می‌باشند.



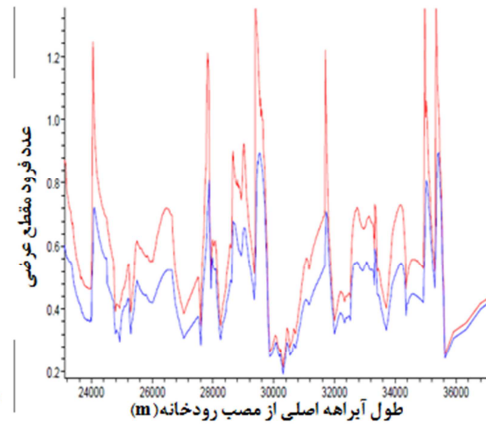
شکل ۱۳: تغییرات عدد فرود کل قبل و بعد از صفحات مستغرق- گوره



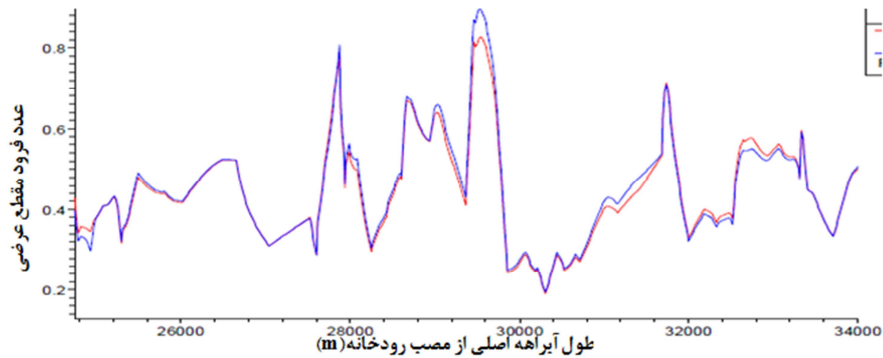
شکل ۱۲: تغییرات عدد فرود کل قبل و بعد از طراحی آبشکن گوره



شکل ۱۵: تغییرات عدد فرود کل بعد از پوشش بتنی- گوره



شکل ۱۴: تغییرات عدد فرود کل بعد از پوشش گیاهی- گوره



شکل ۱۶: تغییرات عدد فرود کل قبل و بعد از سنگچین- گوره

جدول (۵) درصد تغییرات پارامترهای هیدرولیکی مانند تراز سطح آب، سرعت متوسط جریان، توان آبراه‌های کل و تنش برشی کل را بعد از طراحی سازه‌ها نسبت به وضعیت موجود رودخانه نشان می‌دهد.

جدول ۵: درصد تغییرات پارامترها نسبت به وضعیت موجود رودخانه

توان آبراهه ای کل (Watt)	تنش برشی کل (N/m^2)	سرعت متوسط جریان (m)	تراز سطح آب (m)	نوع سازه
-۱۶/۲۸	+۱۳/۴۹	-۶/۶۱	+۰/۱۰	آبشکن - گوره
-۱۳/۶۱	-۷/۹۵	-۶/۴۷	+۰/۱۷	صفحات مستغرق - گوره
-۴/۶۸	+۳۸/۶۳	-۲۹/۷۲	+۰/۴۶	پوشش گیاهی - گوره
-۰/۱	-۱۳/۰۷	+۱۰/۹۱	-۰/۱۰	پوشش بتن - گوره
-۰/۵	+۵/۳۲	-۴/۹۱	+۰/۰۵	پوشش سنگچین - گوره

بررسی تأثیر هیدرولیکی استفاده توأم از گوره و آبشکن

به منظور ارزیابی هیدرولیکی تأثیر آب شکن‌ها در بازه مطالعاتی، توسط تعریف دو پلان جداگانه، ابتدا موقعیت گوره‌ها به تنهایی و سپس با در نظر گرفتن آب شکن‌ها شبیه‌سازی گردید و پارامترهای هیدرولیکی جریان در شرایط استفاده توأم از دو سازه‌ی آبشکن و گوره نسبت به حالت وجود استفاده از گوره به تنهایی مورد مقایسه قرار گرفت. به دلیل این که تنش برشی جریان نقش مؤثری در تعیین مناطق فرسایش‌پذیر رودخانه دارد، این پارامتر هیدرولیکی به منظور مقایسه انتخاب گردید. نتایج نشان داد که مقادیر تنش برشی در محل آب شکن‌ها به دلیل محدودتر شدن مقطع جریان افزایش یافته و در مقاطع بین آب شکن‌ها کاهش چشمگیری نشان می‌دهد. جدول (۶) مقادیر تنش برشی را در محل آب شکن‌ها و نواحی بین آنها بر حسب نیوتن - بر مترمربع، برای چند مقطع عرضی انتخابی نشان می‌دهد.

جدول ۶: تأثیر وجود آبشکن بر تنش برشی تعدادی از مقاطع

مقاطع فاقد آبشکن (m)	تنش برشی بدون وجود آبشکن‌ها (N/m^2)	تنش برشی با وجود آبشکن‌ها (N/m^2)	مقاطع دارای آبشکن (m)	تنش برشی بدون وجود آبشکن‌ها (N/m^2)	تنش برشی با وجود آبشکن‌ها (N/m^2)
۳۶۱۹۶/۸	۵۳/۴۶	۴۳/۴۵	۳۶۲۱۶/۶	۵۳/۰۳	۱۳۷/۷۸
۳۵۸۸۰/۴	۵۶/۳۹	۴۵/۷۴	۳۵۹۳۹/۸	۵۶/۹۴	۹۰/۲۶
۳۲۹۴۹	۶۶/۸۷	۵۵/۹۱	۳۲۴۱۵/۲	۴۰/۹۳	۷۰/۴۰
۲۷۹۸۴/۴۵	۵۶/۶۵	۴۶/۱۶	۲۸۰۰۳/۷	۵۱/۶۸	۱۳۵/۳۲
۲۷۶۵۴/۶	۵۴/۳۵	۴۵/۳۹	۲۷۶۷۴	۵۴/۸۷	۱۳۵/۱۱
۲۷۳۲۴/۲	۴۲/۲۷	۳۹/۵۴	۲۷۳۴۴/۲۴	۴۲/۰۵	۱۲۲/۹۶

جدول (۷) درصد تغییرات پارامترهای هیدرولیکی جریان مانند تراز سطح آب، سرعت متوسط جریان، توان آبراه‌های کل و تنش برشی کل، در شرایط استفاده توأم از دو سازه آب شکن و گوره و حالت وجود استفاده از گوره به تنهایی نسبت به وضعیت موجود (بدون ساماندهی) رودخانه را نشان می‌دهد.

جدول ۷: درصد تغییرات پارامترها نسبت به وضعیت وجود

نوع سازه	تراز سطح آب	سرعت متوسط جریان	تنش برشی کل	توان آبراهه ای کل
گوره	۰/۰۰۰۶	-۰/۰۳	-۰/۰۸	-۰/۰۹
آبشکن و گوره	+۰/۱۰	-۶/۶۱	-۱۳/۴۹	-۱۶/۲۸

با توجه به محدودی تأثیر پل زهره، اندازه‌گیری پهنه سیل‌گیری و عمق سیلاب برای پل صورت گرفت و با توجه به آن مقادیر جدول (۸) به دست آمد.

جدول ۸: عمق و پهنه سیل‌گیری با وجود پل نسبت به حالت بدون وجود پل زهره

دوره برگشت (سال)	۲	۱۰	۲۰	۵۰	۱۰۰
درصد اختلاف پهنه سیل	۰/۶	۰/۱۲	۰/۱۸	۰/۳۴	۰/۲۱
درصد اختلاف عمق سیل	۰/۲۸	۰/۴۲	۰/۵۹	۰/۸۰	۰/۸۸

نتیجه‌گیری

رودخانه زهره مانند دیگر رودخانه‌های خوزستان به علت نزدیکی با دریا شیب زیادی دارد به همین دلیل علیرغم پوشش گیاهی زیاد دارای فرسایش نسبتاً زیادی می‌باشد. مشکل اصلی این رودخانه فرسایش کف و سواحل می‌باشد و این امر اراضی شالی، باغات و مناطق مسکونی و خصوصاً منطقه شهری، که در انتهای پایین دست رودخانه قرار دارد، را مورد تهدید جدی قرار می‌دهد. در این تحقیق سناریوهای مختلف (احداث آبشکن، پوشش سنگچین، احداث دیواره بتنی، پوشش گیاهی، گوره و صفحات مستغرق) جهت تثبیت سواحل رودخانه زهره و مقایسه کمی و کیفی آنها و معرفی گزینه برتر مورد ارزیابی قرار گرفته شد. نتایج این تحقیق به طور کلی نشان می‌دهد مدل هیدرولیکی HEC-RAS به خوبی می‌تواند سازه‌های مختلف طرح‌های ساماندهی رودخانه را شبیه‌سازی کرده و نحوه تغییر پارامترهای هیدرولیکی جریان از قبیل سرعت، تنش برشی و توان آبراهه‌ای را قبل و بعد از احداث سازه‌های مذکور بررسی و ارزیابی نماید که از این لحاظ با نتایج آریان پور و فروغی (۱۳۸۵) و مرکز مشاورین زهکشی منطقه آکلند (۲۰۰۶) تطابق دارد. نتایج حاصل از شبیه‌سازی منطقه با در نظر گرفتن سازه‌های طولی و مقایسه پارامترهای هیدرولیکی آن با وضعیت موجود، مزیت کاربرد توأم سازه‌های عرضی آبشکن با سازه‌های طولی را آشکار می‌سازد. به‌طوری‌که با شبیه‌سازی شرایط قبل و بعد از طراحی سازه‌های آبشکن گوره به ازای سیلاب با دوره‌های برگشت مختلف مشخص گردید به علت محدود شدن مسیر جریان در اثر احداث سازه‌ها، ارتفاع سطح آب در بازه مطالعاتی افزایش یافته و در نتیجه، تنش برشی در مقاطع بین آبشکن‌ها به‌طور چشمگیری کاهش یافته است که دلیلی بر کاهش فرسایش در

نزدیکی خاکریزها می‌باشد. از نظر سازه‌ای نیز آبشکن‌ها مانع از فرسایش شیروانی‌های خاکریزها شده است. همچنین ساماندهی بیشترین تأثیر را بر توان آبراهه‌ای و تنش برشی جریان داشته است. نتایج حاصل از شبیه‌سازی منطقه با در نظر گرفتن سازه‌های طولی و مقایسه پارامترهای هیدرولیکی آن با وضعیت موجود، مزیت کاربرد توأم سازه‌های عرضی آب شکن با سازه‌های طولی را جهت حفاظت از سواحل آشکار می‌سازد. با مقایسه بین گزینه های مختلف تثبیت ساحل از نظر تنش برشی کل، روش آب شکن - گوره با کاهش ۱۳/۵ درصدی تنش برشی نسبت به شرایط موجود که دلیلی بر کاهش فرسایش در سواحل رودخانه میباشد، بعنوان روش برتر از نظر هیدرولیکی از بین روش‌های مذکور در بازه مورد نظر انتخاب و معرفی می‌گردد. علت اصلی تاثیرگذاری بیشتر روش مذکور قابلیت انحراف جریان بیشتر توسط این سازه تلفیقی می‌باشد که می‌تواند باعث کاهش بیشتر تنش برشی در دیواره سواحل گردد.

منابع

- آریان پور حمید؛ فروغی عماد، (۱۳۸۵). بررسی فنی و اجرایی روش‌های تثبیت سواحل رودخانه، چهارمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه. دانشگاه شهید چمران اهواز ۲۱ ص.
- آزم نوال؛ قمشی مهدی؛ فایضی زاده زاله؛ منصوری هفشجانی مهوش، (۱۳۹۲). شبیه‌سازی هیدرولیکی طرح های ساماندهی رودخانه با استفاده از مدل ریاضی HEC-RAS4 (مطالعه موردی رودخانه کارون)، نشریه آب و خاک، سال بیست و هفتم، شماره ۴، صص ۸۰۲-۸۱۱.
- تلوری عبدالرسول، (۱۳۸۳)، اصول مقدماتی مهندسی و ساماندهی رودخانه، انتشارات مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، تهران، ایران. ص ۱۲۰.
- تلوری عبدالرسول، (۱۳۸۱)، رابطه رسوبدهی معلق با برخی از ویژگی های آبخیز در سرشاخه های کرخه و دز در استان لرستان، فصلنامه پژوهش و سازندگی، شماره ۵۷، زمستان، صفحات ۵۶-۶۸.
- داننده مهر علی؛ نیک صفت غلامرضا، (۱۳۸۹)، اصول مهندسی رودخانه، انتشارات دیباگران، تهران، ایران. ص ۱۰۰.
- رحیمی‌نژاد زهرا؛ طیار امید، (۱۳۹۴)، اصلاح و ساماندهی رودخانه خبر بافت با استفاده از مدل HEC-RAS، مجله مهندسی آبیاری و آب ایران، شماره ۱۹، صفحه ۱۷.
- رستمی روناک؛ زنگنه تبار زهرا، (۱۳۹۵). بررسی تغییرات مورفولوژی کناری آبراهه روخانه قره سو با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، دومین کنگره بین المللی علوم زمین و توسعه شهری، تهران، ایران.
- سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، (۱۳۸۴)، راهنمای طراحی، ساخت و نگهداری پوشش ها در کارهای مهندسی رودخانه، انتشارات معاونت امور اداری، مالی و منابع انسانی، مرکز مدارک علمی، ایران. ص ۴۶.
- سلیقه زاده علی؛ حاجیان نیا البرز؛ حمیدی عباس، (۱۳۹۵)، بررسی و طرح سیستم های حفاظت ساحلی با در نظر گرفتن ملاحظات ژئوتکنیکی مطالعه موردی رودخانه کارون در محدوده کلانشهر اهواز، کنفرانس بین المللی نخبگان عمران، معماری و شهرسازی، اهواز، ایران.
- شش انگشت سارا؛ افتخاری مرتضی؛ هوشیاری پور فرهاد؛ قلخانی حسین؛ کوهیان افضل فرشاد، (۱۳۹۴)، روش شناسی توسعه و بهره وری سیلابدشت ها با رویکرد مدیریت جامع سیلاب در محیط GIS (مطالعه موردی حوضه آبریز کن)، نشریه مهندسی نقشه برداری و اطلاعات مکانی، سال ششم، شماره ۳، صص ۴۳-۵۲.
- شفاعی بجستان محمود؛ سواعدی عادل؛ غفوری حمیدرضا، (۱۳۸۹)، اصول نظری و عملی هیدرولیک انتقال رسوب انتشارات دانشگاه شهید چمران، اهواز، ایران. ص ۱۲۵.
- صاحبقرانی بهرام، (۱۳۸۴)، راهنمای اصول کارشناسی حفاظت و مهندسی رودخانه و سواحل و کنترل سیلاب، انتشارات آب منطقه ای آذربایجان شرقی و اردبیل، ایران. ص ۱۵۰.

عسکری ایلاق مرجان، (۱۳۹۵)، طراحی و ساماندهی نوار ساحلی رودخانه کارون اهواز با تاکید بر رویکرد توسعه پایدار، دومین کنفرانس ملی چالش های معاصر در معماری، منظر و شهرسازی، ایران.
حسینی، سید محمود؛ ابریشمی جلیل، (۱۳۹۴)، هیدرولیک کانالهای باز، انتشارات آستان قدس رضوی، دانشگاه امام رضا (ع)، خراسان، ایران. ص ۱۶۰.

Andam, J. K.S., (2003), "Comparing Physical Habit Condition in Forested and non-Forested Stream", Thesis of Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science Specializing in Civil and Environmental, University of Vermon.

Gärtner, P., M. Förster, A. Kurban and B. Kleinschmit, (2014), "Object based change detection of Central Asian Tugai vegetation with very high spatial resolution satellite imagery", Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf. 31: 110-121.

Ookland County Drain Commissioner's Office and City of Farmington Hills, (2006), "Upper River Rouge Sub watershed In Farmington Hills: Stream bank Erosion Inventory Report". 45 pp.

Randel, J., Jennifer, A., Klinger, R., Lockhart, A., (2000), "Geomorphology, and River Hydraulics of the TETON River", Department of the Interior, Pacific Northwest Regional Office, Boise, Idaho, Denver, Colorado. 55pp.

Rangzan, K. M., M. Toolae Nezhad and S. Piraste. (2012). "Study the effects of rivers migration on the civil structure in Khuzestan Plain using satellite data", Proc. of 6th International Conference of River Engineering in Ahvaz. 169-181.

Subramanya, K. (2008). "Flow in Open Channels, McGraw Hill Education", USA. 224pp.

Timer, G., (2013), "Controls on channel sinuosity changes. A case study of the Tisza River, The Great Hungarian plain". Quaternary Science Reviews 22: 2199-2207.

Organization and Stabilization of River Coastal Using a Mathematical Model (Case Study: Zohreh River)

Ebrahim Nohani*¹, Alireza Moalaimazrae²

Received: 04-03-2017

Accepted: 05-09-2017

Abstract

The morphological studies and researches are very important for organizing the river and determining the river bed and zone. There are several hydraulic factors that make the scouring phenomenon intense at the location of hydraulic structures constructed on the beach of the river. The seawall erosion of river via water is regarded as the common and known phenomena of rivers of Khuzestan Province. So, execution of conservative practices and stabilization of side walls of the river is so essential. In the present research, the main aim is to determine the best method for stabilization of coastal on the basis of the study area by simulation and comparison of various conservation methods of coastal. For this purpose, a range of Zohreh River with the length of 60 Km was selected as the model area along with coastal protection structures. The organizing methods of the research encompass groin, riprap layer, construction of the concrete wall, vegetation, embankment and submerged plates. First, the river was modeled in Arc View software using topographic maps and the obtained results were imported into HEC-RAS software for applying hydraulic conditions. Then, various parameters of flow under conditions of organizing methods were compared with current state of the river. Finally, the groin-embankment option was selected as the best method in terms of hydraulic among alternatives, due to a %13.5 reduction in shear stress relative to the existing conditions, implying erosion decrease of river coastal.

Keywords: Coastal Protection, Groin, Embankments, Organizing River, Zohreh River, HEC-RAS.

¹*- Assistant professor, Department of Hydraulic Structures, Young Researchers and Elite Club, Dezful Branch, Islamic Azad University, Dezful, Iran. Email: Nohani_e@yahoo.com

²- Graduate Student, Department of Hydraulic Structures, Dezful Branch, Islamic Azad University, Dezful, Iran.