

بررسی تأثیر سازه پل در مسیر رودخانه بر رفتار هیدرولیکی جریان (مطالعه موردی: رودخانه ولیان)

شبنم وکیلی^۱، علیرضا مقدم‌نیا^{۲*}

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۴/۸

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱/۲۹

چکیده

وجود سازه‌ها در مسیر رودخانه مانند پل، بند، اعیانی‌ها و... باعث تغییر خصوصیات هیدرولیکی جریان رودخانه شده و تغییر در این خصوصیات جریان ممکن است بستر رودخانه را تغییر دهد. در پژوهش حاضر، اجرای مدل هیدرولیکی رودخانه ولیان و نتایج حاصل از آن و نقش پل‌ها (چندار، اسکول‌دره، آجین دوجین و ولیان) در شرایط طبیعی بستر مورد بررسی قرار گرفته است. با در اختیار داشتن نقشه‌های توپوگرافی با دقت مناسب (مقیاس ۱:۵۰۰) و نرم‌افزارهای GIS شامل ARCGIS-GEORAS و امکان ساخت مدل GIS از این محدوده مطالعاتی، از مدل ریاضی HEC-RAS استفاده شد. رودخانه مورد مطالعه در شرایط طبیعی و در وضعیت موجود (وجود سازه‌ها)، برای سیلاب‌های با دوره بازگشت‌های مختلف ۲، ۲/۳۳، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ مدل گردید. نتایج نشان داد که وجود پل‌ها بیشترین تأثیر روی مساحت مقطع عبوری جریان (۱۱/۶٪) و عرض سطح آزاد آب (۱۶/۵٪) و کمترین تأثیر روی سطح ارتفاع آب و تراز گرادیان انرژی (حدود صفر درصد) دارند. عدد فرود و سرعت جریان در تمام پل‌ها به جز پل ولیان کاهش داشته است. ارتفاع گرادیان انرژی متغیر بوده است. کمترین تغییرات مربوط به سطح ارتفاع آب، گرادیان انرژی و بیشترین اختلاف مربوط به پارامتر عرض سطح آب و مساحت است. با توجه به نتایج حاصل از خصوصیات هیدرولیکی با دوره بازگشت ۲۵ ساله برای اتخاذ تصمیمات مدیریتی لازم، پیشنهاد گردید پل اسکول‌دره به دلیل بیشترین تغییرات در سطح مقطع جریان و عرض سطح آب در اولویت اول و پل ولیان در اولویت آخر مدیریتی قرار گیرند.

کلیدواژه‌ها: دوره بازگشت، عرض سطح آزاد آب، مدل هیدرولیکی رودخانه.

۱. دانشجوی دکتری مهندسی عمران مدیریت منابع آب، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران

۲. دانشیار هیدرولوژی، دانشکده کشاورزی، گروه منابع طبیعی، دانشگاه تهران، تهران، ایران، a.moghaddamnia@ut.ac.ir

* این مقاله برگرفته از پژوهش مستقل است.

مقدمه

رودخانه به عنوان اصلی ترین منبع تأمین کننده آب برای انسان و سایر موجودات به شمار می آید اما گاهی این منبع زندگی باعث نابودی و وارد شدن خسارات جبران ناپذیری نیز می شود (مهندسین مشاور آب آرا سازه، ۲۰۰۶). بنابراین لازم است با مطالعه خصوصیات هیدرولیکی جریان و حریم بستر رودخانه، محدوده امن برای فعالیت های انسان در اطراف آن تعریف شود. دستکاری های صورت گرفته توسط انسان در محدوده حریم و بستر رودخانه های کشور به شکل های گوناگون رخ داده که شدت و ضعف آن در رودخانه های مختلف، متفاوت است (همان). بررسی تعیین حریم و بستر رودخانه به معنای تعریف بخش های مطالعات آن و روابط صحیح بین اجزاست که می تواند نقش کلیدی در برآورد صحیح حریم رودخانه داشته باشد که شامل دو رکن به کارگیری داده ها و اطلاعات صحیح و بهره گیری از روش های دقیق است (همان). به دلیل اهمیت مطالعه رودخانه و جلوگیری از خطرات سیلاب ها و با به روی کار آمدن مدل های عددی و نرم افزارهای شبیه سازی، مطالعات رودخانه در سطح وسیعی انجام شده است (همان). در مطالعه ای که در منطقه آبرتای ایالات متحده آمریکا در سال ۱۹۹۳ صورت گرفته، بهره گیری از سیستم های اطلاعات جغرافیایی به منظور کاربرد در شبیه سازی سیل مورد ارزیابی قرار گرفته و به صورت آزمایشی در منطقه ای به وسعت ۱۱۰۰۰ کیلومتر مربع با به کارگیری GIS و روش SCS استاندارد رواناب حاصل از بارش منطقه ای محاسبه شده است که کاربرد GIS، موفقیت نتایج به دست آمده در مقایسه با روش های سنتی را نشان می دهد (یونایتد نیشن^۱، ۱۹۹۴). گروهی از متخصصان ایالات متحده در سال ۱۹۸۸ برای پهنه بندی خطر سیل در منطقه آریزونای غربی و شرقی با استفاده از خصوصیات هیدرولوژیک و ژئومورفولوژیک، به بررسی خطرات تهدیدکننده عملیات مهندسی پرداختند (تاته و میادمنت^۲، ۱۹۹۹). سلاجقه (۲۰۰۶) با به کارگیری HEC-RAS به مدل سازی رودخانه کرج (سیراپیل خواب) پرداخت و به این نتیجه رسید که در محل بعضی مقاطع به علت شیب زیاد بازه، افزایش ارتفاع سیل در آن تأثیر زیادی

در گسترش پهنه سیل ندارد. همچنین فاکتور زبری نیز تأثیر محسوسی را در افزایش ارتفاع جریان نشان نمی دهد. نعمتی و همکاران (۲۰۰۶) با استفاده از مدل HEC-RAS به بررسی پهنه های سیل بر روی نقشه های مالکیت اراضی رودخانه ماشلک نوشهر پرداختند و اراضی در معرض خسارت توسط ساخت پل ها و سازه های دیگر را در مسیر جریان رودخانه را تعیین کردند. سلاجقه و همکاران (۲۰۰۹) یک رویکرد ساده برای پردازش خروجی مدل هیدرولیک HEC-RAS در صورت وجود سازه ها در مسیر رودخانه ارائه دادند تا نقشه برداری و تحلیل دشت سیلابی دوبعدی و سه بعدی را در ArcView فراهم کند. نتایج تحقیق حاکی از آن است که GIS ابزاری مؤثر برای نقشه برداری و تحلیل دشت سیلابی است. روشن و همکاران (۲۰۱۳) به شبیه سازی پارامترهای هیدرولیکی رودخانه بشار واقع در استان کهگیلویه و بویراحمد با نرم افزار HEC-RAS پرداختند و برای مدل سازی جریان رودخانه از روش عمق نرمال استفاده کردند و شاهد افزایش مساحت عبوری جریان و کاهش عمق در بعضی نقاط که سازه وجود داشت بودند. نیکام و همکاران (۲۰۱۴) به کمک مدل HEC-RAC به تعیین حد بستر و حریم رودخانه کر در محل پل ها پرداختند و حساس ترین بازه را از نظر سیل گیر بودن بررسی کردند و در نتایج آن ها الگوی جریان به جز در مقاطع خاص مانند پل فلزی در تمام بازه در دست مطالعه به صورت زیر بحرانی بود و در مقطع پل فلزی به دلیل تنگ شدگی مقطع رودخانه جریان فوق بحرانی بوده و مشاهده شد که عدد فرود در این نقطه دارای مقداری بیشتر از ۱ بود و طرح پیشنهادی آن ها در منطقه سیل خیز عبارت بود از کاتالیزه کردن مسیر رودخانه با استفاده از دایک خاکی. عبدالباست^۳ و همکاران (۲۰۱۵) با مدل سازی هیدرولیکی یک بعدی با HEC-RAS، امکان محاسبه پروفیل جریان آب را برای برخی رویدادهای سیلابی که در پایین دست سد الوحده رخ داده بود، فراهم کردند و با توجه به نتایج گستره سیل، این مدل را در مداخلات مدیریت سیل در برابر سرریزهایی که به رغم وجود این سد، به دلیل رویدادهای شدید اقلیمی و هیدرولوژیکی مشاهده شده در سال های اخیر، همچنان

1. United Nations
2. Tate and Maidment

3. Abdelbasset

با توجه به هزینه‌ها، خاکریز سیل‌بند را مقرون‌به‌صرفه اعلام کردند. رومالی^۵ و همکاران (۲۰۱۸) کاربرد HEC RAS و ARC GIS را برای نقشه‌برداری دشت سیلابی در شهر سگمات، مالزی ارائه کردند. خلف‌الله و سعیدی (۲۰۱۸) به برآورد سیلاب و دوره بازگشت بارندگی با استفاده از Hyfran و شبیه‌سازی سیل‌های اخیر با استفاده از HEC-RAS و HEC-GeoRAS برای آخرین سیل رخ داده در حوضه مدجرا پرداختند و نتایج با واقعیت تطابق مناسب داشت. هادی و اردیکلی‌اغلو^۶ (۲۰۱۸) حداکثر جریان و مکان آن را با استفاده از آزمایش مدل و سه روش مختلف با استفاده از HEC-RAS بررسی کردند و برای چهار نسبت دهانه‌های پل مدل‌سازی کردند و به این نتیجه رسیدند که هنگامی که نسبت بازشدگی افزایش می‌یابد، فواصلی که حداکثر جریان‌ها مشاهده می‌شوند نیز به سمت بالادست کانال تغییر می‌کنند. (ارگاز و اونن^۷، ۲۰۲۰) مشخصات هیدرولیکی بستر سیلاب و پروفیل‌های سطح آب سیلاب‌های با دوره‌های بازگشت ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۵۰۰ ساله را روی سه پل در مسیر رودخانه دجله مطالعه کردند و تجزیه و تحلیل دشت سیلابی یک‌بعدی رودخانه دجله تعیین شد و حد بستر و حریم رودخانه را تعیین کردند. زانیال‌فکری^۸ و همکاران (۲۰۲۰) با استفاده از HEC-RAS بر روی رویدادهای سیل اخیر ۲۰۰۷ و ۲۰۱۴ مناطق مالزی بر اساس داده‌های جمع‌آوری شده، آنالیز سطح آب، دبی رودخانه‌ها و مقطع رودخانه تحقیق کردند. مشخص شد که خروجی مدل تطابق خوبی به ترتیب برای رویدادهای سیل ۲۰۰۷ و ۲۰۱۴ دارد. زالی و همکاران (۲۰۲۱) با استفاده از HEC-RAS و استفاده از دو سناریوی لوله‌گذاری و روپوش برای جلوگیری از سیل مناطق خطرناک را تعیین کردند. تاپا^۹ و همکاران (۲۰۲۲) با تعیین گستره سیل مناطق پرخطر اطراف رودخانه ستی را مشخص کردند. محققان دیگری از جمله (کومار^{۱۰} و همکاران، ۲۰۱۷؛ دمیر و کیسی^{۱۱}، ۲۰۱۶؛ لیم^{۱۲} و همکاران، ۲۰۱۹؛ رنگاری^{۱۳} و همکاران، ۲۰۱۹) مطالعات

ادامه دارد، پیشنهاد دادند. اسدی‌نیا و همکاران (۲۰۱۶) با تعریف چهار سناریو، به بررسی تأثیر پل‌های احداث‌شده بر رفتار هیدرولیکی رودخانه شهرچای ارومیه، با استفاده از هوش مصنوعی GEP و تلفیق نرم‌افزارهای HEC-RAS و HEC-Geo-RAS پرداختند. در سناریوی اول مشاهده شد که وجود یا عدم وجود سازه‌ها، در دبی عبوری رودخانه و تراز سطح آب تأثیر چندانی ندارد. بررسی‌ها در سناریوی دوم، وجود سازه‌ها در عبور سیلاب با دوره‌های بازگشت ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ بیشتر قابل مشاهده بود. در سناریوهای سوم و چهارم، پروفیل سطح آب در دبی‌های مختلف شبیه‌سازی شده است و دبی عبوری هریک از پل‌های موجود در مسیر محاسبه شد. خطک^۱ و همکاران (۲۰۱۶) از HEC-RAS و ArcGIS برای نقشه‌برداری از مرز سیل رودخانه کابل در پاکستان استفاده کردند. رجیب^۲ و همکاران (۲۰۱۶) تجزیه و تحلیل سیلاب حوضه رودخانه اوهایو در ایالات متحده را با استفاده از مدل یک و دوبعدی هیدرودینامیکی متصل LISFLOOD-FP همراه با مدل هیدرولوژیکی خاک و ابزار ارزیابی آب (SWAT) ارزیابی کردند. با توجه به نتایج هر دو مطالعه، مدل هیدرودینامیکی می‌تواند برای ارزیابی اثرات تغییر اقلیم و تغییرات کاربری اراضی بر خطرات خاک در حوضه‌های رودخانه استفاده شود. الله^۳ و همکاران (۲۰۱۶) با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (HEC-RAS (1D, GIS)) و ترکیب HECGeo RAS برای به دست آوردن مطالعات پیش‌بینی سیل رودخانه کالیپانی استفاده کردند و نتایج مطالعه نشان داد که نتایج شبیه‌سازی عملکرد خوبی در تطابق نزدیک با سطوح آبی مشاهده شده نشان می‌دهد. همچنین یایلاک^۴ (۲۰۱۶) با همین روش اثر سیلابی جریان بیتلیس را که هر از چند گاهی می‌تواند به جریان‌های زیادی برسد و در نتیجه باعث تلفات جانی شود، به استان بیتلیس با تعیین گستره سیل تعیین کرد. موسی‌پور و همکاران (۲۰۱۸) با توجه به خصوصیات جریان حاصل از نرم‌افزار HEC-RAS، سه گزینه سیل‌بند بتنی و طره‌ای T شکل و خاکریز سیل‌بند را برای سامان‌دهی رودخانه بررسی کردند و

5. Romali
6. Hadi and Ardicioglu
7. Ogras and Onen
8. Zainalfikry
9. Thapa
10. Kumar
11. Demir and Kisi
12. Lim
13. Rangari

1. Khattak
2. Rajib
3. Ullah
4. Yaylak

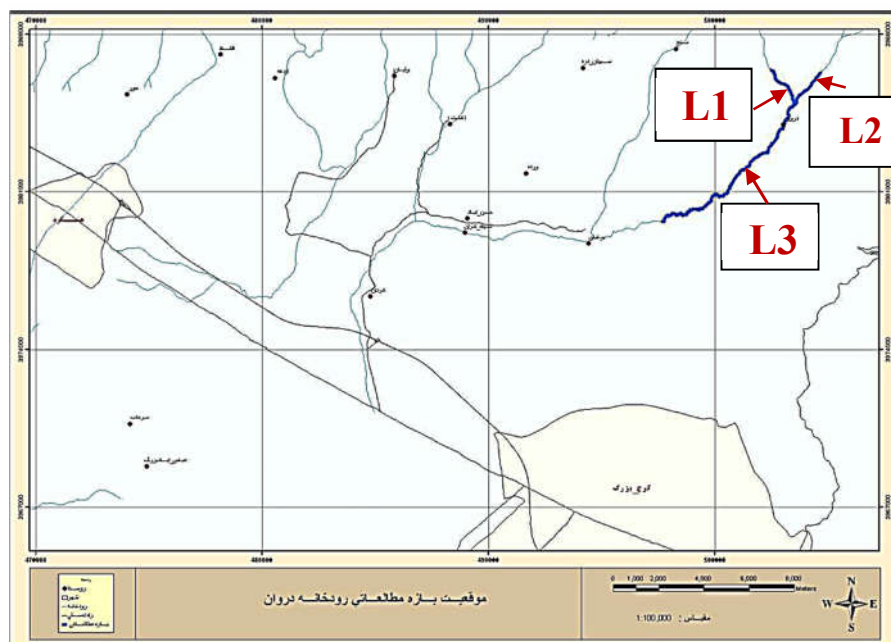
انجام گرفته است. حد بستر رودخانه بر طبق قوانین موجود، پهنه سیلابی در شرایط طبیعی رودخانه و به ازای دبی سیلابی ۲۵ ساله است (مهندسین مشاور آب آرا سازه، ۲۰۰۶). حد بستر نهایی رودخانه با مشخص شدن بستر هیدرولیکی و در نظر گرفتن تأثیر مطالعات ریخت‌شناسی، کاربری اراضی بستر، حقوقی، اقتصادی اجتماعی از رودخانه به دست آمده است که حریم رودخانه به فاصله مشخصی از حد بستر قرار دارد و برای رودخانه ولیان مقدار ۴ متر در نظر گرفته شده است (همان، ۲۰۰۶). بازه مطالعاتی طرح تعیین حد بستر و حریم رودخانه ولیان از بالادست روستای اسکول دره شروع شده و در مسیر خود از روستاهای اسکول دره، ولیان، آجین دوجین، خورون و چندار گذشته و در نهایت تا محل ورود به رودخانه کردان در پایین دست روستای چندار ادامه دارد. طول رودخانه اصلی حدود ۱۷/۵ کیلومتر است که مختصات بالادست مسیر در سیستم مختصات UTM برابر ۴۸۵۰۹۰ شرقی، ۳۹۹۰۶۰۰ شمالی و مختصات پایین دست برابر ۴۸۱۰۵۰ شرقی و ۳۹۷۷۰۰۰ شمالی بوده است. در شکل (۱) موقعیت رودخانه نشان داده شده است.

مشابهی انجام دادند. با توجه به اهمیت تعیین پهنه‌های سیلابی با دوره‌های بازگشت مختلف برای جلوگیری از خطرات سیلاب‌ها، سامان‌دهی رودخانه و مشخص کردن وضعیت تأسیسات موجود در مجاورت رودخانه، تعیین پهنه‌بندی سیلاب با دوره‌های بازگشت مختلف از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از این رو در این مطالعه به بررسی تأثیر سازه‌های پل در مسیر رودخانه ولیان بر روی خصوصیات هیدرولیکی جریان رودخانه با استفاده از نرم‌افزار HEC-RAS پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

محدوده مورد مطالعه

برای شبیه‌سازی رودخانه ولیان، دبی سیلابی جریان با دوره‌های بازگشت مختلف و پارامترهای هیدرولیکی شامل ضریب مانینگ، هندسه رودخانه در قالب مقاطع عرضی و اطلاعات مربوط به سازه‌های احداث شده در مسیر رودخانه، شبیه‌سازی شرایط هیدرولیکی جریان و تحلیل هیدرولیکی لازم در بازه‌های مورد مطالعه با استفاده از مدل HEC-RAS

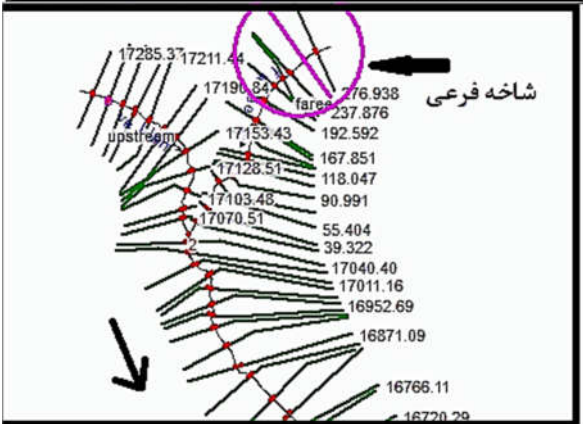
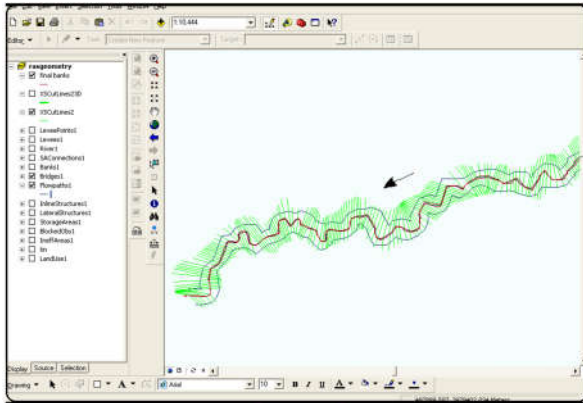


شکل (۱): موقعیت بازه مطالعاتی رودخانه ولیان (مهندسین مشاور آب آرا سازه، ۲۰۰۶)
Figure (1): location of the Velian river study area (Ab Ara Sazeh Consulting Engineers, 2006)

بستر سنگی به همراه فرسایش به دلیل شیب زیاد و محدود شدن جریان توسط دیوارهای حفاظتی باغات حاشیه و احداث

جنس بستر رودخانه ولیان با توجه به وضعیت کوهستانی و دره‌ای آن در بالادست بازه مطالعاتی از نوع درشت‌دانه با

توپوگرافی رودخانه در شاخه اصلی ۸۸۷ و در شاخه فرعی ۳۲۳ انتخاب شدند. در قسمت‌هایی که رودخانه مستقیم باشد، مقاطع عرضی دور از هم (حدود ۵۰ متر) و در قسمت‌هایی که پیچ‌وخم دارد، نزدیک هم (حدود ۱۶ متر) هستند.



شکل (۲): نمونه‌ای از مقاطع عرضی، کانال اصلی و فرعی و سیلاب دشت در رودخانه ولیان

Figure (2): An example of cross sections, main canal and plain flood in Velian river

در شکل (۲) نمونه‌ای از مقاطع عرضی در نظر گرفته شده در مجرای اصلی و سیلاب‌دشت با توجه به توپوگرافی رودخانه ولیان در محیط GIS نشان داده شده است. از روش کاون (یک ضریب زبری پایه است که با توجه به جنس کانال برای کانال یکنواخت و صاف و مستقیم انتخاب می‌شود و ضرایب اصلاحی دربرگیرنده اثرات نامنظمی سطح مقطع، چگونگی تغییرات سطح مقطع، وجود موانع در مسیر کانال، پوشش گیاهی و درجه مارپیچی بودن مسیر است (ابریشمی و حسینی، ۲۰۰۷)، برای تعیین مقادیر n برای بازه‌های مطالعاتی استفاده شده است. در بازسازی شرایط طبیعی رودخانه ضرایب مقاومت جریان (ضریب مانینگ) شرایط موجود در صورت لزوم دستخوش تغییر شده و این ضرایب مطابق با

سازه‌های تقاطعی نظیر پل‌ها و بند در بالادست و پایین دست رودخانه است. در میانه مسیر رودخانه جنس بستر از سنگی به شنی درشت‌دانه و در پایین دست به ریزدانه تغییر وضعیت می‌دهد. با در اختیار داشتن نقشه‌های توپوگرافی با دقت مناسب (مقیاس ۱:۵۰۰) از مهندسين مشاور آب آرا سازه و نرم‌افزارهای GIS شامل ARCGIS-GEORAS و امکان ساخت مدل GIS از این محدوده مطالعاتی، از مدل ریاضی HEC-RAS استفاده شد. این نرم‌افزار توسط (بیروز، ۱۹۹۴) برای انجام برخی از اولین کارهای مرتبط با مدل‌سازی هیدرولیک و GIS به کار گرفته شد. کارهای اولیه شامل ساخت TIN برای رودخانه مورد نظر و رسم خطوط ساحلی و مقاطع عرضی در Hecgeoras است. با توجه به شرایط و ویژگی‌های رودخانه ولیان تحلیل جریان در آن با استفاده از الگوریتم جریان دائمی انجام شده است. در نرم‌افزار مزبور برای حالت جریان دائمی، نیمرخ سطح آب بر اساس روش گام‌به‌گام استاندارد انجام شد. بنابراین پایه محاسبات بر اساس حل معادلات یک‌بعدی انرژی (معادله برنولی) است و معادله مانینگ برای محاسبه افت انرژی میان مقاطع متوالی به کار گرفته می‌شود. دیگر افت‌ها مانند ضرایب انبساط و انقباض مقاطع نیز منظور می‌گردد. معادله مومنتم نیز به‌هنگام وقوع جریان‌های متغیر سریع (در جریان‌های مختلط شامل ترکیب جریان‌های فوق‌بحرانی و زیربحرانی، پرش هیدرولیکی، عبور جریان از زیرپل‌ها و در محل تلاقی شاخه‌ها و...) مورد استفاده قرار می‌گیرد. در ضمن این مدل قادر به تحلیل اثرات سازه‌های مرتبط با رودخانه نظیر پل، آبگذر، سرریز، سرریز جانبی و سازه‌های سامان‌دهی نیز می‌باشد که در این تحقیق به آن پرداخته می‌شود. با نظر به عرض نقشه‌برداری حاشیه رودخانه، اقدام به تهیه مقاطع عرضی در فواصل معین (در پیچ‌وخم‌ها حدوداً ۱۶ متر و در بازه‌های مستقیم تا ۵۰ متر) از یکدیگر در طول رودخانه از مجرای اصلی و سیلاب دشت در حاشیه رودخانه گردید. تعداد مقاطع عرضی با توجه به

1. Beavers

۲. روش محاسبه نیمرخ طولی که بر اساس معادله انرژی محاسبات برای جریان زیربحرانی از پایین دست و برای جریان فوق‌بحرانی از بالادست آن انجام می‌شود.

است. لذا مطالعات هیدرولوژی می‌بایست با اعمال شرایط طبیعی (بدون وجود سد، بند، پل و حذف تغییرات مصنوعی ایجادشده) در رودخانه و حوضه مطالعاتی می‌بایست انجام گردد. تغییر کاربری اراضی حوضه و وجود سازه‌های متقاطع از جمله مواردی است که رژیم جریان رودخانه را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. در طول بازه مطالعاتی یک شاخه فرعی در بالادست به رودخانه اصلی می‌ریزد، به همین علت مقدار دبی شاخه فرعی در محل اتصال در مدل اعمال گردید.

به منظور محاسبه میزان دبی حداکثر لحظه‌ای با دوره برگشت‌های مختلف از آمار تکمیل و تطویل شده دبی حداکثر لحظه‌ای سالانه ایستگاه‌های هیدرومتری موجود در منطقه طرح بهره گرفته می‌شود. در منطقه طرح ۱۱ ایستگاه هیدرومتری وجود داشته که از بین آن‌ها ۶ ایستگاه دارای شرایط مناسبی از لحاظ کمیت آمار جهت تکمیل تا دوره شاخص ۳۰ ساله را داشته‌اند؛ بنابراین با استفاده از این آمار ثبت شده یا برآورد شده یا به‌کارگیری نرم‌افزار SDP مقدار پیک سیلاب با دوره برگشت‌های مختلف از طریق توزیع‌های متداول آماری از جمله نرمال، لوگ نرمال دو و سه پارامتری پیرسون تیپ ۳ و لوگ پیرسون محاسبه شده است. رودخانه ولیان با توزیع پیرسون تیپ ۳ مورد ارزیابی قرار گرفت.

شرایط طبیعی باید اعمال شود. به دلیل مشابهت شرایط موجود با شرایط طبیعی در اکثر طول بازه مطالعاتی، شرایط طبیعی و شرایط موجود دارای ضریب مانینگ نسبتاً یکسانی هستند. مقدار ضریب مانینگ برای سواحل چپ و راست ۰/۰۶ و برای کانال اصلی ۰/۰۵ در نظر گرفته شد. با توجه به اطلاعات موجود برای تعیین شرایط مرزی به منظور مدل‌سازی جریان رودخانه ولیان در بالادست و پایین‌دست از روش عمق نرمال استفاده شده است. در این روش مدل برای محاسبه عمق نرمال جریان از شیب خط انرژی استفاده می‌کند. مقدار این شیب با پذیرفتن خطای ناچیزی که از یکنواخت فرض کردن جریان وارد محاسبات می‌شود، برابر با شیب طبیعی زمین در نظر گرفته شده است. میزان شیب متوسط رودخانه در بالادست و پایین‌دست رودخانه به ترتیب برابر با ۰/۰۸ و ۰/۰۲۳ است.

دبی جریان

دبی جریان به‌عنوان اولین ورودی برای انجام محاسبات هیدرولیک محسوب می‌شود. در واقع برای هر دبی جریان در رودخانه شرایط هیدرولیکی خاصی حاکم بوده و تحلیل هیدرولیکی و پارامترهای مختص خود را شامل می‌شود. دبی رودخانه با دوره‌های بازگشت مختلف مورد مطالعه قرار گرفته است. در انجام مطالعات هیدرولیک با هدف تعیین حد بستر و حریم رودخانه، تحلیل وضعیت جریان در حالت طبیعی مدنظر

جدول (۱): میزان دبی سیلابی با دوره بازگشت‌های مختلف در بازه‌های مختلف رودخانه ولیان (مترمکعب بر ثانیه)

Table (1): Flood discharge rate with different return periods in different sections of Velian River (m³/sec)

دوره برگشت (سال)									بازه	
۱۰۰۰	۵۰۰	۲۰۰	۱۰۰	۵۰	۲۵	۱۰	۵	۲/۳۳	۲	
۳۸/۴	۳۲/۲	۲۴	۱۹/۴	۱۴/۶	۱۰/۴	۵/۸	۳/۲	۱/۵	۱/۳	L1
۲۳/۰۴	۱۹/۳۲	۱۴/۴	۱۱/۶۴	۸/۷۶	۶/۲۴	۳/۴۸	۱/۹۲	۰/۹	۰/۷۸	L2 (شاخه فرعی)
۱۲۹/۷	۱۰۸/۷	۸۱/۵	۶۵/۵	۴۹/۴	۳۵/۲	۱۹/۶	۱۰/۷	۵/۱	۴/۵	L3

مشخصات پل‌های موجود در مسیر

ایجاد پل به دو صورت بر هیدرولیک جریان تأثیر می‌گذارد: اول آنکه به‌عنوان مانعی در مقابل حرکت جریان عمل می‌کند و در بُعد دیگر موجب تنگ‌شدگی مقطع رودخانه در محل احداث پل می‌شود. بنابراین در این‌گونه موارد ضمن حذف کامل سازه پل، تنگ‌شدگی ایجادشده در مقطع احداثی پل نیز تصحیح می‌شود. شایان ذکر است ضرایب انبساط یا انقباض که در

از آنجا که محاسبات هیدرولیکی بر مبنای جریان ماندگار انجام می‌گیرد، از تغییرات دبی جریان در طول زمان صرف‌نظر شده و محاسبات با دبی جریان با دوره‌های بازگشت مختلف (پیک هیدروگراف مربوط به آن) انجام شده است و به‌عنوان مقادیر ورودی به مدل هیدرولیکی بر اساس سطح حوضه مربوطه در جدول (۱) ارائه شده است.

شرایط موجود در محل سازه پل اعمال شده بود، در مدل شرایط طبیعی حذف شده است. در مجموع ۱۹ پل در طی مسیر رودخانه و لیان احداث شده که مشخصات ۴ پل مورد بررسی قرار گرفته که در جدول (۲) ارائه شده است.

جدول (۲): مشخصات پل‌های موجود در مسیر رودخانه ولیان (مهندسين مشاور آب آرا سازه، ۲۰۰۶)
Table (2): Details of bridges along the Velian river (Ab Ara Sazeh Consulting Engineers, 2006)

نام پل	نوع پل	محدوده	فاصله از پایین‌دست	طول پل (متر)	عرض پل (متر)	ضخامت پل (متر)	ارتفاع آبگذری (متر)
پل چندار	بتنی یک‌دهنه	چندار	۱۹۶۷/۱	۶/۴	۵/۵	۰/۹۵	۳/۱۷
پل آجین دوجین	بتنی یک‌دهنه	آجین دوجین	۱۰۱۶۸/۳	۶/۳۸	۴/۵	۰/۷۱	۷/۴۱
پل ولیان	بتنی یک‌دهنه	ولیان	۱۲۲۱۸	۶/۴	۳	۰/۲	۲/۵۹
پل اسکول‌دره	بتنی یک‌دهنه	بالادست اسکول‌دره	۱۵۷۱۲	۳/۴۶	۲/۲	۰/۳۳	۱/۳۷

واسنجی مدل

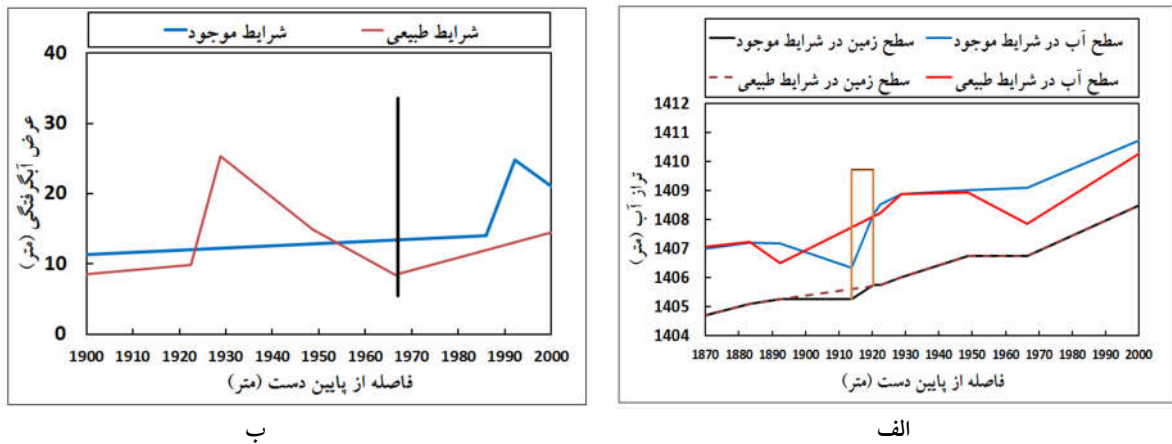
واسنجی مدل در واقع کنترل صحت اطلاعات و نتایج خروجی از مدل به‌ازای شرایط رودخانه مورد مطالعه است. برای واسنجی مدل اطلاعات تراز- آبگذری و تراز - زمان در مقاطع مشخصی از مدل مورد استفاده قرار گرفته و نتایج حاصل از مدل به‌ازای همان شرایط هیدرولیکی با اطلاعات برداشتی از رودخانه مقایسه شده است. به‌منظور جلوگیری از بروز خطاهای بزرگ نتایج مدل مورد حساسیت‌سنجی قرار گرفته است. در این راستا، حساسیت پارامترهای سرعت، عرض سطح آب و ارتفاع جریان نسبت به ضریب مانینگ مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج به‌دست‌آمده نشان‌دهنده اندکی حساس بودن میزان سرعت جریان تقریباً نسبت به ضریب مانینگ حساس است ولی در مطالعات تعیین بستر و حریم رودخانه، توجه به تغییرات عرض سطح آزاد آب اهمیت بیشتری نسبت به پارامترهای دیگر دارد و از آنجا که عرض سطح آب (و همچنین ارتفاع آب) حساسیت بسیار کمی در برابر تغییرات ضریب مانینگ نشان داده، مقدار ضریب در نظر گرفته‌شده بدون تغییر در مدل هیدرولیکی اعمال شده است.

نتایج

مدل ریاضی HEC-RAS قادر است اطلاعات متنوعی از خصوصیات جریان را در خروجی ارائه نماید که بررسی هرکدام از آن‌ها با توجه به هدفمندی مطالعات صورت می‌پذیرد. در

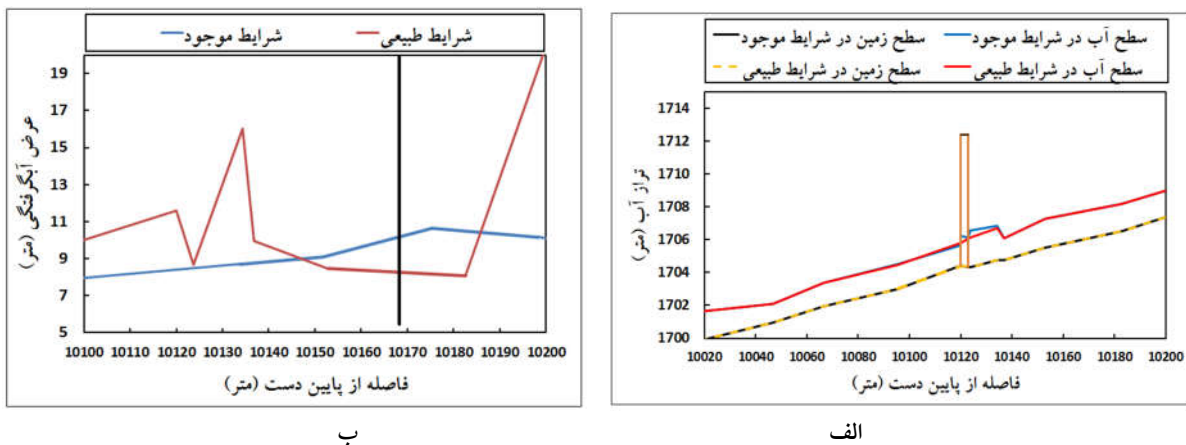
مطالعه حاضر شاخص‌های مهم هیدرولیکی از قبیل تراز سطح آب (پروفیل سطح آب) و عرض سطح فوقانی جریان انتخاب شده و مقدار هریک و نحوه تغییرات آن در هریک از مقاطع مورد توجه قرار گرفته و ارزیابی شده است.

در شکل‌های (۳) تا (۶) اثر وجود پل در بستر طبیعی رودخانه با مقایسه تراز آب و عرض آب‌گرفتگی در شرایط موجود و طبیعی در محدوده پل‌های چندار، آجین دوجین، ولیان و اسکول‌دره مورد مقایسه قرار گرفته است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، وجود پل در مسیر طبیعی رودخانه باعث تغییراتی در تراز آب و نوسان در انحای پروفیل سطح جریان شده است. در همه پل‌ها شاهد افزایش عمق جریان در قبل پل هستیم که این افزایش در پل ولیان بیشتر قابل مشاهده است. عرض آب‌گرفتگی در همه پل‌ها افزایش یافته است. در پل ولیان افزایش بیشتر عمق جریان به‌احتمال زیاد از عرض آب‌گرفتگی جریان جلوگیری کرده است. در شکل (۷) شاهد تغییر تراز آب در رودخانه به‌ازای دوره‌های بازگشت مختلف هستیم که هر چه دوره بازگشت افزایش داشته، تراز آب نیز بالا رفته است. همچنین در شرایطی که پل وجود داشت، شرایط جریان فقط با دبی با دوره بازگشت ۲۵ بررسی شد و در نزدیک هر پل تراز آب محاسبه شد. با توجه به تغییر شکل بستر ترازها در موقعیت‌های متفاوت قرار گرفتند که در شکل‌های (۳) تا (۶) بیشتر قابل مشاهده است.



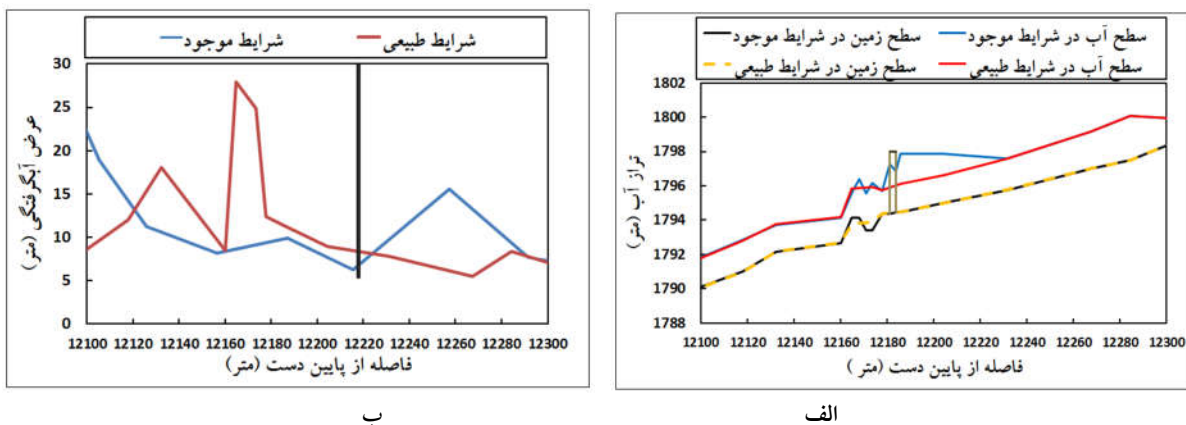
شکل (۳): مقایسه تراز آب (الف) و عرض آب گرفتگی (ب) در شرایط طبیعی و موجود در محدوده پل (چندار)

Figure (3): Comparison of water level (a) and width of flood (b) in natural and existing conditions in the bridge area (Chendar)



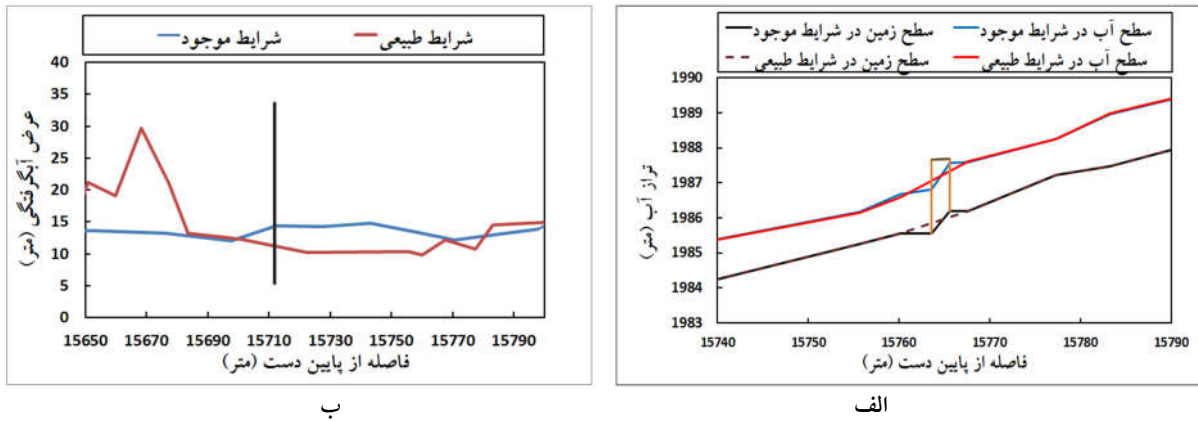
شکل (۴): مقایسه تراز آب (الف) و عرض آب گرفتگی (ب) در شرایط طبیعی و موجود در محدوده پل (آجین دوچین)

Figure (4): Comparison of water level (a) and width of flood (b) in natural and existing conditions in the bridge area (Ajjin dojin)



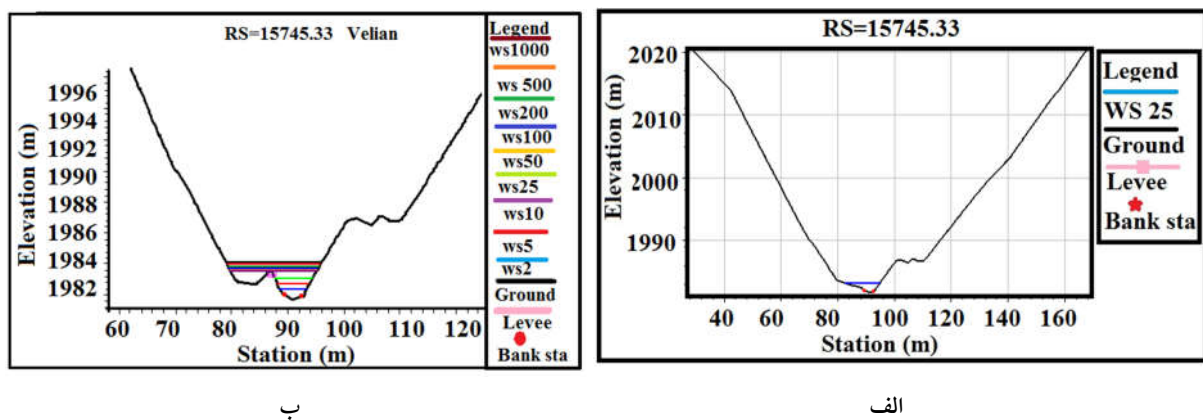
شکل (۵): مقایسه تراز آب (الف) و عرض آب گرفتگی (ب) در شرایط طبیعی و موجود در محدوده پل (ولیان)

Figure (5): Comparison of water level (a) and width of flood (b) in natural and existing conditions in the bridge area (Velian)



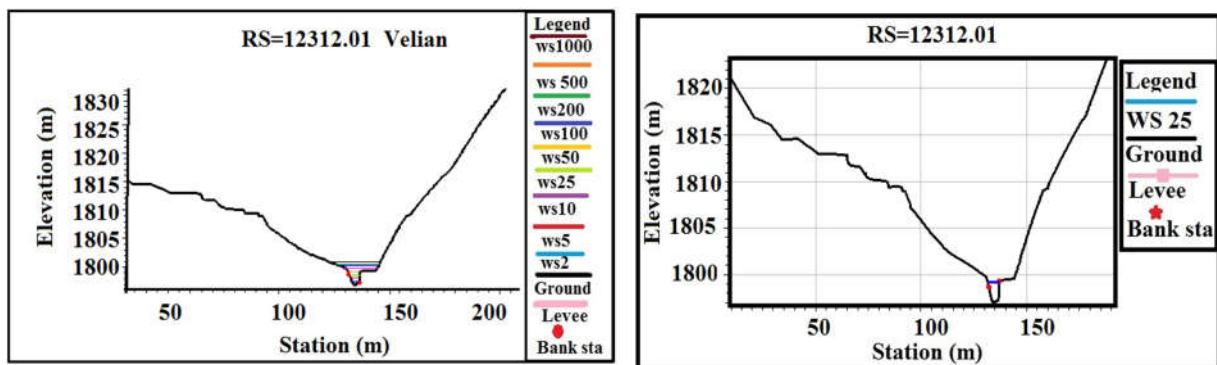
شکل (۶): مقایسه تراز آب (الف) و عرض آبگرفتگی (ب) در شرایط طبیعی و موجود در محدوده پل (بالادست اسکولدره)

Figure (6): Comparison of water level (a) and width of flood (b) in natural and existing conditions in the bridge area (upstream of Pole Eskoldarreh)



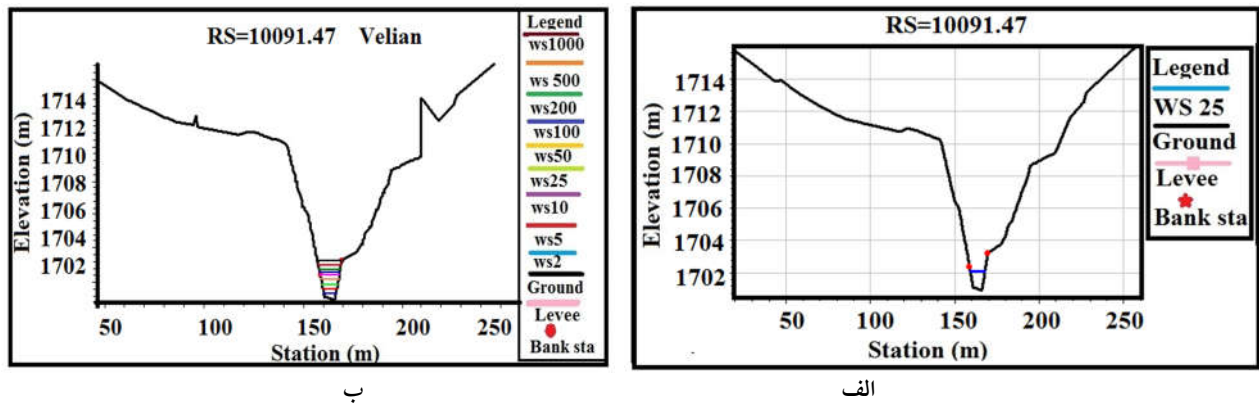
شکل (۷-۱): محدوده پل چندار. (الف) شرایط طبیعی، (ب) شرایط موجود

Figure (2-7): Range bridge Chendar. (a) Natural conditions, (b) Existing conditions

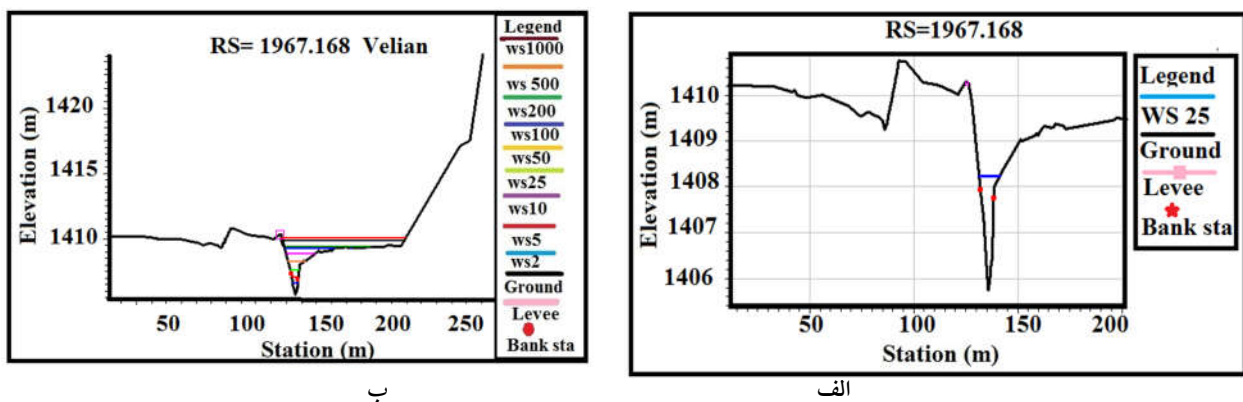


شکل (۷-۲): محدوده پل اسکولدره. (الف) شرایط طبیعی، (ب) شرایط موجود

Figure (3-7): Range Pole Eskouldarreh. (a) Natural conditions, (b) Existing conditions



شکل (۷-۳): محدوده پل ولیان. (الف) شرایط طبیعی، (ب) شرایط موجود
 Figure (4-7): Range bridge Velian. (a) Natural conditions, (b) Existing conditions



شکل (۷-۴): محدوده پل ولیان. (الف) شرایط طبیعی، (ب) شرایط موجود
 Figure (5-7): Range bridge Ajin dojin. (a) Natural conditions, (b) Existing conditions

شکل (۷): پروفیل عرضی مقاطع نزدیک پلها

Figure (7): Transverse profiles of sections near bridges

طبیعی محاسبه شده است. با توجه به نتایج جدول (۳) مشاهده می شود که عرض سطح آب، ارتفاع سطح آب و در نهایت سطح مقطع جریان در تمام پلها در شرایط موجود افزایش یافته است. عدد فرود و سرعت جریان در تمام پلها به جز پل ولیان کاهش داشته است. ارتفاع گرادیان انرژی متغیر بوده است. کمترین تغییرات مربوط به سطح ارتفاع آب، گرادیان انرژی و بیشترین اختلاف مربوط به پارامتر عرض سطح آب و مساحت است.

مشخصات هیدرولیکی جریان رودخانه در شرایط موجود و طبیعی

خصوصیات هیدرولیکی جریان رودخانه به ازای دوره بازگشت ۲۵ ساله در محدوده اطراف پلها در جدول (۳) مشخص شده است. در این مقایسه، افزایش تراز آب و سرعت جریان و کاهش عدد فرود و تبدیل جریان از فوق بحرانی به زیر بحرانی در شرایط موجود نسبت به شرایط طبیعی دیده می شود. در جدول (۴) درصد اختلاف پارامترهای هیدرولیکی جریان رودخانه در شرایط موجود و

جدول (۳): مشخصات هیدرولیکی مقاطع منتخب برای سیل با دوره بازگشت ۲۵ ساله در شرایط موجود و طبیعی

Table (3): Hydraulic characteristics of selected sections for floods with a return period of 25 years under existing and natural conditions

شرایط	عدد فرود $Fr = \sqrt{\frac{Q^2 T}{g A^3}}$	عرض بالای سطح آب	مساحت جریان	سرعت جریان	ارتفاع گرادیان انرژی	ارتفاع سطح آب	ارتفاع حداقل کانال	موقعیت	پل چندار
موجود	۰/۸۲	۱۱/۵۳	۱۱/۴۵	۳/۶۷	۱۴۰۸/۹۸	۱۴۰۸/۳۵	۱۴۰۵/۷۵	۱۹۶۷/۱۶۸	
طبیعی	۰/۹۲	۹/۸۹	۱۰/۲۶	۳/۵۸	۱۴۰۸/۸۸	۱۴۰۸/۲۳	۱۴۰۵/۷۵	۱۹۶۷/۱۶۸	
پل اسکولدره									
موجود	۰/۸۵	۱۵/۶۲	۱۴/۸۳	۳/۵۶	۱۹۸۴/۰۵	۱۹۸۳/۶۳	۱۹۸۱/۷۵	۱۵۷۴۵/۳۳	
طبیعی	۱/۳۹	۱۲/۳۱	۹/۶۵	۵/۲۵	۱۹۸۴/۳۱	۱۹۸۳/۲۹	۱۹۸۱/۷۵	۱۵۷۴۵/۳۳	
پل آجین دوجین									
موجود	۱/۴۸	۸/۹	۷/۹۹	۴/۴	۱۷۰۳/۱۶	۱۷۰۲/۱۷	۱۷۰۰/۹۵	۱۰۰۹۱/۴۷	
طبیعی	۱/۶۴	۸/۶۹	۷/۴۲	۴/۷۵	۱۷۰۳/۲۵	۱۷۰۲/۱۱	۱۷۰۰/۹۵	۱۰۰۹۱/۴۷	
پل ولیان									
موجود	۱/۰۱	۵/۴۷	۸/۷۷	۴/۲۴	۱۸۰۰/۰۸	۱۷۹۹/۱۸	۱۷۹۷	۱۲۳۱۲/۰۱	
طبیعی	۱	۵/۴۵	۸/۶۷	۴/۱۱	۱۸۰۰/۰۲	۱۷۹۹/۱۶	۱۷۹۷	۱۲۳۱۲/۰۱	

جدول (۴): درصد اختلاف خصوصیات جریان رودخانه در شرایط موجود و طبیعی

Table (4): Percentage difference of river flow characteristics in existing and natural conditions

پل	عدد فرود	عرض بالای سطح آب	مساحت جریان	سرعت جریان	ارتفاع گرادیان انرژی	ارتفاع سطح آب
چندار	۱۰/۸۶۹۶	۱۶/۵۸۲۴	۱۱/۵۹۸۴	۲/۵۱۴۰	۰/۰۰۷۱	۰/۰۰۸۵
اسکولدره	۳۸/۸۴۸۹	۲۶/۸۸۸۷	۵۳/۶۷۸۸	۳۲/۱۹۰۵	۰/۰۱۳۱	۰/۰۱۶۶
آجین دوجین	۹/۷۵۶۱	۲/۴۱۶۶	۷/۶۸۱۹	۷/۳۶۸۴	۰/۰۰۵۳	۰/۰۰۳۵
پل ولیان	۰/۰۱	۰/۰۰۳۷	۰/۰۱۱۵	۰/۰۳۱۶	۰/۰۰۳۳	۰/۰

بحث و نتیجه گیری

افزایش داشته است. در محلی که پلها وجود داشتند، به دلیل تنگ‌شدگی مقطع جریان، در پای پلها فرسایش ایجاد شده و تراز آب در آنجا افزایش یافته است. در مقایسه شرایط طبیعی و موجود در محدوده پلها با افزایش عمق آب و تغییرات سرعت، مقدار عدد فرود کاهش یافته است (اسدی‌نیا و همکاران، ۲۰۱۶). وجود پلها در مقابل جریان عبوری باعث افزایش عرض سطح آزاد و سطح جریان و کاهش عدد فرود و سرعت جریان در دوره بازگشت ۲۵ ساله شده و این پارامترها در مورد پل ولیان متفاوت است و با توجه به درصد اختلاف کم تمام پارامترها در دو شرایط متفاوت برای این پل به نظر می‌رسد پل تأثیر چندانی روی خصوصیات جریان نداشته یا مدل‌سازی این پل دارای خطا باشد. با توجه به درصد اختلاف پارامترهای حاصل از مدل‌سازی در شرایط طبیعی و موجود، بیشترین تأثیر وجود پل روی پارامترهای هیدرولیکی در پل اسکولدره و

در این تحقیق با پهنه‌بندی سیلاب با دوره‌های بازگشت مختلف در رودخانه ولیان، به مقایسه شرایط طبیعی رودخانه قبل از احداثات با شرایط بعد از ساخت پلها با به‌کارگیری مدل یک‌بعدی HEC-RAS پرداخته شده است. در تعیین حد بستر نهایی رودخانه ولیان در بازه مطالعاتی ترانشه‌ای بودن کناره رودخانه و تغییر حد بستر برای سهولت اجرای نصب ریپر و تنگ‌شدگی مقطع رودخانه و وجود پتانسیل فرسایش باعث تغییر پهنه سیلاب در شرایط طبیعی رودخانه شده است. نتایج حاصل از تراز سطح آب حاکی از آن است که به‌ازای دوره‌های بازگشت بیشتر میزان دبی افزایش یافته (روشان و همکاران، ۲۰۱۳) و سطح سیلاب افزوده شده است. پروفیل طولی رودخانه در شرایط موجود در مقایسه با شرایط طبیعی با دوره بازگشت ۲۵ ساله در محل پلها به دلیل تنگ‌شدگی مقطع

سیلاب قرار بگیرند.

قدردانی

بدین وسیله از همکاری ارزشمند مهندسی مشاور آب آرا سازه که در تهیه نقشه‌های توپوگرافی، اطلاعات هیدرولوژی و سایر اطلاعات همکاری نمودند، قدردانی می‌شود.

کمترین تأثیر در پل ولیان مشاهده شد. بیشترین اختلاف در سطح جریان به مقدار ۵۳/۶۷ در پل اسکول دره مشاهده شد و کمترین اختلاف در پل ولیان مربوط به پارامتر ارتفاع سطح آب بود. با توجه به افزایش عرض سطح آب در نزدیکی پل‌ها پیشنهاد می‌شود پل اسکول دره، چندار، آجین دوجین و ولیان به ترتیب در اولویت اتخاذ تصمیمات مدیریتی برای کنترل

منابع

1. Ab Ara Sazeh Consulting Engineers, 2006. Hydraulic Report of Valian River.
2. Abdelbasset, M., Abderrahim, L., Ali, C.A., Abdellah, B., Lahcen, B. and Laila, B., 2015. Integration of GIS and HEC-RAS in floods modeling of the Ouergha river, Northern Morocco. *European Scientific Journal* 6024, 196-204.
3. Abrishami, J. and Hosseini, S.M., 2007. Open channel hydraulics, Mashhad, Iran.
4. Asadina, E., Mohammadi, M.A. and Vojoudi mehrabani, F., 2016. Investigation of the effect of constructed bridges on the hydraulic behavior of inner city river (Case study: Shahrchay river of Urmia). *Journal of engineering and construction management* 35, 30-35.
5. Beavers, M.A., 1994. Flood plain determination using HEC-2 and geographic information systems. M.sc Thesis, Department of Civil Engineering, The University of Texas at Austin, 125 p.
6. Demir, V. and Kisi, O., 2016. Flood hazard mapping by using geographic information system and hydraulic model: Mert River, Samsun, Turkey. *Advances in Meteorology*.
7. Hadi, A.M. and Ardicioglu, M., 2018. Investigation of bridge afflux on channels by experiments and HEC-RAS package. *International Journal of Engineering & Technology* 2363, 4829-4832.
8. Khalfallah, C.B. and Saidi, S., 2018. Spatiotemporal floodplain mapping and prediction using HEC-RAS-GIS tools: Case of the Mejerda river, Tunisia. *Journal of African Earth Sciences* 142, 44-51.
9. Khattak, M.S., Anwar, F., Saeed, T.U., Sharif, M., Sheraz, K. and Ahmed, A., 2016. Floodplain mapping using HEC-RAS and ArcGIS: a case study of Kabul River. *Arabian Journal for Science and Engineering* 41, 1375-1390.
10. Kumar, N., Lal, D., Sherring, A. and Issac, R.K., 2017. Applicability of HEC-RAS & GFMS tool for 1D water surface elevation/flood modeling of the river: a Case Study of River Yamuna at Allahabad (Sangam), India. *Modeling Earth Systems and Environment*, 3848.1463-1475.
11. Lim, M.B.B., Lim Jr, H.R. and Piantanakulchai, M., 2019. Flood evacuation decision modeling for high risk urban area in the Philippines. *Asia Pacific Management Review* 103. 106-113.
12. Musapour, R., Mousavi, S.F. and Hosseini, KH., 2018. Hydraulic analysis and structures of Babolroud river using several applications. *Journal of Water and Soil Science (Science and Technology of Agriculture and Natural Resources)* 440, 93-106.
13. Nemati, M., Fazl Oli, R. and Shahnazari, A., 2009. Flood zoning using computer model HEC-RAS in GIS environment (Case study: Mashlek River). *Iran Hydraulic Conference*. University of Tehran
14. Niknam, A, Noheghar, A, Kazemi, M. and Mohsenizadeh, H., 2014. Determination of river area and bed using HEC-RAS model (Case study: Korr river). *The first national conference on sustainable management of soil resources and the environment*. Kerman.
15. Ogras, S. and Onen, F., 2020. Flood analysis with HEC-RAS: a case study of Tigris River. *Advances in Civil Engineering*
16. Rajib, A., Merwade, V. and Liu, Z., 2016. June. Large scale high resolution flood inundation mapping in near real-time. In *Proceedings of the 40th Anniversary of the Association of State Flood Plain Managers National Conference*, Gran Rapids
17. Rangari, V.A., Sridhar, V., Umamahesh, N.V. and Patel, A.K., 2019. Floodplain mapping and management of urban catchment using HEC-RAS: a case study of

- Hyderabad city. Journal of the Institution of Engineers (India): Series A 100, 49-63.
18. Romali, N.S., Yusop, Z. and Ismail, A.Z., 2018. Application of HEC-RAS and Arc GIS for floodplain mapping in Segamat town, Malaysia. *GEOMATE Journal* 47, 7-13.
 19. Roshan, H., Vahabzadeh, GH., Soleimani, K. and Farhadi, R., 2013. Simulation of river hydraulic behavior using HEC-RAS model in GIS environment (Case study: Bashar River, Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad Provinces). *Journal of Watershed Management (Scientific-Research)* 134, 70-84.
 20. Salajegheh, A., 2006. "Determination of river area and bed using AUTOCAD, HEC-RAS software Case study: Interval of Karaj river (Sira-Pole-Khab)". 7th International Seminar on River Engineering. Ahvaz 18.
 21. Salajegheh, A., Bakhshaei, M., Chavoshi, S., Keshtkar, A.R. and Najafi Hajivar, M., 2009. Floodplain mapping using HEC-RAS and GIS in semi-arid regions of Iran. *Desert* 475, 83-93.
 22. Tate, E. and Maidment, D., 1999. Floodplain mapping using HEC-RAS and ArcView GIS., Bureau of Engineering Research .University of Texas, Austin.
 23. Thapa, B., Watanabe, T. and Regmi, D., 2022. Flood Assessment and Identification of Emergency Evacuation Routes in Seti River Basin, Nepal. *Land* 82, 1-33.
 24. Ullah, S., Farooq, M., Sarwar, T., Tareen, M.J. and Wahid, M.A., 2016. Flood modeling and simulations using hydrodynamic model and ASTER DEM—A case study of Kalpani River. *Arabian Journal of Geosciences* 5302, 4829-4840.
 25. United Nations., 1984. Proceedings of the seminar on flood Vulnerability Analysis and on the Principles of flood Plain Management for flood Loss Prevention, water resources series, Thailand.
 26. Yaylak, M.M., 2016. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yardımıyla Bitlis Deresi taşkın risk analizi .M.Sc. thesis, University of Fen Bilimleri Enstitüsü. 129 PP.
 27. Zainalfikry, M.K., Ab Ghani, A., Zakaria, N.A. and Chan, N.W., 2019. HEC-RAS One-Dimensional hydrodynamic modelling for recent major flood events in pahang river. In *AWAM International Conference on Civil Engineering* 1677, 1099-1115.
 28. Zali, N., Molaei Hashjin, N. and Taghizadeh, S., 2021. Regional Planning Approach to Protect Surrounding Towns and Villages in the Event of Dam Break: Case Study of AchChay Dam. *Natural Hazards Review* 5461, 3421-3432.

Investigation of the Impact of Bridge Structures on the River Route on the Hydraulic Behavior of the Flow (Case study: Velian River)

Shabnam Vakili¹, Alireza Moghaddamnia^{2*}

Received: 18/04/2022

Accepted: 29/06/2022

Extended Abstract

Introduction: As the main source of water and life for humans and other creatures, rivers may sometimes bring about destruction and irreparable damage. Therefore, it is necessary to study the hydraulic properties of the flow and the riverbed's area to set a safe zone for human activities around it. On the other hand, constructions built along the river's route such as bridges, weirs, superstructures, etc. alter the river flow's hydraulic behavior, which, in turn, could make changes in the riverbed. Thus, this study sought to examine the implementation of a hydraulic model of the Valian River and its results and to investigate the role of bridges (Chandar, Eskol Darreh, Ajin Dojin, and Velian) in the riverbeds' natural conditions. The study area for designating the river's bed limit and riparian zone included the upstream of Eskol Darreh village, all the routes which pass along the Eskol Darreh, Velian, Ajin Dojin, Khorvin, and Chandar villages, and finally, the entrance of Kordan River at the

1. Ph.D. student of Civil Engineering, Water Resources Management, K.N. Toosi University, Tehran, Iran

2. Associate Professor of Hydrology, Faculty of Agriculture, Department of Natural Resources, University of Tehran, Tehran, Iran; a.moghaddamnia@ut.ac.ir

DOI: 10.22052/deej.2022.11.35.11

downstream of Chandar village. The length of the main river is about 17.5 km, whose upstream coordinates located, according to the UTM coordinate system, at 485090 east and 3990600 north, and its downstream coordinates are located at 481050 east and 3977000 north.

Material and Methods: To simulate the river under study, hydraulic parameters were taken into account, including the flood discharge with different return periods, Manning coefficient, the river's geometry in the form of cross sections, and the data regarding the constructs built along the river's route. Moreover, the flow's hydraulic conditions were simulated and the necessary hydraulic analysis over the studied periods was performed using the HEC-RAS model. According to the applicable laws, the flood zone is designated under the river's natural conditions in terms of 25-year flood discharge. In this study, the final riverbed's limit was designated by identifying the hydraulic bed and considering the effect of morphological, legal, riverbed land use, and socio-economic studies. The riparian zone is normally located at a certain distance away from the riverbed, which was considered 4 meters for the Valian River.

Also, the water surface profile was calculated for the constant flow mode according to the standard step-wise method using the Hec_Ras software. The calculations were performed based on solving one-dimensional energy equations (Bernoulli equation). The Manning equation was also used to calculate the energy loss in successive periods. Furthermore, other types of losses such as the periods' expansion and contraction coefficients were taken into account, and the momentum equation when applied for periods when fast variable currents occurred (in mixed currents, including a combination of supercritical and subcritical currents, hydraulic jump, the current passing through the bridges' underpasses and the junction of branches, etc.). In addition, this model can also analyze the effects of river-related constructs such as bridges, culverts, weirs, lateral weirs, and organizing constructs discussed in this study. Taking the possibility of developing a GIS model for the study area, By having and according to the width of the river bank mapping, some cross sections were prepared along the river from the main route and the flood plain, designated at certain distances away from each other based on the mapping of the river's edges using topographic maps with appropriate accuracy (scale 1: 500) and GIS software, including the GeoRas and the ArcGIS software.

Results: Zoning the floods in the Valian River with different return periods, this study compared the natural conditions of the river before and after the construction of bridges using a one-dimensional HEC-RAS model. The studied river was modeled in its current status under its natural conditions for floods with different return periods, including the 2, 2.33, 5, 10, 25, 50, 100, 200, 500, and 1000-year periods. The study's results suggested that the constructed bridges had the greatest influence on the water's cross-section flow and surface width, and the slightest effect on the water's level and the balance of energy gradient. According to the results of the analysis performed on floods with a 25-year return period, it is recommended that due to its greatest amount of alterations at the cross-section current and the water's surface width, Eskol Darrah's bridge be considered the highest priority in terms of management decisions and that the Valian bridge be the last priority in this regard.

Discussions and Conclusion: When trying to designate the final riverbed's limit for the Valian River in the study area, it was found that the trenching nature of the river's bank, the alteration of the riverbed's limit to facilitate the installation of rappers, the narrowed cross-section of the river, and the erosion potential had changed the river's flood zone under its natural conditions. The results of water level analysis indicated that with an increase in return periods, the river's flow rate and the flood level increased. Moreover, it was found that compared to natural conditions with a 25-year return period, the river's longitudinal profile increased at its current status at the bridges due to the increase in the narrowness of the river's cross-section. On the other hand, as the flow's section has been narrowed at the bridges, ighter end of the bridges has been eroded and the water level has increased there. Moreover, the comparison of the natural and current conditions of the areas surrounding the bridges revealed that the Froude number has decreased with the changes made in the flow's velocity and an increase in the water depth. Moreover, the presence of bridges in the flow's route has led to an increase in free flow's width and surface, and a decrease in the Froud number and the flow's velocities in the 25-year return period. However, all of these parameters vary for the Valian bridge. Therefore, considering minor differences between the parameters in natural versus current conditions of the bridge, it appears that ighter the bridge has no influence on the flow's characteristics or its modeling is erroneous. Taking the slight difference between parameters derived from modeling the bridge under natural and current conditions, the greatest and slightest effect of the bridge on the hydraulic parameters was found in the Eskol Darrah bridge and the Valian bridge, respectively. Furthermore, the highest amount of difference in the flow level was observed in the Eskol Darrah bridge (53.67), and lowest amount water level was found in the Valian bridge.

Keywords: The River's Hydraulic Model, Return Period, Free Water Surface Width.