بررسی اثر سازه های احداثی بر پهنه سیلاب رودخانه با استفاده از نرم افزارهای HEC-RAS و ArcGIS مطالعه موردی: رودخانه بابلرود، مازندران

علی باقری[1*]، محمد هادی ترکمان زاده[2]

۱- گروه مهندسی آب، واحد قائم شهر، دانشگاه آزاد اسلامی، قائم شهر، ایران

۲- کارشناس ارشد مهندسی عمران- آب

چکیده

برای بررسی عملکرد سازه های احداثی بر روی رودخانه نیاز به پهنه بندی سیلاب رودخانه می باشد، امروزه به کمک روشها، مدلهای ریاضی و فیزیکی و ابزارهای گوناگون این امکان برای متخصصین بوجود آمده تا بتوانند بطور دقیقتر و سریعتر خصوصیات سیلاب و پهنه سیلابگیر و همچنین عوامل تاثیرگذار بر سیلاب را مورد تحلیل و پردازش قرار دهند. در این تحقیق جهت بررسی نقش سازه های احداثی بر پهنه سیلاب رودخانه بابلرود در دوره های بازگشت مختلف از ارتباط نرم افزارهای سامانه اطلاعات جغرافیایی و مدل HEC-RAS استفاده گردید و با استفاده از نرم افزارArc GIS ، نقشه پهنه های سیل گیر با نقشه کاربری اراضی منطقه نیز تلفیق گردید. ضمنا تأثیر هر یک از پل ها بر مقدار سطح و عمق جریان سیل به صورت مجزا مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل نشان دهنده دقت بالای ترکیب سامانه اطلاعات جغرافیایی و نرم افزار هیدرولیکی HEC-RAS در استخراج پهنه سیلاب و مدلسازی رودخانه می باشد.

واژه های کلیدی : ***سیلاب، بابلرود، HEC-RAS، Arc GIS، کاربری اراضی***

مقدمه

سیل یک پدیده طبیعی است که جوامع بشری آن را به عنوان یک واقع اجتناب‌ناپذیر پذیرفته‌اند اما رویداد، اندازه و تکرار سیل ناشی از عوامل متعددی است که بسته به شرایط اقلیمی، طبیعی و جغرافیایی هر منطقه تغییر می‌کند. گزارشهایی که از وقوع سیلاب در ایران تهیه شده نشان می‌دهد هر چه به زمان حاضر نزدیکتر می‌شویم تعداد سیلها وخسارت آنها بیشتر شده است. بطوری که متوسط خسارات سالانه سیل از ۱۷,۲ میلیون دلار در دهه۱۳۳۰ به ۱۳۴ میلیون دلار در دهه ۷۰ رسیده است. مراجعه

به آمار سیل در سالهای گذشته و سیل های اخیر و خسارتهای عظیم بر جای مانده نشان می‌دهد که استان مازندران در برابر سیل بسیار آسیب‌پذیر و شکننده است. اطلاعات جمع آوری شده توسط کارشناسان منابع طبیعی مازندران از سال ۱۳۳۳ تا ۱۳۸۳ نشان می‌هد که در این ۵ دهه تعداد سیل‌های دارای تخریب در مازندران بطور فزاینده‌ای در حال افزایش است، از سال ۷۷ تا ۸۸ در طول یک دهه ۲۷۰ مورد سیل در استان مازندران با خسارت جانی بیش از ۱۲۰ نفر و خسارات مالی ۲۹۰ میلیارد ریال خسارات مالی گزارش شده است که مهمترین آن سیل نکا بوده است.عوامل به وجود آورنده سیل را می توان به دو گروه عوامل طبیعی و عوامل انسانی تقسیم کرد. نوع اقلیم، میزان و شدت بارندگی، شرایط توپوگرافی و خصوصیات حوضه آبریز از جمله عوامل طبیعی تاثیرگذار در وقوع سیل می باشد. از جمله عوامل انسانی تاثیرگذار بر سیلاب عبارتند از: دخالت در مسیل ها و دستکاری آبگذرها، اشغال مسیل ها و حریم نهایی

رودخانه ها و همچنین تغییر بدون ضابطه در پوشش سطحی زمین.

برای بررسی عملکرد سازه های احداثی بر روی رودخانه نیاز به پهنه بندی سیلاب رودخانه می باشد، پهنه بندی سیلا

ب به زبان ساده به تعیین سطحی از اراضی رودخانه یا حاشیه مجاور آن گفته می‌شود که در سیلابی با دوره بازگشت معین غرقاب گردد. امروزه به کمک روشها، مدلهای ریاضی و فیزیکی و ابزارهای گوناگون این امکان برای متخصصین بوجود آمده تا بتوانند بطور دقیقتر و سریعتر خصوصیات سیلاب و پهنه سیلابگیر و همچنین عوامل تاثیرگذار بر سیلاب را مورد تحلیل و پردازش قرار دهند که HEC-RAS و ArcGIS و الحاقیه HecGeoRAS ازجمله این ابزارها هستند که بسیاری از محققین و متخصصین در حوزه مطالعات سیل از آن استفاده می کنند.

بختیاری و همکاران (۱۳۹۰) در تحقیقی به بررسی تأثیرسازه های عرضی احداث شده روی رودخانه باراجین واقع در استان قزوین بر روی پهنه سیلاب با استفاده از مدل هیدرولیکیHEC-RAS در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی GIS پرداختند و نتیجه گرفتند که ترکیب سامانه اطلاعات جغرافیایی و نرم افزار هیدرولیکی HEC-RAS در استخراج پهنه سیلاب و مدلسازی رودخانه از دقت بالایی برخوردار می باشد.

رندال و ادوارد (۲۰۰۳) در یک پروژه تحقیقاتی به مقایسه تأثیر پلهای پایه دار با تعداد و قطر پایه متفاوت، بر پدیده پس زدگی آب و همچنین عمق جریان سیل پرداختند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که شکل و تعداد پایه ها می تواند اثر تعیین کننده ای بر پدیده پس زدگی آب و عمق جریان سیل داشته باشند.

مواد و روش‌ها

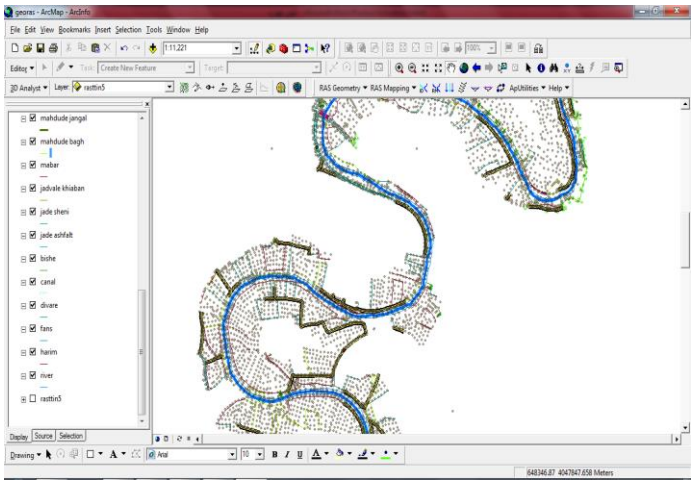
جهت بررسی نقش پل بر پهنه سیلاب در دوره های بازگشت مختلف ابتدا با در نظر گرفتن وجود تمامی پل ها (شرایط موجود)، رقوم تراز سطح جریان در دوره های بازگشت های مختلف در مسیر جریان برآورد گردید و سپس همین عمل دوباره با فرض حذف فیزیکی پل ها با فرض ثابت بودن مقاطع رودخانه در صورت حذف پل ها تکرار گردید. در این تحقیق به منظور افزایش سرعت و دقت ترسیم پهنه های سیل گیر و محاسبه عمق جریان سیل در نقاط از ارتباط نرم افزارهای سامانه اطلاعات جغرافیایی و مدل HEC-RAS استفاده گردید و با استفاده از نرم افزار Arc GIS، نقشه پهنه های سیل گیر با نقشه کاربری اراضی منطقه نیز تلفیق گردید (تیت وهمکاران، ۱۹۹۹). علاوه بر آن، به منظور بررسی تأثیر هر یک از پل ها بر مقدار سطح و عمق جریان سیل روش ذکر شده با فرض حذف هر یک از پلها به صورت مجزا تکرار شده و نتایج آنها استخراج گردید.

محدوده مورد مطالعه

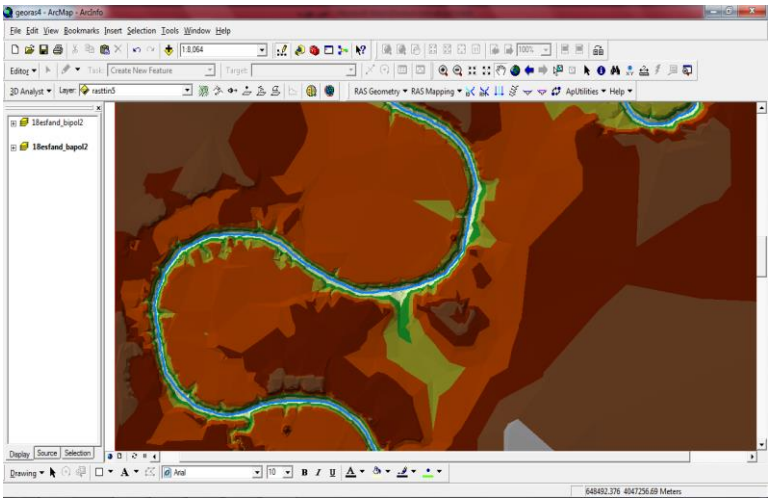
محدوده مورد مطالعه رودخانه بابلرود بطول ۱۰ کیلومتر در حاشیه شهر بابل می باشد. پلهای محمدحسن خان، بابلرود، موزیرج و مرزن آباد در طول مسیر رودخانه در این تحقیق مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته است.

شکل ۱- نمایی از رودخانه و منطقه مورد مطالعه

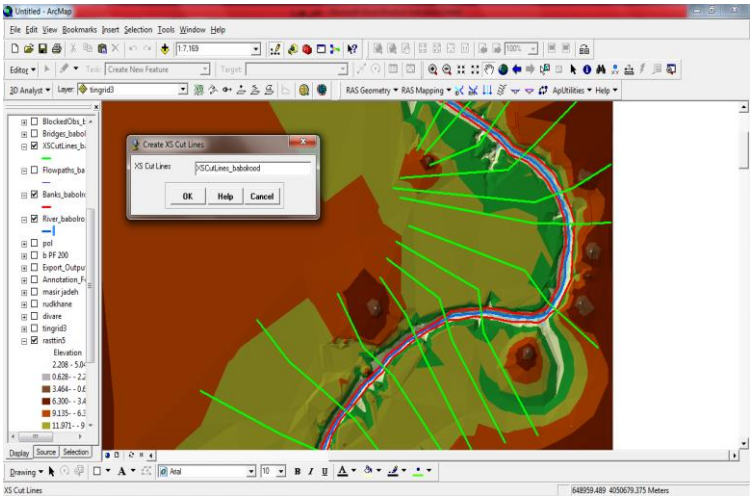
در این تحقیق جهت بررسی تاثیر پل بر پهنه سیلاب از سه محیط نرم افزاری استفاده گردید، با استفاده از اطلاعات فیزیوگرافی و توپوگرافی محدوده مورد مطالعه، لایه مسیر رودخانه و کلیه عوارض موجود و لایه اطلاعات ارتفاعی مقطع رودخانه و زمینهای اطراف رودخانه بابلرود در محیط ArcGIS ایجاد گردید. به منظور تجزیه و تحلیل داده های مکانی مورد استفاده در نرم افزارHEC- RAS از الحاقیه HEC-GeoRAS استفاده شد. در واقع HEC-GeoRAS رابطی بین ArcGIS و HEC-RAS می باشد. این الحاقیه فایل ورودی HEC-RAS که حاوی اطلاعات جغرافیایی رودخانه و منطقه مدنظر است را تهیه می کند. همچنین می توان از آن برای تجزیه و تحلیل نتایج خروجی HEC-RAS استفاده کرد. اطلاعاتی که HEC-GeoRAS در فایل ورودی ذخیره می کند شامل شماره مشخصه های رودخانه و مقاطع آن، خطوط برش مقاطع، ایستگاه های مرزی مقاطع، نوار ساحلی رودخانه، طول محدوده پایین دست برای ناحیه سمت راست و چپ و کانال اصلی رود، ضرایب زبری مقاطع و موقعیت مکانی سازه های هیدرولیکی موجود در مسیر جریان (از قبیل پل ، کالورت و بند) می باشد اما اطلاعات سازه های هیدرولیکی و شکل هندسی آن در این فایل گنجانده نمی‌شود و در محیط برنامه HEC-RAS این اطلاعات تکمیل می گردد. داده های پروفیل سطح آب و سرعت که جزء نتایج HEC-RAS هستند را نیز می توان همراه با سایر داده ها وارد این برنامه کرد(امیدوار و همکاران ،۱۳۸۷). الحاقیه HEC-GeoRAS فایل ورودی را با استفاده از داده های بدست آمده از شیپ فایل‌های ArcGIS و مدل رقومی ارتفاع (DEM) منطقه موردنظر می‌سازد. در شکل (۲) تولید و وارد کردن لایه های مشخصات فیزیوگرافی از منطقه مورد مطالعه در محیط Arc GIS نشان داده شده است. همچنین در شکلهای (۳) و (۴) ایجاد لایه مدل رقومی ارتفاع (DEM) از منطقه مورد مطالعه و ایجاد مقاطع عرضی در مسیر جریان رودخانه در محیط ArcGIS نشان داده شده است.



شکل۲-تولید و وارد کردن لایه های مشخصات فیزیوگرافی از منطقه مورد مطالعه در محیط Arc GIS



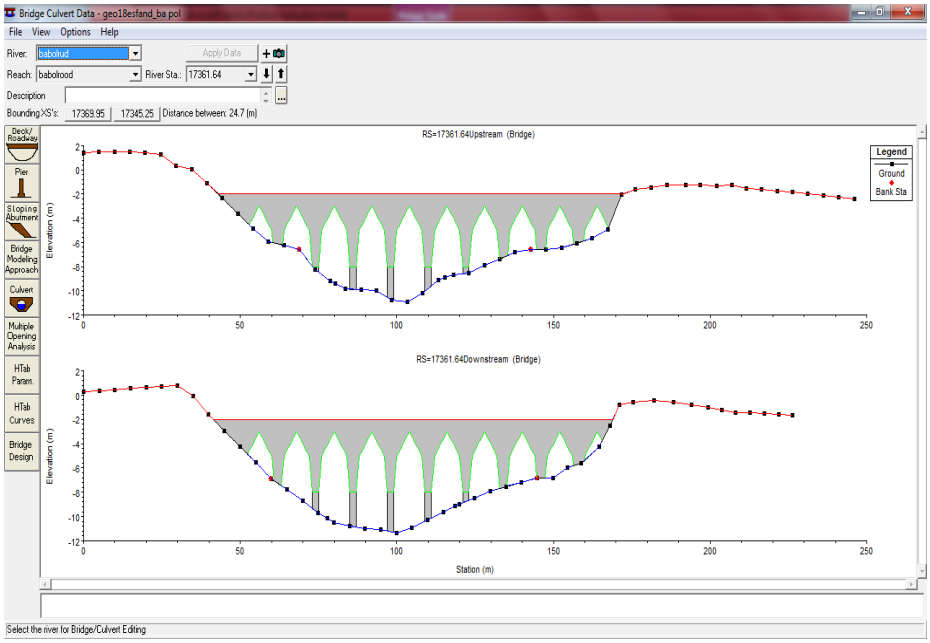
شکل۳- ایجاد لایه مدل رقومی ارتفاع (DEM) از منطقه مورد مطالعه



شکل ٤- ایجاد مقاطع عرضی در مسیر جریان رودخانه در محیط ArcGIS

برای محاسبه هیدرولیکی جریان سیل در محیط HEC-RAS ابتدا کلیه لایه‌های ایجاد شده توسط HEC-GeoRAS در محیط Arc GIS فراخوانی می گردد. سپس لایه هایی که نیاز به اصلاح اطلاعات دارند مانند ایستگاه مقطع و ارتفاع متناظر، فاصله مقطع پایین دست، ضریب مانینگ، ضرایب همگرایی و واگرایی و ... در این مرحله تکمیل می شوند.

از آنجائیکه لایه ی پل که در ArcGIS و HEC-GeoRAS تولید شده تنها حاوی اطلاعاتی چون نام رودخانه و بازه رودخانه، محل پل، شماره پل می باشند و برای کامل شدن اطلاعات پل باید مواردی چون عرشه پل، تکیه‌گاه‌های شیبدار، پایه‌های پل و روش مدلسازی جریان پل در محیط HEC-RAS تکمیل گردد. در این تحقیق فرض بر این است که جریان فاقد مواد معلقی است که موجب تجمع در پشت پلها و مانع عبور جریان آب از زیر پل گردد. شکل (۵) نمای پل محمدحسن خان واقع بر روی رودخانه بابلرود در محیط HEC-RAS را نشان می‌دهد.



شکل۵-نمای پل محمدحسن خان در محیط HEC-RAS

پس از کامل کردن اطلاعات کلیه پلهای مورد مطالعه در این تحقیق، اقدام به وارد کردن اطلاعات مربوط به جریان سیلاب می‌کنیم. در این مطالعه جریان بصورت ماندگار با ۵ دوره بازگشت ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ ساله درنظر گرفته شده است. در پنجره مربوط به جریان ماندگار دبی متناظر با هر دوره بازگشت و شرایط مرزی جریان را وارد می‌کنیم. اکنون برنامه HEC-RAS قادر به محاسبه و پهنه بندی سیلاب می باشد و با اجرای این دستور نتایج مربوط به محاسبه سیلاب قابل مشاهده و هم قابل انتقال به محیط ArcGIS جهت آنالیز بیشتر می‌باشد. کلیه مراحل ذکر شده در محیط HEC-RAS هم در حالت وجود پل و هم در حالت عدم پل اجرا می‌گردد تا بدین ترتیب بتوان نقش پلها بر پهنه سیلاب رودخانه بابلرود را مورد بررسی قرار داد.

در این تحقیق برای محاسبه دبی سیلاب با دوره بازگشت‌های مختلف از نرم افزار SMADA استفاده شده است. در این تحقیق توزیع لوگ پیرسون تیپ۳

بالاترین دقت را در تخمین دبی سیلابی داشته است و مقادیر دبی سیلابی مربوط به این توزیع با دوره بازگشت‌های ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ ساله برای محاسبه جریان سیلابی در HEC RAS استفاده گردید.

نتایج و بحث

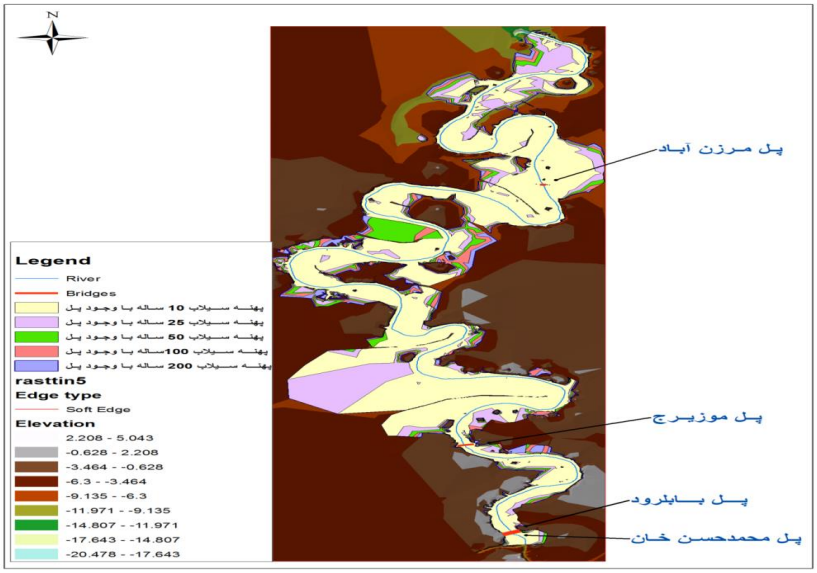
پس از اجرای برنامه HEC- RAS نتایج محاسبه سیلاب هم بصورت عدد و ارقام و هم بصورت گرافیکی مورد بررسی قرار گرفت و همچنین می توان نتایج را برای تجزیه و تحلیل بهتر و دقیقتر در Arc-GIS خروجی گرفت. جدول (۱) تراز سطح جریان سیلابی را برای چند مقطع عرضی نشان می‌دهد که توسط برنامه HEC-RAS محاسبه گردیده است. در این جدول تراز سطح سیلاب با دوره بازگشت‌های مختلف در شرایط وجود پل و بدون پل در بازه مورد مطالعه رودخانه بابلرود نشان داده شده است.

جدول ۱-تراز سطح سیلاب در چند مقطع عرضی با لحاظ پل و بدون لحاظ پل

شماره مقطع	دوره بازگشت سیلاب	دبی سیلاب m^3/s	تراز سطح سیلاب با لحاظ پل(متر)	تراز سطح سیلاب بدون لحاظ پل(متر)
۱۷۳۶۹,۹۵	۱۰	۵۰۸,۷	-۳,۳	-۳,۴۲
۱۷۳۶۹,۹۵	۲۵	۶۳۰,۴	-۲,۷۱	-۲,۸۷
۱۷۳۶۹,۹۵	۵۰	۷۲۱,۸	-۲,۳۱	-۲,۵۲
۱۷۳۶۹,۹۵	۱۰۰	۸۱۳,۷	-۱,۹۶	-۲,۲۲
۱۷۳۶۹,۹۵	۲۰۰	۹۰۶,۵	-۱,۶۷	-۱,۹۲
۱۷۳۴۵,۲۵	۱۰	۵۰۸,۷	-۳,۳۴	-۳,۴۱
۱۷۳۴۵,۲۵	۲۵	۶۳۰,۴	-۲,۷۹	-۲,۸۷
۱۷۳۴۵,۲۵	۵۰	۷۲۱,۸	-۲,۴۱	-۲,۵۱
۱۷۳۴۵,۲۵	۱۰۰	۸۱۳,۷	-۲,۱	-۲,۲
۱۷۳۴۵,۲۵	۲۰۰	۹۰۶,۵	-۱,۸۵	-۱,۹۱
۱۵۱۲۲,۲۹	۱۰	۵۰۸,۷	-۴,۶۵	-۴,۶۸
۱۵۱۲۲,۲۹	۲۵	۶۳۰,۴	-۴,۱۸	-۴,۲۲
۱۵۱۲۲,۲۹	۵۰	۷۲۱,۸	-۳,۸۳	-۳,۹
۱۵۱۲۲,۲۹	۱۰۰	۸۱۳,۷	-۳,۵۹	-۳,۶۹
۱۵۱۲۲,۲۹	۲۰۰	۹۰۶,۵	-۳,۲۹	-۳,۴۲

همانطور که در جدول (۱) مشاهده می شود با افزایش دبی سیل تراز سطح آب نیز افزایش می یابد که این مقدار افزایش در شرایط وجود پل بیشتر از شرایطی است که پلی وجود نداشته باشد و این بیان کننده تاثیر وجود پل بر افزایش عمق جریان سیلاب می باشد. از طرفی اختلاف تراز سطح سیلاب در حالت وجود پل نسبت به حالت بدون پل بیشتر از ۲۱ سانتی-متر نمی‌باشد. این اختلاف ناچیز را می‌توان به پهنا و شکل مقاطع عرضی، ماندگار بودن جریان و عدم انسداد دهانه پلها توسط مواد معلق در آب مربوط دانست. شکل (۶) پهنه سیلابی رودخانه بابلرود را در شرایط وجود پل با دوره بازگشت های مختلف در محیط Arc-GIS نشان می‌دهد. در این شکل پهنه

سیلاب در برخی مناطق بیشتر از سایر مناطق می‌باشد که این امر متاثر از شرایط توپوگرافی زمینهای اطراف رودخانه می‌باشد به عبارتی یگر هر چقدر زمینهای اطراف رودخانه نسبت به تراز سطح سیلاب پست‌تر باشند مناطق وسیعتری از زمینهای اطراف تحت تاثیر سیل قرار خواهند گرفت.



شکل٦- پهنه سیلاب رودخانه بابلرود در دوره بازگشت های مختلف با در نظر گرفتن پل

در جدول (۲) مساحت پهنه سیلاب با دوره بازگشت های مختلف برای هر دوحالت وجود پل و عدم پل آورده شده است. همانطور که مشاهده میشود با فزایش دبی، مساحت پهنه سیلاب افزایش می‌یابد و این مقدار افزایش در شرایط وجود پل بیشتر از حالت بدون پل می‌باشد ولی اختلاف زیادی بین این دو حالت مشاهده نمی شود که شکل توپوگرافی منطقه و مقاطع عرضی روخانه در این امر تاثیر بسزایی دارد.

جدول۲- مساحت پهنه سیلابی با در نظر پل و بدون درنظر گرفتن پل در محدوده مورد مطالعه

دوره بازگشت	مساحت پهنه سیلابی با وجود پل (هکتار)	مساحت پهنه سیلابی بدون پل (هکتار)
۱۰ ساله	۴۰۹,۲۷	۴۰۸,۲۶
۲۵ ساله	۵۱۳,۱۱	۵۱۲,۳۹
۵۰ ساله	۵۵۳,۱۵	۵۵۲,۳۲
۱۰۰ ساله	۵۷۳,۲۷	۵۸۱,۸۵
۲۰۰ ساله	۶۰۸,۸۷	۶۰۶,۸۲

به منظور بررسی وضعیت نتایج حاصل از تحقیق و مطابقت با واقعیت بازدید میدانی از منطقه مورد مطالعه به عمل آمد. نتایج حاصل از این تحقیق با نتایج حاصل از تحقیقات لیم(۸)، جلالی راد(۳) و بختیاری (۱) مطابقت دارد. نتیجه مشترک کلیه این تحقیقات افزایش عمق و سطح سیلاب در صورت وجود سازه در مسیر رودخانه و همچنین کارآیی مناسب ترکیب نرم افزارها در پهنه بندی سیلاب رودخانه می باشد.

نتیجه گیری

از نتایج بدست آمده از این تحقیق مشخص گردید که وجود پلهای محمدحسن خان، بابلرود، موزیرج و مرزن آباد بر عمق و پهنه سیلاب رودخانه بابلرود موثر می باشند اما تاثیر چشمگیر و مخربی بر سیلاب ندارند. اختلاف تراز سطح سیلاب در حالت وجود پل نسبت به حالت بدون پل بیشتر از ۲۱ سانتی‌متر نمی‌باشد. و اختلاف پهنه سیلابی در دو حالت وجود پل و بدون پل کمتر از یک درصد می باشد. همچنین نتایج حاصل از پژوهش حاضر نشان دهنده دقت بالای استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و ارتباط آن با نرم افزار هیدرولیکی HEC-RAS در فعالیتهای مهندسی رودخانه می باشد. ضمنا نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد احداث هر سازه بر روی رودخانه موجب افزایش سطح و نیز عمق سیل در دوره بازگشتهای مختلف می گردد و بدیهی که این موضوع بر روی تأسیسات، و کاربری های اطراف رودخانه موثر بوده و موجب وارد آمدن خسارتهایی نیز شده است لذا در هنگام طراحی باید اصول مهندسی رودخانه و با لحاظ نمودن کلیه شرایط از جمله ویژگیهای توپوگرافی، زمین شناسی و هیدرولوژیکی حوزه مورد مطالعه، رعایت گردد.

منابع

۱. بختیاری، م. م، کاشفی پور. ا، اصغری پری. ۱۳۹۰. بررسی تأثیرسازه های عرضی بر روی پهنه سیلاب با استفاده از مدل هیدرولیکی HEC-RAS در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی GIS ، مجله علوم و مهندسی آبیاری (مجله ی علمی کشاورزی)، جلد ۳۵ ، شماره ی ۳ ، ۱۰ صفحه.

۲. ترکمان زاده، م. ع، باقری. ۱۳۹۳ . بررسی عملکرد سازه های احداثی روی رودخانه با استفاده از نرم افزار HEC-RAS مطالعه موردی رودخانه بابلرود مازندران، پایاننامه کارشناسی ارشد دانشگاه علوم و تحقیقات فارس، ۱۲۶ صفحه.

۳. جلالی راد، ر. ۱۳۸۱ . پهنه بندی سیل در بخشی از حوزه آبخیز شهری تهران با استفاده از GIS ، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس، ۱۱۲ صفحه.

۴. زراتی، ا.ر. ۱۳۷۹ . نقش عوامل هیدرولیکی در طراحی پل ها، انتشارات دانشگاه هرمزگان، چاپ اول. ۱۴۰ صفحه.

۵. واحد مطالعات و مهندسی رودخانه سازمان آب منطقه ای استان مازندران. ۱۳۹۳.

۶.وزیری، ف.، ۱۳۷۶ . هیدرولوژی کاربردی در ایران. انتشارات دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی. ۱۱۰ صفحه.

7.HEC, (Hydrologic Engineering Center). 2002. HEC-RAS River Analysis System: Hydraulic Reference Manual. Hydrologic Engineering Center, Davis, CA, Pp.138-250.

8. Lim, S. Y., 2001. Parametric study of riprap failure around bridge piers. Journal of Hydraulic Research, 39(1):61-72.

9.Randall, J.C., and Edward, R.H., 2003. Backwater effect of bridge piers in sub-critical flow. Center for Transportation Research, the University of Texas at Austin. Project summary report 1505-S,15p.

10.Randall, J. C. and R. H. Edward. 2003. Backwater effect of bridge piers in sub-critical flow. Center for Transportation Research, the University of Texas at Austin, Project Summary report 1505-S, 15 pp.

11.Tate, E.C., Olivera, F., and Maidment, D., 1999. Floodplain Mapping Using HEC-RAS and Arcview GIS. Center for Research in Water Resources (CRWR), Report No.99-1. 223p.