Vol.13, No.1, Spring 2024, pp.47-62 ISSN (Print):2322-1682 ISSN (Online):2383-3076

Journal of Geography and Environmental Hazards

RESEARCH ARTICLE DOI: 10.22067/geoeh.2022.75257.1175 Open access

Investigating the Impact of Bridge Structures on the River Floodplain using HEC-RAS and Arc-GIS Software (Case Study: Sarnagh Bridge on the Zola River)

Hassan Hajihosseinlou[a*], Vahid Aghdam[b], Ebrahim Valizadeghan[c]

[a] Assistant Professor *in Geology*, Islamic Azad University *Khoy Branch, Khoy, Iran*
[b] *MSc Student in Water Science Engineering*, Islamic Azad University *Khoy Branch, Khoy, Iran*
[c] Assistant professor *in Water Science Engineering*, Islamic Azad University *Khoy Branch, Khoy, Iran*

Received: 17 February 2022 ***Revised: 11 June 2022*** ***Accepted: 15 June 2022***

Abstract

Zola River contains the most important fresh waters of West Azarbaijan province. The water surface of Urmia lake basin flows in this river. Sarnagh bridge is located on this river on the Sarnagh-Salmas road. Destructive flood event with high return time in river banks especially beside urban and rural residents cause many financial damages and life threats. So, exploring the river's hydraulic behavior is essential. This study explored the Zola river bed and realm boundary and its floods bond affected by bridges structure. It studied the Zola River in Sarnagh road bridge position using HEC-RAS model. At first, using river 1:2000 scale topographic maps, ArcGIS software with HEC-Geo RAS extension, and HEC-RAS software, river discharge flow with 2, 5, 10, 25, 50, and 100 return time were analyzed for two scenarios. First scenario simulated the normal flow condition of the river and second one simulated the river flow, considering the effects of cross over structure of the bridge. The flow with 25 year return was used to model the design due to regional circumstances and controlled by 100 year return time flow, evaluating river bed extend before and after bridge structures. The results showed that narrow flow in bridge place causes flow reduction, flow reversal, deposition in upstream, as well as increase in the flow, erosion and foaming in the downstream of the bridge, which necessitates a bed stabilization structure.

Keywords: Zola River, HEC-RAS Model, River Stabilization, Bed Consolidation

*.Corresponding author: Hassan Hajihosseinlou Email: hajihosseinlou@iaukhoy.ac.ir Tel:+989144627054

How to cite this Article: Haji Hosseinlou, H., Aghdam, V, & Valizadeghan, E. (2024). Investigating the Impact of Bridge Structures on the River Floodplain using HEC-RAS and Arc-GIS Software (Case Study: Sarnagh Bridge on the Zola River). *Journal of Geography and Environmental Hazards*, *13*(1), 47-62.
DOI: 10.22067/geoeh.2022.75257.1175

Journal of Geography and Environmental Hazards are fully compliant With open access mandates, by publishing its articles under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0).

Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

Geography and Environmental Hazards
Volume 13, Issue 1 - Number 49, Spring 2024
https://geoeh.um.ac.ir
https://doi.org/10.22067/geoeh.2022.75257.1175
جغرافیا و مخاطرات محیطی، سال سیزدهم، شمارهٔ چهل و نهم، بهار ۱۴۰۳، صص ۶۲-۴۷

مقاله پژوهشی

بررسی تأثیر پل بر روی پهنه سیل‌گیر رودخانه با استفاده از نرم‌افزارهای HEC-RAS و Arc-GIS (مطالعه موردی: پل سرنق بر روی رودخانه زولا)

حسن حاجی حسینلو[1]- استادیار گروه زمین‌شناسی، واحد خوی، دانشگاه آزاد اسلامی، خوی، ایران.
وحید اقدام- کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آب، واحد خوی، دانشگاه آزاد اسلامی، خوی، ایران.
ابراهیم ولیزادگان- گروه مهندسی آب، واحد خوی، دانشگاه آزاد اسلامی، خوی، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۲۸ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۳/۲۱ تاریخ تصویب: ۱۴۰۱/۳/۲۵

چکیده

رودخانه زولا مهم‌ترین رودخانهٔ آب شیرین استان آذربایجان غربی است. این رودخانه زهکش آب‌های سطحی حوزهٔ آبریز دریاچه ارومیه است. پل سرنق بر روی این رودخانه در مسیر جاده سرنق- سلماس قرار دارد. وقوع سیل با دوره بازگشت بالا و مخرب در نواحی همجوار رودخانه‌ها بخصوص در مجاورت مناطق مسکونی شهری و روستایی موجب به وجود آمدن خسارات جانی و مالی بسیاری می‌شود. ازاین‌رو بررسی رفتار هیدرولیکی رودخانه‌ها از اهمیت بسزایی برخوردار است. در مطالعه حاضر به بررسی حد بستر رودخانه زولا و پهنه سیل‌گیر آن تحت تأثیر سازه پل پرداخته شد. در این راستا محدوده پل جاده سرنق با استفاده از مدل هیدرولیکی HEC-RAS موردمطالعه قرار گرفت که با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۰۰۰ رودخانه زولا و نرم‌افزار ArcGIS و الحاقیه HEC-Geo RAS و نرم‌افزار HEC-RAS تحلیل جریان با لحاظ دبی‌های با دوره بازگشت‌های ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله انجام شد.

---

۱ نویسنده مسئول: ۰۹۱۴۴۶۲۷۰۵۴ Email: hajihosseinlou@iaukhoy.ac.ir

نحوه ارجاع به این مقاله:

حاجی حسینلو، دکتر حسن، اقدام، وحید، ولیزادگان، ابراهیم؛ ۱۴۰۳. بررسی تأثیر پل بر روی پهنه سیل‌گیر رودخانه با استفاده از نرم‌افزارهای Hec-Ras و Arc-GIS (مطالعه موردی:پل سرنق بر روی رودخانه زولا). جغرافیا و مخاطرات محیطی. ۱۳(۱). صص ۶۲-۴۷
https://doi.org/10.22067/geoeh.2022.75257.1175

بدین منظور دو حالت مد نظر قرار گرفته و بررسی گردید؛ حالت اول مربوط به شبیه‌سازی جریان در حالت طبیعی بوده و در حالت دوم به شبیه‌سازی جریان با وجود پل پرداخته شد. پل‌ها با توجه به شرایط منطقه براساس دبی با دوره بازگشت ۲۵ ساله بررسی و با دبی سیلاب ۱۰۰ ساله کنترل گردید. همچنین ارزیابی حد بستر برای شرایط قبل از احداث پل و شرایط کنونی انجام گرفته است. نتایج نشان داد با کاهش عرض رودخانه از حدود ۲۲۵ متر به ۳۲ متر در اثر احداث پل و کاهش سرعت بهm/s ۰/۳۸، پس‌زدگی جریان آب و رسوب‌گذاری در بالادست پل و افزایش سرعت جریان به $s/$ ۵/۱۷ و فرسایش و کف‌کنی رودخانه پائین‌دست پل گردیده است که جهت جلوگیری فرسایش در پائین‌دست پل می‌بایست سازه تثبیت بستر اجرا گردد.

کلیدواژه‌ها: رودخانه زولا، ساماندهی رودخانه، تثبیت بستر، مدل HEC-RAS.

۱- مقدمه

از میان حوادث طبیعی که امروزه بلایای طبیعی نیز نام گرفته است وقوع سیلاب همواره با جوامع همراه بوده است، زیرا زندگی و آبادانی بدون آب امکان‌پذیر نیست و آب نیز بنابر ماهیت طبیعی خود هرازچندگاه حالت سیلابی به خود می‌گیرد، لکن اثرات زیان‌بار سیلاب‌ها در گذشته هیچ‌گاه با حالت امروزی خود قابل‌سنجش نیست؛ زیرا در گذشته جمعیت کمتری در سیلاب دشت‌های رودخانه‌ها زندگی می‌کردند و فعالیت‌های گسترده انسانی نیز علاوه بر افزایش پتانسیل سیلاب‌ها از طرف دیگر ابعاد اقتصادی خسارات سیل را بسیار بیشتر از سابق نموده است. بشر از زمان‌های دور با سیلاب آشنا بوده، اما اثرات مخرب سیلاب درگذشته به‌مراتب کمتر بوده است که از علل آن کمبود جمعیت و درنتیجه محدود بودن صنایع، زمین‌های کشاورزی و فعالیت‌های بشری در منطقه سیلاب‌دشت، در ادوار گذشته را می‌توان برشمرد. در سال‌های اخیر، رشد شهرهایی که در حاشیه رودخانه‌ها واقع شده یا بستر عبور رودخانه‌ها تلقی می‌گردند، باعث شده تا ساکنین و دارایی‌های موجود در این مناطق در معرض خطر سیلاب قرار گیرند. به عبارتی، ایجاد تغییرات در توازن نسبی بین عواملی همچون دبی جریان، شیب و عرض رودخانه که حاصل هزاران سال فعالیت طبیعی آن است بی‌شک موجب واکنش دینامیکی رودخانه و بروز خسارت به اجتماعات انسانی ساکن در سیلاب‌دشت رودخانه‌ها خواهد شد. رودخانه‌ها به‌عنوان اصلی‌ترین منبع تأمین‌کننده آب برای انسان و سایر موجودات زنده به شمار می‌آیند. با نگاهی به موقعیت و ساختار اغلب شهرها نیز می‌توان اذعان کرد، شکل‌گیری آن‌ها در کنار رودخانه‌ها و در مجاورت دره‌ها، به‌منظور بهره‌برداری از آب صورت گرفته است (**روشان و همکاران، ۱۳۹۲**). تهیه نقشه‌های پتانسیل سیل می‌تواند ابزار ضروری برای کاهش سیلاب و آبخیزداری یکپارچه در حوضه آبریز به شمار آید و تکنیک‌های یادگیری ماشینی، مدل‌های مناسبی شناسایی

مناطق سیل‌خیز هستند (**فرامرزی و همکاران، ۱۳۹۸**). نرم‌افزار HEC-RAS در پهنه‌بندی سیل مورد تأیید است و همچنین نرم‌افزاری قدرتمندی در پیش‌بینی و هشدار بوده که نتایج پهنه‌بندی آن نیز بسیار نزدیک به واقعیت است (**شفیعی مطلق و عبادتی، ۱۳۹۹**). احداث پل بر روی رودخانه تغییراتی را در رفتار هیدرولیکی رودخانه در بالادست و پائین‌دست سازه مذکور نموده است و تنگ‌شدگی ایجاد شده در رودخانه در اثر احداث پل، موجب کاهش سطح مقطع جریان و افزایش سرعت، عمق هیدرولیکی و تنش برشی و... در آن ناحیه می‌شود (**برهان، ۱۳۹٤**). نتایج ارزیابی احداث پل با نرم‌افزار HEC-RAS نشان می‌دهد که تأثیر پل بر هیدرولیک جریان علاوه بر افزایش ارتفاع سطح آب و خطر آب‌گرفتگی سواحل بالادست و یا افزایش سرعت جریان، فرسایش در پایین‌دست پل‌ها می‌شود (**دلبری و عادل‌پور، ۱۳۹٤**). اطلاع از خصوصیاتی مانند حداکثر دبی سیل برای طراحی سازه‌های آبی، مانند سدها، سرریزها، پل‌ها و زیرگذرها به‌منظور کاهش خسارت‌های احتمالی و همچنین پیش‌بینی زمان رسیدن به دبی اوج در بازه‌های پایین‌دست در بحث هشدار سیل ضروری است (**بهیان مطلق و همکاران، ۱۳۹۷**). صادقی و همکاران به‌منظور پهنه‌بندی سیلاب در بخشی از حوضه آبخیز شهری تهران از ترکیب مدل‌های GIS و HEC-RAS استفاده کردند و نقشه مناطق سیل‌گیر را به ازای دوره‌های برگشت ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ سال تهیه کرده و بر کارایی مدل‌های GIS و HEC-RAS تأکید کردند (**صادقی و همکاران، ۱۳۸۲**). **راد و همکاران (۱۳۹۷)** در حوضه آبخیز خرم‌آباد واقع در استان لرستان با معرفی شرایط مرزی جریان، دبی حداکثر لحظه‌ای با دوره برگشت‌های مختلف، مقاطع عرضی و فاصله آن‌ها و ضریب زبری مانینگ برای هر مقطع به مدل هیدرولیکی HEC-RAS، این مدل را اجرا و نیمرخ سطح آب در دوره‌های برگشت مختلف سیل را به دست آوردند و مشاهده کردند بیشترین سطح درگیر سیل به ترتیب به اراضی زراعی دیم، مراتع، جاده، اراضی مسکونی و زمین‌های رها شده مربوط می‌شود. مدل‌های هیدرولوژیکی HEC-HMS و هیدرولیکی HEC-RAS در بسیاری از تحقیقات جهت برآورد و پهنه سیلاب استفاده شده است (بالستروس کانواس[1]، ۲۰۱۱). بختیاری و همکاران (۱۳۹۱) در بررسی تأثیر سازه‌های تقاطعی احداث شده بر روی رودخانه باراجین واقع در استان قزوین از ترکیب سامانه اطلاعات جغرافیایی و نرم‌افزار هیدرولیکی HEC-RAS در استخراج پهنه سیلاب و مدل‌سازی رودخانه استفاده نمودند و نتیجه گرفتند ترکیب سامانه اطلاعات جغرافیایی و نرم‌افزار هیدرولیکی HEC-RAS در استخراج پهنه‌بندی سیلاب و مدل‌سازی رودخانه از دقت بالایی برخوردار است. باقری و ترکمان‌زاده (۱۳۹۷) به بررسی تأثیر سازه‌های احداثی بر پهنه‌بندی سیلاب رودخانه بابلرود مازندران با استفاده از HEC-RAS و Arc Gis پرداختند که در این تحقیق مشخص گردید که وجود پل‌های محمدحسن‌خان، بابلرود، موزیرج و مرزن آباد بر عمق و پهنه سیلاب رودخانه بابلرود مؤثر

1 (**Ballesteros Cánovas**, 2011)

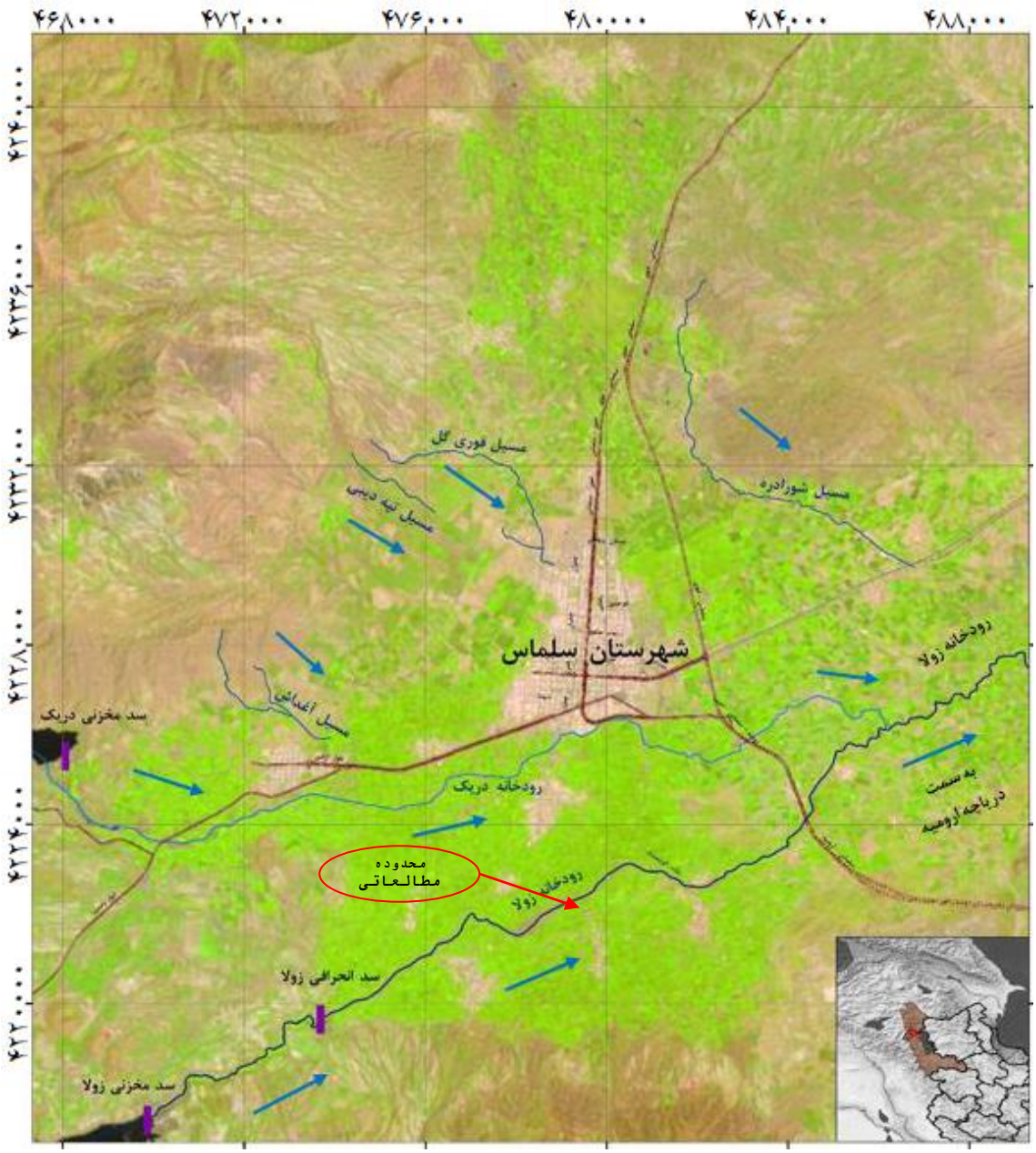
می‌باشند اما تأثیر چشمگیر و مخربی بر سیلاب ندارند و همچنین تحقیق حاضر نشان داد که سامانه اطلاعات جغرافیایی و ارتباط آن با نرم‌افزار HEC-RAS از دقت بالایی در کار مهندسی برخوردار می‌باشند. راندال و ادوارد[1]، ۲۰۰۱ در یک پروژه تحقیقاتی به مقایسه تأثیر پل‌های پایه‌دار با تعداد و قطر پایه متفاوت، بر پدیده پس‌زدگی آب و همچنین عمق جریان سیل پرداختند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که شکل و تعداد پایه‌ها می‌تواند اثر تعیین‌کننده‌ای بر پدیده پس‌زدگی آب و عمق جریان سیل داشته باشند در همین راستا به تأثیر پل بر رفتار رودخانه پرداخته شده است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه موردمطالعه

رودخانه زولا یکی از مهم‌ترین رودخانه‌های حوضه آبریز دریاچه ارومیه است. رودخانه زولا پس از عبور از ضلع جنوبی شهرستان سلماس به در شمال‌غربی دریاچه ارومیه به آن تخلیه می‌گردد. این رودخانه از کوه-های مرز ترکیه و ایران از سمت جنوب‌غربی شهرستان سلماس سرچشمه گرفته و پس از طی مسیر حدود ۹۵ کیلومتر و سیراب نمودن بخشی از اراضی کشاورزی دشت شهرستان سلماس، در پائین‌دست روستای کنگرلو به دریاچه ارومیه تخلیه می‌شود. محدوده موردنظر در این تحقیق، بازه‌ای از رودخانه زولا در مجاورت روستای سرنق است؛ شکل (۱). موقعیت پل احداث شده بر روی رودخانه در شکل (۲) نشان داده شده است. همچنین مشخصات فیزیوگرافی حوضه آبریز رودخانه زولا در جدول (۱) ارائه شده است. براساس داده‌های هواشناسی ایستگاه‌های هواشناسی چهریق، سلماس و یالقوزآغاج دامنه تغییرات دما در منطقه بین ٤٢ تا ۲۲- درجه سانتی‌گراد در گرم‌ترین و سردترین مواقع سال است که متوسط درجه حرارت حدود ۱۱ درجه سانتی‌گراد است. حداکثر، حداقل و متوسط بارندگی سالانه به ترتیب ۵۳۳.، ۲۲۷/۵ و ۳۷۲/۹ میلیمتر. گزارش شده است. در این تحقیق از داده‌های دبی روزانه و دبی پیک ایستگاه چهریق علیا که دارای آمار کامل و درازمدت (۱۳۹۵-۱۳٦۳) بوده و نزدیک‌ترین ایستگاه به منطقه است، استفاده شده و برای محاسبه دبی با دوره برگشت‌های مختلف، توزیع‌های اشاره در جدول (۲) بکار گرفته شده‌اند.

1 (Randall and Edward, 2001)



شکل ۱- محدوده موردمطالعه.

شکل ۲- محل پل سرنق بر روی عکس ماهواره‌ای.

جدول ۱- مشخصات فیزیوگرافی حوضه آبریز رودخانه زولا در ایستگاه چهریق.

پارامتر		مقدار	واحد
مساحت		۸۱۹	کیلومترمربع
محیط		۲۳۲	کیلومتر
عرض مستطیل معادل		۱۰/۷۳	کیلومتر
طول مستطیل معادل		۹۱/٤٦	کیلومتر
ارتفاع حداکثر حوضه		۳۱۳٦	متر
ارتفاع متوسط حوضه		۲۲۹۱/۸	متر
ارتفاع حداقل حوضه		۱٤٤٤	متر
شیب متوسط حوضه		۱۸/٦۷	درصد
طول آبراهه اصلی		٦٤/٥٦	کیلومتر
شیب متوسط آبراهه اصلی		۱/٥٥	درصد
ضریب گراولیوس حوضه		۲/۰۹	-
تراکم آبراهه‌ای		۰/۰٦٦	-
زمان تمرکز	کرپیچ	۸/۳۸	ساعت
	برانس-بای ویلیامز	۱۷/۹۸	
	کالیفرنیا	۸/۲۱٤	

جدول ۲- دبی رودخانه زولا با دوره بازگشت ۵ تا ۱۰۰ سال در ایستگاه هیدرومتری چهریق علیا

توزیع	دور بازگشت (سال)					
	۲	۵	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰۰
نرمال	٦۰	۹٦/٦	۱۱۵/۸	۱۳٦/۲	۱٤۹/۳	۱٦۱/۲
لوگ نرمال دو پارامتری	٤۸/٦	۸٤	۱۱۱/۷	۱۵۱/٦	۱۸٤/۵	۲۲۰/۳
لوگ نرمال سه پارامتری	۵٤/٤	۹۳/۳	۱۱۷/٤	۱٤٦/۵	۱٦۷/۳	۱۸۷/۵
گاما دو پارامتری	٤۹/٦	۹۰/۷	۱۱۹/۱	۱۵۵/۵	۱۸۲/۵	۲۰۹/۳
پیرسون نوع سه	۵۲/۹	۹۲/۷	۱۱۸/۱	۱٤۸/۹	۱۷۰/۹	۱۹۲/۳
لوگ پیرسون نوع ۳	٤۸/۱	۹۲	۱۲۳/۷	۱٦٤/۵	۱۹٤/۵	۲۲۳/۹
گامبل نوع یک	۵۲/۹	۹۱/۳	۱۱٦/۸	۱٤۸/۹	۱۷۲/۸	۱۹٦/٤

۲-۲- روش تحقیق

در این تحقیق به‌منظور مشخص نمودن مقدار دبی پیک سیلابی با دور بازگشت‌های مختلف و تعیین بهترین توزیع جهت تعیین دبی سیلاب، براساس آزمون نکویی برازش توزیع‌ها، مشخص شد که توزیع لوگ پیرسون نوع ۳ دارای توزیع بهتری نسبت به دیگر توزیع‌ها است که برای دبی‌های پیک لحظه‌ای با دور بازگشت‌های ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ مطابق جدول (۲) محاسبه گردیده است. همچنین برای محاسبه ضریب زبری از روش کوان (۱۹۵٦) استفاده گردید. در ادامه برای شبیه‌سازی جریان رودخانه فایل اتوکد نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۰۰۰ رودخانه زولا را وارد نرم‌افزار ArcGIS نموده و سپس آن را به لایه TIN تبدیل نمودیم. با استفاده از الحاقیه Hec-GeoRas هندسه (Geometry) رودخانه را ترسیم و وارد نرم‌افزار HEC-RAS کردیم. برای این کار ابتدا پس از تعریف یک پروژه جدید در نرم‌افزار HEC-RAS اطلاعات مربوط به هندسه رودخانه وارد قسمتGeometric Data شد. سپس اطلاعات مربوط به جریان رودخانه، وارد قسمت Steady Flow Data گردید. مدل را از منوی Steady Flow Analysis به‌صورت Mixed به دو حالت مختلف بدون سازه (حالت طبیعی) و با وجود پل (شرایط موجود) اجرا نمودیم. نتایج حاصل از شبیه‌سازی را مجدداً وارد نرم‌افزار ArcGIS نموده با استفاده از الحاقیه Hec-GeoRas پهنه سیل‌گیر و حد بستر رودخانه بر روی لایه TIN و نقشه توپوگرافی محدوده برای هر دو حالت جانمایی کردیم و درنهایت به بحث و بررسی پرداختیم.

۳- بحث و نتایج

۳-۱- شبیه‌سازی جریان در حالت طبیعی (بدون وجود پل)

در شبیه‌سازی جریان در حالت طبیعی ابتدا می‌بایست تأثیرات دخالت انسان در رودخانه را حذف نمود. به همین منظور مقاطع عرضی جهت حذف پل و تأثیر آثار آن در شبیه‌سازی رودخانه با شرایط قبل از احداث پل اصلاح گردید. تا به شرایط طبیعی رودخانه نزدیک باشد. این اصلاحات به‌صورت کیفی و براساس بازدیدها و بررسی‌های میدانی همراه با قضاوت کارشناسی صورت پذیرفته است. با توجه به استانداردهای مهندسی رودخانه مطابق نشریه ۳۱٦ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، مبنای طراحی طرح‌های ساماندهی رودخانه‌ها با دبی دور بازگشت ۲ تا ۲۰۰ سال و طرح‌های تثبیت بستر و سواحل دبی با دور بازگشت ۲۵ تا ۱۰۰ ساله قرار داده شده است و همچنین مطابق آیین‌نامه مربوط تعیین حد بستر و حریم رودخانه‌ها دبی سیلابی با دور بازگشت ۲۵ سال ملاک عمل در شرایط طبیعی رودخانه است که در این تحقیق جهت ارزیابی حد بستر دبی با دور بازگشت ۲۵ سال (١٦٤/٥ مترمکعب بر ثانیه) مبنا قرار داده شده و همچنین با توجه اینکه در طراحی پل می‌بایست دبی با دور بازگشت ۱۰۰ ساله ملاک عمل قرار گیرد که در این تحقیق جهت میزان آبگذری پل از دبی با دور بازگشت ۱۰۰ سال (۲۲۳/۹ مترمکعب بر ثانیه) استفاده شده است. برای شبیه‌سازی جریان رودخانه نرم‌افزار HEC-RAS، واردکردن ضریب زبری مانینگ رودخانه الزامی است که میزان ضریب زبری برای بستر فعال برابر ۰/۰۳۵ و برای سیلاب دشت‌های چپ و راست ۰/۰٤ و شیب بازه موردمطالعه ۱ درصد به دست آمد که در برنامه HEC-RAS وارد گردید. پس از شبیه‌سازی جریان در این حالت مشخصات هیدرولیکی مقاطع بالادست و پائین‌دست محل پل در رودخانه به دست آمده از برنامه HEC-RAS در جدول (۳) آورده شده است. پس از شبیه‌سازی جریان و انتقال اطلاعات از HEC-RAS به ArcGIS حد بستر رودخانه به ازای دبی با دوره بازگشت ۲۵ ساله در این بازه مشخص شد و پهنه سیلابی آن بر روی تصویر ماهواره‌ای در شکل (۳) را نشان داده شده است و در شکل (٤) مقاطع عرضی رودخانه زولا در شرایط طبیعی محل احداث پل در HEC-RAS را نشان می‌دهد و مطابق عکس هوایی سال ١٣٤٦ عرض بستر رودخانه در محل احداث پل حدود ۲۲۵ متر می‌باشد که در اثر احداث پل به ۳۲ متر تقلیل یافته است.

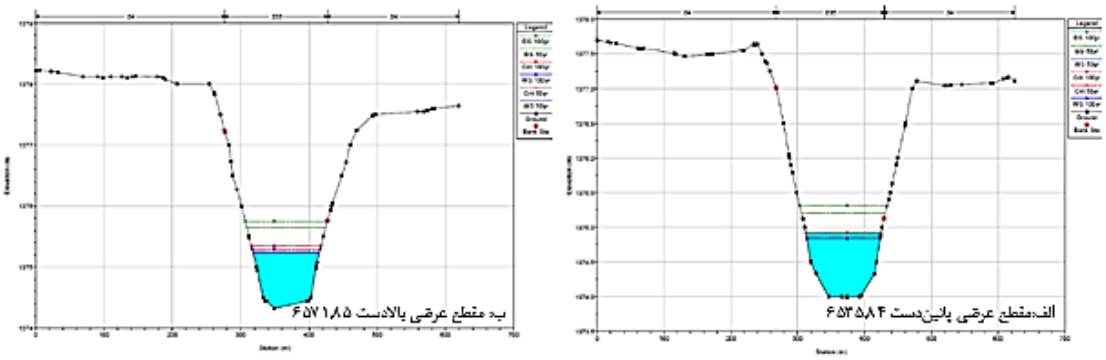
جدول ۳- مشخصات هیدرولیکی رودخانه زولا در شرایط طبیعی با دبی دور بازگشت ۲۵ ساله

شماره مقطع	Min Ch El(m)	W.S. Elev(m)	E.G. Elev(m)	E.G. Slope(m/m)	Vel Chnl(m/s)	Flow Area (m^2)	Top Width(m)	عدد فرود
۷۰۷۰/۱۶	۱۳۷۸	۱۳۷۹/۰۹	۱۳۷۹/۲۰	۰/۰۰۵	۱/۴۳	۱۱۶/۶۳	۲۰۸/۶۴	۰/۵۸
۶۸۱۳/۴۲	۱۳۷۶/۵	۱۳۷۷/۶۸	۱۳۷۷/۸۴	۰/۰۰۶	۱/۸۱	۹۱/۰۳	۱۱۸/۴۶	۰/۶۶
۶۶۱۰/۳۵	۱۳۷۴/۸۷	۱۳۷۵/۷۶	۱۳۷۶/۰۹	۰/۰۱۴	۲/۵۵	۶۴/۴۹	۹۹/۴۲	۱/۰۱
۶۵۷۱/۸۵ بالادست پل	۱۳۷۴/۳۲	۱۳۷۵/۱۵	۱۳۷۵/۵۲	۰/۰۱۶	۲/۶۹	۶۱/۰۶	۹۳/۷۵	۱/۰۷
۶۵۳۵/۸۴ پائین‌دست پل	۱۳۷۳/۹۸	۱۳۷۴/۸۷	۱۳۷۵/۱۰	۰/۰۱	۲/۱۴	۷۶/۹۷	۱۱۱/۱۹	۰/۸۲
۶۵۱۳/۰۰	۱۳۷۳/۸۳	۱۳۷۴/۵۵	۱۳۷۴/۸۴	۰/۰۱۵	۲/۳۷	۶۹/۵۴	۱۲۳/۷۱	۱/۰۱
۶۲۰۱/۹۵	۱۳۷۰/۹۴	۱۳۷۱/۸۷	۱۳۷۲/۰۱	۰/۰۰۵	۱/۶۵	۹۹/۴۴	۱۳۶/۴۸	۰/۶۳
۶۰۱۲/۳۴	۱۳۶۹/۵	۱۳۷۰/۱۷	۱۳۷۰/۴۸	۰/۰۱۴	۲/۴۶	۶۶/۸۲	۱۰۹/۳۰	۱/۰۱

شکل ۳- پهنه‌بندی بستر هیدرولیکی بدون پل و شرایط طبیعی رودخانه بر روی عکس ماهواره‌ای

جدول ٤- ابعاد هندسی پل سرنق

ردیف	نام پل	تعداد دهانه	عرض دهانه (متر)	ارتفاع پل (متر)
۱	پل جاده سرنق جاده	٤	۸	۳



شکل ٤- مقطع عرضی محل پل سرنق

۳-۲- شبیه‌سازی جریان با وجود پل

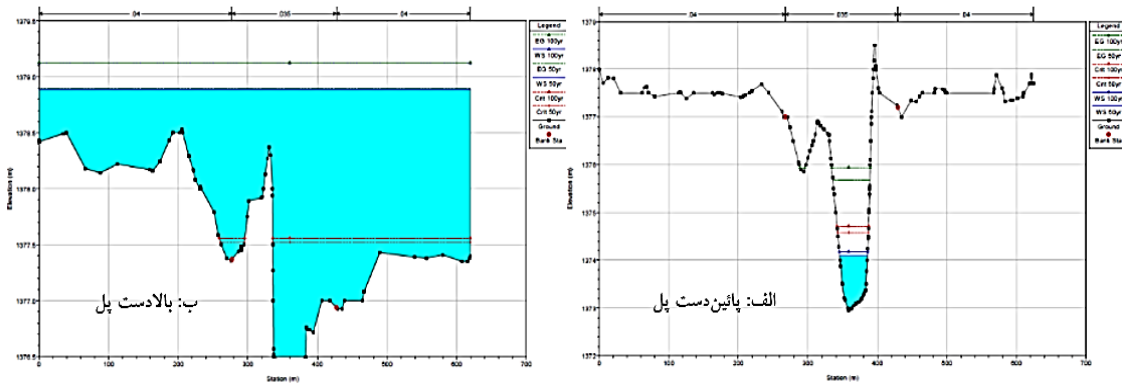
در این حالت شبیه‌سازی، بر خلاف حالت طبیعی رودخانه، تمامی دخالت‌های انسانی در رودخانه لحاظ می‌گردد. دلیل این شبیه‌سازی بررسی وضعیت موجود رودخانه و تأثیر پل بر روی عرض بستر رودخانه در محدوده موردمطالعه است.

شکل (۵) پهنه سیلابی رودخانه بر روی تصویر ماهواره‌ای برای این حالت را نمایش می‌دهد. در این حالت سیلاب ۲۵ ساله با دبی عبوری ١٦٤/٥ مترمکعب در ثانیه و شیب ۱ درصد موردبررسی قرار گرفته است و پل مطابق جدول (٤) بر روی رودخانه احداث گردیده است. همان‌طور که در شکل (۵) مشاهده می‌شود پل ساخته شده بر روی رودخانه همراه با تنگ‌شدگی عرض بستر در محل پل موجب افزایش عمق آب، عرض بستر و کاهش سرعت جریان آب در بالادست پل شده است و همچنین موجب کاهش سطح مقطع جریان و افزایش سرعت آب و انرژی پتانسیل جریان و فرسایش آب شستگی در پائین‌دست پل می‌شود؛ که تأثیر خود را در ناحیه پل و پایین‌دست آن می‌گذارد. در شکل (٦) مقاطع عرضی در بالادست و پائین‌دست پل‌ها در HEC-RAS نشان می‌دهد پس‌زدگی آب در بالادست پل موجب افزایش تراز جریان و رسوبگذاری می‌شود و در محل پایین‌دست پل فرسایش کف و آبشستگی را نشان می‌دهد. هر چه از سمت بالادست پل به سمت پل حرکت می‌کنیم شاهد افزایش عمق جریان آب و فرسایش و آبشستگی در پائین‌دست پل هستیم. دلیل اصلی این امر کاهش مقطع جریان در محل پل و افزایش سرعت جریان آب در ناحیه پائین‌دست پل است. جدول (۵) مشخصات هیدرولیکی رودخانه در این حالت را نشان می‌دهد و همچنین ارتباط با میزان آبگذری پل، مطابق مدل هیدرولیکی پل موجود توان آبگذری دبی سیلابی با دور بازگشت ۱۰۰ ساله را دارد که در آن به‌صورت مقطع پر عمل می‌نماید و در دبی بالاتر جریان آب از روی آن سرریز خواهد نمود.

شکل ۵- پهنه‌بندی بستر هیدرولیکی بر روی عکس ماهواره‌ای بعد از احداث پل

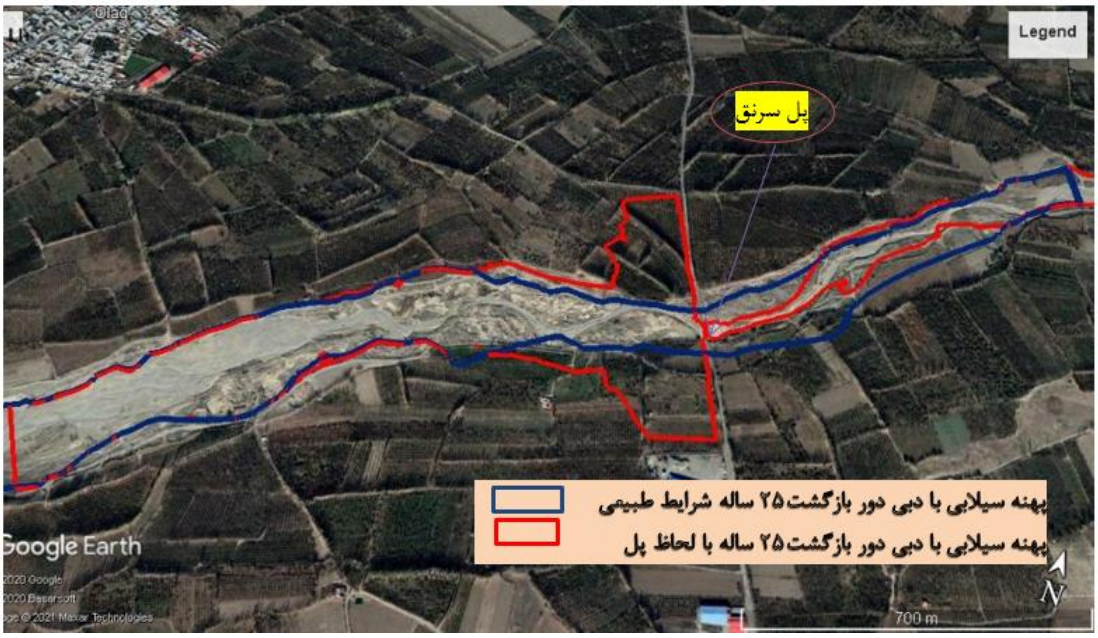
٤- نتیجه‌گیری

شکل (۷) تأثیر پل بر روی رودخانه و تغییرات حد بستر هیدرولیکی و پهنه سیلابی با دبی دور بازگشت ۲۵ ساله را نشان می‌دهد و شکل (۸) نمای ظاهری پل را نشان می‌دهد. تغییرات بستر رودخانه در محل پل به شرح جدول (٦) می‌باشد و در جدول (۷) مقایسه پارامترهای مهم هیدرولیکی رودخانه در شرایط طبیعی رودخانه و نیز رفتار رودخانه بعد از احداث پل آورده شده است. همچنین در مقایسه عکس هوایی سال ۱۳٤٦ شکل (۹) با نتایج مدل هیدرولیکی قبل از احداث پل نشان می‌دهد که رودخانه توان آبگذری دبی‌های با دور برگشت‌های بیش از ۲۵ ساله را داشته که در اثر احداث پل در جریان‌های سیلابی با دور بازگشت بیش از ۵ ساله موجب پس‌زدگی و آبگرفتی اراضی بالادست می‌شود.



شکل ٦- مقاطع عرضی بعد از تأثیر پل

تنگ‌شدگی مقطع در پل موجب رسوبگذاری و عریض شدن حد بستر و در دبی‌ها بیش از ۹۰ مترمکعب در ثانیه موجب آبگرفتگی اراضی مجاور بالادست پل می‌شود. همچنین افزایش سرعت زیاد جریان آب در پائین‌دست موجب فرسایش و کف کنی رودخانه می‌شود که مطابق مدل هیدرولیکی و براساس مشاهدات و بازدیدهای میدانی صورت گرفته؛ رادیه پل جاده سرنق در معرض خطر آبشستگی قرار دارد که می‌بایست تمهیدات مناسب جهت رفع آن صورت پذیرد. در این راستا می‌توان به اجرای عملیات ساماندهی رودخانه و ایجاد سازه تثبیت در پائین‌دست پل اشاره نمود.



شکل ۷- پهنه‌بندی بستر هیدرولیکی بر روی عکس ماهواره‌ای

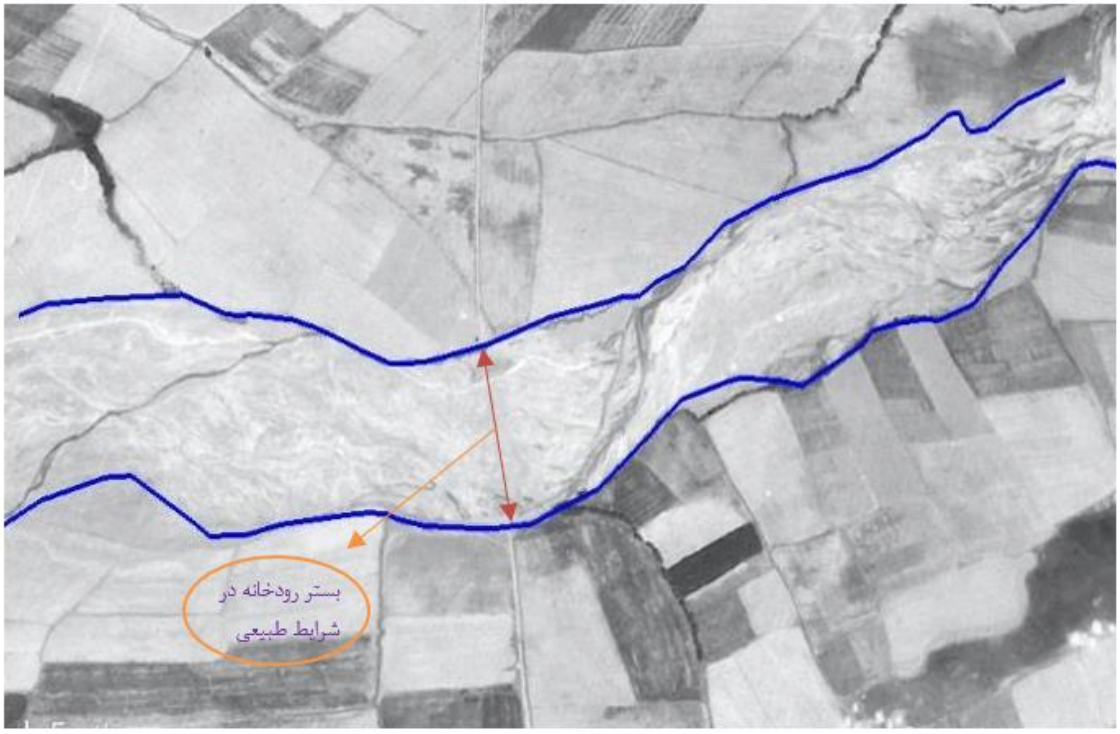
جدول ۵- مشخصات هیدرولیکی رودخانه زولا در شرایط موجود با دبی دور بازگشت ۲۵ ساله

شماره مقطع	Min Ch El(m)	W.S .Elev(m)	E.G. Elev(m)	E.G. Slope(m/m)	Vel Chnl(m/s)	Flow Area(m2)	Top Width(m)	عدد فرود
۷۰۷۰/۱۶	۱۳۷۸	۱۳۷۹/۰۲	۱۳۷۹/۲۳	۰/۰۱۶	۲/۰۶	۸۰/۹۶	۲۰۳/۹۹	۱/۰۱
۶۸۱۳/۴۲	۱۳۷۷	۱۳۷۸/۶۵	۱۳۷۸/۶۹	۰/۰۰۱	۰/۸۷	۲۰۴/۶۶	۱۹۹/۰۴	۰/۲۵
۶۶۱۰/۳۵	۱۳۷۶/۵	۱۳۷۸/۶۴	۱۳۷۸/۶۵	۰/۰۰۰	۰/۳۵	۶۵۳/۴۱	۶۱۳/۹۹	۰/۰۸
۶۵۷۱/۸۵ بالادست پل	۱۳۷۶/۵	۱۳۷۸/۶۴	۱۳۷۸/۶۴	۰/۰۰۰	۰/۳۴	۶۱۱/۹۶	۶۱۹/۵۸	۰/۰۹
۶۵۵۰/۶۳ Bridge								
۶۵۳۵/۸۴ پائین‌دست پل	۱۳۷۲/۹۵	۱۳۷۴/۰۲	۱۳۷۵/۳۹	۰/۰۴۳	۵/۱۷	۳۱/۸۱	۳۹/۳۳	۱/۸۴
۶۵۱۳/۰۰	۱۳۶۹/۴۴	۱۳۷۱/۱۱	۱۳۷۳/۹۰	۰/۰۸۲	۷/۴۰	۲۲/۲۳	۲۵/۵۳	۲/۵۳
۶۲۰۱/۹۵	۱۳۶۹	۱۳۷۲/۰۵	۱۳۷۲/۲۰	۰/۰۰۲	۱/۷۲	۹۵/۸۶	۷۰/۳۶	۰/۴۷
۶۰۱۲/۳۴	۱۳۶۸	۱۳۷۱/۲۱	۱۳۷۱/۴۸	۰/۰۰۶	۲/۲۹	۷۱/۶۸	۷۰/۷۳	۰/۷۳

جدول ٦- میزان تنگ‌شدگی رودخانه زولا بعد از احداث پل

نام سازه تقاطعی	عرض بستر طبیعی رودخانه (متر)	میزان تنگ‌شدگی در اثر احداث پل (متر)
پل جاده سرنق	۲۲۵	۳۲

شکل ۸- تصاویر پل سرنق.



شکل ۹- عکس هوایی سال ١٣٤٦ در محدوده پل سرنق.

جدول ۷- مقایسه پارامترهای مهم هیدرولیکی با لحاظ پل و حالت طبیعی رودخانه

شماره مقطع	W.S. Elev (m)		Vel Chnl (m/s)		Top Width (m)		عدد فرود	
	حالت اول	حالت دوم	حالت اول	حالت دوم	حالت اول	حالت دوم	حالت اول	حالت دوم
۷۰۷۰/۱۶	۱۳۷۹/۰۹	۱۳۷۹/۰۲	۱/۴۳	۲/۰۶	۲۰۸/۶۴	۲۰۳/۹۹	۰/۵۸	۱/۰۱
۶۸۱۳/۴۲	۱۳۷۷/۶۸	۱۳۷۸/۶۵	۱/۸۱	۰/۸۷	۱۱۸/۴۶	۱۹۹/۰۴	۰/۶۶	۰/۲۵
۶۶۱۰/۳۵	۱۳۷۵/۷۶	۱۳۷۸/۶۴	۲/۵۵	۰/۳۵	۹۹/۴۲	۶۱۳/۹۹	۱/۰۱	۰/۰۸
۶۵۷۱/۸۵	۱۳۷۵/۱۵	۱۳۷۸/۶۴	۲/۶۹	۰/۳۴	۹۳/۷۵	۶۱۹/۵۸	۱/۰۷	۰/۰۹
۶۵۳۵/۸۴	۱۳۷۴/۸۷	۱۳۷۴/۰۲	۲/۱۴	۵/۱۷	۱۱۱/۱۹	۳۹/۳۳	۰/۸۲	۱/۸۴
۶۵۱۳/۰۰	۱۳۷۴/۵۵	۱۳۷۱/۱۱	۲/۳۷	۷/۴۰	۱۲۳/۷۱	۲۵/۵۳	۱/۰۱	۲/۵۳
۶۲۰۱/۹۵	۱۳۷۱/۸۷	۱۳۷۲/۰۵	۱/۶۵	۱/۷۲	۱۳۶/۴۸	۷۰/۳۶	۰/۶۳	۰/۴۷
۶۰۱۲/۳۴	۱۳۷۰/۱۷	۱۳۷۱/۲۱	۲/۴۶	۲/۲۹	۱۰۹/۳۰	۷۰/۷۳	۱/۰۱	۰/۷۳

کتابنامه

- روشان، حسین؛ وهاب‌زاده، قربان؛ سلیمانی، کریم؛ فرهادی، رسول؛ ١٣٩٢. شبیه سازی رفتار هیدرولیکی رودخانه با استفاده از مدل HEC-RAS در محیط GIS (مطالعه موردی: رودخانه بشار، استان کهگیلویه و بویراحمد). *دو فصلنامه پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز*، دوره ٤، شماره ٧. ٨٤-٧٠.

http://jwmr.sanru.ac.ir/article-1-237-fa.html

- راد، مژگان؛ وفاخواه، مهدی؛ غلامعلی‌فرد، مهدی؛ ١٣٩٧. پهنه‌بندی سیل با استفاده از مدل هیدرولیکی HEC-RAS در پایین‌دست حوزه آبخیز خرم آباد. *نشریه مخاطرات محیط طبیعی*، دوره ٧، شماره ١٦، ٢٢٦-٢١١.

https://doi.org/10.22111/jneh.2017.3343

- فرامرزی، حسن؛ حسینی، سید محسن؛ پورقاسمی، حمیدرضا؛ فرنقی، مهدی؛ ١٣٩٨. ارزیابی و پهنه بندی وقوع مخاطرهٔ سیلاب در پارک ملی گلستان. *فصلنامه اکولوژی*، دوره ٦، شماره ٤، ١٠٦٨-١٠٥٥.

https://doi.org/10.22059/ije.2019.285430.1163

- شفیعی مطلق، خسرو؛ عبادتی، ناصر؛ ١٣٩٩. پهنه‌بندی سیلاب و شبیه‌سازی رفتار هیدرولیک رودخانه با استفاده از نرم‌افزار HEC RAS (مطالعهٔ موردی: رودخانهٔ مارون - جنوب غرب ایران). *فصلنامه اکولوژی*، دوره ٧، شماره ٢، ٤٠٩-٣٩٧.

https://doi.org/10.22059/ije.2020.298473.1293

- برهان، جلال؛ ١٣٩٤. *ارزیابی میدانی و عددی اثرات سازه پل بر روی رفتار هیدرولیکی رودخانه (مطالعه موردی: پل رودخانه چالسبار)*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تبریز، دانشکده مهندسی عمران.

- دلبری، افشین؛ عادل‌پور عبدالعلی؛ ١٣٩٤. ارزیابی و مقایسه تأثیر عملکرد هیدورلیکی پل‌های رودخانه خشک شیراز با استفاده از مدل HEC – RAS. دهمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه.

https://civilica.com/doc/677279

- بهیان مطلق، سودابه؛ پژوهش، مهدی؛ هنربخش، افشین؛ صالحی هفشجانی، نگار؛ ١٣٩٧. سنجش عملکرد مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS برای حوزه‌های نیمه‌توزیعی و یکپارچه (مطالعه موردی: حوزه آبخیز کوه‌سوخته). *پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز*. دوره ٩ ، شماره ١٧، ٤٨-٣٩.

http://dx.doi.org/10.29252/jwmr.9.17.39

- صادقی، سید حمیدرضا؛ جلالی راد، رامین؛ محمدی سراب، عباس علی؛ ١٣٨٢. پهنه‌بندی سیل با استفاده از نرم‌افزار EC-RAS و سامانه اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: حوضه آبخیز شهری دارآباد تهران)، *پژوهش‌نامه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خزر*، سال دوم، شماره ١، ٤٦-٣٤.

https://doi.org/10.22111/jneh.2017.3343

- بختیاری، مرتضی؛ کاشفی پور، سیدمحمود؛ اصغری، پری سید امین؛ ١٣٩١. بررسی تاثیرسازه‌های عرضی بر روی پهنه سیلاب با استفاده از مدل هیدرولیکی HEC-RAS در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی GIS. *مجله علوم مهندسی و آبیاری*، دوره ٣٥، شماره ٣، ٤٦-٣٧.

https://dorl.net/dor/20.1001.1.25885952.1391.35.3.5.3

- باقری، علی؛ ترکمان زاده، محمد هادی؛ ١٣٩٧. بررسی اثر سازه‌های احداثی بر پهنه سیلاب رودخانه با استفاده از نرم افزارهای HEC-RAS و ArcGIS مطالعه موردی: رودخانه بابلرود، مازندران. دوره ٦، شماره ٤، ٢٥٦-٢٤٩.

https://journals.iau.ir/article_666896.html

- شرکت آب منطقه‌ای آذربایجان‌غربی؛ ۱۳۹۸. " گزارش مطالعات فیزیوگرافی، هواشناسی و هیدولوژی رودخانه زولا" شرکت مهندسین آبگستران میهن وزارت نیرو، دفتر مهندسی و معیارهای فنی آب و آبفا، *نشریه ۳۳۱ راهنمای تعیین ضریب زبری هیدرولیکی رودخانه‌ها.*

- Ballesteros Cánovas, J.A, Eguibar M, Bodoque JM, Stoffel M., 2011. Estimating flash flood discharge in an ungauged mountain catchment with 2D hydraulic models and dendrogeomorphic palaeostage indicators. Hydrological processes, 25: 970-979. http://dx.doi.org/10.1002/hyp.7888.
- Randall, J.C., and Edward, R.H., 2001. Backwater effect of bridge piers in sub-critical flow. Center for Transportation Research, the University of Texas at Austin. Project summary report; 1805-S, 4p. http://dx.doi.org/10.22587/ajbas.2019.13.1.15.