



Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره سی و ششم، زمستان ۱۳۹۹

صص ۶۴-۴۵

doi: <https://dx.doi.org/10.22067/geoe.2021.67233.0>

مقاله پژوهشی

پهنه‌بندی و تحلیل ژئومورفولوژیکی سیلاب رودخانه دینور (استان کرمانشاه) با استفاده از مدل

## هیدرولیکی HEC-RAS

رؤیا پناهی<sup>۱</sup> - دکتری ژئومورفولوژی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

محمد مهدی حسین‌زاده - دانشیار دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۸/۲۱ تاریخ بازنگری: ۱۳۹۹/۱۰/۱۴ تاریخ تصویب: ۱۳۹۹/۱۱/۲۱

### چکیده

سیل متداول‌ترین مخاطره طبیعی است که تکرار وقوع آن در حال افزایش و خطرات مرتبط با آن در حوضه‌های شهری و روستایی از اهمیت جهانی برخوردار است. هدف این پژوهش پهنه‌بندی مخاطره سیلاب رودخانه دینور در استان کرمانشاه است؛ بنابراین جهت شبیه‌سازی سیلاب از مدل عددی HEC-RAS استفاده شد و از طریق الحاقی HEC-GEORAS در محیط GIS و پردازش داده‌های ژئومتری به کار گرفته شد. با استفاده از نرم‌افزار SMADA، دوره بازگشت دبی بیک لحظه‌ای محاسبه شد و پهنه سیلاب با دوره بازگشت‌های مختلف ۲ و ۳، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ و ۲۰۰ سال منطقه شبیه‌سازی شده است و با کمک مدل رقومی عمق آب و لایه کاربری اراضی، میزان خسارت با استفاده از معادله تابع عمق و خسارت در دوره بازگشت‌های ۲۵ سال، ۵۰ و ۱۰۰ سال محاسبه شد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که پهنه گسترش سیلاب در دوره بازگشت ۲۵ سال ۴۰/۳۴ کیلومتر مربع و در دوره بازگشت ۵۰ سال ۴۳/۵۱ و در دوره بازگشت ۱۰۰ سال، ۴۴/۲۸ کیلومتر مربع را تحت مخاطره قرار داده است. از نظر خسارت، سیل با دوره بازگشت ۲۵ سال یک سیل مبنای در نظر گرفته شده است که خسارت قابل توجهی را نشان می‌دهد که تمام مزارع زراعی را تحت پوشش قرار می‌دهد، ولی سیل در دوره بازگشت‌های کمتر قسمتهایی از مزارع را تحت تأثیر قرار می‌دهد اما قابل کنترل است؛ درحالی‌که سیل‌های ۲۵ و ۵۰ و ۱۰۰ ساله بسیاری از مراکز روستایی و مزارع را کامل تحت مخاطره قرار داده است با توجه به نتایج میزان

خسارت سیلاب ۱۰۰ ساله نسبت به ۲۵ ساله، در حدود ۷۰ درصد و نسبت به ۵۰ ساله به طور متوسط ۸۵ درصد بیشتر بوده است که لزوم کنترل سیلاب جهت مدیریت پایدار ضرورت دارد.

**کلیدواژه‌ها:** پهنه‌بندی سیلاب، رودخانه دینور، مدل عددی HEC-RAS.

#### ۱- مقدمه

بارش شدید، شهرنشینی، تغییرات توپوگرافی منجر به تشدید و بروز مخاطرات طبیعی می‌شود همچنین بلایای طبیعی غالباً باعث ایجاد اختلالات در اکوسیستم‌های طبیعی می‌شوند. سیل شایع‌ترین و گسترده‌ترین بلایای طبیعی در سراسر جهان است که بیشترین تکرار وقوع آن در آسیا بوده است (آنیس<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۶). در قرن بیست و یک افزایش احتمال خطر سیلاب به دلیل تغییرات آب و هوایی و گرم شدن کره زمین نگرانی‌های بین‌المللی را به خود جلب کرده است (رحمانی رضاییه<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۲۰). در هنگام طغیان سیلاب، آب مناطق زیادی از سطح زمین را که قبلاً تحت پوشش سیلاب نبوده‌اند، تحت تأثیر قرار می‌دهد که باعث از بین رفتن زمین‌های زراعی، زیر ساخت‌های مهم، جابجایی جمعیت‌ها، اختلال در فعالیت‌های اقتصادی و مرگ انسان‌ها می‌شود (نکونونو<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۲۰). در طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵ سیل‌ها تقریباً نیمی از مخاطرات مرتبط با تغییرات آب و هوایی را به خود اختصاص داده‌اند که ۲۰ درصد از مرگ و میرها و حدود ۴۰ درصد از خسارات مرتبط با سیل بوده است (گراوند<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۲۰). در ۱۹ مارس ۲۰۱۹ باران شدید در ایران آغاز شد و تا آوریل ۲۰۱۹ ادامه یافت که منجر به جاری شدن سیل در ۳۱ استان شد. این سیل در ابتدا در شمال شرقی ایران از جمله شهرهای گرگان، بندر ترکمن، آزادشهر، آق‌قلا، گنبدکاووس، بندر گز، علی‌آباد و مینودشت آغاز شد. (www.ifrc.org) دفتر هماهنگی امور بشردوستانه سازمان ملل متحد گزارش داد در اثر بارش‌های مارس و آوریل ۲۰۱۹ در ایران در حدود ۱۴۰ رودخانه طغیان کرده‌اند و استان‌های گلستان، ایلام، لرستان و خوزستان به شدت آسیب دیده‌اند. این سیلاب گسترده در ایران حدود ۱۰ میلیون نفر (حدود یک از ۸ شهروند ایران) را تحت تأثیر قرار داد که ۷۸ نفر جان خود را از دست داده و ۱۱۳۷ نفر نیز زخمی شدند. براساس گزارش‌های فدراسیون بین‌المللی جوامع صلیب سرخ و هلال احمر، ۳۸۰۰ شهر و روستا در اثر سیل‌ها متأثر شده‌اند، ۶۵۰۰۰ خانه ویران شده حدود ۳۶۵۰۰۰ نفر به طور موقت آواره شدند و در پناهگاه‌های اضطراری یا موقتی اقامت گزیدند. با در نظر گرفتن خسارت‌ها، این یکی از بزرگ‌ترین فجایع طبیعی طی ۲۰ سال گذشته در ایران بوده است (شکری<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۲۰). با توجه به موارد فوق، تهیه نقشه‌های مناطق احتمال خطر سیل می‌تواند پایه‌ای برای استراتژی کاهش خطر سیل باشد هرچند تهیه این نقشه‌ها در کشورهای درحالی‌که توسعه

1 Anees  
2 Rahmani-Rezaeieh  
3 Nkwunonwo  
4 Geravand  
5 Shokri

به‌اندازه کافی مورد توجه قرار نگرفته است علاوه بر آن تهیه آن‌ها احتیاج به مدل رقومی ارتفاعی دقیق (لیدار) دارد که در کشورهای در حال توسعه در دسترس نیست (نکونونو و همکاران، ۲۰۲۰). مدل‌سازی عددی یک موضوع مهم در مدیریت احتمال خطر سیلاب می‌باشد از دهه ۱۹۷۰ مدل‌های عددی یک بعدی در زمینه مدل‌سازی سیلاب مورد استفاده قرار گرفت. ساختن مدل‌های عددی شامل چهار مرحله، ساختن مدل ریاضی با فرضیات مناسب، توسعه یک مدل عددی مناسب، به دست آوردن نتایج و در نهایت تفسیر نتایج به کمک جداول و نمودارها و نمایش گرافیکی و ارائه راه‌حل‌های ممکن می‌باشد (آنس و همکاران، ۲۰۱۶؛ خلف الله و سعیدی<sup>۱</sup>، ۲۰۱۸). مدل‌های عددی یک بعدی به علت محاسبه سریع و کاربرد آسان آن مورد توجه اغلب محققان قرار گرفت (خلف الله و سعیدی، ۲۰۱۸؛ پاراهی<sup>۲</sup>، ۲۰۱۸). با پیشرفت فناوری محاسباتی مدل‌های عددی یک یا دو بعدی و چند بعدی توسعه یافت که ابتدا در زمینه مطالعات فرسایش و رسوب و سپس در زمینه هیدرولوژی مورد استفاده قرار گرفت (دوتو<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۳؛ ساملا<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۱۷). در میان مدل‌های عددی، HEC\_RAS مدل یک بعدی عددی می‌باشد که به دلیل سازگاری با GIS به‌طور گسترده مورد استفاده قرار گرفت و به‌وسیله (برونر<sup>۵</sup>، ۲۰۰۱) توسعه پیدا کرد و جریان‌های هیدرولیک را به‌صورت جریان‌های پایدار و ناپایدار و محاسبات انتقال و رسوب و مدل‌سازی دمای آب را انجام می‌دهد (شیلی<sup>۶</sup> و همکاران، ۲۰۱۵). مطالعات متعددی با نرم‌افزار HEC\_RAS انجام می‌شود که شامل محاسبات تعیین پهنه‌های سیلاب (بلانگر<sup>۷</sup> و همکاران، ۲۰۱۵؛ کوپروگا<sup>۸</sup> و همکاران، ۲۰۱۶) و علاوه بر آن، پاراهی و همکاران (۲۰۱۸) به مدیریت سیلاب رودخانه ماهاندی با استفاده از RSA-HEC و توزیع گامبل به مطالعه پرداخته است که در این مطالعه سیل با دوره بازگشت ۲۵ ساله با توجه به تغییرات آب و هوایی مورد مطالعه قرار گرفته است نتایج نشان می‌دهد که از ۳۶ مقطع برداشت شده ۲۳ مقطع آب ۰,۱۱ تا ۱۰ متر در ساحل سمت چپ و ۹ متر در ساحل سمت راست افزایش پیدا کرده است و همچنین زلناکووا<sup>۹</sup> و همکاران (۲۰۱۹) به مدل‌سازی احتمال خطر سیلاب رودخانه اسلاوینس در اسلواکی به مطالعه پرداخته‌اند که با تلفیق GIS و ارزیابی آسیب‌های سیل را با استفاده از تحلیل هزینه (CA) انجام داده‌اند که این مدل در (RAS-HEC) اجرا شده است که در نهایت مناطق احتمال خطر سیلاب مشخص گردیده است و میزان خسارت محاسبه شده است. علاوه بر آن بسیاری از پژوهشگران به مطالعه تغییرات مورفولوژی کانال و بستر (هاپکینز و داوون<sup>۱۰</sup>، ۲۰۱۵) و شبیه‌سازی حمل و انتقال رسوب (علی و همکاران،

1 Khalfallah &amp; Saidi

2 Parhi

3 Dutta

4 Samela

5 Brunner

6 Shelley

7 Bélanger

8 Quiroga

9 Zelenakova

10 Hopkins and Dawers

۲۰۱۴)، با استفاده از نرم‌افزار RAS-HEC به مطالعه پرداخته‌اند. لازم به ذکر است که در راستای برآورد و پهنه‌بندی سیلاب در مناطق مختلف با استفاده از روش‌های مختلف مدل‌های یک بعدی و دو بعدی در ایران مطالعات مختلفی صورت گرفته است که می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد از جمله رضایی مقدم و همکاران (۱۳۹۶)، حجازی و همکاران (۱۳۹۸) و شفیعی و همکاران (۱۳۹۹) به پهنه‌بندی خطر وقوع سیلاب با استفاده از مدل یک بعدی HEC-RAS و همچنین روستایی و همکاران (۱۳۹۹) با استفاده از شبیه‌سازی دو بعدی جریان در محیط نرم‌افزار Milk به مطالعه رفتار هیدرولیک رودخانه پرداخته‌اند و پهنه سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف محاسبه کرده‌اند و علاوه بر آن نوروزی و همکاران (۱۳۹۵) به محاسبه اثر عدم قطعیت تابع دبی - احتمال در برآورد ریسک خسارت کشاورزی ناشی از سیل با کمک HEC-RAS و با استفاده از روش مونت کارلو به مطالعه پرداخته است در نهایت با تلفیق ریسک زمانی و مکانی خسارت عدم قطعیت تابع دبی - احتمال در محاسبه ریسک منظور گردید و خسارت سالیانه مورد انتظار کشاورزی محاسبه شد؛ بنابراین هدف اصلی این مطالعه تخمین میزان سیلاب و خسارات حاصل از آن است بازه مورد مطالعه بخشی از رودخانه دینور به طول ۲۰ کیلومتر است. حوضه دینور از زیر حوضه‌های حوضه آبریز گاماسیاب می‌باشد. با توجه به وضعیت اقلیمی و بیشترین میانگین دبی سالیانه ۱۲۲۲/۷۷ مترمکعب بر ثانیه در سال از مناطق مستعد سیل است و علاوه بر اینها با توجه به محدودیت منابع آبی در کشور، بهره‌وری پایین، تمرکز مراکز جمعیتی، کشاورزی و صنعت در حاشیه رودخانه دینور روند استفاده از این منابع را تشدید نموده و آن‌ها را در معرض انواع تهدیدها قرار داده است، به طوری که بی‌توجهی به این موضوع می‌تواند روند توسعه این مناطق را در آینده نزدیک با موانع و تنگناهای جدی مواجه نماید به همین دلیل جهت مدیریت سیلاب رودخانه دینور و کاهش میزان خسارت و استفاده درست از منابع آبی با کمک مدل یک بعدی HEC-RAS پهنه سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف محاسبه و میزان خسارت آن برآورد شده است.

## ۲- مواد و روش

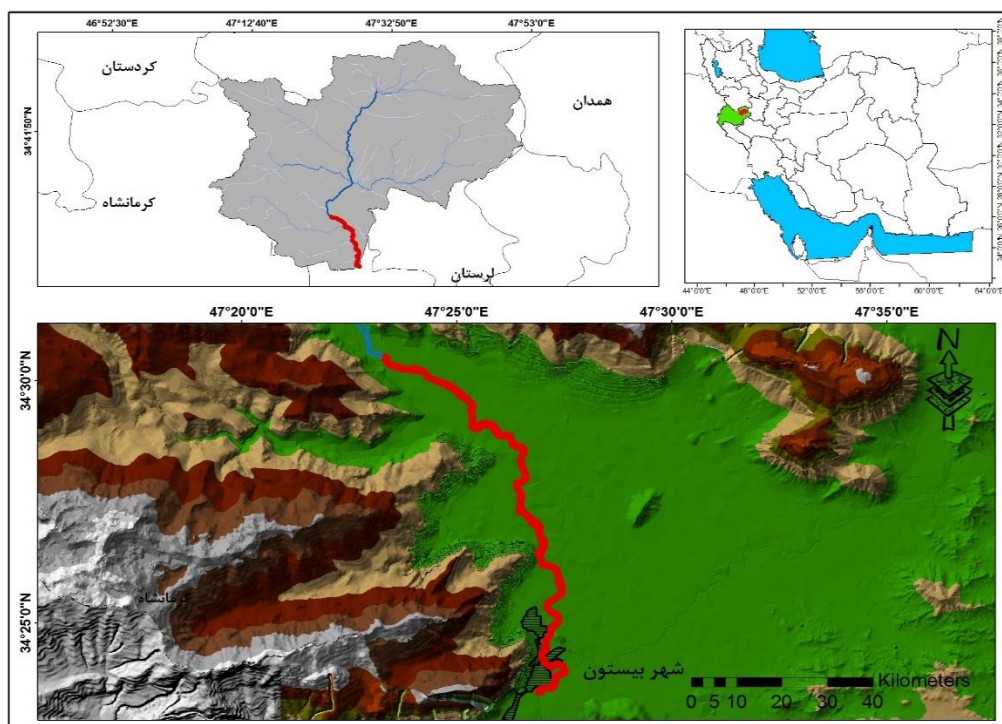
### ۲-۱- منطقه پژوهش

برای تعیین محدوده ابتدا حدود طبیعی حوضه آبریز دینور بر روی ۱۰ شیت نقشه توپوگرافی در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ ترسیم شد. منطقه مورد مطالعه بین  $47^{\circ}5'$  تا  $47^{\circ}51'$  طول شرقی و  $34^{\circ}23'$  تا  $34^{\circ}53'$  عرض شمالی واقع شده است. حوضه مربوطه در شمال شرق استان کرمانشاه واقع شده است و از نظر تقسیمات سیاسی جزء شهرستان‌های سنقر و صحنه می‌باشد (شکل ۱). وسعت حوضه آبریز ۲۱۹۰ کیلومتر مربع، محیط حوضه دینور برابر با ۳۰۷ کیلومتر و حداقل ارتفاع حوضه ۱۲۰۰ متر و حداکثر ارتفاع آن ۳۳۰۰ متر می‌باشد (جدول ۱). تمامی رودخانه‌های حوضه به رودخانه دینور ختم می‌شوند و رودخانه دینور به گاماسیاب می‌ریزد. از مهم‌ترین

رودخانه‌های حوضه می‌توان به رودخانه‌های عالی‌سیاه، چم سرخلیجه، کنگر شاه و دینور اشاره کرد. از ارتفاعات مهم حوضه می‌توان به ارتفاعات پراو، دالاخانی درویش‌ری، امروله و ... اشاره کرد. مراکز مهم سکونتی حوضه آبریز دینور عبارتند از سنقر، میانراهان، فارسینج، کندوله، سطر می‌باشد. متوسط بارش سالیانه منطقه در یک دوره آماری ۲۴ ساله ۴۱۹/۵ میلی‌متر و متوسط درجه حرارت نیز ۱۴ درجه سانتی‌گراد، کمترین متوسط دما در دی‌ماه به میزان ۶- درجه سانتی‌گراد و بیشترین مقدار متوسط دما در تیرماه به میزان ۲۸ درجه می‌رسد. اقلیم منطقه در اقلیم نمای آمبرژه در اقلیم نیمه‌خشک سرد قرار می‌گیرد و ایستگاه هیدرومتری حیدرآباد بر روی رودخانه دینور در مرز خروجی حوضه آبریز دینور قرار دارد.

جدول ۱- مساحت و محیط و طول حوضه و ضرایب شکل حوضه آبریز دینور

واحد هیدرولوژیک حوضه آبریز گاماسیاب	مساحت (km <sup>2</sup> )	محیط (km)	طول حوضه (km)	ضرایب شکل حوضه			
				گراویلیوس	شیوم	روش هورتن	روش میلر
دینور	۲۱۹۰	۳۰۷	۸۵/۵	۱/۸	۱/۹۳	۰/۲۹	۰/۲۹



شکل ۱- نقشه موقعیت حوضه آبریز دینور در استان و کشور

## ۲-۲- روش پژوهش

به منظور انجام مطالعات تعیین حدود بستر و تهیه مدل رقومی ارتفاع منطقه، از نقشه ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه برداری استفاده شده است و مدل رقومی ارتفاع با قدرت تفکیک ۵ متر منطقه تهیه شده است. ترسیم نقشه‌ها و تحلیل داده‌ها در محیط نرم‌افزار GIS و تهیه مدل هیدرولیکی در نرم‌افزار HEC-RAS با ورژن (۳، ۰، ۵) ایجاد شده است. در محیط GIS با استفاده از ابزار HEC-Geo RAS برای تهیه داده‌های هندسی و محاسبات مسیر رودخانه، رسم مقاطع و انتقال آن‌ها به HEC-RAS استفاده گردید. در اولین مرحله در HEC-Geo RAS لایه خط مرکزی جریان تهیه گردید. از این لایه به منظور تعیین محدوده قرارگیری مقاطع، نمایش موقعیت رودخانه در مدل HEC-RAS و تعریف جهت جریان در رودخانه استفاده گردید. در ادامه جهت جداسازی مجرای اصلی رودخانه از سواحل آن، لایه سواحل رودخانه<sup>۱</sup> ترسیم و در ادامه لایه ابعاد مسیر جریان تهیه گردید. از این لایه به منظور تعیین ابعاد مسیر هیدرولیکی جریان در مجرای اصلی جریان و ساحل چپ و راست آن در ناحیه سیلاب گیر استفاده شده است. کلید اصلی شبیه‌سازی سیلاب، مقاطع عرضی می‌باشند، مقاطع در جهت جریان، عمود بر مسیر جریان از ساحل سمت چپ به ساحل سمت راست کشیده شد. HEC-Geo RAS تمام اطلاعات ژئومتری رودخانه با کمک لایه RAS تهیه می‌شود. لایه‌های RAS ویژگی‌های ژئومتری زمینی را با رقومی کردن لایه‌های مختلف و سپس بازیابی دوباره داده‌ها جمع‌بندی می‌کند (یرامیلی<sup>۲</sup>، ۲۰۱۲). در ادامه اطلاعات به محیط HEC-RAS منتقل شدند. یکی از پارامترها در مدل‌سازی، ضریب مانینگ است که بر روی سرعت جریان و پهنه گسترش سیلاب تأثیرگذار است. مقدار ضریب زبری مانینگ به عواملی از قبیل: زبری بستر کانال، نامنظمی سطح مقطع، پوشش گیاهی، شکل مسیر، وجود موانع در مسیر جریان، دبی جریان بستگی دارد (کوان<sup>۳</sup>، ۱۹۵۶؛ سانچز و رومان<sup>۴</sup>، ۲۰۰۷). جهت محاسبه ضریب زبری مانینگ از روش کوان (۱۹۵۶) استفاده شده است (جدول ۲). در مرحله بعد جهت تعیین دوره بازگشت از دبی پیک لحظه‌ای حیدرآباد با دوره آماری مشترک ۴۱ ساله (۱۳۵۵-۱۳۹۶) استفاده شده است. با استفاده از نرم‌افزار SMADA با توزیع پیرسون تیپ سه، که انطباق منحنی تئوری با داده‌های تجربی دارای بهترین برازش بوده است انتخاب شد و دبی پیک لحظه‌ای برای دوره بازگشت‌های ۲ و ۳ و ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ ساله محاسبه شد (جدول ۲). برای محاسبه پروفیل‌های سطح آب از حالت جریان دائمی و رژیم فوق بحرانی استفاده گردید. نتایج حاصل HEC-RA به محیط GIS منتقل شده است و پهنه سیلاب در طول رودخانه دینور محاسبه و مدل‌سازی گردید.

1 Bank Lines

2 Yerramilli

3 COON

4 Sanchez and Roman

جدول ۲- مقدار ضریب زبری مایننگ در مقاطع رودخانه دینور

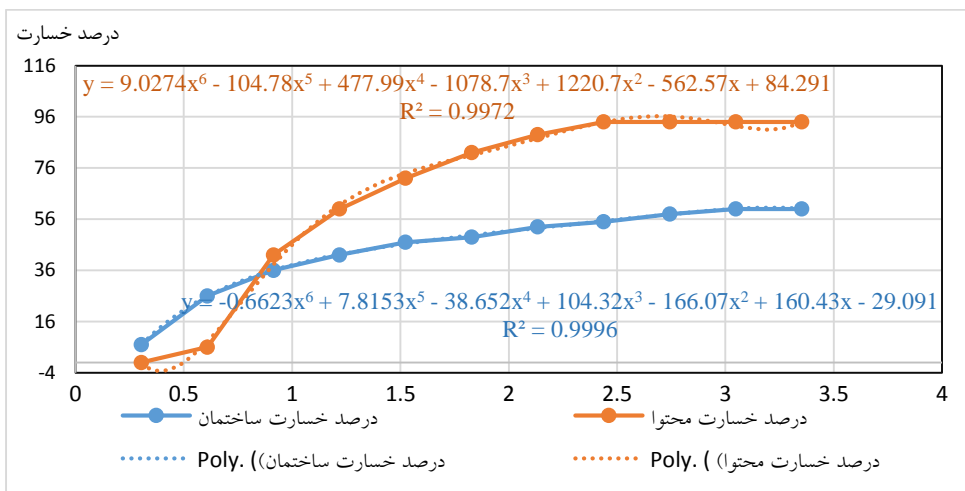
شماره بازه	مقاطع	ساحل چپ	کانال	ساحل راست
۱	۱-۱۰۰	۰/۰۶	۰/۰۴	۰/۰۶
۲	۱۰۱-۲۰۰	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۵
۳	۲۰۱-۲۳۰	۰/۰۷	۰/۰۴	۰/۰۷

جدول ۳- دبی با دوره بازگشت‌های مختلف رودخانه دینور

ایستگاه	۲	۵	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰۰	۲۰۰
حیدرآباد	۱۱۴/۰۱	۱۵۵/۸۲	۲۵۷/۵۸	۳۲۰/۶۱	۳۶۱/۹۸	۳۹۸/۷۳	۴۳۱/۳۸

میزان خسارت براساس نشریه ۱۶۴ نون وزارت نیرو انجام گرفته است. بر اساس این نشریه، درصد خسارت در کشور آمریکا با توجه به متغیرهای مدت و عمق متفاوت است. (معاونت امور آب و آبفا وزارت نیرو، ۱۳۹۵) در این پژوهش مدت استغراق کمتر از ۲۴ ساعت در نظر گرفته شده است و از طریق پرسش محلی و مشاهدات میدانی نوع محصول غالب و میزان درآمد حاصل از محصول در هر هکتار و ارزش ساختمان‌های روستایی و محتوای آن‌ها به دست آمده است (جدول ۵). برای برآورد خسارت وارده به ساختمان‌ها از نمودار خسارت بی بعد وارده به کاربری‌های مختلف که توابع خسارت فیزیکی آن‌ها توسط بیمه فدرال ایالات متحده تهیه شده، استفاده شده است (شکل ۲). در ادامه برای تعیین تابع عمق خسارت برای هر محصول کشاورزی یا برای هر ترکیب کشت، برقراری معیار درصد خسارت ناشی از سیلاب با ارتفاع مشخص برای هر یک از ماه‌ها یا فصول، مرحله رشد در طول دوره رشد گیاه است که در جدول (۴) بیان شده است استخراج گردید. سپس کاربری اراضی حوضه دینور براساس پهنه سیل با دوره بازگشت مختلف جدا شده و میزان عمق آب هر پیکسل در دوره بازگشت‌های مختلف در هر کاربری استخراج شده است. در مرحله بعد جهت محاسبه خسارت ساختمان‌های روستایی براساس نشریه ۱۶۴ نون وزارت نیرو ابتدا ارزش ساختمان برآورد می‌شود (جدل ۵) و سپس برای محاسبه خسارت در یک عمق مشخص، ارزش ساختمان به درصد برای همان عمق به‌عنوان ضریب لحاظ می‌شود (شکل ۲).

حال برای ارزیابی خسارات وارده بر کاربری‌های مختلف، پهنه سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف که حاوی اطلاعات عمق آب می‌باشد از شبیه‌ساز HEC-RAS به صورت فایل RASTER به نرم‌افزار ArcGIS انتقال داده شد. با توجه به قابلیت‌های GIS، اطلاعات ارتفاع عمق آب در تمامی پیکسل‌های تحت تأثیر قابل استخراج می‌باشد. با همپوشانی نقشه‌های کاربری اراضی با نقشه‌های رستری، پهنه‌بندی دوره بازگشت‌های مختلف کاربری‌های زیر آب رفته مشخص شد. سپس خسارت‌های وارده بر کاربری‌های زیر آب رفته (مسکونی و کشاورزی) با توجه به ارزش هر کاربری محاسبه شده است.



شکل ۲- معادله درصد خسارت برای نوع ساختمان و محتوای آن‌ها در ارتباط با عمق آب (سازمان بیمه فدرال آمریکا)

جدول ۴- درصد خسارت برای گیاهان زراعی و نوع ساختمان و محتوای آن‌ها در ارتباط با عمق آب کشاورزی و مسکونی (سازمان بیمه فدرال آمریکا). نشریه ۱۶۴ نون وزارت نیرو

درصد خسارت برای عمق‌های مختلف		ماه	نوع محصول	نوع کاربری
X>0.6	X<0.6			
۱۰	۷	مارس	گندم	کشاورزی
۴۱	۲۷	آوریل		
۶۱	۳۹	می		
۲۷	۴۸	جون		
۳۶	۲۱	جولای		
۹	۵	اوت		
۷	۴	سپتامبر		
۹	۵	اکتبر		
۷	۵	نوامبر		
۱	۱	آوریل	ذرت	
۸	۶	می		
۴۱	۲۸	جون		
۵۶	۲۱	جولای		
۲۶	۸	اوت		
۱۸	۳	سپتامبر		
۱۴	۲	اکتبر		
۳	---	نوامبر		
۳۵	۲۲	آوریل	جو	



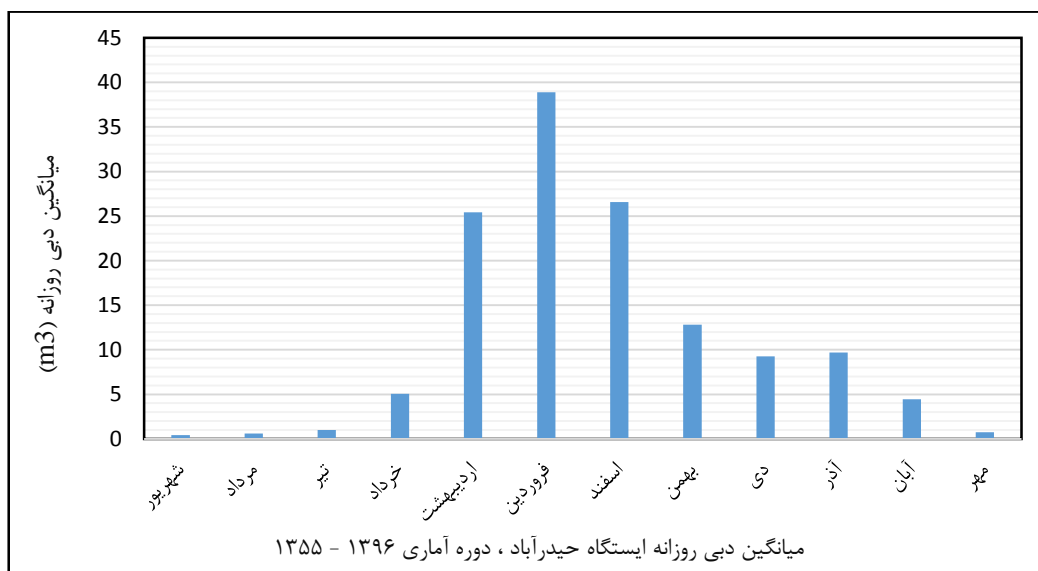
درصد خسارت برای عمق‌های مختلف	ماه	نوع محصول	نوع کاربری
۱۹	می		
۳۵	جون		
۳۰	جولای		

جدول ۵- ارزش پیکسل‌های محاسبه شده در کاربری کشاورزی و مسکونی

ارزش محتویات (میلیون تومان)	ارزش ساختمان (به میلیون تومان)	متوسط مساحت زیر بنا (مساحت هر پیکسل) مترمربع	نوع کاربری
۳۰	۴۳	۴۰۰	مسکونی
	ارزش هر پیکس به تومان		کشاورزی
	۳۶۰۰۰۰	گندم	
	۴۸۰۰۰۰	ذرت	
	۲۰۰۰۰۰	جو	

جدول ۶- میانگین دبی روزانه ایستگاه حیدرآباد در دوره آماری ۱۳۵۵ - ۱۳۹۶.

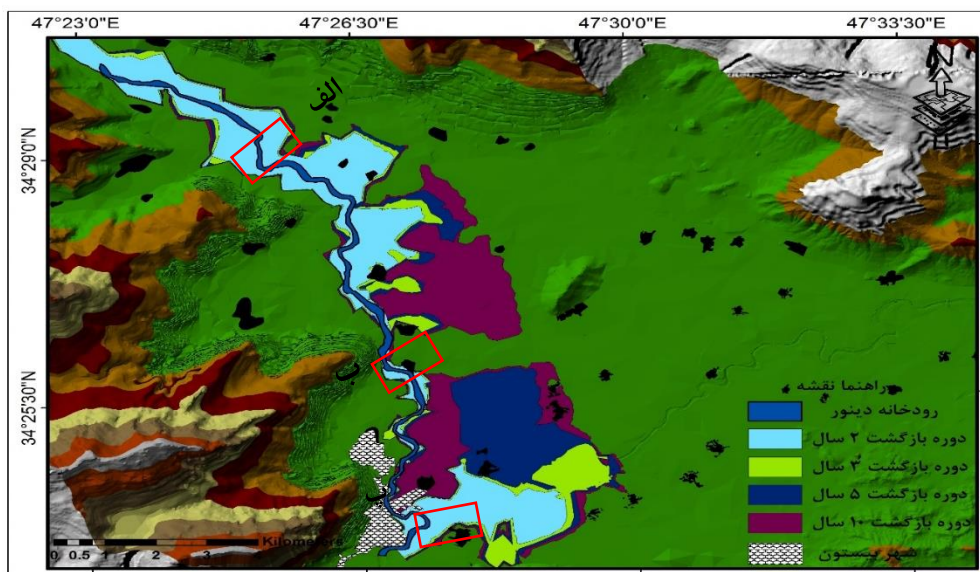
سال	شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	اسفند	بهمن	دی	آذر	آبان	مهر
۱۳۹۶ - ۱۳۵۵	۰/۴۲	۰/۶۱	۱/۰۱	۵/۰۷	۲۵/۴۱	۳۸/۸۹	۲۶/۵۷	۱۲/۸۳	۹/۲۴	۹/۶۸	۴/۴۴	۰/۶۷



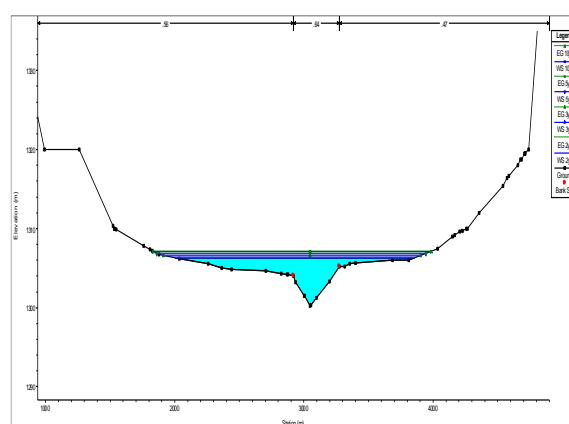
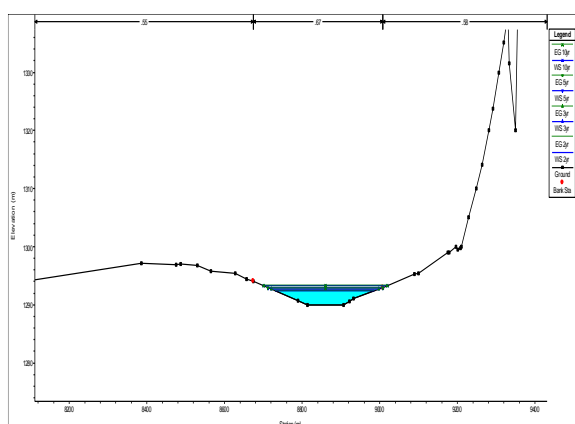
شکل ۳- میانگین دبی ماهیانه ایستگاه حیدرآباد حوضه آبریز دینور

## ۳- نتایج و بحث

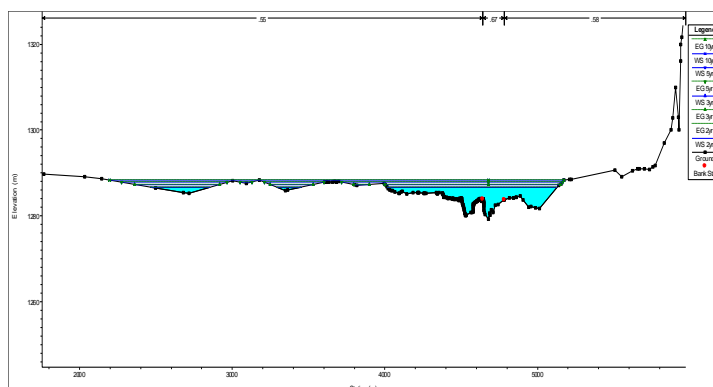
شبیه‌سازی جریان‌های پایدار با استفاده از نرم‌افزار HEC-RAS در طول رودخانه دینور با طول ۲۰ کیلومتر از حدود سد انحرافی نازلیان تا محدود شهر بیستون در استان کرمانشاه شبیه‌سازی شده است. رودخانه دینور در بازه مورد مطالعه دارای ضریب انحنای ۱/۴۳ بوده است و از نظر الگوی، دارای الگوی سینوسی می‌باشد. شیب رودخانه ۰,۱۱۸ درصد بوده است که در داخل دشت چمچمال جریان پیدا کرده است. واحد دشت دارای رسوبات منفصلی با شیب کمتر از ۸٪ دیده می‌شود که بر روی سازندهای قدیمی قرار می‌گیرد و تمام زمین‌های اطراف رودخانه دینور دارای کاربری کشاورزی (اغلب گندم، ذرت) بوده است. جنس رسوبات کف بستر رودخانه از واحدهای سنگی شیلی و مارن تشکیل شده است، در منطقه مورد بحث دشت آبرفتی و بعضی از واریزه‌های ریزدانه نیز دیده می‌شود که باعث ایجاد مجموعه‌های ریزدانه می‌گردد و محل استفاده آن‌ها در سدهای خاکی استفاده می‌شود و در سمت راست رودخانه ارتفاعات کوهستانی پراو قرار داشته است. این واحد دارای شیب بیش از ۲۵٪ و اختلاف ارتفاع نسبی بالاتر از ۵۰۰ متر است. این مناطق کوهستانی با دامنه موافق یکنواخت که با توجه به جنس سخت سنگی آن میزان فرسایش کم بوده و دارای رخنمون سنگی تقریباً یکنواخت می‌باشد. ایستگاه حیدرآباد، بر روی مرز خروجی محدوده آبریز دینور بر روی رودخانه دینور قرار داشته و دبی حداکثر لحظه‌ای در دوره بازگشت‌های ۲، ۳، ۵، ۱۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ سال از آن استخراج گردیده است (جدول ۳). شبیه‌سازی سیل در دوره بازگشت‌های مختلف برای منطقه مورد مطالعه محاسبه شده است. پهنه سیلاب در دوره بازگشت‌های ۲، ۳، ۵ و ۱۰ سال دارای آهنگ ملایمی بوده است اما در دوره بازگشت‌های ۲۵ سال به بعد دارای آهنگ نسبتاً سریعی بوده است (شکل ۴ و ۵). در قسمت پایین‌تر رودخانه دینور به علت شیب کمتر، پهنه سیلاب گسترده‌تر شده است و تعدادی از مراکز روستایی در دوره بازگشت‌های ۵ و ۱۰ سال در معرض مخاطره سیل قرار گرفته‌اند. در دوره بازگشت ۵ به‌طور متوسط به ترتیب در ساحل سمت راست پهنه گسترش سیلاب ۲۰۰ تا ۵۰۰ و ساحل سمت چپ ۸۰۰ تا ۱۰۰۰ متر گسترش پیدا کرده است و در دوره بازگشت ۱۰ سال ۵۰۰ تا ۸۰۰ متر در ساحل سمت راست و ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ متر در ساحل سمت چپ پهنه سیلاب گسترش داشته است (شکل ۴ و ۵).



شکل ۴- نقشه پهنه‌بندی سیلاب رودخانه دینور در دوره بازگشت ۲ و ۳ و ۵ و ۱۰



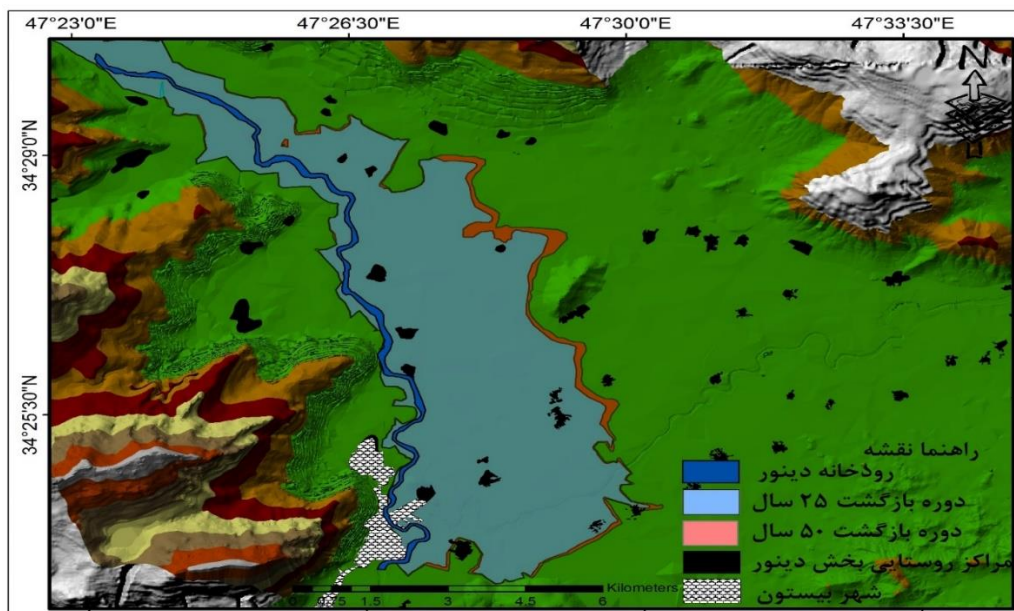
الف: حد گسترش سیلاب در کرانه‌های چپ و راست در دوره بازگشت‌های ۲، ۳، ۵ و ۱۰ سال



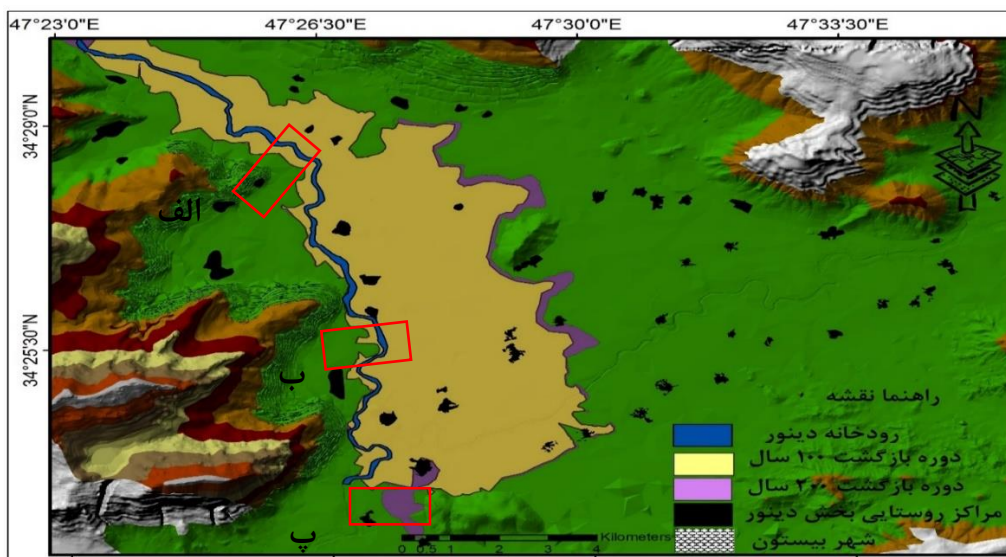
ب: حد گسترش سیلاب در کرانه‌های چپ و راست در دوره بازگشت‌های ۲، ۳، ۵ و ۱۰ سال

با توجه به تغییرات آب و هوایی مهم‌ترین دوره بازگشت، دوره بازگشت ۲۵ سال می‌باشد (پاراهی و همکاران، ۲۰۱۸). پهنه سیلاب در این دوره بازگشت نسبت به دوره بازگشت‌های قبل آهنگ گسترش سریعی داشته است. در ساحل سمت چپ حداکثر گسترش را داشته است و به بیش از ۲/۵ کیلومتر رسیده است و در دور بازگشت ۵۰ سال به حدود ۳ کیلومتر و در دوره بازگشت ۱۰۰ سال به ۳/۳ کیلومتر رسیده است (شکل ۵).

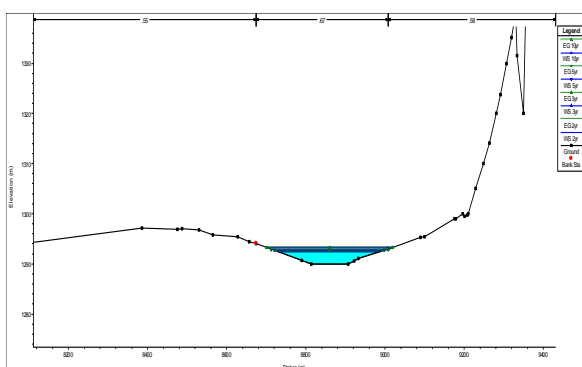
در ابتدای بازه مورد مطالعه، پهنه سیلاب به علت محدودیت توپوگرافی در دوره بازگشت‌های ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ سال آهنگ رشد کمتری داشته است و در این بخش سیلاب دارای بیشترین عمق بوده است. پهنه‌های گسترش سیلاب بسیار به هم نزدیک شده است. در این محدوده فرم کانال و دشت سیلابی به‌طور کامل تحت تأثیر نیمرخ عرضی دره قرار گرفته است و با توجه به توپوگرافی، گسترش عرضی زیادی نداشته و تفاوت دوره بازگشت‌های مختلف از طریق ارتفاع آب مشخص می‌شود (شکل ۵ و ۶). علاوه بر آن در ساحل سمت راست به علت محدودیت توپوگرافی (کوهستانی بودن) سیلاب گسترش چندانی نداشته است ولی در ساحل سمت چپ (با توجه به شیب دشت چمچمال) به حداکثر گسترش خود رسیده است. همچنین مساحت پهنه سیلاب در دوره بازگشت‌های ۲۵ سال معادل ۴۰/۳۴، ۵۰ سال معادل ۴۳/۵۱ و ۱۰۰ سال معادل ۴۴/۲۸ و ۲۰۰ سال معادل ۴۹/۱۶ کیلومترمربع بوده است. علاوه بر آن میزان عمق آب در دوره بازگشت‌های ۲۵ سال ۱۰، ۵۰ سال ۱۰/۳۰ و ۱۰۰ سال ۱۰/۸۶ و ۲۰۰ سال ۱۰/۹۸ متر بوده است. در دوره بازگشت‌های ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ سال اغلب مراکز روستایی و بخش شرقی شهر بیستون در معرض مخاطره سیلاب قرار گرفته‌اند (شکل ۵ و ۶).



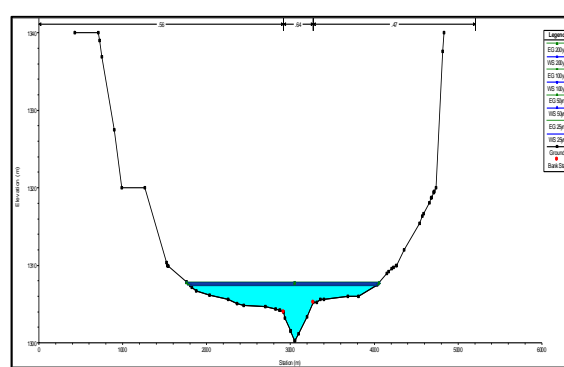
شکل ۵- نقشه پهنه‌بندی سیلاب رودخانه دینور در دوره بازگشت ۲۵ و ۵۰ سال



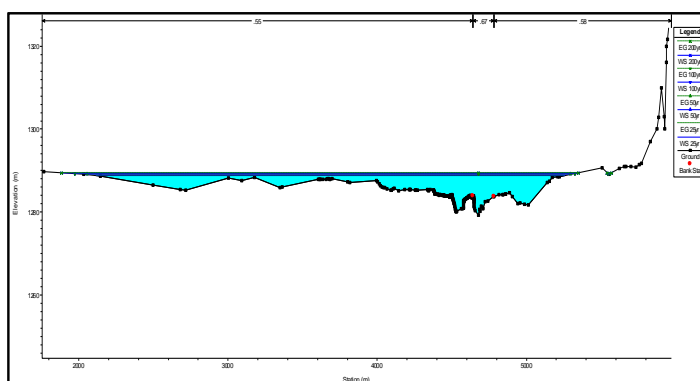
شکل ۶- نقشه پهنه‌بندی سیلاب رودخانه دینور در دوره بازگشت ۲۰۰ و ۱۰۰



ب: حد گسترش سیلاب در کرانه‌های چپ و راست در دوره بازگشت‌ها، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ سال



الف: حد گسترش سیلاب در کرانه‌های چپ و راست در دوره بازگشت‌های ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ سال



پ: حد گسترش سیلاب در کرانه‌های چپ و راست در دوره بازگشت‌های ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰

جدول ۷- مساحت پهنه گسترش سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف

پهنه سیلاب	مساحت
۲ سال	۱۶۷۱
۳ سال	۱۸۹۱
۵ سال	۲۵/۵۹
۱۰ سال	۳۷/۵۱
۲۵ سال	۴۰/۳۴
۵۰ سال	۴۳/۵۱
۱۰۰ سال	۴۴/۲۸
۲۰۰ سال	۴۹/۱۶

## ۴- برآورد خسارت

با توجه به اینکه رودخانه دینور از داخل منطقه روستایی عبور می‌نماید، زمین‌های اطراف رودخانه اغلب کاربری‌های مختلف از جمله دارای کاربری کشاورزی - مسکونی بوده است و با توجه به اطلاعات مربوط به کاربری ساختمانی و کشاورزی که از طریق پرسش‌نامه گروه‌های خسارت (بخش کشاورزی و مسکونی) در منطقه به دست آمده است و نیز اطلاعات دیگر شامل فایل رستر عمق آب دوره بازگشت‌های مختلف منطقه تحت تأثیر سیلاب و با کمک منحنی تابع عمق و خسارت، میزان خسارت در بخش کشاورزی و مسکونی محاسبه شده است. نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که با توجه به اینکه کشت غالب منطقه شامل گندم (۷۰ درصد)، ذرت (۲۰ درصد) و جو (۱۰ درصد) است، میزان خسارت در سه دوره بازگشت ۲۵ سال، ۵۰ سال و ۱۰۰ سال محاسبه گردید (جداول ۸ و ۹ و ۱۰).

برای برآورد خسارت وارده به ساختمان‌ها با استفاده از نمودار خسارت بی بعد وارده به کاربری‌های مختلف، بیشترین میزان خسارت مربوط به بخش خسارت ساختمان رخ داده است و علاوه بر آن با توجه به نتایج میزان خسارت سیلاب ۱۰۰ ساله نسبت به ۲۵ ساله، در حدود ۷۰ درصد و نسبت به ۵۰ ساله متوسط ۸۵ درصد بیشتر بوده است. میزان خسارت‌های برآورد شده به تفکیک در جداول ۸، ۹ و ۱۰ نشان داده شده است (شکل ۷ و ۸).

جدول ۸- میزان خسارت محاسبه شده اراضی سیل گرفته و خسارت کل در ارتباط با احتمال سیل در دوره

بازگشت ۲۵ سال رودخانه دینور

دوره بازگشت		خسارت وارد شده در سیل با دوره بازگشت ۲۵ سال به (میلیون تومان)								
ماه		مارس	آوریل	می	جون	جولای	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر
کشاورزی	گندم	۲۰۲۱/۴	۸۲۰۷/۳	۱۲۱۵۵	۱۴۴۴۰	۷۰۷۷/۸	---	---	---	۱۴۱۹/۷
	ذرت		۸۲/۴	۶۲۲/۵	۳۱۳۹	۳۹۶۶	---	---	---	۱۹۱/۵
	جو	۰	۵۶۷	۳۱۰/۶	۵۷۲/۴	۴۸۹	---	---	---	۰
مسکونی	خسارت ساختمان	۱۲۷۶۴/۷								
	خسارت محتوا	۱۰۸۴۶/۸								
مجموع		۲۵۶۳۳	۳۲۴۶۸/۶	۳۶۷۰۰	۴۱۷۶۳	۳۵۱۴۵	۲۳۶۱۱	۲۳۶۱۱	۲۳۶۱۱	۲۵۲۲۲

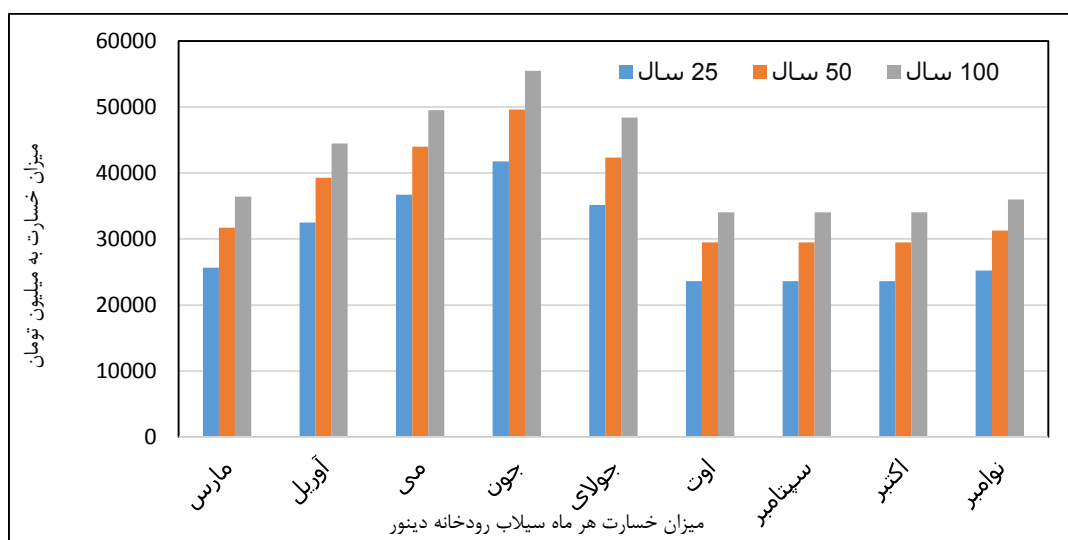
جدول ۹- میزان خسارت محاسبه شده اراضی سیل گرفته و خسارت کل در ارتباط با احتمال سیل در دوره

بازگشت ۵۰ سال رودخانه دینور

دوره بازگشت		خسارت وارد شده در سیل با دوره بازگشت ۵۰ سال به (میلیون تومان)								
ماه		مارس	آوریل	می	جون	جولای	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر
کشاورزی	گندم	۲۲۳۵	۹۰۸۵	۱۳۴۶۰	۱۵۹۸۲	۷۸۴۶	---	---	---	۱۵۶۹/۹
	ذرت	--	۹۰/۷	۶۹۰	۳۴۸۹	۴۴۶۰	---	---	---	۲۱۹
	جو	--	۶۲۴	۳۴۱/۸	۶۲۹/۷	۵۳۸	---	---	---	۰
مسکونی	خسارت ساختمان	۱۵۶۲۶/۹								
	خسارت محتوا	۱۳۸۶۷/۴								
مجموع		۳۱۷۳۱	۳۹۲۹۵	۴۳۹۸۷/۹	۴۹۵۹۷	۴۲۳۴۰/۹	۲۹۴۹۵	۲۹۴۹۵	۲۹۴۹۵	۳۱۲۸۴

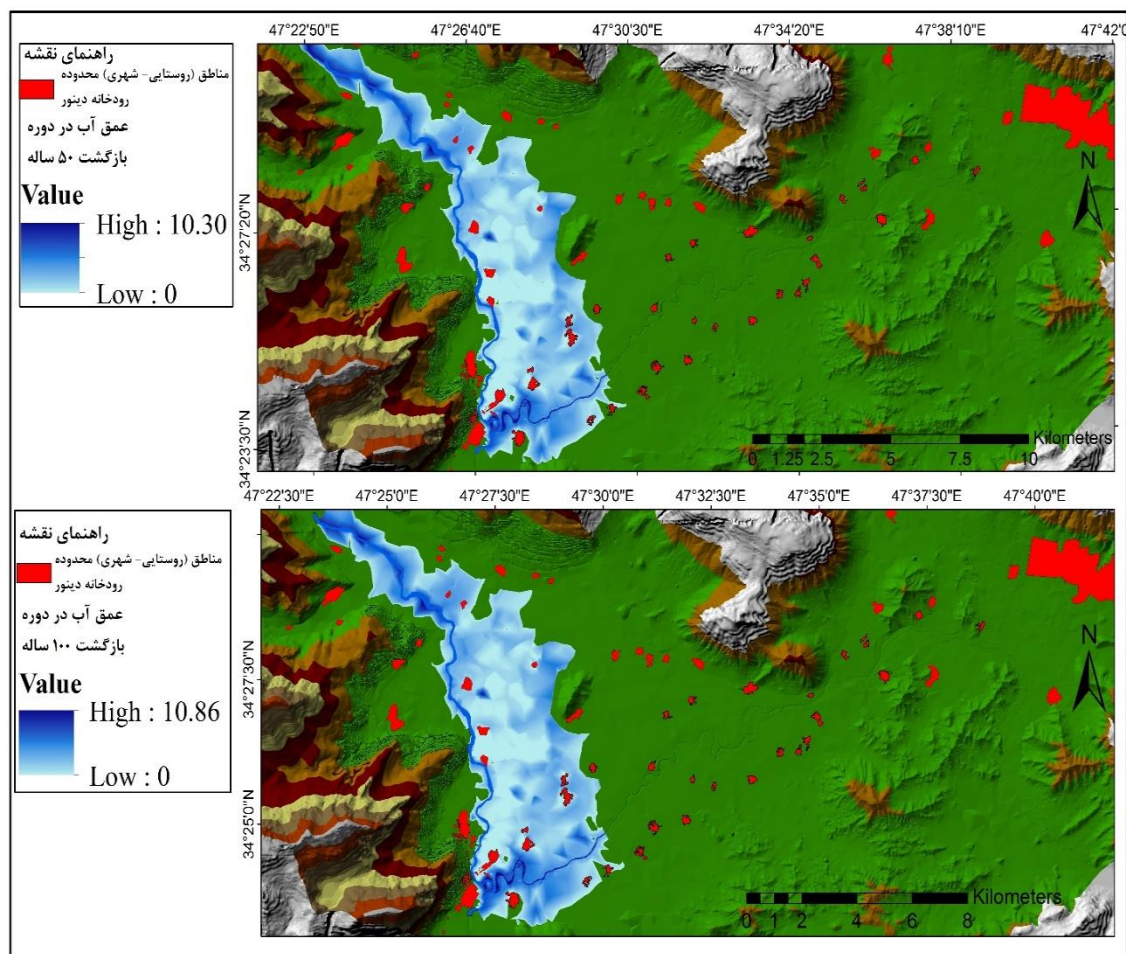
جدول ۱۰- میزان خسارت محاسبه شده اراضی سیل گرفته و خسارت کل در ارتباط با احتمال سیل در دوره بازگشت ۱۰۰ سال رودخانه دینور

دوره بازگشت		خسارت وارد شده در سیل با دوره بازگشت ۱۰۰ سال به (میلیون تومان)								
ماه		مارس	آوریل	می	جون	جولای	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر
کشاورزی	گندم	۲۳۸۰	۹۶۷۸	۱۴۳۴۳/۹	۱۷۰۲۳	۸۳۷۰/۴	-----	-----	-----	۱۶۷۰/۷
	ذرت	-----	۹۶	۷۳۶/۶	۷۳۳۱/۳	۵۳۸۰/۵	-----	-----	-----	۲۴۰/۲
	جو	-----	۶۶۰/۵۱	۳۶۱/۸	۶۶۶/۶	۵۶۹/۶	-----	-----	-----	۰
مسکونی	خسارت ساختمان	۱۷۵۹۹/۹								
	خسارت محتوا	۱۶۴۵۱/۷								
مجموع		۳۶۴۳۱/۷	۴۴۴۸۶/۳	۴۹۴۹۴	۵۵۴۷۲/۸	۴۸۳۷۲/۴	۳۴۰۵۱/۷	۳۴۰۵۱/۷	۳۴۰۵۱/۷	۳۵۹۶۲/۶



شکل ۷- توزیع میزان خسارت وارده شده در ماه‌های مختلف (دوره بازگشت ۲۵ و ۵۰ و ۱۰۰ سال)





شکل ۸- نقشه عمق آب در دوره بازگشت ۵۰ سال و ۱۰۰ سال رودخانه دینور

#### ۵- نتیجه‌گیری

خطرات ناشی از سیل می‌تواند عواقب چشمگیری را از نظر خسارات دارایی‌ها به دنبال داشته باشد. عوامل تشدید کنندهٔ مخاطرهٔ سیل می‌توانند به توپوگرافی چشم‌انداز یا فعالیت‌های انسانی مانند شهرنشینی و کشاورزی مرتبط باشند. این پژوهش با هدف ایجاد یک مدل هیدرولیکی بر اساس معادلات جریان پایدار و محاسبه پهنه سیلاب در منطقه حوضه آبریز دینور انجام شده است. ویژگی‌های محیط طبیعی، مانند ریخت‌شناسی و توپوگرافی و کاربری به‌عنوان عواملی تعیین‌کننده در مخاطره سیل در نظر گرفته می‌شود که ذاتاً روند، مکانیسم و انتشار جریان سیل را کنترل می‌کند. در یک سرزمین هموار مانند دشت چمچمال دینور سیل در دوره بازگشت ۲۵ و بالاتر تقریباً کل منطقه دشت را پوشانده است. همچنین عمق سیلاب در جایی که کانال عمیق و دامنه‌ها شیب‌دار باشد و زبری مانینگ کم است، زیاد است. این متغیرها در حالی در قسمت بالادست جریان بیشتر و در قسمت پایین‌دست جریان کمتر می-

شود و در مقابل پهنه سیلاب در پایین دست گسترده تر می شود. پهنه سیلاب در دوره های بازگشت ۲۵ سال، ۵۰ سال و ۱۰۰ سال اغلب مناطق وسیعی از دشت چمچمال دینور را در بر گرفته است. نتایج این پژوهش با نتایج سایر محققان از جمله مختاری و همکاران (۱۳۹۶)، پناهی و همکاران (۱۳۹۸)، روستایی و همکاران (۱۳۹۹) و همچنین مهرورز و همکاران (۱۳۹۹) مطابقت دارد. در تمامی این پژوهش ها، پهنه های سیلاب محاسبه و میزان خسارت حاصل از مخاطره سیلاب محاسبه شده است از نظر خسارت، سیل با دوره بازگشت ۲۵ سال یک سیل مبنای نظر گرفته می شود که خسارت قابل توجهی نشان می دهد؛ زیرا تمام مزارع زراعی را تحت کنترل قرار می دهد؛ ولی سیل در دوره بازگشت های کمتر قسمت هایی از مزارع را تحت تأثیر قرار می دهد، اما قابل کنترل است، در حالی که سیل های ۲۵ و ۵۰ و ۱۰۰ ساله بسیاری از مراکز روستایی و مزارع را کامل تحت مخاطره قرار داده است. علاوه بر آن با توجه به نتایج، میزان خسارت سیلاب ۱۰۰ ساله نسبت به ۲۵ ساله، در حدود ۷۰ درصد و نسبت به ۵۰ ساله متوسط ۸۵ درصد بیشتر بوده است که لزوم برنامه ریزی جهت مدیریت و کنترل سیلاب ضرورت دارد. مهم ترین اقدامات در رودخانه ها، جهت کنترل سیلاب می تواند استفاده از کاربری مناسب در پهنه سیلاب باشد در ایران مالکیت حد بستر (دوره بازگشت ۲۵ ساله) در اختیار حکومت جمهوری اسلامی است و طبق مقررات این آیین نامه ها تعیین این حدود توسط وزارت نیرو و یا شرکت های آب منطقه ای تعیین می گردد. در آیین نامه های ایران کاربری (حد بستر، دوره بازگشت ۲۵ ساله)، مشروط به آنکه همراه با سکونت یا توقف روزانه شهروندان نباشد در اراضی (حد بستر) مجاز است: استفاده های کشاورزی نظیر غلات سبزیجات، علوفه و هرگونه کشت زراعی که مانعی در مقابل جریان نماید و خسارت به آن ها از نظر اقتصادی بالا نباشد و علاوه بر آن استفاده صنعتی و تجاری و غیرسازه ای نظیر پارکینگ موقت و سکوی تخلیه بار مشروط به اینکه مانع در مقابل جریان ایجاد ننماید و ایجاد سازه های متقاطع رودخانه نظیر سدهای انحرافی و اسکله برای مهار سیلاب، از جمله راه کارهایی می باشد که می تواند منجر به کاهش خسارات ناشی از سیلاب گردد.

#### کتابنامه

- پناهی، رؤیا؛ حسین زاده، محمد مهدی؛ خالقی، سمیه؛ ۱۳۹۸. پهنه بندی مخاطره سیلاب در راستای تعیین حریم رودخانه ها (مطالعه موردی: رودخانه گاماسیاب). *مجله اکو هیدرولوژی*. دوره ۶. شماره ۲. صص ۵۵۳ - ۵۶۷.
- حجازی، اسدالله؛ خدایی قشلاق، فاطمه؛ خدایی قشلاق، لیلی؛ ۱۳۹۸. پهنه بندی خطر وقوع سیلاب در حوضه آبریز ورکش با استفاده از مدل HEC-RAS و الحاقیه HEC-GEO-RAS. *نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*. سال نوزدهم. شماره ۳. صص ۱۳۷ - ۱۵۵.

- رضایی مقدم، محمدحسین؛ یاسی، مهدی؛ نیکجو، محمدرضا؛ رحیمی، مسعود؛ ۱۳۹۷؛ پهنه‌بندی و تحلیل مورفولوژیکی سیلاب رودخانه با استفاده از (RAS-HEC) (از روستای پیرازمیان تا تلاقی رودخانه اهر چای). *جغرافیا و مخاطرات محیطی*. دوره هفتم. شماره ۲۵. صص ۱-۱۵.
- روستایی، شهرام؛ ایاسه، فریبا؛ رضایی مقدم، محمدحسین؛ ۱۳۹۹. شبیه‌سازی دو بعدی سیلاب رودخانه ليقوان با تأکید بر دشت سیلابی. *پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی*. سال نهم. شماره ۱. صص ۴۱-۲۸.
- شفیعی، خسرو؛ عبادتی، ناصر؛ ۱۳۹۹. پهنه‌بندی سیلاب و شبیه‌سازی رفتار هیدرولیک رودخانه با استفاده از نرم‌افزار HEC-RAS (مطالعه موردی رودخانه مارون - جنوب غرب ایران). *مجله اکوهیدرولوژی*. دوره ۷. شماره ۲. صص ۳۹۷-۴۰۹.
- گنجی نوروزی، زهرا؛ شکوهی، علیرضا؛ پی‌سینگ، ویجی؛ ۱۳۹۵. محاسبه عدم قطعیت تابع دبی احتمال در برآورد ریسک خسارت کشاورزی ناشی از سیل با استفاده از روش مونت‌کارلو. *تحقیقات منابع آب ایران*. سال دوازدهم. شماره ۲. صص ۱۳-۲۳.
- مختاری، فهیمه؛ سلطانی، سعید؛ موسوی، سید علیرضا؛ ۱۳۹۶. شناسایی مناطق در معرض سیل و ارزیابی خسارات ناشی از آن با استفاده از مدل HEC-FIA، (مطالعه موردی حوضه آبخیز قمصر). *مجله پژوهش‌های آب ایران*. شماره ۲۷. صص ۸۴-۷۳.
- معاونت امور آب و آفا، دفتر استانداردها و طرح‌های آب و آفا؛ ۱۳۹۵. بررسی خسارت سیلاب نشریه شماره ۱۶۴ *نون وزارت نیرو*. انتشارات وزارت نیرو.
- مهرورز، ارسلان؛ مددی، عقیل؛ اسفندیاری درآباد، فریبا؛ رحیمی، مسعود؛ ۱۳۹۹. شبیه‌سازی سیلاب‌های رودخانه دره آئورت با استفاده از مدل هیدرولیکی HEC-RAS در محیط GIS (محدوده مورد مطالعه: از روستای شورستان تا تلاقی رودخانه ارس). *پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی*. سال هشتم. شماره ۴. صص ۱۴۶-۱۳۱.
- Anees, M.T., Abdullah, K., Nawawi, M. N. M., Rahman, N. N. A., Piah, A. R. M., Zakaria, N., Syakir, M.I and Omar, A. K ., 2016. Numerical modeling techniques for flood analysis, *Journal of African Earth Sciences* 124: 478-486.
- Bélangier, B., Biron, T.h., Pascale, M., Larocque, M., Sylvio, D., Taylor, O., Guénoilé, C.h., Cloutier, M.A., Desjarlais, C.A., 2015. Freedom space for rivers: An economically viable river management concept in a changing climate. *Geomorphology* 251: 137-148.
- Brunner, G. W., 2001. HEC-RAS River Analysis System: User's Manual. US Army Corps of Engineers, Institute for Water Resources, Hydrologic Engineering Center.
- COON, W. F., 1996. Estimates of Roughness Coefficients for Selected Natural Stream Channels with Vegetated Banks in New York. U.S. DEPARTMENT OF THE INTERIOR BRUCE BABBITT, Secretary.
- Dutta, D., Teng, J., Vaze, J., Lerat, J., and Marvanek, S., .2013. Storage-based approaches to build floodplain inundation modelling capability in river system models for water resources planning and accounting. *Journal of Hydrology* 504 (11): 12-28.

- Geravand, F., Mossa Hosseinia, S., and Ataie-Ashtiani, B., 2020. Influence of river cross-section data resolution on flood inundation modeling: Case study of Kashkan river basin in western Iran. *Journal of Hydrology* 584: 124743
- Hadad, A., Remini, B., Remaoun, M., 2014. Numerical modelling of solid transport caused by an extreme flood: case of the Hamiz dam failure (Algeria). *Journal of King Saud University - Engineering Sciences* 29(3): 221-236.
- Hopkins, M. C., and Dawers, N. H., 2015. Changes in bedrock channel morphology driven by displacement rate increase during normal fault interaction and linkage. *Basin Research* 27 (1): 43-59.
- Khalfallah, C. B., 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.
- Nkwunonwo, U. C., Malcolm, W., and Brian, B., 2015. Flooding and flood risk reduction in Nigeria: cardinal gaps, *Journal of Geography and Natural Disasters* 5(5): 136-145
- Parhi, P.K., 2018. Flood Management in Mahanadi Basin using HEC-RAS and Gumbel's Extreme Value Distribution. *Journal of The Institution of Engineers (India): Series A* 99(4): 751-755.
- Quiroga, m., kure, s., and mano, a., 2016. Application of 2D numerical simulation for the analysis of the February 2014 Bolivian Amazonia flood: Application of the new HEC-RAS version 5. *RIBAGUA – Revista Iberoamericana del Agua* 3(1): 25-33
- Rahmani, R. A., Mohammadi, M., and Danandeh Mehr, A., 2020. Climate change impacts on floodway and floodway fringe: a case study in Shahrchay River Basin, Iran. *Arabian Journal of Geosciences* 494: 1-13.
- Samela, C., Troy, T., and Manfreda, S., 2017. Geomorphic classifiers for flood-prone areas delineation for data-scarce environments. *Journal of the Advances in Water Resources* 102 : 13-28.
- Sanchez, F. J., and Roman, S., 2007. *Manual Introductorio a HEC-RAS*. Departamento de Geología, Universidad, Salamanca, España. (Accessed 12 December 2017).
- Shelley, J., Gibson, S., and Williams, A., 2015. Unsteady flow and sediment modeling in a large reservoir using HEC-RAS 5.0. In: *Federal Interagency Sediment Conference*.
- Shokri, A., Sabzevari, S., and Hashemi, S. A., 2020. Impacts of flood on health of Iranian population: Infectious diseases with an emphasis on parasitic infections. *Parasite Epidemiology and Control* 9: e00144.
- Yerramilli, S. A., 2012. Hybrid Approach of Integrating HEC-RAS and GIS Towards the Identification and Assessment of Flood Risk Vulnerability in the City of Jackson, MS. *American Journal of Geographic Information System* 1(1): 7-16.
- Zelenakova, M., Fijko, R., Labant, S., Weiss, E., Markovic, G., and Weiss, R., 2019. Flood risk modelling of the Slatvinec stream in Kru \_ zlov village, Slovakia. *Journal of Cleaner Production*. *Journal of Cleaner Production* 212:109-118.