



Estimation of Dinevar River flood risk using Australian standard method

Roya panahi^{a*}, Mohammad Mahdi Hosseinzadeh^b

^a Ph.D in Geomorphology, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

^b Associate Professor in Geomorphology, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

Received: 26 July 2023

Revised: 11 September 2023

Accepted: 28 September 2023

Abstract

Floods are among the greatest threats to social security and the sustainable development of society. They can cause widespread devastation, resulting in loss of life and significant damage to personal property and critical public infrastructure. The purpose of this research is to zone and estimate the flood risk of the Dinevar River using the Australian Standard Method.

Flood simulation was conducted using the HEC-RAS (version 6.1) one-dimensional hydrodynamic model. Geometric data were processed in GIS using the HEC-GeoRAS extension. The peak discharge for different return periods was calculated using HyfranPlus software and the Gamma distribution. After modeling and extracting flow parameters (velocity and depth), flood risk zoning was performed based on the Australian Standard Method, which uses the product of two parameters: depth and flow velocity ($D \times V$).

According to the river's morphology, it was divided into three sections. The results of the model indicate that in the first section, the flood zone did not expand significantly. However, in the second and third sections, the flood covered extensive rural areas and agricultural lands during the return periods of 25, 50, and 100 years. The majority of the region falls within the H3 and H4 risk zones, highlighting the urgent need to prioritize flood management and risk reduction strategies in future planning efforts.

Keywords: flood Risk Zoning, HEC-RAS Model, Australian Standard Method, Hydrodynamic Simulation, Peak Discharge, Risk Management Strategies.

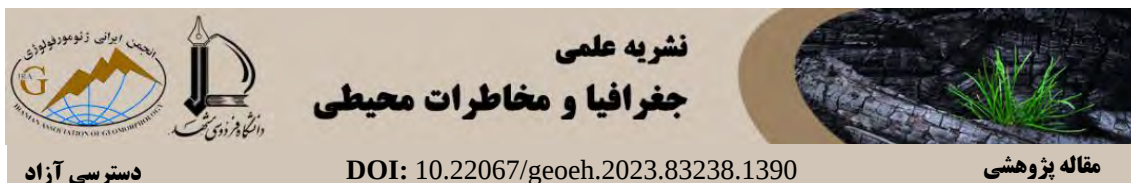
*.Corresponding author: Roya panahi

Email: r_panahi@sbu.ac.ir

Tel:+989187373702

How to cite this Article: Panahi, R., & Hosseinzadeh, M.M. (2024). Estimation of Dinevar River flood risk using Australian standard method. *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 13(3), 75-100.





نشریه علمی جغرافیا و مخاطرات محیطی

دسترسی آزاد

DOI: 10.22067/geoe.2023.83238.1390

مقاله پژوهشی

پهنه‌بندی خطر سیلاب رودخانه دینور با استفاده از روش استاندارد استرالیا

رؤیا پناهی^۱ - دکتری ژئومورفولوژی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

محمد مهدی حسین زاده - دانشیار دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۵/۴ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۶/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۷/۶

چکیده

سیل یکی از بزرگ‌ترین تهدیدها برای امنیت اجتماعی و توسعه پایدار جامعه است. سیل‌ها می‌توانند ویرانی‌های گسترده‌ای ایجاد کنند که منجر به تلفات جانی و خسارات به اموال شخصی و زیرساخت‌های حیاتی و بهداشت عمومی شود. هدف این پژوهش پهنه‌بندی و برآورد خطر سیلاب رودخانه دینور با استفاده از روش استاندارد استرالیا است. در مطالعه حاضر از مدل هیدرودینامیکی یک‌بعدی HEC-RAS نسخه (۶.۱) استفاده شده است و از طریق الحاقی HEC-GEORAS در محیط GIS پردازش داده‌های ژئومتری انجام شد. جهت برآورد دبی پیک لحظه‌ای با استفاده از نرم‌افزار Hyfran دبی پیک لحظه‌ای محاسبه و پهنه سیلاب با دوره بازگشت‌های مختلف شبیه‌سازی شده است. سپس در این مرحله پس از مدل‌سازی و استخراج پارامترهای جریان (سرعت و عمق)، با استفاده از روش استاندارد استرالیا که حاصل ضرب دو پارامتر عمق و سرعت جریان ($D \cdot V$) ناحیه بندی خطر سیلاب انجام گرفت. با توجه به مورفولوژی رودخانه دینور، به سه بازه تقسیم‌بندی شد نتایج حاصل از مدل نشان می‌دهد که در بازه اول پهنه سیلاب گسترش چندانی نداشته است؛ اما در بازه‌های دوم و سوم سیلاب در دوره بازگشت‌های ۲۵ و ۵۰ و ۱۰۰ سال بسیاری از مراکز روستایی از جمله روستاهای (قوزیوند، حیدرآباد، شهرک بیستون، کاشانتو، نادرآباد) و زمین‌های زراعی را در بر گرفته است و غالب منطقه در پهنه خطر H3 و H4 قرار دارد که ضرورت دارد مدیریت سیل و استراتژی کاهش خطر در اولویت برنامه‌ریزی‌ها قرار گیرد.

کلیدواژه‌ها: پهنه‌بندی خطر سیلاب، مدل HEC-RAS، روش استاندارد استرالیا، شبیه‌سازی هیدرودینامیکی، دبی اوج، راهکارهای مدیریت خطر.

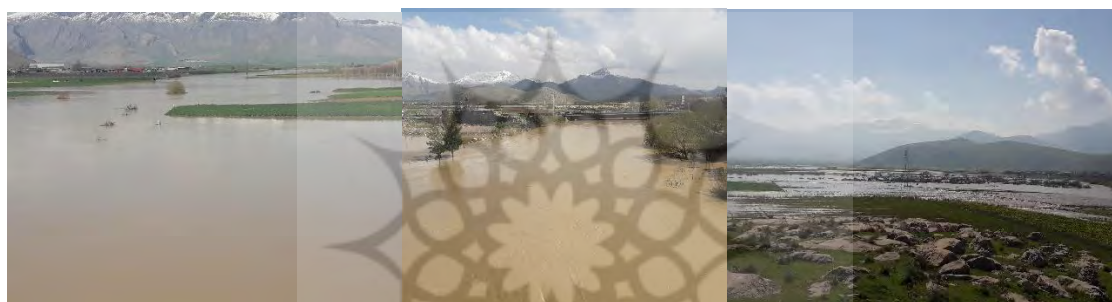
۱- مقدمه

سیل، گسترده‌ترین و پرتکرارترین بلای طبیعی در سراسر جهان است. این پدیده جهانی موجب خسارات مالی و جانی برای انسان‌ها شده است که به وسیله عوامل مختلفی، اعم از طبیعی و ساخته دست بشر، ایجاد می‌شوند این مخاطره ناشی از پیوند چندین عامل طبیعی و انسانی است (Avand, Kuriqi, Khazaei & Ghorbanzadeh, 2022). برخی از علل طبیعی سیل عبارتند از باران‌های شدید، مکرر و در مدت‌زمان کوتاه و ذوب شدن برف و یخ (Gudiyangada Nachappa et al., 2020)، و علل انسانی در حوضه رودخانه مانند رشد جمعیت و افزایش سکونتگاه‌های انسانی در حاشیه رودخانه‌ها و فعالیت‌های اقتصادی در دشت‌های کم ارتفاع و در نزدیکی رودخانه‌ها، جنگل‌زدایی خطر سیل و تلفات ناشی از سیل را چند برابر کرده است (Sharifi, Samadi & Wilson, 2012). علاوه بر آن تغییرات آب‌وهوایی و تغییرات سریع چشم‌انداز باعث تشدید وقوع سیل و شدت آن به‌ویژه در مناطق شهری شده است (Horritt & Bates, 2002). از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۹، سیل بیش از ۴۴٪ از کل بلایای طبیعی را تشکیل داده است و حدود ۱/۶۵ میلیارد نفر را تحت تأثیر قرار داد و باعث مرگ بیش از یک هزار نفر در سراسر جهان شده است (Jibhakate, Timbadiya & Patel, 2023). در آسیا، بیش از ۹۰ درصد از تلفات انسانی ناشی از بلایای طبیعی ناشی از حادثه سیل است (Parizi, Khojeh, Hosseini & Moghadam, 2022). در میان کشورهای آسیایی، در ایران به دلیل گستردگی وسیع و بارش شدید در اکثر حوضه‌ها روند مخاطره سیل روبه افزایش است علاوه بر آن ایران با توجه به ویژگی‌های هیدرولوژی و زمین‌شناسی، دارای ظرفیت بالایی در احتمال وقوع سیلاب و همچنین انتقال گل‌ولای و رسوب را دارد، به همین دلیل سیل‌ها غالباً خسارات گسترده‌ای را در ایران ایجاد می‌کنند (Modarres, Sarhadi & Burn, 2016). در ۱۹ مارس ۲۰۱۹ بارندگی شدید در ایران آغاز شد و تا آوریل ۲۰۱۹ ادامه داشت که منجر به جاری شدن سیل در ۳۱ استان ایران شد (www.ifrc.org, Shokri, Sabzevari & Hashemi, 2020). دفتر هماهنگی امور بشردوستانه سازمان ملل متحد گزارش داد که در اثر این بارش‌ها در حدود ۱۴۰ رودخانه ایران طغیان کرده است و استان‌های گلستان، ایلام، لرستان و خوزستان به‌شدت آسیب دیده‌اند. مناطق کشاورزی به‌شدت آسیب دید و در حدود ۱ میلیون هکتار از زمین‌های کشاورزی زیر آب رفت،

محصولات زراعی پیش از برداشت و دام‌های زیادی از بین رفتند (Shokri et al., 2020). طغیان و رانش زمین همچنین به ۸۷۰۰ مایل (یک‌سوم) جاده‌های ایران آسیب رساند و بیش از ۷۰۰ پل را به‌طور کامل تخریب کرد (Bozorgmehr, 2019). طی دهه گذشته، خسارات ناشی از سیل در ایران حدود ۲۵۰ درصد افزایش یافته است (Parizi et al., 2022). ارزیابی و مدیریت ریسک سیل یک اقدام مهم برای شناسایی احتمال خطر، مناطق مستعد سیل و کاهش حوادث احتمالی سیل است، بنابراین، مدل‌سازی احتمال خطر سیلاب جهت مدیریت دشت سیلابی و کاهش خطرات احتمالی ضرورت دارد. برای دهه‌ها تلاش مستمری برای درک، ارزیابی و پیش‌بینی رویدادهای سیل توسط محققان زیادی در سراسر جهان صورت گرفته است. محققان با وارد شدن GIS و تلفیق آن با مدل‌های عددی به مطالعه سیلاب پرداخته‌اند. اولین بار مجیا ناوارو و همکاران (Lyu, Shen, Zhou & Mejia-Navarro, Wohl & Oaks, 1994) GIS را در ارزیابی خطر سیل به کار گرفتند (Yang, 2019). همچنین شومان و همکاران (Schumann, Funke & Schultz, 2000) از سیستم اطلاعات جغرافیایی برای مفهومی کردن مدل‌سازی بارش رواناب استفاده کرده‌اند و بیان کرده‌اند که چگونه می‌توان توصیفات آماری از ویژگی‌های حوضه‌ها برای بررسی ناهمگونی فضایی در مدل‌های مفهومی مورد استفاده قرار گیرد. پس‌از آن مدل‌های یک‌بعدی و دوبعدی برای ارزیابی احتمال خطر سیلاب و تلفیق آن با GIS گسترش یافت. در میان مدل‌های عددی HEC-RAS¹ گسترده‌ترین مدل یک‌بعدی شبیه‌سازی احتمال خطر سیلاب می‌باشد که به‌وسیله بانر (Brunner, 2002) گسترش پیدا کرد و جریان‌های هیدرولیک را به‌صورت جریان‌های ماندگار و غیرماندگار، محاسبات انتقال رسوب و مدل‌های درجه حرارت را محاسبه کرده است. مطالعات متعددی با استفاده از نرم‌افزار HEC-RAS انجام شده است که شامل: شبیه‌سازی سیلاب (Echogdali et al., 2022; Salman et al., 2021; Jibhakate, et al., 2023; Haji Hosseinlou, Aghdam & Valizadeghan, 2024; Fang, Huang, Cai & Nitivattananon, 2022) مدل‌سازی انتقال رسوب و حمل بار معلق (Mondal, Bandyopadhyay & Paul, 2016) بوده است. امروزه در بسیاری از مطالعات علاوه بر شبیه‌سازی سیل به بررسی خطرپذیری سیل نیز پرداخته‌اند بسیاری از محققان با در نظر گرفتن تنها عمق سیل، با یک رویکرد تک متغیره به بررسی خطر سیل پرداخته‌اند (Baky, Islam &

1 Hydrologic Engineering Centre's River Analysis System

(Paul, 2020; Thapa, Shrestha, Lamichhane, Adhikari & Gautam, 2020) به‌کارگیری فاکتورهای سرعت جریان، مدت‌زمان و عمق سیل کامل‌ترین شاخص محاسبه خطر سیل است که به‌عنوان مبنایی برای تخمین سطح پایه ایمن برای ساخت‌وساز عمل می‌کند (Mani, Chatterjee & Kumar, 2014). همچنین محققانی با در نظر گرفتن دو پارامتر، حاصل‌ضرب عمق و سرعت ($d \times v$) نقشه مخاطره سیلاب را تهیه کرده‌اند (Mohanty et al., 2020). هدف اصلی این مطالعه پیش‌بینی سیلاب رودخانه دینور با مدل HEC-RAS و برآورد خطر سیلاب است به همین دلیل جهت مدیریت سیلاب رودخانه دینور و کاهش میزان خسارت مالی و جانی و استفاده درست از منابع آبی مطالعه سیلاب رودخانه دینور ضرورت دارد. (شکل ۱)



شکل ۱- سیلاب فروردین ۲۰۱۹ در محل خروجی حوضه دینور

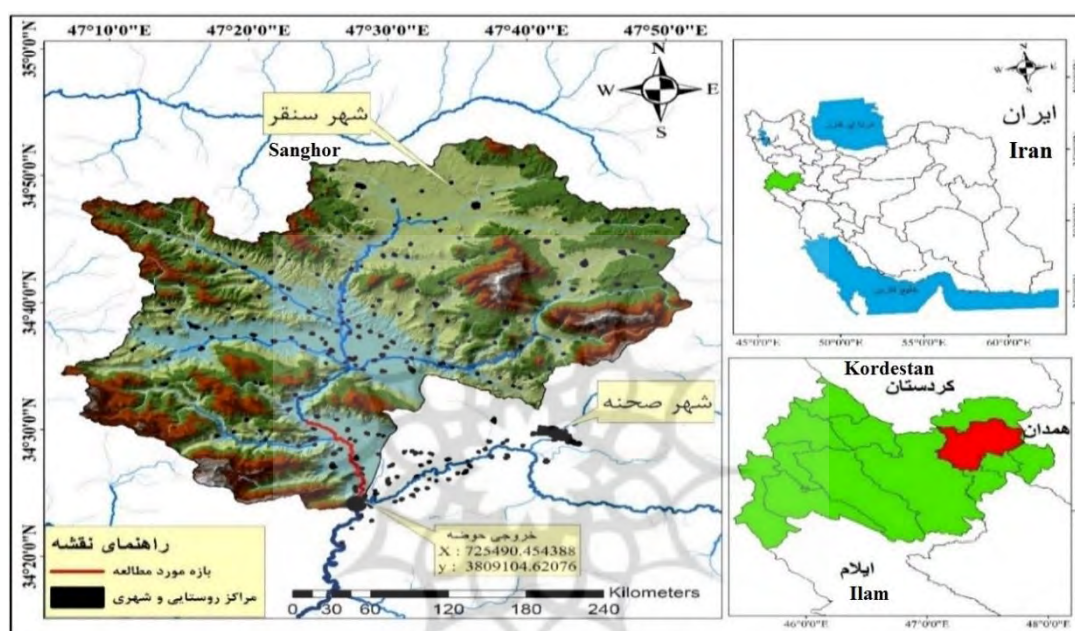
Fig.1. The flood of April 2019 at the outlet of the Dinevar watershed

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

حوضه رودخانه دینور دارای وسعت ۲۱۴۵ کیلومترمربع است. حوضه دینور بخشی از حوضه رودخانه گاماسیاب است که آب‌های سطحی شمال شرقی استان کرمانشاه را زهکشی می‌کند. حوضه مورد مطالعه بین $47^{\circ}51'$ تا $47^{\circ}51'$ طول شرقی و $34^{\circ}23'$ تا $34^{\circ}53'$ عرض شمالی واقع شده است. حداقل ارتفاع حوضه ۱۲۹۶ متر و حداکثر ارتفاع آن ۳۴۳۱ متر می‌باشد بنابراین ارتفاع حوضه دینور نسبتاً زیاد است. شیب متوسط منطقه در حدود ۱۵ درصد بوده است. این حوضه در زون ساختاری سنج- سیرجان واقع شده‌اند که از سنگ‌آهک کرتاسه با ویژگی‌های کارست توده‌ای در امتداد شاخه‌های گسل زاگرس، مانند گسل دینور و صحنه تشکیل داده است (Nayyeri, Kahrizi & Sanikhani, 2022). متوسط بارش این حوضه در حدود ۴۵۰ میلی‌متر است و بیشتر بارندگی (حدود ۶۵ درصد) در ماه آذر تا اسفند (زمستان) است و در ماه تیر تا شهریور

(تابستان) تقریباً بدون بارش است (Bazrafshan, Shekari, Zamani, Dehghanpir & Singh, 2021). متوسط درجه حرارت منطقه به ۱۴ درجه سانتی‌گراد می‌رسد. حوضه دارای آب‌وهوای مدیترانه‌ای با زمستان‌های خنک و مرطوب و تابستان‌های گرم و خشک است (Masih, Uhlenbrook, Maskey & Smakhtin, 2011). حداکثر متوسط آبدهی ماهانه بر اساس ایستگاه هیدرومتری حیدرآباد در خروجی حوضه مربوط به ماه فروردین با ۳۶/۳۵ مترمکعب بر ثانیه است (شکل ۲).



شکل ۲- نقشه موقعیت حوضه و رودخانه دینور در استان کرمانشاه و ایران

Fig.2. A map of the location of the Dinevar watershed and River in Kermanshah Province

۲-۲- روش مطالعه

به‌منظور انجام مطالعات تعیین حدود بستر و تهیه مدل رقومی ارتفاع منطقه، از نقشه ۱:۱۰۰۰ (منابع آب استان) که محدوده رودخانه و بخشی از دشت سیلابی را پوشش می‌دهد استفاده شده است و با نقشه ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری ایران^۱ تلفیق شده و مدل رقومی ارتفاع منطقه تهیه شده است (شکل ۳). ترسیم نقشه‌ها و تحلیل داده‌ها در محیط نرم‌افزار GIS و تهیه مدل هیدرولیکی در نرم‌افزار HEC-RAS (ورژن ۶.۱) ایجاد شده است. نرم‌افزار HEC-RAS در مدیریت دشت سیلابی و برآورد خسارت سیلاب به‌طور گسترده

¹ National Cartographic Center, Iran

مورد استفاده قرار می‌گیرد؛ این نرم‌افزار به صورت یک بعدی و دوبعدی و ترکیب شده^۱ در طول کانال‌های باز دشت سیلابی و مخروطه افکنه‌ها سیلاب را شبیه‌سازی می‌کند. 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^۲ 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 سیل 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 RA تمام اطلاعات ژئومتری رودخانه را با کمک لایه RAS (با فعال شدن Editor) تهیه می‌کند. لایه‌های RAS ویژگی‌های ژئومتری زمینی را با رقمی کردن لایه‌های مختلف و سپس بازیابی دوباره داده‌ها جمع‌بندی می‌کند (Yerramilli, 2012). 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. جهت محاسبه ضریب زبری مانینگ از روش کوان^۳ (۱۹۵۶) استفاده شده است (جدول ۱). در مرحله بعد جهت تعیین دوره بازگشت‌ها از دبی پیک لحظه‌ای ایستگاه حیدرآباد با دوره آماری ۳۸ ساله استفاده شده است با استفاده از نرم‌افزار Hyfrantplus بهترین توزیع آماری (گاما)، دبی پیک لحظه‌ای برای دوره بازگشت‌های ۲ تا ۱۰۰ ساله محاسبه شد (جدول ۲). برای محاسبه پروفیل‌های سطح آب از حالت

¹ Combined one/twodimensional

² Bank Lines

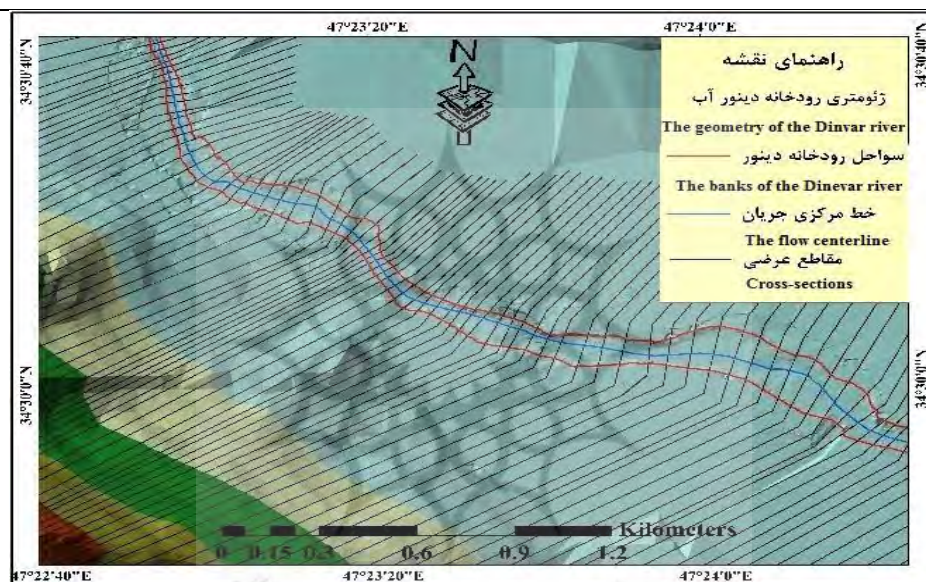
³ COON

جریان دائمی و رژیم جریان مختلط^۱ استفاده گردید و نتایج حاصل HEC-RAS به محیط GIS منتقل شده است و پهنه سیلاب در طول رودخانه دینور مدل سازی شد.

جدول ۱- مقدار ضریب زبری مانینگ مقاطع رودخانه دینور

Table1- The Manning's roughness coefficient values for the cross-sections of the Dinavar River

شماره بازه	مقاطع	ساحل چپ	کانال	ساحل راست
Reach number	Cross-section	Left bank	Channel	Right bank
1	17962-13900	0.069	0.067	0.069
2	13854-8827	0.065	0.064	0.068
3	8807-5684	0.069	0.067	0.069
4	5618-50	0.067	0.066	0.068



شکل ۳- بخشی از مقاطع عرضی رودخانه دینور

Fig.3. A portion of the cross sections of the Dinevar River

جدول ۲- مقادیر سیلاب m^3/s در دوره بازگشت های مختلف برای رودخانه دینور جهت استفاده در مدل

هیدرولیکی HEC-RAS

Table2- Flood values (m^3/s) in different return periods for Dinevar River for use in HEC-RAS hydraulic model

100	50	25	10	5	3	2	دوره بازگشت (سال) Return Period(yr)
421	371	321	251	195	152	112	ایستگاه هیدرومتری حیدرآباد Hydrometric station

¹ Mixed

۲-۳ - برآورد خطر سیل

در این مرحله پس از مدل‌سازی و تهیه پهنه‌های سیلاب، استخراج پارامترهای جریان از قبیل تغییرات سرعت و عمق جریان سیل برآورد خطر سیل بر اساس روش استاندارد استرالیا تهیه می‌شود.

الف- نقشه تغییرات عمق سیلاب: نقشه‌های عمق سیلاب (سطح تراز آب) یکی از ابزارهای پرکاربرد در تعیین میزان خطرات سیلاب و بیانگر میزان عمق جریان سیلاب در هر موقعیت از منطقه تحت تأثیر سیلاب است.

ب- نقشه سرعت جریان: بیانگر مقدار سرعت جریان در هر نقطه از یک منطقه و در محدوده پخش سیلاب می‌باشند. ترسیم این نقشه‌ها زمانی امکان‌پذیر خواهد بود که اطلاعات سرعت جریان در هر نقطه در اختیار باشد. این مسئله باید با انجام مدل‌سازی‌های یک‌بعدی و دوبعدی جریان سیلاب به دست آید. سطوح خطر بر اساس حاصل ضرب دو پارامتر سرعت و عمق جریان به شش دسته مختلف تقسیم شده است (Ministry of Energy, 2020). (جدول ۳ و ۴)

جدول ۳- تعریف سطوح مختلف خطر سیل بر اساس روش استاندارد استرالیا

منبع: راهنمای تهیه نقشه‌های خطرپذیری سیلاب وزارت نیرو

Table 3- Definition of different levels of flood risk based on the Australian standard method

Source: A guide for preparing flood risk maps

توضیحات Explanations	سطوح خطر سیل Flood hazard levels
عموماً امن برای وسایل نقلیه، مردم و ساختمان‌ها Generally safe for vehicles, people and buildings	H1
ناامن برای وسایل نقلیه کوچک Unsafe for small vehicles	H2
نا امن برای وسایل نقلیه، کودکان و سالمندان Unsafe for vehicles, children and the elderly	H3
ناامن برای وسایل نقلیه و همه مردم Unsafe for vehicles and all people	H4
نا امن برای وسایل نقلیه و همه مردم و امکان ایجاد خسارت سازه‌ای برای همه انواع ساختمان‌ها Unsafe for vehicles and all people and the possibility of causing structural damage to all types of buildings	H5
نا امن برای وسایل نقلیه و مردم، خطرناک برای همه نوع ساختمان Unsafe for vehicles and people. Dangerous for all types of buildings	H6

جدول ۴- مقادیر حدی خطر سیل براساس روش استاندارد استرالیا

Table 4- Flood risk limit values based on the Australian Standard Method

حد سرعت جریان Flow velocity limit(m/s)	حد عمق جریان Flow depth limit(m)	پارامتر Parameter (D*V)	سطوح خطر سیل Flood hazard levels
2	0.3	$D*V \leq 0.3$	H1
2	0.5	$D*V \leq 0.6$	H2
2	1.2	$D*V \leq 0.6$	H3
2	2	$D*V \leq 1$	H4
4	4	$D*V \leq 4$	H5
-	-	$D*V > 4$	H6

ضوابط تعریف شده در روش استاندارد کشور استرالیا در محیط Rasmapper از طرق گزینه map layers و با ایجاد یک calculated layer ساخته می‌شود. ابتدا دو متغیر عمق جریان و سرعت جریان در دوره بازگشت ۲۵ ساله ایجاد شده و سپس از طریق کد نویسی شرایط ناحیه بندی خطر سیل بر اساس روش استاندارد کشور استرالیا در محیط Rasmapper محاسبه گردید (شکل ۴).



شکل ۴- (A) کد وارد شده در محیط Calculated layer Hec-Ras. (B) ایجاد دو متغیر عمق جریان و سرعت

جریان در دوره بازگشت ۲۵ ساله

Fig.4. A, the code entered in the Hec-Ras calculated layer environment. B, creating two variables of flow depth and flow speed in the 25-year return period

۳- نتایج و بحث

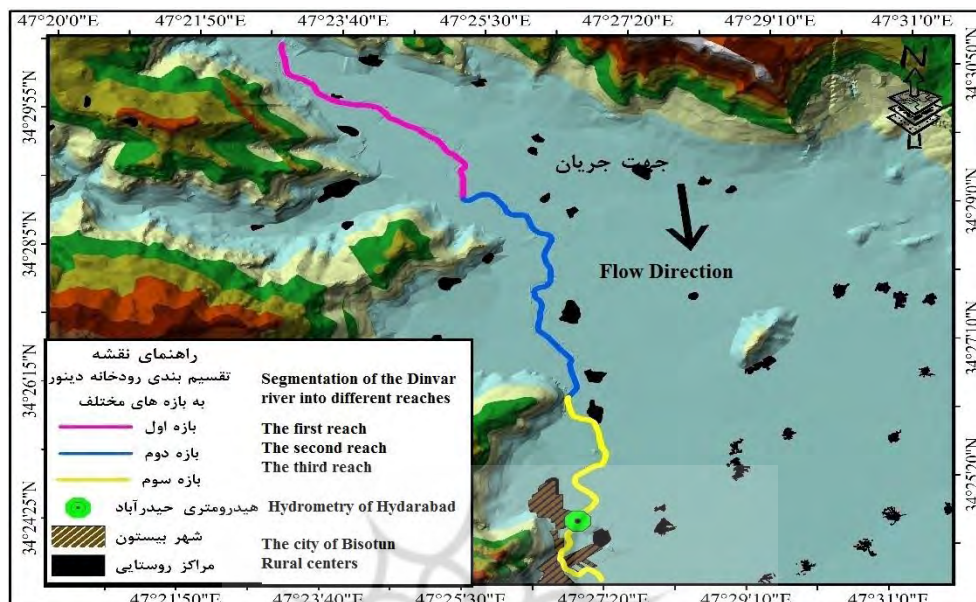
رودخانه دینورآب (محدوده مورد مطالعه) به طول ۱۸ کیلومتر بوده است که در این پژوهش براساس مورفولوژی رودخانه، محدوده مورد مطالعه به ۳ بخش تقسیم‌بندی شده است. شبیه‌سازی جریان‌های پایدار با استفاده از نرم‌افزار HEC-RAS در طول رودخانه دینور از حدود سد انحرافی نازلیان تا محدود شهر بیستون در استان کرمانشاه شبیه‌سازی شده است.

بازه اول به طول ۵.۲ کیلومتر، دارای ضریب پیچانرودی ۱ بوده است که بر طبق تقسیم‌بندی بریلی و فریس^۱ (۲۰۰۵) در رده رودخانه‌های مستقیم قرار می‌گیرد (Hosseinzadeh & Esmali, 2015) و شیب بستر در بازه اول ۰.۲۱ درصد محاسبه شده است.

بازه دوم به طول ۵ کیلومتر و ضریب خمیدگی ۱.۴۴ محاسبه شده است در رده رودخانه‌های پیچان رودی قرار دارد. شیب متوسط بستر در بازه دوم ۰.۱۷ درصد بوده است.

¹ Brierley & Fryirs

بازه سوم به طول ۵.۸ کیلومتر، دارا ضریب خمیدگی ۰.۷۵ درصد محاسبه شده است که در رده رودخانه‌های مستقیم قرار دارد شیب متوسط بستر در بازه سوم ۰.۰۷ درصد محاسبه شده است (شکل ۵).

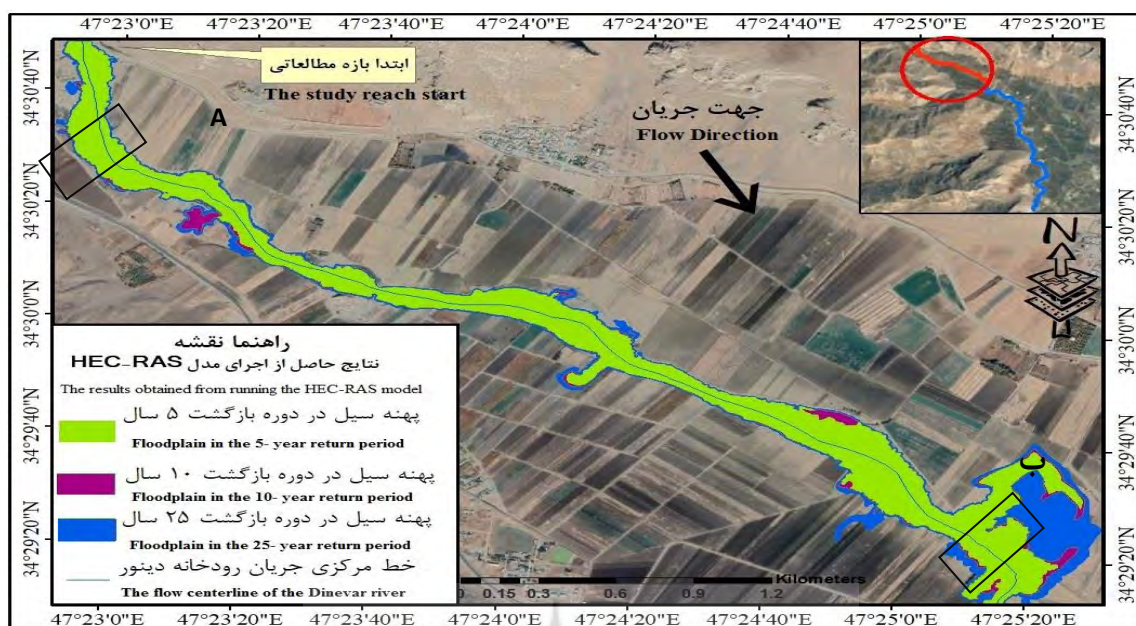


شکل ۵- ساخت مد TIN منطقه و بازه‌های رودخانه دینور

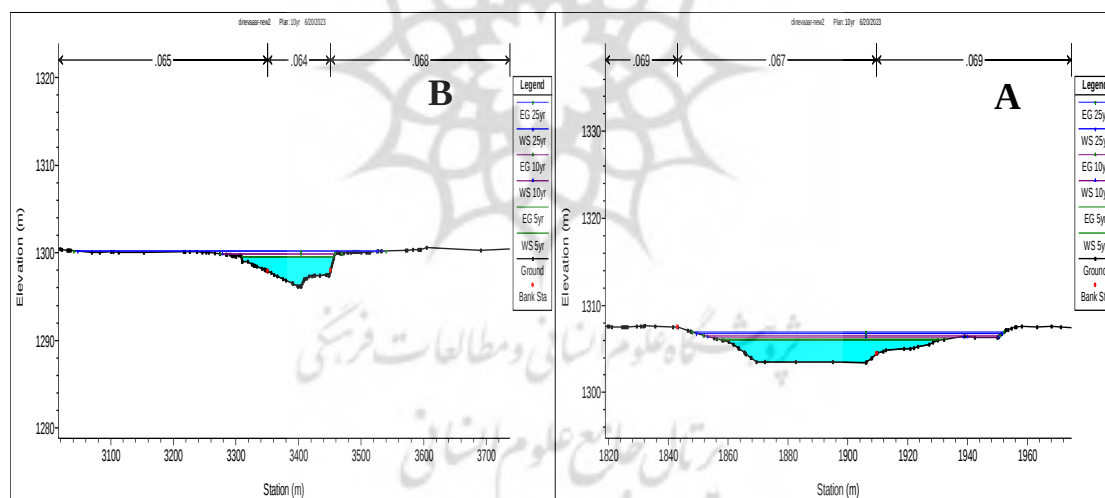
Fig.5. Creation of TIN for the study region and sections of Dinevar river

بازه اول

شکل ۵ پهنه سیلاب در دوره بازگشت‌های ۵ و ۱۰ و ۲۵ ساله را نشان می‌دهد. در ابتدای بازه رودخانه دینور در داخل دره قرار گرفته است. در این محدوده فرم کانال و دشت سیلابی به‌طور کامل تحت تأثیر نیمرخ عرضی دره قرار گرفته است. پهنه سیلاب در دوره بازگشت‌های ۵ و ۱۰ و ۲۵ ساله با توجه به توپوگرافی، گسترش عرضی زیادی نداشته است (شکل ۶ و ۷) و ارتفاع عمق آب متفاوت است و در انتهای بازه اول ساحل سمت چپ پهنه سیلاب ۲۵ ساله گسترش پیدا کرده است و تعیین حد بستر رودخانه در دوره بازگشت ۲۵ ساله در ابتدای بازه متناسب با قوانین وزارت نیرو امکان‌پذیر است اما در انتهای این بخش در ساحل سمت چپ بخش وسیعی از زمین‌های زراعی تحت تأثیر سیلاب در دوره بازگشت ۲۵ سال قرار گرفته است. در دوره بازگشت‌های ۵۰ و ۱۰۰ سال، پهنه سیلاب در ابتدای بازه گسترش منظمی داشته است اما در انتهای بازه ساحل سمت راست و چپ گسترش زیادی پیدا کرده است و پهنه سیلاب نسبت به دوره بازگشت‌های قبلی گسترش سریعی داشته است. زمین‌های زراعی و مراکز روستایی در پهنه خطر سیلاب قرار گرفته‌اند (شکل ۸ و ۹). با توجه به توپوگرافی بازه، در این قسمت حفر بستر رخ داده است و رودخانه فاقد دشت سیلابی وسیع است.

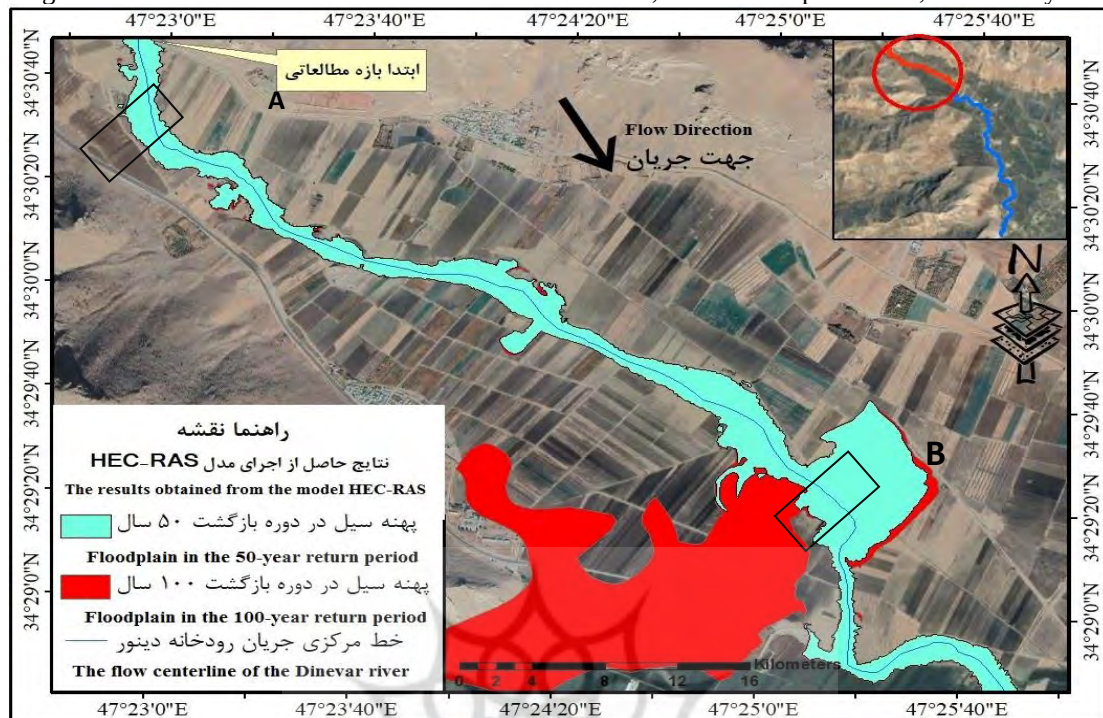


شکل ۶- نقشه پهنه‌بندی سیلاب رودخانه دینور در دوره بازگشت ۵ و ۱۰ و ۲۵ سال
Fig.6. Flood zoning map of Dinevar River in return period 5, 10 and 25



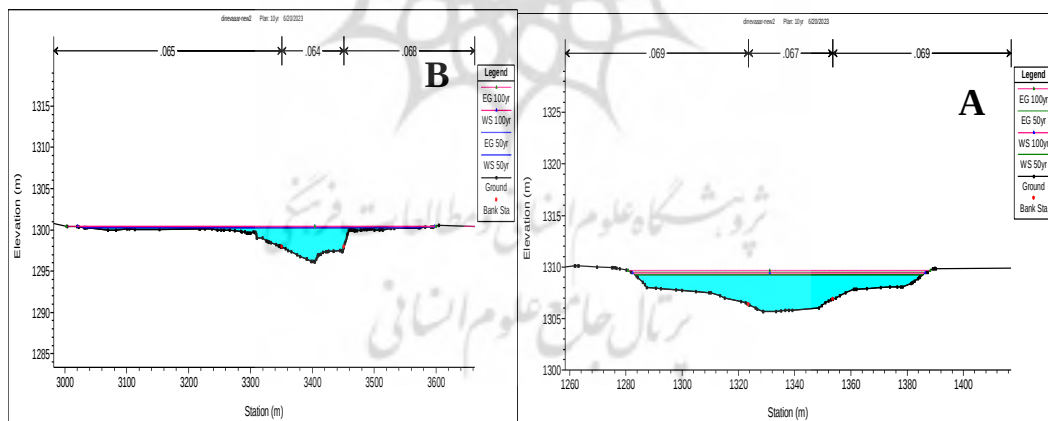
شکل ۷- مقاطع عرضی رودخانه دینور در بازه اول A، در دوره بازگشت ۵ و ۱۰ و ۲۵ سال

Fig.7. Cross-sections of the Dinevar River in the first reach, in the return period of 5, 10 and 25 years



شکل ۸- نقشه پهنه‌بندی سیلاب رودخانه دینور در دوره بازگشت ۵۰ و ۱۰۰ سال

Fig.8. Flood zoning map of Dinevar River in 50 and 100 years return period



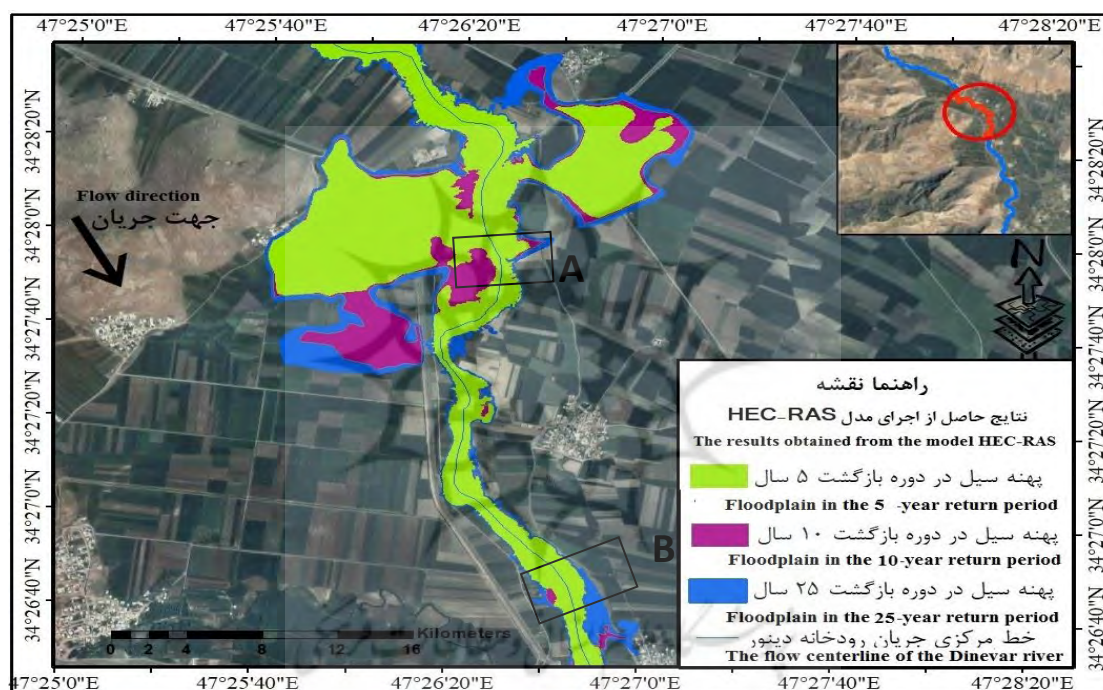
شکل ۹- مقاطع عرضی رودخانه دینور در بازه اول، در دوره بازگشت ۵۰ و ۱۰۰ سال

Fig.9. Cross-sections of the Dinevar River in the first reach, in the return period of 50 and 100 years

بازه دوم

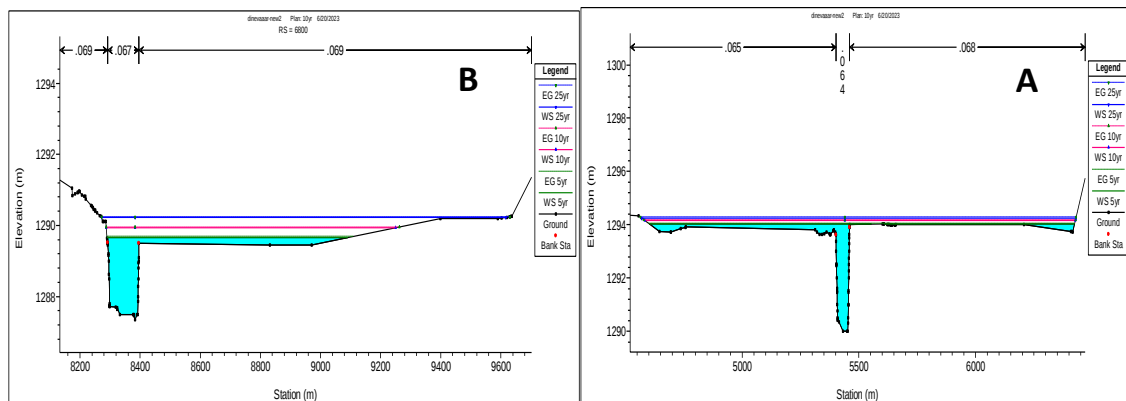
در این بخش، با توجه به بازدیدهای میدانی نوع رسوبات بستر در این بازه گراولی همراه با رسوبات ریزدانه بوده است و نوع کاربری در دو طرف در اغلب قسمت‌ها کشاورزی است. رودخانه دینور در این بازه تغییر الگو داده است و با ضریب خمیدگی ۱.۴۴ رودخانه به سمت پیچان رودی سوق پیدا کرده است.

در این بخش از رودخانه چون شیب کاهش پیدا کرده است سواحل سمت چپ و راست رودخانه دینور در دوره بازگشت‌های ۵ و ۱۰ و ۲۵ پخش سیلاب صورت گرفته است (شکل ۱۰ و ۱۱) و گسترش سیلاب نسبت به بخش قبل گسترش بیشتری را نشان می‌دهد و در دوره بازگشت ۲۵ سال، اکثر روستاهای سواحل سمت چپ و راست رودخانه در معرض مخاطره سیل قرار گرفته‌اند. پهنه سیلاب به حداکثر گسترش خود به بیش از ۱ کیلومتر رسیده است. شکل (۱۲ و ۱۳) پهنه سیلاب در دوره بازگشت ۵۰ و ۱۰۰ سال را نشان می‌دهد.



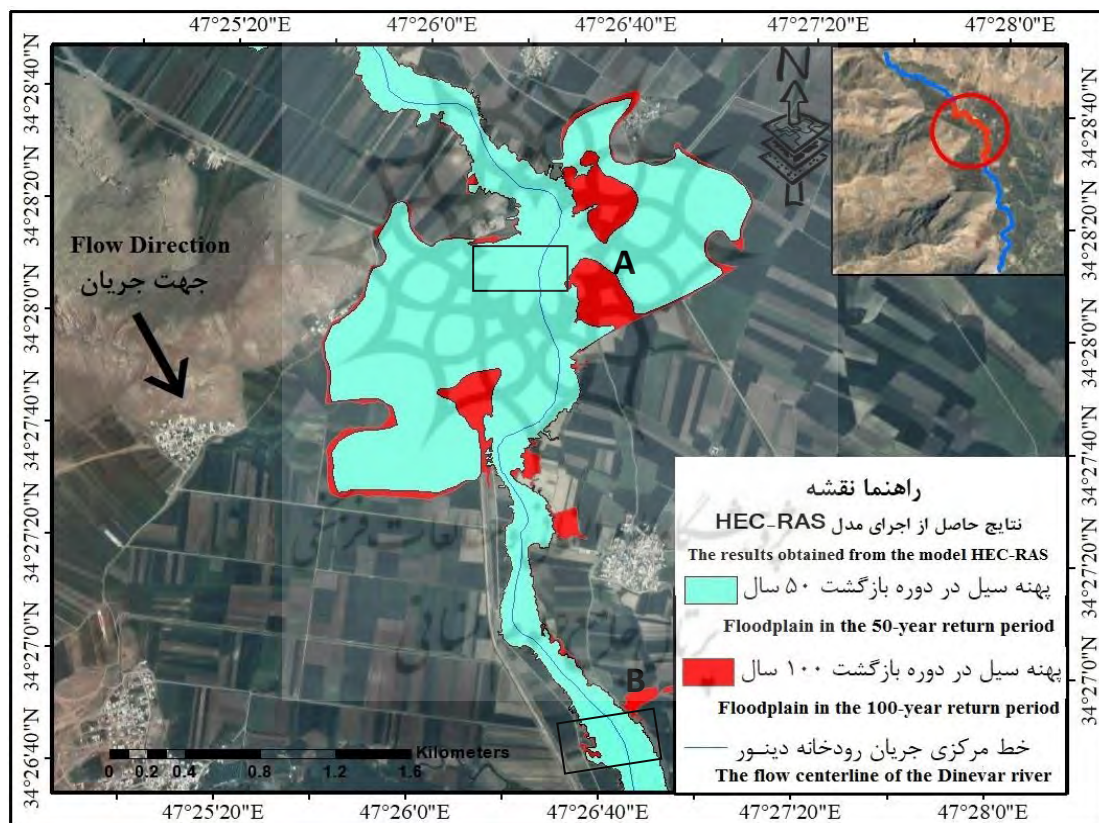
شکل ۱۰- نقشه پهنه‌بندی سیلاب رودخانه دینور در دوره بازگشت ۵، ۱۰، ۲۵ در بازه دوم

Fig.10. Flood zoning map of Dinevar River in return period 5, 10, 25 in the second reach



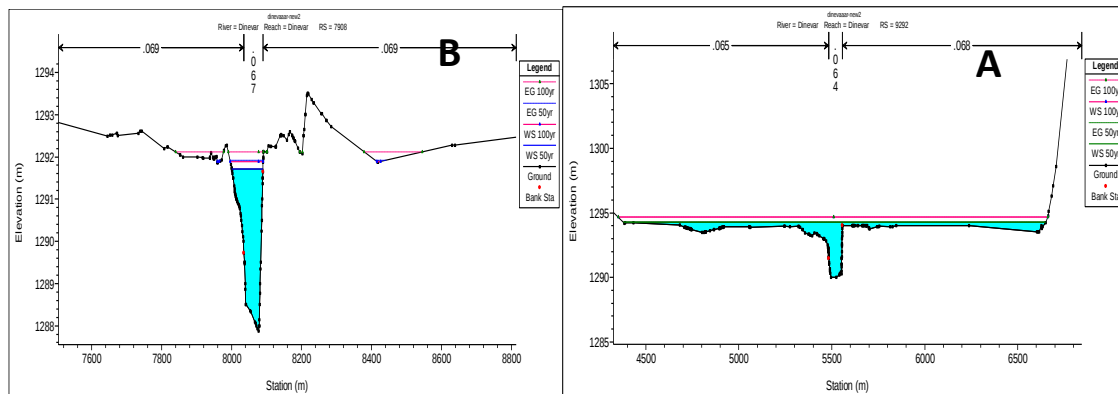
شکل ۱۱- مقاطع عرضی رودخانه دینور در بازه دوم، در دوره بازگشت ۵ و ۱۰ و ۲۵ سال

Fig.11. Cross-sections of Dinevar River in the second reach, in the return period of 5, 10 and 25 years



شکل ۱۲- نقشه پهنه‌بندی سیلاب رودخانه دینور در دوره بازگشت ۵۰ و ۱۰۰ ساله در بازه دوم

Fig.12. Flood zoning map of Dinevar River in the return period of 50 and 100 years in the second reach

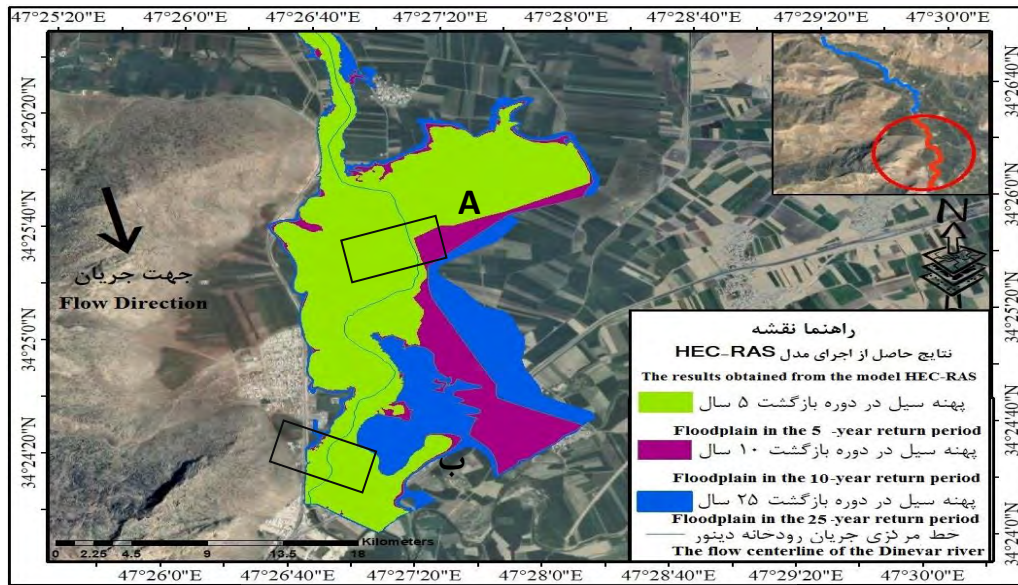


شکل ۱۳- مقاطع عرضی رودخانه دینور در بازه دوم، در دوره بازگشت ۵۰ و ۱۰۰ سال

Fig.13. Cross-sections of Dinevar River in the second reach, in the return period of 50 and 100 years

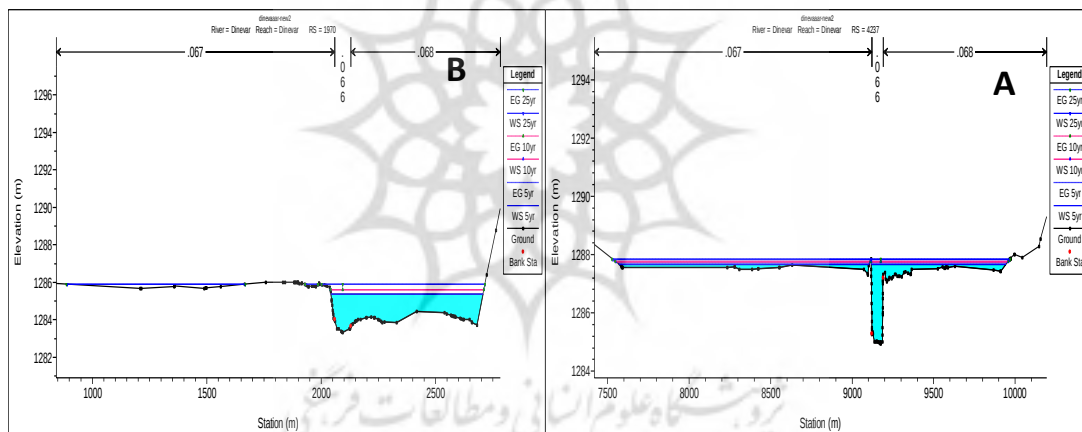
بازه سوم

رودخانه دینور در بازه سوم کمترین شیب بستر دارا بوده است. در این بخش حجم سیلاب از حد دبی لبالیی فراتر رفته و وارد دشت سیلابی شده است. در این قسمت پهنه آب‌گرفتگی در دوره بازگشت ۲۵ سال بیش از ۱.۵ کیلومتر از حد سواحل رودخانه فراتر رفته است. در این بخش با کاهش شیب، حد گسترش سیلاب در دوره بازگشت ۵، ۱۰ و ۲۵ سال غالب مراکز روستایی و کشاورزی را در بر گرفته است (شکل ۱۴). شکل ۱۶ پهنه گسترش سیلاب در دوره بازگشت ۵۰ ساله و ۱۰۰ ساله را نشان می‌دهد. حد گسترش سیلاب در این بخش به بیش از ۲ کیلومتر رسیده است. (اشکال ۱۶ و ۱۷)



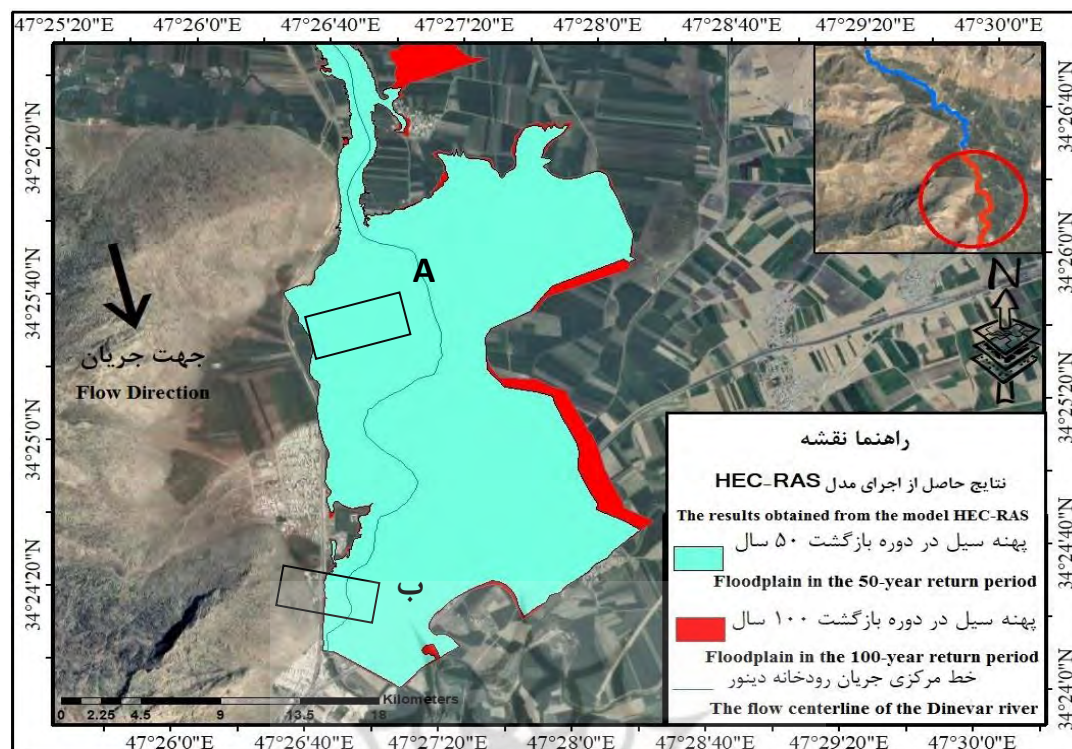
شکل ۱۴- نقشه پهنه‌بندی سیلاب رودخانه دینور در دوره بازگشت ۵ و ۱۰ و ۲۵ در بازه سوم

Fig.14. Flood zoning map of Dinevar River in return period 5, 10, 25 in the third reach



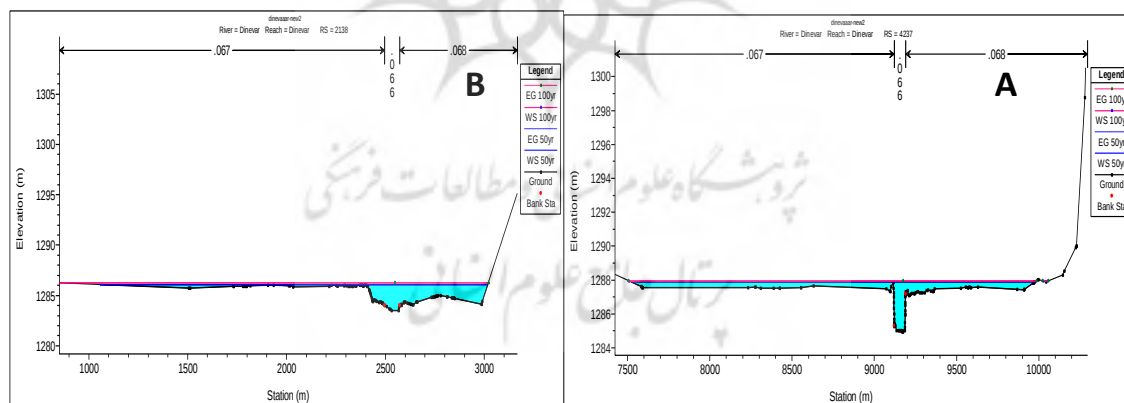
شکل ۱۵- مقاطع عرضی رودخانه دینور در بازه سوم، در دوره بازگشت ۵ و ۱۰ و ۲۵ سال

Fig.14. Cross-sections of Dinevar River in the third reach, in the return period of 5, 10 and 25 years



شکل ۱۶- نقشه پهنه‌بندی سیلاب رودخانه دینور در دوره بازگشت ۵۰ و ۱۰۰ سال در بازه سوم

Fig.16. Flood zoning map of Dinevar River in the return period of 50 and 100 years in the third reach



شکل ۱۷- مقاطع عرضی رودخانه دینور در بازه سوم منطقه مورد مطالعه، در دوره بازگشت ۵۰ و ۱۰۰ سال

Fig.17. Cross-sections of Dinevar River in the third reach, in the return period of 50 and 100 years

صحت سنجی

از آنجایی که نتایج حاصل از مدل‌ها در تصمیم‌گیری‌ها و طراحی منابع آب و خاک و همچنین مسائل مربوط به سیلاب و امثال آن کاربرد فراوان دارد، همواره درجه اعتبار آن‌ها مورد سؤال است. البته از هیچ مدل کامپیوتری نمی‌توان پیش‌بینی‌های کامل و دقیقی را انتظار داشت و همیشه به‌صورت نسبی مطرح است. در

این مطالعه جهت اعتبار سنجی نتایج حاصل از مدل اقدام به پایش سیلاب با استفاده از تصاویر لندست ۵ و از روش شاخص آب تفاضلی نرمال شده^۱ (Bait Elahpour, Shaibani & Alizadeh, 2017) استفاده شده است این شاخص معمول‌ترین و رایج‌ترین شاخص برای بارزسازی آب و تشخیص میزان رطوبت می‌باشد و با توجه به تاریخ سیلاب‌های واقعی رخ داده تصاویر تاریخ سیلاب یا تصاویر نزدیک به رخداد سیل استخراج گردید و پهنه سیلاب مشخص شد. حداکثر سیلاب رخ داده با دبی ۴۲۱ مترمکعب در تاریخ ۱۹۹۸.۴.۱ بوده است که با دوره بازگشت ۱۰۰ سال مطابقت دارد و نتایج روش شاخص آب تفاضلی نرمال شده با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله در مدل مقایسه شده است پهنه آبی تشکیل یافته در قسمت ابتدای بازه کاملاً منطبق با پهنه ۱۰۰ سال مدل هیدرولیکی HEC-EAS بوده است اما در قسمت انتهایی بازه بین این دو پهنه تا حدودی اختلاف است و این به دلیل تفاوت در ساختار مدل رقومی ارتفاعی منطقه می‌باشد. (شکل ۱۸) و جداول (۵ و ۶).

جدول ۵- مشخصات تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده

Table5- Specifications of satellite images used

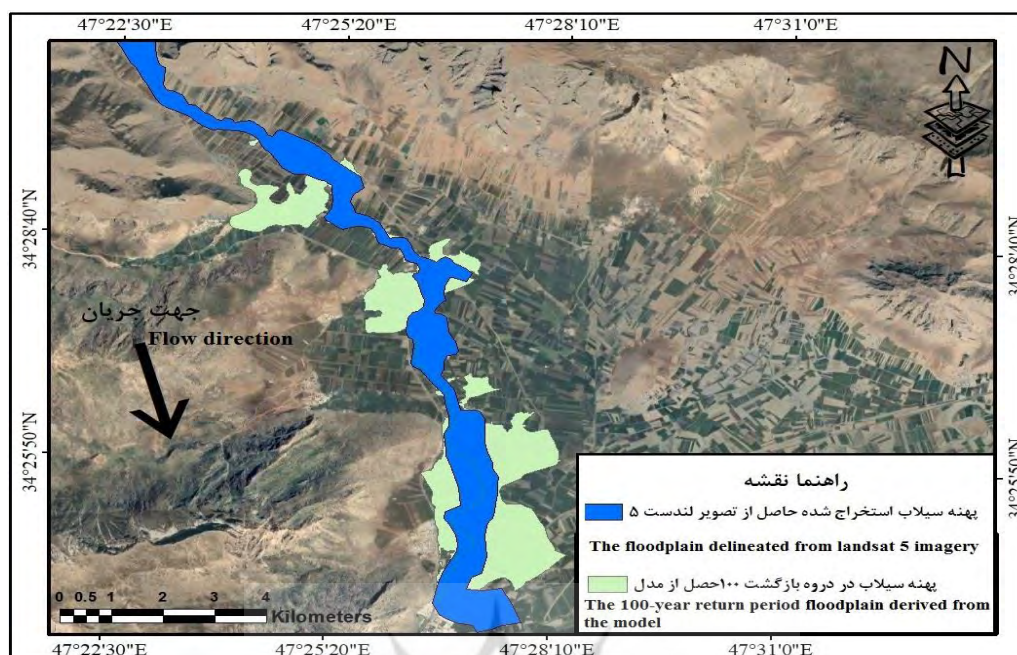
ردیف	تاریخ میلادی	تاریخ شمسی	نوع ماهواره	سنجنده	اندازه پیکسل (متر)
Num.	Gregorian date	Solar Hiji date	Satellite type	Sensor	Pixel size(m)
1	1998.04.05	1376.12.27	Landsat 5	LT05_L2SP	30

جدول ۶- مساحت پهنه سیلاب رخ داده و نتیجه حاصل از مدل HEC-RAS

Table6- The area of the flood zone and the result of the HEC-RAS model

مساحت سیلاب	مساحت سیلاب
Flood Area	Flood Area
10.2	پهنه سیلاب استخراج شده حاصل از تصویر لندست ۵ The floodplain delineated from landsat 5 imagery
13.41	پهنه سیلاب مدل HEC-EAS Model Floodplain

¹ Normalized Difference Water Index(NDWI)

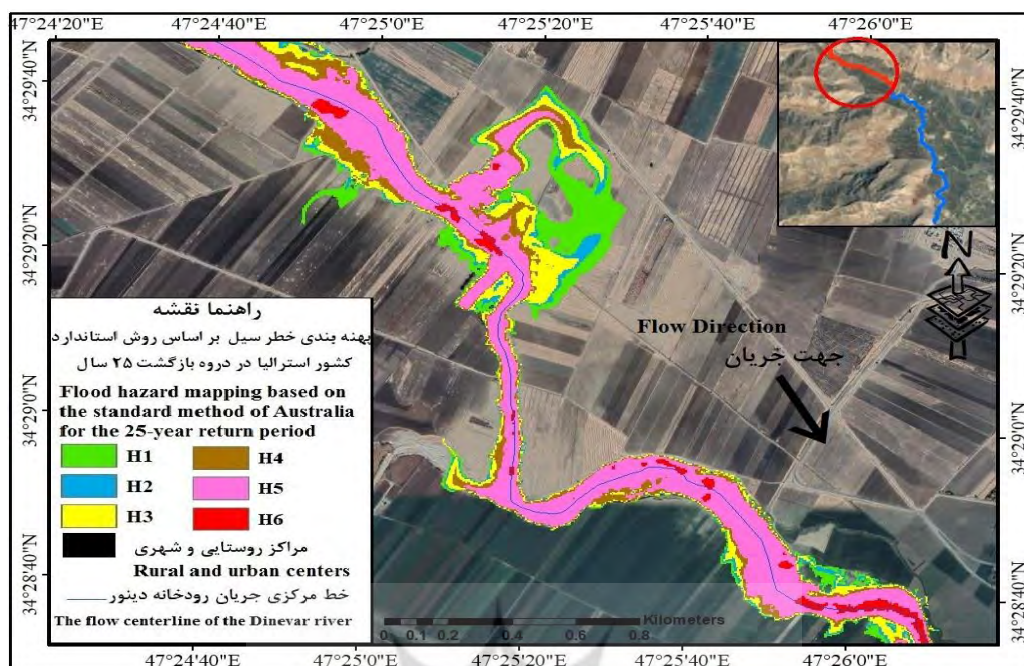


شکل ۱۸- پهنه سیلاب استخراج شده حاصل از تصویر لندست ۵ با استفاده از روش (NDWI)

Fig.18. Flood zone extracted from Landsat 5 image using (NDWI) method

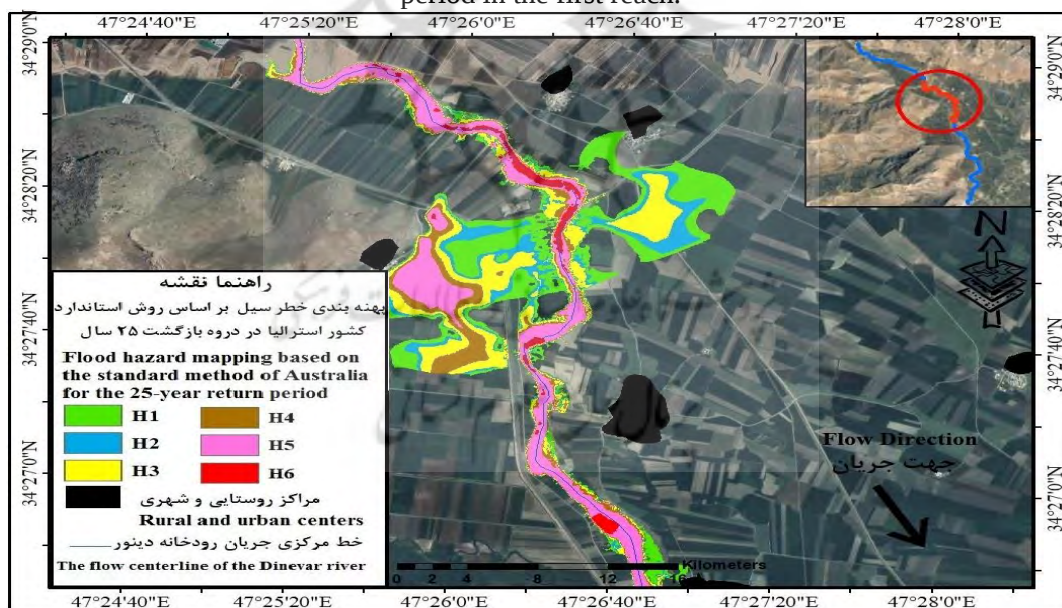
۳-۱- برآورد پهنه خطر سیلاب

سیل یکی از بزرگ‌ترین تهدیدها برای امنیت اجتماعی و توسعه پایدار جامعه است؛ توجه به این نکته مهم است که خطرات سیل ویژگی‌های ذاتی سیستم طبیعی نیستند، بلکه نگرانی‌های انسانی یا اجتماعی هستند. از این رو هدف مدیریت ریسک سیل کاهش خسارات جانی و اقتصادی است (Jibhakate et al., 2023). تهیه نقشه‌های خطر سیل ترکیبی از پارامترهای سرعت و عمق جریان است. حاصل ضرب دو پارامتر عمق و سرعت جریان ($D \times V$) معیار ناحیه‌بندی خطر سیلاب قرار می‌گیرد. با توجه به اینکه مبنای تعیین حد بستر و برآورد خطر سیل در ایران دوره بازگشت ۲۵ ساله است لذا پهنه‌بندی خطرپذیری سیلاب براساس روش استاندارد استرالیا برای رودخانه دینور در دوره بازگشت ۲۵ ساله تهیه گردید. ملاحظه می‌گردد که در بازه اول پهنه سیلاب ۲۵ ساله گسترش چندانی نداشته و بخشی از ساحل چپ رودخانه در طبقه H5 (ناامن برای وسایل نقلیه و همه مردم و امکان ایجاد خسارت سازه‌ای برای همه انواع ساختمان‌ها) قرار گرفته است (شکل ۱۷). در بازه دوم و سوم (شکل ۱۸ و ۱۹) بخشی از منطقه در سطح H2 (ناامن برای وسایل نقلیه کوچک) و H3 (ناامن برای وسایل نقلیه، کودکان و سالمندان) و H4 (ناامن برای وسایل نقلیه و همه مردم) قرار گرفته است که می‌تواند از طریق ساخت سازه‌های سیلگیر سبب حفظ روستاها و زمین‌های کشاورزی از خطر سیلاب گردید و باعث جابجایی طبقات خطرپذیری از حالت‌های H3 و H4 به حالت H1 (عموماً امن برای وسایل نقلیه، مردم و ساختمان‌ها) خواهد شد.



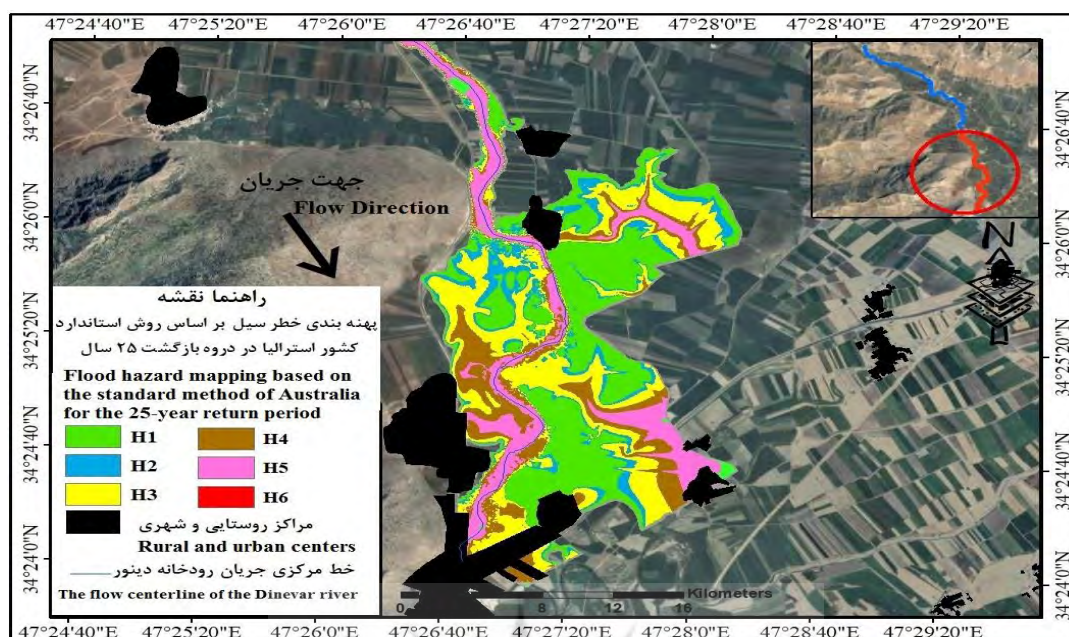
شکل ۱۹- نقشه پهنه‌بندی خطر سیل بر اساس روش استاندارد کشور استرالیا، در دوره بازگشت ۲۵ سال در بازه اول

Fig.19. Flood risk zoning map based on the standard method of Australia, in the 25-year return period in the first reach.



شکل ۲۰- نقشه پهنه‌بندی خطر سیل بر اساس روش استاندارد کشور استرالیا، در دوره بازگشت ۲۵ سال در بازه دوم

Fig.20. Flood risk zoning map based on the standard method of Australia, in the 25-year return period in the second reach



شکل ۲۱- نقشه پهنه‌بندی خطر سیل بر اساس روش استاندارد کشور استرالیا، در دوره بازگشت ۲۵ سال در بازه سوم
Fig.21. Flood risk zoning map based on the standard method of Australia, in the 25-year return period in the Third reach.

۴- نتیجه‌گیری

مدل‌سازی احتمال خطر سیل گامی ضروری در جهت مدیریت مؤثر سیل در مناطق سیل‌خیز است. شبیه‌سازی یک اقدام غیرساختاری برای شناسایی نقاط سیل‌خیز است و به‌عنوان یک ابزار ضروری برای شهروندان، سازمان مدیریت منابع آب و دولت‌ها در مدیریت بلایا عمل می‌کند. در این پژوهش محاسبه سیلاب‌های رودخانه دینورآب با استفاده از مدل ریاضی HEC- RAS استفاده شده و پهنه سیلاب در دوره بازگشت‌های ۵ تا ۱۰۰ سال شبیه‌سازی شده است. بازه مورد مطالعه براساس ژئومورفولوژی رودخانه به سه بازه تقسیم شده است. در ابتدای بازه رودخانه تحت تأثیر فرم توپوگرافی منطقه، در داخل دره جریان پیدا کرده است و سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف از حد کانال فراتر نرفته است به‌طورکلی در بازه اول اجرای معیار تعیین حد بستر با آیین‌نامه‌های ایرانی امکان‌پذیر می‌باشد؛ اما در بازه‌های دوم و سوم رودخانه دینور به دلیل کاهش شیب، رودخانه در یک سرزمین هموار مانند دشت چمچمال جریان پیدا کرده است. سیلاب در دوره بازگشت‌های ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ سال بسیاری از مناطق روستایی و زمین‌های کشاورزی را دربر گرفته است. با توجه به نتایج مدل در بازه دوم و سوم پهنه سیلاب به حداکثر گسترش خود به بیش از ۱ کیلومتر رسیده است همچنین عمق سیلاب در جایی که کانال عمیق و دامنه‌ها شیب‌دار باشد و ضریب مانینگ کم است، زیاد است.

از نظر بررسی سطوح مختلف خطر سیل در دوره بازگشت ۲۵ ساله، در حدود ۲۵ درصد منطقه در سطح خطر H3 (نا امن برای وسایل نقلیه، کودکان و سالمندان) ۱۶ درصد در سطح خطر H4 (نا امن برای وسایل نقلیه و همه مردم) و ۲۳ درصد در سطح خطر H5 (نا امن برای وسایل نقلیه و همه مردم و امکان ایجاد خسارت سازه‌ای برای همه انواع ساختمان‌ها) قرار گرفته است. در نهایت با شناسایی بخش‌های آسیب‌پذیر و درک پهنه‌های خطر، برنامه‌ریزان می‌توانند منابع را به‌طور مؤثر تخصیص دهند و اقدامات هدفمندی از قبیل ایجاد سدهای مخزنی و سیل‌بندها، اصلاح و بهسازی مسیر رودخانه و حفاظت از سواحل رودخانه‌ها و بستر را برای کاهش اثرات بالقوه سیل در مناطق شهری و روستایی ساحلی رودخانه‌ها اجرا کنند که خطرات احتمالی جانی و مالی را کاهش دهند.

References

- Avand, M., Kuriqi, A., Khazaei, M., & Ghorbanzadeh, O. (2022). DEM resolution effects on machine learning performance for flood probability mapping. *Journal of Hydro-Environment Research*, 40, 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.jher.2021.10.002>
- Bait Elahpour, I., Shaibani, H., & Alizadeh, H. (2017). Feasibility of using satellite images in determining river bed limit, case study: Gabrik River. *In the eleventh International River Engineering Conference*. [In Persian] <https://civilica.com/doc/898311/>
- Baky, M. A. A., Islam, M., & Paul, S. (2020). Flood hazard, vulnerability and risk assessment for different land use classes using a flow model. *Earth Systems and Environment*, 4, 225-244. <https://doi.org/10.1007/s41748-019-00141-w>
- Bazrafshan, O., Shekari, M., Zamani, H., Dehghanpir, S., & Singh, V. P. (2021). Assessing hydrologic drought risk using multi-dimensional copulas: case study in Karkheh River basin. *Environmental Earth Sciences*, 80, 538. <https://doi.org/10.1007/s12665-021-09870-6>
- Bozorgmehr, S. (2019). Iran says recent floods caused up to \$2.5 billion in damage. <https://www.reuters.com/article/us-iran-floods-idUSKCN1RQ093>
- Brunner, G. W. (2002). *HEC-RAS river analysis system: User's manual*. US Army Corps of Engineers, Institute for Water Resources. Hydrologic Engineering Center. https://www.worldcat.org/title/hec-ras-river-analysis-system-users-manual/oclc/646863632&referer=brief_results
- Burge, L. (2007). Geomorphology and river management: applications of the river styles framework. *The Canadian Geographer*, 51(1), 109-111. https://doi.org/10.1111/j.1541-0064.2007.00168_1.x
- Coon, W. F. (1995). *Estimates of roughness coefficients for selected natural stream channels with vegetated banks in New York* (No. 93-161). US Geological Survey; Earth Science Information Center, Open-File Reports Section.
- Echogdali, F. Z., Boutaleb, S., Kpan, R. B., Ouchchen, M., Id-Belqas, M., Dadi, B., ... & Abioui, M. (2022). Flood hazard and susceptibility assessment in a semi-arid environment: A case study of Seyad basin, south of Morocco. *Journal of African Earth Sciences*, 196, 104709. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2022.104709>

- Fang, L., Huang, J., Cai, J., & Nitivattananon, V. (2022). Hybrid approach for flood susceptibility assessment in a flood-prone mountainous catchment in China. *Journal of Hydrology*, 612, 128091. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.128091>
- Gudiyangada Nachappa, T., Piralilou, S. T., Gholamnia, K., Ghorbanzadeh, O., Rahmati, O., & Blaschke, T. (2020). Flood susceptibility mapping with machine learning, multi-criteria decision analysis and ensemble using Dempster Shafer Theory. *Journal of Hydrology*, 590, 125275. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125275>
- Haji Hosseini, H., Aghdam, V., & Valizadeghan, E. (2024). Study of 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. [In Persian] <https://doi.org/10.22067/geoh.2022.75257.1175>
- Horritt, M. S., & Bates, P. D. (2002). Evaluation of 1D and 2D numerical models for predicting river flood inundation. *Journal of Hydrology*, 268(1-4), 87-99. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(02\)00121-X](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(02)00121-X)
- Hosseinzadeh, M. M. & Esmaeli, R. (2015). *Fluvial geomorphology concepts, forms and processes*. Tehran: Shahid Beheshti University. [In Persian] https://press.sbu.ac.ir/book_241.html
- Jibhakate, S. M., Timbadiya, P. V., & Patel, P. L. (2023). Multiparameter flood hazard, socioeconomic vulnerability and flood risk assessment for densely populated coastal city. *Journal of Environmental Management*, 344, 118405. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118405>
- Lyu, H. M., Shen, S. L., Zhou, A., & Yang, J. (2019). Perspectives for flood risk assessment and management for mega-city metro system. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 84, 31-44. <https://doi.org/10.1016/j.tust.2018.10.019>
- Mani, P., Chatterjee, C., & Kumar, R. (2014). Flood hazard assessment with multiparameter approach derived from coupled 1D and 2D hydrodynamic flow model. *Natural Hazards*, 70, 1553-1574. <https://doi.org/10.1007/s11069-013-0891-8>
- Masih, I., Uhlenbrook, S., Maskey, S., & Smakhtin, V. (2011). Streamflow trends and climate linkages in the Zagros Mountains, Iran. *Climatic Change*, 104(2), 317-338. <https://doi.org/10.1007/s10584-009-9793-x>
- Mehta, D. J., Eslamian, S., & Prajapati, K. (2022). Flood modelling for a data-scare semi-arid region using 1-D hydrodynamic model: a case study of Navsari Region. *Modeling Earth Systems and Environment*, 8, 2675-2685. <https://doi.org/10.1007/s40808-021-01259-5>
- Mejia-Navarro, M., Wohl, E. E., & Oaks, S. D. (1994). Geological hazards, vulnerability, and risk assessment using GIS: model for Glenwood Springs, Colorado, In M. Morisawa (ed.), *Geomorphology and Natural Hazards*, 331-354. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-82012-9.50025-6>
- Ministry of Energy. (2020). Manual for providing flood risk map. No.821. Islamic Republic of Iran: Plan and Budget Organization. [In Persian] <https://waterstandard.wrm.ir/cs/WRMResearch/278/396>

- Modarres, R., Sarhadi, A., & Burn, D. H. (2016). Changes of extreme drought and flood events in Iran. *Global and Planetary Change*, 144, 67-81. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2016.07.008>
- Mohanty, M. P., Nithya, S., Nair, A. S., Indu, J., Ghosh, S., Bhatt, C. M., ... & Karmakar, S. (2020). Sensitivity of various topographic data in flood management: Implications on inundation mapping over large data-scarce regions. *Journal of Hydrology*, 590, 125523. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125523>
- Mondal, I., Bandyopadhyay, J., & Paul, A. K. (2016). Estimation of hydrodynamic pattern change of Ichamati River using HEC RAS model, West Bengal, India. *Modeling Earth Systems and Environment*, 2, 1-13. <https://doi.org/10.1007/s40808-016-0138-2>
- Nayyeri, H., Kahrizi, S., & Sanikhani, H. (2022). Analysis of the relationship between fractals and the dynamics governing watersheds, (case study Dinvar river basin in Kermanshah province, Iran). *Environmental Earth Sciences*, 81(21), 515. <https://doi.org/10.1007/s12665-022-10641-0>
- Parizi, E., Khojeh, S., Hosseini, S. M., & Moghadam, Y. J. (2022). Application of Unmanned Aerial Vehicle DEM in flood modeling and comparison with global DEMs: Case study of Atrak River Basin, Iran. *Journal of Environmental Management*, 317, 115492. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115492>
- Pathan, A. I., & Agnihotri, P. G. (2021). Application of new HEC-RAS version 5 for 1D hydrodynamic flood modeling with special reference through geospatial techniques: a case of River Purna at Navsari, Gujarat, India. *Modeling Earth Systems and Environment*, 7, 1133-1144. <https://doi.org/10.1007/s40808-020-00961-0>
- Salman, A., Hassan, S. S., Khan, G. D., Goheer, M. A., Khan, A. A., & Sheraz, K. (2021). HEC-RAS and GIS-based flood plain mapping: A case study of Narai Drain Peshawar. *Acta Geophysica*, 69, 1383-1393. <https://doi.org/10.1007/s11600-021-00615-4>
- Schumann, A. H., Funke, R., & Schultz, G. A. (2000). Application of a geographic information system for conceptual rainfall-runoff modeling. *Journal of Hydrology*, 240(1-2), 45-61. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(00\)00312-7](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(00)00312-7)
- Sharifi, F., Samadi, S. Z., & Wilson, C. A. (2012). Causes and consequences of recent floods in the Golestan catchments and Caspian Sea regions of Iran. *Natural Hazards*, 61, 533-550. <https://doi.org/10.1007/s11069-011-9934-1>
- Shokri, A., Sabzevari, S., & 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. <https://doi.org/10.1016/j.parepi.2020.e00144>
- Thapa, S., Shrestha, A., Lamichhane, S., Adhikari, R., & Gautam, D. (2020). Catchment-scale flood hazard mapping and flood vulnerability analysis of residential buildings: The case of Khando River in eastern Nepal. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 30, 100704. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2020.100704>
- Yari, A., Ardalan, A., Ostadtaghizadeh, A., Zarezadeh, Y., Boubakran, M. S., Bidarpoor, F., & Rahimiforoushani, A. (2019). Underlying factors affecting death due to flood in Iran: A

qualitative content analysis. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 40, 101258.
<https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2019.101258>

Yerramilli, S. (2012). A 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.
<https://doi:10.5923/j.ajgis.20120101.02>

