

Research Paper



The effect of floods on river morphology changes Case study: Sadij River, Hormozgan Province



Naimeh Rahimi¹, Somayeh Khaleghi*², Alireza Salehipour Milani³



This paper is an open access and licenced under the CC BY NC licence.



DOI:10.22034/hyd.2024.59641.1717

Reference to this article: Rahimi, Naimeh; Khaleghi, Somayeh; Salehipour Milani, Alireza. (2024). The effect of floods on river morphology changes Case study: Sadij River, Hormozgan Province. *Hydrogeomorphology*, 11(38): 141 –160

Keywords

flood, morphological changes, curvature coefficient, RNCI, sedimentation and erosion, Sadij River, Hormozgan Province

A B S T R A C T

In the east of Jask City, four severe floods with high discharge occurred in the Sadij River between 2009 and 2019. This research aims to evaluate the morphological changes of the Sadij River due to the occurrence of floods over a period of 11 years and in the four significant floods during 2009, 2014, 2017, and 2019. Geomorphic effects on the river were extracted using Landsat and Google Earth satellite images. GIS10.5 software and the Fluvial Corridor were used to investigate the morphological changes caused by floods in the river. The erosion and sedimentation levels were evaluated with the RNCI model. The results showed that the average width of the channel decreased by about 38 m, and the length of the river increased by about 3510 m in the floods between 2009 and 2019, corresponding to the increase in the curvature coefficient of the river from 1.40 to 1.56. According to the results of RNCI, the flood of 2019 with a discharge of 1167.73 m³ caused the highest amount of erosion compared to the other floods. Among the studied reaches, the most changes in geometrical parameters belonged to reach B.

Receive Date: 2023/12/18

Accept Date: 2024/04/21

Available: 2024/04/17

* Corresponding Author: Somayeh Khaleghi

E-mail: s_khaleghi@sbu.ac.ir

1. Ph.D. Candidate in Geomorphology, Physical Geography Department, Earth Science Faculty, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran. n_rahimi@sbu.ac.ir

2. Assistant Professor, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran. s_khaleghi@sbu.ac.ir

3. Assistant Professor, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran. Ar_Salehipour@sbu.ac.ir

Extended Abstract

Introduction

Rivers are constantly changing. Floods with different discharges occur every year in the Sadij seasonal river, which is located in the east of Jask City. This research aims to evaluate the morphological changes of the river due to four floods with high discharges between 2009 and 2019 on the dates of January 24, 2009, January 20, 2014, January 25, 2017, and February 4, 2019, using satellite images and Google Earth in the Delta of the Sadij River. Regarding morphology changes, comprehensive studies have not been carried out in the Sadij River due to the difficult access to the area and the occurrence of high-discharge floods. In this research, the river was divided into four reaches: A, B, C, and D based on the form for a better analysis. In addition to the entire path, the morphometric indices were evaluated for the reaches before and after the index floods. The difference in the river morphology changes from before the flood of 2009 to after the flood of 2019 was examined for the river course and reaches. Finally, this study seeks to provide solutions to reduce damage and erosion of the river during a severe flood.

Methodology

This study used Landsat OLI satellite images related to before and after major floods in 2009, 2014, 2017, and 2019. On the images, atmospheric and radiometric corrections were made using Envi 5.3, GIS 10.5 software to eliminate the negative effects of atmospheric factors. After extracting the river path from satellite images to better analyze the spatial changes of the river channel due to the studied floods, the river was divided into four reaches A, B, C, and D based on the form. Using FluvialCorridor10_1, the width of the active channel was determined at 20-meter distances and, the changes were first calculated for the river course and then the reaches. In general, channel morphology features were calculated using GIS 10.5 software, the River Network Change Index (RNCI), and the curvature coefficient (C). SMADA software was used to return the period discharge.

Results and Discussion

The results are divided into two categories, one to investigate the morphological features before and after the index floods, and the other to study the morphological changes of the river from before the flood of 2009 to after the flood of 2019 for the course of the river and the studied reaches. The results show that the average width of the active channel decreased after the floods of 2009 and 2014 and increased for the floods of 2017 and 2019. Moreover, the length of the river increased after the floods of 2009, 2014, and 2017 and decreased due to the flood of 2019. The pattern of the river did not change in the two dates before and after the occurrence of all the floods and was in the form of Meandering. Based on the River Network Change Index (RNCI), almost all floods have an erosion process, except for the flood of 2014, with a very small sedimentation process of 0.06. The examination of the reaches related to each flood revealed that reach B had the most changes compared to the other reaches, and the most meandering river was located in this reach. In the study of the changes in the morphology of the river during the study period (before the flood of 2009 to after the flood of 2019), the average width, area, and amount of erosion and sedimentation of RNCI decreased compared to 2009. This shows that sedimentation occurred in different parts of the river and its width decreased due to frequent floods with different discharges despite the large floods with high discharges. Similarly, the increased curvature coefficient shows an increase in the length of the river. The review of the reaches showed that the highest amount of changes belonged to reach B among the other reaches.

Conclusions

In the arid and semi-arid regions of the south and southeast of Iran, there are many seasonal rivers, among which the Sadij River is located in the east of Jask City. This research investigated the impact of four major floods during 2009 to 2019. It was found the morphological features of the river were affected by the floods according to the amount of discharge and the flow intensity. The most severe flood occurred in 2019, with an estimated return period of 5 years. The pattern of the river did not change significantly based on the curvature coefficient and is in the form of a meandering river. The results showed that the width of the river generally decreased from 2009 to 2019. Along the course of the river, the most morphological changes are first reach B and then reach A, which can become a problem for the rural residents and their agricultural lands. Therefore, the dangers of changing the course of the river, the development of meandering, and changing their course to threaten the settlements and structures established in these parts are not far from expected.



مقاله پژوهشی



تأثیر سیلاب بر تغییرات مورفولوژی رودخانه مطالعه موردی: رودخانه سدیج استان هرمزگان



نعیمه رحیمی^۱، سمیه خالقی*^۲، علیرضا صالحی پور میلانی^۳



این مقاله به صورت دسترسی باز و با لایسنس CC BY NC کپی‌رایتو کامانز قابل استفاده است.



ارجاع به این مقاله: رحیمی، نعیمه؛ خالقی، سمیه؛ صالحی پور میلانی، علیرضا (۱۴۰۳). تأثیر سیلاب بر تغییرات مورفولوژی رودخانه مطالعه موردی: رودخانه سدیج استان هرمزگان. هیدروژئومورفولوژی، ۱۱ (۳۸): ۱۶۰-۱۴۱.

DOI:10.22034/hyd.2024.59641.1717



چکیده

در شرق شهرستان جاسک، در فاصله سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۸ چهار سیلاب شدید در رودخانه سدیج رخ داده است که بالاترین دبی را در بین سایر سیلاب‌های دوره مورد مطالعه به خود اختصاص داده‌اند. هدف این تحقیق ارزیابی تغییرات مورفولوژیکی رودخانه سدیج در اثر رخداد سیلاب‌ها در یک دوره ۱۱ ساله و در چهار سیلاب شاخص در سال‌های ۱۳۸۷، ۱۳۹۲، ۱۳۹۵ و ۱۳۹۷ در قاعده دلتای سدیج است. به منظور استخراج اثرات ژئومورفیک در رودخانه مورد مطالعه از داده‌های ماهواره‌ای لندست و گوگل ارث استفاده شد. تغییرات مورفولوژیکی ناشی از سیلاب در رودخانه و کرانه آن با بهره‌گیری از نرم‌افزار GIS10.5 استخراج و از افزونه فلوویال کریدور جهت محاسبه تغییرات عرض رودخانه استفاده گردید. علاوه بر آن از مدل RNCI به منظور ارزیابی میزان فرسایش و رسوب‌گذاری کانال رودخانه سدیج استفاده شد. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که سیلاب سال ۱۳۹۷ نسبت به دیگر سیلاب‌ها، تأثیرات زیادتری بر تغییرات ژئومورفولوژیکی عرض کانال و فرسایش شدید کرانه رودخانه داشته است. در حدفاصل سیلاب‌های سال ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۷ متوسط عرض کانال حدود ۳۸ متر کاهش یافته است و طول رودخانه در حدود ۳۵۱۰ متر افزایش یافته است که با افزایش ضریب خمیدگی رودخانه از ۱/۴۰ به ۱/۵۶ انطباق دارد. همچنین بر اساس نتایج RNCI سیلاب سال ۱۳۹۷ با دبی ۱۱۶۷/۷۳ مترمکعب بر ثانیه و میزان ۸/۱۹، بیشترین میزان فرسایش را نسبت به دیگر سیلاب‌ها داشته است. همچنین در بین بازه‌های مورد مطالعه در حدفاصل سیلاب‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۷ بازه B بیشترین تغییرات پارامترهای هندسی را داشته است.

کلیدواژه‌ها

سیلاب، تغییرات مورفولوژیکی، ضریب خمیدگی، RNCI، رسوب‌گذاری و فرسایش، رودخانه سدیج، استان هرمزگان

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۲۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۰۲

تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۱/۲۹

* نویسنده مسئول: سمیه خالقی

رایانامه: s_khaleghi@sbu.ac.ir

۱- دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران.

۲- استادیار، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران. (نویسنده مسئول)

۳- استادیار، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران.

رودخانه دائماً در حال تغییر و تحول می‌باشند. حرکت‌های موضعی و تغییر ابعاد آن‌ها به‌طور تدریجی (تحت رژیم عادی جریان) و یا ناگهانی تحت شرایط سیلاب‌ها است. همچنین کانال‌های رودخانه‌ها به دلیل مداخلات مستقیم و غیرمستقیم انسانی (مانند استخراج رسوب، تغییر کاربری زمین، احداث سازه‌ها) یا رویدادهای طبیعی (مانند سیل‌ها، تکتونیک و شرایط توپوگرافی) دچار تغییرات مورفولوژیکی می‌شوند (ریگینی^۱ و همکاران، ۲۰۱۷، خالقی^۲ و همکاران، ۲۰۱۹) سیلاب‌ها دارای طبقه‌بندی‌های مختلفی می‌باشند و بر مورفولوژی رودخانه تأثیر می‌گذارند (دنگ^۳ و همکاران، ۲۰۰۷؛ هوک، ۲۰۱۵ و ۲۰۱۶). در هر رودخانه جریان آب، رسوبات کانال را جابجا و باعث تغییر ویژگی‌های هندسی آن می‌شود. در محیط‌های خشک و نیمه‌خشک سیل‌های ناگهانی نسبت به محیط‌های دیگر بیشتر رخ می‌دهند (فارکسن^۴ و همکاران، ۱۹۹۲؛ الکساندرو^۵ و همکاران، ۲۰۰۷). در این مناطق، جریان‌ها در کانال زودگذر است و منجر به مرگومیر و خسارات عمده به زیرساخت‌ها می‌شوند (لومبروزو و گاوم^۶، ۲۰۱۲؛ هوک ۲۰۱۶). رودخانه‌ها از نظر مورفولوژیکی به سه دسته مستقیم^۷، پیچان‌رودی^۸ و شریانی^۹ تقسیم‌بندی شده‌اند. در این میان الگوی پیچان‌رودی بیشترین فراوانی در طبیعت را دارا است. از جمله ویژگی‌های مهم یک رودخانه‌ی پیچ و خم‌دار می‌توان به اندازه و قابلیت جابجایی خم‌های آن اشاره کرد. شکل خم‌ها نیز با یکی از حالات منحنی دایره‌ای و یا سینوسی تعریف می‌شود که حالت دایره‌ای بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد (نوحه‌گر و همکاران، ۱۳۸۴؛ رضایی مقدم و خوشدل، ۱۳۸۸). مورفولوژی رودخانه به عواملی مانند تغییرات جریان آب، شیب بستر رود، سطح مقطع رودخانه، زمین‌شناسی منطقه (تکتونیک یا مورفوتکتونیک منطقه) و نیز زمان شکل‌گیری و تغییر شکل رودخانه بستگی دارد (رضایی مقدم و همکاران، ۲۰۱۲؛ رجبی و همکاران، ۱۳۹۸؛ لئوپلد^{۱۰} و همکاران، ۲۰۲۰). با شناخت این عوامل، الگوی رفتاری رودخانه مشخص و می‌توان به تغییرات احتمالی رودخانه در طی زمان پی برد. همچنین به مطالعات پایه، جهت طرح‌های آمایش سرزمین، حفاظت محیط‌زیست و کنترل سیلاب کمک می‌کند (خوش‌رفتار، ۱۳۹۸). همچنین مطالعه تغییرات مورفولوژیکی کانال‌های رودخانه‌ای برای یافتن راهکارهای مناسب کنترل و حل مشکلات دینامیکی حائز اهمیت است (رضایی مقدم و همکاران، ۱۳۹۶). مطالعات مختلفی بر روی تغییرات مورفولوژی رودخانه‌ها صورت گرفته است. برخی از آن‌ها به بررسی رابطه دبی اوج و با تغییرات مورفولوژیکی پرداخته‌اند (برتولدی^{۱۱} و همکاران، ۲۰۱۰). غربی^{۱۲} و همکاران (۲۰۱۶) بر روی تغییرات مورفولوژی رودخانه مجردا^{۱۳} در تونس و تأثیر سیلاب بر روی آن مطالعه کرده و مشاهده کرد که سیلاب‌ها در این رودخانه به‌شدت با پدیده انتقال رسوب در ارتباط هستند. در سراسر جهان، تحقیقات و مطالعات متعددی بر روی تأثیرات سیلاب‌ها بر مورفولوژی رودخانه‌های مختلف صورت گرفته است در این تحقیقات، با استفاده از تصاویر هوایی و ماهواره‌ای، داده‌های هیدرولوژیکی (بارندگی، دبی جریان، سیل‌های شدید) و همچنین با استفاده از شاخص‌های ضریب خمیدگی، زاویه مرکزی، تغییر شبکه رودخانه از لحاظ فرسایش و رسوب‌گذاری بر روی پیچان‌رودها، الگو رودخانه‌ها را مشخص و با استفاده از تجزیه و تحلیل ژئومورفولوژیکی، نتایج متفاوتی را با توجه به موقعیت مکانی رودخانه‌ها، نوع پوشش گیاهی و کاربری اطراف آن‌ها به دست آورده‌اند و در نهایت در جهت کاهش خسارات وارده به ارائه راه‌حل‌ها و پیشنهادهایی پرداخته‌اند. از جمله این تحقیقات عبارت‌اند از: مطالعات، یوسفی و همکاران، ۲۰۱۸؛ ماگلیولو^{۱۴} و همکاران، ۲۰۲۱؛ جوکار سرهنگی و همکاران، ۱۳۹۶؛ خوش‌رفتار و همکاران، ۱۳۹۸؛ یونسین و همکاران، ۱۴۰۱. همچنین سوریش^{۱۵} و همکاران (۲۰۲۲) به بررسی یک رویکرد جغرافیایی در مدل‌سازی ویژگی‌های مورفومتریک رودخانه برهماپوترا، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۱ و نرم‌افزار ArcGIS پرداخته و شاخص ضریب خمیدگی پیچان‌رودها و فرسایش و رسوب در رودخانه را برای سه دهه به دست آورده و نشان دادند که خط کناره رودخانه برهماپوترا بر اثر سیل دائماً در حال تغییر و جابه‌جایی بوده و این سطح تغییرات بر پوشش اراضی اطراف از جمله پوشش گیاهی و کشاورزی منطقه تأثیر می‌گذارد. گویش^{۱۶}

1 - Righini
2 - Khaleghi
3 - Dong
4 - Farquharson
5 - Alexandrov
6 - Lumbroso and Gaume

7 - Straight
8 - Meandering
9 - Braiding
10 - Leopold
11 - Bertoldi
12 - Gharbi

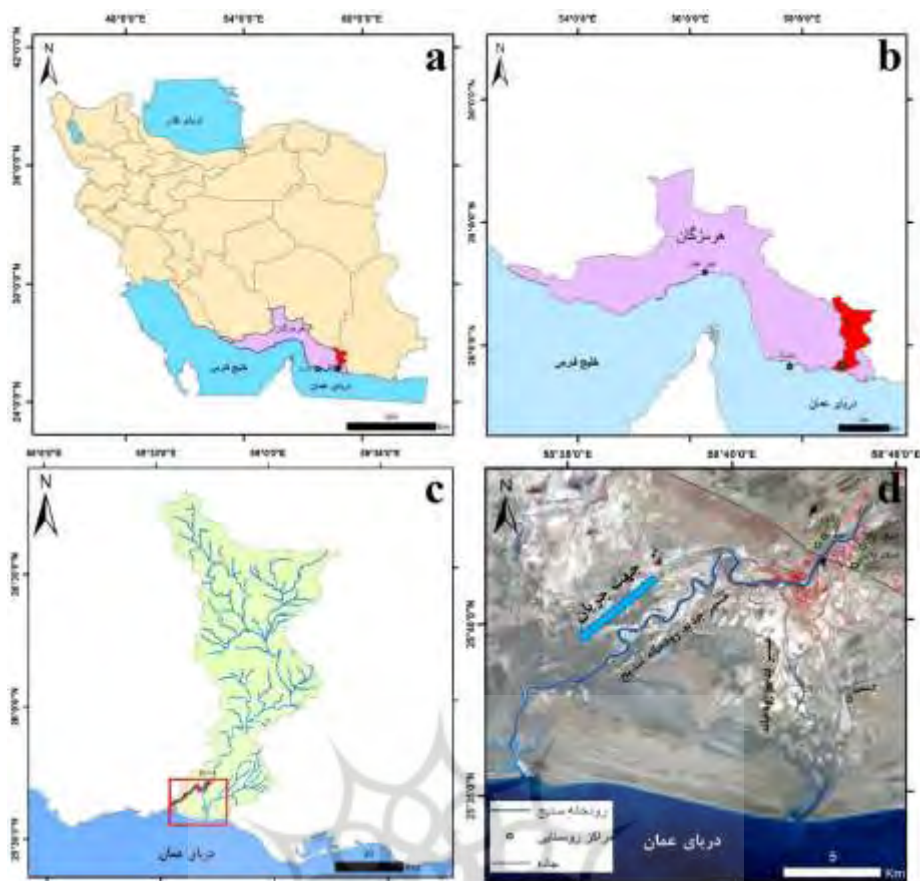
13 - Medjerda
14 - Magliulo
15 - Suresh
16 - Ghosh

و همکاران (۲۰۲۳) به توصیف سیل و بررسی استراتژی‌های مدیریت سیل برای تاب‌آوری بهتر جامعه در حوضه رودخانه گرمسیری، هند پرداخته و با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و شاخص تفاوت نرمال شده آب (NDWI)، شاخص تغییر شبکه رودخانه (RNCI)، شاخص سینوسی (SI) نشان می‌دهد که فراوانی سیل در حوضه رودخانه باگیراتی در طول قرن گذشته (۱۹۰۱-۲۰۲۰) افزایش یافته است. باین‌حال، ماهیت سیل از نظر فضایی از راه (بخش غربی رودخانه باگیراتی) تا باگری (بخش شرقی) متفاوت است. رضایی مقدم و همکاران (۱۳۹۶)، تحولات مورفولوژیکی الگوی رودخانه آزاد رود را با استفاده از برداشت‌های میدانی و تصاویر ماهواره‌ای مورد ارزیابی قرار داده و شاخص‌های هندسی را برای ۵۹ بازه روی تصاویر را محاسبه نموده‌اند و نشان دادند که شرایط تقریباً پایداری در بیشتر بازه‌های رودخانه وجود دارد و تنها ۹ بازه از نظر ویژگی‌های مورفولوژی شناسایی شده که دارای شرایط بحرانی بوده و در تعیین حریم بستر آن‌ها باید توجه لازم صورت گیرد. رجبی و همکاران (۱۳۹۸) با استفاده از شاخص‌های زاویه‌ی مرکزی و ضریب خمیدگی، الگوی پیچان‌رودی رودخانه‌ی آجی چای را مورد ارزیابی قرار داده‌اند. در این مطالعه که مربوط به محدوده مابین بخشایش تا خواجه می‌باشد نشان داده که رودخانه دارای الگوی پیچان‌رودی بوده و شیب کم، به‌عنوان یک عامل توپوگرافی، علت اصلی گسترش الگوی پیچان‌رودی می‌باشد. اسفندیاری و همکاران (۱۴۰۰) با استفاده از شاخص‌های ضریب خمیدگی و زاویه مرکزی، به تعیین الگوی پیچان‌رودی رودخانه قره‌سو در محدوده روستای انزاب تا پل سامیان پرداخته است و نشان داد رودخانه با ۷۱ درصد پیچان‌رودهایی با ضریب خمیدگی ۱/۵-۱ به طبقه پیچان‌رودی کم متعلق می‌باشد هم‌چنین تعداد حداقل ۵ پیچ از ۲۴ پیچان‌رود قابلیت تبدیل شدن به دریاچه نعل اسبی را دارند. این مطالعه به‌منظور بررسی پایش تغییرات مورفولوژیکی رودخانه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در بخش جلگه‌ای رودخانه سدیج در جنوب ایران در اثر سیلاب‌ها انجام شد. در رابطه با تغییرات مورفولوژی رودخانه سدیج در اثر سیلاب‌های بزرگ، به دلیل دسترسی سخت به منطقه و وقوع سیلاب‌هایی با دبی بالا، مطالعات جامعی صورت نگرفته است و از آنجاکه ارزیابی اثرات سیل بر مورفولوژی و اکولوژی رودخانه برای مدیریت صحیح اکوسیستم‌های رودخانه‌ای، درک فرآیندهای کنترلی و طراحی پروژه‌های بازسازی مؤثر و پایدار ضروری است لذا مطالعه این رودخانه حائز اهمیت است. این تحقیق باهدف ارزیابی تغییرات مورفولوژیکی رودخانه سدیج انجام گرفته است و شامل ارزیابی تأثیر سیلاب‌های شاخص در حواصل سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۷ بر تغییرات الگو و طول و عرض رودخانه، فرسایش و رسوب‌گذاری صورت گرفته و در نهایت ارائه راهکارهایی در جهت کاهش خسارات و فرسایش یک رودخانه در طول یک سیل شدید را دنبال می‌نماید.

۲. مواد و روش‌ها

۱.۲. منطقه مورد مطالعه

حوضه رودخانه سدیج در جنوب شرقی ایران قرار دارد. مساحت حوضه سدیج حدود ۴۲۰۰ کیلومتر مربع است. بخش جنوبی حوضه واقع در جلگه ساحلی سدیج مورد مطالعه در این پژوهش می‌باشد. طول کانال رودخانه در این مطالعه حدود ۳۵ کیلومتر بوده که پس از جریان بر روی دلتای سدیج به دریای عمان می‌ریزد. دامنه ارتفاعی منطقه مورد مطالعه بین ۵۵ تا صفر متر از سطح دریا قرار دارد (شکل ۱). این رودخانه به‌صورت فصلی و در منطقه‌ای با آب‌وهوای گرم و خشک و در سواحل گرم و مرطوب قرار دارد (علوی‌نیا و زارعی، ۲۰۲۲). از نظر زمین‌شناسی حوضه آبریز سدیج در مکران بیرونی واقع شده و از نهشته‌های تخریبی تشکیل گردیده است که شامل ماسه‌سنگ، مارن و کنگلومرا، رخساره‌های فلیشی و مولاس می‌باشند. در این نهشته‌ها، تغییرات شدید رخساره‌ای، چه در جهت قائم و چه در جهت افقی مشاهده می‌شود. جلگه ساحلی سدیج جزو سواحل دلتایی مکران بوده و دارای نهشته‌های کرانه‌ای مانند پادگانه‌های کرانه‌ای قدیمی، نهشته‌های ماسه‌ای رسی، نهشته‌های کولابی، رسوب‌های ماسه‌ای کرانه‌ای و سب‌خا می‌باشد (احمدزاده هروی، ۱۳۷۴). شغل ساکنان جلگه سدیج کشاورزی، دامداری و صیادی است، هرچند به دلیل نداشتن خاک مناسب و آب مورد نیاز، کشاورزی پررونقی ندارد اما رودخانه سدیج، یکی از منابع مهم آبی را برای فعالیت‌های کشاورزی برای ساکنان روستاهای آن منطقه فراهم آورده است. باین‌وجود بیشتر مردم دارای شغل دامداری و صیادی می‌باشند. (طرح هادی شهرستان لیردف، ۱۳۹۵).



شکل (۱): a: موقعیت جغرافیایی استان هرمزگان در کشور، b: موقعیت حوضه مورد مطالعه در استان هرمزگان، c: موقعیت رودخانه سدیج در حوضه سدیج، d: محدوده مورد مطالعه رودخانه سدیج

Fig (1): a: The geographical location of Hormozgan province in Iran b: the location of the Sadij watershed in Hormozgan province, c: the location of the river in the Sadij watershed, d: the studied area of the Sadij river

۳.۲. مواد و روش

در مطالعه حاضر از تصاویر ماهواره‌ای لندست مربوط به قبل و بعد از سیلاب‌های شاخص در سال‌های ۱۳۹۵، ۱۳۹۲، ۱۳۸۷ و ۱۳۹۷ استفاده شد. این سیلاب‌ها دارای بالاترین میزان دبی ثبت شده بوده و برای ارزیابی تأثیر سیلاب‌ها بر مورفولوژی رودخانه در بخش دلتای سدیج انتخاب گردیده‌اند (جدول ۱). بر روی تصاویر با استفاده از نرم‌افزارهای SNAP، Envi 5.3 و GIS 10.5، تصحیحات اتمسفری و رادیومتری به روش QUAC^۱ انجام شد. این تصحیحات باعث از بین رفتن تأثیرات منفی عوامل اتمسفری بر تصویر می‌شود. پس از استخراج مسیر رودخانه از تصاویر ماهواره‌ای جهت آنالیز بهتر تغییرات مکانی کانال رودخانه، در نتیجه سیلاب‌های مورد مطالعه، رودخانه بر اساس الگو به چهار بازه A, B, C, D تقسیم گردید. از نظر الگو بازه C و D به یکدیگر شباهت داشته اما به جهت اینکه پایین دست رودخانه تحت تأثیر فرآیندهای دریایی نظیر جزر و مد و امواج دریا می‌باشد بنابراین تحت عنوان بازه D مورد ارزیابی قرار گرفت. هم‌چنین با استفاده از FluvialCorridor10_1 عرض کانال فعال در فواصل ۲۰ متری تعیین شد و تغییرات در ابتدا برای کل مسیر و سپس بازه‌ها محاسبه شد.

به‌طور کلی شاخص‌ها و ویژگی‌ها مورفولوژی کانال شامل طول، عرض، مساحت، ضریب خمیدگی (رابطه ۱)، فرسایش، رسوب‌گذاری و ضریب (RNCI)^۲ (رابطه ۲) برای قبل و بعد از سیلاب‌ها محاسبه شد.

$$(C = S/L) \tag{1}$$

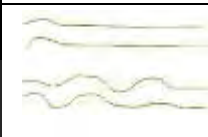



ضریب خمیدگی (C)، طول مستقیم پیچان رود (L) (کیلومتر)، طول خط مرکزی جریان (S) (کیلومتر) (یوسفی و همکاران، ۲۰۱۸)

$$RNCI = \left(\frac{\sum EA - \sum DA}{L} \right) / T \tag{2}$$

در فرمول مذکور، (DA)^۱: ناحیه رسوب گذاری (هکتار)، (EA)^۲: ناحیه فرسایش (هکتار)، (L): طول مستقیم مقاطع (کیلومتر) و (T): دوره زمانی مطالعه (روز) است (یوسفی و همکاران، ۲۰۱۵). هم‌چنین بر اساس ضریب خمیدگی^۳ از معیار ولفرت جهت تعیین الگوی رودخانه استفاده شد. (جدول ۱).

جدول (۱): تقسیم‌بندی رودخانه برحسب ضریب خمیدگی (منبع: ولفرت، ۲۰۰۰)^۴

Table (1): river classification according to curvature coefficient (source: Wolfert, 2000)

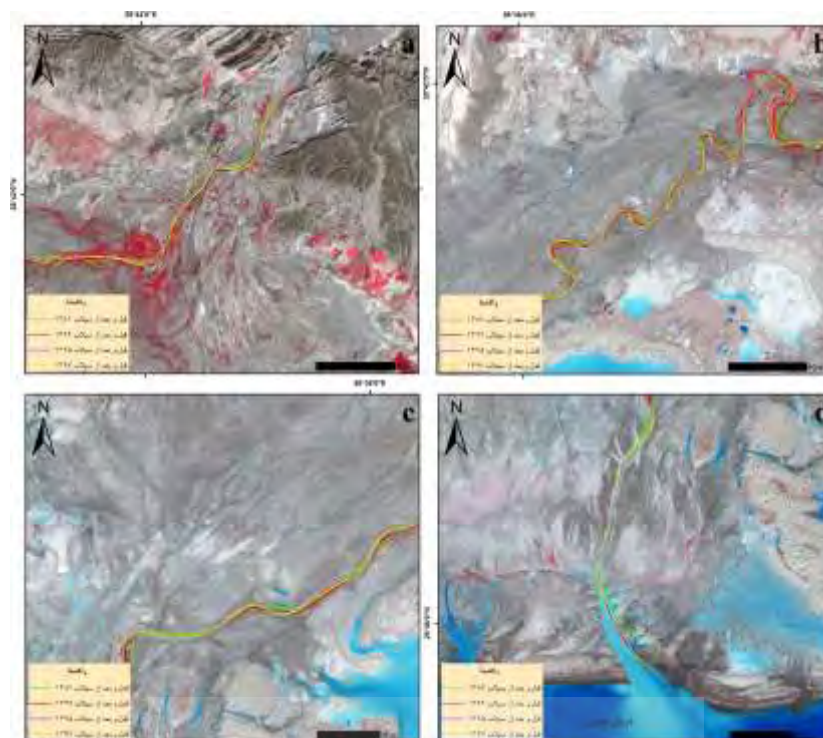
ضریب پیچشی	۱-۱/۰۵	۱/۰۶-۱/۲۵	۱/۲۵-۲	>۲
شمالی رودخانه				
نوع رودخانه	مستقیم	سینوسی	پیچان‌رودی	پیچان‌رودی شدید

در راستای تحلیل دوره‌های بازگشت از نرم‌افزار SMADA استفاده شد. در شکل ۲ رودخانه در تاریخ سیلاب‌ها نشان داده شده است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

1- Sedimentation area
2-Erosion area

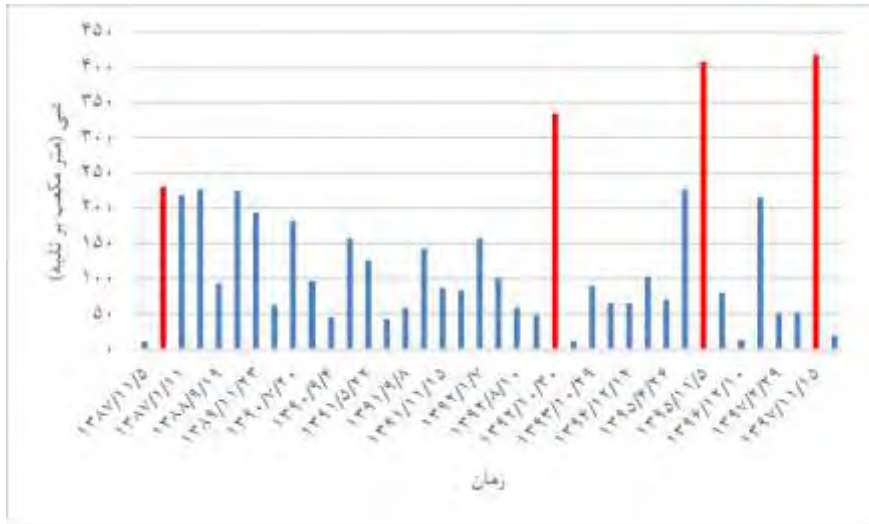
3-Sinuosity Index
4- Wolfert, 2000



شکل (۲): تصاویر a,b,c,d قبل و بعد از سیلاب سال‌های ۱۳۸۷، ۱۳۹۲، ۱۳۹۵، ۱۳۹۷ مربوط به بازه‌های مورد مطالعه
 Fig (2): images a, b, c, d before and after the floods of 2009, 2014, 2017 and 2019, related to the studied reaches

۳. یافته‌ها و بحث

سواحل خشک و نیمه‌خشک جنوب شرقی ایران به دلیل ریزش باران‌های بسیار شدید لحظه‌ای ناشی از پرفشار جنب‌حاره‌ای به صورت باران‌های موسمی با شدت و ضعف متفاوت و توفان‌های دریایی که گاهی امواج بزرگی را ایجاد کرده، موجب آب‌گرفتگی در نواحی ساحلی می‌شوند (صالحی پور و همکاران، ۱۳۸۹، a و b ۱۴۰۰). منطقه مورد مطالعه سدیح نیز مستثنی از این امر نیست و آمار ۱۸ ساله ایستگاه هیدرومتری سدیح (واقع در حوضه آبریز سدیح) و تصاویر ماهواره‌ای موجود بیانگر رخداد سیلاب‌های با دبی بالا در منطقه است. در حدفاصل سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۷ سیلاب‌های متعددی در رودخانه سدیح روی داده است و موجب تغییرات مورفولوژی رودخانه شده است (شکل ۲). از بین این سیلاب‌ها، چهار سیلاب شاخص که دبی آن‌ها دارای بالاترین میزان دبی ثبت‌شده بوده برای ارزیابی تأثیر سیلاب‌ها بر مورفولوژی رودخانه در بخش دلتای سدیح انتخاب گردید (جدول ۱). این سیلاب‌ها در سال‌های ۱۳۸۷ (۲۳۰ مترمکعب بر ثانیه) ۱۳۹۲ (۳۳۳ مترمکعب بر ثانیه)، ۱۳۹۵ (۴۰۸ مترمکعب بر ثانیه) و ۱۳۹۷ (۴۱۷ مترمکعب بر ثانیه) در رودخانه سدیح ثبت شد (شکل ۳). بر اثر شدت ریزش‌های جوی در منطقه، این سیلاب‌ها خسارات فراوانی در بخش انسانی و تخریب مناطق مسکونی روستاهای اطراف رودخانه سدیح و چه در بخش طبیعی و تخریب رودخانه و کناره‌های آن وارد نموده است (شکل ۴). همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، بیشترین دبی ثبت‌شده در منطقه مورد مطالعه مربوط به سیلاب ۱۳۹۷ می‌باشد. این سیلاب‌ها می‌توانند تأثیر بسیار زیادی بر شکل زایی رودخانه در منطقه مورد مطالعه داشته باشند که در ادامه تأثیر این سیلاب‌های منتخب بر مورفولوژی بخش مورد مطالعه رودخانه مورد ارزیابی قرار گرفته است.



شکل (۳): سیلاب‌های رودخانه سدج در بین سال‌های ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۷ و جایگاه سیلاب‌های شاخص (رنگ قرمز)
 Fig (3): Sedij River floods between 2009 and 2019 and the location of the main floods (red color)

جدول (۲): مقادیر دبی برای سیلاب‌های مورد مطالعه
 Table (2): Discharge values for the studied floods

بارش متوسط روزانه (میلی‌متر)	میانگین سالیانه دبی (مترمکعب بر ثانیه)	میانگین ماهانه دبی (مترمکعب بر ثانیه)	میانگین روزانه دبی اوج (مترمکعب بر ثانیه)	میانگین روزانه دبی (مترمکعب بر ثانیه)	تاریخ سیلاب	ردیف
۱۳	۳/۵۰	۱۱/۴۳	۳۹۴	۲۳۰	۵ بهمن ۱۳۸۷	۱
۲۵	۵/۴۲	۱۵/۱۲	۴۱۲	۳۳۳	۳۰ دی ۱۳۹۲	۲
۱۶	۲/۹۹	۳۱/۷۲	۶۳۴	۴۰۸	۶ بهمن ۱۳۹۵	۳
۴۳	۳/۰۹	۱۷/۷۵	۱۱۶۷/۷۳	۴۱۷	۱۵ بهمن ۱۳۹۷	۴



شکل (۴): a,b: بستر رودخانه و تخریب کرانه‌ها. c,d: تخریب مناطق مسکونی (منبع: a,b: نگارنده c,d: شورای روستای سدج)
 Fig (4): a, b: river bed and destruction of banks. c, d: destruction of residential areas (source: a, b: author c, d: Sedij village council)

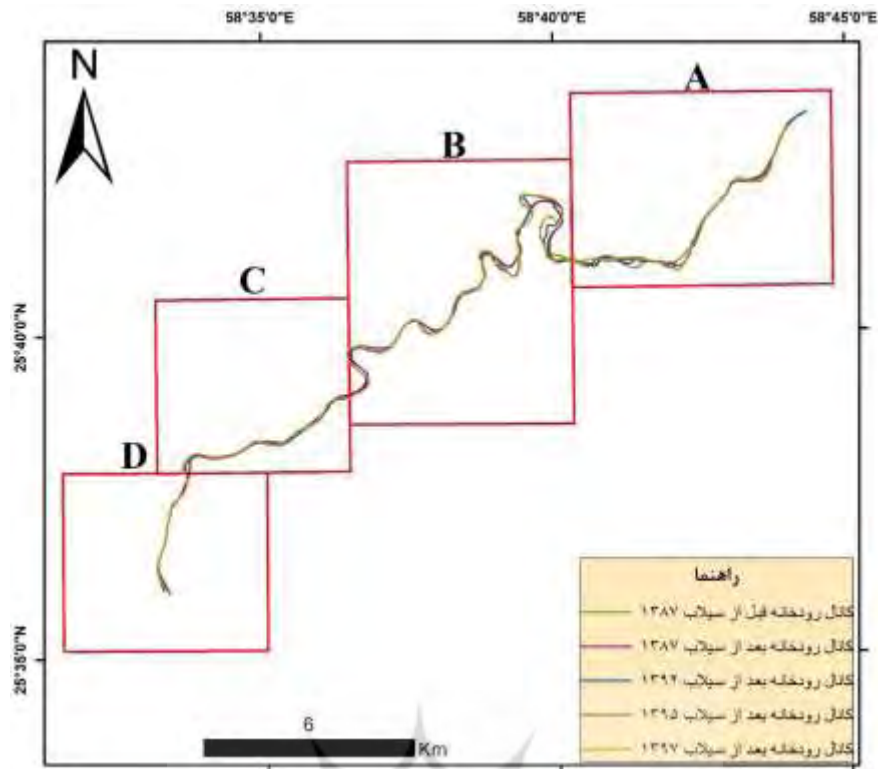
مقدار سیلاب با دوره‌های برگشت ۲ تا ۲۰۰ ساله با توزیع آماری نرمال، لوگ نرمال دو پارامتری، پیرسون تیپ ۳، لوگ پیرسون تیپ ۳، گامبل محاسبه شد. مناسب‌ترین تابع توزیع که با داده‌های هیدرولوژی (دبی) مطابقت داشت در مدل پیرسون تیپ ۳ مشاهده شد. بر اساس آن سیلاب سال ۱۳۸۷، دارای دوره بازگشت ۲ ساله و سیلاب‌های با دبی‌های مربوط به ۱۳۹۲ و ۱۳۹۵ با دوره بازگشت ۳ ساله و سیلاب سال ۱۳۹۷ با دبی پیک ۱۱۶۷/۷۳ مترمکعب بر ثانیه دارای دوره بازگشت ۵ ساله می‌باشد.

۳.۱. ارزیابی ویژگی‌های مورفولوژی رودخانه سدیح

لایه کانال فعال برای قبل و بعد از سیلاب‌ها از تصاویر ماهواره‌ای استخراج و مسیر رودخانه بر اساس فرم رودخانه به چهار بازه A, B, C و D تقسیم شد (شکل ۵). بررسی ویژگی‌های مورفولوژیکی و تغییرات آن‌ها در قبل و بعد از هر سیلاب به‌طور جداگانه و تغییرات مورفولوژی رودخانه از قبل از سیلاب ۱۳۷۸ تا بعد از ۱۳۹۷ برای کل مسیر رودخانه و بازه‌های مورد مطالعه مورد ارزیابی قرار گرفت.

۱.۳.۱. بررسی ویژگی‌های مورفولوژی کل مسیر رودخانه برای هر سیلاب شاخص

منطقه مورد مطالعه یکی از مناطق سیل‌خیز جنوب شرق ایران می‌باشد. در طی سال سیلاب‌های متعددی در آن رخ می‌دهد. افزایش عرض رودخانه در طی سیل به عوامل مختلفی مانند قدرت جریان، سطح جریان، تنش برشی، دبی ویژه بستگی دارد (کراپچ و همکاران^۱، ۲۰۱۱). از آنجاکه، در این مطالعه به بررسی چهار سیلاب شاخص با دبی بالا در طی سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۷ پرداخته شده است بنابراین نقش وقوع سیلاب‌های دیگر با دبی‌های متفاوت بین سیلاب‌های شاخص را نباید در تغییرات مورفولوژی رودخانه بی‌تأثیر دانست؛ بنابراین بر طبق منبع (برتولد^۲ و همکاران، ۲۰۱۰) و به‌مانند کار چاپل^۳ و همکاران، (۲۰۰۳) که نشان داد جریان‌های کم و فرکانس بالا ظاهر کانال را از طریق توزیع مجدد رسوب تغییر می‌دهند؛ در دو سیلاب ۱۳۸۷ و ۱۳۹۲ که دبی آن‌ها کمتر از سایر سیلاب‌ها می‌باشند، کاهش جریان و رسوب‌گذاری در برخی قسمت‌ها باعث کاهش کلی عرض رودخانه حدود ۶/۵۴ متر برای سیلاب ۱۳۸۷ و به میزان ۵/۱۳ متر برای سیلاب ۱۳۹۲ شده است؛ اما دو سیلاب ۱۳۹۵ به میزان ۳ متر و ۱۳۹۷ به میزان ۱۳/۸ متر با دبی و حجم زیاد باعث افزایش عرض کانال شده‌اند ویژگی‌های مورفولوژی مسیر مورد مطالعه برای دو تاریخ قبل و بعد از سیلاب‌ها محاسبه شده و در جدول ۳ نشان داده شده است. در ارزیابی تغییرات طول رودخانه دلتای سدیح در اثر سیلاب‌ها، نتایج نشان می‌دهد که پس از وقوع سیلاب‌های سال ۱۳۸۷ به میزان ۰/۷۲ کیلومتر، ۱۳۹۲، ۰/۱۷ کیلومتر و سال ۱۳۹۵ به میزان ۰/۶۹ کیلومتر طول رودخانه افزایش یافته است. این سیلاب‌ها دارای دبی کمتری نسبت به سیلاب ۱۳۹۷ می‌باشند و هرچند که این افزایش طول پس از هر سیلاب به یک کیلومتر هم نمی‌رسد اما به جهت بالا بودن میزان دبی پیک هر کدام از این سیلاب‌ها نیز جریان در برخی نقاط تغییر مسیر داده و مسیر طولانی‌تری را طی کرده است؛ در سیلاب ۱۳۹۷ به دلیل شدت و سرعت بالای جریان که دارای دبی پیک ۱۱۶۷/۷۳ مترمکعب بر ثانیه است طول رودخانه به میزان ۰/۱۶ کیلومتر کاهش یافته است (جدول ۳). در مناطق ساحلی و دلتایی سدیح به دلیل شیب متوسط ۰/۰۶ درصد و جنس رسوبات (ماسه‌بادی، رس و سیلت) رودخانه دارای الگوی پیچان‌رودی است (شایان و همکاران ۱۳۹۳) و همان‌طور که در (جدول ۳) نشان داده شده که الگوی مسیر مورد مطالعه رودخانه سدیح برای قبل و بعد از وقوع تمامی سیلاب‌ها، بر طبق الگوی ولفرت، دارای الگوی پیچان‌رودی بوده است. شاخص دیگر مورد بررسی، ضریب RNCI می‌باشد که با توجه به اینکه، اگر مقدار RNCI منفی باشد، فرآیند غالب رودخانه رسوب‌گذاری است و در صورتی که مقدار RNCI مثبت باشد، فرآیند غالب رودخانه فرسایش است (نلسون^۴ و همکاران، ۲۰۱۳). بر این اساس ضریب RNCI در کل مسیر مورد مطالعه رودخانه، به جزء سیلاب ۱۳۹۲ که به میزان بسیار ناچیزی ۰/۰۶ متر فرآیند رسوب‌گذاری داشته، بقیه سیلاب‌ها با توجه به محاسبات انجام شده دارای فرآیند فرسایشی می‌باشند (جدول ۳).



شکل (۵): رودخانه سدیج قبل و بعد از سیلاب ۱۳۸۷ و بعد از سیلاب ۱۳۹۲، بعد از سیلاب ۱۳۹۵ و بعد از سیلاب ۱۳۹۷

Fig (5): Sedij River before and after the flood of 2009 and after the flood of 2014, after the flood of 2017, and after the flood of 2019

جدول (۳): ویژگی‌های مورفولوژی محدوده مورد مطالعه از رودخانه سدیج

Table (3): Morphological characteristics of the studied area of Sedij River

RNCI (M/Event)	مساحت رسوب‌گذاری شده (هکتار)	مساحت فرسایش یافته (هکتار)	ضریب خمیدگی	طول جریان (کیلومتر)	طول دره (کیلومتر)	مساحت کانال فعال (هکتار)	میانگین عرض (متر)	تاریخ	
								روز ماه سال)	
۱/۱۲	۴۱/۹۷	۱۲۱	۱/۴۰	۳۱/۵۵	۲۲/۶۱	۴۳۹/۸۰	۱۱۷/۵	۵ بهمن ۱۳۸۷	قبل از سیلاب
									بعد از سیلاب
-۰/۰۶	۵۶/۳۹	۵۱/۹۱	۱/۴۷	۳۳/۷۲	۲۲/۹۹	۳۷۱/۵۵	۹۵/۸۵	۳۰ دی ۱۳۹۲	قبل از سیلاب
									بعد از سیلاب
۱/۹۹	۳۶/۱۷	۵۹/۲۵	۱/۵۶	۳۵/۰۰	۲۲/۴۱	۳۴۱/۰۵	۸۳/۸	۶ بهمن ۱۳۹۵	قبل از سیلاب
									بعد از سیلاب
۸/۱۹	۱۳/۶۱	۶۹/۱۶	۱/۵۶	۳۵/۲۲	۲۲/۵۱	۲۴۰/۵۱	۶۵/۵	۱۵ بهمن ۱۳۹۷	قبل از سیلاب
									بعد از سیلاب

۲.۳.۱. بررسی ویژگی‌های مورفولوژی بازه‌های مورد مطالعه رودخانه برای هر سیلاب شاخص

با وجود اینکه در مجموع، عرض کانال فعال در سیلاب‌های سال‌های ۱۳۸۷ و ۱۳۹۲ کاهش یافته اما در بررسی بازه‌های چهارگانه منطقه مورد مطالعه مشخص گردید که اثر سیلاب بر روی تعریض کانال رودخانه‌ها در بازه‌ها متفاوت بوده است. بیشترین تعریض بعد از سیلاب‌های ۱۳۸۷ و ۱۳۹۲ مربوط به بازه B و پس از سیلاب‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۷ مربوط به بازه‌های A و B می‌باشد هم‌چنین کمترین تعریض پس از سیلاب‌های ۱۳۸۷ و ۱۳۹۲ مربوط به بازه A و برای سیلاب‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۷ به ترتیب بازه‌های D و C می‌باشد (جدول ۴).

در بررسی تغییرات طول رودخانه در بین بازه‌ها نتایج نشان می‌دهد که بیشترین افزایش طول رودخانه پس از سیلاب ۱۳۸۷ مربوط به بازه B و برای سیلاب‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۵ مربوط به بازه A و در اثر سیلاب ۱۳۹۷ در هیچ‌کدام از بازه‌ها افزایش طول رودخانه مشاهده نشده است. در مقابل بیشترین کاهش طول رودخانه برای سیلاب‌های ۱۳۸۷ و ۱۳۹۲ در بازه D بوده و برای سیلاب‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۷ مربوط به بازه‌های C و D بوده است (جدول ۴).

در بین بازه‌ها بیشترین میزان ضریب خمیدگی پس از تمامی سیلاب‌های مورد مطالعه مربوط به بازه B بوده و دارای الگوی پیچان‌رودی شدید است و کمترین ضریب خمیدگی مربوط به بازه D و دارای الگوی سینوسی و گاهی مستقیم است. (جدول ۵). در بین بازه‌ها در تمامی سیلاب‌ها با توجه به مقادیر RNCI بیشترین میزان فرسایش، مربوط به بازه B می‌باشد. (جدول ۶ و شکل ۶).

جدول (۴): مقادیر ویژگی‌های مورفولوژی رودخانه در بازه‌های مورد مطالعه برای سیلاب‌های شاخص

Table (4): The values of river morphology characteristics in the studied reaches for the index floods

سال سیلاب	بازه	عرض متوسط رودخانه قبل از سیلاب (متر)	عرض متوسط رودخانه بعد از سیلاب (متر)	طول رودخانه قبل از سیلاب (متر)	طول رودخانه بعد از سیلاب (متر)	مساحت قبل از سیلاب (هکتار)	مساحت بعد از سیلاب (هکتار)
۱۳۸۷	A	۹۵/۳	۷۰/۹	۹۶۳۸/۴	۹۵۰۹/۱	۱۰۶/۸	۱۳۵/۸
	B	۱۱۲/۸	۱۳۵/۴	۱۲۴۸۷/۱	۱۳۳۹۴/۷	۱۷۳/۵	۲۲۰/۲
	C	۱۴۴/۳	۱۵۷/۹	۵۶۵۱/۳	۵۶۶۵/۹	۹۱/۷	۱۰۱/۸
	D	۱۴۴/۹	۱۳۳/۷	۳۷۷۷/۸	۳۷۰۵/۹	۶۷/۸۷	۵۹/۷۴
۱۳۹۲	A	۱۰۴/۸	۸۷/۵	۹۲۴۲/۴	۹۵۰۹/۱	۱۱۱/۳	۱۰۴/۷
	B	۸۱/۷	۸۹/۰	۱۵۰۳۲/۸	۱۵۱۷۲/۰	۱۴۸/۰	۱۵۷/۲
	C	۱۰۶/۸	۹۹/۹	۵۷۰۸/۰	۵۷۴۰/۶	۶۹/۰	۶۷/۶
	D	۱۰۱/۱۵	۸۸/۸	۳۷۳۷/۳	۳۴۶۷/۹	۴۳/۳	۳۵/۱
۱۳۹۵	A	۷۳/۹	۸۰/۴	۸۶۴۶/۳	۸۹۰۳/۸	۷۵/۰	۹۰/۴
	B	۶۹/۷	۷۴/۷	۱۶۲۱۳/۴	۱۶۵۵۸/۷	۱۲۸/۲	۱۴۳/۹
	C	۹۸/۱	۱۰۰/۶	۵۸۳۱/۴	۵۸۹۱/۸	۶۵/۶	۶۶/۷
	D	۱۲۵/۷	۱۱۶/۱	۴۳۱۲/۹	۴۳۳۹/۵	۷۲/۳	۶۳/۱
۱۳۹۷	A	۵۷/۰	۷۴/۱	۸۹۳۳/۳	۸۹۵۹/۲	۶۴/۳	۷۵/۹
	B	۴۶/۱	۵۹/۶	۱۶۷۹۳/۹	۱۶۸۱۲/۲	۷۴/۶	۱۰۲/۷
	C	۹۷/۴	۱۰۲/۵	۵۹۷۱/۰	۵۸۰۹/۸	۶۴/۵	۶۸/۲
	D	۸۹/۹۳	۱۱۳/۱	۳۵۱۷/۶	۳۴۷۷/۳	۳۷/۲	۴۹/۳

جدول (۵): مقادیر ضریب خمیدگی قبل و بعد از سیلاب‌ها برای بازه‌های مورد مطالعه

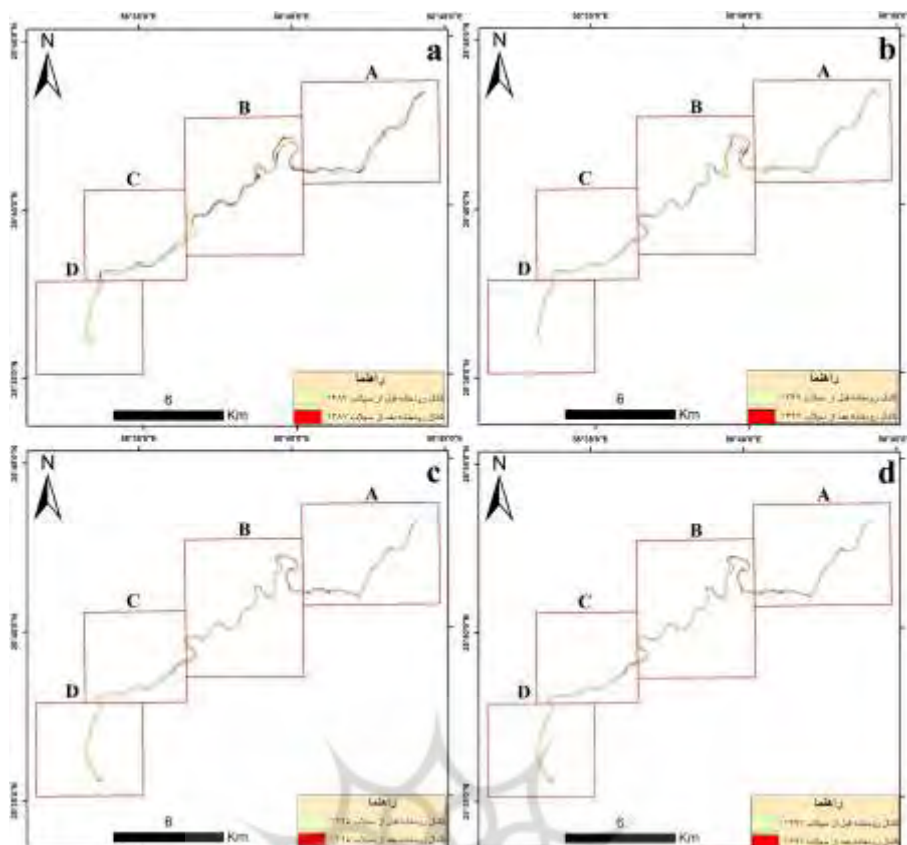
Table (5): values of curvature coefficient before and after floods for the studied reaches

سال سیلاب	بازه	ضریب خمیدگی قبل از سیلاب	الگوی رودخانه	ضریب خمیدگی بعد از سیلاب	الگوی رودخانه
۱۳۸۷	A	۱/۱۷	سینوسی	۱/۲۰	سینوسی
	B	۱/۷۶	پیچان‌رودی	۱/۸۳	پیچان‌رودی
	C	۱/۱۰	سینوسی	۱/۱۰	سینوسی
	D	۱/۰۷	سینوسی	۱/۰۷	سینوسی
۱۳۹۲	A	۱/۱۷	سینوسی	۱/۱۹	سینوسی
	B	۲/۰۱	پیچان‌رودی شدید	۲/۰۲	پیچان‌رودی شدید
	C	۱/۱۱	سینوسی	۱/۱۱	سینوسی
	D	۱/۰۶	سینوسی	۱/۰۵	مستقیم
۱۳۹۵	A	۱/۲۰	سینوسی	۱/۲۴	سینوسی
	B	۲/۱۵	پیچان‌رودی شدید	۲/۱۸	پیچان‌رودی شدید
	C	۱/۱۳	سینوسی	۱/۱۳	سینوسی
	D	۱/۰۹	سینوسی	۱/۰۹	سینوسی
۱۳۹۷	A	۱/۲۲	سینوسی	۱/۲۳	سینوسی
	B	۲/۲۱	پیچان‌رودی شدید	۲/۲۱	پیچان‌رودی شدید
	C	۱/۱۴	سینوسی	۱/۱۱	سینوسی
	D	۱/۰۶	سینوسی	۱/۰۶	سینوسی

جدول (۶): مقادیر مساحت بخش فرسایش یافته و رسوب‌گذاری شده و ضریب RNCI، برای بازه‌های سیلاب‌های مورد مطالعه

Table (6): The values of the area of the eroded and sedimented part and the RNCI index, for the reaches of the studied floods

سال سیلاب	بازه	مساحت فرسایش یافته (ha)	مساحت رسوب‌گذاری شده (ha)	RNCI (M/Event)
۱۳۸۷	A	۳۹/۲۹	۱۱/۸۴	۰/۵۹
	B	۶۱/۲۴	۱۳/۰۰	۱/۹۶
	C	۱۹/۰۴	۸/۰۷	۰/۶۵
	D	۱/۴۶	۹/۰۴	-۰/۷۱
۱۳۹۲	A	۱۲/۲۲	۱۸/۸۷	-۰/۲۷
	B	۳۱/۲۷	۲۱/۹۵	۰/۴۰
	C	۷/۰۱	۸/۹۵	-۰/۱۲
	D	۱/۴۱	۶/۶۱	-۰/۴۹
۱۳۹۵	A	۱۸/۸۸	۳/۷۸	۰/۸۹
	B	۲۹/۴۳	۱۳/۳۲	۱/۳۶
	C	۷/۷۱	۶/۷۸	۰/۵۱
	D	۳/۲۴	۱۲/۲۹	۰/۲۸
۱۳۹۷	A	۶/۱۰	۱۷/۴۷	۰/۸۰
	B	۲/۳۰	۳۱/۲۲	۲/۰۴
	C	۵/۱۰	۸/۵۳	۰/۳۵
	D	۱۱/۹۴	۰/۱۲	۱/۷۴



شکل (۶): میزان فرسایش و رسوب گذاری رودخانه در طی سیلاب‌ها (a: ۱۳۸۷، b: ۱۳۹۲، c: ۱۳۹۵، d: ۱۳۹۷)
 Fig (6): The values of river erosion and sedimentation during floods (a: 2009, b: 2014, c: 2017, d: 2019)

۳.۳.۱. ارزیابی تغییرات ویژگی‌های مورفولوژی رودخانه سدیح (از قبل از سیلاب ۱۳۸۷ تا بعد از سیلاب ۱۳۹۷)

نتایج به دست آمده از مقادیر ویژگی‌های مورفولوژی ۱۳۸۷ و ۱۳۹۷ نشان می‌دهد که به مرور زمان و بر اثر وقوع سیلاب‌های مکرر با دبی متفاوت، بر اساس نتایج جدول ۷ در بخش‌های مختلف رودخانه رسوب گذاری بیشتر از فرسایش در رودخانه صورت گرفته و کانال رودخانه از نظر عرض، مساحت و طول دره کاهش یافته است (جدول ۷، شکل ۷). هم‌چنین طول رودخانه از ۳۱/۵۵ کیلومتر به ۳۵/۰۶ کیلومتر تغییر کرده است و به مقدار ۳۵۱۰ متر افزایش یافته است. بر اساس الگوی ولفرت مقدار ضریب خمیدگی از قبل از سیلاب ۱۳۸۷ تا بعد از سیلاب ۱۳۹۷ بین ۲- ۱/۲۵ بوده است و الگوی رودخانه پیچان رودی بوده است و بر طبق منبع (یمانی، ۱۳۷۷) رودخانه‌ها بر روی دلتا به جهت شیب بسیار کم و جنس رسوبات (ماسه‌بادی، رس و سیلت) دارای الگوی پیچان رودی هستند. این رودخانه نیز طی این دوره زمانی دارای الگوی پیچان رودی است. باین وجود ضریب خمیدگی به میزان ۰/۱۶ افزایش داشته است و نشان دهنده افزایش سینوسی رودخانه است (شدت خم‌ها) است که احتمال دارد در سال‌های آینده و سیلاب‌های بعدی، الگوی رودخانه به الگوی پیچان رودی شدید تبدیل شود. بر اساس جدول ۷ از سال ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۷ میزان رسوب گذاری در رودخانه به مقدار ۲۴۱/۴۳ هکتار افزایش یافته است و بر اساس مقدار ضریب RNCI با وجود وقوع سیلاب‌هایی با دبی بالا، روند غالب در طی این دوره زمانی رسوب گذاری بوده است (جدول ۷، شکل ۸). هم‌چنین در بررسی بازه‌ها عرض رودخانه در تمامی بازه‌ها روند کاهشی داشته و بیشترین کاهش با ۵۳/۲ متر در بازه B و کمترین با ۲۱/۲ متر مربوط به بازه A می‌باشد. از نظر طول رودخانه نیز بازه‌های B و C دارای روند افزایشی و بازه‌های A و D روند کاهشی داشته‌اند (جدول ۸). با توجه به نتایج ضریب خمیدگی بازه‌ها، از حدفاصل ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۷ و بر اساس الگوی ولفرت مقادیر ضریب خمیدگی سه بازه A, B, C بین ۱/۲۵ - ۱/۰۶ است و دارای الگوی سینوسی هستند؛ و الگوی رودخانه در بازه B از الگوی پیچان رودی به پیچان رودی شدید تغییر یافته است (جدول ۵). از نظر میزان فرسایش و رسوب گذاری مشاهده می‌شود که در طی سال‌های ۱۳۸۷ تا

۱۳۹۷ در تمامی بازه‌ها رسوب‌گذاری بیشتر از فرسایش صورت گرفته است. نتایج به‌دست‌آمده RNCI این روند را تأیید کرده و بر اساس آن در چهار بازه روند غالب رسوب‌گذاری بوده است. در نهایت با توجه به نتایج بازه B در بین بازه‌ها بیشترین تغییرات را داشته است که لازم است در برنامه‌ریزی‌ها در نظر گرفته شود (جدول ۸، شکل ۸)

جدول (۷): تغییرات ویژگی‌های مورفولوژی از قبل از سیلاب ۱۳۸۷ تا بعد از سیلاب ۱۳۹۷ در محدوده مورد مطالعه رودخانه سدبج (علامت منفی کاهش را نشان می‌دهد)

Table (7): Changes in morphological characteristics from before the flood of 2009 to after the flood of 2019 in the studied area of Sedij River (the negative sign shows a decrease)

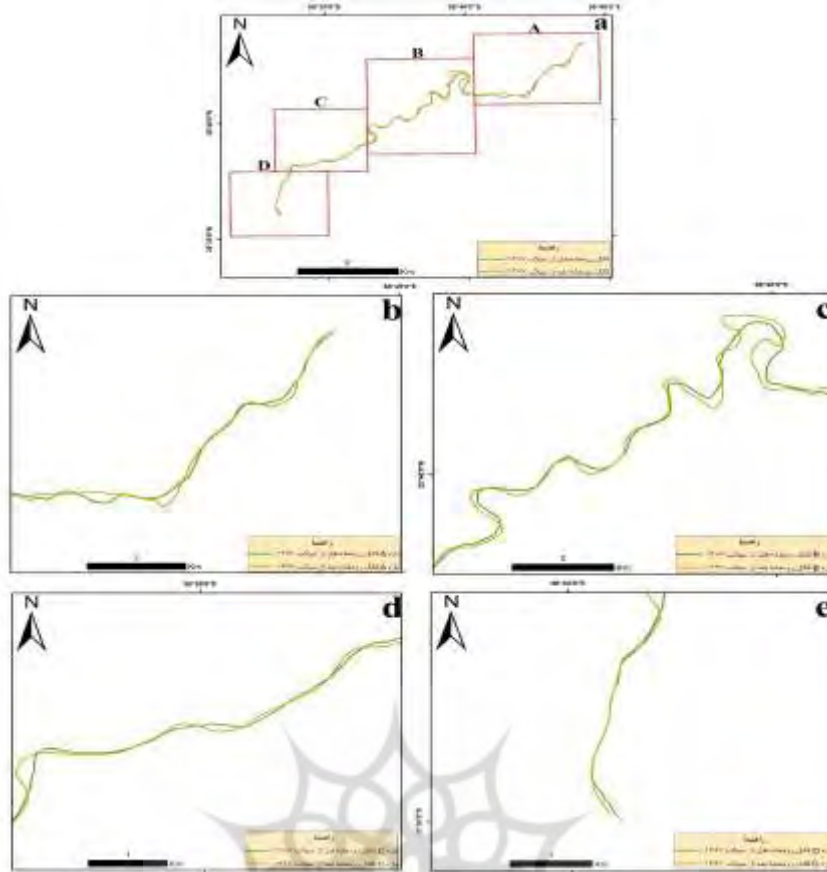
RNCI (M/Event)	مساحت رسوب‌گذاری شده (هکتار)	مساحت فرسایش یافته (هکتار)	ضریب خمیدگی	طول جریان (کیلومتر)	طول دره (کیلومتر)	مساحت کانال فعال (هکتار)	میانگین عرض (متر)	تاریخ (روز ماه سال)	
								قبل از سیلاب	بعد از سیلاب
-۰/۰۱۷	۲۴۱/۴۳۰۸	۱۱۴/۷۲۱۵	۱/۴۰	۳۱/۵۵	۲۲/۶۱	۴۳۹/۸۰	۱۱۷/۵	۵ بهمن ۱۳۸۷	قبل از سیلاب
			۱/۵۶	۳۵/۰۶	۲۲/۴۱	۲۹۶/۰۶	۷۹/۳	۱۵ بهمن ۱۳۹۷	بعد از سیلاب
			۰/۱۶	+۳/۵۱	-۰/۲	-۱۴۲/۷۴	-۳۸/۲	۱۳۷۸ تا بعد از سیلاب ۱۳۹۷	قبل از سیلاب

جدول (۸): تغییرات ویژگی‌های مورفولوژی از قبل از سیلاب ۱۳۸۷ تا بعد از سیلاب ۱۳۹۷ برای بازه‌های مورد مطالعه (علامت منفی کاهش را نشان می‌دهد)

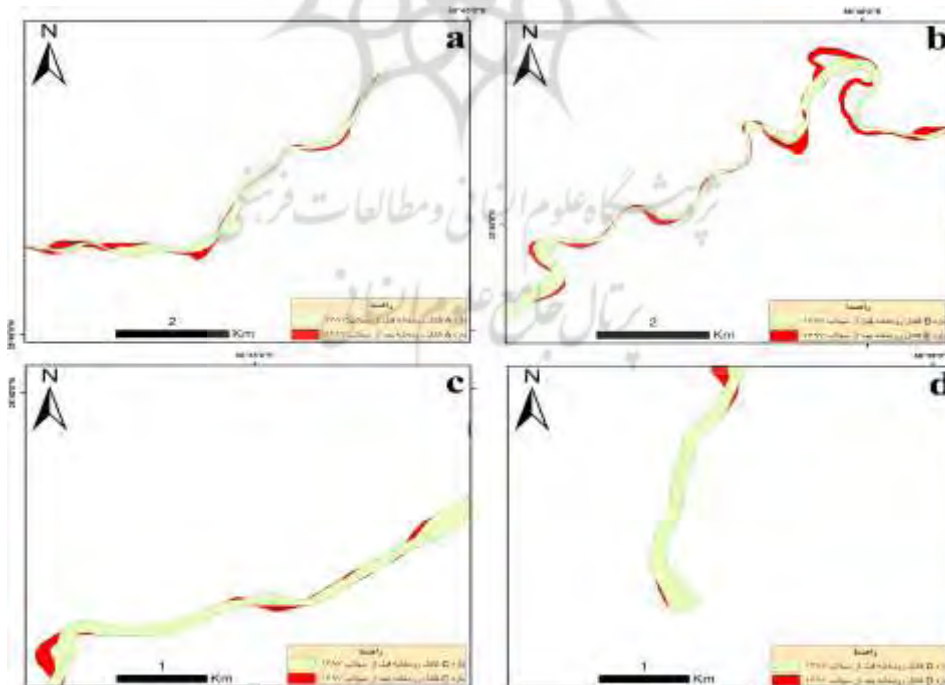
Table (8): Changes in morphological characteristics from before the flood of 2009 to after the flood of 2019 for the studied reaches (the negative sign shows a decrease)

RNCI (M/Event)	مساحت فرسایش یافته (ha)	مساحت رسوب‌گذاری (ha)	ضریب خمیدگی	طول رودخانه (متر)	متوسط عرض رودخانه (متر)	بازه‌ها
-۰/۰۱۲	۳۰/۲۹۵۲۵	۶۱/۳۲۷۳۸	۰/۰۶	-۶۷۹/۲	-۲۱/۲	A
-۰/۰۲۸	۶۳/۲۸۶۵۲	۱۳۳/۶۵۵۵	۰/۴۵	۴۳۲۵/۱	-۵۳/۲	B
-۰/۰۱۲	۱۹/۰۴۴۷۱	۳۹/۸۵۱۸۸	۰/۰۱	۱۵۸/۵	-۴۱/۸	C
-۰/۰۱۸	۲/۰۹۵۱	۲۲/۹۳۷۶۵	-۰/۰۱	-۳۰۰/۵	-۳۱/۸	D

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل (۷): a: کانال رودخانه قبل از سیلاب ۱۳۸۷ و بعد از سیلاب ۱۳۹۷ b: بازه A، c: بازه B، d: بازه C، e: بازه D
 Fig (7): a: river channel before the flood of 2009 and after the flood of 2019 b: reach A, c: reach B, d: reach C, e: reach D



شکل (۸): میزان فرسایش و رسوب گذاری قبل از سیلاب ۱۳۸۷ و بعد از سیلاب ۱۳۹۷ a: بازه A، b: بازه B، c: بازه C، d: بازه D
 Fig (8): The values of erosion and sedimentation before the flood of 2009 and after the flood of 2019 a: reach A, b: reach B, c: reach C, d: reach D

۵. نتیجه گیری

ارزیابی تغییرات مورفولوژی رودخانه‌ها به خصوص رودخانه‌هایی که رژیم فصلی و طغیانی دارند از اهمیت زیادی برخوردار بوده و می‌تواند رویکردهای جدیدی را در راستای حفاظت از سازه‌های رودخانه‌ای و انسانی فراهم آورد. در این پژوهش به بررسی تأثیر چهار سیلاب شاخص در بازه زمانی ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۷ و در تاریخ‌های ۵ بهمن ۱۳۸۷، ۳۰ دی ۱۳۹۲، ۶ بهمن ۱۳۹۵ و ۱۵ بهمن ۱۳۹۷، پرداخته و نشان داده شد که هر سیلاب با توجه به ویژگی‌های هیدرولوژیکی خود از جمله میزان دبی و شدت آن، تأثیر متفاوتی را بر روی مورفولوژی رودخانه داشته است. نتایج نشان داد شدیدترین سیلاب مربوط به سال ۱۳۹۷ بوده که فاصله بازگشت سیل ۵ سال تخمین زده شده است. این سیلاب بیشترین تأثیر را بر روی ویژگی‌های مورفولوژی رودخانه مانند طول، عرض کانال فعال و ضریب خمیدگی داشته است و اثر اصلی آن جابجایی رسوبات کانال و فرسایش شدید کرانه در چندین بخش بوده است. هم‌چنین بررسی‌ها نشان می‌دهد در حدفاصل سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۷ میزان رسوب‌گذاری بیشتر از فرسایش صورت گرفته است و به تبع آن عرض کانال کاهش یافته است. کاهش عرض رودخانه باعث می‌شود که در زمان وقوع سیلاب‌ها با دبی بالا، علاوه بر اینکه فرسایش کناری اتفاق می‌افتد حجم سیلاب نیز از بستر خارج شده و وارد دشت سیلابی شود از این رو مناطق مسکونی و طبیعی اطراف را مورد تهدید قرار داده و خسارات زیادی را به جای گذارد. با این حال، الگوی کلی مسیر مورد مطالعه رودخانه در طی سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۷ به شکل پیچان‌رودی بوده است. هم‌چنین در بررسی بازه‌ها نیز یافته‌ها نشان داد که پس از وقوع هر سیلاب شاخص و در حدفاصل سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۷، بیشترین بخش رودخانه که دچار تغییرات مورفولوژی شده و می‌تواند برای ساکنین روستایی و زمین‌های زراعی آن‌ها خطرآفرین و مشکل‌ساز شود، ابتدا بازه B و سپس بازه A بوده است. از این رو مخاطرات تکامل پیچان‌رودها و تغییر مسیر دادن رودخانه برای تهدید آبادی‌ها و سازه‌های استقرار یافته در این بخش‌ها، دور از انتظار نیست؛ وقوع سیلاب‌های سهمگین، دسترسی سخت به منطقه و صعب‌العبور بودن اطراف رودخانه به دلیل وجود پوشش گیاهی نظیر کهور، کرت، مطالعات بر روی این رودخانه را سخت و محدود کرده است؛ بنابراین در جهت کاهش و کنترل مخاطرات ناشی از سیلاب‌های این منطقه، انجام مطالعات پایه و اجرای طرح‌های عمرانی و فعالیت‌های حفاظتی و هدایت بهینه آب به مناطق پایین دست لازم و ضروری است.

سپاسگزاری

مقاله‌ی حاضر حاصل پژوهش رساله‌ی دکتری و با حمایت صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران در غالب کارگروه رساله مستقل دکتری با شماره ۴۰۰۳۱۰۰ می‌باشد. نویسندگان کمال تشکر خود را جهت اعتلای مادی و معنوی این پژوهش اعلام می‌دارند.

منابع:

- Ahmadzadeh Heravi, M., Samadian, M.R. (1995). Geological report and map, Sheet of Pyveshk Scale 1:100000, The Geological Survey and Mineral Exploration of Iran, No 7741. (in Persian).
- Alexandrov, Y., Laronne, J. B., & Reid, I. (2007). Intra-event and inter-seasonal behaviour of suspended sediment in flash floods of the semi-arid northern Negev, Israel. *Geomorphology*, 85(1-2), 85-97.
- Alavinia, S. H., & Zarei, M. (2022). climate change trends analysis using by extreme indices of long-term rainfall and temperature in South East of Iran. *Regional Planning*, 11(44), 119-134.
- Bertoldi, W., Zanoni, L., & Tubino, M. (2010). Assessment of morphological changes induced by flow and flood pulses in a gravel bed braided river: The Tagliamento River (Italy). *Geomorphology*, 114(3), 348-360.

- Chappell, A., Heritage, G. L., Fuller, I. C., Large, A. R., & Milan, D. J. (2003). Geostatistical analysis of ground survey elevation data to elucidate spatial and temporal river channel change. *Earth Surface Processes and Landforms: The Journal of the British Geomorphological Research Group*, 28(4), 349-370.
- Dong, Q., Wang, X., Ai, X., & Zhang, Y. (2007). Study on flood classification based on project pursuit and particle swarm optimization algorithm. *Journal of China Hydrology*, 4(2).
- Esfandyari-darabad, F., Mostafazadeh, R., Abyat, A., & Naseri, A. (2021). Determination of Meander Pattern in Gharehsou River Using Sinuosity Coefficients and Central Angle in Anzab-Samian Bridge reach. *Journal of Applied researches in Geographical Sciences*, 21(61), 119-131. (in Persian).
- Farquharson, F. A. K., Meigh, J. R., & Sutcliffe, J. V. (1992). Regional flood frequency analysis in arid and semi-arid areas. *Journal of Hydrology*, 138(3-4), 487-501.
- Gharbi, M., Soualmia, A., Dartus, D., & Masbernat, L. (2016). Floods effects on rivers morphological changes application to the Medjerda River in Tunisia. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, 64(1), 56.
- Ghosh, S., Hoque, M. M., Islam, A., Barman, S. D., Mahammad, S., Rahman, A., & Maji, N. K. (2023). Characterizing floods and reviewing flood management strategies for better community resilience in a tropical river basin, India. *Natural Hazards*, 115(2), 1799-1832.
- Hooke, J. M. (2016) a. Geomorphological impacts of an extreme flood in SE Spain. *Geomorphology*, 263, 19-38.
- Hooke, J. M. (2016) b. Morphological impacts of flow events of varying magnitude on ephemeral channels in a semiarid region. *Geomorphology*, 252, 128-143.
- Hooke, J. M. (2015). Variations in flood magnitude-effect relations and the implications for flood risk assessment and river management. *Geomorphology*, 251, 91-107.
- Jokar Sarhangi, Eesa, Talank, Ebrahim, & Lorestani, Ghasem. (2018). An assessment of morphometry changes with emphasis on meanders (Case Study: Chehelchay-Narmab River). *Geographical Planing of Space*, 7(26), 17-30. (in Persian).
- Khaleghi, S., & Surian, N. (2019). Channel adjustments in Iranian rivers: a review. *Water*, 11(4), 672.
- Khosraftar, R., Ahmadi, A., Fayzolah Poor, M., & Hamedi, N. (2019). A Study of Gezel Ozan River Meanders in Mahnesan County-Zanjan province. *Quantitative Geomorphological Research*, 7(4), 15-30. (in Persian).
- Krapesch, G., Hauer, C., & Habersack, H. (2011). Scale orientated analysis of river width changes due to extreme flood hazards. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 11(8), 2137-2147.
- Lumbroso, D., & Gaume, E. (2012). Reducing the uncertainty in indirect estimates of extreme flash flood discharges. *Journal of hydrology*, 414, 16-30.
- Leopold, L. B., Wolman, M. G., Miller, J. P., & Wohl, E. E. (2020). *Fluvial processes in geomorphology*. Courier Dover Publications.
- Magliulo, P., Bozzi, F., Leone, G., Fiorillo, F., Leone, N., Russo, F., & Valente, A. (2021). Channel adjustments over 140 years in response to extreme floods and land-use change, Tamaro River, southern Italy. *Geomorphology*, 383, 107715.
- Nohegar, A., & Yamani, M. (2005). Reviwe of Meandering geomorphological situation and its role in the erosion of bed and sides river Minab (downstream Minab). *Geographical Studies*, 51, 65-85. (in Persian).
- Nelson, N. C., Erwin, S. O., & Schmidt, J. C. (2013). Spatial and temporal patterns in channel change on the Snake River downstream from Jackson Lake dam, Wyoming. *Geomorphology*, 200, 132-142.

- Pars Shahr Javadan Consulting Engineers Company. (2016). Rural guide plan Lirdaf, (Jask City). Hormozgan provincial Government. (in Persian).
- Rezaei Moghaddam, M. H., Sarvati, M. R., & Asghari Saraskanrud, S. (2012). Examining Meandering Pattern of River, Using the Indexes of Curvature Coefficient and Central Angle (Case Study: Ghezel Ozen River: Range between 30km from Mianeh City to Political Border Zanjan). *Geography Society of Iran*, 85-102. (in Persian).
- Rezaei Moghaddam, M. H. & Khoshdel, K. (2009). Research on Sinuosity of Ahar Chay Meanders in Ozomdel Plain, Varzeghan, East Azerbaijan, Iran. *Geography and Environmental Planning*, 20(1), 101-112. (in Persian).
- Rezaei Moghaddam, M. H., Nikjoo, M. R., & Maleki, H. (2018). An Investigation of morphological changes of Azadroud River pattern using geometric indices. *Geography and Environmental Planning*, 28(4), 1-16. (in Persian).
- Rajabi, M., Roostaei, S., & Akbari, B. (2019). Investigation of Meandering Pattern of Aji-Chay River Using Central Angle Indices and Curvature coefficient (Area between Bakhshayesh and Khajeh). *Hydrogeomorphology*, 6(20), 21-40. (in Persian).
- Righini, M., Surian, N., Wohl, E., Marchi, L., Comiti, F., Amponsah, W., & Borga, M. (2017). Geomorphic response to an extreme flood in two Mediterranean rivers (northeastern Sardinia, Italy): Analysis of controlling factors. *Geomorphology*, 290, 184-199.
- Shayan, S., Akbarian, M., Yamani, M., Sharifikia, M. & Maghsoudi, M. (2014). Affect of Sea Hydrodynamic on Coastal Sand Masses Formation Case study: Western Makran Coastal Palin. *Quantitative Geomorphological Researches*. 4. 86-104. (in Persian).
- Salehipour Milani, A. R., Nezhadafzali, K., & Bayatani, F. (2012). Investigation of Guno Storm and their Effects on Coastlines Geomorphology of Makran Sea use of Remot Sensing. *Scientific Quarterly Journal of Geosciences*, 21(83), 23-32. (in Persian).
- Salehipour Milani, A., & Eskandari, M. (2021). Monitoring morphotectonic evolution in the Oman Sea marine terraces (Chabahar to Quatre). *Researches in Earth Sciences*, 12(3), 202-222. (in Persian).
- Salehipour Milani, A. R., Mazroui Sabdani, R. (2020). Monitoring Marin Terraces Elevation Movement Rate in The Makran Coasts of Iran (Konarak to Kalat). *Geographical Studies of Coastal Areas Journal*, 2(4), 107-132. (in Persian).
- Suresh, A., Chanda, A., Rahaman, Z. A., Kafy, A. A., Rahaman, S. N., Hossain, M. I., ... & Yadav, G. (2022). A geospatial approach in modelling the morphometric characteristics and course of Brahmaputra River using sinuosity index. *Environmental and Sustainability Indicators*, 15, 100-196.
- Wolfert, H. P. (2001). Geomorphological change and river rehabilitation: case studies on lowland fluvial systems in the Netherlands. *Wageningen University and Research*.
- Yanami, M. (1998). The causes of periodic changes in the course of rivers on the deltas of the eastern coastal plain of Makran, *Geographical Research Quarterly*, 35(0), 34-56. (in Persian).
- Yunesian, Z., Hemmati, F., & Hossein Zade, M. M. (2022). Investigation of changes in the meandering pattern of Darbadam river, Quchan city. *Hydrogeomorphology*, 9(30), 138-125. (in Persian).
- Yousefi, S., Mirzaee, S., Keesstra, S., Surian, N., Pourghasemi, H. R., Zakizadeh, H. R., & Tabibian, S. (2018). Effects of an extreme flood on river morphology (case study: Karoon River, Iran). *Geomorphology*, 304, 30-39.