





Quantitative Evaluation of Flood Effect on River Channel Changes Case Study: Sadij River, Hormozgan Province

Naimeh Rahimi¹ , Alireza Salehipour Milani² , Somaiyeh Khaleghi³  

1- Department of Physical Geography, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

Email: n_rahimi@sbu.ac.ir

2- Department of Physical Geography, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

Email: Ar_Salehipour@sbu.ac.ir

3- (Corresponding Author) Department of Physical Geography, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

Email: s_khaleghi@sbu.ac.ir

Article Info

Article type:

Research Article

Article History:

Received:

27 November 2023

Received in revised form:

23 February 2024

Accepted:

29 March 2024

Available online:

2 May 2024

Keywords:

Flood,

River morphology,

DSAS,

Sadij,

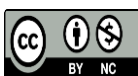
Jask.

ABSTRACT

Due to the flood regime, the rivers of the coastal plain in the east of Jask, including the Sadij, and morphological changes have caused damage to the residential and agricultural lands. Therefore, to evaluate the effects of these floods on the morphology of the Sadij River, the parameters of the channel activity (Ca) and the changes in the river banks were evaluated in 5 significant floods between 2009 and 2020. Landsat TM and OLI satellite images were used to extract river banks. According to the pattern, the river was divided into 4 reaches, and the change rate was analyzed using the DSAS plugin in ArcGIS 10.5 software. In addition, by determining the river's center line, the channel's activity index (Ca) was calculated to determine the changes in the form and the river bed. Also, to evaluate the role of sediments' texture in the banks' changes, the texture and granularity of sediments were determined after field sampling and laboratory work. The results showed that the banks' response to floods with diverse discharges was different. The dominant trend of the entire river during the studied period was erosion, and most of the changes occurred on the right bank of the river. In reach B, due to the cutting of the river meander by the flood flow in 2020, the maximum displacement of the channel and the highest amount of activity have been observed. Finally, the volume and discharge of different floods in the region have more influence than the type of sediments and the low slope in river changes at different reaches.

Cite this article: Rahimi, N., Salehipour Milani, A., & Khaleghi, S. (2024). Quantitative Evaluation of Flood Effect on River Channel Changes Case Study: Sadij River, Hormozgan Province. *Physical Geography Research Quarterly*, 56 (1), 1-23.

<http://doi.org/10.22059/JPHGR.2024.374771.1007823>



© The Author(s).

Publisher: University of Tehran Press

Extended Abstract

Introduction

Rivers and waterways have a dynamic system. These changes cause erosion and deposition on the banks and their movement and displacement. Sadij River is located in the east of Jask city. Field studies, satellite images, and Sadij Basin station hydrometric statistics show that floods occur yearly in this area. In addition to human damages, these floods caused the river to change course, eroding the banks and the river bed. The study area of this research is located in the coastal plain of Oman Sea. So, satellite images, the system Digital DSAS, as well as active channel changes were used for evaluating the river channel changes due to five significant floods (January 24, 2009; January 20, 2014; January 25, 2017; February 4, 2019; and January 11, 2020) in four selected reaches. Also, to evaluate the role of the texture of sediments in the changes of the banks, the texture and granulation were determined using the hydrometric method and sieve shaker. The process of changes in the morphology of the banks and the amount of activity of the river channel from before the flood of 2009 to after the flood of 2020 was also done for the entire path and reaches, and finally, it aims to provide solutions to reduce the damage and erosion of a river during a severe flood.

Methodology

The present study used Landsat TM and OLI satellite images of before and after five significant floods. In order to reduce the negative effects of atmospheric factors, radiometric and atmospheric corrections were performed on the images in ENVI 5.3 software. Then, in order to more accurately evaluate the effect of floods on the morphological changes of Sadij River, it was divided into four reaches (A, B, C, and D) based on the plan form and the changes in each reach. In the present study, the Digital Coastline Analysis System (DSAS) system was used to evaluate the quantitative changes of the river bank lines and the activity level of the river channel to evaluate the activity of the river channel due to significant floods. Hydrometric and shaker methods were also used after fieldwork and

sediment sampling to determine the soil texture.

Results and Discussion

In the investigation of the changes in the river bank lines, the results showed that the number of changes was related to the volume of flood discharge, and the right bank had the highest number of changes. Furthermore, among the indicator floods, the flood of 2020 had the highest number of changes due to the sudden interruption of the meander of the river in the B reach. In the investigation of the changes in the river banks before the flood of 2009 and after the flood of 2020, it was observed that according to the NSM index, the right bank has an advancing trend with an average annual change of about 8.53 meters, and the highest amount of advancement was in the B reach. The highest amount of channel activity among the indicator floods was also related to the flood of 21 January 2020, which coincided with the flood and the sudden interruption of meander in the reach B and the change of the direction river, and the amount of activity of the river channel has reached about 57.13 meters. In examining the activity level of the river channel during 11 years, the amount of activity of the river against the flow of significant floods was low, and this shows that apart from the significant floods, the river was also affected by other floods with different discharges. Also, based on the NSM index and the amount of channel activity (Ca), most bank line changes are related to reach B, which has the largest number of meanders. The results of the soil texture also showed that the majority of sediments with more than 70% in the sampled reaches were uniform and did not have a significant effect on the change of the river.

Conclusion

According to the results, the DSAS plugin is a powerful tool for detecting and analyzing river bank changes. Investigations showed that with every flood, river bank erosion was observed on the left and right banks of the river. The amount of erosion and displacement of the channel depends on the volume of the flood in Sadij River, so the flood of 2020 was the largest in the studied area due to the large volume of the discharge, which

separated the river meander. The effect of the flood on the activity of the river bed also shows that every flood event leads to the change of the channel bed, and the amount of Ca increases with the increase in the volume of the flood. However, despite the numerous floods between 2009 and 2020, the rate of Ca was not high during the studied years, and this shows that the river rebuilt itself over time and moved towards relative balance. Also, the results of the sediment texture of the banks and river bed show that due to the relative uniformity of the sediment texture (sand) along the river channel, there is no direct relationship between the change of the river course and the sediment texture, and other important factors such as the flood volume can play a decisive role. Finally, the results showed that considering the morphology of the river, it is necessary to pay special attention to the morphology of the river when carrying out construction projects such as the construction of bridges and riverside structures.

Funding

There is no funding support.

Authors' Contribution

All of the authors approved the content of the manuscript and agreed on all aspects of the work.

Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

We are grateful to all the scientific consultants of this paper.

ارزیابی کمی اثر سیلاب بر تغییرات مجرای رودخانه مطالعه موردی: رودخانه سدیج استان هرمزگان

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

۱- گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران. رایانامه: n_rahimi@sbu.ac.ir

۲- گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران. رایانامه: Ar_Salehipour@sbu.ac.ir

۳- نویسنده مسئول، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران. رایانامه: s_khaleghi@sbu.ac.ir

اطلاعات مقاله

چکیده

نوع مقاله:

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت:

۱۴۰۲/۰۹/۰۶

تاریخ بازنگری:

۱۴۰۲/۱۲/۰۴

تاریخ پذیرش:

۱۴۰۳/۰۱/۱۰

تاریخ چاپ:

۱۴۰۳/۰۲/۱۳

واژگان کلیدی:

سیلاب،
مورفولوژی رودخانه،
DSAS
سدیج،
جاسک.

رودخانه‌های جلگه ساحلی در شرق جاسک از جمله سدیج، به واسطه رژیم سیلابی، هرساله علاوه بر طغیان فصلی، به علت تغییرات مورفولوژی کانال، خسارات زیادی را بر مناطق مسکونی و کشاورزی وارد می‌آورند. از این رو باهدف ارزیابی تأثیر این سیلاب‌ها بر مورفولوژی رودخانه سدیج، پارامترهای میزان فعالیت کانال (Ca) و تغییرات کناره‌های رودخانه در ۵ سیلاب شاخص در حفاصل سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۹۹۸ مورد ارزیابی قرار گرفت. به منظور استخراج کناره رودخانه‌ها در ساحل چپ و راست تصاویر ماهواره ای لندست TM و OLI استفاده گردید. بر اساس مناطق حساس به فرسایش، رودخانه سدیج با توجه به الگو، به ۴ بازه تقسیم‌بندی شد و نرخ تغییرات با استفاده از افزونه DSAS در نرم‌افزار ArcGIS 10.5 مورد بررسی قرار گرفت. علاوه بر آن با تعیین خط مرکزی رودخانه در نرم‌افزار ArcGIS pro، شاخص فعالیت بستر رودخانه (Ca) برای تعیین تغییرات فرم و بستر رودخانه در طول دوره مورد مطالعه محاسبه گردید. همچنین، به منظور ارزیابی نقش بافت رسوبات در تغییرات کناره‌ها، پس از نمونه‌برداری میدانی و کارهای آزمایشگاهی، بافت و دانه‌بندی رسوبات تعیین گردید. نتایج این پژوهش نشان داد، واکنش کناره‌ها به سیلاب‌ها با دبی مختلف متفاوت بوده است، ولی روند غالب کل رودخانه در طول دوره زمانی مورد مطالعه فرسایش بوده و بیشترین تغییرات در ساحل راست رودخانه رخ داده است. در بازه B به علت بریدگی مئاندر رودخانه‌ای و تغییر مسیر آن توسط جریان سیلاب ۱۳۹۸، حداکثر جابجایی کانال و بیشترین میزان فعالیت را داشته است. در نهایت اینکه، در ایجاد تغییرات مسیر رودخانه در بازه‌های مختلف، بیشتر از جنس رسوبات و کم بودن شیب زمین، حجم و دبی سیلاب‌های مختلف در منطقه تأثیر بسزایی داشته است.

استناد: رحیمی، نعیمه؛ صالحی پور میلانی، علیرضا و خالقی، سمیه. (۱۴۰۳). ارزیابی کمی اثر سیلاب بر تغییرات مجرای رودخانه مطالعه موردی: رودخانه سدیج استان هرمزگان. *مجله پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، ۵۶ (۱)، ۲۳-۱.

<http://doi.org/10.22059/JPHGR.2024.374771.1007823>

مقدمه

رودخانه‌ها و آبراهه‌ها دارای سیستم پویایی بوده و دائماً در حال تغییر می‌باشند. این تغییرات موجب ایجاد فرسایش و رسوب گذاری در کناره‌ها و حرکت و جابجا شدن آن‌ها می‌شود و این تغییرات می‌تواند به تأسیسات نواحی ساحلی و کناره‌ها آسیب برساند (کیانی و همکاران، ۱۳۹۷). عوامل مختلفی مانند فعالیت‌های انسانی، نوع رسوب بستر، سیل خیزی و انحراف آبراهه در بخش‌های کناره، می‌توانند در تشدید تخریب بستر و کناره رودخانه نقش بسزایی داشته باشند (یمانی، ۱۳۹۱؛ صفاری، ۱۴۰۲؛ اصغری سراسکانرود، ۱۳۹۴). تغییرات خطوط کناره رودخانه و مخصوصاً پسروری کناره کانال در مورفودینامیک رودخانه دارای اهمیت ویژه‌ای بوده و دشت سیلابی و تکامل آن و همچنین توسعه زیستگاه‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهند (حسین زاده و همکاران، ۱۳۹۸). در سرتاسر جهان سیل یک بلای طبیعی است که اغلب غیرمنتظره و اجتناب‌ناپذیر است (Chakraborty et al., 2023). در مناطق دلتایی، سیلاب‌های شدید بر تغییرات هیدرودینامیک دلتا و میزان رسوب رودخانه‌ای اثرات قابل توجهی دارند (Wang et al., 2022; Zăinescu et al., 2019). در این مناطق جریان رودخانه‌ها و جزر و مد دریا علاوه بر انتقال رسوب در نزدیکی خورها، بر گسترش مورفودینامیک دلتاها نیز تأثیر دارند (Rahimi et al., 2017; Fu et al., 2023; Hoitink et al., 2017). مطالعات مختلفی بر روی تغییرات مورفولوژی رودخانه‌ها و سیلاب‌ها صورت گرفته است و این مطالعات، در جهت شناخت کلی فرآیند توسعه و روند تغییرات به‌منظور تحلیل پایداری و فرسایش کناره‌های رودخانه‌ها و دستیابی به قانونمندی‌های کلی صورت می‌گیرد (یمانی و همکاران، ۱۳۹۴؛ حاجی بیگلر و همکاران، ۱۳۹۲). بسیاری از این پژوهش‌ها رابطه بین دبی اوج سیلاب و تغییرات مورفولوژیکی رودخانه را مورد ارزیابی قرار می‌دهند (Bertoldi et al., 2010; Rahimi et al., 2024). در بررسی تغییرات مورفولوژی رودخانه از روش‌های مختلفی استفاده شده است از جمله این روش‌ها استفاده از سامانه سیستم تحلیل رقمی خط ساحلی (DSAS) است. از این سامانه به‌منظور ارزیابی میزان تغییرات خطوط ساحلی دریاها و کناره رودخانه‌ها در سرتاسر جهان استفاده شده است. جزایری و همکاران (۱۳۹۲) با استفاده از الگوریتم‌های DSAS به مدیریت سیلاب در رودخانه کارون پرداخته است همچنین با استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور، سامانه اطلاعات جغرافیایی و رگرسیون خطی، موقعیت قوس خارجی رودخانه را در سال ۲۰۲۰ پیش‌بینی و نشان دادند که پوشش گیاهی متراکم سبب تثبیت کناره رودخانه می‌شود و کاربری مسکونی تأثیری بر تغییرات کناره رودخانه نداشته است. یمانی و همکاران (۱۳۹۴) از طریق نیمرخ‌های متساوی‌البعده (ترانسکت)، روند تغییرات ریخت‌شناسی آبراهه بابل رود را مورد ارزیابی قرار داده و نشان دادند الگوی رودخانه در سه دوره زمانی مورد مطالعه دارای روند پسروری بوده و بازه دوم بیشترین تغییرات را داشته است و همچنین با ترانسکت بندی، تغییرات خط القعر را ناشی از عوامل طبیعی دانست. اسماعیلی و دلیری (۱۳۹۸) به تحلیل مورفولوژیکی و مورفودینامیکی رودخانه سلمان رود واقع در استان گیلان، با استفاده از عکس‌های هوایی سال‌های ۱۳۴۶ و ۱۳۷۳ و تصاویر گوگل ارث، پارامترهای هندسی رودخانه مانند طول کانال، طول موج و زاویه مرکزی و پارامترهای مورفودینامیک مانند میزان فعالیت کانال (CA)؛ مهاجرت جانبی و همپوشانی کانال را مورد بررسی قرار داده‌اند نتایج این پژوهش نشان داد که در طی دوره ۵۱ ساله، مقادیر میانگین پارامترهای هندسی تفاوت مشخصی نداشته و پارامترهای مورفودینامیک تغییرات کاهشی داشته است؛ و رودخانه سلمان رود در طی دوره مورد بررسی از تعادل دینامیک به تعادل استاتیک تغییر یافته است. جوکار سرهنگی و همکاران (۱۳۹۶) تغییرات مورفومتری رودخانه چهل چای-نرماب را با استفاده از عکس‌های هوایی و گوگل ارث در حداث سال‌های ۱۳۴۵ تا ۱۳۹۲، در چهار بازه، مورد ارزیابی قرار داده‌اند و نشان دادند در ایجاد تغییرات مورفومتری در ۴ بازه عوامل متفاوتی دخالت

داشته است. در بازه ۱ و ۲ برداشت شن و ماسه، در بازه ۳ فعالیت‌های کشاورزی اطراف رودخانه و در بازه ۴ وجود درصد بالای ماسه و شیب کم موجب پیچان‌رودی شدن رودخانه و تغییرات آن شده است، همچنین ایشان وقوع سیلاب را عامل دیگری بر ایجاد تغییرات دانسته‌اند. نیکل^۱ و همکاران (۲۰۱۰) به بررسی هندسه شکل و مهاجرت کانال رودخانه‌های پرپیچ‌وخم دار در دشت‌های کانادا پرداخته و نشان داد که رودخانه‌هایی با بستر ماسه‌ای قدرت جریان کمتر و نرخ مهاجرت کمتری نسبت به رودخانه‌هایی با بستر شنی دارند و بیان کرده که اگرچه عرض، دبی و شیب هر یک به‌تنهایی حدود ۳۰ درصد از واریانس نرخ مهاجرت را شامل می‌شود، اما در این مناطق قدرت و توان جریان بیش از نیمی از رفتار نرخ مهاجرت را تشکیل می‌دهد. بنی اسدی مقدم و رامین امینی (۱۳۹۶) مدل‌سازی عددی مورفولوژی رودخانه در اثر مستقیم سازی آن را مورد ارزیابی قرار داده و نشان دادند مستقیم سازی باعث کوتاه شدن طول کانال، افزایش شیب، کم شدن ارتفاع سیل و کم شدن میزان ضریب سینوزیته رودخانه شده و باعث ایجاد دریاچه‌های نعل اسبی و تغییرات زیادی در مورفولوژی رودخانه می‌شود. سینگ^۲ و همکاران (۲۰۲۳) به بررسی تحولات خط ساحلی رودخانه چمبال با استفاده از سنجش‌ازدور، GIS و DSAS در سه منطقه باهدف شناسایی مواردی از فرسایش خط ساحلی و استخراج غیرقانونی شن و ماسه در امتداد رودخانه چمبال پرداختند و نتایج نشان داده که در سایت چندپورا^۳ بیشترین برداشت با نرخ ۰/۶۳ متر در سال صورت گرفته است. محمود و همکاران (۲۰۲۰) به ارزیابی دینامیک کناره رودخانه مگنای پایین در بنگلادش با استفاده از GIS و DSAS در هر دو کناره پرداخته و نشان داد کناره سمت راست با سرعت متوسط ۸۱ متر در سال و کناره چپ با ۲۸ متر در سال عقب نشینی کرده است که منجر به تعریض و همچنین مهاجرت رودخانه به سمت غرب شده است. آنام^۴ و همکاران (۲۰۲۱) به مطالعه رفتار زمانی خطوط ساحلی در امتداد رودخانه‌های اصلی ساندابنس^۵ و با استفاده از سنجش‌ازدور و سیستم تجزیه و تحلیل خط ساحلی دیجیتال (DSAS) و با مقایسه خطوط ساحلی تاریخی بین رودخانه‌های مختلف سوندربن بر اساس حرکت خط کناره خالص (NBM) بافاصله زمانی پنج‌ساله برای سه دهه گذشته پرداخته است. نشان داد که منطقه غربی حرا نسبت به منطقه شرقی رفتار فرسایشی دارد. حسن زمان^۶ و همکاران (۲۰۲۳) با استفاده از مدل DSAS به کمی سازی فرسایش و رسوب کناره رودخانه گانگا پایین واقع در هند پرداخته است و نشان دادند که بر اساس نرخ خالص خط ساحلی (NSM) فرسایش در کرانه چپ دو برابر فرسایش در ساحل راست می‌باشد همچنین پیش‌بینی کردند که نرخ فرسایش تا سال ۲۰۴۲ ادامه داشته و حدود ۹۲ درصد از روستاهایی که در معرض فرسایش زیاد هستند را شناسایی کرده‌اند. ویو^۷ و همکاران، (۲۰۲۳) به بررسی فعالیت کانال رودخانه زرد با استفاده از سنجش‌ازدور پرداخته است و نشان دادند که الگوی رسوب آب رودخانه زرد پایین پس از تکمیل سد شیائولنگی^۸ از گل‌ولای تغییر کرده و رودخانه زرد پایین به تدریج در حال پایدار شدن است. مگدلنو و یوست^۹ (۲۰۱۱) به بررسی دینامیک پیچان‌رودهای در حال تغییر در رودخانه ابر-پرداخته‌اند و تغییرات شاخص‌های ژئومورفیک مانند تغییرات کانال فعال رودخانه (CA) را با استفاده از نقشه‌برداری یک بخش بزرگی از رودخانه (۲۵۰ کیلومتر) در سال‌های ۱۹۲۷، ۱۹۵۶ و ۲۰۰۳ مورد ارزیابی قرار داده و نشان دادند که بزرگ‌ترین تغییر دینامیک پیچان‌رود در قرن بیستم در بخش مرکزی بوده است و در نهایت این پژوهش به برنامه‌های مدیریتی در جهت

1. Nicoll
2. Singh
3. Chandilpura
4. Anam
5. Sundarbans
6. Hasanuzzaman
7. Wu
8. Xiaolangdi
9. Magdaleno & Yste
- 1 . Ebro

پویایی پیچان رودها کمک می‌کند. رودخانه سدیح در جنوب شرق ایران و در شرق شهرستان جاسک واقع شده است. مطالعات میدانی، تصاویر ماهواره‌ای و آمار هیدرومتری ایستگاه‌های حوضه سدیح نشان می‌دهد که سالیانه، سیلاب‌های زیادی در این منطقه جاری می‌شود. این سیلاب‌ها علاوه بر خسارات انسانی مانند تخریب مناطق مسکونی روستاهای اطراف، خسارت‌های طبیعی متعددی شامل تغییر مسیر رودخانه و فرسایش کناره‌ها و بستر رودخانه به بار می‌آورند. محدوده مورد مطالعه این تحقیق در جلگه ساحلی این رودخانه قرار گرفته است. هدف از این پژوهش ارزیابی تغییرات کناره و کانال فعال رودخانه سدیح در اثر سیلاب‌های شاخص در حدفاصل سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۸ در منطقه مورد مطالعه است. خطوط کناره چپ و راست رودخانه در دوره مورد مطالعه با استفاده تصاویر ماهواره‌ای لندست استخراج گردید و ارزیابی تغییرات کناره‌ها در قبل و بعد از سیلاب با استفاده از نرم‌افزار DSAS و مدل میزان فعالیت کانال (Ca) انجام گرفت. علاوه بر آن به منظور ارزیابی نقش بافت رسوبات در تغییرات کناره‌ها پس از نمونه‌برداری میدانی و با استفاده از روش هیدرومتری و استفاده از الک شیکر، بافت و دانه‌بندی مورد بررسی قرار گرفته است.

روش پژوهش

مطالعه حاضر، از نظر هدف پژوهش، از نوع کاربردی است و از جنبه روش پژوهش، از نوع تحلیلی می‌باشد. به منظور ارزیابی تغییرات خطوط کناره رودخانه سدیح در اثر رخداد ۵ سیلاب شاخص انجام گرفته است. به منظور استخراج کناره‌های رودخانه سدیح در قبل و بعد از هر سیلاب از داده‌های ماهواره‌ای لندست TM و OLI استفاده شد و تصحیحات رادیومتریک و اتمسفری این تصاویر در نرم‌افزار ENVI 5.3 انجام گرفت. تصحیحات مذکور باعث کاهش تأثیرات منفی عوامل اتمسفری از روی تصویر می‌شوند (صالحی پور و همکاران ۱۴۰۰، آ، ۱۴۰۰، ب). خطوط کناره قبل و بعد از هر سیلاب با استفاده از نرم‌افزارهای ArcGIS 10.5 ترسیم شد. سپس باهدف ارزیابی دقیق‌تر تأثیر سیلاب بر تغییرات مورفولوژی رودخانه سدیح، بر اساس فرم و الگوی آن به ۴ بازه A, B, C و D تقسیم و تغییرات در هر بازه مورد ارزیابی قرار گرفت (شکل ۱). در مطالعه حاضر از سامانه سیستم تحلیل رقومی خط ساحلی (DSAS)^۱ جهت ارزیابی تغییرات کمی خطوط کناره رودخانه در دوره سیلاب‌های شاخص استفاده شده است. این ابزار به‌عنوان یک افزونه بر روی نرم‌افزار Arc GIS نصب شده و با ایجاد مقاطع عمود بر خطوط کناره، نرخ تغییرات خط کناره را حول مقاطع، نسبت به یک مبنای مشخص محاسبه می‌کند؛ بنابراین با استفاده از سامانه DSAS به ترسیم ترانسکت‌هایی با فاصله ۲۰ متر از خط مبنای ۱۰۰ متری پرداخته و با استفاده از شاخص‌های نرخ جابجایی خالص خط ساحلی (NSM)^۲، متوسط تغییر خطوط ساحلی (SCE)^۳ (رابطه ۱) و نرخ نقطه پایانی (ERP)^۴ (رابطه ۲) تغییرات خطوط کناره رودخانه برای هر سیلاب، مورد ارزیابی قرار گرفت (Ayadi et al., 2016).

$$SCE=BD-BF$$

رابطه ۱

BD فاصله بین خط مبنا و دورترین خط ساحلی (خط کناره رودخانه) BF فاصله بین خط مبنا و نزدیک‌ترین خط کناره رودخانه (Baig et al., 2020; Das et al., 2024).

$$NSM=D_1-D_2$$

رابطه ۲

D_1-D_2 فاصله بین قدیمی‌ترین و جدیدترین خطوط ساحلی است (گوانگ و همکاران، ۲۰۲۱).

1. Digital Shoreline Analysis System
2. Net Shoreline Movement
3. Shoreline Change Envelope
4. End Point Rate

$$EPR = \frac{D_1 - D_2}{t_1 - t_2} \quad \text{رابطه ۳}$$

D_1 و D_2 فاصله بین قدیمی‌ترین و جدیدترین خطوط ساحلی، t_1 و t_2 تاریخ‌های ثبت‌شده، بین قدیمی‌ترین و جوان‌ترین خطوط ساحلی محاسبه می‌شود (گوانگ و همکاران، ۲۰۲۱).

رودخانه‌ها برای تنظیم شیب خط انرژی، در طی مسیر به‌ندرت به‌صورت مستقیم حرکت می‌کنند و دارای مسیر انحناداری می‌شوند که پیچان‌رود نامیده می‌شود. میزان انحنا با عدد بی‌بعدی به نام ضریب خمیدگی تعریف می‌شود (نقوی و همکاران، ۱۳۹۸). از آنجاکه مسیر مورد مطالعه از لحاظ سینوسی و پیچ‌وخم دارای شکل متفاوتی بوده بنابراین جهت تجزیه و تحلیل بهتر، مسیر رودخانه به ۴ بازه تقسیم شده است. به‌منظور تعیین الگو رودخانه و ارزیابی تغییرات آن، مقدار ضریب خمیدگی رودخانه بر اساس طبقه‌بندی ولفرت، محاسبه شد (رابطه ۴) و الگوی رودخانه برای قبل از اولین سیلاب شاخص در سال ۱۳۸۷ و بعد از آخرین سیلاب سال ۱۳۹۸ برای کل رودخانه و بازه‌های مورد مطالعه مشخص گردید (جدول ۱).

$$C = S/L \quad \text{رابطه ۴}$$

ضریب خمیدگی (C)، طول مستقیم پیچان‌رود (L) (کیلومتر)، طول خط مرکزی جریان (S) (کیلومتر) (یوسفی، ۲۰۱۸)

جدول ۱. تقسیم‌بندی الگوی رودخانه بر اساس ضریب خمیدگی (ولفرت، ۲۰۰۱)^۲

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

از دیگر پارامترهای مورد بررسی در این تحقیق در رابطه با تغییرات مورفولوژی رودخانه سدیح، میزان فعالیت کانال رودخانه^۳ است که جهت ارزیابی مهاجرت و جابجایی کانال رودخانه در اثر سیلاب‌های شاخص و میزان جابجایی کانال مورد استفاده قرار گرفته است. فعالیت کانال میانگین نرخ مهاجرت جانبی در طول یک کانال در واحد زمان است و می‌تواند به روش‌های مختلفی اندازه‌گیری شود (Wu, 2023). یکی از روش‌های مهم برای محاسبه فعالیت کانال استفاده از رابطه هندسی بین خطوط مرکزی کانال در سال‌های مختلف، طول خط مرکزی کانال در سال قبل و مجموع مساحت چندضلعی احاطه‌شده توسط کانال است (رابطه ۵).

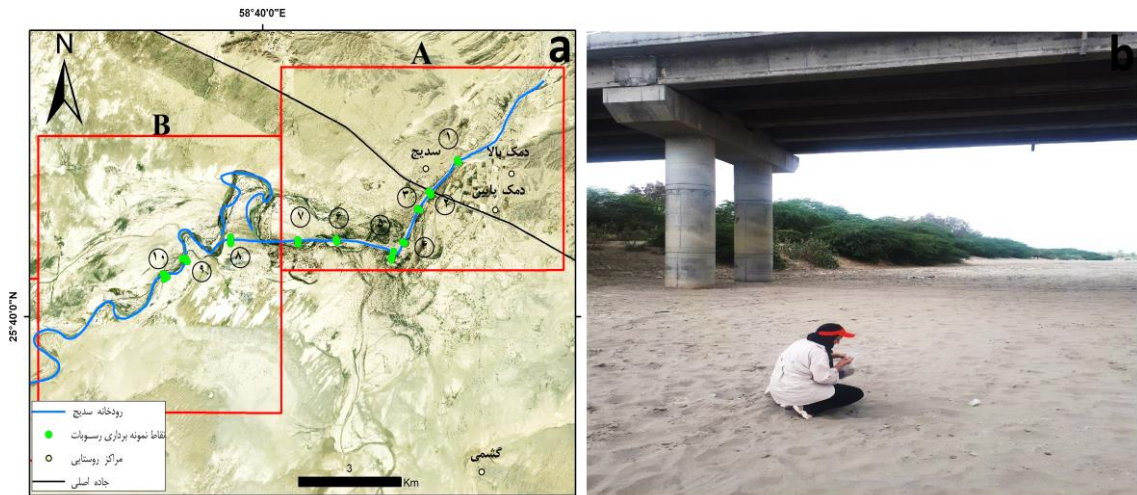
$$CA = (SA) / (LT1) / (T2 - T1) \quad \text{رابطه ۵}$$

CA: میزان فعالیت کانال رودخانه (متر بر سال) SA: مساحت جابجا شده در طی دو زمان LT1: طول کانال در زمان اول T1: زمان اول T2: زمان دوم (اسماعیلی و همکاران، ۱۳۹۶ و ۱۳۹۸؛ Magdaleno & Fernández, 2011). همچنین یکی از عواملی که می‌تواند بر مورفولوژی رودخانه و همچنین تحول آن تأثیر بگذارد بافت رسوبی بستر و همچنین کناره‌های رودخانه است. از این‌رو در مطالعات میدانی با تعیین مقاطع عرضی و همچنین در نظر گرفتن الگوی رودخانه، نسبت به نمونه‌برداری رسوب از کناره‌های راست و چپ و همچنین بستر رودخانه اقدام شد. به دلیل شرایط محیطی رودخانه سدیح، تنها راه دسترسی به رودخانه، از طریق ورود به بستر رودخانه امکان‌پذیر بود و همچنین وجود موانع طبیعی در بستر رودخانه از جمله چالاب‌های موجود در بستر رودخانه، تنها نمونه‌برداری از بازه‌های A و B انجام گرفت (شکل ۲). به‌منظور انجام آزمایش بافت و دانه‌بندی رسوبات نیز از روش هیدرومتری و الک شیکر خشک استفاده گردید.

1. curvature coefficient

2. Wolfert, 2001

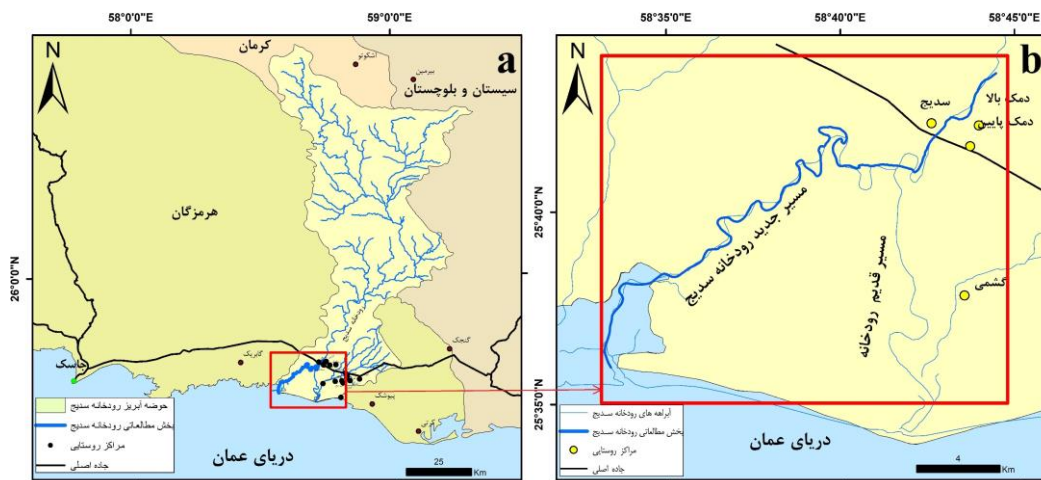
3. River Channel Activity



شکل ۱. a: موقعیت نقاط نمونه‌برداری شده رسوبات در کناره‌ها و بستر رودخانه، در ۱۰ مقطع بازه‌های A و B، b: جمع‌آوری نمونه‌ها و کدگذاری آن‌ها

محدوده مورد مطالعه

حوضه آبریز رودخانه سدیج در جنوب شرقی ایران و در شرق شهرستان جاسک قرار دارد و از کوه‌های بشاگرد سرچشمه گرفته و به دریای عمان می‌ریزد. این حوضه با مساحتی در حدود ۴۲۰۰ کیلومتر مربع دارای آب‌وهوای گرم و خشک و در نواحی ساحلی گرم و مرطوب می‌باشد (یمانی، ۱۳۷۷؛ گورابی، ۱۳۹۷؛ شایان، ۱۳۹۷؛ رحیمی، ۱۴۰۲). محدوده مورد مطالعه در این پژوهش قسمت انتهایی رودخانه واقع بر روی دلتای سدیج و از بالادست روستای سدیج تا مصب رودخانه در دریای عمان می‌باشد (شکل ۲). طول این بخش از رودخانه در حدود ۳۵ کیلومتر و دارای شیب بسیار کم ۰/۰۶ درصد بوده است. حداکثر ارتفاع بر روی این دلتا نیز برابر با ۵۵ متر است. از نظر زمین‌شناسی این حوضه در زون ساختاری مکران واقع شده و دارای واحدهای سنگی میوسن (شامل ماسه‌سنگ، مارن)، واحدهای سنگی پلیوسن (ماسه‌سنگ، گنگلومرا) و رسوبات آبرفتی کواترنری می‌باشد که منشأ رسوبات عهد حاضر هستند. بخش مورد مطالعه از رودخانه سدیج نیز، بر روی رسوبات کواترنری جریان دارد که در محل اتصال این رودخانه به دریا، شامل رسوبات کانال‌ها و پهنه‌های جزر و مدی می‌باشند و عمدتاً شامل رسوبات ماسه‌ای ریزدانه، رس، سیلت است (احمدزاده هروی، ۱۳۷۴).



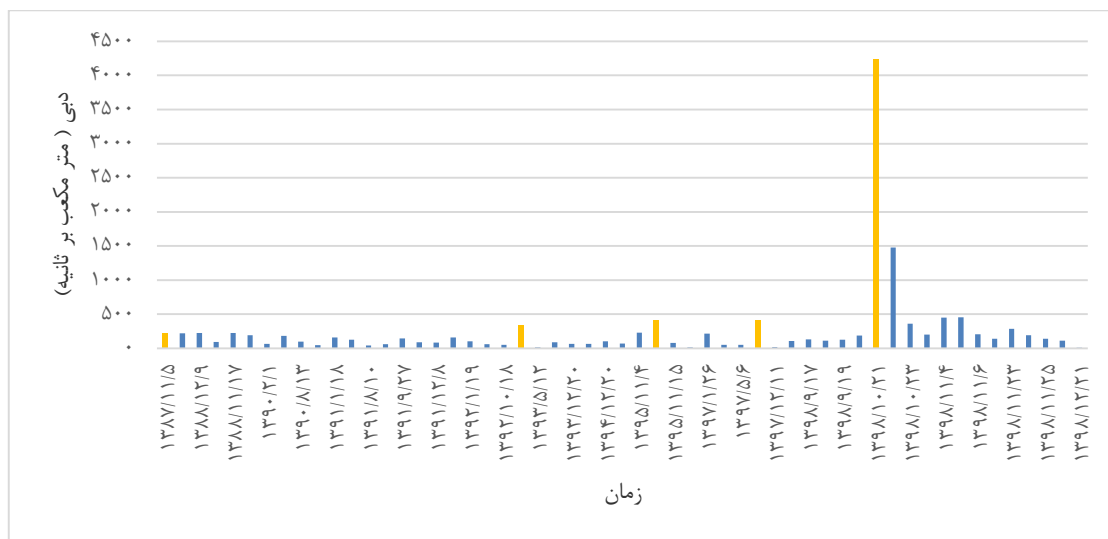
شکل ۲. a: موقعیت جغرافیایی رودخانه سدیج در حوضه آبریز سدیج b: موقعیت جغرافیایی بازه مورد مطالعه در رودخانه سدیج

یافته‌ها

ریزش بارش‌های زمستانه و موسمی در سواحل مکران همچنین وقوع توفان‌های دریایی همچون گونو و فت باعث آب‌گرفتگی در نواحی ساحلی در این مناطق می‌شود (صالحی پور و همکاران، ۱۳۸۹، آ ۱۴۰۰ و ب ۱۴۰۰). سواحل دلتایی سدیج در طی سال‌های مختلف سیلاب‌های زیادی را تجربه کرده است. آمار ۱۸ ساله از ایستگاه هیدرومتری سدیج، تصاویر ماهواره‌ای و شواهد میدانی، بیانگر وقوع سیلاب‌های زیادی با دبی‌های متفاوت در طی این دوره است (شکل ۳ و ۴). در حدفصل سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۸ پنج سیلاب شاخص در دلتای رودخانه سدیج رخ داده که دارای بیشترین میزان دبی بوده اند (جدول ۲). برخی از آن‌ها، مانند سیلاب دی‌ماه ۱۳۹۸ با دبی اوج بسیار بالای ۸۳۰۳ مترمکعب بر ثانیه، خسارات زیادی را به زیرساخت‌ها و زمین‌های کشاورزی این منطقه بار آورده است. این سیلاب‌ها با تخریب و فرسایش و یا رسوب‌گذاری در کناره‌ها باعث تغییرات و جابجایی خطوط کناره رودخانه شده‌اند.

جدول ۲. مقادیر دبی و بارش سیلاب‌های مورد مطالعه (شرکت آب منطقه‌ای استان هرمزگان)

ردیف	تاریخ سیلاب	میانگین روزانه دبی (مترمکعب بر ثانیه)	دبی پیک (مترمکعب بر ثانیه)	میانگین ماهانه دبی (مترمکعب بر ثانیه)	میانگین سالیانه دبی (مترمکعب بر ثانیه)	بارش متوسط روزانه (میلی‌متر)
۱	۵ بهمن ۱۳۸۷	۲۳۰	۳۹۴	۱۱/۴۳	۳/۵۰	۱۳
۲	۳۰ دی ۱۳۹۲	۳۳۳	۴۱۲	۱۵/۱۲	۵/۴۲	۲۵
۳	۶ بهمن ۱۳۹۵	۴۰۸	۶۳۴	۳۱/۷۲	۲/۹۹	۱۶
۴	۱۵ بهمن ۱۳۹۷	۴۱۷	۱۱۶۷/۷۳	۱۷/۷۵	۳/۰۹	۴۳
۵	۲۱ دی ۱۳۹۸	۴۲۹۹	۸۳۰۳	۲۴۴/۹۷	۳۸/۹۹	۷۰

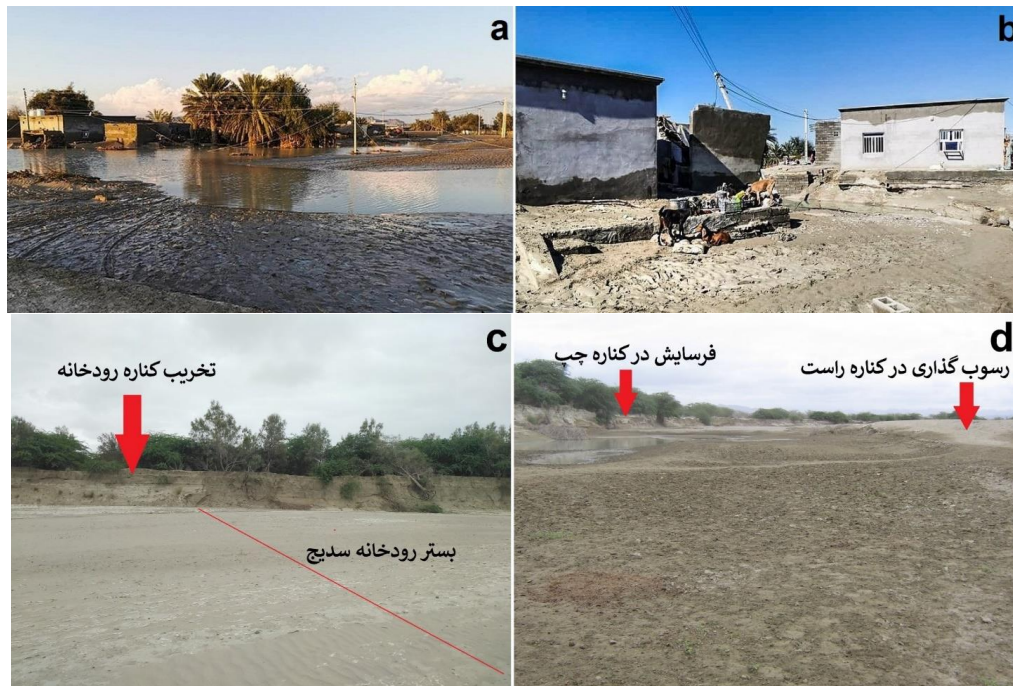


شکل ۳. سیلاب‌های رودخانه سدیج در طی سال‌های ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۸ و جایگاه سیلاب‌های شاخص (رنگ نارنجی)

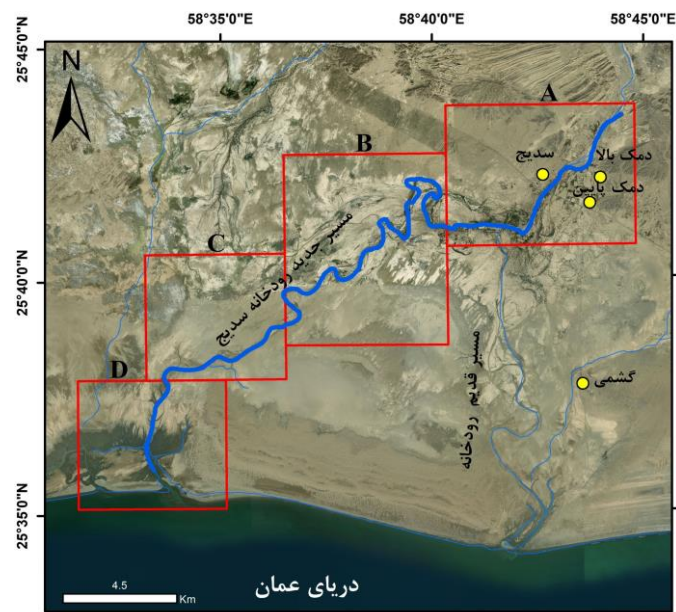
ارزیابی تغییرات مورفولوژی رودخانه سدیج

تغییرات کناره رودخانه سدیج در هر سیلاب برای کناره راست و چپ رودخانه به صورت جداگانه مورد ارزیابی قرار گرفت و در همین راستا به منظور تجزیه و تحلیل بهتر تأثیر هر سیلاب بر تغییرات خط کناره‌ها، رودخانه بر اساس فرم و الگو به ۴ بازه تقسیم شده است و میزان تغییرات برای هر بازه در هر کناره نیز برای هر سیلاب نیز مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۳ و شکل ۵). همچنین تغییرات خط کناره رودخانه از قبل از اولین سیلاب در سال ۱۳۸۷ تا بعد از آخرین سیلاب سال ۱۳۹۸

نیز برای کل مسیر و بازه‌های مورد مطالعه ارزیابی شد.



شکل ۴. a, b: آب‌گرفتگی و تخریب مناطق مسکونی روستای سدیح در بازه A (منبع: شورای روستای سدیح)، c, d: تخریب کناره‌های رودخانه سدیح در اثر سیلاب‌ها در بازه B



شکل ۵. بازه‌های مورد مطالعه رودخانه سدیح

نتایج بررسی تغییرات کناره رودخانه در قبل و بعد از سیلاب سال ۱۳۸۷ (با دبی ۲۳۰ مترمکعب بر ثانیه) با استفاده از DSAS نشان می‌دهد که در این سیلاب روند غالب تغییرات به صورت فرسایشی بوده است و میانگین پسروی کناره با توجه به میانگین شاخص NSM، در کناره راست معادل ۱۱/۸ متر و برای کناره چپ ۱۷/۹ متر است. بر اساس این شاخص بیشترین پسروی در کناره چپ با ۲۲۰ متر روی داده است و در کناره راست حدود ۱۰۱/۷ متر است (جدول ۴). در بررسی

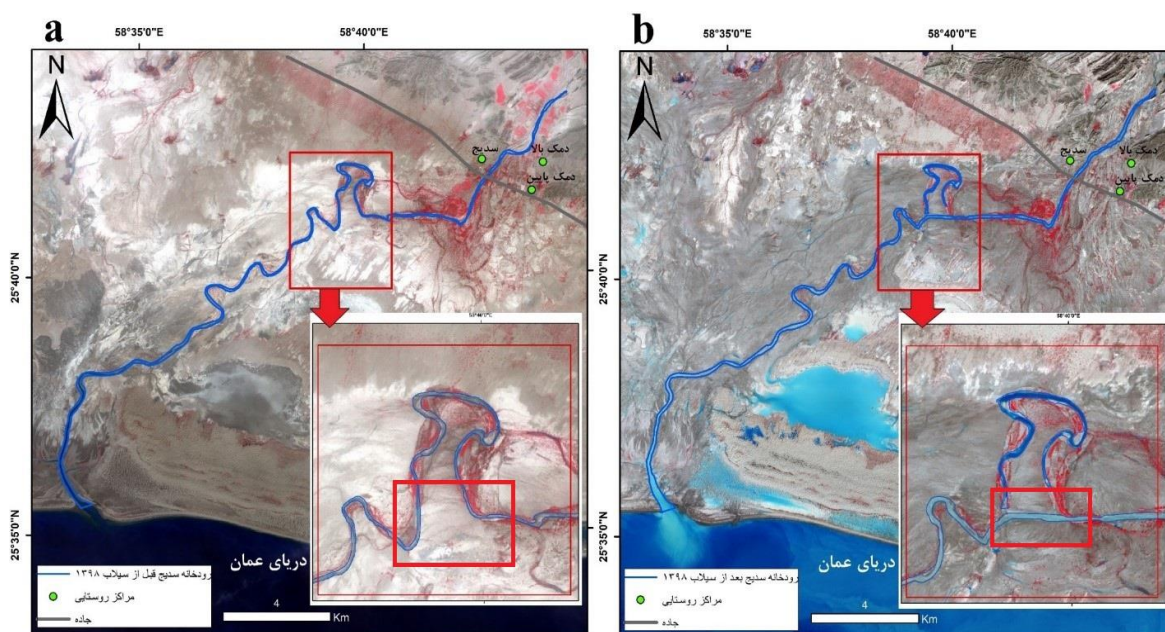
بازه‌های مورد مطالعه برای هر دو کناره راست و چپ نتایج نشان می‌دهد که در اثر سیلاب ۱۳۸۷، بر اساس شاخص NSM، در کناره راست بازه‌های A, B و C دارای روند فرسایشی و بازه D دارای روند رسوب‌گذاری بوده است. بیشترین میزان پسروری خط کناره در حدود ۱۰۱/۶ متر، مربوط به بازه C و سپس با مقدار حدود ۹۵/۱ متر مربوط به بازه B می‌باشد. در کناره چپ نیز به‌مانند کناره راست سه بازه A, B و C دارای روند فرسایشی و بازه D دارای روند رسوب‌گذاری بوده و بر اساس شاخص NSM، در کناره چپ بیشترین میزان پسروری مربوط به بازه B و در حدود ۲۲۰ متر می‌باشد (جدول ۵). ارزیابی تغییرات کناره رودخانه سدیج در نتیجه سیلاب ۱۳۹۲ با دبی ۳۳۳ مترمکعب بر ثانیه بیانگر این است که کناره راست به طور میانگین ۲/۶ متر پسروری و کناره چپ ۲/۸ متر پسروری داشته است. حداکثر پسروری کناره راست در حدود ۱۲۶/۶ متر و حداکثر پسروری در کناره چپ نیز برابر با ۱۹۲/۶ متر می‌باشد (جدول ۴).

جدول ۳. تغییر ویژگی‌های مورفولوژی بازه‌های مورد مطالعه قبل از ۱۳۸۷ و بعد از ۱۳۹۸

بازه	شیب به درصد	عرض متوسط رودخانه (متر)		طول رودخانه (کیلومتر)		ضریب خمیدگی و الگوی رودخانه			
		قبل از سیلاب ۱۳۸۷	بعد از سیلاب ۱۳۹۸	قبل از سیلاب ۱۳۸۷	بعد از سیلاب ۱۳۹۸	قبل از سیلاب ۱۳۸۷	بعد از سیلاب ۱۳۹۸		
		قیل از	بعد از	قبل از	بعد از	قیل از	بعد از		
A	۰/۰۶	۹۵/۳	۸۲/۷	۹/۶۳۸۴	۱۱/۰۴۹۵	۱/۱۷	سینوسی	۱/۱۶	سینوسی
B	۰/۰۵	۱۱۲/۸	۸۱/۱	۱۲/۴۸۷۱	۱۰/۲۲۷۹	۱/۷۶	پیچان‌رودی	۱/۵۶	پیچان‌رودی
C	۰/۰	۱۴۴/۳	۱۰۱/۸	۵/۶۵۱۳	۵/۸۵۶۳	۱/۱۰	سینوسی	۱/۱۱	سینوسی
D	۰/۰	۱۴۴/۹	۱۱۱/۵	۳/۷۷۷۸	۳/۸۷۶۸	۱/۰۷	سینوسی	۱/۰۷	سینوسی

در بررسی تغییرات خط کناره، در بازه‌های مورد مطالعه بر اساس شاخص رودخانه NSM نتایج نشان می‌دهد که در اثر سیلاب ۱۳۹۲ در کناره راست، بازه‌های A, D روندی همراه با رسوب‌گذاری و پسروری بوده و دو بازه B و C دارای روند فرسایشی هستند. بیشترین میزان رسوب‌گذاری و پسروری خط کناره در حدود ۵۷/۱ متر بوده که مربوط به بازه A و بیشترین میزان پسروری در حدود ۱۲۶/۶ متر مربوط به بازه B می‌باشد. در کناره چپ، بر اساس شاخص NSM، تمام بازه‌ها دارای روند رسوب‌گذاری بوده و بیشترین میزان پسروری مربوط به بازه B و در حدود ۱۹۲/۶ متر است (جدول ۵). در بررسی تغییرات خط کناره رودخانه بر اثر سیلاب ۱۳۹۵ با دبی ۴۰۸ مترمکعب بر ثانیه بر اساس شاخص NSM نتایج نشان می‌دهد که هر دو خط کناره رودخانه دارای روند غالب فرسایشی بوده‌اند. کناره راست با ۹/۱ متر پسروری بیشتری نسبت به کناره چپ (۰/۶ متر) داشته است. بیشترین پسروری خط کناره راست نیز در حدود ۹۴/۶ متر می‌باشد که در کناره چپ در بعضی از قسمت‌ها این عدد به حدود ۱۱۱/۶ متر می‌رسد (جدول ۴). در بررسی اثر سیلاب ۱۳۹۵ در تغییرات خط کناره راست رودخانه در بازه‌های A, B و C دارای روند فرسایشی و بازه D دارای روند رسوب‌گذاری بوده است. بر اساس میانگین NSM، بیشترین میزان فرسایش و پسروری خط کناره راست با ۱۴/۵ متر در ابتدا مربوط به بازه A و سپس با ۱۱/۴ متر مربوط به بازه B می‌باشد؛ اما باینکه بازه D دارای روند غالب رسوب‌گذاری است، اما در بخشی از آن بیشترین میزان فرسایش با ۹۴/۶ متر رخ داده می‌باشد. در کناره چپ بازه‌های A و B روند فرسایشی و بازه C و D دارای روند رسوب‌گذاری است. بیشترین میزان فرسایش بر اساس میانگین NSM در کرانه چپ حدود ۱۱۱/۶ متر مربوط به بازه A و بیشترین میزان رسوب‌گذاری و پسروری کناره در حدود ۱۱۵/۶ متر و مربوط به بازه D می‌باشد (جدول ۵). در بررسی تغییرات کناره‌ها در اثر سیلاب ۱۳۹۷ نتایج نشان می‌دهند که هر دو کناره دارای روند غالب فرسایشی بوده و بیشترین پسروری خط کناره راست ۱۷۷ متر و کناره چپ حدود ۱۲۸ متر است (جدول ۴). همچنین نتایج تغییرات کناره‌ها در بازه‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد که خط کناره راست در بازه‌های A, B و D دارای روند پسروری بوده و در بازه C به میزان کمی دارای روند پسروری بوده است. بیشترین میزان پسروری و فرسایش در کناره راست حدود ۱۷۷ متر در ابتدا در بازه A و سپس با مقداری حدود ۶۷/۵ متر در بازه B

رخ داده است. در کناره چپ، هر چهار بازه رودخانه، روند فرسایشی بوده و بیشترین میزان پسروی خط کناره در بازه B در حدود ۱۲۸ متر رخ داده است (جدول ۵). همان‌طور که پیش‌تر اشاره شد، سیلاب سال ۱۳۹۸ بزرگ‌ترین سیلاب در طول دوره مورد مطالعه با دبی اوج معادل ۸۳۰۳ مترمکعب در ثانیه است. نتایج نشان می‌دهد که خط کناره راست، بر اساس میانگین NSM دارای روند پیشروی (۶۶/۲ متر) و کناره چپ دارای روند غالب پسروی (۱/۷ متر) و فرسایش بوده است. بیشترین میزان پیشروی در کناره راست حدود ۲۰۲۰/۵ متر می‌باشد و بیشترین پسروی خط کناره چپ نیز در حدود ۱۸۳۱/۷ متر می‌باشد (جدول ۴). در بررسی تغییرات خطوط کناره بازه‌های مورد مطالعه، در اثر سیلاب ۱۳۹۸، نتایج نشان می‌دهد که بر اساس میانگین شاخص NSM، خط کناره راست در بازه B پیشروی داشته و در سایر بازه‌ها، روند پسروی داشته است. بیشترین میزان پیشروی خط کناره راست در بازه B حدود ۲۰۲۰/۵ متر و بیشترین میزان پسروی در بازه A در حدود ۳۵۲/۳ متر بوده است. در کناره چپ رودخانه برعکس کناره راست، بازه B دارای روند غالب پسروی و فرسایشی بوده و سایر بازه‌ها روند پیشروی داشته‌اند. بیشترین میزان پسروی در خط کناره چپ بازه B حدود ۱۸۳۱/۷ متر و بیشترین میزان پیشروی و رسوب‌گذاری در این کناره بازه A و حدود ۲۹۷/۳ متر بوده است (جدول ۵). دلیل اصلی در تغییرات کانال در بازه B را می‌توان قطع‌شدگی ناگهانی^۱ متاندر در این محدوده دانست. تصاویر ماهواره‌ای و همچنین مشاهده میدانی نشان می‌دهد که در اثر سیلاب ۲۱ دی ۱۳۹۸، به جهت دبی اوج بالا به مقدار ۸۳۰۳ مترمکعب و حجم زیاد جریان، پیچان رود رودخانه سدیح در بازه B که دارای طول حدود ۷/۱ کیلومتر می‌باشد، در محل گردن، متاندر برش خورده و مسیر رودخانه به صورت مستقیم درآمد است و درواقع پیشروی و رسوب‌گذاری در بازه B که در نتایج DSAS نشان داده شده به دلیل قطع‌شدگی ناگهانی رودخانه و جابه‌جا شدن کناره‌ها است (شکل‌های ۶، ۷ و ۸).



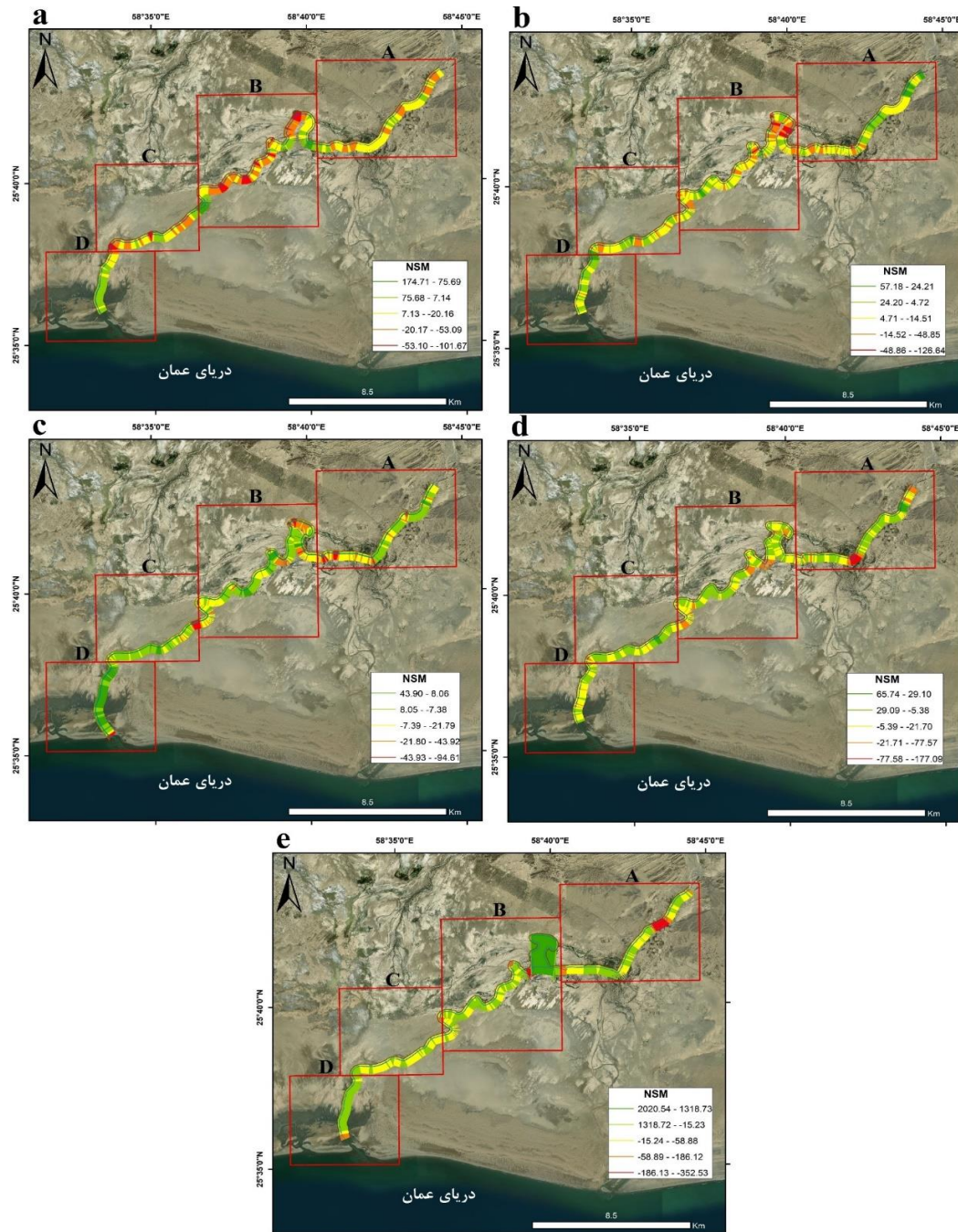
شکل ۶. a: رودخانه سدیح قبل از سیلاب ۱۳۹۸؛ b: تغییرات پیچان رود بازه B در اثر سیلاب ۱۳۹۸

جدول ۴. تغییرات کناره راست و چپ رودخانه سدیح برای سیلاب‌های مورد مطالعه (پسروی یا فرسایش با علامت منفی است)

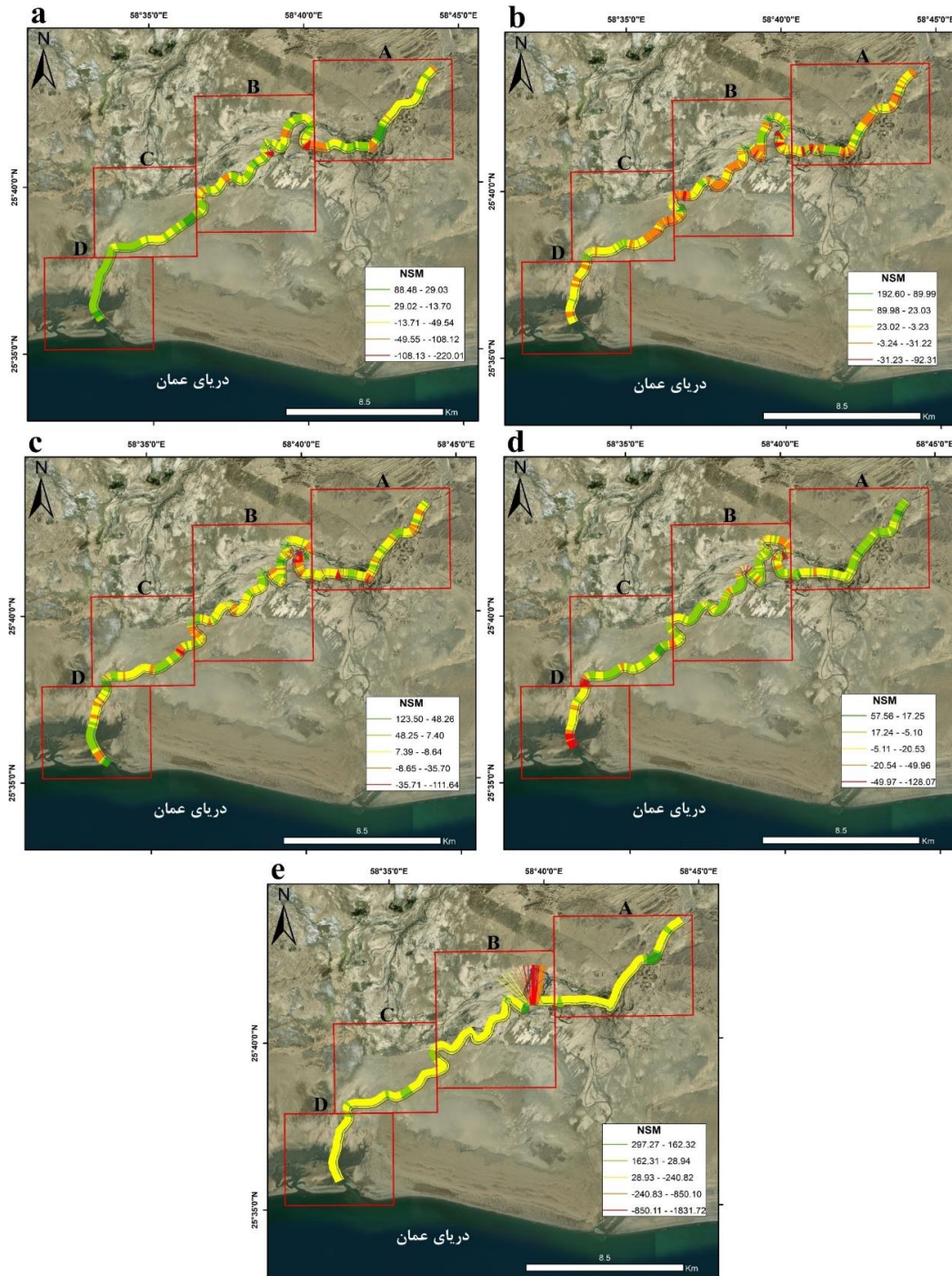
سال سیلاب	دامنه تغییرات		کناره راست		کناره چپ	
	SCE	NSM	SCE	NSM	SCE	NSM
۱۳۸۷	پیشروی حداکثر	۱۷۴/۷۱	۰	۸۸/۴۸	۰	۰
	پسروی حداکثر	۱۰۱/۷	۱۷۴/۷۱	۲۲۰/۰۱	۲۲۰/۰۱	۲۲۰/۰۱
	میانگین	-۱۱/۸۴	-۲۷/۲۲	-۱۷/۹	-۲۸/۹۴	-۲۸/۹۴
۱۳۹۲	پیشروی حداکثر	۵۷/۱۸	۰	۱۹۲/۶	۰/۰۱	۰/۰۱
	پسروی حداکثر	۱۲۶/۶۴	۱۲۶/۶۴	۹۲/۳۱	۱۹۲/۶	۱۹۲/۶
	میانگین	-۲/۶۸	-۱۵/۶۶	۲/۸۰	-۱۸/۳۹	-۱۸/۳۹
۱۳۹۵	پیشروی حداکثر	۴۳/۹	۰	۱۲۳/۵	۰	۰
	پسروی حداکثر	۹۴/۶۱	۹۴/۶۱	۱۱۱/۶۴	۱۲۳/۵	۱۲۳/۵
	میانگین	-۹/۱۷	-۱۴/۵۶	-۰/۶۴	-۱۳/۲۵	-۱۳/۲۵
۱۳۹۷	پیشروی حداکثر	۶۵/۷۴	۰/۰۱	۵۷/۵۶	۰/۰۱	۰/۰۱
	پسروی حداکثر	۱۷۷/۰۹	۱۷۷/۰۹	۱۲۸/۰۷	۱۲۸/۰۷	۱۲۸/۰۷
	میانگین	-۶/۴۳	-۱۱/۰۲	-۷/۴۴	-۱۰/۵۸	-۱۰/۵۸
۱۳۹۸	پیشروی حداکثر	۲۰۲/۵۴	۰	۲۹۷/۲۷	۰	۰
	پسروی حداکثر	۳۵۲/۵۳	۲۰۲/۵۴	۱۸۳۱/۷۲	۱۸۳۱/۷۲	۱۸۳۱/۷۲
	میانگین	۶۶/۲۲	-۱۲۱/۹۰	-۱/۷۲	-۴۷/۵۴	-۴۷/۵۴

جدول ۵. تغییرات کناره راست و چپ بازه‌های مورد مطالعه رودخانه سدیح (پسروی یا فرسایش با علامت منفی است)

سال سیلاب	شاخص	دامنه تغییرات				کناره راست				کناره چپ			
		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
۱۳۸۷	پیشروی حداکثر	۴۳/۷۶	۱۷۴/۷۱	۹۳/۵۲	۳۵/۲۴	۸۷/۷	۳۷/۶۵	۸۸/۴۸	۴۱/۹۷	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱
	پسروی حداکثر	۵۲/۷۸	۹۵/۱۱	۱۰۱/۶۷	۴۰/۷۴	۱۰۶/۴۶	۲۲۰/۰۱	۴۷/۸۷	۱۳/۱۴	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱
	میانگین	-۱۲/۵۱	-۱۵/۸۴	-۱۹/۰۳	-۱۱/۹۹	-۲۱/۸۸	-۲۹/۴۸	-۱/۷۲	۸/۷۴	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱
۱۳۹۲	پیشروی حداکثر	۰	۰	۰/۱۲	۰/۰۷	۰/۰۵	۰	۰/۰۱	۰	۰/۰۶	۰/۰۲	۰/۰۱	۰
	پسروی حداکثر	۵۲/۷۸	۱۷۴/۷۱	۱۰۱/۶۷	۴۰/۷۴	۱۰۶/۴۶	۲۲۰/۰۱	۴۷/۸۷	۴۱/۹۷	۰/۰۶	۰/۰۲	۰/۰۱	۰
	میانگین	-۱۸/۱۴	-۳۴/۵۵	-۳۰/۴۱	-۱۷/۰۵	-۳۴/۶۰	-۳۲/۶۷	-۲۱/۶۱	-۱۱/۵۵	۰/۰۶	۰/۰۲	۰/۰۱	۰
۱۳۹۵	پیشروی حداکثر	۵۷/۱۸	۵۲/۲۹	۳۹/۳۲	۵۵/۳۷	۷۲/۸۵	۱۹۲/۶	۷۴/۷	۷۰/۱۶	۰/۰۶	۰/۰۲	۰/۰۱	۰
	پسروی حداکثر	۶۳/۵۶	۱۲۶/۶۴	۴۶/۲۶	۱۷/۵	۹۰/۲	۹۲/۳۱	۲۴	۲۷/۷۱	۰/۰۶	۰/۰۲	۰/۰۱	۰
	میانگین	۳/۵۸	-۱۰/۶۷	-۰/۸۴	۹/۴۶۴	۴/۰۲	۱/۳۱	۲/۴۴	۵/۸۶	۰/۰۶	۰/۰۲	۰/۰۱	۰
۱۳۹۷	پیشروی حداکثر	۶۳/۵۶	۱۲۶/۶۴	۴۶/۲۶	۵۵/۳۷	۹۰/۲	۹۲/۳۱	۷۴/۷	۷۰/۱۶	۰/۰۶	۰/۰۲	۰/۰۱	۰
	پسروی حداکثر	۶۳/۵۶	۱۲۶/۶۴	۴۶/۲۶	۵۵/۳۷	۹۰/۲	۹۲/۳۱	۷۴/۷	۷۰/۱۶	۰/۰۶	۰/۰۲	۰/۰۱	۰
	میانگین	-۱۴/۰۲	-۱۸/۲۹	-۱۴/۴۸	-۱۰/۷۲	-۲۰/۴۵	-۲۰/۴۹	-۱۲/۹۹	-۱۱/۷۸	۰/۰۶	۰/۰۲	۰/۰۱	۰
۱۳۹۸	پیشروی حداکثر	۱۹/۸۵	۴۳/۹	۱۶/۹۴	۳۵/۵۷	۳۷/۱۹	۹۱/۷۹	۱۲۳/۵	۱۱۵/۶۱	۰/۰۶	۰/۰۲	۰/۰۱	۰
	پسروی حداکثر	۷۶/۷۹	۷۱/۰۶	۶۴/۹۴	۶۴/۹۴	۹۴/۶۱	۱۱۱/۶۴	۵۴/۷۷	۲۱/۰۱	۰/۰۶	۰/۰۲	۰/۰۱	۰
	میانگین	-۱۴/۵۳	-۱۱/۴۴	-۸/۵۸	۶/۸۴	-۵/۹۱	-۲/۹۵	۵/۵۵	۹/۹۶	۰/۰۶	۰/۰۲	۰/۰۱	۰
۱۳۹۵	پیشروی حداکثر	۷۶/۷۹	۷۱/۰۶	۶۴/۹۴	۶۴/۹۴	۹۴/۶۱	۱۱۱/۶۴	۹۱/۷۹	۱۱۵/۶۱	۰/۰۶	۰/۰۲	۰/۰۱	۰
	پسروی حداکثر	۷۶/۷۹	۷۱/۰۶	۶۴/۹۴	۶۴/۹۴	۹۴/۶۱	۱۱۱/۶۴	۹۱/۷۹	۱۱۵/۶۱	۰/۰۶	۰/۰۲	۰/۰۱	۰
	میانگین	-۱۵/۷۵	-۱۵/۲۸	-۱۰/۷۵	-۱۴/۶۶	-۱۴/۸۱	-۱۲/۲۲	-۱۴/۱۳	-۱۵/۸۶	۰/۰۶	۰/۰۲	۰/۰۱	۰
۱۳۹۷	پیشروی حداکثر	۶۵/۷۴	۱۱/۵۴	۶۵/۲۵	۵/۸	۴۷/۴۲	۱۰/۵۷	۵۷/۵۶	۱/۶۹	۰/۰۶	۰/۰۲	۰/۰۱	۰
	پسروی حداکثر	۱۷۷/۰۹	۶۷/۵۲	۳۲/۷۴	۲۲/۹۸	۲۹/۳۳	۱۲۸/۰۷	۸۱/۵۵	۸۹/۸۲	۰/۰۶	۰/۰۲	۰/۰۱	۰
	میانگین	-۸/۹۵	-۷/۰۳۴	-۰/۳۱۶	-۸/۸۸	-۲/۱۵	-۷/۳۹	-۵/۷۴	-۲۳/۹۴	۰/۰۶	۰/۰۲	۰/۰۱	۰
۱۳۹۸	پیشروی حداکثر	۰	۰/۰۱	۰/۰۷	۰/۰۲	۰	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۴۷	۰/۰۶	۰/۰۲	۰/۰۱	۰
	پسروی حداکثر	۱۷۷/۰۹	۶۷/۵۲	۶۵/۲۵	۲۲/۹۸	۲۹/۳۳	۱۲۸/۰۷	۸۱/۵۵	۸۹/۸۲	۰/۰۶	۰/۰۲	۰/۰۱	۰
	میانگین	-۱۷/۰۸	-۸/۲۹۲	-۱۰/۵۳	-۹/۵۱۴	-۷/۰۶	-۸/۹۰	-۱۲/۷۱	-۲۳/۹۶	۰/۰۶	۰/۰۲	۰/۰۱	۰
۱۳۹۵	پیشروی حداکثر	۱۶/۱۷	۲۰۲/۵۴	۳۰/۹	۳۰/۸۱	۲۹/۳۹	۲۸۷/۶۴	۶۴/۱۹	۶۷/۹۷	۰/۰۶	۰/۰۲	۰/۰۱	۰
	پسروی حداکثر	۳۵۲/۳۴	۳۵۲/۶۲	۴۳/۱۵	۱۱۷/۴۳	۸۰/۹۲	۱۸۳۱/۷۲	۱۵/۵۳	۳۵/۵	۰/۰۶	۰/۰۲	۰/۰۱	۰
	میانگین	-۴۴/۱۳	-۱۸/۴۴	-۴/۰۸	-۴/۰۸	-۲/۹۳	-۲۶/۴۱	-۵/۹۱	۸/۷۹	۰/۰۶	۰/۰۲	۰/۰۱	۰
۱۳۹۸	پیشروی حداکثر	۰	۰	۰/۶۲	۰	۰/۰۴	۰	۰/۰۲	۰/۰۹	۰/۰۶	۰/۰۲	۰/۰۱	۰
	پسروی حداکثر	۳۵۲/۳۴	۲۰۲/۵۴	۴۳/۱۵	۱۱۷/۴۳	۲۹/۳۹	۱۸۳۱/۷۲	۶۴/۱۹	۶۷/۹۷	۰/۰۶	۰/۰۲	۰/۰۱	۰
	میانگین	-۴۵/۲۸	-۲۳۳/۱۰	-۲۰/۷۴	-۱۵/۹۰	-۵/۲۷	-۷۴/۸۳	-۱۳/۵۳	-۱۴/۶۴	۰/۰۶	۰/۰۲	۰/۰۱	۰



شکل ۷. تغییرات کناره راست رودخانه سدیج در اثر سیلاب‌های شاخص بر اساس شاخص NSM (علامت منفی پسروی را نشان می‌دهد): سیلاب ۱۳۸۷، b: سیلاب ۱۳۹۲، c: سیلاب ۱۳۹۵، d: سیلاب ۱۳۹۷، e: سیلاب ۱۳۹۸



شکل ۸. تغییرات کناره چپ رودخانه سدیح در اثر سیلاب‌های شاخص بر اساس شاخص NSM (علامت منفی پسروی را نشان می‌دهد): a: سیلاب ۱۳۸۷، b: سیلاب ۱۳۹۲، c: سیلاب ۱۳۹۵، d: سیلاب ۱۳۹۷، e: سیلاب ۱۳۹۸

بررسی تغییرات خطوط ساحلی کناره‌های راست و چپ کل مسیر رودخانه از قبل از سیلاب ۱۳۸۷ تا بعد از سیلاب ۱۳۹۸

در بررسی تغییرات خط کناره راست و چپ رودخانه از قبل از سیلاب ۱۳۸۷ و بعد از سیلاب ۱۳۹۸ مشاهده شد که بر اساس میانگین شاخص NSM در طول دوره مورد مطالعه کناره راست دارای روند پیشروی به‌طور میانگین $94/3$ متر داشته است و بیشترین میزان پیشروی خط کناره حدود $1711/7$ متر می‌باشد همچنین میانگین سالانه تغییرات در کرانه راست

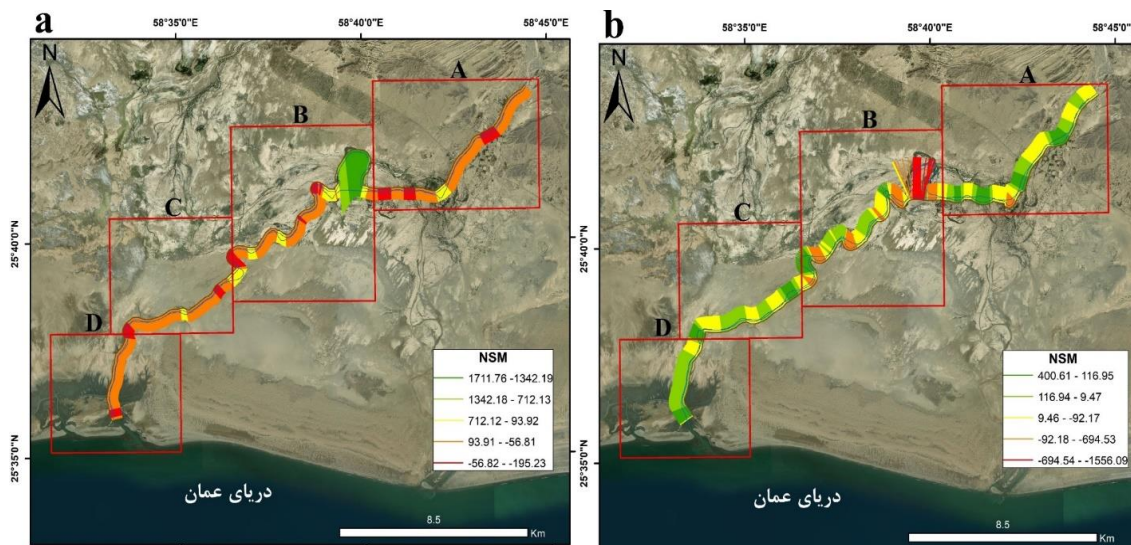
در حدود ۸/۵۳ متر می‌باشد که همان‌طور که پیش‌تر اشاره شد تحت تأثیر قطع‌شدگی ناگهانی مئاندر رودخانه در این بازه و جابجایی کانال رودخانه بوده است (جدول ۶ و شکل ۹). در بررسی تغییرات خطوط کناره در بازه‌های مورد مطالعه مربوط به قبل از سیلاب ۱۳۸۷ و بعد از سیلاب ۱۳۹۸ نتایج نشان می‌دهند که خط کناره راست، بر اساس میانگین شاخص NSM، در بازه‌های A و C دارای پسروری و در نتیجه فرسایشی بوده است و نشان می‌دهد که هم‌زمان با وقوع سیلاب‌ها روند غالب فرسایشی است. با این‌وجود در کرانه راست بازه‌های B و D روند تغییرات کانال رودخانه پیشروی است. بیشترین میزان پیشروی خط کناره در بازه B و در حدود ۱۷۱۱/۷ متر می‌باشد (جدول ۷) و در نتیجه قطع‌شدگی مئاندرها می‌باشد. روند غالب در بازه D پیشروی را نشان می‌دهد. پیشروی کانال رودخانه‌ای در این بازه که در مجاورت دریا قرار دارد را می‌توان در نتیجه کاهش شیب توپوگرافی و به تبع آن کاهش قدرت حفر رودخانه در این منطقه دانست که روند فرسایشی بازه‌های قبل در این منطقه به روند رسوب‌گذاری تبدیل می‌شوند. همچنین بر اساس شاخص NSM، خط کناره چپ دارای پسروری بوده میانگین سالانه تغییرات در حدود ۰/۷ متر در سال است ولی با این‌وجود بیشترین میزان پسروری در این کناره حدود ۱۵۵۶/۱ متر و متعلق به بازه B می‌باشد. برعکس کناره راست، خط کناره چپ در سه بازه A, C و D دارای پیشروی و دارای روند رسوب‌گذاری بوده و خط کناره بازه B، پسروری داشته و دارای روند فرسایشی بوده است که علت اصلی آن را می‌توان همانند کناره راست قطع مئاندر رودخانه‌ای در این بازه دانست (جدول ۷).

جدول ۶. تغییرات خط ساحل کناره راست و چپ رودخانه سدیح قبل از سیلاب ۱۳۸۷ تا بعد از سیلاب ۱۳۹۸

دامنه تغییرات	کناره راست			دامنه تغییرات			کناره چپ		
	EPR	SCE	NSM	EPR	SCE	NSM	EPR	SCE	NSM
پیشروی حداکثر	۱۷۱۱/۷۶	۰	۱۵۴/۹۵	پیشروی حداکثر	۰	۴۰۰/۶۱	۳۶/۲۶	۰	۰
پسروری حداکثر	۱۹۵/۲۳	۱۷۱۱/۷۶	۱۷/۶۷	پسروری حداکثر	۱۵۵۶/۰۹	۱۵۵۶/۰۹	۱۴۰/۸۶	۱۵۵۶/۰۹	۱۵۵۶/۰۹
میانگین	۹۴/۳۲	-۱۵۱/۰۶	۸/۵۳	میانگین	-۸۱/۰۳	-۸۱/۰۳	-۰/۷۲	-۹۸/۸۰	-۹۸/۸۰

جدول ۷. تغییرات خط ساحل کناره راست و چپ سال‌های ۱۳۸۷ و ۱۳۹۸ برای بازه‌های مورد مطالعه

شاخص	کناره راست			کناره چپ			دامنه تغییرات
	A بازه	B بازه	C بازه	D بازه	A بازه	B بازه	
NSM	پیشروی حداکثر	۱۷۱۱/۷۶	۱۴۵/۱۱	۶۲/۲۲	۲۵۹/۱۸	۴۰۰/۶۱	۲۹۷/۸۴
	پسروری حداکثر	۱۷۰/۶۵	۱۹۵/۲۳	۱۷۰/۲۸	۱۴۱/۲۴	۲۵۴/۰۳	۱۷۰/۶۵
	میانگین	-۱۶/۷۶	۲۶۷/۲۹	-۱۰/۰۷	۴/۴۱	۴۱/۴۶	-۱۰/۹۴
SCE	پیشروی حداکثر	۰/۰۷	۰/۴۷	۰/۰۶	۰/۹۶	۰/۳۱	۰/۰۷
	پسروری حداکثر	۲۹۷/۸۴	۱۷۱۱/۷۶	۱۷۰/۲۸	۱۴۱/۲۴	۲۵۹/۱۸	۲۹۷/۸۴
	میانگین	-۵۴/۸۷	-۳۲۲/۹۳	-۵۲/۳۹	-۳۴/۸۹	-۸۱/۸۷	-۱۵۳/۹۰
EPR	پیشروی حداکثر	۲۶/۹۶	۱۵۴/۹۵	۱۳/۱۴	۵/۶۳	۲۳/۴۶	۲۶/۹۶
	پسروری حداکثر	۱۵/۴۵	۱۷/۶۷	۱۵/۴۱	۱۲/۷۹	۲۳	۱۵/۴۵
	میانگین	-۱/۵۱	۲۴/۱۹	-۰/۹۱	۰/۳۹	۳/۷۵	-۹/۲۲



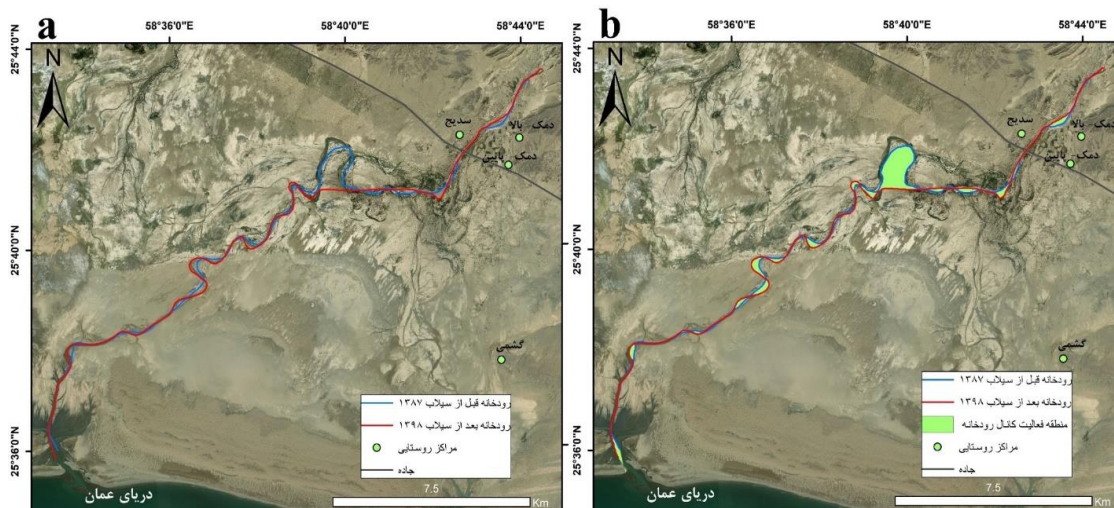
شکل ۹. تغییرات خط کناره از قبل از سیلاب ۱۳۸۷ تا بعد از سیلاب ۱۳۹۸ بر اساس شاخص NSM: a: کناره راست، b: کناره چپ

تغییرات فعالیت کانال (Ca) در سیلاب‌های شاخص

به منظور بررسی میزان فعالیت کانال رودخانه (Ca) در اثر سیلاب‌های شاخص، مساحت بین خط مرکزی رودخانه در دو زمان قبل و بعد از سیلاب، طول رودخانه قبل از سیلاب‌های شاخص و مقدار زمان بین قبل و بعد از سیلاب، محاسبه شد. نتایج به دست آمده نشان داد که میزان فعالیت کانال رودخانه بر اثر سیلاب ۱۳۸۷ حدود ۱۸/۳۶ متر، برای سیلاب ۱۳۹۲ حدود ۱۲/۱۲ متر، سیلاب ۱۳۹۵ حدود ۱۰/۷۲ متر، سیلاب ۱۳۹۷ حدود ۸/۸۲ متر است. بیشترین فعالیت کانال در سال ۱۳۹۸ بوده است که هم‌زمان با سیلاب این سال و قطع‌شدگی ناگهانی پیچان رود بزرگی در بازه B و تغییر مسیر دادن رودخانه، میزان فعالیت کانال رودخانه به عدد حدود ۵۷/۱۳ متر رسیده است (جدول ۸). در بررسی میزان فعالیت کانال رودخانه در طول ۱۱ سال مورد مطالعه (۱۳۸۷ تا ۱۳۹۸) نتایج نشان می‌دهد که میزان فعالیت رودخانه ۹/۷۸ متر در سال بوده است که در برابر دبی سیلاب‌های شاخص کم بوده و این امر نشان می‌دهد که رودخانه به‌غیر از سیلاب‌های شاخص تحت تأثیر سیلاب‌های مکرر دیگر با دبی‌های مختلف در طی سال و تغییرات مداوم ناشی از آن‌ها می‌باشد (جدول ۸ و شکل ۱۰).

جدول ۸. میزان فعالیت بستر Ca رودخانه سدیح در طی پنج سیلاب شاخص

تاریخ سیلاب	طول رودخانه قبل از سیلاب (متر)	مساحت میزان فعالیت کانال (مترمربع)	میزان فعالیت بستر CA
۵ بهمن ۱۳۸۷	۳۱۰۵۱/۱	۵۷۰۲۷۲/۹۹	۱۸/۳۶
۳۰ دی ۱۳۹۲	۳۳۲۲۵/۷	۴۰۲۶۶۶/۸۴	۱۲/۱۲
۶ بهمن ۱۳۹۵	۳۴۹۴۴/۶	۳۷۴۶۳۸/۳۷	۱۰/۷۲
۱۵ بهمن ۱۳۹۷	۳۵۰۲۴/۱	۳۰۸۸۰۰/۶۹	۸/۸۲
۲۱ دی ۱۳۹۸	۲۸۹۱۳	۲۲۲۳۳۳۳/۸۲	۵۷/۱۳
۱۳۸۷ تا ۱۳۹۸	۳۱۰۵۱/۱	۳۳۴۳۰۹۲/۷۸	۹/۷۸



شکل ۱۰. a: کانال فعال رودخانه سدیح b: میزان فعالیت کانال قبل از سیلاب ۱۳۸۷ و بعد از سیلاب ۱۳۹۸

بحث

عوامل مختلفی مانند عوامل انسانی (مانند ساخت‌وساز سدها، پل‌ها، تغییر کاربری اراضی) و پدیده‌های طبیعی (شیب، جنس رسوبات، سیل، تکتونیک، ...)، بر مورفولوژی رودخانه‌ها تأثیر می‌گذارند (خالقی و همکاران، ۲۰۱۹؛ یوسفی و همکاران، ۲۰۱۸؛ رحیمی و همکاران، ۱۴۰۲). رودخانه سدیح یکی از رودخانه‌های با بستر ماسه‌ای و الگوی سینوسی و پیچان‌رودی می‌باشد؛ که تحت تأثیر عوامل مختلف از جمله سیلاب‌ها هر ساله تغییراتی را متحمل می‌شود. همان‌طوری که نیکل و همکاران (۲۰۱۰) در تحقیقات خود بیان می‌کنند که قدرت جریان و حرکت، در رودخانه‌های با بستر ماسه‌ای نسبت به رودخانه‌های با بستر گراولی کم‌تراست و در بستر ماسه‌ای ریزدانه رودخانه الگوی پیچان‌رودی خود را حفظ می‌کند و همچنین طبق گفته جوکار سرهنگی و همکاران (۱۳۹۶)، عامل مؤثر در تغییرات مورفومتری و پیچان‌رودی شدن رودخانه را درصد بالای ماسه در بافت رسوبات و شیب کم دانسته است، در منطقه مورد مطالعه نیز دو عامل شیب بسیار کم (۰/۰۶ درصد) و جنس رسوبات که دارای درصد بیشتری ماسه ریز در بافت خاک آن (۷۳/۴ درصد) می‌باشد در پیچان‌رودی شدن رودخانه مؤثر می‌باشند؛ اما در ایجاد تغییرات مسیر رودخانه شواهد نشان داده که بیشتر از جنس رسوبات و کم بودن شیب زمین، حجم و دبی سیلاب‌های مختلف در منطقه تأثیر بسزایی داشته است. رحیمی و همکاران، ۱۴۰۳ و مهندسین مشاور سازه پردازی ایران، ۱۳۹۸ نیز در پژوهش‌های خود در حوضه رودخانه‌های سدیح، اثر عواملی مانند شیب (شیب بسیار کم ۰/۰۶ درصد)، جنس رسوبات (رس، سیلت، ماسه) و وقوع پدیده‌های طبیعی (مانند سیلاب‌های متعدد با دبی‌های مختلف) را در الگوی رودخانه مؤثر دانسته‌اند.

از آنجا که قدرت جریان تأثیر زیادی بر نرخ مهاجرت رودخانه دارد (لوین ۱۹۸۳؛ هیکین و نانسون ۱۹۸۴؛ نانسون و هیکین، ۱۹۸۶؛ ریچارد و همکاران، ۲۰۰۵) وقوع سیلاب بزرگ سال ۱۳۹۸ با دبی ۸۳۰۳ مترمکعب بر ثانیه نیز توانست با پدیده میانبر^۴ پیچان‌رود بزرگ واقع در بازه B را به صورت الگوی دریاچه نعل اسبی تبدیل کند که این پدیده به گفته بنی اسدی مقدم و همکاران (۱۳۹۶)؛ راسمسن^۵ (۲۰۱۱)، موجب تغییر مورفولوژی رودخانه و کوتاه شدن یک رودخانه می‌شود

1. Lewin
2. Hickin & Nanson
3. Richard
4. Cutoff
5. Rasmussen

و این امر منجر به کاهش طول حدود ۵/۸ کیلومتر پس از سیلاب در این رودخانه شده است و تغییرات مورفولوژی زیادی را در رودخانه سدیج و مخصوصاً بازه B بر جای گذارد (جدول ۹). حال با توجه به نتایج به دست آمده و ارزیابی تغییرات مورفولوژی رودخانه در بازه‌هایی مورد بررسی از سال ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۸ که پیش‌تر به آن‌ها پرداخته شد، مشاهده شد که بیشترین میزان تغییرات کانال فعال نیز با ۱۶/۵۲ متر در سال برای بازه B بوده است و همچنین بر اساس شاخص NSM بیشترین تغییرات خط کناره مربوط به بازه B می‌باشد بنابراین همان‌طور که مشاهده شد این بخش از مسیر مورد مطالعه رودخانه سدیج که دارای بیشترین تعداد پیچان رودها بوده است بیشترین تغییرات مورفولوژی را نسبت به سایر بازه‌هایی دارد که ماهیت آن‌ها سینوسی است. این امر در رابطه با میزان فعالیت کانال (Ca) هم صادق است و بازه B بیشترین فعالیت و تغییر را در طول مورد مطالعه داشته است.

جدول ۹. تغییرات شاخص‌های مورفولوژی رودخانه برای سال‌های ۱۳۸۷ و ۱۳۹۸ برای بازه‌های مورد مطالعه

شاخص	دامنه تغییرات	بازه A	بازه B	بازه C	بازه D
کانال فعال	Ca	۵/۶۵۱	۱۶/۵۲۶	۴/۸۴۲	۴/۸۶۶
NSM میانگین در	پیشروی حداکثر	۲۷۸/۵۱	۷۸۶/۱۸۵	۲۰۴/۲۷	۱۴۳/۸۶۵
کناره راست و چپ	پسروی حداکثر	۲۱۲/۳۴	۸۷۵/۶۶	۱۲۶/۸۲	۹۲/۲۶
	میانگین	۱۲/۳۵	۸۲/۶۷۵	۱۶/۹۵	۲۶/۶۳

تأثیر بافت و دانه‌بندی رسوبات بر تغییرات مورفولوژی رودخانه سدیج

نتایج بررسی دانه‌بندی رسوب بر اساس طبقه‌بندی و مثلث فولک (۱۹۵۴)، نشان داد که بافت رسوبی نمونه‌های برداشت‌شده از کناره‌ها و بستر رودخانه سدیج، به‌غیر از نمونه‌های مقطع ۱ (گراول ماسه‌ای گلی) در طبقه رسوبات ماسه‌ای قرار گرفته‌اند و بافت نسبتاً یکنواختی را نشان می‌دهد. بیشترین فراوانی بافت رسوب در ماسه گلی با کمی گراول (۱۰ نمونه) و بعد از آن ماسه (۸ نمونه)، ماسه سیلتی (۵ نمونه)، ماسه با کمی گراول (۶ نمونه) مشاهده شده است. گراول ماسه‌ای و گراول با کمی ماسه، تنها در ابتدای ورودی رودخانه به جلگه ساحلی و کرانه راست رودخانه و در بخش بالایی روستای سدیج مشاهده شده است. وجود گراول در این بخش از رودخانه به دلیل انرژی بالاتر محیط رودخانه و توانایی آن در حمل و رسوب‌گذاری ذرات درشت‌دانه امری طبیعی است. به تدریج به سمت بخش‌های پائین تر رودخانه اندازه دانه‌ها کاهش یافته و غالب ذرات در طبقه ماسه حضور دارند. در کرانه راست رودخانه بافت غالب رسوب ماسه گلی با کمی گراول است، در بستر ماسه و در ساحل چپ ماسه سیلتی است. همان‌طور که نتایج تغییرات کانال رودخانه‌ای در کانال چپ و راست رودخانه (جدول ۱۰) نشان می‌دهد، تغییرات در ساحل راست رودخانه (بافت رسوب غالب رسوب ماسه گلی با کمی گراول) بیشتر از ساحل چپ (بافت رسوب غالب ماسه سیلتی) است. عدم تغییر قابل ملاحظه در بافت رسوب در هر دو کناره بازه A و B که بیشترین میزان تغییرات را بین بازه‌های مورد مطالعه دارد، نشان می‌دهد که بافت رسوب تأثیر زیادی بر تغییر مسیر و همچنین پیشروی و پسروی کانال رودخانه‌ای نداشته است و عامل دیگر به‌خصوص حجم سیلاب نقش تعیین‌کننده‌ای در تغییرات کانال رودخانه‌ای دارد. همان‌طور که پیش‌تر اشاره شد در محدوده‌ای از بازه B که در سیلاب سال ۱۳۹۸ باعث تغییر شکل کانال شده است از لحاظ دانه‌بندی و بافت رسوب تغییر قابل توجهی با بخش‌های دیگر رودخانه ندارد و تنها حجم زیاد سیلاب زمینه تغییر بریدگی گردن مئاندر را فراهم آورده است.

جدول ۱۰. دانه‌بندی رسوبات رودخانه سدیح در ۱۰ مقطع

مقطع	بازه	کرانه چپ	بستر	کرانه راست	الگوی رودخانه
۱	A	ماسه با کمی گراول	ماسه با کمی گراول	گراول ماسه‌ای گلی	سینوسی
۲	A	ماسه	ماسه	ماسه سیلتی	سینوسی
۳	A	ماسه سیلتی	ماسه با کمی گراول	ماسه با کمی گراول	سینوسی
۴	A	ماسه سیلتی	ماسه	ماسه گلی با کمی گراول	سینوسی
۵	A	ماسه	ماسه	ماسه گلی با کمی گراول	سینوسی
۶	A	ماسه گلی با کمی گراول	ماسه	ماسه گلی با کمی گراول	سینوسی
۷	A	ماسه گلی با کمی گراول	ماسه گلی با کمی گراول	ماسه گلی با کمی گراول	سینوسی
۸	B	ماسه با کمی گراول	ماسه	ماسه گلی با کمی گراول	پیچان‌رودی
۹	B	ماسه سیلتی	ماسه با کمی گراول	ماسه گلی با کمی گراول	پیچان‌رودی
۱۰	B	ماسه سیلتی	ماسه	ماسه گلی با کمی گراول	پیچان‌رودی

نتیجه‌گیری

در بررسی تأثیر سیلاب‌های شاخص بر روی کناره‌های رودخانه، نتایج نشان می‌دهد که افزونه DSAS برای تشخیص و تحلیل تغییرات کناره رودخانه ابزار قدرتمند است و می‌تواند تغییرات کناره‌ها را در طول سال‌های مختلف به صورت کمی برآورد کند، بررسی‌ها نشان داد که با وقوع هر سیلاب، فرسایش کناره‌ای در سواحل چپ و راست رودخانه مشاهده می‌شود. میزان فرسایش و جابجایی کانال تابع حجم سیلاب در رودخانه سدیح است به گونه‌ای که در اثر سیلاب ۱۳۹۸ که بزرگ‌ترین سیلاب در بین سیلاب‌های مورد مطالعه است، به جهت حجم زیاد و دبی بسیار بالای آن بخشی از مسیر رودخانه که به صورت پیچان‌رودی بوده است جدا شده و جریان مسیر مستقیم‌تری در رودخانه به وجود آورد. تأثیر افزایش سیلاب بر فعالیت بستر رودخانه نیز نشان می‌دهد که هر رویداد سیلاب منجر به تغییر بستر کانال شده و مقدار Ca با افزایش حجم سیلاب افزایش می‌یابد به گونه‌ای که بیشترین فعالیت کانال (Ca) در سال ۱۳۹۸ بوده است. ولی با وجود سیلاب‌های متعدد در حداثی سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۸ نرخ Ca در طول سال‌های مورد مطالعه زیاد نیست و این امر نشان‌دهنده این است که با وجود تغییرات بستر رودخانه در طول هر سیلاب، ولی رودخانه در طول زمان خود را بازسازی نموده و به سمت تعادل نسبی حرکت می‌نماید. ارزیابی روند تغییرات کناره‌های راست و چپ رودخانه سدیح در حداثی سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۸ (بدون در نظر گرفتن تغییرات بازه B) نشان می‌دهد که با توجه به شاخص NSM پیشروی و پسروی کانال از بالادست (بازه A) به سمت پائین‌دست (بازه D) رودخانه سدیح به تدریج کاهش می‌یابد. نتایج ارزیابی میزان فعالیت کانال (Ca) نیز روند کاهش تغییرات از بالادست به سمت پائین‌دست را تأیید می‌نماید. علت کاهش تغییرات کانال را می‌توان کاهش شیب سطح زمین از سمت بالادست به سمت مصب رودخانه در دریای عمان دانست که منجر به کاهش سرعت و انرژی جریان آب رودخانه سدیح در زمان سیلاب می‌شود. همچنین نتایج بافت رسوبات کرانه و بستر رودخانه نشان می‌دهد که به دلیل یکنواختی نسبی بافت رسوبات (ماسه) در طول کانال رودخانه‌ای، ارتباط مستقیمی بین افزایش یا کاهش پیشروی و پسروی کرانه چپ و راست و تغییر مسیر رودخانه سدیح با بافت رسوب مشاهده نمی‌شود، حتی در بازه B که بریدگی گردن مماندر مشاهده می‌شود از لحاظ رسوبی تفاوت قابل توجهی با رسوبات سایر مقاطع عرضی مورد مطالعه ندارد و عوامل مهم دیگر همانند حجم سیلاب می‌تواند نقش تعیین‌کننده‌ای در این تغییرات داشته باشد. علاوه بر این نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که امکان تغییر شدید مورفولوژی کانال رودخانه‌ای در بخشی از رودخانه که الگوی پیچان‌رود دارد (بازه B) بیشتر است به گونه‌ای که بیشترین تغییرات کرانه چپ و راست و همچنین بستر رودخانه سدیح در این بخش از

مسیر بوده است. در نهایت با توجه به اینکه مورفولوژی رودخانه و میزان فرسایش و رسوب گذاری در بخش های مختلف هر رودخانه متفاوت است و در زمان انجام پروژه های عمرانی از جمله ساخت پل و سازه های کنار رودخانه ای توجه ویژه به مورفولوژی رودخانه امری ضروری است.

حامی مالی

مقاله حاضر حاصل پژوهش رساله دکتری و با حمایت صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور در غالب کارگروه رساله مستقل دکتری با شماره ۴۰۰۳۱۰۰ می باشد. نویسندگان کمال تشکر خود را جهت اعتلای مادی و معنوی این پژوهش اعلام می دارند.

سهام نویسندگان در پژوهش

نویسندگان در تمام مراحل و بخش های انجام پژوهش سهم برابر داشتند.

تضاد منافع

نویسندگان اعلام می دارند که هیچ تضاد منافی در رابطه با نویسندگی و یا انتشار این مقاله ندارند.

تقدیر و تشکر

نویسندگان از همه کسانی که در انجام این پژوهش به ما یاری رساندند، به ویژه کسانی که کار ارزیابی کیفیت مقالات را انجام دادند، تشکر و قدردانی می نمایند.

منابع

- احمدزاده هروی، محمود و صمدیان، محمدرضا. (۱۳۷۴). گزارش و نقشه زمین شناسی، چهارگوش ورقه های ۱:۱۰۰۰۰۰ پی بشک. سازمان زمین شناسی کشور، شماره ۷۴۱.
- اصغری سراسکانرود، صیاد؛ زینالی، بتول و پورنریمان، نادر. (۱۳۹۴). تحلیل الگو و فرسایش پذیری مسیر رودخانه گرمی چای، هیدروژئومورفولوژی، ۲(۳)، ۲۰-۱.
- اسماعیلی، رضا و دلیری، راحیل. (۱۳۹۸). تحلیل مورفولوژیکی و مورفودینامیکی مائدرهای رودخانه سلمان رود، استان گیلان. پژوهش های دانش زمین، ۱۰(۳۹)، ۱۵۳-۱۴۱. doi:10.52547/ESRJ.10.3.141
- اسماعیلی، رضا؛ لرستانی، قاسم و بازیار، غفور. (۱۳۹۶). اثرات احداث سد بر ویژگی های پیچان رودی قسمت های میانی گرگان رود. پژوهش های جغرافیای طبیعی (پژوهش های جغرافیایی)، ۴۹(۴): ۶۶۶-۶۵۷. doi:10.22059/JPHGR.2018.226482.1007002
- بنی اسدی مقدم، امین و امینی، رامین. (۱۳۹۶). مدل سازی عددی مورفولوژی رودخانه در اثر مستقیم سازی رودخانه. دومین کنفرانس بین المللی مهندسی عمران، معماری و مدیریت بحران، تهران.
- جوکار سرهنگی، عیسی؛ تلنک، ابراهیم و لرستانی، قاسم. (۱۳۹۶). بررسی تغییرات مورفومتری رودخانه با تأکید بر پیچان رودها (مطالعه موردی: رودخانه چهل چای - نرمام). مجله آمایش جغرافیایی فضا، ۷(۲۶)، ۳۰-۱۷.
- جزایری، سیدعباس؛ موسوی، سیدمجید و براتی، محمدجواد. (۱۳۹۲). استفاده از الگوریتم های DSAS در مدیریت سیلاب مطالعه موردی: رودخانه کارون. کنفرانس ملی مدیریت سیلاب، تهران.
- حاجی بیگلر، محبوبه؛ دستورانی، محمدتقی؛ قزل سوفلو، عباسعلی و اختصاصی، محمدرضا. (۱۳۹۲). تغییرات مورفولوژیکی رودخانه و ارتباط آن با فرایندهای حاکم (مطالعه موردی: رودخانه فیروزه- شاهجوب). مرتع و آبخیزداری (منابع طبیعی ایران)، ۱(۶۶)، ۵۸-۴۳. <https://doi.org/10.22059/jrwm.2013.35327>
- حسین زاده، محمد مهدی؛ صدوق، سید حسن؛ متش بیرانوند، سعیده و اسماعیلی، رضا. (۱۳۹۸). برآورد میزان فرسایش کناری رودخانه

- با استفاده از مدل پایداری کناره و فرسایش پای کرانه. مطالعه موردی: رودخانه لایج- شهرستان نور. *مجله آمایش جغرافیایی فضا*، ۹(۳۳)، ۲۶۵-۲۷۸. doi: 10.30488/gps.2019.56759.2120
- رحیمی، نعیمه؛ صالحی پور میلانی، علیرضا؛ خالقی، سمیه. (۱۴۰۲). ارزیابی تأثیرات سیلاب‌های شدید بر تحولات مورفولوژی خطوط ساحلی دلتای سدیح (شرق جاسک). *مطالعات جغرافیایی نواحی ساحلی*، ۴(۴)، ۲۶۵-۲۷۸. doi: 10.22124/GSCAJ.2023.24141.1225
- رحیمی، نعیمه؛ خالقی، سمیه و صالحی پور میلانی، علیرضا. (۱۴۰۳). تأثیر سیلاب بر تغییرات مورفولوژی رودخانه مطالعه موردی: رودخانه سدیح استان هرمزگان. *هیدروژئومورفولوژی*، ۱۱(۳۸)، ۱۶۰-۱۴۱. doi: 10.22034/hyd.2024.59641.1717
- شایان، سیاوش؛ اکبریان، محمد؛ یمانی، مجتبی؛ شریفی کیا، محمد و مقصودی، مهران. (۱۳۹۷). هیدرودینامیک دریا و تأثیر آن در تشکیل توده‌های ماسه‌ای ساحلی مطالعه موردی: سواحل غربی مکران. *پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی*، ۸(۲): ۸۶-۱۰۳. doi: 20.1001.1.22519424.1393.2.4.6.5
- صالحی پور میلانی، علیرضا و اسکندری، مانده. (۱۴۰۰). پایش تغییرات مورفوتکتونیک پادگان‌های دریای عمان (چابهار تا گوانتر). *پژوهش‌های دانش زمین*، ۱۲(۴۷): ۲۰۲-۲۲۲. doi: 10.48308/ESRJ.2021.101298
- صالحی پور میلانی، علیرضا و مزروعی سیدانی، راضیه. (۱۴۰۰). ارزیابی نرخ تغییرات در خطوط ساحلی مکران (کنارک تا کلات). *مطالعات جغرافیایی نواحی ساحلی*، ۲(۴)، ۱۰۷-۱۳۲. <https://doi.org/10.22034/irqua.2020.702374>
- صالحی پور میلانی، علیرضا؛ نژاد افزلی، کرامت و بیاتانی، فاطمه. (۱۳۸۹). بررسی توفان گونو و تأثیرات آن بر ژئومورفولوژی خطوط ساحلی دریای مکران با استفاده از سنجش‌ازدور. *مجله علوم زمین*، بهار ۹۱، ۲۱(۸۳)، ۳۲-۲۳. <https://doi.org/10.22071/gsj.2012.54512>
- صفاری، امیر؛ قنوتی، عزت اله و علیپور دزفولی اصل، حمید. (۱۴۰۲). بررسی تغییرات مورفولوژی رودخانه کارون و مخاطرات ناشی از آن (مطالعه موردی: بندقیق تا خرمشهر). *تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی (علوم جغرافیایی)*، ۲۳(۶۸)، ۱۹۹-۲۲۲. doi: 10.52547/jgs.23.68.199
- کیانی، طیبه و پوربشیر هیر، محسن. (۱۳۹۷). تحلیل شاخص‌های هیدرومورفولوژی رودخانه بالهارود با هدف تعیین روند و علل تغییر بستر. *نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، ۱۸(۴۹)، ۱۱۱-۱۲۵. doi: 10.29252/jgs.18.49.111
- گورابی، ابوالقاسم و امامی، کامیار. (۱۳۹۷). تأثیرات نوزمینساخت بر تغییرات مورفولوژیک حوضه‌های زهکشی سواحل مکران، جنوب شرق ایران. *پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی*، ۶(۱)، ۷۴-۸۹. doi: 20.1001.1.22519424.1396.6.1.5.2
- مهندسين مشاور سازه پردازی ایران. (۱۳۹۸). گزارش مرحله اول مطالعات ریخت‌شناسی رودخانه‌های شمالی استان هرمزگان، شرکت آب منطقه‌ای استان هرمزگان.
- نقوی، محمد؛ محمدی، میرعلی و مهتابی، قربان. (۱۳۹۸). سرعت جریان در کانال مرکب پیچان تحت تأثیر ضریب خمیدگی. *مهندسی عمران (فنی و مهندسی مدرس)*، ۱۹(۵): ۲۰۷-۲۱۹.
- یمانی، مجتبی؛ گورابی، ابوالقاسم و عابدینی، زهرا. (۱۳۹۴). تحلیل روند تغییرات مورفولوژیکی الگوی آبراهه بابل رود از طریق نیمرخ های متساوی‌البعده (ترانسکت). *هیدروژئومورفولوژی*، ۲(۳)، ۱۵۷-۱۳۷. doi: 20.1001.1.23833254.1394.2.3.8.9
- یمانی، مجتبی و شرفی، سیامک. (۱۳۹۱). ژئومورفولوژی و عوامل مؤثر در فرسایش کناری رودخانه هررود در استان لرستان. *جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی دانشگاه اصفهان*، ۲۳(۱): ۳۲-۱۵.
- یمانی، مجتبی. (۱۳۷۷). علل تغییر مسیر دوره‌ای رودخانه‌ها در روی دلتاهای شرق جلگه ساحلی مکران. *پژوهش‌های جغرافیایی*، ۳۵، ۳۴-۵۶

References

- 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].

- Asghari Sarskanroon, S., Zeinali, B., & Poornariman, N. (2015). Pattern Analysis and Erodibility of Germi Chai River Route. *Hydrogeomorphology*, 2(3), 1-20. [In Persian].
- Anam, M. M., Jabir, A. A., & Hasan, G. M. (2021). Bank-line behaviour of the main rivers located within Sundarbans using Digital Shoreline Analysis System. *MIST International Journal of Science and Technology*, 288, 11-21. [https://doi.org/10.47981/j.mijst.09\(01\)2021](https://doi.org/10.47981/j.mijst.09(01)2021).
- Ayadi, K., Boutiba, M., Sabatier, F., & Guettouche, M. S. (2016). Detection and analysis of historical variations in the shoreline, using digital aerial photos, satellite images, and topographic surveys DGPS: case of the Bejaia bay (East Algeria). *Arabian Journal of Geosciences*, 9, 1-12. <https://doi.org/10.1007/s12517-015-2043-9>
- Baniasadi moqadam, A., & Amini, R. (2017). Numerical Modelling of river morphology due to river straightening, 2nd International Conference of Civil Engineering, Architecture and crisis management papers, Tehran. [In Persian].
- Baig, M. R. I., Ahmad, I. A., Shahfahad, Tayyab, M., & Rahman, A. (2020). Analysis of shoreline changes in Vishakhapatnam coastal tract of Andhra Pradesh, India: an application of digital shoreline analysis system (DSAS). *Annals of GIS*, 26(4), 361-376. <https://doi.org/10.1080/19475683.2020.1815839>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2009.07.017>
- Chakraborty, R., Pal, S. C., Ruidas, D., Roy, P., Saha, A., & Chowdhuri, I. (2023). Living with floods using state-of-the-art and geospatial techniques: flood mitigation alternatives, management measures, and policy recommendations. *Water*, 15(3), 558. <https://doi.org/10.3390/w15030558>
- Das, R. (2024). Decoding spatio-temporal dynamics of river morphology: a comprehensive analysis of bank-line migration in lower Gangetic basin using DSAS. *Modeling Earth Systems and Environment*, 1-17. <https://doi.org/10.1007/s40808-023-01927-8>
- Esmaili, R., & Daliri, R. (2019). Morphological and morphodynamic analysis of Meanders in Shalmanrood River, Gilan Province. *Researches in Earth Sciences*, 10(3), 141-153. [doi:10.52547/ESRJ.10.3.141](https://doi.org/10.52547/ESRJ.10.3.141) [In Persian].
- Esmaili, R., Lorestani, G., & Baziar, G. (2017). Effects of dam Reservoir on characteristics of meandering river in Gorgan River. *Physical Geography Research*, 49(4), 657-666. [doi:10.22059/JPHGR.2018.226482.1007002](https://doi.org/10.22059/JPHGR.2018.226482.1007002) [In Persian].
- Folk, R. L. (1954). The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary-rock nomenclature. *The Journal of Geology*, 62(4), 344-359.
- Fu, Y., Bellerby, R. G., Ji, H., Chen, S., Fan, Y., & Li, P. (2023). Impacts of riverine floods on morphodynamics in the yellow river delta. *Water*, 15(8), 1568. <https://doi.org/10.3390/w15081568>
- Gurabi, A., & Emami, K. (2018). Neotectonics influences on morphological variations of Makran costal basins. *Journal of Quantitative Geomorphological Research*, 6(1), 74-89. [In Persian].
- Hosein Zadeh, M. M., Sadogh, S. H., matesh Beyranvand, S., & Esmaili, R. (2019). Predict the rate of bank erosion in Lavij river during a particular flow by using BSTEM. *Geographical Planning of Space*, 9(33), 265-278. [doi: 10.30488/gps.2019.56759.2120](https://doi.org/10.30488/gps.2019.56759.2120). [In Persian].
- Hajibigloo, M., Dastorani, M., Ghezelsoufloo, A. A., & Ekhtesasi, M. R. (2013). Relation between Dominant Watershed Processes and River Morphological Changes (Case Study: Firoze-shah-jooob River). *Journal of Range and Watershed Management*, 66(1), 43-58. <https://doi.org/10.22059/jrwm.2013.35327>. [In Persian].
- Hasanuzzaman, M., Islam, A., Bera, B., & Shit, P. K. (2023). Quantifying the riverbank erosion and accretion rate using DSAS model study from the lower Ganga River, India. *Natural Hazards Research*. <https://doi.org/10.1016/j.nhres.2023.12.015>
- Hoitink, A. J. F., Wang, Z. B., Vermeulen, B., Huismans, Y., & Kästner, K. (2017). Tidal controls on river delta morphology. *Nature geoscience*, 10(9), 637-645. <https://doi.org/10.1038/ngeo3000>
- Hickin, E. J., & Nanson, G. C. (1984). Lateral migration rates of river bends. *Journal of hydraulic engineering*, 110(11), 1557-1567. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9429\(1984\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9429(1984))
- Jokar Sarhangi, E., Talank, E., & Lorestani, Gh. (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].
- Jazayeri, S. A., Mousavi, S.M., & Barati, M. J. (2013). The use of DSAS algorithms in flood management, case study: Karon River, *National Conference on Flood Management*, Tehran. [In Persian].
- Kiani, T., & Pourbashir H. M. (2018). Analyzing the hydro-morphological indicators of the Balharoud river with the aim of determining the trend and causes of riverbed change. *Journal of Geographical Sciences*, 18 (49):111-125. doi: 10.29252/jgs.18.49.111 [In Persian].
- Khaleghi, S., & Surian, N. (2019). Channel adjustments in Iranian rivers: a review. *Water*, 11(4), 672. <https://doi.org/10.3390/w11040672>
- Lewin, J. (1983). Changes of channel patterns and floodplains. In *Background to palaeohydrology. A perspective*, 303-319.
- Mahmud, M. I., Mia, A. J., Islam, M. A., Peas, M. H., Farazi, A. H., & Akhter, S. H. (2020). Assessing bank dynamics of the Lower Meghna River in Bangladesh: an integrated GIS-DSAS approach. *Arabian Journal of Geosciences*, 13, 1-19. <https://doi.org/10.1007/s12517-020-05514-4>
- Magdaleno, F., & Fernández-Yuste, J. A. (2011). Meander dynamics in a changing river corridor. *Geomorphology*, 130(3-4), 197-207. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2011.03.016>
- Naghavi, M., Mohammadi, M. A., Mahtabi, G. (2019). Flow Velocity in Meandering Compound Channel under the Influence of Sinusoidal Change. *Modares Civil Engineering journal*, 19 (5), 208-219. [In Persian].
- Nicoll, T. J., & Hickin, E. J. (2010). Planform geometry and channel migration of confined meandering rivers on the Canadian prairies. *Geomorphology*, 116(1-2), 37-47. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2009.10.005>
- Nanson, G. C., & Hickin, E. J. (1986). A statistical analysis of bank erosion and channel migration in western Canada. *Geological Society of America Bulletin*, 97(4), 497-504. <https://doi.org/10.1130/0016-7606>
- Quang, D. N., Ngan, V. H., Tam, H. S., Viet, N. T., Tinh, N. X., & Tanaka, H. (2021). Long-term shoreline evolution using dsas technique: A case study of Quang Nam province, Vietnam. *Journal of Marine Science and Engineering*, 9(10), 1124. <https://doi.org/10.3390/jmse9101124>
- Rahimi, N., Salehipour Milani, A., Khaleghi, S., (2023). Evaluation of Morphodynamic Effects of Floods on the Morphological Changes of the Coastline of the Sadij Delta (East of Jāsk), *Geographical Studies of Coastal Areas Journal*, 4(4), 21-43. doi: 10.22124/GSCAJ.2023.24141.1225 [In Persian].
- Rahimi, N., Khaleghi, S., & Salehipour Milani, A. (2024). The effect of floods on river morphology changes (case study: Sadij River, Hormozgan Province). *Hydrogeomorphology*, 11(38), 141-160. doi: 10.22034/hyd.2024.59641.1717 [In Persian].
- Rasmussen, J., & Mossa, J. (2011). Oxbow lakes as indicators of river channel change: Leaf River, Mississippi, USA. *Physical Geography*, 32(6), 497-511. <https://doi.org/10.2747/0272-3646.32.6.497>
- Richard, G. A., Julien, P. Y., & Baird, D. C. (2005). Statistical analysis of lateral migration of the Rio Grande, New Mexico. *Geomorphology*, 71(1-2), 139-155.
- Sazeh Pardazi Iran Consulting Engineers Company. (2020). Morphological studies report of Hormozgan province, *Regional Water Company of Hormozgan Province*. [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 Journal of Geosciences*, 21(83), 23-32. <https://doi.org/10.22071/gsj.2012.54512> [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. doi: 10.48308/ESRJ.2021.101298 [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. <https://doi.org/10.22034/irqua.2020.702374> [In Persian].
- 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].
- Saffati, A., Ghanavati, E., & Alipour Dezdouli Asl, H. (2023). Investigation of morphology changes in Karun River and its hazards (Case Study: Bandagir to Khorramshahr). *Journal of Geographical Sciences*, 23(68), 199-222. doi: 10.52547/jgs.23.68.199 [In Persian].
- Singh, S., Meraj, G., Kumar, P., Singh, S. K., Kanga, S., Johnson, B. A., & Sahariah, D. (2023). Decoding chambal river shoreline transformations: a comprehensive analysis using remote sensing, GIS, and DSAS. *Water*, 15(9), 1793. <https://doi.org/10.3390/w15091793>
- Wolfert, H. P. (2001). Geomorphological change and river rehabilitation: case studies on lowland fluvial systems in the Netherlands. *Wageningen University and Research*.
- Wu, T., Xu, Z., Chen, R., Wang, S., & Li, T. (2023). Channel Activity Remote Sensing Retrieval Model: A Case Study of the Lower Yellow River. *Remote Sensing*, 15(14), 3636. <https://doi.org/10.3390/rs15143636>
- Wang, J., Dai, Z., Fagherazzi, S., Zhang, X., & Liu, X. (2022). Hydro-morphodynamics triggered by extreme riverine floods in a mega fluvial-tidal delta. *Science of The Total Environment*, 809, 152076. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152076>
- Yamani, M., Gourabi, A., & Abedini, Z. (2015). The Analysis of Morphological Changes in the Pattern of Babolroud by Transect Technique. *Hydrogeomorphology*, 2(3), 137-157. [In Persian].
- Yamani, M., & Sharafi, S. (2012). Geomorphology and effective factors on lateral erosion in Hor Rood River, Lorestan province. *Geography and Environmental Planning*, 23(1), 15-32. [In Persian].
- 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].
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2017.12.034>
- Zăinescu, F., Vespremeanu-Stroe, A., Anthony, E., Tătu, F., Preoteasa, L., & Mateescu, R. (2019). Flood deposition and storm removal of sediments in front of a deltaic wave-influenced river mouth. *Marine Geology*, 417, 106015. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2019.106015>