

## Research Paper

## Evaluation of Morphodynamic Effects of Floods on the Morphological Changes of the East of Jāsk

Naimeh Rahimi<sup>1</sup>, Alirezā Sālehipour Milāni<sup>2\*</sup>, Somaiyeh Khāleghi<sup>2</sup>

1. Phd student of Geomorphology, Department of Natural Geography, University of Shahid Beheshti, Tehran.  
2. Assistant Professor, Department of Natural Geography, University of Shahid Beheshti, Tehran.

DOI: 10.22124/GSCAJ.2023.24141.1225

Received: 2023/03/18

Accepted: 2023/12/28

### Abstract

The coasts of Jāsk and its eastern regions are of great importance in developing the country's southern areas due to their strategic location, such as the establishment of military centers and the pipeline project to transfer oil. Changes in coastlines, mainly due to natural events such as floods in these areas where coastal structures are located, can provide valuable information to the environmental planners for the optimal implementation of construction projects. This research aimed to evaluate the changes in the geomorphology of the coastline due to the occurrence of floods in 6 years and 4 major floods in the years 2014, 2017, 2019, and 2020 at the base of the Sedij Delta. Landsat satellite data and the NDWI index were used to extract geomorphological units and coastlines. Coastline changes were also calculated using the Digital Shoreline Analysis System (DSAS) extension in the two geomorphological units of the sandy beach and the estuary of the Sedij Delta. The results showed that during the occurrence of these floods, according to the NSM index, the changes in coastlines in the mouths of the estuaries have a trend with sedimentation. The maximum progression of the coastline after these floods was 503 meters, and sandy beaches have an erosion process. The maximum rate of retreat of the coastline is 256.16 meters. The study of changes in the area of coastal barriers during the flood period showed that these floods have led to severe erosion of the coastal barriers, and about 171.79 hectares have lost their area at the base of the Sedij Delta. This research showed that in addition to the river processes, the intensification of marine processes, such as the height of waves, especially on sandy beaches, can significantly affect the erosion of coastlines in the studied area.

**Keywords:** Coastline Changes, DSAS, Coastal Barriers, Floods, Sedij.

### Highlight

- Floods lead to changes in the area of coastal dams.
- In addition to river processes, the intensification of marine processes also leads to the erosion of coastlines.

### Extended Abstract

#### Introduction

In coastal areas, the occurrence of floods, as well as the hydrodynamic processes of the sea, affect the coastal geomorphology. The climatic conditions governing the coastal areas also have a decisive role in the morphological characteristics of the coasts in connection with the morphogenesis processes. Sedij River is located in the east of Jāsk City. The occurrence of high-flow floods in this area, and the analysis of satellite images has also recorded the severe changes caused by these floods. Among these floods is the January flood of 2020; due to the severity of the rainfall in the region, it left a lot of damage to both humans and the environment of the delta of the Sedij River and in the geomorphological units, which destroys the river and its banks, and extensive changes in the mouth of the estuaries and changes in morphology. Therefore, evaluating and monitoring changes in the coastlines and geomorphological evolutions of Sedij River deltas during significant floods can provide coastal planners with a new approach to

\* Corresponding Author: Ar\_Salehipour@sbu.ac.ir

investigating the role of floods on coastlines. In this research, the Sedij delta coast has been divided into three areas in terms of location. In terms of geomorphology, it has been divided into the coastal barrier, estuary, and sandy beach units, and the changes of coastlines in each flood and the changes during the entire study period in these units have been evaluated. This research was conducted to evaluate the stability of different parts of the coastlines of the Sedij Delta and the estuaries related to this delta, and it has taken a step towards identifying the more vulnerable parts during coastal floods and protecting the beaches in this area.

### Methodology

In this study, the evaluation and monitoring of the changes in the coastlines of the Sedij Delta during the occurrence of 4 major floods from 2014 to 2021 have been discussed. The floods of January 20, 2014, January 26, 2017, February 4, 2019, and January 11, 2020, considered the most significant floods of the studied period, were used in this research. Landsat OLI satellite data have been used to monitor changes in coastlines. Radiometric and atmospheric corrections were performed to eliminate the negative effects of atmospheric factors on satellite images. NDWI spectral index was used to extract coastlines. The extracted coastlines were entered into the DSAS software, and the changes in the coastline were evaluated in the ArcGIS software. In this study, the indices of Linear Regression Rate (LRR), End Point Rate (EPR), Net Shoreline Movement (NSM), and Shoreline Change Envelope (SCE) were evaluated.

### Results and discussion

During significant floods, the coastal lines of the estuaries and the sandy beach have changed the form of progress and regression. Average coastline changes were obtained based on LRR, EPR, NSM, and SCE indices in each geomorphological unit for each flood and simultaneously for 4 floods. The results showed that due to the floods of 2019 and 2020, when the amount of discharge and precipitation was higher, the changes in the coastline in the mouth of the estuaries, the sandy beach, and even the area of the coastal barriers were also higher. Also, evaluating the changes in coastlines between 2014 and 2021, as a result of major floods, showed the progression of coastlines in the estuary geomorphological unit and retreat in the sand beach unit. According to the LRR index, the sandy beach coastline of the Sedij Delta has receded by an average of 1.63 meters per year. The highest rate of regression was in the 3rd zone. At the mouth of the estuary, after every river flood, a volume of sediment accumulates at the outlet of the river, and this can provide the basis for the advancement of the coastline in this area after every flood. The highest rate of progress is 0.90 meters per year and is also observed in the 1<sup>st</sup> zone, most of which is located in the mouth of the Sedij estuary. Coastal dams also lost about 171.8 hectares (38%) of their area after the flood of 2020 compared to before the flood of 2014, which indicates the simultaneous effect of river and sea processes on the erosion of the coastline. Furthermore, by moving away from the mouth of the Sedij River, the effect of waves on the coastline increases, which is the feeding or coastal sediment. The investigation of marine parameters such as wind speed and wave height during floods for two floods in 2014 and 2020 showed that the wave height at the time of the January 2020 flood reached 3 meters, which is about 1.2 meters higher than the wave height at the time of the 2014 flood, which indicates a significant change in the height of the sea waves and as a result the increase in coastal erosion in the Sedij River Delta.

### Conclusion

Processes governing land and sea. These changes are severe in many cases and are mainly seen in sedimentation and erosion processes in the coastline. The data evaluations of this research showed that, in general, the effect of floods during the studied period was the regression of the coastline. In zone 1, which is the place where the Sedij River enters the sea, a large amount of sediment enters the coastline at the same time as the floods occur, and this prevents severe erosion in this area and provides a relative balance of the erosion and sedimentation processes there. However, the erosion process increases in the area far away from the mouth of the Sedij River on the sandy beach. The sandy beach area has played a dominant role in the evolution of the coastlines of this section due to the lack of proper sediment feeding and the intensification of marine processes, such as the increase in wave height and the activity of currents parallel to the coast during floods. This section of the coastline has provided the basis for more severe erosion than the mouth of the estuary. Despite the erosion process in the area of the sandy beach, this beach is more suitable for the development of the coastline than the mouth of the estuary because it is possible to migrate the mouth of the estuary during floods, which can hurt the coastal facilities and structures.

### Funding

The present article is the result of a doctoral thesis research and supported by the Iran National Science Foundation (INSF), (Project code: 4003100).

### Assssss s Crrrrriutinn

Authors contributed equally to the conceptualization and writing of the article. 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 persons for scientific consulting in this paper.



#### Citation:

Rahimi, N., Sālehipour Milāni, A., and Khāleghi, S. (2024). Evaluation of Morphodynamic Effects of Floods on the Morphological Changes of the Coastline of the Sedij Delta (East of Jāsk). *Geographical Studies of Coastal Areas Journal*, 4(15), pp. 21-43. DOI: 10.22124/GSCAJ.2023.24141.1225

#### Copyrights:

Copyright for this article are retained by the author(s), with publication rights granted to *Geographical studies of Coastal Areas Journal*. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.



## ارزیابی تأثیرات سیلاب‌های شدید بر تحولات مورفولوژی خطوط ساحلی دلتای سدیج (شرق جاسک) ❖

نعیمه رحیمی<sup>۱</sup> ID، علیرضا صالحی پور میلانی<sup>۲\*</sup> ID، سمیه خالقی<sup>۲</sup> ID

۱. دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران.

۲. استادیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران.

DOI: 10.22124/GSCAJ.2023.24141.1225

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۱۲/۲۷

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۱۰/۰۷

### چکیده

سواحل جاسک و مناطق شرقی آن به دلیل ویژگی‌های راهبردی از جمله، استقرار مراکز نظامی، طرح لوله انتقال نفت گوره به جاسک و توسعه مناطق آزاد در توسعه مناطق جنوبی کشور از اهمیت زیادی برخوردار است. پایش و ارزیابی میزان تغییرات خطوط ساحلی به خصوص در اثر رویدادهای طبیعی همانند سیلاب در این مناطق که محل استقرار سازه‌های ساحلی است، می‌تواند اطلاعات ارزشمندی را در اختیار برنامه‌ریزان محیطی جهت اجرای بهینه طرح‌های عمرانی قرار دهد. هدف این تحقیق ارزیابی تغییرات ژئومورفولوژی خط ساحلی در اثر رخداد سیلاب‌ها در یک دوره ۶ ساله و در نتیجه ۴ سیلاب شاخص در سال‌های ۱۳۹۲، ۱۳۹۵، ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ در قاعده دلتای سدیج است. به منظور استخراج واحدهای ژئومورفولوژی و همچنین استخراج خطوط ساحلی از داده‌های ماهواره‌ای لندست و شاخص NDWI استفاده شد. تغییرات خطوط ساحلی نیز با بهره‌گیری از افزونه سامانه تحلیل خطوط ساحلی (DSAS) در دو واحد ژئومورفولوژی ساحل ماسه‌ای و دهانه خور دلتای سدیج و در سه بازه مطالعاتی محاسبه گردید. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد در طی وقوع این سیلاب‌ها، با توجه به شاخص NSM تغییرات خطوط ساحلی در دهانه خورها دارای روندی همراه با رسوب‌گذاری بوده است. همچنین جابجایی طولی، در امتداد خط ساحلی صورت گرفته و بیشترین میزان پیشروی خط ساحل پس از وقوع این سیلاب‌ها، ۵۰۳ متر است. برخلاف آن‌ها، واحد ژئومورفولوژی سواحل ماسه‌ای دارای روندی فرسایشی و بیشترین میزان پسروی خط ساحل ۲۵۶ متر ثبت شده است. بررسی تغییرات مساحت سدهای ساحلی در طی دوره مورد مطالعه نشان می‌دهد که این سیلاب‌ها منجر به فرسایش شدید آن‌ها شده است، به طوری که سدها در حدود ۱۷۱ هکتار از وسعت خود را در قاعده دلتای سدیج از دست داده‌اند. این تحقیق نشان داد که علاوه بر فرایندهای رودخانه‌ای، تشدید فرایندهای دریایی همانند افزایش ارتفاع امواج هم‌زمان با وقوع سیلاب به خصوص در سواحل ماسه‌ای می‌تواند تأثیر زیادی بر فرسایش خطوط ساحلی در منطقه مورد مطالعه داشته باشد.

**واژگان کلیدی:** تغییرات خطوط ساحلی، DSAS، سدهای ساحلی، سیلاب، سدیج.

### نکات برجسته:

- سیلاب‌ها منجر به تغییرات مساحت سدهای ساحلی می‌شوند.
- علاوه بر فرایندهای رودخانه‌ای، تشدید فرایندهای دریایی نیز منجر به فرسایش خطوط ساحلی می‌شود.

❖ مقاله حاضر برگرفته از رساله دکتری نویسنده اول است که با راهنمایی نویسنده دوم و مشاوره نویسنده سوم در دانشگاه شهید بهشتی تهران دفاع شد.

\* نویسنده مسئول: Ar\_salehipour@sbu.ac.ir

## ۱. مقدمه

در بین فرایندهای طبیعی سیل فرایندی است که همراه با تخریب، خسارت و تلفات بوده و این فرآیند همیشه باعث نگرانی انسان‌ها شده است (اصغری مقدم، ۱۳۹۱)، به همین علت، آن را جزء بلایای طبیعی یا یکی از مخاطرات طبیعی مورد بحث قرار می‌دهند و از دیرباز مورد توجه علوم مختلف مثل هیدرولوژی، هیدرولیک، ژئومورفولوژی بوده است (باکر، ۱۹۹۴؛ وحید و اگونومبا، ۲۰۱۰؛ هوک، ۲۰۱۶a). در مناطق ساحلی وقوع سیلاب‌ها از یک طرف و همچنین فرایندهای هیدرودینامیکی دریا از طرف دیگر بر تغییرات و تکامل خطوط ساحلی تأثیر می‌گذارند، همچنین شرایط اقلیمی حاکم بر مناطق ساحلی نیز در ارتباط با فرایندهای شکل‌زایی نقش تعیین‌کننده‌ای بر ویژگی‌های مورفولوژیکی سواحل دارند (صالحی‌پور میلانی و اسکندری، ۱۴۰۰؛ گراسس، ۲۰۲۰). سیلاب‌ها علاوه بر تأثیر روی مورفولوژی رودخانه و کرانه آن، در سواحل و دلتاها در طی زمان و دوره بازگشت‌های متفاوت، لندفرم‌هایی مانند خور، تالاب، پیکان ساحلی و سدهای ماسه‌ای را تحت تأثیر قرار می‌دهند و فرایند جزر و مد و پیشروی و پسروی آب نیز می‌تواند باعث گسترش و جابجایی مصب و خلیج دهانه‌ای شود و در نتیجه در تغییر مورفولوژی ساحل و خط ساحلی قاعده دلتا تأثیر داشته باشد (یمانی، ۱۳۷۶؛ نوحه‌گر و حسین‌زاده، ۱۳۹۰).

رودخانه سدیج در شرق شهرستان جاسک دارای حوضه آبریزی با مساحتی در حدود ۴۸۰۰ کیلومتر مربع می‌باشد. آمار ایستگاه هیدرومتری سدیج بیانگر رخداد سیلاب‌های با دبی بالا در این منطقه است و بررسی‌های تصاویر ماهواره‌ای نیز تغییرات شدید ناشی از این سیلاب‌ها در خود ثبت نموده‌اند. از جمله این سیلاب‌ها، سیلاب دی‌ماه سال ۱۳۹۸ است؛ که بر اثر شدت ریزش‌های جوی در منطقه، خسارات فراوانی را در دو بخش انسانی (مانند تخریب مناطق مسکونی روستاهای اطراف رودخانه سدیج) و طبیعی (مانند تخریب رودخانه و کناره‌های آن، همچنین تغییرات گسترده در دهانه‌خورها و تغییرات مورفولوژی نواحی ساحلی) برجای گذاشته است. از این‌رو ارزیابی و پایش تغییرات خطوط ساحلی و تحولات ژئومورفولوژی دلتاهای رودخانه سدیج در سیلاب‌های شاخص می‌تواند رهیافتی جدید را در راستای بررسی نقش سیلاب‌ها بر خطوط ساحلی در اختیار برنامه ریزان سواحل قرار دهد.

هدف تحقیق حاضر بررسی تغییرات خطوط ساحلی در قاعده دلتای سدیج و ارزیابی تحولات واحدهای ژئومورفولوژی سدهای ساحلی و سواحل ماسه‌ای در طی ۴ سیلاب شاخص در حدفاصل سال‌های ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۸ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست و همچنین سامانه DSAS است. این سیلاب‌ها دارای بیشترین میزان دبی در میان سایر سیلاب‌های دوره مورد مطالعه بوده‌اند. در این پژوهش، ساحل دلتای سدیج را از لحاظ مکانی به سه بازه و از لحاظ ژئومورفولوژی به واحدهای سد ساحلی، دهانه خور و همچنین ساحل ماسه‌ای تقسیم‌بندی شده و تغییرات خطوط ساحلی در هر سیلاب و تغییرات در طول کل دوره مورد مطالعه در این واحدها مورد ارزیابی قرار گرفته است. این پژوهش در جهت ارزیابی پایداری بخش‌های مختلف خطوط ساحلی دلتای سدیج و خورهای مربوط به این دلتا انجام گرفته و گامی در جهت شناسایی بخش‌های آسیب‌پذیرتر در طی سیلاب‌های ساحلی و حفاظت از سواحل در این منطقه برداشته است.

## ۲. پیشینه پژوهش

مطالعات گوناگون و روش‌های متعددی برای بررسی تغییرات مورفولوژی و مورفودینامیک ناشی از سیلاب در طی زمان، در سواحل مورد استفاده قرار گرفته است (یمانی و محمد نژاد، ۱۳۹۲). بسیاری از مطالعات به درک ما از رابطه بین هیدرولوژی و ژئومورفولوژی رودخانه کمک کرده است (تامپسون و کروک، ۲۰۱۳؛ هوک ۲۰۱۶a، b؛ یوسفی ۲۰۱۸).

امروزه در جهان برای مطالعه و پایش تغییرات خطوط ساحلی از روش‌ها و ابزارهایی از جمله سنجش‌ازدور، سامانه اطلاعات جغرافیایی و همچنین سامانه تحلیل رقومی خطوط ساحلی یا DSAS استفاده می‌شود. این نرم‌افزار برای محاسبه تغییر خط ساحلی و ارائه نرخ تغییرات خطوط ساحلی به صورت کمی پیشنهاد می‌شود (مورالی و همکاران، ۲۰۱۵؛ موسید، ۲۰۱۵؛ داود، ۲۰۲۱؛ عبدالمولود، ۲۰۲۲). محققین زیادی از این ابزار برای ارزیابی تغییرات خطوط ساحلی در جهان استفاده نموده‌اند و کارایی آن اثبات شده است.

کنکارا و همکاران (۲۰۱۵) به بررسی تغییرات بلندمدت و کوتاه‌مدت خط ساحلی در امتداد سواحل آندرا پرادش در هند پرداخته‌اند. آن‌ها با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای با وضوح چندگانه و استخراج خط ساحلی طبق استاندارد NNRMS تغییرات خط ساحلی برای ۲۲ سال گذشته (۲۰۱۲-۱۹۹۰) را به دست آوردند. فوآد و همکاران (۲۰۱۷) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست و سیستم‌های تحلیل دیجیتال (DSAS) به تجزیه و تحلیل خط ساحلی در امتداد بخش شمالی منطقه ساحلی گرسیک در شرق جاوا اندونزی پرداخته‌اند. در این بخش خطوط ساحلی ۵ روستا مورد بررسی قرار گرفته‌اند. بر اساس شاخص جابه‌جایی خط ساحلی خالص (NSM) و نرخ نقطه پایانی (EPR) نتایج نشان می‌دهد که پیشروی و پسروی خط ساحلی به‌طور همزمان در بخش‌هایی از این خط ساحلی روی داده است، اما فرایند غالب فرسایش می‌باشد. یادآ و همکاران (۲۰۱۸) تغییر خط ساحلی برای منطقه ساحلی کارور هند را با استفاده از تصاویر لندست ۸ مورد مطالعه قرار داده است. تحلیل‌های صورت گرفته به‌وسیله سیستم تحلیل خط ساحلی دیجیتال (DSAS)، نشان داد که ساحل تاگور به منطقه فرسایشی تبدیل شده است و ساحل دوباغ در حال فرسایش است. سبات و همکاران (۲۰۱۸) به بررسی برآورد نرخ تغییر خط ساحلی با استفاده از روش‌های تحلیل آماری (EPR) در نواحی از سوریه پرداخته است. نتایج نشان می‌دهد در بخش الفاید بالاترین حد پیشروی را داشته است. نصار و همکاران (۲۰۱۹) خط ساحلی، شمال سینا در مصر را با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و سیستم تجزیه و تحلیل دیجیتال DSAS در طول دوره ۱۹۸۹ تا ۲۰۱۶ مورد ارزیابی قرار داده‌اند و نرخ تغییرات خط ساحل و میزان فرسایش را برای سه منطقه از خط ساحل محاسبه کرده است. امام بیگ و همکاران (۲۰۲۰) تغییرات خط ساحلی در هند (آندهرآ پرادش هندوستان) را با استفاده از سیستم تحلیل دیجیتال خط ساحلی (DSAS) مورد ارزیابی قرار داده است. در این مطالعه ساحل از نظر تغییر به ۵ دسته تقسیم شده است. نتایج پژوهش نشان داده است ۵٫۸ کیلومتر از ساحل دارای فرسایش زیاد است همچنین فعالیت‌ها و پدیده‌های طبیعی و انسانی از عوامل مؤثر تغییرات بر نواحی ساحلی است. ایشا و همکاران (۲۰۲۰) با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و سیستم تحلیل دیجیتالی DSAS به بررسی تغییرات خط ساحلی در پورت دیکسون در طی سال‌های ۱۹۸۸ تا ۲۰۱۹ پرداخته است و نتایج مطالعه نشان داد که الگوی رودخانه در این مدت تغییر کرده و فرسایش زیادی بین سال‌های ۲۰۱۰-۲۰۰۵ رخ داده است. کوانگ و همکاران (۲۰۲۱) تغییرات خط ساحلی در منطقه گوانگ در ویتنام را مورد ارزیابی قرار داده است. آن‌ها با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و سامانه تحلیل رقوم خطوط ساحلی DSAS نشان دادند که با توجه به شاخص EPR خط ساحلی پیشروی داشته است. رحمتی و همکاران (۱۳۹۷) به تحلیل عوامل مؤثر بر هیدرودینامیک خط ساحلی طی بازه زمانی ۱۹۵۵-۲۰۱۶ برای قاعده دلتای اروندرود پرداخته است در این پژوهش نشان دادند که عامل اصلی تغییر شکل تحذب مورفولوژی خط ساحلی به سمت غرب در مقیاس محلی نقل و انتقال جریان رسوب توسط جریان‌های دریایی و در مقیاس منطقه‌ای از جریان‌های متأثر از نیروی کوریولیس تأثیر پذیرفته‌اند. امینی و همکاران (۱۳۹۷) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و سامانه تحلیل رقوم خط ساحلی DSAS در دلتای گرگان رود و سفیدرود در طی بازه زمانی ۳۰ ساله تغییرات خط ساحلی را مورد ارزیابی قرار داده‌اند. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که بر اساس نرخ کل جابجایی (LRR) خط ساحل در دلتای گرگان رود به سمت دریا پسروی داشته و دلتای سفیدرود به سمت خشکی پیشروی ناچیزی داشته است. خان محمدی و همکاران (۱۳۹۹) به بررسی تغییرات دوره‌ای خط ساحلی دریای عمان با استفاده از داده‌های سنجش‌از‌دور و تحلیل مکانی پرداخته ایشان با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست سنجنده‌های TM و ETM در سه دور زمانی ۲۰۰۰، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۹ خط ساحلی را با شاخص NDWI<sup>۲</sup> استخراج و با استفاده از افزونه DSAS تغییرات خط ساحلی را به‌صورت الگوهای فرسایش و رسوب اندازه‌گیری نموده‌اند. در این پژوهش نتایج نشان داده که بر اساس رگرسیون خطی (LRR) ساحل دریای عمان دارای فرسایش متوسط ۱۰ متر و رسوب ۸/۳۹ متر در سال بوده است و سواحل این منطقه پویا بوده. صالحی پور میلانی و مزروعی (۱۴۰۰) تغییرات خطوط ساحلی در واحد ژئومورفولوژیکی مکران از چابهار تا گواتر در بازه زمانی ۱۹۸۹ تا ۲۰۲۰ را مورد ارزیابی قرار داده‌اند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داده است که ساحل مناطق مورد مطالعه به میزان ۰/۶۹ متر خط ساحل پسروی داشته است. بیشترین تغییرات در دهانه ورودی رودخانه به دریا و در سدهای ساحلی بوده است. صالحی پور میلانی و مزروعی (۱۴۰۰) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست و بهره‌گیری از افزونه DSAS در طول دوره ۱۹۸۹ تا ۲۰۲۰ به بررسی نرخ تغییرات در خطوط ساحلی مکران از کنارک تا کلات پرداخته‌اند. نتایج



نشان می‌دهد که تغییرات در کل منطقه مورد مطالعه کم و با توجه به شاخص (LRR) به میزان ۰/۰۷ متر و خط ساحلی ساحل ماسه‌ای ۰/۳۹ متر در سال پیشروی داشته و همچنین ناپایدارترین واحد ژئومورفولوژی در منطقه را اسپیت‌ها با پیشروی حدود ۰/۶۷ متر در سال به خود اختصاص داده است.

### ۳. روش پژوهش

حوضه سدیح با مساحتی حدود ۴۲۰۰ کیلومتر مربع در جنوب شرقی ایران و شرق شهرستان جاسک واقع شده است (یمانی، ۱۳۷۶-گورابی و همکاران ۱۳۹۶). محدوده مورد مطالعه‌ی این پژوهش، ساحل قاعده دلتای رودخانه سدیح می‌باشد (شکل ۱). این حوضه دارای متوسط بارندگی سالانه ۹۰ میلی‌متر و دارای آب‌وهوای گرم و خشک و در سواحل گرم و مرطوب می‌باشد (رضی، ۱۳۹۴، شایان و همکاران ۱۳۹۷). دامنه ارتفاعی دلتای سدیح بین ۵۵ تا صفر متر از سطح دریا بوده است. همچنین میزان شیب دلتای سدیح ۶ درصد می‌باشد (یمانی، ۱۳۷۶). شغل اکثر ساکنان روستاهای دلتای سدیح کشاورزی و صیادی است اما به دلیل نداشتن خاک مناسب و آب مورد نیاز، کشاورزی پررونقی ندارد و اکثر ساکنین روستاهای این دلتا مانند سدیح، گهرت، سورچاه، زیگداف، چنالی، رحیم مچ و سایر روستاهای ساحلی دیگر، دارای شغل ماهیگیری می‌باشند. از این رو، خط ساحلی این منطقه از مناطق بسیار مهم برای توسعه بندر جهت ماهیگیری روستاهای این حوضه به شمار می‌آید. از نظر زمین‌شناسی حوضه آبریز سدیح در مکران بیرونی واقع شده و از نهشته‌های تخریبی تشکیل گردیده است که شامل ماسه‌سنگ، شیل، 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 سدیح نیز جزو سواحل دلتایی مکران و دارای نهشته‌های کرانه‌ای شامل: پادگانه‌های کرانه‌ای قدیمی، نهشته‌های ماسه‌ای رسی، نهشته‌های کولابی، رسوب‌های ماسه‌ای کرانه‌ای و سب‌خا می‌باشند (احمد زاده هروی، محمود و همکاران ۱۳۷۴). واحدهای ژئومورفولوژی غالب در این بخش از ساحل مکران، ساحل ماسه‌ای، سدهای ساحلی، خور، کانال‌ها و پهنه‌های کسندی، است. سدهای ساحلی به وسیله فعالیت موج و حمل و نقل رسوب توسط جریان‌های موازی ساحل شکل گرفته و به موازات خط ساحل امتداد یافته‌اند. این لندفرم‌های ساحلی، همیشه بالاتر از سطح مد دریا قرار دارد و به وسیله خورها و لاگون‌ها یا خلیج‌ها از ساحل اصلی جدا شده‌اند (صالحی پور، ۱۳۸۹). در سواحل دلتای سدیح نیز به مانند دیگر دلتاهای جنوب و جنوب شرق ایران خورهایی وجود دارند که از طریق آن‌ها، آب رودخانه سدیح به دریا می‌ریزد و در ورای آن‌ها پهنه‌های کسندی شکل می‌گیرند.

در این مطالعه به ارزیابی و پایش تغییرات خطوط ساحلی دلتای سدیح در طی رخداد ۴ سیلاب شاخص در بازه زمانی ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۸ پرداخته شده است. بر مبنای داده‌های ایستگاه‌های هیدرومتری سدیح در حدفاصل سال‌های ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۸ سیلاب‌های شدیدی در منطقه مورد مطالعه و حوضه آبریز رودخانه سدیح ثبت شده که خسارات زیادی به بار آورده است. از بین این سیلاب‌ها، سیلاب‌های ۳۰ دی ۱۳۹۲، ۶ بهمن ۱۳۹۵، ۱۵ بهمن ۱۳۹۷، ۲۱ دی ۱۳۹۸، از اهمیت و دبی بالاتری برخوردار بوده و تصاویر ماهواره‌ای مناسبی برای تحلیل آن‌ها وجود داشت از این رو برای این تحقیق استفاده شد.

جهت پایش تغییرات خطوط ساحلی ناشی از سیلاب‌های شاخص از داده‌های ماهواره‌ای لندست OLI برای سیلاب‌های ۱۳۹۲، ۱۳۹۵، ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸، استفاده شده است. تصحیحات رادیومتریک و اتمسفری بر روی تصاویر ماهواره‌ای انجام شد. این تصحیحات باعث از بین رفتن تأثیرات منفی عوامل اتمسفری بر تصویر می‌شود. به منظور استخراج خطوط ساحلی در منطقه مورد مطالعه از شاخص طیفی NDWI در نرم‌افزار ENVI5.3 استفاده شد (رابطه ۱).

$$NDWI = \frac{Green - NIR}{Green + NIR} \quad (1)$$

بنابراین پس از استخراج خطوط ساحلی از تصاویر ماهواره‌ای، جهت شناسایی بهتر میزان تغییرات، خط ساحلی به دو واحد ژئومورفولوژی دهانه خور و همچنین ساحل ماسه‌ای تفکیک گردید و علاوه بر آن طول خط ساحل به ۳ بازه تقسیم‌بندی شده و میزان تأثیر سیلاب بر تغییرات خطوط ساحلی در هر یک از این واحدهای ژئومورفولوژی و بازه‌ها مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۴). در این پژوهش ابتدا به بررسی تأثیرات هر سیلاب در هر یک از بازه‌ها پرداخته شد و در ادامه میزان تغییرات خطوط ساحلی به صورت یکپارچه مورد ارزیابی قرار گرفت. از (DSAS) جهت ارزیابی تغییرات کمی خطوط ساحلی استفاده شده است.

این ابزار به‌عنوان یک افزونه روی نرم‌افزار Arc GIS نصب‌شده و با ایجاد مقاطع طولی عرضی عمود بر خطوط ساحلی، نرخ تغییرات خط ساحلی را در مقاطع ایجادشده، نسبت به یک مبنای مشخص محاسبه می‌کند؛ بنابراین با استفاده از سامانه DSAS ترانسکت‌هایی بافاصله ۵۰ متر از خط مبنای ۲۰۰ متری ترسیم و شاخص‌های نرخ نقطه پایانی<sup>۴</sup> (EPR)، نرخ جابجایی خط ساحلی<sup>۵</sup> (NSM) و متوسط تغییر خطوط ساحلی<sup>۶</sup> (SCE) جهت ارزیابی تغییرات خطوط ساحلی برای هر سیلاب مورد استفاده قرار گرفت. (EPR) از تقسیم فاصله حرکت خط ساحلی به میزان تغییر مکان خط ساحلی میان جدیدترین و قدیمی‌ترین خطوط به دست می‌آید.<sup>۷</sup> (LRR) تعیین نرخ آماری از نرخ تغییر توسط اتصالات حداقل رگرسیون مربع مربوط به تمام سواحل در ترانسکت خاص است (ترنتی، ۲۰۱۴). شاخص (SCE) بیانگر تغییر خط ساحلی است و بیشترین فاصله بین دو خط ساحل را بدون در نظر گرفتن زمان آن‌ها در هر ترانسکت نشان می‌دهد. همچنین تغییرات مساحت سدهای ساحلی در قبل و بعد سیلاب‌های مورد مطالعه بررسی و تأثیر آن بر فرسایش و رسوب‌گذاری در این منطقه تحلیل گردید.



شکل ۱. A: موقعیت جغرافیایی دلتای سدیح در ایران، B: موقعیت جغرافیایی سدیح در شهرستان جاسک، C: محدوده دلتای سدیح

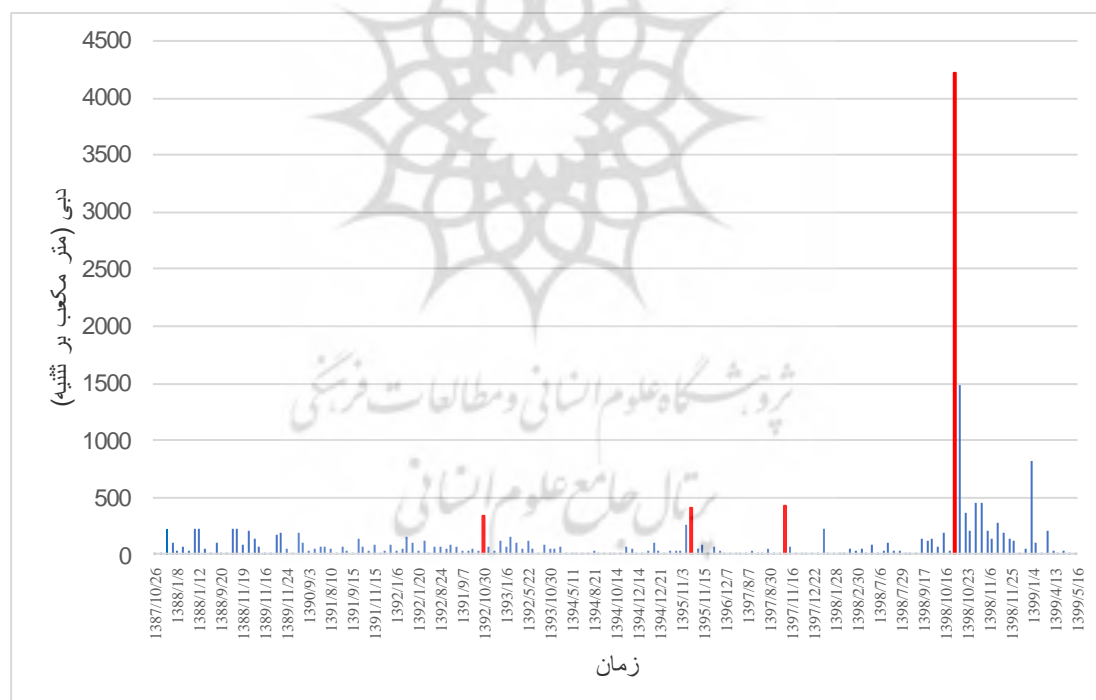
#### ۴. یافته‌های پژوهش و بحث

4. End Point Rate
5. Net Shoreline Movement
6. Shoreline Change Envelope
7. Linear Regression Rate



## ۱.۴. تعیین سیلاب شاخص

سواحل خشک و نیمه خشک جنوب شرقی ایران به دلیل ریزش باران‌های بسیار شدید لحظه‌ای ناشی از پرفشار جنب‌حاره‌ای به صورت باران‌های موسمی با شدت و ضعف متفاوت و همچنین توفان‌های دریایی که گاهی امواج بزرگی را ایجاد می‌کنند موجب آب‌گرفتگی در نواحی ساحلی می‌شوند. منطقه مورد مطالعه سدیج نیز مستثنی از این امر نیست و آمار ۱۲ ساله ایستگاه هیدرومتری سدیج (شکل ۲) و تصاویر ماهواره‌ای موجود بیانگر رخداد سیلاب‌هایی با دبی بالا در منطقه است. در حد فاصل سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۸ سیلاب‌های متعددی در رودخانه سدیج روی داده است که می‌تواند تأثیر زیادی بر شکل زایی رودخانه، خط و پهنة ساحلی داشته باشد (شکل ۲). از بین این سیلاب‌ها ۴ سیلاب شاخص که دبی آن‌ها دارای بالاترین میزان دبی ثبت شده بوده، برای ارزیابی تأثیر سیلاب‌ها بر خطوط ساحلی منطقه مورد مطالعه انتخاب گردید. این سیلاب‌ها در سال‌های ۱۳۹۲ (۳۳۳ مترمکعب بر ثانیه)، ۱۳۹۵ (۴۰۸ مترمکعب بر ثانیه)، ۱۳۹۷ (۴۱۷ مترمکعب بر ثانیه) و در نهایت سیلاب سال ۱۳۹۸ که شدیدترین سیلاب دوره مورد مطالعه بود با دبی معادل ۴۲۹۹ مترمکعب بر ثانیه برای رودخانه سدیج ثبت شد (شکل ۲). بر اثر شدت ریزش‌های جوی در منطقه، این سیلاب‌ها خسارات فراوانی در بخش انسانی و تخریب مناطق مسکونی روستاهای اطراف رودخانه سدیج و در بخش طبیعی و تخریب رودخانه و کناره‌های آن وارد نموده و باعث تخریب و گسترش دهانه خورها و تغییرات مورفولوژی نواحی ساحلی شده است. همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، بیشترین دبی ثبت شده در منطقه مورد مطالعه مربوط به روز ۲۱ دی ۱۳۹۸ است. در این روز بارش بارانی معادل ۷۰ میلی‌متر و متوسط دبی روزانه در حدود ۴۲۹۹ مترمکعب بر ثانیه در رودخانه سدیج جریان یافته است که فاصله زیادی نسبت به میانگین سالانه دبی این رودخانه به میزان ۳۸/۹۹ مترمکعب بر ثانیه دارد (جدول ۱).



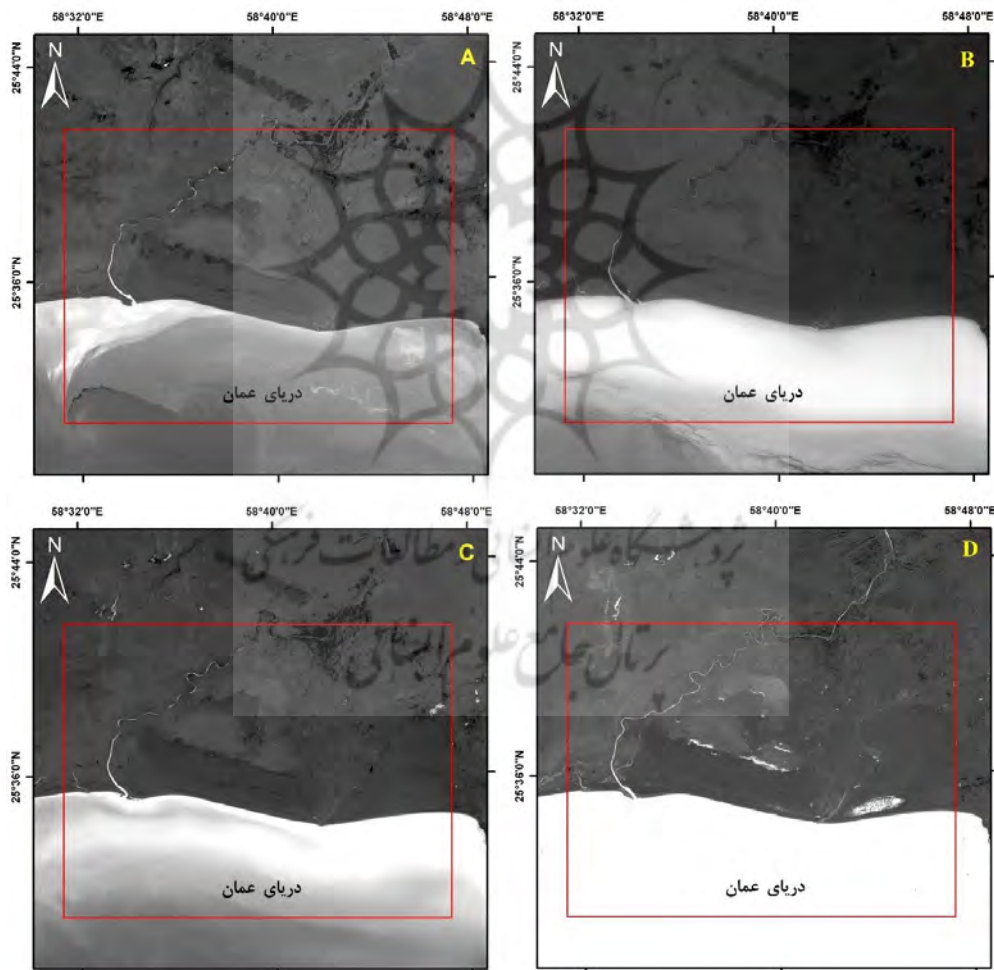
شکل ۲. سیلاب‌های رودخانه سدیج در بین سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۸ و جایگاه سیلاب‌های شاخص (رنگ قرمز)

## جدول ۱. مقادیر دبی و بارش برای سیلاب‌های سدیج

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

#### ۲.۴. تعیین واحدهای مورفولوژی و خطوط ساحلی

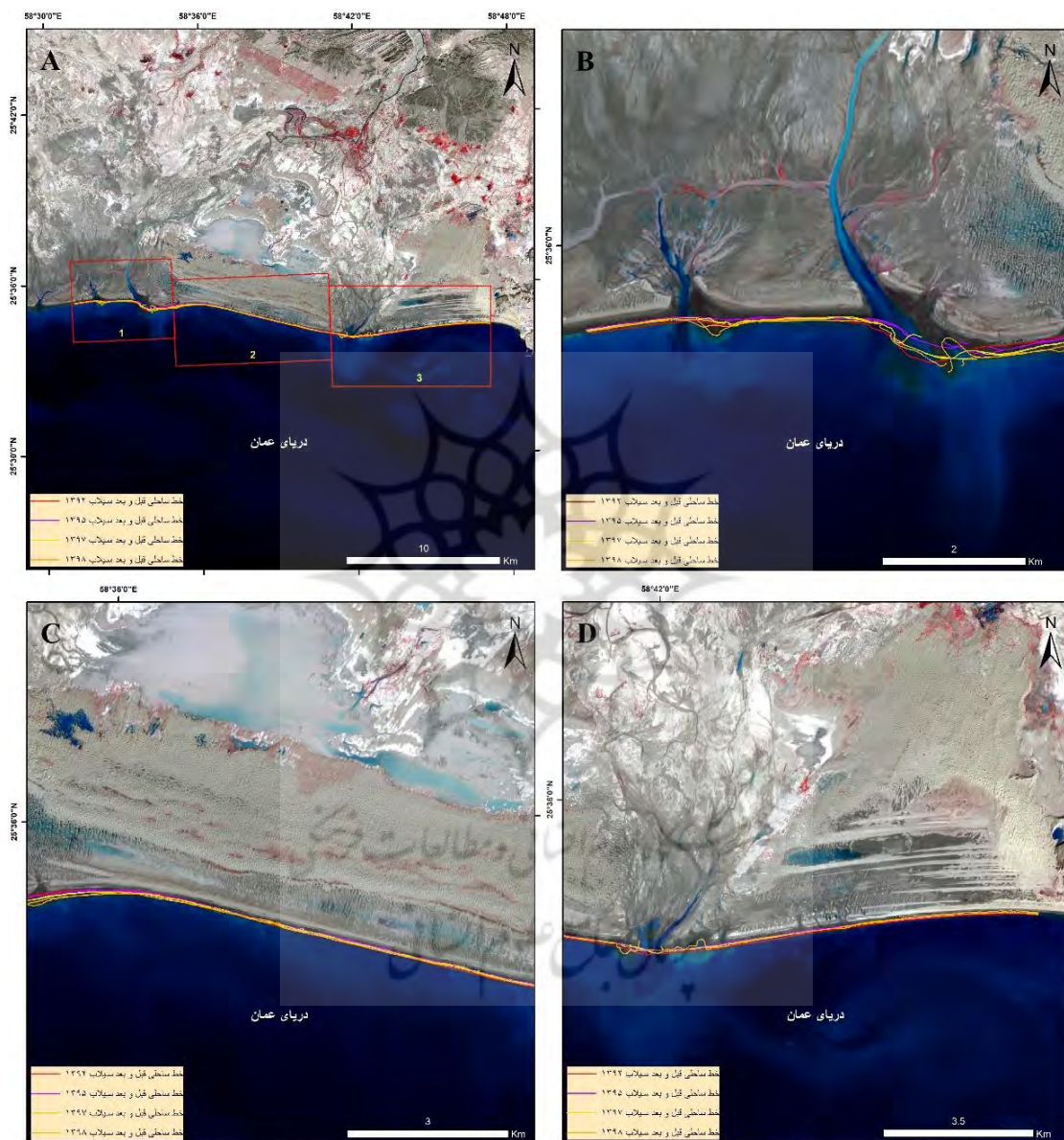
به منظور ارزیابی میزان تأثیر سیلاب‌ها بر خطوط ساحلی ابتدا با استفاده از شاخص NDWI پهنه‌های آبی از خشکی در قبل و بعد از سیلاب‌های شاخص در سال‌های ۱۳۹۲، ۱۳۹۵، ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ تفکیک شد و در محیط GIS خطوط ساحلی استخراج گردید (شکل ۳).



شکل ۳. شاخص طیفی NDWI دلتای سدیج در سال (A: ۱۳۹۲ B: ۱۳۹۵ C: ۱۳۹۷ D: ۱۳۹۸)

در دلتای رود سدیج واحد ژئومورفولوژی غالب در خط ساحلی، سدهای ساحلی هستند. سدهای ساحلی که اغلب در سواحل کم‌عمق شکل می‌گیرند، در اثر حرکت ماسه و رسوب در دهانه ورودی رودخانه به دریا یا دریاچه ساخته می‌شوند و

پهنه‌های آبی همانند تالاب، لاگون یا جزرومدی را از دریا جدا می‌کنند. در این منطقه سدهای ساحلی رودخانه سدیح، پهنه آب دریا را از پهنه‌های کشنده جدا نموده است و اتصال این پهنه‌ها با آب دریا از طریق کانال‌های کشنده واقع در دهانه خورها امکان‌پذیر است. از این رو واحد ژئومورفولوژی سد ساحلی را می‌توان به دو زیر واحد، خط ساحلی ماسه‌ای و همچنین دهانه خورها تقسیم‌بندی نمود. واحد ژئومورفولوژی دهانه خور در مصب رودخانه سدیح و همچنین مسیر قدیمی این رودخانه در شرق آن قرار دارند و خطوط ساحلی در حدفاصل آن‌ها مشاهده می‌شود. بخش زیادی از بازه‌های ۱ و ۳ شامل واحد ژئومورفولوژی دهانه خور می‌باشند و در بازه ۲ تنها خط ساحلی ماسه‌ای مشاهده می‌شود.



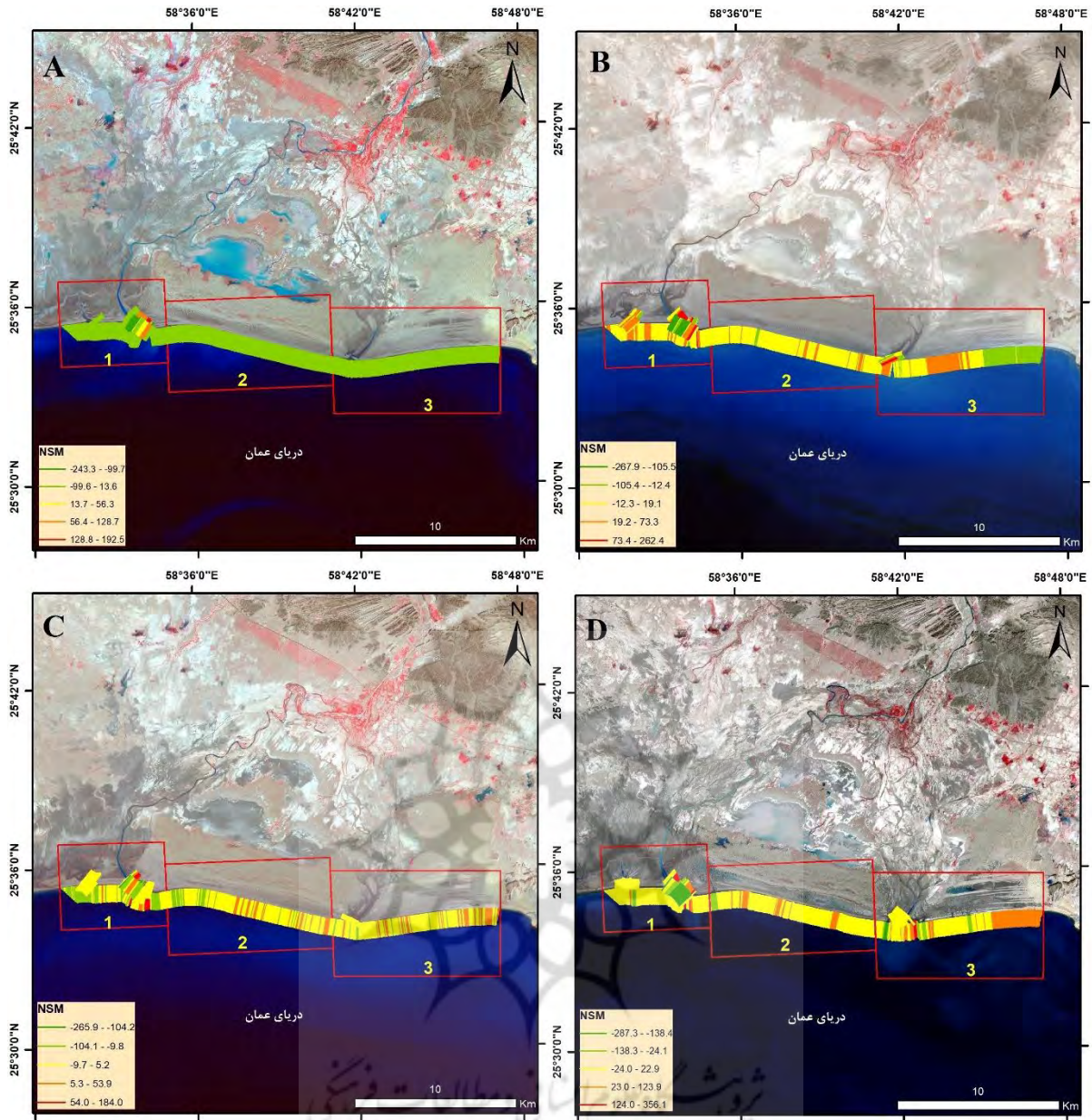
شکل ۴. تغییرات خطوط ساحلی در دلتای سدیح برای ۴ سیلاب شاخص A: ساحل ماسه‌ای دلتای سدیح (کادرهای قرمز بازه‌های دلتای سدیح) B: بازه ۱، C: بازه ۲، D: بازه ۳

۳,۴. تغییرات خطوط ساحلی در طی رخداد سیلاب‌های شاخص

### ۱,۳,۴. تأثیر سیلاب‌های شاخص بر تغییرات واحدهای ژئومورفولوژی سدیح

به‌منظور ارزیابی بهتر تغییرات خطوط ساحلی ابتدا این تغییرات در هر سیلاب مورد ارزیابی قرار گرفت و در ادامه تحلیل یکپارچه‌ای برای تمامی تغییرات خطوط ساحلی در تمامی سال‌ها ارائه شد. نتایج بررسی تصاویر ماهواره‌ای در رابطه تغییرات خطوط ساحلی در زمان سیلاب سال ۱۳۹۲ نشان می‌دهد که میانگین شاخص NSM، در هر دو واحد ژئومورفولوژی دهانه خورها و خط ساحل ماسه‌ای قاعده دلتای سدیح تغییر زیادی نداشته است و میزان پسروری معادل ۵ متر را نشان می‌دهد ولی در بخش‌هایی از دهانه خور پیشروی و پسروری‌هایی نیز مشاهده می‌شود که قابل توجه است. در بخش‌هایی از دهانه خور میزان پسروری به ۱۹۲ متر می‌رسد و همچنین در بخش محدودی از این واحد در این سیلاب در حدود ۲۴۳ متر پیشروی داشته است. این میزان جابجایی در دهانه خور سدیح را می‌توان ناشی از جابجایی دهانه رودخانه در امتداد خط ساحلی دانست. باوجود این در سواحل ماسه‌ای دلتای سدیح پس‌از این سیلاب تغییر قابل توجهی مشاهده نمی‌شود (شکل ۵A و جدول ۲)؛ بنابراین بیشترین میزان تغییرات خطوط ساحلی در اثر سیلاب سال ۱۳۹۲ مربوط به دهانه خورها و در بازه ۱ بوده است (جدول ۳). در سیلاب سال ۱۳۹۵ خط ساحل در هر دو واحد دهانه خورها و خط ساحل قاعده دلتای سدیح پسروری را نشان می‌دهد. میانگین پسروری در خط ساحلی و دهانه رودخانه با توجه به شاخص NSM به ترتیب در حدود ۱ و ۶ متر است. بیشترین میزان تغییرات خطوط ساحلی در این سال نیز مربوط به دهانه خور است که پسروری در حدود ۲۶۷ متر است و هم‌زمان در برخی قسمت‌ها پسروری حدود ۲۶۲ متر را نشان می‌دهد که همان‌طور که در بالا اشاره شد در ارتباط با جابجایی کانال رودخانه در امتداد خط ساحل است که این امر باعث شده هم‌زمان با جابجایی دهانه خور در بازه ۱ بخش‌هایی از خط ساحلی پسروری و بخش‌هایی پیشروی نماید (شکل ۵B). نتایج شاخص NSM در سیلاب سال ۱۳۹۷ نشان می‌دهد که میانگین شاخص NSM در خط ساحلی دهانه خورها و ساحل ماسه‌ای دلتای سدیح پیشروی داشته است. حداکثر پیشروی خط ساحل در دهانه خور به میزان ۲۶۵ متر در بازه ۱ و برای خط ساحل ماسه‌ای قاعده دلتای سدیح به میزان ۳۶ متر و در بازه ۲ می‌باشد (جدول ۳ و شکل ۵C). هرچند در بخش‌هایی از بازه ۱ ساحل ماسه‌ای پسروری به میزان ۱۸۴ متر روی داده است. درنهایت نتایج محاسبات تغییرات خطوط ساحلی در قبل و بعد از سیلاب سال ۱۳۹۸ نشان می‌دهد که بر اساس میانگین شاخص NSM خط ساحل در دهانه خورهای سدیح همانند سیلاب‌های گذشته دارای پیشروی بوده و حداکثر پیشروی خط ساحل در دهانه‌های خور، به میزان ۲۸۷ متر و در بازه ۱ می‌باشد (جدول ۲ و ۳ و شکل ۵D). هرچند مجدداً در بخش‌هایی از این بازه پسروری به میزان ۳۵۶ متر نیز مشاهده می‌شود. در شکل ۵ تغییرات خط ساحل بر مبنای ترانسکت شاخص NSM برای سیلاب‌های شاخص نشان داده شده است.





شکل ۵. تغییرات خط ساحل بر مبنای ترانسکت شاخص NSM برای سیلاب‌های شاخص A: سیلاب سال ۱۳۹۲، B: سیلاب سال ۱۳۹۵، C: سیلاب سال ۱۳۹۷، D: سیلاب سال ۱۳۹۸، (بر روی تصویر لندست، سال ۲۰۲۰)

جدول ۲. تغییرات دهانه خور و ساحل ماسه‌ای رودخانه سدیح در طول سیلاب‌ها (واحد به متر)

واحد ژئومورفولوژی	شاخص	دامنه تغییرات	۱۳۹۲	۱۳۹۵	۱۳۹۷	۱۳۹۸	میانگین
دهانه خور	NSM	پیشروی حداکثر	۲۴۳/۳	۲۶۷/۸۷	۲۶۵/۸۷	۲۸۷/۲۷	۲۶۶/۰۸
		پسروی حداکثر	۱۹۲/۴۹	۲۶۲/۴۱	۱۸۰/۹۴	۲۹۶/۷۵	۲۳۳/۱۵
		میانگین	-۵/۰۳	-۱/۸۲	۸/۴۰	۲۱/۹۶	۵/۸۸
ساحل ماسه‌ای	NSM	پیشروی حداکثر	۰/۰۷	۸۷/۸۲	۳۶/۶	۱۶۶/۸۵	۷۲/۸۴
		پسروی حداکثر	۰/۰۸	۸۸/۵۷	۱۸۴/۰۴	۳۵۶/۱۵	۱۵۷/۲۱
		میانگین	۰/۰۰	-۶/۵۹	۰/۲۹	-۹/۲۹	-۳/۹۰



جدول ۳. تغییرات دهانه خور و ساحل ماسه‌ای رودخانه سدیح در بازه‌ها (واحد به متر)

واحد ژئومورفولوژی	بازه	شاخص	دامنه تغییرات	۱۳۹۲	۱۳۹۵	۱۳۹۷	۱۳۹۸	میانگین
دهانه خور	بازه ۱	NSM	پیشروی حداکثر	۲۴۳/۳	۲۶۷/۸۷	۲۶۵/۸۷	۲۸۷/۲۷	۲۶۶/۰۸
			پسروی حداکثر	۱۹۲/۴۹	۲۶۲/۴۱	۱۸۰/۹۴	۲۹۶/۷۵	۲۳۳/۱۵
			میانگین	-۳/۸۱	-۲/۰۴	۹/۲۷	۲۹/۹۴	۸/۳۴
	بازه ۳	NSM	پیشروی حداکثر	۳۰/۸۶	۹۰/۰۲	۰/۰۰	۰/۰۰	۳۰/۲۲
			پسروی حداکثر	۳۱/۲۳	۱۰۲/۵۹	۰/۰۰	۰/۰۰	۳۳/۴۶
			میانگین	-۱۱/۴۸	-۰/۶۱	۰/۰۰	۰/۰۰	-۳/۰۲
سواحل ماسه‌ای	بازه ۱	NSM	پیشروی حداکثر	۰/۰۵	۸۷/۸۲	۳۶/۶	۱۴۵/۱۶	۶۷/۴۱
			پسروی حداکثر	۰/۰۸	۸۸/۵۷	۱۸۴/۰۴	۳۵۶/۱۵	۱۵۷/۲۱
			میانگین	-۰/۰۰۲	-۱۱/۱۸	-۰/۴۷	-۸/۵۱	-۵/۰۴
	بازه ۲	NSM	پیشروی حداکثر	۰/۰۷	۲۱/۰۳	۲۰/۵۵	۶۶/۰۲	۲۶/۹۲
			پسروی حداکثر	۰/۰۵	۲۸/۲	۱۲/۴۵	۶۵/۳۱	۲۶/۷۵
			میانگین	۰/۰۰	-۸/۵۸	۲/۰۷	-۳/۶۸	-۲/۵۵
بازه ۳	NSM	پیشروی حداکثر	۰/۰۳	۳۸/۱۶	۱۳/۹۳	۱۶۶/۸۵	۵۴/۷۴	
		پسروی حداکثر	۰/۰۵	۵۱/۱۱	۱۷/۱۲	۱۹۴/۳۸	۶۵/۶۶	
		میانگین	۰/۰۰	-۱/۴۴	-۰/۹۸	-۱۵/۰۴	-۴/۳۶	

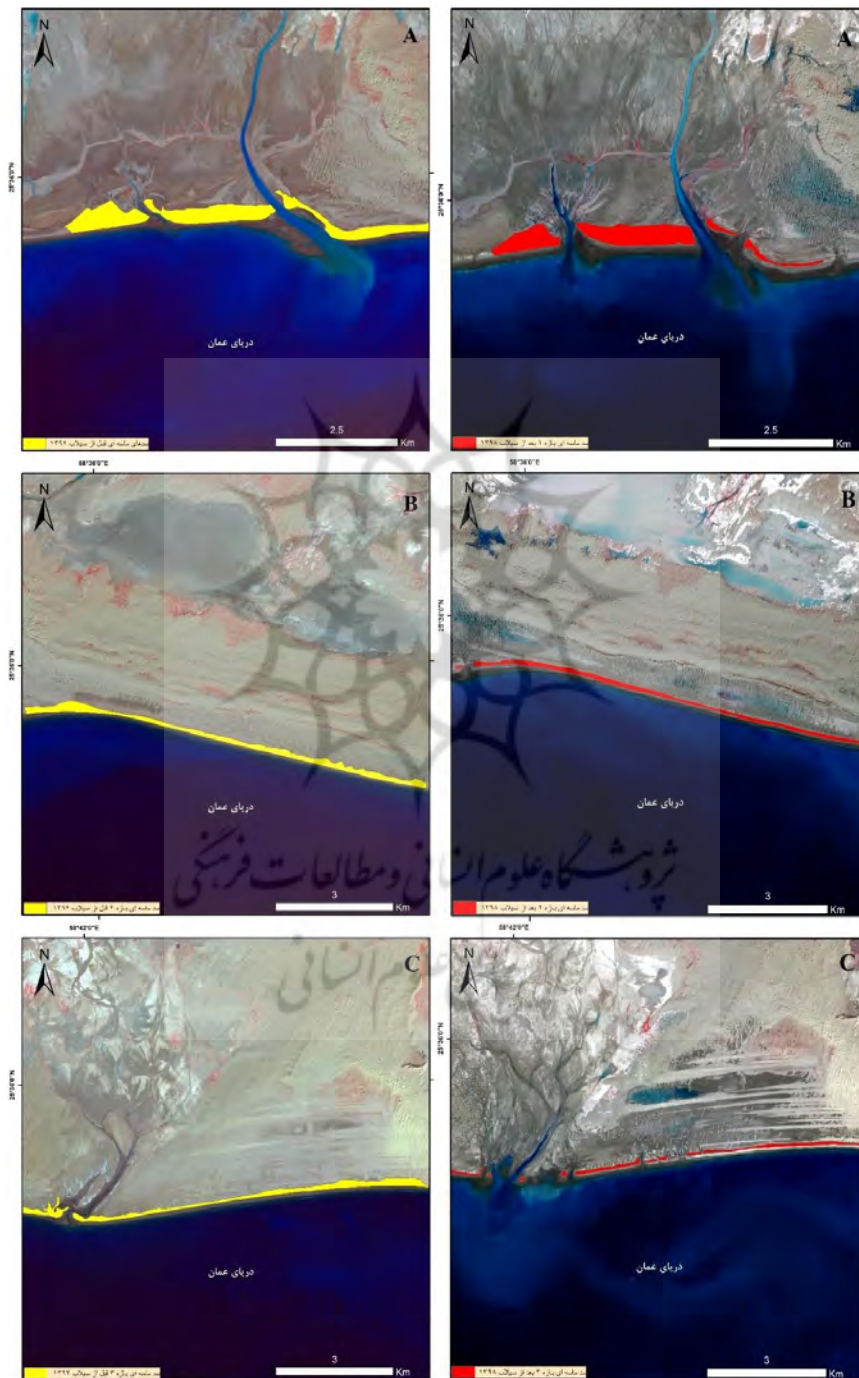
#### ۲,۳,۴. تأثیر سیلاب‌ها بر فرسایش و رسوب‌گذاری سدهای ساحلی دلتای رودخانه سدیح

همان‌طور که اشاره شد واحد اصلی ژئومورفولوژی ساحلی در قاعده دلتای سدیح سدهای ساحلی است و در زمان سیلاب‌ها علاوه بر پیشروی و پسروی خطوط ساحلی مساحت سدهای ساحلی نیز دستخوش تغییر خواهد شد. از این‌رو در این بخش تغییرات مساحت سدهای ساحلی به‌عنوان یکی از شواهد تغییرات ژئومورفولوژی منطقه مورد مطالعه مورد ارزیابی قرار گرفت (شکل ۶). نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که هرچند در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۷ به دلیل آورد رسوب و رسوب‌گذاری مناسب رودخانه سدیح در طول سیلاب، مساحت سدهای ساحلی به ترتیب ۷/۸ و ۳۴/۵ هکتار افزایش یافته است ولی در دو سیلاب دیگر مساحت سدهای ساحلی به‌شدت کاهش یافته است به‌گونه‌ای که در سال ۱۳۹۲ (۰/۴۵ هکتار) و در سال ۱۳۹۸ (۶۲/۶ هکتار) از مساحت سدهای ساحلی در منطقه مورد مطالعه کاهش یافته است. همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، مساحت سدهای ساحلی در قبل از سیلاب سال ۱۳۹۲ در دلتای رودخانه سدیح در حدود ۴۵۰/۸ هکتار بوده است ولی به‌تدریج این مساحت در طول دوره مورد مطالعه کاهش یافته است به‌گونه‌ای که مساحت سدهای ساحلی به‌تدریج در سال ۱۳۹۵ به ۳۹۴/۴ هکتار کاهش یافته است که کاهش در حدود ۳۶۴ هکتار (۵۶ درصد) را نشان می‌دهد. هرچند در سال ۱۳۹۷ مساحت سدهای ساحلی در حدود ۲۷/۸ هکتار افزایش یافته است همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود سیلاب سال ۱۳۹۸ بیشترین حجم سیلاب را با ۴۲۹۹ مترمکعب در ثانیه در طول دوره مورد مطالعه در بین سیلاب‌های شاخص از سال ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۹ به خود اختصاص داده است و تأثیر آن بر روی سدهای ساحلی بسیار زیاد بوده و فرسایش شدید را در دلتای سدیح به وجود آورده است. روند کاهش مساحت سدهای ساحلی در حواصل سال‌های ۱۳۹۷ تا ۱۳۹۸ ادامه یافته و کاهش مساحتی در حدود ۸۰ هکتار را نشان می‌دهد. در بررسی تغییرات مساحت سدهای ساحلی در قبل و بعد سیلاب‌های شاخص بیشترین کاهش مساحت سدهای ساحلی در سال ۱۳۹۸ اتفاق افتاده است به‌گونه‌ای که مساحت ۳۴۱/۶ هکتاری سدهای ساحلی قاعده دلتای رودخانه سدیح در قبل از سیلاب به ۲۷۹ هکتار کاهش یافته است که کاهش در حدود ۶۲/۶ هکتاری (۱۸ درصد) را نشان می‌دهد.

همان‌طور که در شکل ۲ نشان داده شد، در حواصل سیلاب‌های سال‌های ۱۳۹۲ تا ۲۱ دی ۱۳۹۸ علاوه بر سیلاب‌های شاخص، تعداد ۸۷ سیلاب دیگر با دبی‌های بالا روی داده است که این حجم سیلاب منجر به فرسایش خط ساحلی و کاهش مساحت سدهای ساحلی در منطقه مورد مطالعه شده است و به‌گونه‌ای که سدهای ساحلی در بعد از سیلاب سال ۱۳۹۸ نسبت به قبل سیلاب سال ۱۳۹۲ در حدود ۱۷۱/۸ هکتار (۳۸ درصد) از مساحت خود را از دست داده‌اند.

جدول ۴. مساحت سدهای ساحلی دلتای سدیح برای ۴ سیلاب شاخص

۱۳۹۸	۱۳۹۷	۱۳۹۵	۱۳۹۲	مساحت سد ماسه‌ای (هکتار)
۳۴۱/۶۱	۴۲۲/۲۵	۳۹۴/۴۲	۴۵۰/۷۹	قبل از سیلاب
۲۷۹/۰۰	۴۵۶/۸۴	۴۰۲/۲۵	۴۵۰/۳۴	بعد از سیلاب
-۶۲/۶۱	۳۴/۵۹	۷/۸۳	-۰/۴۵	روند تغییرات
-۱۸/۳۳	۸/۱۹	۱/۹۸	-۰/۱	درصد تغییرات



شکل ۶. سدهای ساحلی قبل از سیلاب ۱۳۹۲ و بعد از سیلاب ۱۳۹۸: A: بازه ۱، B: بازه ۲، C: بازه ۳ (رنگ زرد: قبل از سیلاب، رنگ قرمز: بعد از سیلاب)

#### ۴،۴. تحلیل و مقایسه هم‌زمان تغییرات خطوط ساحلی در دو واحد ژئومورفولوژی دهانه خور و ساحل ماسه‌ای

به‌منظور درک بهتر نقش سیلاب‌ها بر تحول خطوط ساحلی، میزان تغییرات خطوط ساحلی در حدفاصل سال‌های ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۸ با در نظر گرفتن خطوط ساحلی قبل سیلاب ۱۳۹۲ و خطوط ساحلی بعد از سیلاب‌های ۱۳۹۵، ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ با استفاده از شاخص‌های، EPR, SCE, LRR, NSM مورد ارزیابی قرار گرفت (جدول ۵). نتیجه ارزیابی تغییرات خطوط ساحلی در اثر سیلاب‌های شاخص مورد مطالعه، نشان می‌دهد که فرایند غالب در این دوره زمانی و در نتیجه عملکرد سیلاب‌های مختلف در این منطقه، پسروری در خط ساحلی دلتای سدیح بوده است. با توجه به شاخص LRR در طول دوره مورد مطالعه قاعده دلتای سدیح به‌طور میانگین ۱/۶ متر در سال پسروری داشته است. باوجود این میزان پسروری در تمام بازه‌های واحدهای ژئومورفولوژی منطقه مورد مطالعه یکسان نیست (جدول ۶). بیشترین میزان پسروری بر مبنای میانگین شاخص LRR در بازه ۳ و به میزان ۸/۱ متر در سال مشاهده می‌شود ولی بازه ۱ و ۲ در طول دوره مورد مطالعه برخلاف دیگر بازه‌ها، دارای روند پیشروی غالب است که دلیل آن را می‌توان تأثیر رسوب‌گذاری رودخانه سدیح در زمان سیلاب‌ها دانست که به دلیل فراهم نمودن رسوب مناسب برای دهانه خور و همچنین ساحل ماسه‌ای مجاور خود در بازه‌های ۱ و ۲ منجر به پیشروی خط ساحلی در این منطقه شده است.

به‌منظور درک بهتر تغییرات خطوط ساحلی در قاعده دلتای سدیح در حدفاصل سال‌های ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۸ و در نتیجه سیلاب‌های شاخص، می‌توان تحولات واحدهای ژئومورفولوژی دهانه خور و همچنین ساحل ماسه‌ای را نیز مورد ارزیابی قرارداد. همان‌طور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود، میانگین LRR نشان‌دهنده پیشروی خطوط ساحلی در واحد ژئومورفولوژی دهانه خور و پسروری در واحد ساحل ماسه‌ای است. در دهانه خور بعد از هر سیلاب رودخانه‌ای، حجمی از رسوبات در خروجی رودخانه تجمع پیدا می‌کند و این امر می‌تواند زمینه‌ساز پیشروی خط ساحلی را، در این منطقه در بعد از هر سیلاب فراهم آورد. میزان این پیشروی در اثر وقوع سیلاب‌ها، به میزان کمی بوده اما بازهم روند، رسوب‌گذاری را نشان می‌دهد. میانگین پیشروی خطوط ساحلی در دهانه خور با توجه به شاخص LRR در حدود ۰/۸ متر در سال است (جدول ۵). همچنین بیشترین میزان پیشروی نیز در بازه ۱ که بخش زیادی از آن در دهانه خور سدیح قرار دارد به میزان ۰/۹ متر در سال مشاهده می‌شود. این بازه در دهانه و محل ورود رودخانه سدیح قرار دارد و هم‌زمان با ورود سیلاب، حجم زیادی از رسوب در این محل ته‌نشست شده و شرایط را برای پیشروی خط ساحلی فراهم می‌آورد، ولی دهانه خور واقع در بازه ۳، درواقع محل قدیمی ورودی رودخانه سدیح به منطقه ساحلی است که پس از مهاجرت رودخانه به محل کنونی خود به‌صورت یک خور متروک درآمده است و بعد از هر سیلاب به دلیل عدم تغذیه مناسب رسوب توسط رودخانه سدیح در دهانه قدیمی خور در بازه فرایندهای فرسایشی موج و فرایندهای دریایی این منطقه را تحت تأثیر قرار داده و زمینه‌ساز تخریب این بخش از ساحل را فراهم می‌آورد. در ساحل ماسه‌ای نیز باوجود اینکه روند و میانگین تغییرات خطوط ساحلی در کل قاعده دلتای سدیح با توجه به شاخص LRR، به‌صورت پسروری خط ساحلی به میزان ۱/۶ متر در سال بوده است ولی بیشترین میزان پیشروی خط ساحل در ساحل ماسه‌ای مربوط به بازه ۱ بوده که در مجاورت دهانه رودخانه و تحت تأثیر رسوب‌گذاری رودخانه سدیح می‌باشد و پیشروی قابل‌ملاحظه‌ای در حدود ۴۰/۲ متر در سال را دارد. ولی سواحل ماسه‌ای که در فاصله بیشتری از دهانه رودخانه سدیح و در بازه ۲ و ۳ قرار دارند، به‌تدریج روند رسوب‌گذاری کاهش و حتی در بازه ۳ روند غالب در ساحل ماسه‌ای این منطقه فرسایشی شده و با میانگین LRR به میزان ۸/۱ متر در سال، پسروری خط ساحلی در این منطقه ساحل مشاهده می‌شود. این امر نشان‌دهنده نقش تأثیرگذار رودخانه سدیح و آورد رسوب آن در تعادل بخشی به خط ساحلی در این منطقه است. همچنین شاخص NSM نیز نشان می‌دهد که بیشترین میزان پیشروی خط ساحل در دهانه رودخانه در بازه ۱ حتی به ۵۰۳ متر نیز می‌رسد و همچنین بیشترین پسروری نیز در همین منطقه است که دلیل آن را می‌توان تحت تأثیر رسوب‌گذاری رودخانه و در پیشروی خط ساحلی و همچنین جابجایی طولی کانال و دهانه خور در امتداد خط ساحلی دانست. شکل ۷ تغییرات خطوط ساحلی بر مبنای ترانسکت شاخص NSM برای ۴ سیلاب در ۳ بازه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

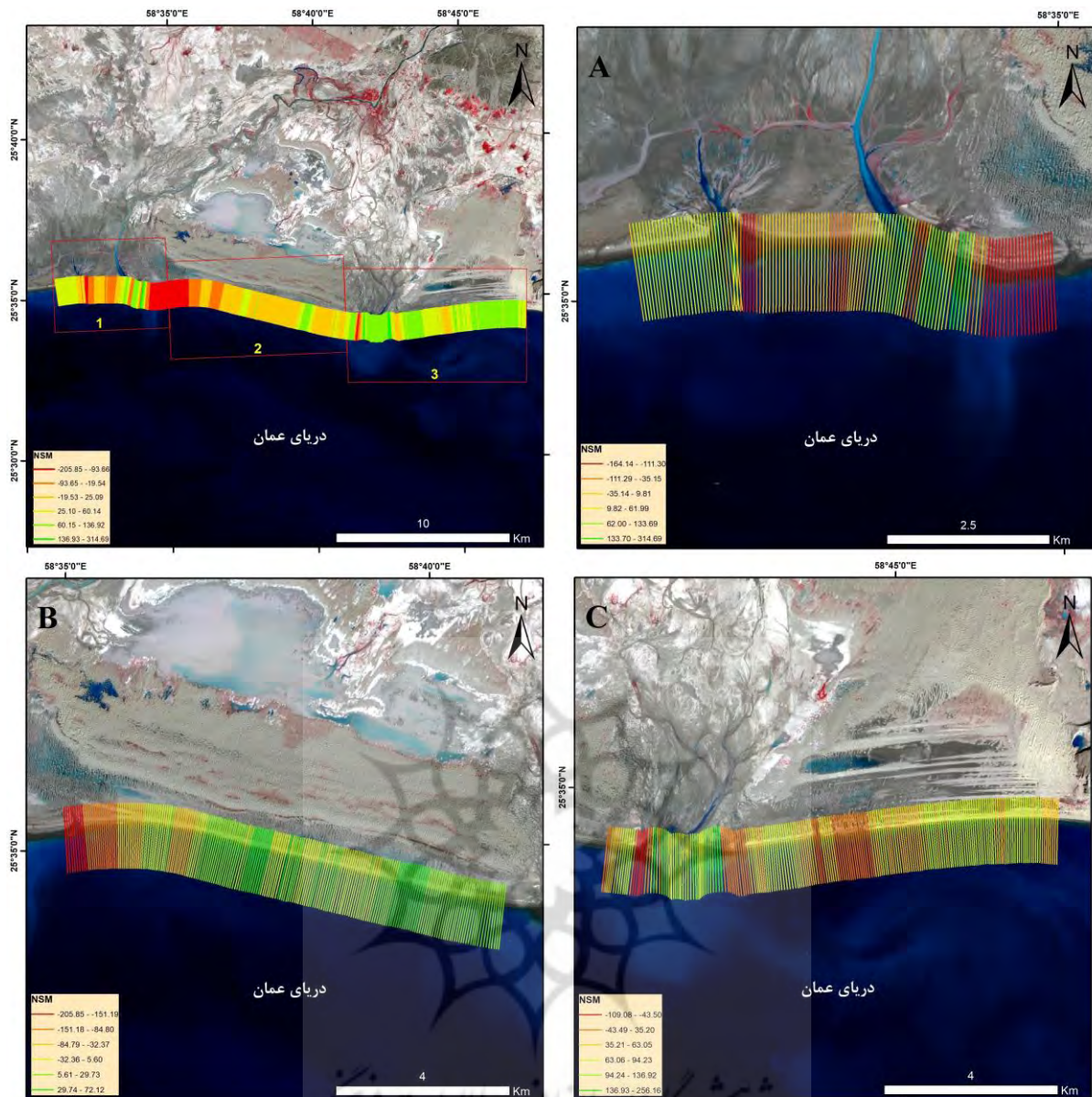
جدول ۵ مقادیر تغییرات خط ساحلی واحدهای ژئومورفولوژی خور و ساحل ماسه‌ای دلتای سدیح در طی ۴ سیلاب

واحد ژئومورفولوژی	دامنه تغییرات	LRR (متر در سال)	EPR (متر در سال)	NSM (متر)	SCE (متر)
دهانه خور	پیشروی حداکثر	۱۰۷/۴۹	۹۳/۴۸	۵۰۳/۱	۵/۸۲
	پسروی حداکثر	۱۰۰/۶۹	۴۸۴/۷۷	۴۹۵/۲۶	۶۴۵/۳۷
	میانگین	۰/۸۷	-۰/۹۳۵	۱۴/۳۸	-۲۸۲/۳۷
سواحل ماسه‌ای	پیشروی حداکثر	۰/۳۷	۱۷/۸۵	۱۰۹/۰۸	۳۹/۹۴
	پسروی حداکثر	۲۵/۹۷	۴۱/۹۲	۲۵۶/۱۶	۲۵۶/۱۶
	میانگین	-۸/۰۹	-۹/۷۶	-۵۹/۵۹	-۷۹/۳۱

جدول ۶ مقادیر تغییرات بازه‌های واحدهای ژئومورفولوژی خور و ساحل ماسه‌ای دلتای سدیح در طی ۴ سیلاب

واحد ژئومورفولوژی	شاخص	دامنه تغییرات	بازه ۱	بازه ۲	بازه ۳	میانگین
خور	LRR (متر در سال)	پیشروی حداکثر	۸۱/۵۲	۱۰۷/۴۹	۹۴/۵۰	۲۲/۱۶
		پسروی حداکثر	۱۰۰/۶۹	۷۱/۹۶	۸۶/۳۳	۲۱/۸۸
		میانگین	۰/۹۰۴	-۰/۱۲	۰/۳۹	-۱/۶۳
	EPR (متر در سال)	پیشروی حداکثر	۹۳/۴۸	۴۲/۵۹	۶۸/۰۴	۲۶/۱۳
		پسروی حداکثر	۱۲۳/۵۱	۴۸۴/۷۷	۳۰۴/۱۴	۳۵/۰۷
		میانگین	۲/۳۱	-۷/۴۰	-۲/۵۵	-۲/۰۳
	NSM (متر)	پیشروی حداکثر	۵۰۳/۱	۲۴۲/۰۸	۳۷۲/۵۹	۱۵۹/۶۹
		پسروی حداکثر	۴۹۵/۲۶	۴۹۱/۴۱	۴۹۳/۳۳	۲۱۴/۳۲
		میانگین	۱۵/۷۹	-۰/۴۰	۷/۷۰	-۱۲/۱۸
	SCE (متر)	پیشروی حداکثر	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۳۲/۲۶
		پسروی حداکثر	۶۴۵/۳۷	۵۷۳/۱۶	۶۰۹/۲۷	۲۸۱/۸۰
		میانگین	-۲۴۲/۳۶	-۱۴۲/۵۴	۱۹۲/۴۵	-۸۷/۴۷





شکل ۷ تغییرات خطوط ساحلی بر مبنای ترانسکت شاخص NSM برای ۴ سیلاب (بر روی تصویر لندست ۲، سال ۲۰۲۰): A: بازه ۲، B: بازه ۱، C: بازه ۲، D: بازه ۳

#### ۵.۴. ارزیابی تأثیر سیلاب بر بازه‌های دلتای سدیح

در بررسی اثر سیلاب‌ها بر تغییرات خطوط ساحلی و مساحت سدهای ساحلی در بازه‌های مورد مطالعه (شکل ۷)، نتایج نشان می‌دهد که در بازه ۱ بر اساس میانگین شاخص NSM، خط ساحلی به میزان ۱۲ متر پیشروی داشته است و همچنین بر اساس شاخص EPR، میانگین پیشروی در طول دوره مورد مطالعه در حدود ۱/۹ متر در سال بوده و خط ساحل در این منطقه پیشروی داشته است (جدول ۷). در این بازه، در زمان وقوع سیلاب در رودخانه سدیح و ورود حجم بالایی از رسوب به خط ساحلی، پیشروی خط ساحلی در این منطقه مشاهده می‌شود؛ اما در زمان رخداد سیلاب‌ها بخش‌های مختلفی از محیط سدهای ساحلی تحت تأثیر قرار گرفته‌اند و مساحت سدهای ساحلی از سیلاب ۱۳۹۲ تا بعد از سیلاب ۱۳۹۸ برای بازه ۱ به میزان ۳۹ هکتار (۲۲ درصد) کاهش یافته است. هرچند میزان کاهش وسعت سدهای ساحلی در این منطقه به دلیل تغذیه رسوب مناسب‌تر نسبت به سایر بازه‌ها کمتر است (جدول ۸).



در بازه ۲ بر اساس میانگین شاخص NSM، خط ساحلی به میزان ۱۰ متر پیشروی داشته است. همچنین بر اساس شاخص EPR، میانگین پیشروی خط ساحل ۱/۸ متر در سال بوده است (جدول ۷). میزان پیشروی خط ساحل در بازه ۲ با توجه به نتایج جدول ن کمتر از بازه ۱ می‌باشد. در این بازه مساحت سدهای ساحلی در طی دوره زمانی مورد مطالعه، از سیلاب ۱۳۹۲ تا بعد از سیلاب ۱۳۹۸، به میزان ۵۳/۷ هکتار (۳۶ درصد) کاهش یافته است (جدول ۸). میزان کاهش مساحت سدها در این بازه بیشتر از بازه ۱ بوده است.

روند غالب تغییرات در بازه ساحلی ۳ پسروی بوده است به گونه‌ای بر اساس میانگین شاخص NSM، خط ساحلی به میزان ۵۹ متر پسروی داشته، همچنین بر اساس شاخص EPR میزان پسروی در طول دوره مورد مطالعه در حدود ۹/۸ متر در سال بوده (جدول ۷). مساحت سدهای ساحلی از سیلاب ۱۳۹۲ تا بعد از سیلاب ۱۳۹۸ برای این بازه به میزان ۷۸ هکتار (۶۱ درصد) کاهش یافته است (جدول ۸). در این بازه بر اساس، نتایج به دست آمده، دور بودن از مسیر اصلی رودخانه سدیج و عدم یا تغذیه کم رسوبات از مسیر قدیم رودخانه، نقش فرایندهای دریایی مانند برخورد و شدت امواج و باد در طی این سیلاب‌ها، پررنگ‌تر بوده و خط ساحلی پسروی کرده است. همچنین این عوامل باعث کاهش مساحت سدهای ساحلی نیز شده است.

جدول ۷. تغییرات خط ساحل دلتای سدیج در بازه‌ها در طی ۴ سیلاب

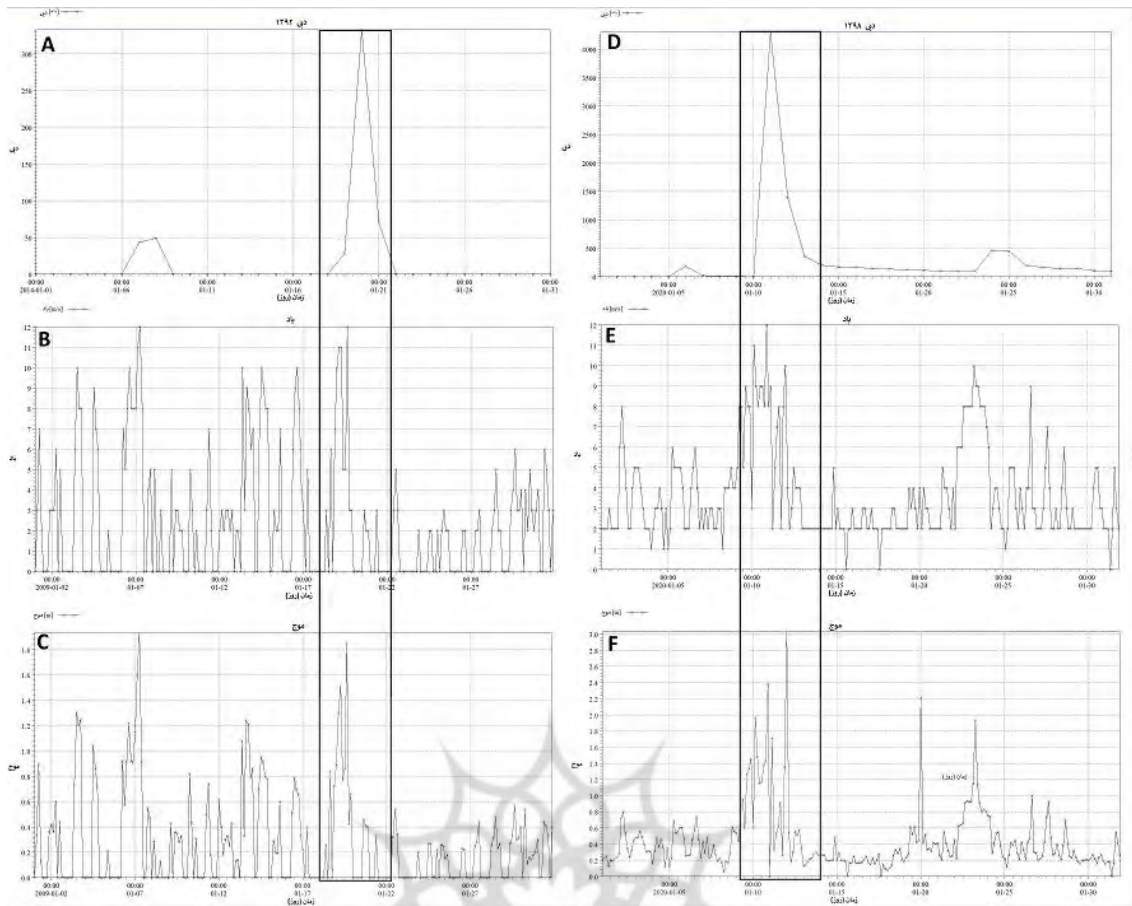
بازه	دامنه تغییرات	LRR (متر در سال)	EPR (متر در سال)	NSM (متر)	SCE (متر)
بازه ۱	پیشروی حداکثر	۴۰/۲	۲۶/۹	۱۶۴/۱	۳۶/۵
	پسروی حداکثر	۳۰/۴	۵۱/۵	۳۱۴/۷	۲۸۳/۴
	میانگین	۱/۷۵	۱/۹	۱۲/۳	-۱۱۸/۲
بازه ۲	پیشروی حداکثر	۲۵/۹	۳۳/۷	۲۰۵/۸	۲۰/۴
	پسروی حداکثر	۹/۲	۱۱/۸	۷۲/۱	۲۰۵/۹
	میانگین	۱/۵	۱/۸	۱۰/۸	-۶۴/۹
بازه ۳	پیشروی حداکثر	۰/۴	۱۷/۹	۱۰۹/۱	۳۹/۹
	پسروی حداکثر	۲۵/۹	۴۱/۹	۲۵۶/۲	۲۵۶/۲
	میانگین	-۸/۱	-۹/۸	-۵۹/۶	-۷۹/۳

جدول ۸. مساحت سدهای ساحلی دلتای سدیج در بازه‌ها (قبل از سیلاب ۱۳۹۲ و بعد از سیلاب ۱۳۹۸)

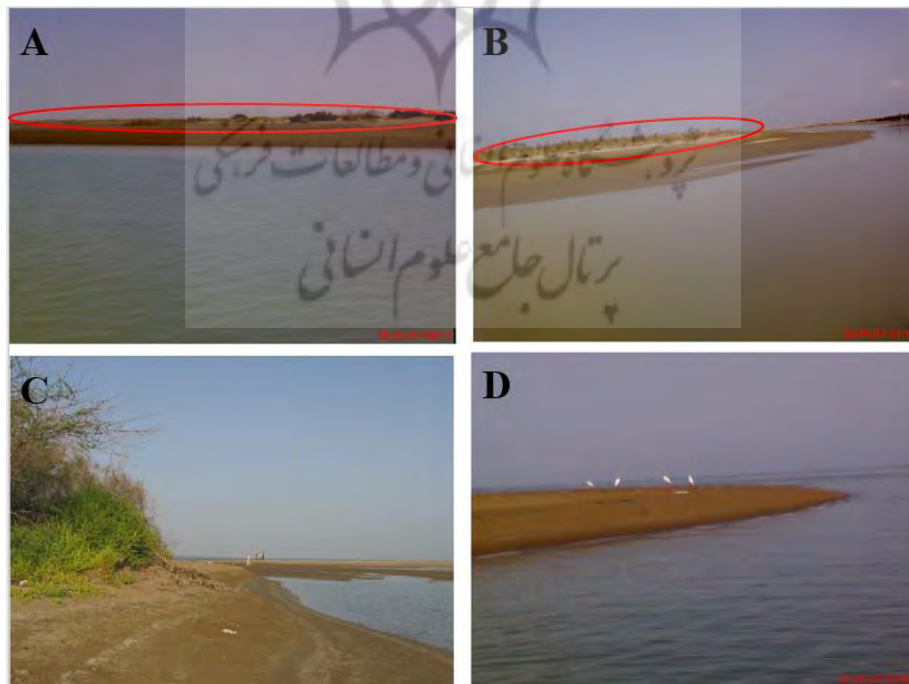
مساحت سد ماسه‌ای در بازه (هکتار)	
بازه اول	قبل از سیلاب ۱۳۹۲
	بعد از سیلاب ۱۳۹۸
	روند تغییرات
بازه دوم	درصد تغییرات
	قبل از سیلاب ۱۳۹۲
	بعد از سیلاب ۱۳۹۸
بازه سوم	روند تغییرات
	درصد تغییرات
	قبل از سیلاب ۱۳۹۲
بعد از سیلاب ۱۳۹۸	
روند تغییرات	
درصد تغییرات	

#### ۶.۴. ارزیابی تغییر پارامترهای دریایی در زمان سیلاب‌های شاخص

همان‌طور که نتایج این بررسی نشان می‌دهد هم‌زمان با سیلاب‌ها در بخش‌هایی از ساحل ماسه‌ای پسروری خط ساحلی مشاهده می‌شود و حتی سدهای ساحلی در این منطقه نیز مساحت خود را به مقدار زیادی از دست داده‌اند. حجم بالای سیلاب‌ها خود می‌تواند به‌عنوان عامل فرسایش مهم در خط ساحلی باشد ولی در کنار فرایندهای رودخانه‌ای، نقش فرایندهای دریایی انکارناپذیر است. جدای از بارش‌ها و سیلاب‌های فصلی، بارش‌های شدید هم‌زمان با یک اغتشاش یا آشفتنگی جوی روی می‌دهد. این آشفتنگی‌ها می‌تواند هم‌زمان با رویداد یک توفان باشد. هر چه شدت توفان بیشتر باشد علاوه بر اینکه احتمال وقوع سیلاب‌های شدید بیشتر است، سرعت باد نیز افزایش می‌یابد و این امر می‌تواند، باعث افزایش ارتفاع موج و به‌تبع آن افزایش روند فرسایش در پهنه ساحلی شود. به‌منظور بررسی تأثیر تغییر پارامتر باد در زمان سیلاب و تأثیر آن بر ارتفاع موج، آمار تغییرات سرعت باد و ارتفاع موج، دو بازه زمانی سیلاب در سال ۱۳۹۲ که حجم سیلاب کمتری داشته و سیلاب ۱۳۹۸ که بزرگ‌ترین سیلاب در طول دوره مورد مطالعه است، مورد ارزیابی قرار گرفت. همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، بارش روزانه در ۳۰ دی ۱۳۹۲ با توجه به آمار ایستگاه همدید جاسک در حدود ۲۵ میلی‌متر و حجم سیلاب در این روز حدود ۳۳۳ مترمکعب بر ثانیه بوده است. در این روز سرعت باد با توجه به داده‌های بویه‌های سازمان بنادر و کشتیرانی در حدود ۱۲ متر بر ثانیه بوده است. افزایش سرعت باد باعث شده است که ارتفاع موج نسبت به‌روز قبل از سیلاب (۰/۹ متر) افزایش یافته و به ۱/۸۴ متر برسد. شدت این پارامترهای اقلیمی و دریایی در سیلاب ۲۱ دی ۱۳۹۸ به مقدار قابل‌توجهی افزایش یافته است. به‌گونه‌ای که بارش روزانه در ایستگاه جاسک به ۷۰ میلی‌متر افزایش یافته است. همراه با این بارش‌های سنگین در منطقه مورد مطالعه سرعت باد نیز به ۱۲ متر بر ثانیه و ارتفاع موج در دریا به حدود ۳/۰۴ متر رسیده است. همان‌طور که در بررسی این آمار مشاهده می‌شود، ارتفاع موج در زمان وقوع سیلاب ژانویه ۱۳۹۸ به ۳ متر رسیده است که در حدود ۱/۲ متر بیشتر از ارتفاع موج در زمان وقوع سیلاب ۱۳۹۲ است که نشان‌دهنده تغییر قابل‌توجه ارتفاع امواج دریا و به‌تبع آن افزایش فرسایش خط ساحلی در دلتای رودخانه سدییج در اثر افزایش اثر موج بر خط ساحلی است. همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود مساحت سدهای ساحلی در جریان سیلاب در سال ۱۳۹۲ و در اثر فرسایش خط ساحلی تنها در حدود ۰/۱ درصد کاهش یافته است و این در حالی است که در زمان سیلاب استثنایی سال ۱۳۹۸ میزان فرسایش سدهای ساحلی به‌شدت افزایش یافته است و این رقم به حدود ۱۸/۳۳ درصد (۶۲/۶۱ هکتار) رسیده است که نشان‌دهنده تأثیر هم‌زمان فرایندهای رودخانه‌ای و دریایی بر تشدید فرسایش در خط ساحلی است (شکل ۹ و ۱۰). علاوه بر آن تأثیر امواج بر خط ساحلی با دور شدن از دهانه رودخانه سدییج که محل تغذیه رسوب ساحلی است نیز افزایش می‌یابد. به‌گونه‌ای که در سواحل ماسه‌ای پس از وقوع هر سیلاب پسروری خطوط ساحلی مشاهده می‌شود. همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود. این افزایش فرسایش و پسروری خط ساحلی را می‌توان در نتیجه افزایش انرژی امواج در ساحل ماسه‌ای در زمان وقوع بادهای شدید و امواج بزرگ‌تر در ساحل ماسه‌ای و همچنین تغذیه کمتر رسوب رودخانه سدییج در زمان سیلاب دانست (شکل ۸).



شکل ۸. تغییرات پارامترهای مؤثر بر تکامل خط ساحلی. قاعده دلتای سدیج، A: دبی، B: سرعت باد، C: ارتفاع موج در سال ۱۳۹۲، D: دبی (m<sup>3</sup>/s)، E: سرعت باد (m/s)، F: ارتفاع موج (m) در سال ۱۳۹۸



شکل ۹. سدهای ساحلی دلتای سدیج، C, D: سواحل ماسه‌ای و پهنه‌های کشنده و دهانه خور دلتای سدیج



شکل ۱۰. سواحل ماسه‌ای و پهنه‌های کشندهی دلتای سدیح

## ۵. نتیجه‌گیری

سواحل مکران منطقه بسیار پویایی از لحاظ تحولات ژئومورفولوژی ساحلی است که فرایندهای حاکم بر خشکی و دریا هم‌زمان آن را تحت تأثیر قرار می‌دهند. این تغییرات در بسیاری از موارد شدید بوده و در غالب فرایندهای رسوب‌گذاری و فرسایش در پهنه و خط ساحلی نمایان می‌شود. از این رو پایش و ارزیابی تغییرات خطوط ساحلی از اهمیت زیادی برای برنامه ریزان محیطی برخوردار است. از بین فرایندهایی که پهنه‌های ساحلی را تحت تأثیر قرار می‌دهد، سیلاب‌های رودخانه‌ای، در تحولات خط و پهنه ساحلی به خصوص در قاعده دلتاها نقش زیادی را ایفا می‌نماید. نتایج حاصل از این تحقیق که حاصل ارزیابی چهار سیلاب برخوردار است. از بین فرایندهایی که پهنه‌های ساحلی را تحت تأثیر قرار می‌دهد، سیلاب‌های رودخانه‌ای، در تحولات خط و پهنه ساحلی به خصوص در قاعده دلتاها نقش زیادی را ایفا می‌نماید. نتایج حاصل از این تحقیق که حاصل ارزیابی چهار سیلاب برخوردار است. نشان می‌دهد که تأثیر سیلاب در بخش‌های مختلف خط ساحلی یکسان نیست و فرایندهای رودخانه‌ای و دریایی در بخش‌های مختلف این منطقه تأثیر متفاوتی را گذارده است. ارزیابی‌های داده‌های این تحقیق نشان می‌دهد که تأثیر سیلاب‌ها بر قاعده دلتای سدیح هرچند در برخی سال‌ها با رسوب‌گذاری و با پیشروی خط ساحلی همراه بوده است ولی به‌طور کلی تأثیر این سیلاب‌ها در طول دوره مورد مطالعه همراه با پسروی خط ساحلی بوده است. کاهش ۳۸ درصدی مساحت سدهای ساحلی نمایشگر فرسایش شدید در قاعده دلتای سدیح در اثر این سیلاب‌ها و همچنین مجموعه سیلاب‌هایی بوده است که در این بازه زمانی روی داده است. در بازه ۱ که محل ورود رودخانه سدیح به دریا است هم‌زمان با وقوع سیلاب‌ها حجم زیادی از رسوب نیز وارد خط ساحلی می‌شود و این امر مانع از فرسایش شدید در این منطقه شده و زمینه تعادل بخشی نسبی فرایندهای فرسایش و رسوب‌گذاری را در این منطقه فراهم می‌آورد. ولی بافاصله گرفتن از دهانه رودخانه سدیح و در ساحل ماسه‌ای روند فرسایش تشدید می‌شود. نتایج مقایسه داده‌های موج در زمان وقوع سیلاب نشان می‌دهد با افزایش میزان بارش و افزایش سرعت باد ارتفاع موج نیز افزایش می‌یابد. این امر می‌تواند در تشدید فرسایش ساحل ماسه‌ای تأثیر به‌سزایی داشته باشد. منطقه ساحل ماسه‌ای به دلیل عدم تغذیه رسوب مناسب توسط رودخانه و تشدید فرایندهای دریایی همانند افزایش ارتفاع موج و فعالیت جریان‌های موازی ساحل در زمان سیلاب، نقش غالبی در تکامل خطوط ساحلی این بخش داشته و زمینه فرسایش شدیدتر این بخش از خط ساحلی را نسبت به دهانه خور فراهم آورده است. در نهایت باوجود روند فرسایشی در منطقه ساحل ماسه‌ای قاعده دلتای سدیح به‌خصوص در بازه ۲ جهت توسعه خط ساحلی مناسب‌تر از دهانه خور می‌باشد زیرا در زمان سیلاب ممکن است دهانه خور جابه‌جا شود و این امر می‌تواند بر تأسیسات و سازه‌های ساحلی، تأثیر منفی بگذارد.

## 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

- احمدزاده هروی، محمود و صمدیان، محمدرضا (۱۳۷۴). گزارش و نقشه زمین‌شناسی، چهارگوش ورقه‌های ۱:۱۰۰۰۰۰. پی بشک. سازمان زمین‌شناسی کشور، شماره ۷۷۴۱.
- اصغری مقدم، محمدرضا (۱۳۹۱). سیل و مدیریت سیلاب. *جغرافیا*، ۵(۲۰)، صص. ۲۱-۳۳.
- امینی، لیلیا و عبدالهی کارودی، عطاله (۱۳۹۷). مقایسه تغییرات زمانی خط ساحلی دلتای گرگان‌رود و دلتای سفیدرود با استفاده از سامانه تحلیل رقومی خط ساحلی (DSAS). *اقیانوس شناسی*، ۹(۳۵)، صص. ۲۱-۲۸.
- خان محمدی، زهرا و قره‌چلو، سعید و محجوبی، عماد (۱۳۹۹). بررسی تغییرات دوره‌ای خط ساحلی دریای عمان با استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور و تحلیل‌های مکانی. *پژوهش‌های فرسایش محیطی*، ۳(۳۹)، صص. ۱-۲۱.
- رحمتی، مریم؛ یمانی، مجتبی؛ لک، راضیه؛ شایان، سیاوش و فرج‌زاده اصل، منوچهر (۱۳۹۷). تحلیل عوامل مؤثر بر هیدرودینامیک خط ساحلی طی بازه‌ی زمانی ۱۹۵۵-۲۰۱۶ (مطالعه‌ی موردی: قاعده‌ی دلتای اروندرود). *پژوهش‌های جغرافیایی طبیعی (پژوهش‌های جغرافیایی)*، ۵۰(۲)، صص. ۳۳۹-۳۵۲.
- رضیعی، طیب (۱۳۹۴). بررسی ویژگی‌های خشکسالی در منطقه خشک و نیمه‌خشک ایران. *مهندسی و مدیریت آبخیز*، ۷(۴)، صص. ۳۶۳-۳۷۸.
- 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*، ۲(۴)، صص. ۸۶-۱۰۴.
- صالحی‌پور میلانی، علیرضا و اسکندری، مائده (۱۴۰۰). پایش تغییرات مورفوتکتونیک پادگانه‌های دریایی عمان (چابهار تا گواتر). *پژوهش‌های دانش زمین*، ۱۲(۴۷)، صص. ۲۰۲-۲۲۲.
- صالحی‌پور میلانی، علیرضا و مزروعی سبدانی، راضیه (۱۴۰۰). ارزیابی نرخ تغییرات در خطوط ساحلی مکران (کنارک تا کلات). *مطالعات جغرافیایی نواحی ساحلی*، ۲(۴)، صص. ۱۰۷-۱۳۲.
- صالحی‌پور میلانی، علیرضا؛ نژاد افضلی، کرامت و بیاتانی، فاطمه (۱۳۸۹). بررسی توفان گونو تأثیرات آن بر ژئومورفولوژی خطوط ساحلی دریای مکران با استفاده از سنجش‌ازدور. *مجله علوم زمین*، ۲۱(۸۳)، صص. ۲۳-۳۲.
- صالحی‌پور، علیرضا (۱۳۸۹). گزارش اطلس بررسی‌های ژئومورفولوژیکی، چهارگوش ورقه‌های ۱:۱۰۰۰۰۰. نگور و گواتر. مدیریت زمین‌شناسی دریایی، سازمان زمین‌شناسی کشور.
- گورابی، ابوالقاسم و امامی، کامیار (۱۳۹۶). تأثیرات نوزمینساخت بر تغییرات مورفولوژیک حوضه‌های زهکشی سواحل مکران، جنوب شرق ایران. *پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی*، ۶(۱)، صص. ۷۴-۸۹.
- نوحه‌گر، احمد و حسین‌زاده، محمدمهدی (۱۳۹۰). دینامیک دریا و عوامل مؤثر بر نوسانات تراز دریا در تحول قاعده دلتاهای شمال تنگه هرمز. *جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*، ۲۲(۴۳)، صص. ۱۲۵-۱۴۲.
- یمانی، مجتبی (۱۳۷۶). علل تغییر مسیر دوره‌ای رودخانه‌ها در روی دلتاهای شرق جلگه ساحلی مکران. *پژوهش‌های جغرافیایی*، ۲۹(۳۵)، صص. ۳۴-۵۶.
- یمانی، مجتبی و محمدنژاد آروق، وحید (۱۳۹۲). *ژئومورفولوژی ساحلی*، مؤسسه چاپ و انتشارات دانشگاه تهران.
- Abdul Maulud, K. N., Selamat, S. N., Mohd, F. A., Md Noor, N., Wan Mohd Jaafar, W. S., Kamarudin, M. K. A., and Ahmad, A. (2022). Assessment of Shoreline Changes for the Selangor Coast, Malaysia, Using the Digital Shoreline Analysis System Technique. *Urban Science*, 6(4), 71. <https://doi.org/10.3390/urbansci6040071>.
- Baig, M. R. I., Ahmad, I. A., Shahfahad, Tayyab, M., and 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), pp. 361-376. <https://doi.org/10.1080/19475683.2020.1815839>
- Baker, V. R. (1994). Geomorphological understanding of floods. *Geomorphology and natural hazards*, pp. 139-156. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-82012-9.50014-1>



- Daud, S., Milow, P., and Zakaria, R. M. (2021). Analysis of shoreline change trends and adaptation of Selangor Coastline, Using Landsat Satellite Data. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 49, pp 1869-1878. <https://doi.org/10.1007/s12524-020-01218-0>
- Fuad, M.A., Fais D A, M. (2017). Automatic Detection of Decadal Shoreline Change on Northern Coastal of Gresik, East Java – Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 98. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/98/1/012001>
- Grases, A., Gracia, V., García-León, M., Lin-Ye, J., and Sierra, J. P. (2020). Coastal flooding and erosion under a changing climate: implications at a low-lying coast (Ebro Delta). *Water*, 12(2), 346. <https://doi.org/10.3390/w12020346>
- Hooke, J. M. (2016). Geomorphological impacts of an extreme flood in SE Spain. *Geomorphology*, 263, pp. 19-38. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2016.03.021>
- Hooke, J. M. (2016). Morphological impacts of flow events of varying magnitude on ephemeral channels in a semiarid region. *Geomorphology*, 252, pp. 128-143. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2015.07.014>
- Isha, I. B., Adib, M. R. M. (2020). Application of Geospatial Information System (GIS) using Digital Shoreline Analysis System (DSAS) in Determining Shoreline Changes. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 616(1), pp. 20-29. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/616/1/012029>
- Kankara, R. S., Selvan, S. C., Markose, V. J., Rajan, B., and Arockiaraj, S. (2015). Estimation of long and short term shoreline changes along Andhra Pradesh coast using remote sensing and GIS techniques. *Procedia Engineering*, 116, pp. 855-862. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.374>
- Moussaid, J., Fora, A. A., Zourarah, B., Maanan, M., and Maanan, M. (2015). Using automatic computation to analyze the rate of shoreline change on the Kenitra coast, Morocco. *Ocean Engineering*, 102, pp. 71-77. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2015.04.044>
- Murali, R. M., Dhiman, R., Choudhary, R., Seelam, J. K., Ilangovan, D., and Vethamony, P. (2015). Decadal shoreline assessment using remote sensing along the central Odisha coast, India. *Environmental Earth Sciences*, 74, pp. 7201-7213. <https://doi.org/10.1007/s12665-015-4698-7>
- Nassar, K., Mahmood, W. E., Fath, H., Masria, A., Nadaoka, K., and Negm, A. (2019). Shoreline change detection using DSAS technique: Case of North Sinai coast, Egypt. *Marine Georesources & Geotechnology*, 37(1), pp. 81-95. <https://doi.org/10.1080/1064119X.2018.1448912>
- Quang, D. N., Ngan, V. H., Tam, H. S., Viet, N. T., Tinh, N. X., and 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>
- Sebat, M., Salloum, J. (2018). Estimate the rate of shoreline change using the statistical analysis technique (Epr). *Business & It*, 8(1), pp. 59-65. doi:10.14311/bit.2018.01.07
- Thompson, C., Croke, J. (2013). Geomorphic effects, flood power, and channel competence of a catastrophic flood in confined and unconfined reaches of the upper Lockyer valley, southeast Queensland, Australia. *Geomorphology*, 197, pp. 156-169. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2013.05.006>
- Tran Thi, V., Tien Thi Xuan, A., Phan Nguyen, H., Dahdouh-Guebas, F., and Koedam, N. (2014). (Tran Thi et al., 2014). *Biogeosciences*, 11(14), pp. 3781-3795. <https://doi.org/10.5194/bg-11-3781-2014>
- Waheed, A. A., Agunwamba, J. C. (2010). The impacts of urbanization on Kaduna River flooding. *Journal of American Science*, 6(5), pp. 28-35.
- Yadav, A., Dodamani, B. M., and Dwarakish, G. S. (2018). Shoreline change threat to coastal zone: A case study of Karwar coast. *The Proceedings of The International Conference on Climate Change*, 2(2), pp. 18–30. <https://doi.org/10.17501/2513258X.2018.2202>
- Yousefi, S., Mirzaee, S., Keesstra, S., Surian, N., Pourghasemi, H. R., Zakizadeh, H. R., and Tabibian, S. (2018). Effects of an extreme flood on river morphology (case study: Karoon River, Iran). *Geomorphology*, 304, pp. 30-39. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2017.12.034>

## References

- Abdul Maulud, K. N., Selamat, S. N., Mohd, F. A., Md Noor, N., Wan Mohd Jaafar, W. S., Kamarudin, M. K. A., and Ahmad, A. (2022). Assessment of Shoreline Changes for the Selangor Coast, Malaysia, Using the Digital Shoreline Analysis System Technique. *Urban Science*, 6(4), 71. <https://doi.org/10.3390/urbansci6040071>
- Ahmadzadeh Heravi, M., Samadian, M. (1995). Geological report and map, square of 100,000 sheets: 1 p. Geological Organization of the country, number 7741. [In Persian]
- Amini, L., Abdulahi Kakrodi, A. (2017). Comparison of the temporal changes of the coastline of the Gorgan River Delta and the Sefid River Delta using the Digital Coastline Analysis System (DSAS). *Oceanography*, 9(35), pp. 21-28. [In Persian]
- Asghari Moghadam, M.R. (2011). Floods and flood management. *Geography*, 5(20), pp. 21-33. [In Persian]

- Baig, M. R. I., Ahmad, I. A., Shahfahad, Tayyab, M., and 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), pp. 361-376. <https://doi.org/10.1080/19475683.2020.1815839>
- Baker, V. R. (1994). Geomorphological understanding of floods. *Geomorphology and natural hazards*, pp. 139-156. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-82012-9.50014-1>
- Daud, S., Milow, P., and Zakaria, R. M. (2021). Analysis of shoreline change trends and adaptation of Selangor Coastline, Using Landsat Satellite Data. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 49, pp 1869-1878. <https://doi.org/10.1007/s12524-020-01218-0>
- Fuad, M.A., Fais D A, M. (2017). Automatic Detection of Decadal Shoreline Change on Northern Coastal of Gresik, East Java – Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 98. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/98/1/012001>
- Gourabi, A., Emami, K. (2016). The effects of new land construction on the morphological changes of the drainage basins of Makran coast, southeast of Iran. *Quantitative Geomorphology Research*, 6(1), pp. 74-89. [In Persian]
- Grases, A., Gracia, V., García-León, M., Lin-Ye, J., and Sierra, J. P. (2020). Coastal flooding and erosion under a changing climate: implications at a low-lying coast (Ebro Delta). *Water*, 12(2), 346. <https://doi.org/10.3390/w12020346>
- Hooke, J. M. (2016). Geomorphological impacts of an extreme flood in SE Spain. *Geomorphology*, 263, pp. 19-38. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2016.03.021>
- Hooke, J. M. (2016). Morphological impacts of flow events of varying magnitude on ephemeral channels in a semiarid region. *Geomorphology*, 252, pp. 128-143. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2015.07.014>
- Isha, I. B., Adib, M. R. M. (2020). Application of Geospatial Information System (GIS) using Digital Shoreline Analysis System (DSAS) in Determining Shoreline Changes. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 616(1), pp. 20-29. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/616/1/012029>
- Kankara, R. S., Selvan, S. C., Markose, V. J., Rajan, B., and Arockiaraj, S. (2015). Estimation of long and short term shoreline changes along Andhra Pradesh coast using remote sensing and GIS techniques. *Procedia Engineering*, 116, pp. 855-862. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.374>
- Khanmohammadi, Z., Qarechelo, S., and Mahjoubi, E. (2019). Examining the periodic changes of the coastline of the Oman Sea using remote sensing data and spatial analysis. *Environmental Erosion Research*, 3(39), pp. 1-21. [In Persian]
- Moussaid, J., Fora, A. A., Zourarah, B., Maanan, M., and Maanan, M. (2015). Using automatic computation to analyze the rate of shoreline change on the Kenitra coast, Morocco. *Ocean Engineering*, 102, pp. 71-77. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2015.04.044>
- Murali, R. M., Dhiman, R., Choudhary, R., Seelam, J. K., Ilangovan, D., and Vethamony, P. (2015). Decadal shoreline assessment using remote sensing along the central Odisha coast, India. *Environmental Earth Sciences*, 74, pp. 7201-7213. <https://doi.org/10.1007/s12665-015-4698-7>
- Nassar, K., Mahmud, W. E., Fath, H., Masria, A., Nadaoka, K., and Negm, A. (2019). Shoreline change detection using DSAS technique: Case of North Sinai coast, Egypt. *Marine Georesources & Geotechnology*, 37(1), pp. 81-95. <https://doi.org/10.1080/1064119X.2018.1448912>
- Nohegar, A., Hosseinzadeh, M.M. (2010). Sea dynamics and factors affecting sea level fluctuations in the transformation of the base of deltas north of the Strait of Hormuz. *Geography and Environmental Planning*, 22(43), pp. 125-142. [In Persian]
- Quang, D. N., Ngan, V. H., Tam, H. S., Viet, N. T., Tinh, N. X., and 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>
- Rahmati, M., Yamani, M., Lak, R., Shayan, S., and Farajzadeh Asl, M. (2017). Analysis of the influencing factors on the hydrodynamics of the coastline during the period 1955-2016 (case study: the base of the Orundrud delta). *Natural Geography Research (Geographic Research)*, 50(2), pp. 339-352. [In Persian]
- Razii, T. (2014). Investigating the characteristics of drought in the arid and semi-arid region of Iran. *Watershed Engineering and Management*, 7(4), pp. 363-378. [In Persian]
- Salehipour Milani, A., Eskandari, M. (2021). Monitoring the morphotectonic changes of the sea defenses of the Oman Sea (Chabahar to Gwatar). *Earth Science Research*, 12(47), pp. 202-222. [In Persian]
- Salehipour Milani, A., Mazrouei Sabdani, R. (2021). Evaluation of the rate of change in the coastlines of Makran (Kanakarak to Kalat). *Geographical studies of coastal areas*, 2(4), pp. 107-132. [In Persian]
- Salehipour Milani, A., Nejad Afzali, K., and Bayatani, F. (2010). Investigating typhoon Gono and its effects on the geomorphology of Makran sea coastlines using remote sensing. *Journal of Earth Sciences*, 21(83), pp. 23-32. [In Persian]

- Salehipour, A. (2010). Atlas report of geomorphological studies, 100,000 sheets: 1 Nagor and Goiter quadrangle. Management of Marine Geology, National Geological Organization. [In Persian]
- Sebat, M., Salloum, J. (2018). Estimate the rate of shoreline change using the statistical analysis technique (Epr). *Business & It*, 8(1), pp. 59-65. doi:10.14311/bit.2018.01.07
- Shayan, S., Akbarian, M., Yamani, M., Sharifi Kia, M., and Maqsoodi, M. (2017). Hydrodynamics of the sea and its effect on the formation of coastal sand masses (case study: the western coast of Makran). *Quantitative Geomorphology Research*, 2(4), pp. 86-104. [In Persian]
- Thompson, C., Croke, J. (2013). Geomorphic effects, flood power, and channel competence of a catastrophic flood in confined and unconfined reaches of the upper Lockyer valley, southeast Queensland, Australia. *Geomorphology*, 197, pp. 156-169. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2013.05.006.
- Tran Thi, V., Tien Thi Xuan, A., Phan Nguyen, H., Dahdouh-Guebas, F., and Koedam, N. (2014). (Tran Thi et al., 2014). *Biogeosciences*, 11(14), pp. 3781-3795. https://doi.org/10.5194/bg-11-3781-2014
- Waheed, A. A., Agunwamba, J. C. (2010). The impacts of urbanization on Kaduna River flooding. *Journal of American Science*, 6(5), pp. 28-35.
- Yadav, A., Dodamani, B. M., and Dwarakish, G. S. (2018). Shoreline change threat to coastal zone: A case study of Karwar coast. *The Proceedings of The International Conference on Climate Change*, 2(2), pp. 18-30. https://doi.org/10.17501/2513258X.2018.2202.
- Yamani, M. (1997). The causes of periodic river course changes on the deltas east of the coastal plain of Makran. *Geographical researches*, 29(35), pp. 34-56. [In Persian]
- Yamani, M., Mohammadnejad Arouq, V. (2012). Coastal Geomorphology, University of Tehran Printing and Publishing Institute. [In Persian]
- Yousefi, S., Mirzaee, S., Keesstra, S., Surian, N., Pourghasemi, H. R., Zakizadeh, H. R., and Tabibian, S. (2018). Effects of an extreme flood on river morphology (case study: Karoon River, Iran). *Geomorphology*, 304, pp. 30-39. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2017.12.034.



#### نحوه استناد به این مقاله:

رحیمی، نعیمه؛ صالحی پور میلانی، علیرضا و خالقی، سمیه (۱۴۰۲). ارزیابی تأثیرات سیلاب‌های شدید بر تحولات مورفولوژی خطوط ساحلی دلتای سدیح (شرق جاسک). *مطالعات جغرافیایی نواحی ساحلی*، ۴(۱۵)، صص. ۲۱-۴۳.

DOI: 10.22124/GSCAJ.2023.24141.1225

#### Copyrights:

Copyright for this article are retained by the author(s), with publication rights granted to *Geographical studies of Coastal Areas Journal*. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

