

Research Paper



Zoning of temporal and spatial changes in the riverbed using satellite images in the Arc/Map software environment Case study: Bahmanshir River



Behnaz Solimaini¹, Maryam Ilanloo*²

1. Department of Mathematics, Mahs.C., Islamic Azad University, Mahshahr, Iran. b.soleimani@iau.ir

2. Assistant Professor, Department of Geography, Mahs.C. Islamic Azad University, Mahshahr, Iran. ilanloo6101@iau.ir

Keywords

Temporal and spatial changes, satellite images, Arc/Map software, sedimentation and erosion, Bahmanshir River in Abadan County.

Received: 2024/11/22

Accepted: 2025/01/27

Published: 2025/07/21

ABSTRACT

Introduction

River beds are constantly changing at different spatial and temporal scales (Buffington, 2012: 123, Church and Ferguson, 2015: 211). Large-scale spatial and temporal changes in bed surface are generally the result of changes in the occurrence and duration of low and high flows over several years, grain-size-specific sediment fluxes, or base level (Gilbert, 1877: 132, Lane, 1955: 487). In many rivers, large-scale human interventions in the past centuries are the most important cause of large-scale bed degradation (Habersack, 1996). These large-scale interventions are also known as channelization and have been implemented on the Rhine since the 17th century (Van Til, 2021: 4., Visser, 2024: 1). The response of the riverbed to large-scale channelization usually occurs over long time scales (decades to centuries) and large spatial scales (tens to hundreds of kilometers) (Ten Brinke, 2023: 2). Locally, the bed surface changes much more rapidly and at smaller spatial scales as a result of migration and displacement of bedforms, discharge fluctuations, or interventions (Arkestein, 2019: 343).

Methodology

To investigate and monitor the temporal and spatial changes of the Bahmanshir River, Landsat 2 satellite images of the MSS sensor in 1973, 1986 and 1999 with an image resolution of 30 meters, the ETM sensor in 2012 with an image resolution of 30 meters and the OLI sensor in 2024 with an image resolution of 15 meters were used. After preparing the satellite images of the river in different time periods, a spatial database was prepared in GIS format and the river was divided into different intervals according to Table (1). Changes in spatial extents for different time periods in each interval were evaluated using the union command in Arc/Map software. Accordingly, erosion and sedimentation and stable locations of the river bank during the study period were obtained.

*Correspondin Author: Maryam Ilanloo E-mail: m.ilanloo6101@iau.ir

How to cite this article: Solimaini, S; Ilanloo, M. (2025). Zoning of temporal and spatial changes in the riverbed using satellite images in the Arc/Map software environment, Hydrogeomorphology. 81–103.

DOI: [10.22034/hyd.2025.64643.1766](https://doi.org/10.22034/hyd.2025.64643.1766)



Copyright: © by the authors

Publisher: University of Tabriz

A positive value indicates an increase (sedimentation) where there is movement around the river or a change in the location of the river, and a zero value indicates an unchanged area where the river boundary polygon does not show any change in the time periods studied. Based on Table (2), the layer prepared using the union command in the Arc/Map software environment, the rate of change was divided into 7 classes: high sedimentation, medium sedimentation, low sedimentation, stable, low erosion, medium erosion, and high erosion. Figure (2) shows the flowchart of the investigation.

Results and Discussion

The greatest changes in period 1 occurred in the period 1999-2012. The greatest high and low erosion occurred in the period 1999-2012, moderate erosion in the period 2012-2024, high and low sedimentation occurred in the period 1973-1986, moderate sedimentation in the period 1999-2012. The greatest changes in period 2 occurred in the period 1986-1973. The greatest high and moderate sedimentation occurred in the period 1986-1973, as in period 1. Moderate erosion occurred in the period 1986-1973, low erosion in the period 1986-1999, and low sedimentation in the period 1999-2012. High sedimentation occurred only in the period 1986-1973. Seventy-two percent of the average sedimentation occurred in the period 1986-1973, seven percent in 1999-2012, fourteen percent in 2012-2024, low sedimentation occurred in the period 63 percent in 1999-2012 and 38 percent in 2012-2024, low erosion occurred in the period 27 percent in 1986-1973, forty-three percent in the period 1999-1986, two percent in 1999-2012 and eighteen percent in 2024-2012, moderate erosion occurred in the period 90 percent in 1986-1973, nine percent in 1999-2012 and one percent in 1999-1986. The largest changes in period 3 occurred in the period 2012-2024, which was accompanied by high sedimentation. In a way, all the western parts of the region that had suffered from high erosion in the previous period were accompanied by high sedimentation in this period. The highest average erosion also occurred in the period 2024-2012. 16% of high sedimentation occurred in 1973-1986 and 84% in 2012-2024, 36% of average sedimentation occurred in 1973-1986 and 64% in 2024-2012, 15% of low sedimentation occurred in 1973-1986 and 80% in 2012-1999, 30% of low erosion occurred in 1973-1986, 40% in 1986-1999, 10% in 2012-1999 and 20% in 2024-2012, 90% of average erosion occurred in 2024-2012 and 10% in 1986-1999. The greatest changes in period 4 occurred during the period 1986-1999, which was accompanied by high sedimentation. In this period, as in period 2, there was no significant erosion. One hundred percent of the high sedimentation occurred during the period 1973-1986. Sixty-two percent of moderate sedimentation occurred in 1999-2012, eight percent in 1986-1999, thirty percent in 1973-1986, low sedimentation occurred in 47 percent in 1973-1986, ten percent in 1986-1999, thirty percent in 1999-2012, and thirteen percent in 2024-2012, low erosion occurred in 18 percent in 1973-1986, twenty percent in 1986-1999, four percent in 1999-2012, and sixty percent in 2024-2012, moderate erosion occurred in 97 percent in 1986-1999 and three percent in 2012-2012. The greatest changes in interval 5 occurred during the period 1973-1986. One hundred percent of the major erosion occurred during the period 1986-1999. High sedimentation 47% in 1973-1986, 10% in 1986-1999, 30% in 1999-2012, and 13% in 2012-2024, Medium sedimentation 62% in 1999-2012, 8% in 1986-1999, 30% in 1973-1986, Low sedimentation 47% in 1973-1986, 10% in 1986-1999, 30% in 1999-2012, and 13% in 2024-2012, Low erosion 18% in 1973-1986, 20% in 1986-1999, 4% in 1999-2012, and 60% in 2012-2024, Medium erosion Ninety-seven percent of it occurred in 1986-1999 and three percent in 2012-2016. The largest changes in interval 6 occurred in the time period 2012-2024. One

hundred percent of the major erosion occurred in the time period 2012-1999. High sedimentation 55% in 1973-1986, 10% in 1986-1999 and 35% in 2024-2012, medium sedimentation 60% in 1973-1986, 10% in 1986-1999 and 30% in 2012-1999, low sedimentation 35% in 1973-1986, 31% in 1986-1999, 24% in 2012-1999 and 10% in 2024-2012, low erosion 18% in 1973-1986, 55% in 1986-1999, 22% in 2012-1999 and 5% in 2024-2012, medium erosion 29% in 1973-1986, thirty-two percent of it occurred in 1999-2012, and thirty-nine percent in 2012-2024.

Conclusions

The aim of this study was to zone the spatial and temporal changes of the Bahmanshir River in the period 1973 to 2024. The Bahmanshir River is a tributary of the Karun River, separated from the Karun north of Abadan city and finally flows into the Persian Gulf by creating 6 intervals along its route. This route has not had any noticeable displacements in terms of meandering changes and compared to topographic maps during the studied period. The noteworthy point in this section is the superiority of sedimentation over erosion during the studied period. The most important reason for this is the high volume of sediments deposited in this area, as the end point of the river estuary. The discharge of a huge volume of sediments in this short period of time, the decrease in the river slope, the finer bed materials, the decrease in sediment carrying capacity, the conditions of increasing land surface and the appearance of two meanders in the southern part of the region have caused this. The decrease can be attributed to. The largest changes occurred in the first period in the time period 2012-1999, in the second, fourth and fifth periods in the time period 1986-1973, and in the third and fifth periods in the time period 2012-2024. Considering that in all the time periods studied except for the period 2012-1999, sedimentation prevailed over erosion, thus only in the first period did erosion occur more than sedimentation. The first period is located in the northern part of the region. From this, it can be concluded that the southern parts of the region have a higher deposition rate. High erosion occurred in all periods in the time period 2012-1999, especially in period three, which caused high erosion in the western part of the river in this period. High erosion occurred more in the periods 1986-1973 and 2012-2024 in all periods. One of the noteworthy points is that in the third period, during the period 1986-1999, the changes in the tablelands were very small, and only in the northern part of the period was there little erosion and very little sedimentation.

مقاله پژوهشی



پهنه‌بندی تغییرات زمانی و مکانی بستر رودخانه با استفاده از تصاویر
ماهواره‌ای در محیط نرم افزار Arc/Map
نمونه موردی: رودخانه بهمنشیر



بهناز سلیمانی^۱، مریم ایلاتلو^{۲*}

۱- مربی، گروه ریاضی، واحد ماهشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، ماهشهر، ایران
۲- استادیار، گروه جغرافیا، واحد ماهشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، ماهشهر، ایران.

چکیده

شناخت روند تغییرات و جابه‌جایی رودخانه در دهه‌های گذشته، جهت برنامه‌ریزی‌های آینده ضروری است. با استفاده از امکانات سنجش از دور، تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی با حداقل هزینه و در کمترین زمان ممکن می‌توان به این اهداف رسید. هدف از این پژوهش پهنه‌بندی تغییرات زمانی و مکانی بستر رودخانه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در محیط نرم افزار Arc/Map می‌باشد. برای بررسی و پایش تغییرات زمانی و مکانی رودخانه بهمنشیر از تصاویر ماهواره‌ای لندست سال‌های ۱۹۷۳، ۱۹۸۶ و ۱۹۹۹ و ۲۰۱۲ و ۲۰۲۴ استفاده شده است. رودخانه به شش بازه مختلف تقسیم و پهنه بندی تغییرات در هفت کلاس رسوب زیاد، رسوب متوسط، رسوب کم، پایدار، فرسایش کم، فرسایش متوسط و فرسایش زیاد صورت گرفت. نتایج نشان داد در تمامی دوره‌ها به جز بازه زمانی ۱۹۹۹-۲۰۱۲ میزان رسوبگذاری بر میزان فرسایش برتری داشته است. بیشترین تغییرات در بازه اول در مقطع زمانی ۱۹۹۹-۲۰۱۲، در بازه دوم، چهارم و پنجم در مقطع زمانی ۱۹۷۳-۱۹۸۶، بازه سوم و پنجم در مقطع زمانی ۲۰۱۲-۲۰۲۴ رخ داده است. مهمترین دلیل این امر بالا بودن حجم رسوبات نهشته شده در این منطقه، به عنوان نقطه پایانی مصب رودخانه، می‌باشد. تخلیه حجم عظیمی از رسوبات در این بازه زمانی کوتاه مدت، کم شدن شیب رودخانه، ریزتر شدن مواد بستر، کم شدن ظرفیت حمل رسوب، شرایط افزایش سطح خشکی و نمود دو پیچان رود در بخش جنوبی منطقه سبب این امر شده است.

کلیدواژه‌ها

تغییرات زمانی و مکانی، تصاویر ماهواره‌ای، نرم افزار Arc/Map، رسوبگذاری و فرسایش، رودخانه بهمنشیر در شهرستان آبادان

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۹/۰۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۰۸

تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۴/۳۰

ارجاع به این مقاله: سلیمانی، بهناز؛ ایلاتلو؛ مریم (۱۴۰۴). پهنه‌بندی تغییرات زمانی و مکانی بستر رودخانه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در محیط نرم افزار Arc/Map. نمونه موردی: رودخانه بهمنشیر، ۱۲ (۴۳): ۸۱-۱۰۳.

شناسه دیجیتال مقاله: 10.22034/hyd.2025.64643.1766

*مریم ایلاتلو
رایانامه: m.ilanloo6101@iau.ir



Copyright: ©2025 by the authors

Publisher: University of Tabriz

مقدمه

بستر رودخانه به طور مداوم در مقیاس‌های مکانی و زمانی مختلف تغییر می‌کند (بافینگتون^۱: ۲۰۱۲، کلیسا و فرگوسن^۲: ۲۰۱۵: ۲۱۱). تغییرات زمانی و مکانی سطح بستر در مقیاس بزرگ عموماً نتیجه تغییرات در وقوع و مدت دبی‌های کم و زیاد در طی چندین سال، شار رسوب خاص اندازه دانه یا سطح پایه (مثلاً به دلیل افزایش سطح دریا) است (گیلبرت^۳: ۱۸۷۷: ۱۳۲، مکین^۴: ۱۹۴۸: ۵۴، لین^۵: ۱۹۵۵: ۴۸۷، بلوم و همکاران^۶: ۲۰۱۷: ۱۹۲۷). در بسیاری از رودخانه‌ها، مداخلات انسانی در مقیاس بزرگ در قرن‌های گذشته مهم‌ترین علت تخریب بستر در مقیاس بزرگ است (هابرساک^۷: ۱۹۹۶: ۱۲۱، سوریان و رینالدی^۸: ۲۰۰۳: ۶۵، هوهنسنینر و همکاران^۹: ۲۰۱۴: ۳، گریگوری^{۱۰}: ۲۰۱۶: ۸۹، سیبن^{۱۱}: ۲۰۱۹: ۳۹، نیتروئر و ویپارلی^{۱۲}: ۲۰۲۴: ۹۰، هاوینگا^{۱۳}: ۲۰۲۴: ۲، یلا آربوس^{۱۴} و همکاران^{۱۵}: ۲۰۲۴: ۲). این مداخلات در مقیاس بزرگ همچنین به عنوان کانال‌سازی شناخته می‌شوند و از قرن هفدهم در رودخانه راین اجرا شده‌اند (ون تیل^{۱۵}: ۲۰۲۱: ۴، ویسر^{۱۶}: ۲۰۲۴: ۱). واکنش بستر رودخانه به کانال‌گذاری در مقیاس بزرگ معمولاً در مقیاس‌های زمانی طولانی (ده‌ها تا قرن‌ها) و مقیاس‌های فضایی بزرگ (ده‌ها تا صدها کیلومتر) صورت می‌گیرد (تن برینکه^{۱۷}: ۲۰۲۳: ۲). به صورت محلی، سطح بستر در نتیجه مهاجرت و جابه‌جایی شکل‌های بستر، نوسانات تخلیه یا مداخلات بسیار سریع‌تر و در مقیاس فضایی کوچک‌تر تغییر می‌کند (آرکستین^{۱۸}: ۲۰۱۹: ۳۴۳).

درک دینامیک رودخانه‌ها مشکل است، زیرا رفتار بسیار پویا و وقوع فرآیندهایی که در مقیاس‌های مکانی و زمانی مختلف عمل می‌کنند، از شاخه‌ها یا گره‌های منفرد گرفته تا کل شبکه را شامل می‌شود (موری و پائولا^{۱۹}: ۲۰۲۳: ۲، پائولا^{۲۰}: ۲۰۲۱: ۲۳۲، اشمور^{۲۱}: ۲۰۲۳: ۵۴۳، برتولدی^{۲۲} و همکاران^{۲۳}: ۲۰۱۹: ۸۷۵). وجود مقیاس‌های چندگانه، تعریف یک‌جانبه شرایط شکل‌دهنده را نیز دشوارتر می‌کند. مشاهده حمل و نقل بار بستر قابل توجه و تغییرات مورفولوژیکی مربوطه برای دبی‌های بسیار زیر سطح کرانه ممکن است (سوریان^{۲۴}: ۲۰۱۹: ۱۰۲۱). جزئیات مکانی و زمانی مورد نیاز برای ثبت فعالیت مورفولوژیکی در سطوح مختلف آب، پیشرفت‌های اخیر در تکنیک‌های سنجش از دور امکان نظارت مقرون به صرفه را فراهم می‌کند، مانند فتوگرامتری دیجیتال و بررسی‌های LIDAR که دقت فضایی را تا حد زیادی افزایش می‌دهد (لین و همکاران^{۲۴}: ۲۰۲۳: ۲، وستاوی^{۲۵} و همکاران^{۲۶}: ۲۰۲۳: ۳۴، چارلتون و همکاران^{۲۶}: ۲۰۲۳: ۳، فیورر و همکاران^{۲۷}: ۲۰۱۸: ۴۵، مارکوس و فونستاد^{۲۸}: ۲۰۱۸: ۲۳).

در این زمینه مطالعاتی در سطح داخل و خارج از کشور صورت پذیرفته است که به برخی از آن‌ها در ذیل اشاره می‌شود. کوانگ نکوپین^{۲۹} و همکاران (۲۰۲۴) پژوهشی تحت عنوان ارزیابی مداخلات انسانی در ایجاد رسوب و تغییرات مورفولوژیکی حوضه رودخانه Vu Gia Thu Bon، مرکز ویتنام انجام دادند. نتایج نشان داد ایجاد رسوبات طبیعی که از بالادست به دست می‌آید برای جبران مواد بستر استخراج‌شده کافی نیست. نتایج این مطالعه بینش‌های ارزشمندی را در مورد تأثیرات مداخلات انسانی، به ویژه استخراج شن و ماسه، بر تولید رسوب، تغییرات مورفولوژیکی، و برش بستر رودخانه ارائه می‌دهد. ارزیابی توسعه یافته پایه و اساس توسعه و گسترش استراتژی‌های مدیریت منابع آب/رسوب منطقه را تشکیل می‌دهد. یانگ^{۳۰} و همکاران (۲۰۲۴) پژوهشی تحت عنوان مداخلات انسانی مورفودینامیک کانال‌های پرپیچ و خم را تغییر می‌دهد: در رودخانه یانگ تسه را انجام دادند. این مطالعه نشان داد که در غیاب مداخله انسانی، کانال‌های پر پیچ و خم MYR به طور طبیعی رسوب کرانه داخلی و فرسایش کرانه بیرونی را تجربه کردند، که عمدتاً توسط سدسازی و روکش‌های ساحلی می‌تواند مورفودینامیک فرسایش رسوب‌گذاری مرسوم خم‌های پرپیچ و خم در سیستم‌های رودخانه‌ای

1- Buffington
2- Church and Ferguson
3- Gilbert
4- Mackin
5- Lane
6- Blom
7- Habersack
8- Surian and Rinaldi
9- Hohensinner
10- Gregory

11- Sieben
12- Nitttrouer and Viparelli
13- Havinga
14- Ylla Arbós
15- Van Til
16- Visser
17- Ten Brinke,
18- Arkesteijn
19- Murray and Paola
20- Paola

21- Ashmore
22- Bertoldi
23- Surian
24- Lane
25- Westaway
26- Charlton
27- Feurer
28- Marcus and Fonstad
29- Quang Nguyen
30- Yang

بزرگ را تغییر دهد، که پیامدهای حیاتی برای مدیریت پایدار رودخانه در آنتروپوسن دارد. پپین ون دندرن^۱ و همکاران (۲۰۲۲) مطالعه‌ای تحت عنوان تغییرات جداسازی در نیمرخ بستر رودخانه: تأثیر مورفولوژیکی مداخلات رودخانه در یک رودخانه مدیریت شده پرداختند. نتایج نشان داد تفکیک مقیاس‌های فضایی تغییرات سطح بستر، درک بهتری از تأثیر مداخلات محلی و کانال‌سازی گذشته می‌دهد. این بینش‌ها را می‌توان برای بهینه‌سازی عملیات و مدیریت رودخانه و در نتیجه تطبیق عملکردهای اصلی رودخانه مورد استفاده قرار داد. اسماعیلی و نوری زاده نشلی (۱۴۰۳) به ارزیابی تغییرات مورفولوژیکی رودخانه هراز در اثر فشارهای انسانی در محدوده شهر آمل، مازندران پرداختند. در تحقیق حاضر، تغییرات مورفولوژیکی بخشی از رودخانه هراز در محدوده شهر آمل طی یک دوره ۵۳ ساله (۱۴۰۰-۱۳۴۷) مورد مطالعه قرار گرفت. تغییرات عرض رودخانه، پلانفرم و لندفرم‌های رودخانه‌ای با استفاده عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای مورد بررسی قرار گرفتند. سپس، با محاسبه قدرت ویژه رود و مشاهدات میدانی مخاطرات کانال رود شناسایی شدند. در سال ۱۳۴۷ میانگین عرض رودخانه ۱۴۱ متر اندازه‌گیری شد و در سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۴۰۰ به ۵۵ متر کاهش یافت. مساحت لندفرم‌های رودخانه‌ای شامل بستر فعال رود و موانع طولی در این دوره به ترتیب ۵۰ و ۹۵ درصد کاهش یافت. با تنگ شدگی رود و کاهش شدید موانع طولی، پلانفرم رودخانه از حالت شریانی به تک کانالی تغییر یافت. بواسطه این تغییرات قدرت ویژه رود افزایش یافته و فرایندهای فرسایشی موجب فرسایش رودخانه و فرسایش دیواره رود شدند. کاهش جریان پایه رود و کانال‌های آبیاری، تصرف دشت سیلابی و تغییر کاربری اراضی حاشیه رود از مهم‌ترین عوامل فشار در تغییرات مورفولوژیکی رود در محدوده مورد مطالعه بوده‌اند. با توجه روند تغییرات ایجاد شده، احداث سد جدید (هراز)، تداوم تصرفات دشت سیلابی و کانال‌سازی می‌تواند مخاطرات کانال رود و وقوع سیلاب‌های بزرگ را تشدید نماید. رحیمی و همکاران (۱۴۰۳) به تأثیر سیلاب بر تغییرات مورفولوژی رودخانه مطالعه موردی: رودخانه سدیج استان هرمزگان پرداختند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که سیلاب سال ۱۳۹۷ نسبت به دیگر سیلاب‌ها، تأثیرات زیاده‌تری بر تغییرات ژئومورفولوژیکی عرض کانال و فرسایش شدید کرانه رودخانه داشته است. در حداث سیلاب‌های سال ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۷ متوسط عرض کانال حدود ۳۸ متر کاهش یافته است و طول رودخانه در حدود ۳۵۱۰ متر افزایش یافته است که با افزایش ضریب خمیدگی رودخانه از ۱/۴۰ به ۱/۵۶ انطباق دارد. همچنین بر اساس نتایج RNCI سیلاب سال ۱۳۹۷ با دبی ۱۱۶۷/۷۳ مترمکعب بر ثانیه و میزان ۸/۱۹، بیشترین میزان فرسایش را نسبت به دیگر سیلاب‌ها داشته است. همچنین در بین بازه‌های مورد مطالعه در حداث سیلاب‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۷ بازه B بیشترین تغییرات پارامترهای هندسی را داشته است. اسفندیاری درآباد و همکاران (۱۴۰۲) به تعیین الگوی فرکتالی در بازه‌ای از رودخانه قره‌سو استان اردبیل پرداختند. نتایج پژوهش نشان می‌دهد، بعد فرکتال رودخانه قره‌سو بین ۲/۰۶۸ تا ۲/۱۸۶ متغیر است. حداقل بعد فرکتال در دسته اول و حداکثر در دسته هشتم قرار دارد. بر اساس رابطه معنی‌داری ضریب تعیین میان تعداد و مساحت دایره‌های مماس بر پیچان‌رود با مقادیر ۰/۷۱ تا ۰/۸۴ می‌توان گفت که پیچان‌رودهای مورد مطالعه در بازه مورد مطالعه از رودخانه قره‌سو از الگوی فرکتالی و خودتشابهی پیروی می‌کند. مقادیر بعد فرکتالی بازه روستای انزاب-روستای طالب‌قشلاقی برابر ۲/۲۳ محاسبه شد که نشان می‌دهد این بازه دارای خاصیت خودتشابهی بیش‌تری است و می‌تواند دلیلی بر طبیعی بودن بازه مورد نظر باشد و نیز بازه مذکور در یک محدوده دشتی جریان دارد و رودخانه تکامل بیش‌تری پیدا کرده است. این در حالی است که در بازه روستای طالب‌قشلاقی-سد سبلان مقدار بعد فرکتالی برابر ۱/۸۵ به‌دست آمد که می‌تواند به عبور رودخانه از مسیرهایی با شیب بیش‌تر مرتبط باشد که توسعه مئاندر را محدود نموده است. باید اشاره شود که برخی دخالت‌های انسانی در مسیر رودخانه و نیز عبور رودخانه از مجاورت اراضی کشاورزی در برخی موارد باعث تغییر در عرض و عمق رودخانه و محدودیت در گسترش مئاندرها شده است.

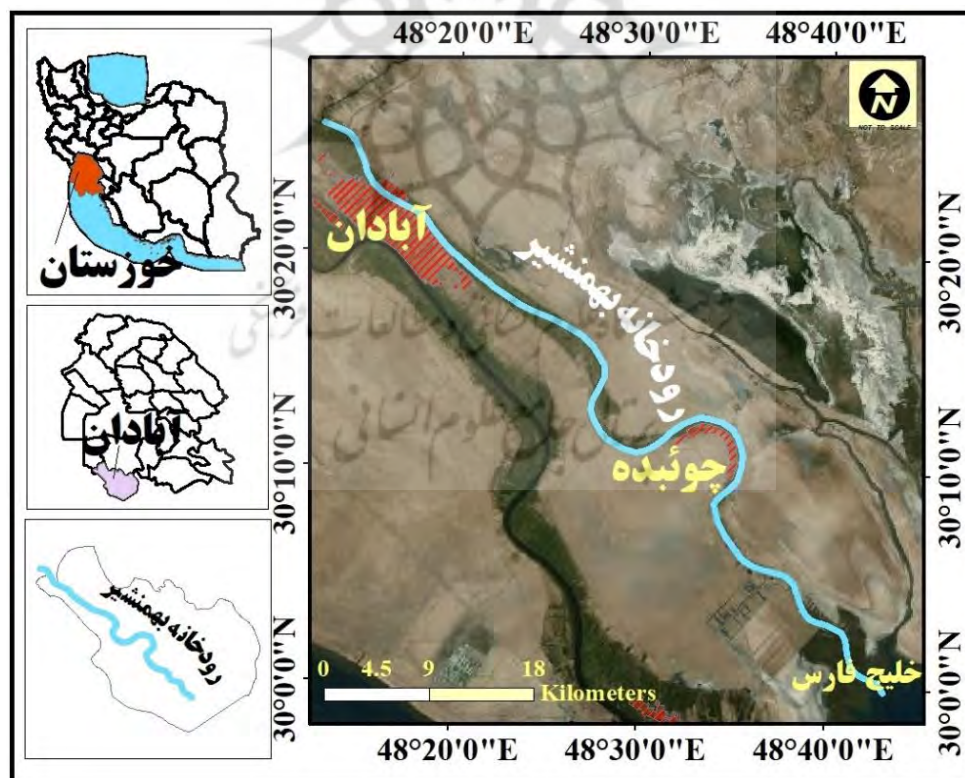
در تمامی مطالعاتی قبلی که صورت پذیرفته است یا از سیستم اطلاعات جغرافیایی و یا سنجش از دور استفاده شده است. این مطالعه تلاش می‌کند تا تغییرات زمانی و مکانی بستر رودخانه را که می‌تواند به عنوان ورودی ضروری برای مدیریت و پایداری آنها در نظر گرفته شود، با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) رودخانه بهمنشیر را مورد ارزیابی قرار دهد. و برای اولین بار به پهنه‌بندی تغییرات در محیط نرم‌افزار Arc/Map بپردازد. رودخانه‌ها سامانه‌های زنده، طبیعی و بسیار پیچیده‌ای هستند که در مقابل کوچک‌ترین تغییرات

¹ - Pepijn van Denderen

واکنش‌های بزرگی از خود به نمایش می‌گذارند. حال اگر ایجاد تغییرات در رودخانه‌ها به صورت علمی و با انجام محاسبات و بررسی‌های کافی صورت نگیرد، عموماً پیامدهای خوشایندی برای آینده این تغییرات قابل تصور نیست. بهمنشیر در منتهی‌الیه رودخانه کارون واقع شده و در امتداد اروندرود به خور بهمنشیر و سپس به خلیج فارس می‌ریزد. از این رو دارای شرایط اندرکنش رودخانه و دریا می‌باشد. این رودخانه در منطقه از اهمیت اقتصادی و نظامی قابل ملاحظه‌ای برخوردار است و طرح‌های متنوع توسعه منابع آب و خاک و اصلاح شرایط تولید، ماهی‌گیری و کشتیرانی در این منطقه مدت‌هاست که در برنامه توسعه دولتی قرار دارد. در حال حاضر مهم‌ترین چالش این ناحیه کاهش جریان آب شیرین از بالادست به دلیل تأثیر توسعه طرح‌های آبی بر روی رودخانه‌های کارون و اروند و تغییر میزان عمق و سطح آب، بویژه در سال‌های کم آبی و پیش‌روی شوری دریا از پایین دست و کاهش رواناب به دلیل کاهش بارندگی و بروز خشکسالی‌های متعدد در اثر تغییر اقلیم است. هدف از این پژوهش پهنه‌بندی تغییرات زمانی و مکانی رودخانه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در محیط نرم افزار Arc/Map می‌باشد.

موقعیت منطقه مورد مطالعه

رودخانه بهمنشیر در جنوب غربی ایران و در استان خوزستان واقع شده که مهم‌ترین منبع تامین آب شرب و کشاورزی شهرستان‌های خرمشهر و آبادان است. بهمنشیر همان شاخه اصلی کارون است که ابتدا بهمن اردشیر و به مرور زمان بهمن‌شیر نام گرفت. طول رود بهمن‌شیر حدود ۹۰ کیلومتر، عرض آن ۶۰۰ متر و عمق آن حدود ۴ متر است که در شمال جزیره آبادان جاری و به خلیج فارس می‌ریزد و از آن نهرهای متعددی منشعب می‌شود که کرانه‌های دو طرف رود را آبیاری می‌کند. کرانه‌های بهمن‌شیر از بخش‌های مهم خرماخیز خوزستان به‌شمار رفته، اما در کرانه باختری‌اش نسبت به کرانه خاوری، نخلستان‌های بیشتری وجود دارد. این رودخانه از نظر هیدرولیکی یک سیستم ناهمگن تلقی می‌شود (فعال، ۱۳۸۸: ۲۳).



شکل (۱): موقعیت جغرافیایی رودخانه بهمنشیر

Figure (1): Geographical location of Bahmanshir River

روش پژوهش

برای بررسی و پایش تغییرات زمانی و مکانی رودخانه بهمنشیر از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۲ سنجنده MSS سال‌های ۱۹۷۳، ۱۹۸۶ و ۱۹۹۹ با وضوح تصویر ۳۰ متر، سنجنده ETM سال ۲۰۱۲ با وضوح تصویر ۳۰ متر و سنجنده OLI سال ۲۰۲۴ با وضوح تصویر ۱۵ متر استفاده شده است. پس از تهیه تصاویر ماهواره‌ای رودخانه در دوره‌های مختلف زمانی به‌عنوان یک پایگاه داده فضایی در قالب GIS تهیه گردید و رودخانه با توجه به جدول (۱) به بازه‌های مختلف تقسیم گردید.

جدول (۱): تقسیم‌بندی رودخانه برحسب ضریب پیچشی (منبع: حسینی و طباطبائی، ۱۳۹۹).

Table (1): River Classification by meandering coefficient (source: Hosini & Tbatbaei 2020)

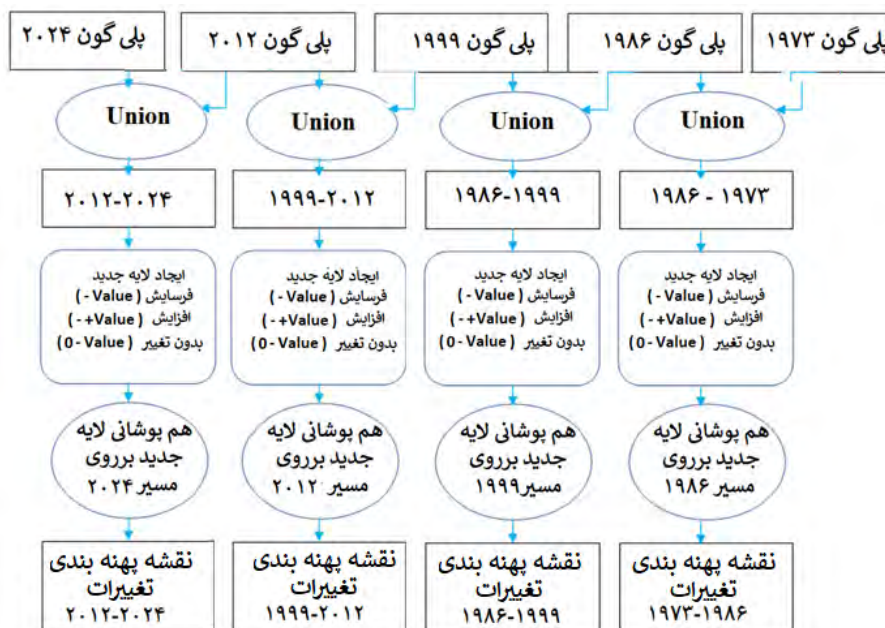
نوع رودخانه	شمای رودخانه	ضریب پیچشی
مستقیم		۱-۱/۰۵
سینوسی		۱/۰۶-۱/۲۵
پیچانرودی		۱/۲۵-۲
پیچانرودی شدید		>۲

تغییرات در گستره‌های فضایی برای دوره‌های مختلف زمانی در هر بازه ارزیابی شد. بر این اساس، فرسایش و رسوب و مکان‌های پایدار ساحل رودخانه در طول دوره مورد مطالعه به دست آمد. ارزش مثبت بیانگر افزایش (رسوبگذاری) در جایی که حرکت اطراف رودخانه یا تغییر مکان رودخانه وجود دارد و ارزش صفر بیانگر ناحیه بدون تغییر جایی که پلیگون محدوده رودخانه هیچ تغییری را در بازه‌های زمانی مورد مطالعه نشان نمی‌دهد، می‌باشد. براساس جدول (۲) لایه تهیه شده براساس دستور union در محیط نرم افزار Arc/Map میزان تغییرات به ۷ کلاس رسوب زیاد، رسوب متوسط، رسوب کم، پایدار، فرسایش کم، فرسایش متوسط و فرسایش زیاد تقسیم گردید. شکل (۲) فلوچارت تحقیق را نشان می‌دهد.

جدول (۲): طبقه‌بندی رسوب / فرسایش (منبع: رامش و همکاران، ۲۰۲۱)

Table (1): Sediment/Erosion Classification (source: Ramesh et al, 2021)

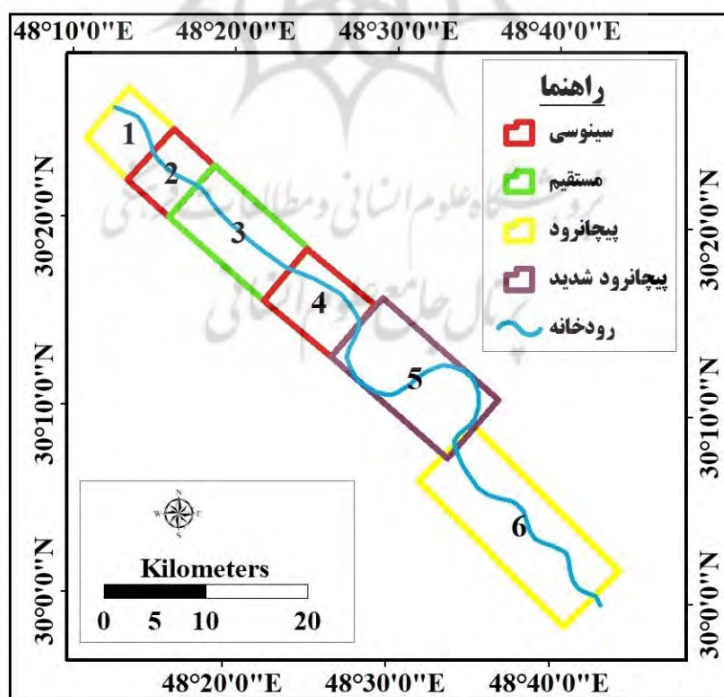
محدوده	کلاس
رسوب زیاد	۵ متر
رسوب متوسط	۵ تا ۲ متر
رسوب کم	۲ تا ۰/۵ متر
پایدار	۰/۵ تا ۰/۵ - متر
فرسایش کم	۰/۵ - تا ۲- متر
فرسایش متوسط	۲ تا ۵-
فرسایش زیاد	کمتر از ۵ - متر



شکل (۲): فلوچارت تحقیق
Figure (2): Research flowchart

یافته‌های تحقیق

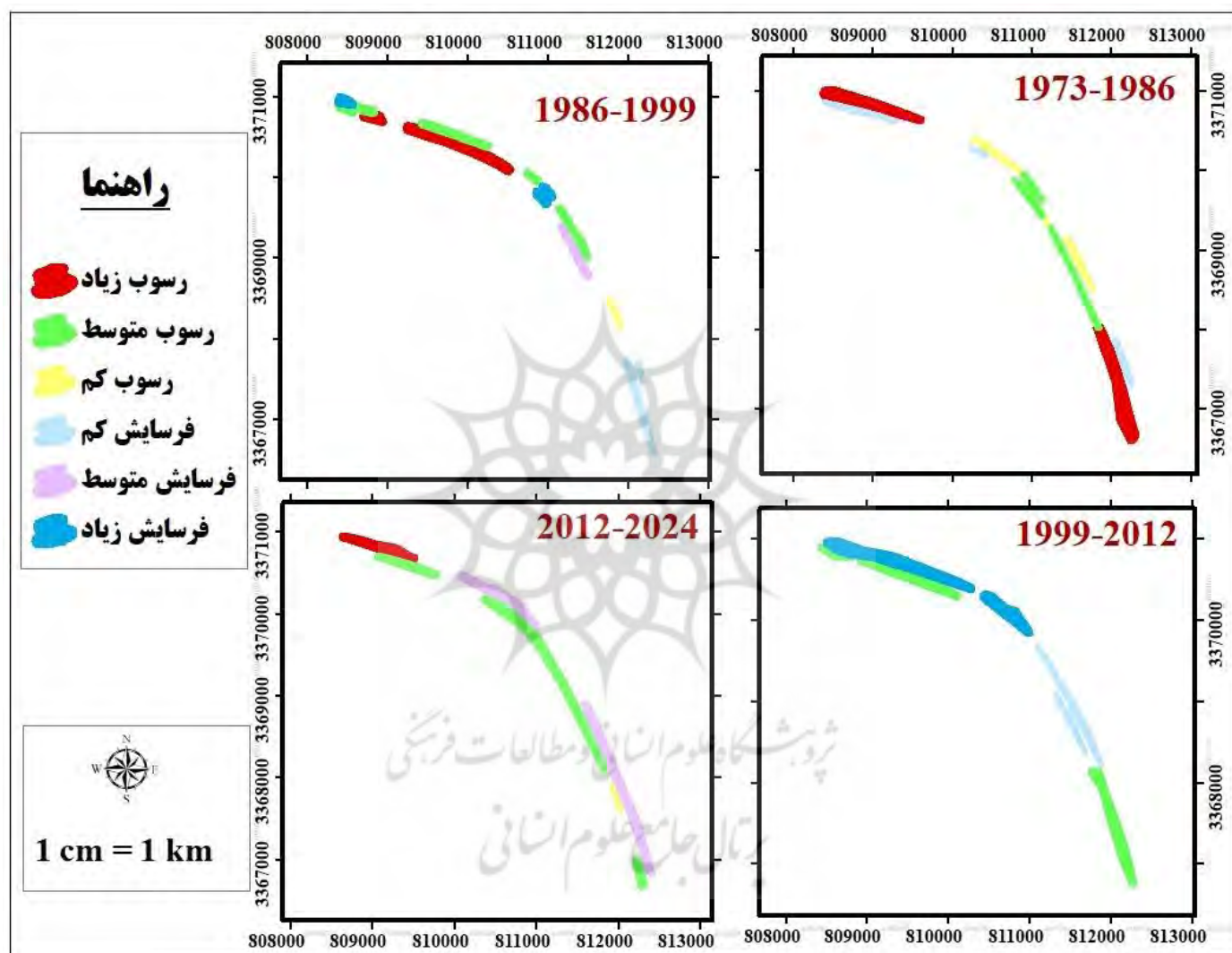
در ابتدا با توجه به ویژگی‌های مورفولوژیکی و جدول (۱) رودخانه بهمنشیر به ۶ بازه تقسیم گردید که در شکل (۳) نشان داده شده است. بدین ترتیب بازه اول از نوع پیچانرودی، بازه دوم سینوسی، بازه سوم مستقیم، بازه چهارم سینوسی، بازه پنجم پیچانرودی شدید و بازه ششم پیچانرودی می‌باشد.



شکل (۳): بازه‌های رودخانه بهمنشیر
Figure (3): Bahmanshir River Ranges

بازه ۱:

این بازه در شمال منطقه در هنگام دو شاخه شدن رودخانه کارون قرار گرفته است. این بازه از نوع پیچانرودی می باشد. ارتفاع این بازه بین ۲۳ تا ۵ متر می باشد. شروع بازه از ارتفاع ۱۷ متر است. براساس نتایج به دست آمده در جدول (۲) و شکل (۵) بیشترین تغییرات در این بازه در مقطع زمانی ۱۹۹۹-۲۰۱۲ رخ داده است. بیشترین فرسایش زیاد و کم در دوره زمانی ۱۹۹۹-۲۰۱۲، فرسایش متوسط در دوره ۲۰۱۲-۲۰۲۴، رسوب زیاد و کم در دوره زمانی ۱۹۷۳-۱۹۸۶، رسوب متوسط در دوره زمانی ۱۹۹۹-۲۰۱۲ رخ داده است.

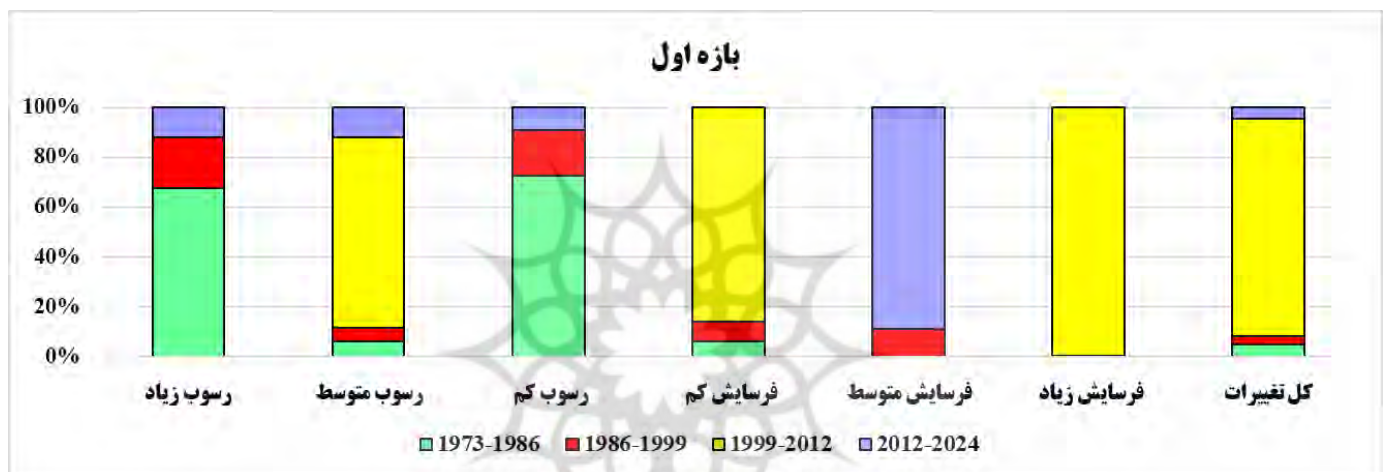


شکل (۴): پهنه‌بندی تغییرات زمانی و مکانی در بازه ۱ رودخانه بهمنشیر در مقطع زمانی ۱۹۷۳-۲۰۲۴

Figure (4): Zoning of temporal and spatial changes in the Bahmanshir River Interval 1 during the period 1973-2024

جدول (۲): میزان رسوب و فرسایش در بازه اول در دوره زمانی ۱۹۷۳-۲۰۲۳
 Table (2): Sediment and erosion rates in the first period in the period 1973-2023

طبقه	۱۹۷۳-۱۹۸۶	۱۹۸۶-۱۹۹۹	۱۹۹۹-۲۰۱۲	۲۰۱۲-۲۰۲۴
رسوب زیاد	۱۶۱۶۳۳	۴۸۷۳۴		۲۹۱۹۸
رسوب متوسط	۵۸۹۷۵	۵۰۶۸۸	۷۲۰۰۳۱	۱۱۳۲۶۸
رسوب کم	۲۶۷۷۶	۶۶۴۵		۳۴۶۶
فرسایش کم	۲۸۶۲۳	۳۷۴۱۲	۴۰۵۸۹۱	
فرسایش متوسط		۱۴۹۱۵		۱۱۹۲۹۸
فرسایش زیاد		۱۵۳۲۹	۳۷۳۰۹۲۷	
مجموع	۲۷۶۰۱۰	۱۷۳۷۲۶	۴۸۵۶۸۵۱	۲۶۵۲۳۲



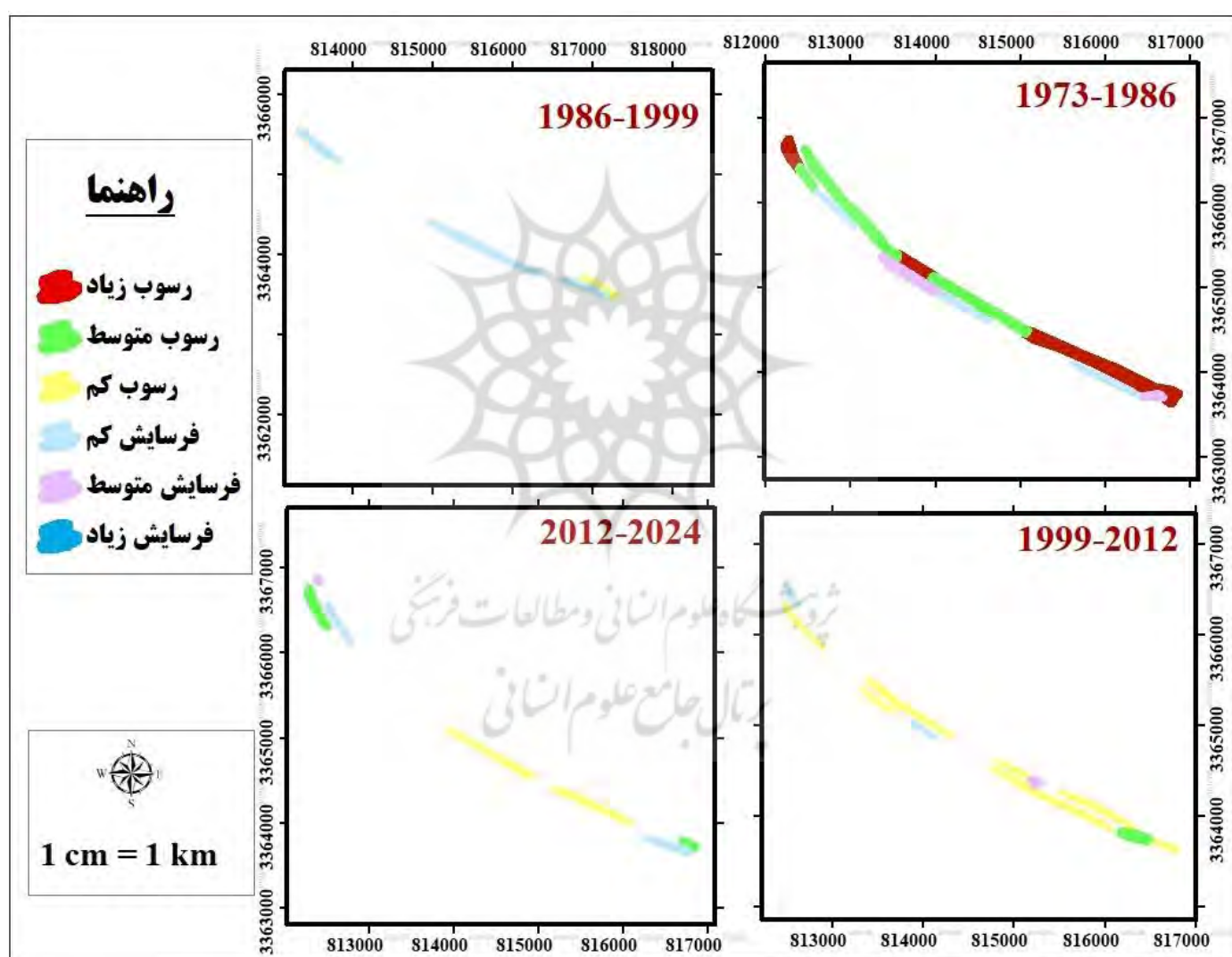
شکل (۵): نمودار میزان تغییرات فرسایش و رسوبگذاری در بازه ۱
 Figure (5): Diagram of changes in erosion and sedimentation in period 1

بازه ۲:

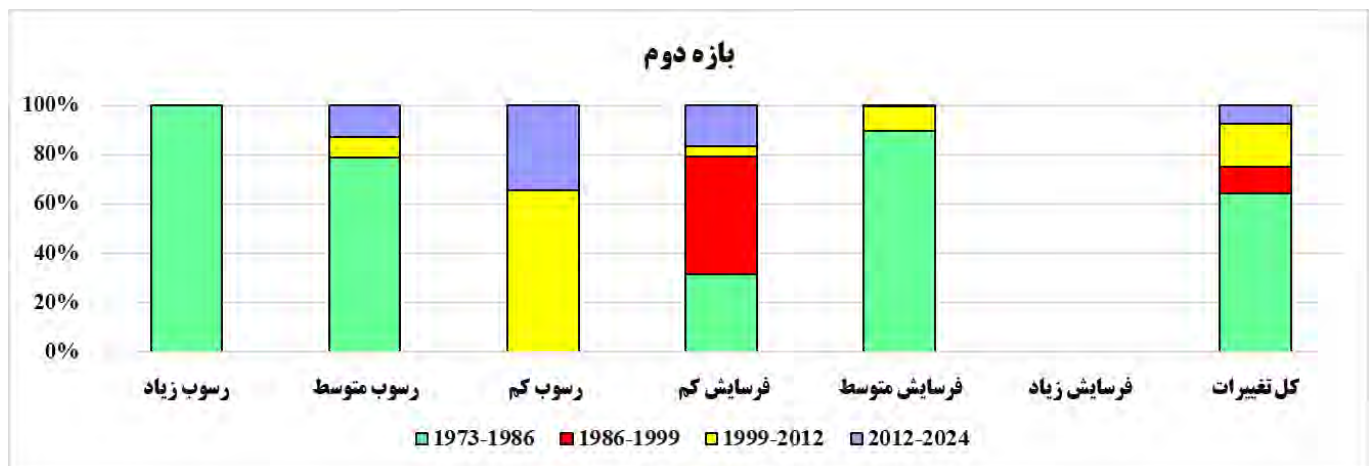
این بازه از نوع سینوسی می‌باشد و از شرق شهر آبادان گذر می‌کند. در اطراف این بازه ساخت و ساز بسیار زیاد می‌باشد. براساس نتایج به دست آمده رسوبگذاری در کناره شرقی رودخانه رخ داده و همین امر سبب کاهش عرض رودخانه شده است. شکل (۷) نمودار میزان تغییرات فرسایش و رسوبگذاری در بازه ۲ را نشان می‌دهد. بدین ترتیب بیشترین تغییرات در این بازه در مقطع زمانی ۱۹۷۳-۱۹۸۶ رخ داده است. بیشترین رسوب زیاد و متوسط به مانند بازه ۱ در دوره زمانی ۱۹۷۳-۱۹۸۶ رخ داده است. فرسایش متوسط در دوره ۱۹۸۶-۱۹۷۳، فرسایش کم در دوره زمانی ۱۹۸۶-۱۹۹۹، رسوب کم در دوره زمانی ۱۹۹۹-۲۰۱۲ رخ داده است. رسوب زیاد تنها در مقطع زمانی ۱۹۷۳-۱۹۸۶ به وقوع پیوسته است. هفتاد و دو درصد رسوب متوسط در دوره زمانی ۱۹۷۳-۱۹۸۶، هفت درصد در ۱۹۹۹-۲۰۱۲، چهارده درصد در ۲۰۱۲-۲۰۲۴، رسوب کم شصت و سه درصد در ۱۹۹۹-۲۰۱۲ و ۳۸ درصد در ۲۰۱۲-۲۰۲۴، فرسایش کم بیست و هفت درصد در ۱۹۷۳-۱۹۸۶، چهل و سه درصد دوره زمانی ۱۹۸۶-۱۹۹۹، دو درصد در ۱۹۹۹-۲۰۱۲ و هیچ‌کدام در ۲۰۱۲-۲۰۲۴، فرسایش متوسط نود درصد در ۱۹۷۳-۱۹۸۶، نه درصد در ۱۹۹۹-۲۰۱۲ و یک درصد در ۱۹۸۶-۱۹۹۹ رخ داده‌اند.

جدول (۳): میزان رسوب و فرسایش در بازه دوم در دوره زمانی ۱۹۷۳-۲۰۲۳
Table (3): Sediment and erosion rates in the Second period in the period 1973-2023

طبقه	۱۹۷۳-۱۹۸۶	۱۹۸۶-۱۹۹۹	۱۹۹۹-۲۰۱۲	۲۰۱۲-۲۰۲۴
رسوب زیاد	۱۶۸۲۲۴			
رسوب متوسط	۱۲۰۰۰۰		۱۲۴۴۵	۱۹۸۵۵
رسوب کم		۶۰۵	۷۸۴۲۴	۴۱۴۳۴
فرسایش کم	۳۹۱۰۱	۵۹۱۰۱	۴۹۳۷	۲۱۰۷۳
فرسایش متوسط	۳۱۴۶۳		۳۳۶۵	۲۳۹
فرسایش زیاد				
مجموع	۳۵۸۷۸۹	۵۹۷۰۷	۹۹۱۷۲	۸۲۶۰۲



شکل (۶): بهینه‌بندی تغییرات زمانی و مکانی در بازه ۲ رودخانه بهمنشیر در مقطع زمانی ۱۹۷۳-۲۰۲۴
Figure (6): Zoning of temporal and spatial changes in the Bahmanshir River Interval 2 during the period 1973-2024



شکل (۷): نمودار میزان تغییرات فرسایش و رسوبگذاری در بازه ۲
Figure (7): Diagram of changes in erosion and sedimentation in period 2

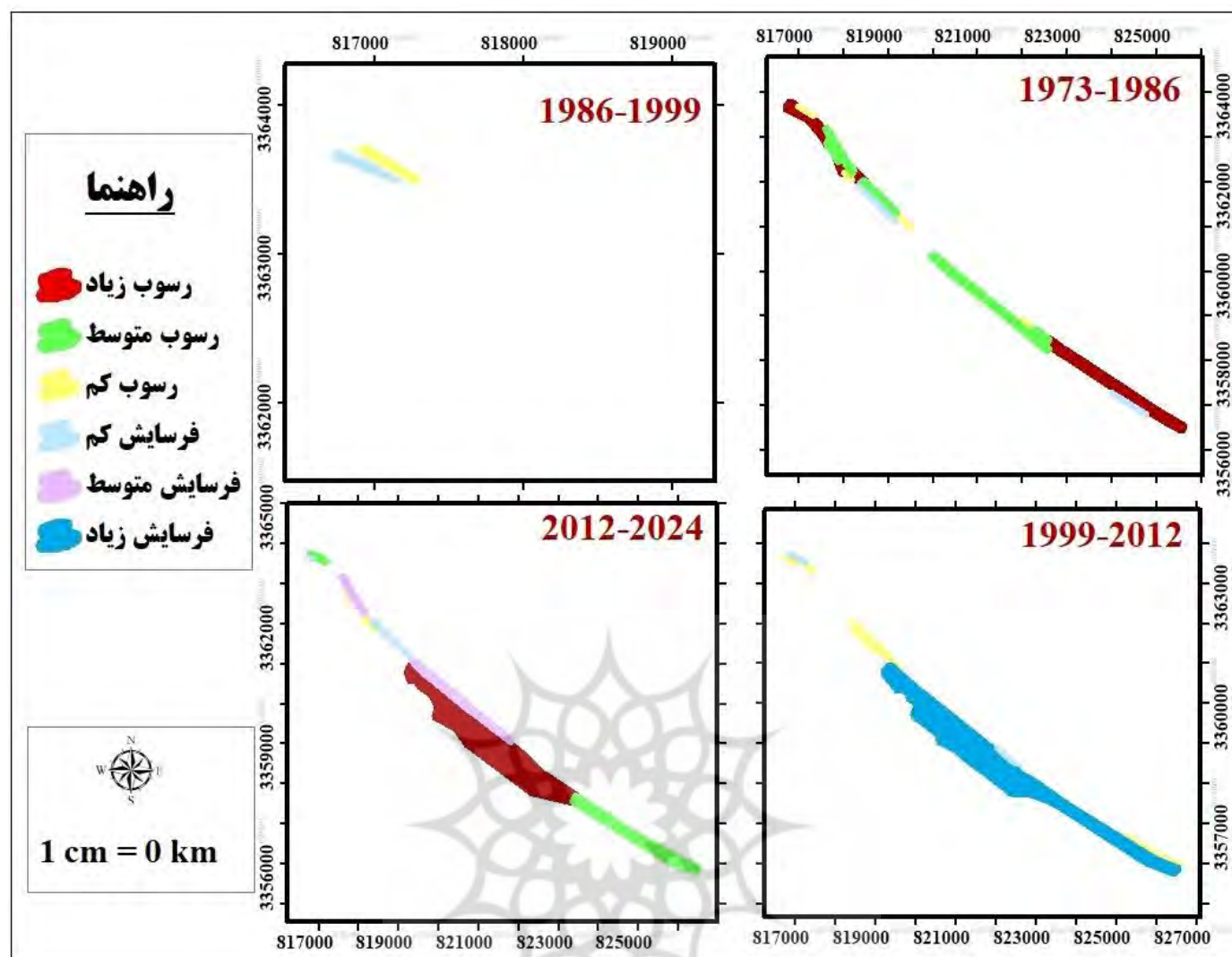
بازه ۳:

این بازه از نوع مستقیم می‌باشد. در دوره زمانی ۱۹۹۹ تا ۲۰۱۲ میزان کل تغییرات متر مربع بوده است. از این میزان رسوب کم، فرسایش کم، فرسایش زیاد متر مربع می‌باشد. در این دوره فرسایش شدیدی در قسمت غربی رودخانه رخ داد. براساس شکل (۹) و جدول (۴) بیشترین تغییرات در این بازه در مقطع زمانی ۲۰۱۲-۲۰۲۴ رخ داده که توأم با رسوبگذاری زیاد بوده است. به نحوی که تمامی قسمت‌های غربی منطقه که در دوره زمانی قبلی دچار فرسایش زیاد شده بودند در این دوره با رسوبگذاری زیاد همراه بودند. بیشترین فرسایش متوسط نیز در دوره زمانی ۲۰۱۲-۲۰۲۴ رخ داده است. شانزده درصد رسوب زیاد در ۱۹۷۳-۱۹۸۶ و هشتاد و چهار درصد آن در ۲۰۱۲-۲۰۲۴، سی و شش درصد رسوب متوسط در ۱۹۷۳-۱۹۸۶ و شصت و چهار درصد در ۲۰۱۲-۲۰۲۴، رسوب کم پانزده درصد در ۱۹۷۳-۱۹۸۶ و هشتاد درصد در ۱۹۹۹-۲۰۱۲، فرسایش کم سی درصد در ۱۹۷۳-۱۹۸۶، چهل درصد در ۱۹۹۹-۱۹۸۶، ده درصد در ۱۹۹۹-۲۰۱۲ و بیست درصد در ۲۰۱۲-۲۰۲۴، فرسایش متوسط نود درصد در ۲۰۱۲-۲۰۲۴ و ده درصد در ۱۹۸۶-۱۹۹۹ رخ داده‌اند.

جدول (۴): میزان رسوب و فرسایش در بازه سوم در دوره زمانی ۱۹۷۳-۲۰۲۳

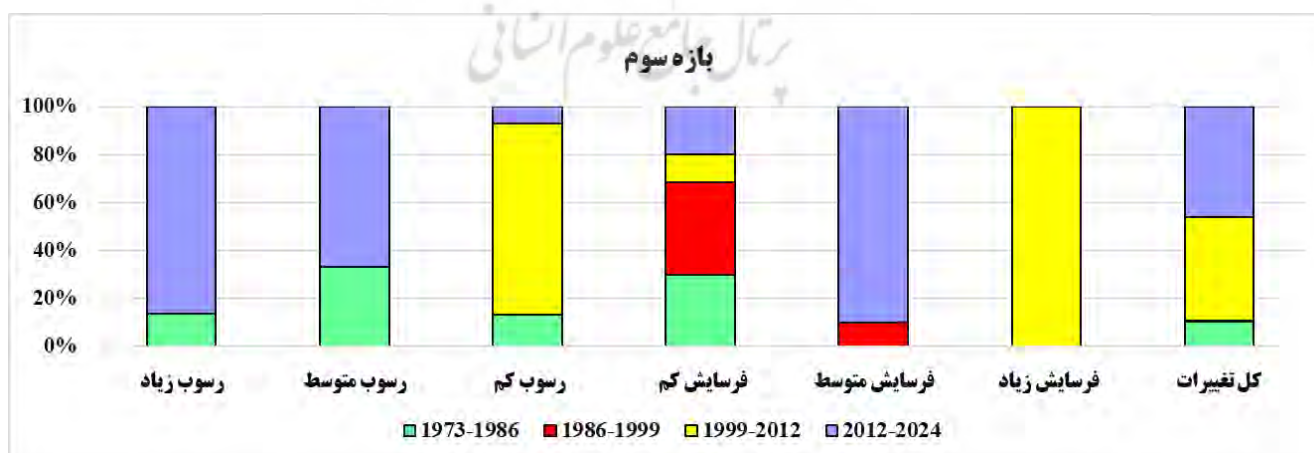
Table (4): Sediment and erosion rates in the Third period in the period 1973-2023

طبقه	۱۹۷۳-۱۹۸۶	۱۹۸۶-۱۹۹۹	۱۹۹۹-۲۰۱۲	۲۰۱۲-۲۰۲۴
رسوب زیاد	۳۵۷۶۷۳			۲۲۵۴۵۴۰
رسوب متوسط	۲۲۸۲۰۷			۴۵۶۷۲۶
رسوب کم	۲۵۱۸۱	۱۵۷۹۱	۱۵۱۶۴۵	۱۳۳۳۵
فرسایش کم	۴۶۲۰۳	۱۴۸۳۰	۱۷۷۰۳	۳۰۹۸۳
فرسایش متوسط				۱۳۲۵۲۹
فرسایش زیاد			۲۵۲۷۰۲۲	
مجموع	۶۵۷۲۶۵	۳۰۶۲۲	۲۶۹۶۳۷۱	۲۸۸۸۱۱۵



شکل (۸): پهنه‌بندی تغییرات زمانی و مکانی در بازه ۳ رودخانه بهمنشیر در مقطع زمانی ۱۹۷۳-۲۰۲۴

Figure (8): Zoning of temporal and spatial changes in the Bahmashir River Interval 3 during the period 1973-2024



شکل (۹): نمودار میزان تغییرات فرسایش و رسوبگذاری در بازه ۳

Figure (9): Diagram of changes in erosion and sedimentation in period 3

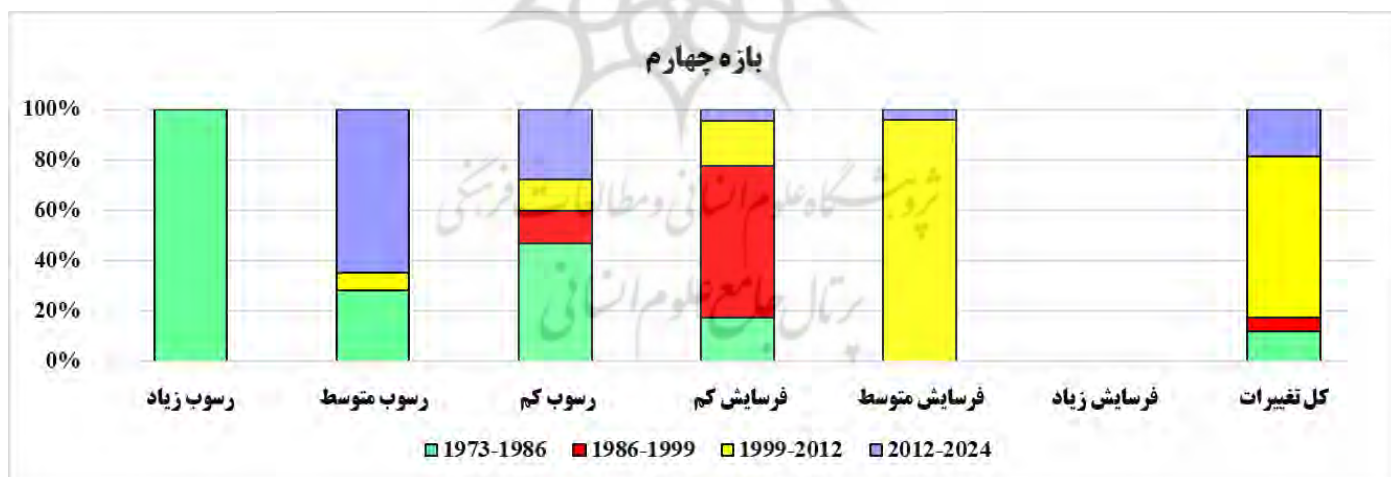
بازه ۴:

این بازه از نوع سینوسی می‌باشد. همانطور که شکل (۱۱) نشان می‌دهد رسوبگذاری در تمامی کناره رودخانه رخ داده و همین امر سبب کاهش عرض رودخانه شده است. کناره شرقی رودخانه دچار رسوبگذاری و کناره غربی رودخانه دچار فرسایش شده است. بیشترین تغییرات در این بازه به مانند بازه ۱ در مقطع زمانی ۱۹۸۶-۱۹۹۹ رخ داده است که توأم با رسوبگذاری زیاد بوده است. در این بازه به مانند بازه ۲ فرسایش زیاد رخ نداده است. صد درصد رسوب زیاد در دوره زمانی ۱۹۷۳-۱۹۸۶ رخ داده است. شصت و دو درصد رسوب متوسط در ۲۰۱۲-۱۹۹۹، هشت درصد آن در ۱۹۸۶-۱۹۹۹، سی درصد در ۱۹۷۳-۱۹۸۶، رسوب کم چهل و هفت درصد در ۱۹۸۶-۱۹۷۳، ده درصد آن در ۱۹۸۶-۱۹۹۹، سی درصد در ۲۰۱۲-۱۹۹۹ و سیزده درصد در ۲۰۲۴-۲۰۱۲، فرسایش کم هیجده درصد در ۱۹۷۳-۱۹۸۶، بیست درصد آن در ۱۹۸۶-۱۹۹۹، چهار درصد در ۲۰۱۲-۱۹۹۹ و شصت درصد در ۲۰۲۴-۲۰۱۲، فرسایش متوسط نود و هفت درصد آن در ۱۹۸۶-۱۹۹۹ و سه درصد در ۲۰۱۲-۲۰۲۴ رخ داده‌اند.

جدول (۵): میزان رسوب و فرسایش در بازه چهارم در دوره زمانی ۱۹۷۳-۲۰۲۳

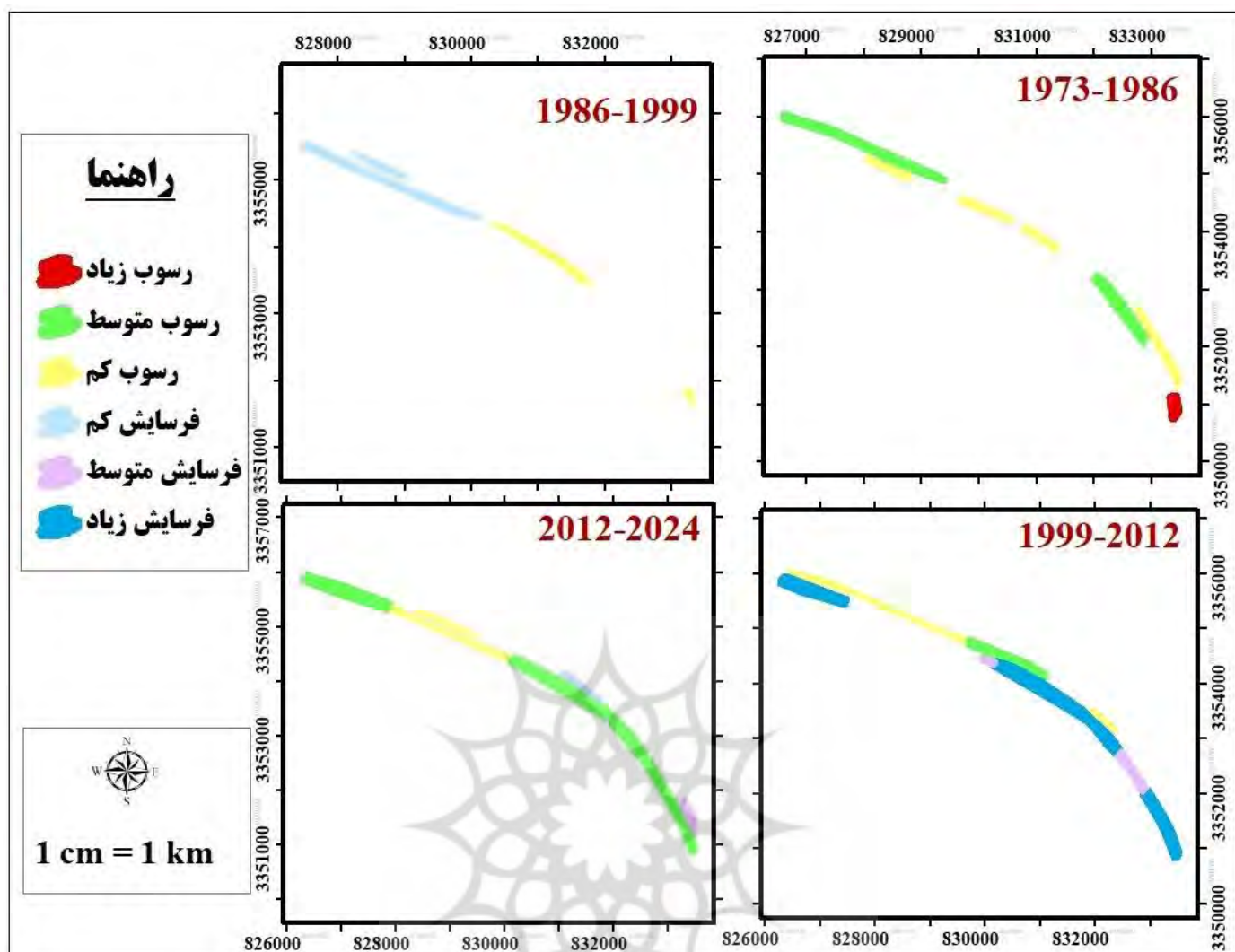
Table (5): Sediment and erosion rates in the Fourth period in the period 1973-2023

طبقه	۱۹۷۳-۱۹۸۶	۱۹۸۶-۱۹۹۹	۱۹۹۹-۲۰۱۲	۲۰۱۲-۲۰۲۴
رسوب زیاد	۲۶۵۶۹			
رسوب متوسط	۲۷۶۷۱۰		۶۴۷۹۰	۶۳۲۸۵۰
رسوب کم		۵۵۹۹۴	۵۴۹۷۵	۱۲۲۰۵۳
فرسایش کم	۲۰۶۸۴۹	۱۶۲۶۵۲	۴۸۰۴۰۷	۱۲۰۳۲
فرسایش متوسط			۴۷۶۰۸	۱۹۹۱۱
فرسایش زیاد				
مجموع	۵۱۰۱۳۰	۲۱۸۶۴۷	۶۴۷۷۸۱	۷۸۶۸۴۸



شکل (۱۰): نمودار میزان تغییرات فرسایش و رسوبگذاری در بازه ۴

Figure (10): Diagram of changes in erosion and sedimentation in period 4



شکل (۱۱): پهنه‌بندی تغییرات زمانی و مکانی در بازه ۴ رودخانه بهمنشیر در مقطع زمانی ۱۹۷۳-۲۰۲۴

Figure (11): Zoning of temporal and spatial changes in the Bahmanshir River Interval 4 during the period 1973-2024

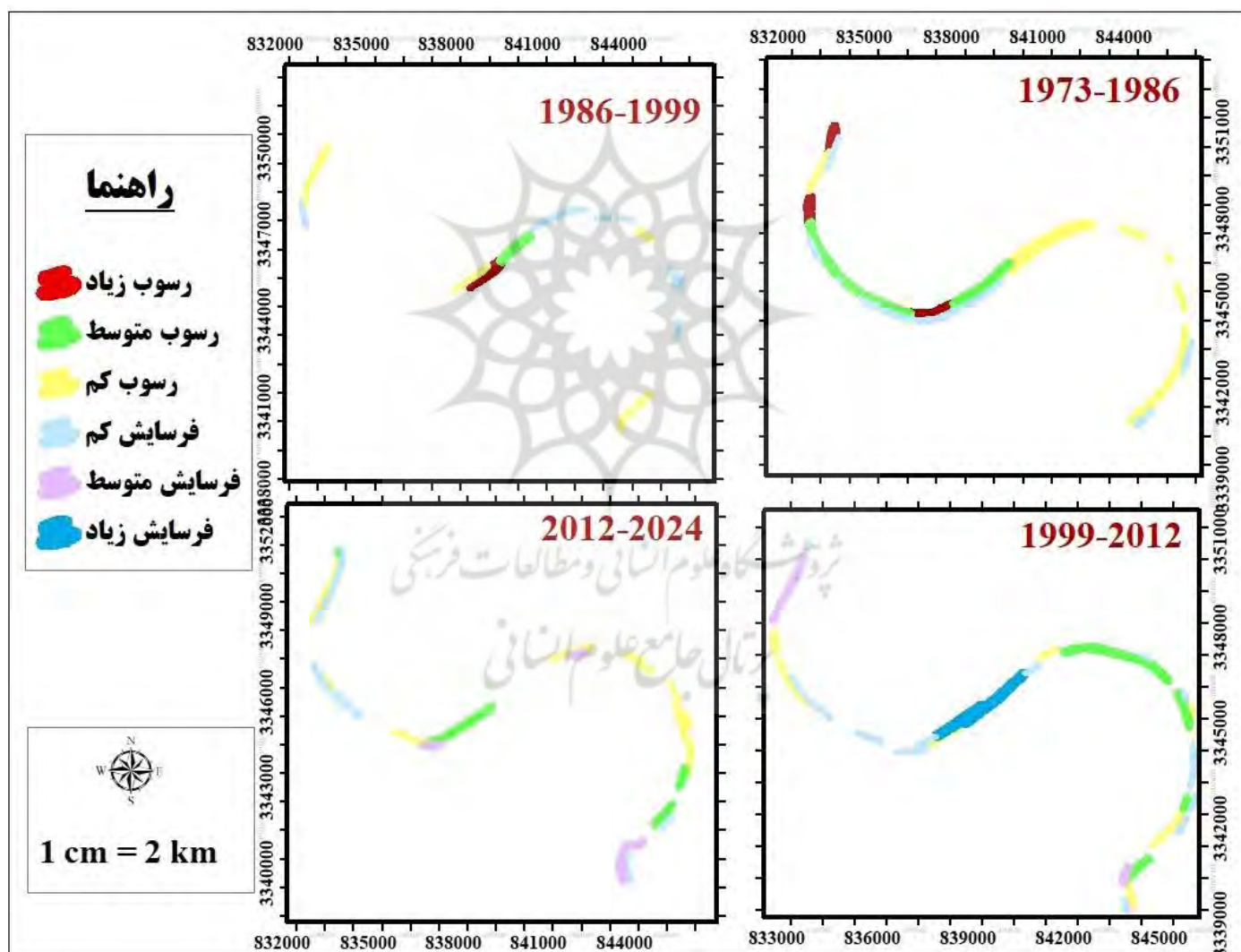
بازه ۵:

این بازه از نوع پیچانرود شدید می‌باشد شهر چوئیده در مجاورت این بازه قرار دارد. شکل (۱۳) نمودار میزان تغییرات فرسایش و رسوبگذاری در بازه ۵ را نشان می‌دهد. بیشترین تغییرات در این بازه در مقطع زمانی ۱۹۷۳-۱۹۸۶ رخ داده است. صد درصد فرسایش زیاد در دوره زمانی ۱۹۸۶-۱۹۹۹ رخ داده است. رسوب زیاد چهل و هفت درصد در ۱۹۷۳-۱۹۸۶، ده درصد آن در ۱۹۸۶-۱۹۹۹، سی درصد در ۱۹۹۹-۲۰۱۲ و سیزده درصد در ۲۰۱۲-۲۰۲۴، شصت و دو درصد رسوب متوسط در ۲۰۱۲-۱۹۹۹، هشت درصد آن در ۱۹۸۶-۱۹۹۹، سی درصد در ۱۹۸۶-۱۹۷۳، رسوب کم چهل و هفت درصد در ۱۹۷۳-۱۹۸۶، ده درصد آن در ۱۹۸۶-۱۹۹۹، سی درصد در ۱۹۹۹-۲۰۱۲ و سیزده درصد در ۲۰۱۲-۲۰۲۴، فرسایش کم هیجده درصد در ۱۹۷۳-۱۹۸۶، بیست درصد آن در ۱۹۸۶-۱۹۹۹، چهار درصد در ۱۹۹۹-۲۰۱۲ و شصت درصد در ۲۰۱۲-۲۰۲۴، فرسایش متوسط نود و هفت درصد آن در ۱۹۸۶-۱۹۹۹ و سه درصد در ۲۰۱۲-۲۰۲۴ رخ داده‌اند.

جدول (۶): میزان رسوب و فرسایش در بازه پنجم در دوره زمانی ۱۹۷۳-۲۰۲۳

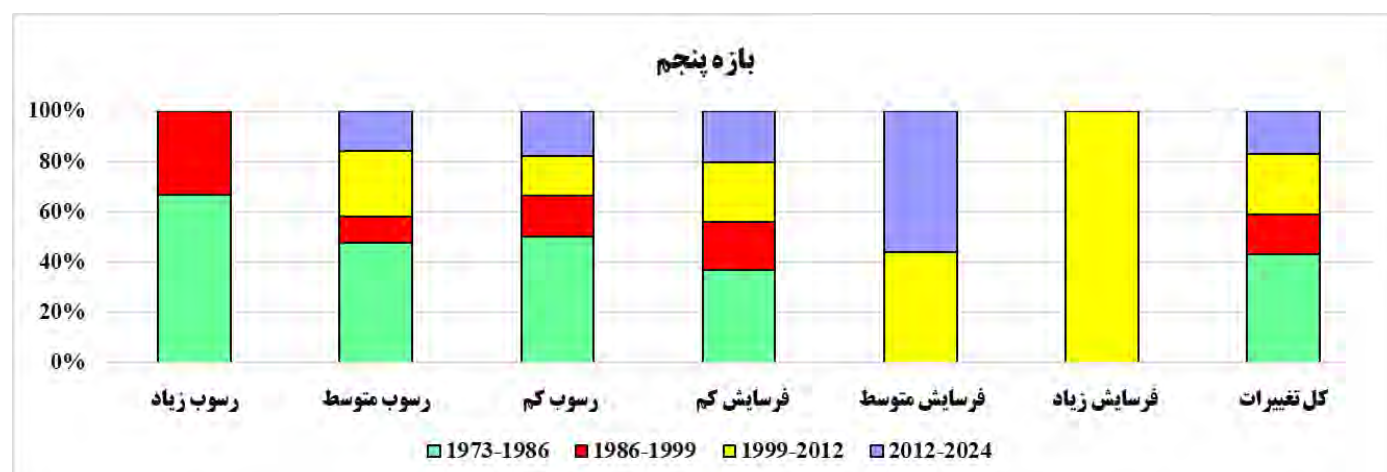
Table (6): Sediment and erosion rates in the Fifth period in the period 1973-2023

طبقه	۱۹۷۳-۱۹۸۶	۱۹۸۶-۱۹۹۹	۱۹۹۹-۲۰۱۲	۲۰۱۲-۲۰۲۴
رسوب زیاد	۵۲۲۴۵۱	۱۶۳۴۸۲	۲۹۲۳۸۸	
رسوب متوسط	۲۷۶۷۱۰	۱۱۵۹۹۲	۲۸۷۰۷۰	۱۷۲۰۵۰
رسوب کم		۲۲۹۰۹۹	۲۲۳۰۶۴	۲۵۲۳۲۰
فرسایش کم	۳۴۹۱۰۵	۱۷۹۳۶۰	۱۲۰۳۲	۱۹۳۵۶۱
فرسایش متوسط			۱۰۲۱۳۰	۱۲۹۲۷۴
فرسایش زیاد			۴۸۰۴۰۷	
مجموع	۱۹۱۱۶۵۶	۶۸۷۹۳۵	۱۰۶۶۴۵۶	۷۴۷۲۰۷



شکل (۱۲): پهنه‌بندی تغییرات زمانی و مکانی در بازه ۵ رودخانه بهمنشیر در مقطع زمانی ۱۹۷۳-۲۰۲۴

Figure (12): Zoning of temporal and spatial changes in the Bahmanshir River Interval 5 during the period 1973-2024



شکل (۱۳): نمودار میزان تغییرات فرسایش و رسوبگذاری در بازه ۵
Figure (13): Diagram of changes in erosion and sedimentation in period 5

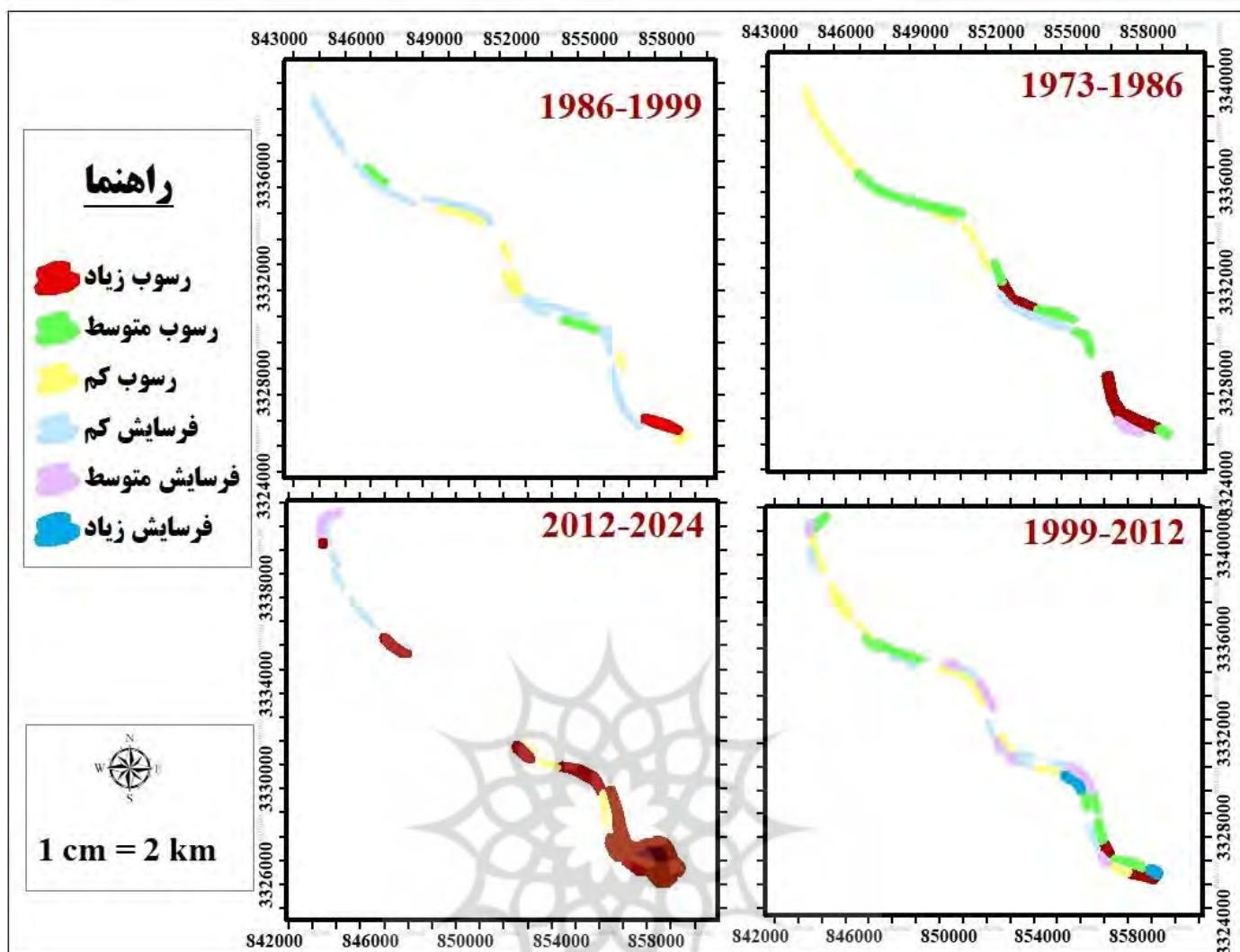
بازه ۶:

این بازه از نوع پیچانرود می باشد. براساس شکل (۱۵) و جدول (۷) بیشترین تغییرات در این بازه در مقطع زمانی ۲۰۱۲-۲۰۲۴ رخ داده است. صد درصد فرسایش زیاد در دوره زمانی ۲۰۱۲-۱۹۹۹ رخ داده است. رسوب زیاد پنجاه و پنج درصد در ۱۹۸۶-۱۹۷۳، ده درصد آن در ۱۹۹۹-۱۹۸۶ و سی و پنج درصد در ۲۰۱۲-۲۰۲۴، رسوب متوسط شصت درصد در ۱۹۸۶-۱۹۷۳، ده درصد آن در ۱۹۹۹-۱۹۸۶ و سی درصد در ۲۰۱۲-۱۹۹۹، رسوب کم سی و پنج درصد در ۱۹۸۶-۱۹۷۳، سی و یک درصد آن در ۱۹۹۹-۱۹۸۶، بیست و چهار درصد در ۲۰۱۲-۱۹۹۹ و ده درصد در ۲۰۱۲-۲۰۲۴، فرسایش کم هیجده درصد در ۱۹۸۶-۱۹۷۳، پنجاه و پنج درصد آن در ۱۹۹۹-۱۹۸۶، بیست و دو درصد در ۲۰۱۲-۱۹۹۹ و پنج درصد در ۲۰۱۲-۲۰۲۴، فرسایش متوسط بیست و نه درصد در ۱۹۸۶-۱۹۷۳، سی و دو درصد آن در ۱۹۹۹-۲۰۱۲ و سی و نه درصد در ۲۰۱۲-۲۰۲۴ رخ داده اند.

جدول (۷): میزان رسوب و فرسایش در بازه ششم در دوره زمانی ۱۹۷۳-۲۰۲۳

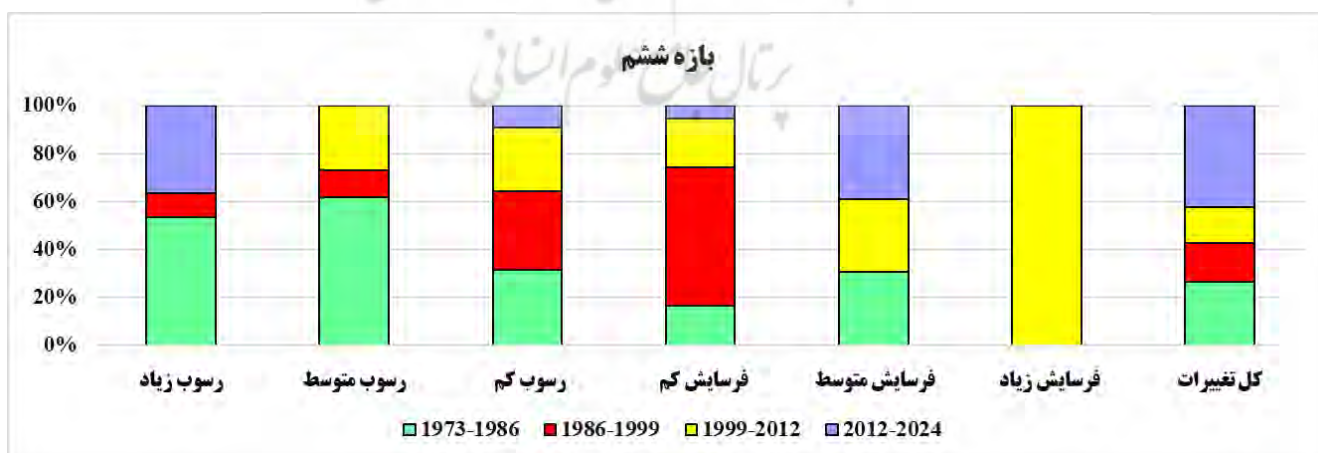
Table (6): Sediment and erosion rates in the Sixth period in the period 1973-2023

۲۰۱۲-۲۰۲۴	۱۹۹۹-۲۰۱۲	۱۹۸۶-۱۹۹۹	۱۹۷۳-۱۹۸۶	طبقه
۴۸۸۳۸۸	۱۷۵۲۹۲	۱۳۵۷۶۰	۷۱۶۷۲۷	رسوب زیاد
	۲۷۶۵۱۴	۱۱۹۲۳۵	۶۶۰۳۷۹	رسوب متوسط
۷۸۱۹۰	۲۶۲۵۰۳	۲۷۹۳۹۲	۲۶۷۱۱۶	رسوب کم
۶۰۱۳۴	۱۵۵۰۸۹	۶۳۲۷۶۰	۱۸۳۹۰۶	فرسایش کم
۱۳۳۵۱۴	۲۴۹۶۶۷		۱۰۵۳۵۵	فرسایش متوسط
	۱۵۰۸۱۰			فرسایش زیاد
۳۰۷۸۴۵۸	۱۲۶۹۸۷۷	۱۱۶۷۱۴۹	۱۹۳۳۴۸۵	مجموع



شکل (۱۴): پهنه‌بندی تغییرات زمانی و مکانی در بازه ۶ رودخانه بهمنشیر در مقطع زمانی ۱۹۷۳-۲۰۲۴

Figure (14): Zoning of temporal and spatial changes in the Bahmanshir River Interval 6 during the period 1973-2024



شکل (۱۵): نمودار میزان تغییرات فرسایش و رسوبگذاری در بازه ۶

Figure (15): Diagram of changes in erosion and sedimentation in period 6

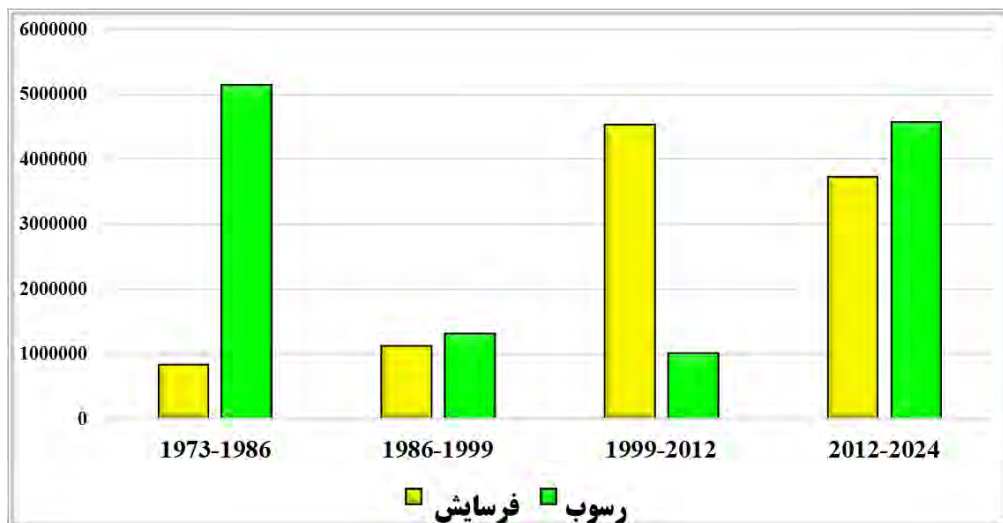


شکل (۱۶): تصاویری از رودخانه بهمن شیر
Figure (16): Pictures of the Bahmanshir River

بحث

شکل (۱۷) نمودار میزان تغییرات فرسایش و رسوبگذاری در بازه زمانی ۱۹۷۳-۲۰۲۴ در رودخانه بهمنشیر را نشان می‌دهد. بدین ترتیب در تمامی دوره‌ها به جز بازه زمانی ۱۹۹۹-۲۰۱۲ میزان رسوبگذاری بر میزان فرسایش برتری داشته است. این نتایج با نتایج تحقیق

حسینی و طباطبائی (۱۳۹۹) مطابقت دارد. از آنجا که در بررسی مطالعات آن‌ها نتایج نشان داد مناطق رسوبگذاری بر مناطق فرسایشی برتری دارد.



شکل (۱۷): نمودار میزان تغییرات فرسایش و رسوبگذاری در بازه زمانی ۱۹۷۳-۲۰۲۴ در رودخانه بهمنشیر

Figure (17): Diagram of changes in erosion and sedimentation in the Bahmanshir River during the period 1973-2024

همچنین نتایج نشان داد در هر چهار دوره زمانی با وجود تغییرات جانبی رودخانه (فرسایش کناری) به شکل فرسایش و رسوبگذاری، از نظر عمق بستر نیز رودخانه تغییرات داشته است. به عبارت دیگر، عمل حفر و رسوبگذاری در بستر رودخانه نیز انجام شده است. که با نتایج تحقیق شرفی و همکاران (۱۳۹۸) و اشمور (۲۰۲۳): و برتولدی و همکاران (۲۰۱۹) مطابقت دارد. با توجه به برتری رسوبگذاری در منطقه عرض رودخانه کاهش یافته است که با نتایج تحقیق شریفی پیچون و پرنون (۱۳۹۵)، هوهنسنیرو همکاران (۲۰۱۴) و نیتروئر و ویپارلی (۲۰۲۴) مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری

هدف از این پژوهش پهنه‌بندی تغییرات مکانی و زمانی رودخانه بهمنشیر در بازه زمانی ۱۹۷۳ تا ۲۰۲۴ بوده است. رودخانه بهمنشیر به عنوان شاخه فرعی از رودخانه کارون می‌باشد، شمال آبادان از کارون جدا شده و با ایجاد ۶ بازه در طول مسیر خود، در نهایت به خلیج فارس می‌ریزد. این مسیر در بازه زمانی مورد مطالعه به لحاظ تغییرات پیچانرودی و در مقایسه با نقشه‌های توپوگرافی، جابه‌جایی‌های چشم‌گیری نداشته است. نکته قابل توجه در این بخش، برتری رسوبگذاری بر فرسایش در بازه زمانی مورد مطالعه می‌باشد. مهمترین دلیل این امر بالا بودن حجم رسوبات نهشته شده در این منطقه، به عنوان نقطه پایانی مصب رودخانه، می‌باشد. تخلیه حجم عظیمی از رسوبات در این بازه زمانی کوتاه مدت، کم شدن شیب رودخانه، ریزتر شدن مواد بستر، کم شدن ظرفیت حمل رسوب، شرایط افزایش سطح خشکی و نمود دو پیچان رود در بخش جنوبی منطقه سبب این امر شده است. کاهش را می‌توان به نسبت داد. بیشترین تغییرات در بازه اول در مقطع زمانی ۱۹۹۹-۲۰۱۲، در بازه دوم، چهارم و پنجم در مقطع زمانی ۱۹۸۶-۱۹۷۳، در بازه سوم و پنجم در مقطع زمانی ۲۰۱۲-۲۰۲۴ رخ داده است. بدین ترتیب براساس نتایج به دست آمده در تمامی دوره‌های زمانی به جز دوره ۱۹۹۹-۲۰۱۲ در منطقه مورد مطالعه رسوبگذاری بر فرسایش برتری داشته است و تنها در بازه اول فرسایش بیشتر رسوبگذاری رخ داده است. بازه اول در قسمت شمالی منطقه واقع شده است. از همین مسئله می‌توان نتیجه گرفت که در قسمت‌های جنوبی منطقه میزان نهشته گذاری بیشتر به وقوع پیوسته است. فرسایش زیاد در تمامی بازه‌ها در دوره زمانی ۱۹۹۹-۲۰۱۲ رخ داده است به خصوص در بازه سه که در این دوره سبب به وجود آمده فرسایش زیادی در قسمت غربی رودخانه شده است. فرسایش زیاد در دوره ۱۹۸۶-۱۹۷۳ و

۲۰۱۲-۲۰۲۴ در تمامی بازه‌ها بیشتر رخ داده است. از نکات قابل تأمل این می‌باشد که در بازه سه در دوره زمانی ۱۹۸۶-۱۹۹۹ میزات تغییرات بسیار کم بوده است و تنها در قسمت شمالی بازه فرسایش کم و رسوب بسیار کمی بوجود آمده است. رودخانه بهمنشیر در یک منطقه کم‌شیب و آبرفتی جریان دارد. نتایج تحقیق برای بازه‌های مختلف در دوره مطالعاتی حاکی از تمایل رودخانه به افزایش رسوب‌گذاری و کاهش فرسایش می‌باشد. از روش مورد مطالعه در این تحقیق می‌توان در رودخانه‌ها دیگر در سایر مناطق نیز استفاده نمود و میزان تغییرات مکانی - زمانی رودخانه‌ها را برای برنامه‌ریزی‌های کاربردی بهره برد. نتایج این تحقیق می‌تواند به شناسایی مناطقی که ممکن است به توجه ویژه در استراتژی‌های مدیریت کاربری و تعیین حریم رودخانه نیاز داشته باشند کمک کند. مجموع این یافته‌ها، می‌تواند سیاست‌ها و استراتژی‌هایی را با هدف حفظ و مدیریت مؤثر رودخانه و اراضی آن ارائه کند.

References

1. Arkesteijn, L., Blom, A., Czapiga, M.J., Chavarrias, V., & Labeur, R.J. (2019). The quasiequilibrium longitudinal profile in backwater reaches of the engineered alluvial river: a space-marching method. *J. Geophys. Res. Earth Surf.* 124(12), 1-12.
2. Ashmore, C., Fu, X., Wang, G., & Parker, G. (2017). Effect of grain sorting on gravel bed river evolution subject to cycled hydrographs: bed load sheets and breakdown of the hydrograph boundary layer. *J. Geophys. Res. Earth Surf.* 122(34), 1513-1533.
3. Bertoldi, A., (2016). Bed degradation in the Rhine River. URL. <https://flowsplatform.nl/#/bed-degradation-in-the-rhine-river-1479821439344>.
4. Blom, A., Arkesteijn, L., Chavarrias, V., & Viparelli, E. (2017). The equilibrium alluvial river under variable flow and its channel-forming discharge. *J. Geophys. Res. Earth Surf.* 122(47), 1924-1948.
5. Buffington, J.M., (2022). Changes in channel morphology over human time scales. In: Church, M., Biron, P.M., Roy, A.G. (Eds.), *Gravel-Bed Rivers: Processes, Tools, Environments*. Wiley, Chichester, UK, 14(4), 435-463.
6. Church, P., & Lamb, M.P. (2015). Sediment transport and topographic evolution of a coupled river and river plume system: an experimental and numerical study. *J. Geophys. Res. Earth Surf.* 119(34), 1263-1282.
7. Charlton, V., Blom, A., Orrú, C., Martín-Vide, J.P., & Viparelli, E. (2018). A sand-gravel gilbertdelta subject to base level change. *J. Geophys. Res. Earth Surf.* 123(89), 1160-1179.
8. Esmaili, R., & Nourizadeh Nashli, N. (2024), Evaluation of morphological changes in the Haraz River due to human pressures within the city of Amol, Mazandaran, *Journal of Hydrogeomorphology*, 11(40), 40-57. (in Persian)
9. Feurer, R.M., Hillebrand, G., Gehres, N., Banhold, K., Schriever, S., & Hoffmann, T. (2018). From source to mouth: basin-scale morphodynamics of the Rhine River. *Earth Sci. Rev.* 196(43), 102830
10. Gilbert, G.K., (1877). Report on the Geology of the Henry Mountains. Technical Report. URL. U.S. Government Printing Office, Washington, D. C.
11. Gregory, K.J. (2006). The human role in changing river channels. *Geomorphology*, 79(13), 172-191.
12. Havinga, H., (2020). Towards sustainable river management of the Dutch Rhine River. *Water* 12(10), 18-27.
13. Habersack, H., Hein, H., Stanica, A., Liska, I., Mair, R., Jager, E., Hauer, C., & Bradley, C., (2016). Challenges of river basin management: current status of, and prospects for, the river Danube from a river engineering perspective. *Sci. Total Environ.* 543(43), 828-845
14. Hohensinner, S., Habersack, H., Jungwirth, M., & Zauner, G., (2020). Reconstruction of the characteristics of a natural alluvial river-floodplain system and hydromorphological changes following human modifications: the Danube River (1812-1991). *River Res. Appl.* 20(3), 25-41
15. Hosseini, A., & Tabatabaei, M. (2020), Detecting changes in river morphology using aerial photographs and multi-temporal satellite images (case study of a part of the Ghezel Ozan River from

- Pircham village to Gilvan village), Watershed Management Research Journal, 11(21), 186-201. (in Persian)
16. Lane, E.W. (2024). The importance of fluvial morphology in hydraulic engineering. *Proc. Am. Soc. Civ. Eng.* 81(4), 1-17.
 17. Mackin, J.H., (1948). Concept of the graded river. *Geol. Soc. Am. Bull.* 59, 463-512.
 18. Marcus, J.A., & Fonstad, E., (2024). Sand as a stable and sustainable resource for nourishing the Mississippi River delta. *Nat. Geosci.* 7(5), 350-354.
 19. Murray, C.J., & Paola, A. (2014). The complexity of gravel bed river topography examined with gradual wavelet reconstruction. *J. Geophys. Res. Earth Surf.* 119(45), 682-700
 20. Mostafizadeh, R., Esfandiari, F., Naseri, A., Ebiat, A., Adhami, A. (2023), Determining the fractal pattern in a section of the Gharezu River in Ardabil Province, *Journal of Hydrogeomorphology*, 10(37), 81-97. (in Persian)
 21. Nicolleau, F., & Vassilicos, J.C. (2024). Wavelets for the study of intermittency and its topology. *Philos. Trans. R. Soc. Lond.* 357(123), 2439-2457.
 22. Quang Nguyen, A., Kirby, J.F., & Swain, C.J. (2013). Power spectral estimates using two-dimensional morletfan wavelets with emphasis on the long wavelengths: jackknife errors, bandwidth resolution and orthogonality properties. *Geophys. J. Int.* 194(54), 78-99
 23. Paola, P.Y., Klaassen, G.J., Ten Brinke, W.B.M., & Wilbers, A.W.E. (2022). Equilibrium and time scales in geomorphology: application to sandbed alluvial streams. *J. Hydraul. Eng.* 128(34), 1042-1050.
 24. Pepijn van Denderen, J., Piégay, H., Michalkova, M.S. (2024). Hydro morphological conditions in eighteen restored floodplain channels of a large river: linking patterns to processes. *Freshw. Biol.* 60(56), 1085-1103.
 25. Rahimi, N., Khaleghi, S., & Salehipour, M. (2024), The impact of floods on changes in river morphology: Case study: Sedij River, Hormozgan Province, *Journal of Hydrogeomorphology*, 11(38), 140-161. (in Persian)
 26. Sieben, A., (2019). Sediment management in the Dutch Rhine branches. *Int. J. River Basin Manag.* 17(3), 43-53.
 27. Simons, J.H.E.J., Bakker, C., Schropp, M.H.I., Jans, L.H., Kok, F.R., & Grift, R.E. (2021). Man-made secondary channels along the river Rhine (The Netherlands); results of post-project monitoring. *Regul. Rivers Res. Manag.* 17(8), 473-491
 28. Surian, N., & Rinaldi, M., (2023). Morphological response to river engineering and management in alluvial channels in Italy. *Geomorphology*, 50(29), 307-326
 29. Ten Brinke, W.B.M., (2024). The Dutch Rhine: A Restrained River. Veen Magazines, Diemen, the Netherlands.
 30. Visser, P.J. (2000). Bodemontwikkeling Rijnsysteem: Een verkenning van omvang, oorzaken, toekomstige ontwikkelingen en mogelijke maatregelen. Technical Report. Delft University of Technology, Delft, the Netherlands.
 31. Van Til, K. (1979). De Rijntakken van de bovenrivieren sedert 1600. Technical Report. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat, Directie Bovenrivieren, Arnhem.
 32. Wilbers, A.W.E., & Ten Brinke, W.B.M., (2023). The response of subaqueous dunes to floods in sand and gravel bed reaches of the dutch Rhine. *Sedimentology*, 50(23), 1013-1034.
 33. Yang, M., & Parker, G., (2023). One-dimensional modeling of bed evolution in a gravel bed river subject to a cycled flood hydrograph. *J. Geophys. Res. Earth Surf.* 111(67), 1-12.
 35. Ylla Arbos, C., Blom, A., Van Vuren, S., & Schielen, R.M.J. (2019). Bed Level Change in the Upper Rhine Delta Since 1926 and Rough Extrapolation to 2050. Technical Report. Delft University of Technology, Delft.