

Research Article



Monitoring morphological changes of the Karun River shoreline using multi-temporal satellite imagery (Case study: Ahvaz city, 2006-2016)

Mohammad Sardavii, Mohammad Ebrahim Afifi*

Department of Geography, Faculty of Humanities, Islamic Azad University, Larestan Branch, Fars, Iran.

Corresponding Author email: afifi.ebrahim6353@gmail.com

© The Author (s) 2025

Received: 30 Jan 2025

Revised: 15 Mar 2025

Accepted: 27 May 2025

Published: 13 Jun 2025

Extended Abstract

Introduction

The Karun River, as the longest river in Iran, plays a vital role in the ecosystem and economy of the country's southwestern region. The area around Ahvaz city, due to its high concentration of human activities and unique hydrological conditions, has consistently experienced significant morphological changes. This study aims to monitor changes in the shoreline of the Karun River between 2006 and 2016. Previous research has demonstrated that alterations in river shorelines can profoundly impact the environment, economic activities, and urban infrastructure. In this context, remote sensing technology has been recognized as an effective tool for monitoring changes across various temporal and spatial scales. Combining multi-temporal satellite data with GIS analytical methods, this research provides a detailed examination of morphological changes in the study area.

Materials and Methods

This study utilized satellite imagery from IKONOS, GeoEye, and Sentinel-2A for the years 2006, 2011, and 2016. Processing steps included radiometric and atmospheric corrections using the Dark Subtraction model in ENVI 5.3 software. Image quality was enhanced through the Gram-Schmidt fusion method. Image classification was performed using the Maximum Likelihood algorithm, categorizing pixels into water and non-water classes. Classification accuracy was assessed using overall accuracy and Kappa coefficient metrics. The study area was divided into northern and southern sections, with 551 measurement stations established along the shorelines. Shoreline changes were analyzed using change detection techniques in ArcGIS 10.7.

Results and Discussion

The results indicated classification accuracies of 93.97%, 96.32%, and 91.73% for 2006, 2011, and 2016, respectively, with Kappa coefficients of 0.94, 0.95, and 0.89. The most significant changes were observed in the northern section and the eastern bank, reaching 255.8 meters during 2006–2011. The overall trend showed shoreline retreat, with maximum values of 232 meters in the northern section and 180 meters in the southern section over the ten-year period. Analyses revealed that the eastern bank experienced the most pronounced changes throughout the study period. These changes were primarily attributed to a combination of natural factors (e.g., climate variability and flooding) and anthropogenic influences (e.g., riverside construction and sand mining). The findings of this study align with similar research on other regional rivers. As noted by Khabazi and Abdollahi (2015), human activities play a significant role in riverine morphological changes. This study confirms that the eastern bank of the Karun River has undergone substantial alterations due to higher human activity density. Comparisons with other studies, such as Ahmadzadeh et al. (2021),



suggest that the change patterns in the Karun River resemble those of other major regional rivers. The use of high-resolution satellite imagery, as recommended by Woldesemayat and Genovese (2021), also yielded reliable results in this research.

Conclusion

This study demonstrated that integrating remote sensing data with GIS analytical methods provides a powerful tool for monitoring riverine changes. The results indicate that the Karun River in the Ahvaz region has undergone significant morphological changes, necessitating integrated management strategies. The following recommendations are proposed:

Implementing regulations to control destructive human activities within the river's buffer zone.

Establishing continuous monitoring programs using remote sensing technology.

Restoring the riverine ecosystem through the planting of native vegetation.

Conducting further research on the impact of climate change on river morphology.

This study can serve as a scientific basis for decision-making aimed at preserving the sustainability of the Karun River.

Implementing the proposed measures could mitigate the adverse effects of morphological changes and protect this valuable aquatic ecosystem.

Keywords: Shoreline change, Remote sensing, Karun River, Maximum Likelihood Classification, GIS

Conflicts of interest

The authors of this article declared no conflict of interest regarding the authorship or publication of this article.

Data availability statement

The datasets are available upon a reasonable request to the corresponding author.

Authors' contribution

Mohammad Sardavii: Writing, Methodology, Investigation, Data Collection, Software; **Mohammad Ebrahim Afifi:** Analysis, Supervision, Writing – Review & Editing, Data Curation.

Citation: Sardavii, M., & Afifi, M. I. (2025). Monitoring morphological changes of the Karun River shoreline using multi-temporal satellite imagery (Case study: Ahvaz city, 2006-2016). *Technical Strategies in Water Systems*, 3(1), 21-35. <https://doi.org/10.30486/TSWS.2025.1197637>

Publisher: Islamic Azad University, Isfahan Branch



پایش تغییرات مورفولوژیکی خط ساحلی رودخانه کارون با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چندزمانه (مطالعه موردی: محدوده شهر اهواز، ۲۰۰۶-۲۰۱۶)

محمد ساردویی، محمدابراهیم عفیفی*

گروه جغرافیا، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لارستان، فارس، ایران.

ایمیل نویسنده مسئول: affi.ebrahim6353@gmail.com

© The Author (s) 2025

چاپ: ۱۴۰۴/۰۳/۲۳

پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۰۶

بازنگری: ۱۴۰۳/۱۲/۲۵

دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۰۷

چکیده

رودخانه‌ها سیستم‌هایی بسیار پویا و فعال هستند، تغییر و تحول در آن‌ها به دلیل برخورد دو محیط دینامیک خشکی و آبی، نسبتاً سریع رخ می‌دهد. داده‌های سنجش از دور و تصاویر ماهواره‌ای در دوره‌های مختلف به عنوان یکی از منابع معتبر و نسبتاً دقیق برای بررسی و تفسیر تغییرات خطوط کناره رودخانه‌ها محسوب می‌شوند. این پژوهش با هدف بررسی تغییرات مورفولوژیکی خط ساحلی رودخانه کارون در محدوده شهر اهواز طی دوره ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۶ انجام شد. با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای GeoEye، IKONOS، Sentinel-2A و بکارگیری روش‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، تغییرات خط ساحلی مورد تحلیل قرار گرفت. پس از انجام تصحیحات رادیومتریک و اتمسفری، تصاویر با روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال در دو کلاس پهنه‌های آبی و غیرآبی طبقه‌بندی شدند. دقت طبقه‌بندی با شاخص‌های دقت کلی (۹۳/۹۷٪ تا ۹۶/۳۲٪) و ضریب کاپا (۰/۸۹ تا ۰/۹۵) مورد ارزیابی قرار گرفت که نشان‌دهنده قابلیت بالای روش مورد استفاده بود. نتایج نشان داد که بیشترین تغییرات خط ساحلی در بخش شمالی رودخانه (تا ۲۵۵/۸ متر) و در ساحل شرقی رخ داده است. روند کلی تغییرات در تمامی دوره‌ها به صورت پسروی خط ساحلی بوده که در دوره ده ساله به حداکثر ۲۳۲ متر در بخش شمالی و ۱۸۰ متر در بخش جنوبی رسیده است. این تغییرات که ناشی از ترکیب عوامل طبیعی (اقلیمی و هیدرولوژیکی) و فعالیت‌های انسانی است، تأثیرات قابل توجهی بر ساختارهای زیست‌محیطی و اکولوژیک رودخانه داشته است. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که تلفیق داده‌های سنجش از دور با روش‌های تحلیلی سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌تواند ابزاری کارآمد برای پایش تغییرات رودخانه‌ها و برنامه‌ریزی مدیریت پایدار این منابع ارزشمند فراهم آورد. نتایج این تحقیق می‌تواند مبنای علمی برای تصمیم‌گیری‌های مدیریتی در راستای کاهش اثرات منفی تغییرات مورفولوژیکی رودخانه کارون قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: تغییرات خط ساحلی، سنجش از دور، رودخانه کارون، طبقه‌بندی حداکثر احتمال، سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)

استناد: ساردویی، م.، عفیفی، ا. (۱۴۰۴). پایش تغییرات مورفولوژیکی خط ساحلی رودخانه کارون با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چندزمانه (مطالعه موردی: محدوده شهر اهواز، ۲۰۰۶-۲۰۱۶). راهبردهای فنی در سامانه‌های آبی، ۳(۱): ۲۱-۳۵.

<https://doi.org/10.30486/TSWS.2025.1197637>

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)

۱- مقدمه

رودخانه‌ها به عنوان شاخص‌ترین زیستگاه‌های آب‌های جاری (Afifi & Kolte, 2023) در مقابل آب‌های ساکن مانند دریاچه‌ها و آبگیرها قرار می‌گیرند. با این حال، رودخانه‌ها در طول تاریخ نتوانسته‌اند به اندازه دریاچه‌ها ارزش زیستگاهی خود را به اثبات برسانند و جایگاه مطمئنی در حفاظت محیط زیست کسب کنند (Akter & Mezbah-ul-Islam, 2016). ویژگی‌های منحصربه‌فرد رودخانه‌ها مانند ناآرامی، پویایی ذاتی و گستردگی جغرافیایی آنها از کوهستان‌ها تا دشت‌ها، حفاظت، کنترل و نظارت بر آنها را حتی در مقیاس ملی به چالشی بزرگ تبدیل کرده است (Azkia & Eimani, 2015). با این وجود، رودخانه‌ها شریان‌های حیاتی هر کشور محسوب می‌شوند (Arkhi et al., 2022) و ضرورت حفاظت و بهره‌برداری خردمندانه از آنها نیازی به توجیه ندارد. تغییرات بیوفیزیکی و عملکردی رودخانه‌ها در طول مسیرشان از مبدا تا مقصد، زیستگاه‌های متنوع، منحصربه‌فرد و پیچیده‌ای ایجاد کرده است (Afifi & Kolte, 2023). از سوی دیگر، نواحی ساحلی به دلیل تأثیرپذیری از عوامل انسانی و طبیعی، همواره در حال تغییر هستند. این تغییرات بر خطوط ساحلی تأثیر گذاشته و با گذشت زمان، اثرات منفی بر زندگی انسان، فعالیت‌های انسانی و ارتباطات دریایی می‌گذارند. مناطق دلتایی به عنوان عوارض فیزیکی پویا، تغییرات سریعی را در مقیاس‌های زمانی و مکانی تجربه می‌کنند که می‌تواند منجر به رویدادهای مخاطره‌آمیز شود (Bahadori Amjez et al., 2022). آشکارسازی تغییرات و تهیه نقشه‌های تغییرات رودخانه‌ای از نیازهای اساسی برنامه‌ریزان منطقه‌ای و محیطی محسوب می‌شود. پایش نواحی ساحلی و استخراج خط ساحلی در بازه‌های زمانی مختلف، گامی کلیدی در این فرآیند است. خط ساحلی به عنوان یکی از مهم‌ترین عوارض خطی روی زمین، طبیعت پویای خود را به نمایش می‌گذارد. سیستم‌های ساحلی به دلیل تقابل دو محیط پویای دریا و خشکی، تغییرات سریعی را تجربه می‌کنند (Bahat, 2003).

رودخانه‌ها و آبراهه‌ها سیستم‌هایی کاملاً پویا هستند که الگوی مورفولوژیک آنها به طور مداوم در حال تغییر است. این پویایی منجر به فرسایش کناره‌ای، آسیب به تأسیسات ساحلی و جابه‌جایی مرزها می‌شود (Daniali, 2018). اگرچه عوامل متعددی مانند انحراف آبراهه‌ها، کف‌کنی رودخانه‌ها، تفاوت در سازند بستر و سیل‌خیزی در تغییر الگوی مجاری نقش دارند، اما معمولاً یک یا دو عامل اصلی این تغییرات را کنترل می‌کنند. در این میان، داده‌های سنجنش از دور به عنوان کارآمدترین منبع اطلاعاتی برای بررسی اشکال ساحلی، سطوح جزر و مدی، تغییرات خطوط ساحلی و عمق آب شناخته می‌شوند (Drastikal, 2003). مطالعات متعددی از تکنیک‌های سنجنش از دور و GIS برای پایش تغییرات مورفولوژیکی رودخانه‌ها و خطوط ساحلی استفاده کرده‌اند. (Morshedi et al., 2010) با بررسی تغییرات طولی کارون از شوشتر تا اروند (۱۹۵۵-۲۰۰۷) دریافتند که طول رودخانه و سینوسی‌تی آن افزایش یافته است (۳/۳٪ در ۱۹۹۱، ۳/۶٪ در ۲۰۰۲، ۱/۴٪ در ۲۰۰۷ نسبت به ۱۹۵۵). (Khabazi & Abdollahi, 2015) با ترکیب روش‌های کتابخانه‌ای، میدانی، تصاویر لندست (۲۰۰۰)، نقشه‌های توپوگرافی و تکنیک‌های GIS، چهار مسیر اصلی و چندین مسیر فرعی قدیمی رودخانه کارون را شناسایی کردند. عوامل مؤثر شامل تغییرات سطح اساس، تکنونیک، تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی بودند. (Mansouri, 2021) تأثیر نوسانات دریای خزر بر فرسایش ساحل را با تصاویر لندست بررسی کردند. (Ahmadzadeh et al., 2021) با تحلیل تصاویر ماهواره‌ای (لندست) و نقشه‌های توپوگرافی، کاهش ۳۶۵۳ متری طول رودخانه زهره را تا ۲۰۳۰ پیش‌بینی کردند. قطع‌شدگی کانال‌ها و تهدید اراضی کشاورزی از پیامدهای اصلی بودند. (Rostami Saghez et al., 2021) با Sentinel-1 فرسایش متوسط ۷ متر در سال را در ساحل چالوس- تنکابن شناسایی کردند. (Woldesemayat & Genovese, 2021) دقت بالای تصاویر IKONOS، Sentinel-2 و GeoEye را در پایش تغییرات رودخانه‌ها و گسترش شهری تأیید کردند. (Liu et al., 2021) با طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای، تغییرات پهنه‌های آبی و غیرآبی را تحلیل نمودند. (Shamkhi et al., 2022) با استفاده از Sentinel-2 و IKONOS، جابه‌جایی ۲/۸ تا ۱۲۴/۲ متری خط ساحل کارون (۲۰۰۶-۲۰۱۸) را ثبت کردند. (Afifi & Kolte, 2023) کاهش ۵۱ سانتی‌متری تراز آب (۱۹۹۰-۲۰۲۰)

و پیشروی ۶۳۵۵ متری خط ساحل در گمیش تپه را گزارش دادند. (Saffari et al., 2023) نشان دادند عرض کارون از ۳۶ مقطع (به‌ویژه اطراف اهواز با ۴۵۰ متر کاهش) باریک‌تر شده است. پژوهش‌ها نشان می‌دهند ترکیب تصاویر ماهواره‌ای لندست، Sentinel، IKONOS، GIS و مدل‌های آماری، ابزاری کارآمد برای پایش تغییرات رودخانه‌ها و خطوط ساحلی است. عوامل طبیعی (تکتونیک، اقلیم) و انسانی به‌ویژه در کاهش عرض رودخانه‌ها و فرسایش سواحل نقش کلیدی دارند. این تحقیق با هدف بررسی تغییرات خط ساحلی رودخانه کارون با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در دوره زمانی ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۶ (مطالعه موردی: سطح رودخانه کارون در شهر اهواز) و استخراج و ارزیابی روند خط ساحلی رودخانه با استفاده از داده‌های دورسنجی در دوره ۵ ساله انجام شد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- موقعیت جغرافیایی حوضه مورد مطالعه

حوضه آبریز کارون بین طول ۴۰° ۴۷' تا ۵۵° ۶۲' طول شرقی و عرض‌های ۳۰° ۰۰' و ۳۴° ۰۶' عرض شمالی واقع شده است. حوضه آبریز این رودخانه با وسعت ۶۰۵۰۰ کیلومتر مربع جزئی از حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان است. محدوده‌ی مورد مطالعه در این پژوهش بین عرض ۳۱° شمالی و طول ۴۹° شرقی قرار دارد.

۲-۲- نرم‌افزارهای مورد استفاده

در این پژوهش از نرم‌افزارهای تخصصی مختلفی برای پردازش و تحلیل داده‌ها استفاده شده است. نرم‌افزار ENVI نسخه ۵/۳ برای انجام تصحیحات رادیومتریکی و اتمسفری بر روی تصاویر ماهواره‌ای به کار گرفته شد. از ArcGIS نسخه ۱۰/۷ برای تهیه نقشه‌های خروجی و انجام تحلیل‌های مکانی استفاده گردید. در بخش تحلیل‌های آماری، نرم‌افزار Microsoft Office Excel 2017 مورد استفاده قرار گرفت.

۲-۳- پردازش تصاویر ماهواره‌ای

روش‌های پردازش تصاویر ماهواره‌ای شامل مراحل مختلفی بود. ابتدا تصحیحات هندسی و اتمسفری با استفاده از مدل Dark Subtraction انجام شد. سپس برای بهبود کیفیت تصاویر از روش‌های بارسازی و تلفیق تصاویر به شیوه Gram-Schmit استفاده گردید. مرحله بعد شامل طبقه‌بندی تصاویر با الگوریتم حداکثر احتمال بود. در نهایت، دقت تصاویر طبقه‌بندی شده مورد ارزیابی قرار گرفت. این روش‌ها بر اساس استانداردهای علمی ارائه شده در تحقیق (Taheri et al., 2018) انجام شدند.

۲-۳-۱- تلفیق تصاویر به روش Gram Schmit

در این پژوهش از روش تلفیق تصاویر Gram-Schmidt برای بهبود کیفیت تصاویر ماهواره‌ای استفاده شد. این الگوریتم ابتدا با میانگین‌گیری بین باندهای تصویر چندطیفی، یک باند با قدرت تفکیک مکانی بالا شبیه‌سازی می‌کند. سپس تبدیل Gram-Schmidt روی باندهای تصویر چندطیفی و باند شبیه‌سازی شده اعمال می‌شود. در مرحله بعد، باند پانکروماتیک جایگزین اولین باند تبدیل شده و تبدیل معکوس Gram-Schmidt انجام می‌گیرد که در نهایت منجر به تولید تصویر ادغام‌شده با کیفیت بالا می‌گردد. (Seif al-Dini et al., 2018) پس از تلفیق تصاویر (شکل ۱)، عملیات طبقه‌بندی به روش نظارت‌شده در دو کلاس پهنه‌های آبی و غیرآبی انجام شد. این فرآیند امکان تفکیک دقیق‌تر مناطق آبی از سایر سطوح را فراهم می‌کند (Sirat & Gomarki, 2023) روش مذکور با ارائه نتایج قابل اعتماد، امکان تحلیل بهتر تغییرات در مناطق آبی را برای محققان میسر ساخته است.

۲-۳-۲- طبقه بندی حداکثر احتمال

در این تحقیق از روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال به عنوان یک روش پیکسل‌پایه برای تفکیک پهنه‌های آبی و غیرآبی استفاده شد. ابتدا مناطق آموزشی برای هر دو کلاس (آبی و غیرآبی) مشخص گردید. سپس با بهره‌گیری از قابلیت‌های نرم‌افزار ENVI، عملیات طبقه‌بندی بر روی تصاویر ماهواره‌ای انجام پذیرفت. نتایج این فرآیند منجر به استخراج دقیق مسیر رودخانه در سال‌های ۲۰۰۶، ۲۰۱۱ و ۲۰۱۶ شد (شکل ۲). این روش با تکیه بر الگوریتم‌های آماری پیشرفته، امکان تفکیک و تحلیل تغییرات رودخانه را با دقت بالایی فراهم کرده است.

۲-۳-۳- ارزیابی دقت تصاویر طبقه‌بندی شده

برای ارزیابی دقت تصاویر طبقه‌بندی شده، نتایج حاصل از روش حداکثر احتمال با داده‌های واقعیت زمینی مقایسه شد. دقت طبقه‌بندی از طریق دو شاخص کلیدی یعنی دقت کلی و ضریب کاپا مورد سنجش قرار گرفت. نتایج نشان داد که دقت کلی طبقه‌بندی در سال ۲۰۰۶ به ۹۳/۹۷ درصد، در سال ۲۰۱۱ به ۹۴/۰۶ درصد و در سال ۲۰۱۶ به ۹۰/۹۳ درصد رسیده است. همچنین ضریب کاپا که نشان‌دهنده میزان توافق طبقه‌بندی با واقعیت زمینی است، در سال‌های ۲۰۰۶ و ۲۰۱۱ به ترتیب ۰/۹۳ و در سال ۲۰۱۶ به ۰/۸۹ محاسبه شد. این ارقام حاکی از دقت بالای روش به کار گرفته شده در تفکیک پهنه‌های آبی و غیرآبی است. جزئیات کامل ارزیابی دقت در جدول (۱) ارائه شده است.

۲-۴- بررسی تغییرات مورفولوژیکی خط ساحلی رودخانه کارون

برای بررسی تغییرات مورفولوژیکی خط ساحلی رودخانه کارون، منطقه مورد مطالعه به دو بخش شمالی و جنوبی تقسیم شد (شکل ۳). در این راستا، تعداد ۵۵۱ ایستگاه اندازه‌گیری در امتداد سواحل شرقی و غربی در بخش‌های شمالی و میانی رودخانه تعیین گردید. این ایستگاه‌ها امکان محاسبه دقیق مقادیر جابجایی‌های خط ساحلی را در بازه‌های زمانی مختلف فراهم می‌کنند. پس از استخراج محدوده رودخانه در هر سال، با استفاده از روش شناسایی تغییرات (Change detection)، تغییرات بین سال‌های ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۱، ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۶ و ۲۰۱۶ تا ۲۰۱۶ مورد بررسی قرار گرفت. سپس مقادیر تغییرات برای هر دوره زمانی در ایستگاه‌های بخش شمالی و جنوبی رودخانه، هم در سواحل شرقی و هم غربی محاسبه شد. این نتایج به صورت نقشه‌های تغییرات ارائه شده‌اند که میزان و الگوی تغییرات خط ساحلی را به وضوح نشان می‌دهند (اشکال ۴-۹).

۳- نتایج و بحث

مطالعه حاضر با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به بررسی تغییرات خط ساحلی رودخانه کارون در محدوده شهر اهواز طی دوره ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۶ پرداخته است. نتایج حاصل از این پژوهش نشان‌دهنده تغییرات قابل توجه در مورفولوژی رودخانه در هر دو بخش شمالی و جنوبی می‌باشد.

دوره ۲۰۰۶-۲۰۱۱:

در بخش شمالی، تغییرات خط ساحلی در محدوده ۱ تا ۲۵۵/۸ متر مشاهده شد که بیشترین میزان جابجایی در ساحل شرقی ثبت گردید (شکل ۴). این نتایج با یافته‌های (Khabazi & Abdollahi, 2015) که بر نقش عوامل انسانی در تغییرات رودخانه تأکید داشتند، همخوانی دارد. در بخش جنوبی نیز دامنه تغییرات بین ۱/۴ تا ۱۵۶ متر بود که مجدداً ساحل شرقی بیشترین تغییرات را نشان داد (شکل ۵). این الگو تأییدکننده یافته‌های (Morshedi et al., 2010) در مورد افزایش سینوسی‌تی رودخانه است.

٢٠٠٦

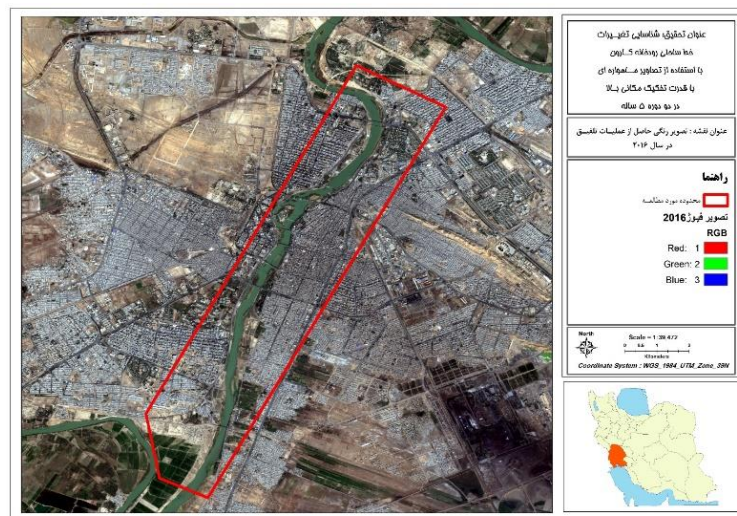


Fig 1. False color composite image

شکل ۲- طبقه بندی رودخانه به روش حداکثر احتمال

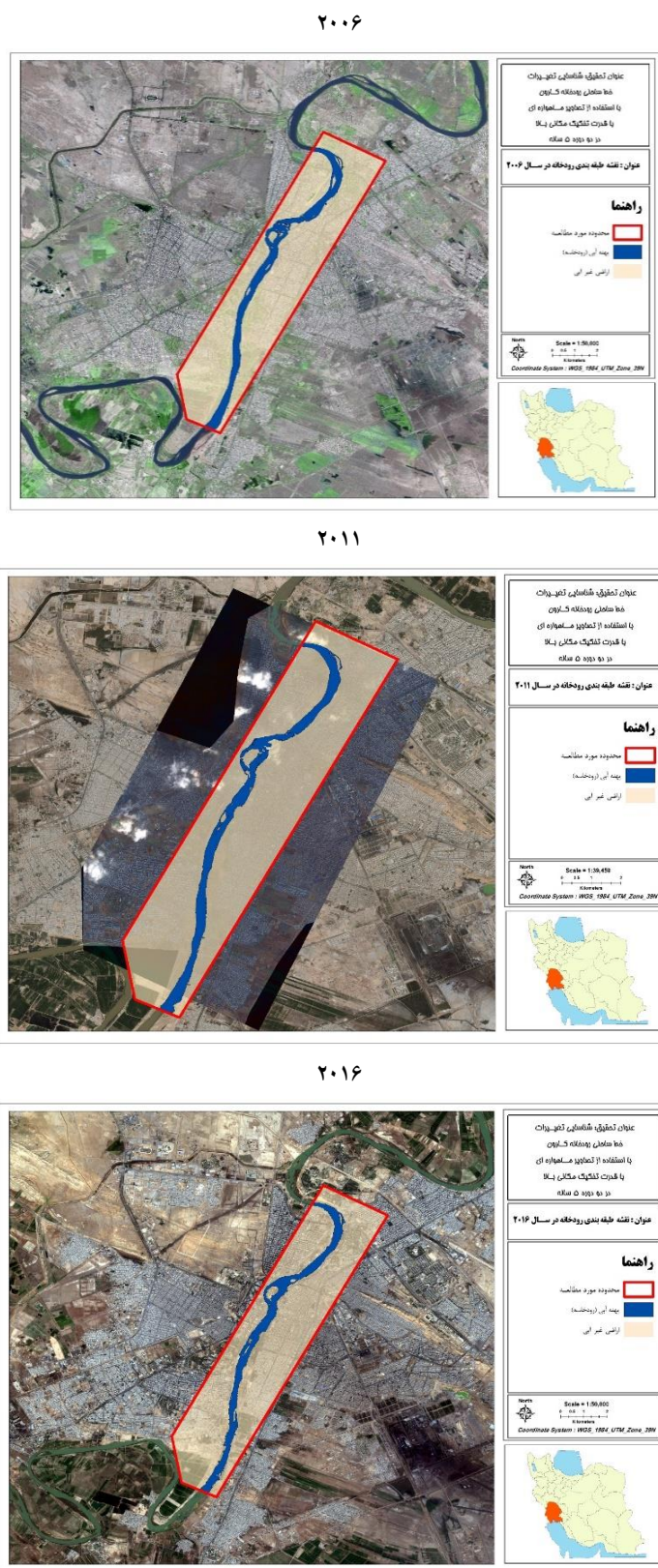


Fig 2. River classification using the Maximum Likelihood method

جدول ۱- دقت کلی و ضریب کاپای محاسبه شده برای تصاویر طبقه‌بندی شده سال‌های ۲۰۰۶، ۲۰۱۱، ۲۰۱۶

Table 1. Overall accuracy and Kappa coefficient calculated for the classified images of 2006, 2011, and 2016

صحت طبقه بندی سال ۲۰۰۶				
Classification	پهنه آبی	پهنه غیر آبی	Total	دقت کاربر
پهنه آبی	۲۴۶	۱۶	۲۶۲	۹۳/۸۹
پهنه غیر آبی	۱۱	۲۷۲	۲۸۳	۹۶/۱۱
توتال	۲۵۷	۲۸۸	۵۴۵	
دقت تولیدکننده	۹۵/۷۲	۹۴/۴۴		
Accuracy	۹۵/۵			
Kappa	۰/۹۴			
صحت طبقه بندی سال ۲۰۱۱				
Classification	پهنه آبی	پهنه غیر آبی	Total	دقت کاربر
پهنه آبی	۲۷۱	۱۶	۲۸۷	۹۴/۴۳
پهنه غیر آبی	۵	۲۷۹	۲۸۴	۹۸/۲۴
توتال	۲۷۶	۲۹۵	۵۷۱	
دقت تولیدکننده	۹۸/۱۹	۹۴/۵۸		
Accuracy	۹۶/۳۲			
Kappa	۰/۹۵			
صحت طبقه بندی سال ۲۰۱۶				
Classification	پهنه آبی	پهنه غیر آبی	Total	دقت کاربر
پهنه آبی	۲۵۰	۲۹	۲۷۹	۸۹/۶۱
پهنه غیر آبی	۱۶	۲۴۹	۲۶۵	۹۳/۹۶
توتال	۲۶۶	۲۷۸	۵۴۴	
دقت تولیدکننده	۹۳/۹۸	۸۹/۵۷		
Accuracy	۹۱/۷۳			
Kappa	۰/۸۹			

شکل ۳- بخش‌های شمالی و جنوبی حوزه رودخانه کارون در محدوده مورد مطالعه

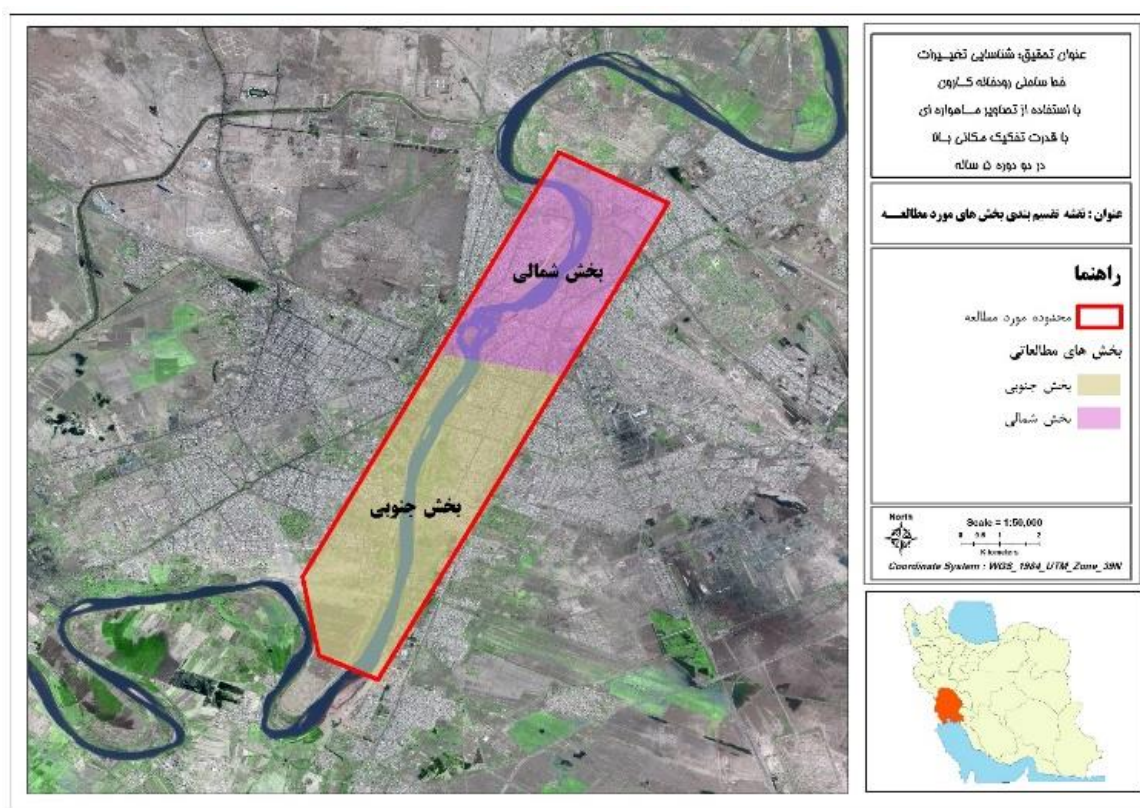


Fig 3. Northern and southern sections of the Karun River basin within the study area

دوره ۲۰۱۱-۲۰۱۶:

تداوم روند تغییرات در این دوره نیز مشهود بود. در بخش شمالی، تغییرات بین ۰/۲۵ تا ۲۱۲/۶ متر (شکل ۶) و در بخش جنوبی بین ۱ تا ۱۷۲ متر (شکل ۷) ثبت شد. این نتایج با پژوهش‌های (Ahmadzadeh et al., 2021) در مورد کاهش طول رودخانه‌ها و (Saffari et al., 2023) در مورد کاهش عرض رودخانه همسو می‌باشد.

دوره ۲۰۰۶-۲۰۱۶ (تحلیل جامع):

بررسی ده ساله نشان داد که در بخش شمالی تغییرات بین ۰/۶۲ تا ۲۳۲ متر (شکل ۸) و در بخش جنوبی بین کمتر از ۱ متر تا ۱۸۰ متر (شکل ۹) بوده است. این یافته‌ها با نتایج (Shamkhi et al., 2022) در مورد جابجایی خطوط ساحلی و (Mansouri, 2021) در مورد تأثیر عوامل طبیعی بر تغییرات مورفولوژیکی همخوانی دارد.

نتایج این پژوهش نشان داد که تغییرات خط ساحلی تحت تأثیر عوامل طبیعی و انسانی قرار داشته و الگوی مشخصی از فرسایش را دنبال می‌کند که با استفاده از روش‌های سنجش از دور به‌خوبی قابل پایش است بطوریکه:

- ساحل شرقی در تمامی دوره‌ها بیشترین تغییرات را تجربه کرده که می‌تواند ناشی از ترکیب عوامل طبیعی (جریان آب) و انسانی (فعالیت‌های ساحلی) باشد.
- الگوی غالب تغییرات به صورت پسروری خط ساحلی بوده که با یافته‌های (Rostami Saghez et al., 2021) در مورد فرسایش ساحلی مطابقت دارد.

- کارایی روش‌های سنجش از دور در پایش تغییرات رودخانه‌ای، همانگونه که (Woldesemayat & Genovese, 2021) اشاره کرده‌اند، در این پژوهش نیز تأیید شد. این پژوهش نشان داد که تلفیق داده‌های ماهواره‌ای با روش‌های تحلیلی GIS می‌تواند ابزار قدرتمندی برای مدیریت و پایش تغییرات رودخانه‌ها فراهم آورد. یافته‌ها می‌تواند مبنای علمی برای برنامه‌ریزی‌های محیطی و مدیریت پایدار رودخانه کارون قرار گیرد.

شکل ۴- تغییرات مورفولوژی خط ساحلی رودخانه کارون در بخش شمالی ۲۰۱۱-۲۰۰۶

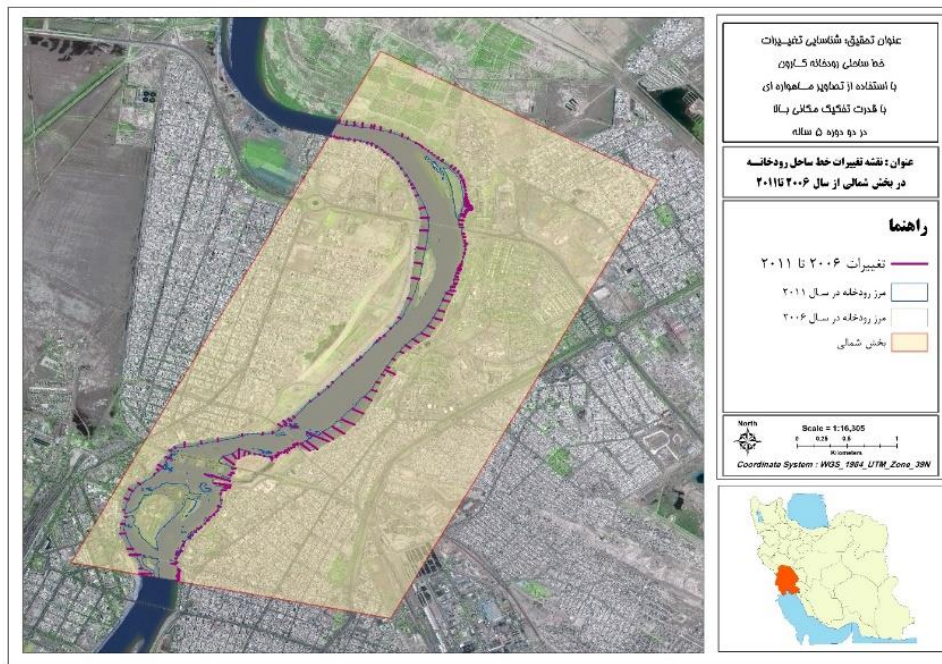


Fig 4. Morphological changes in the shoreline of the Karun River in the northern section (2006-2011)

شکل ۵- تغییرات مورفولوژی خط ساحلی رودخانه کارون در بخش جنوبی ۲۰۱۱-۲۰۰۶

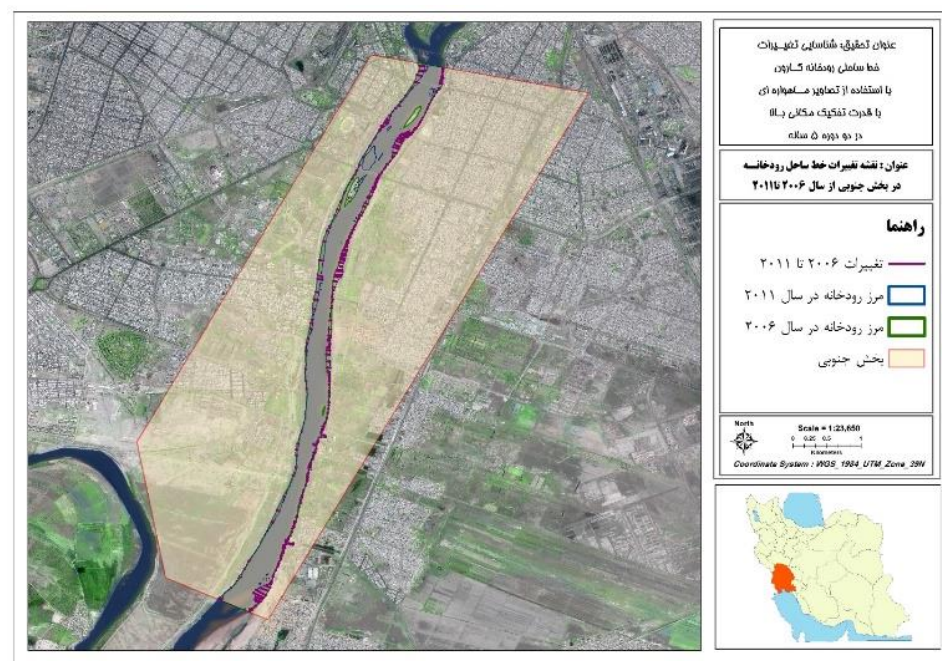


Fig 5. Morphological changes in the shoreline of the Karun River in the southern section (2006-2011)

شکل ۶- تغییرات مورفولوژی خط ساحلی رودخانه کارون در بخش شمالی ۲۰۱۱-۲۰۱۶

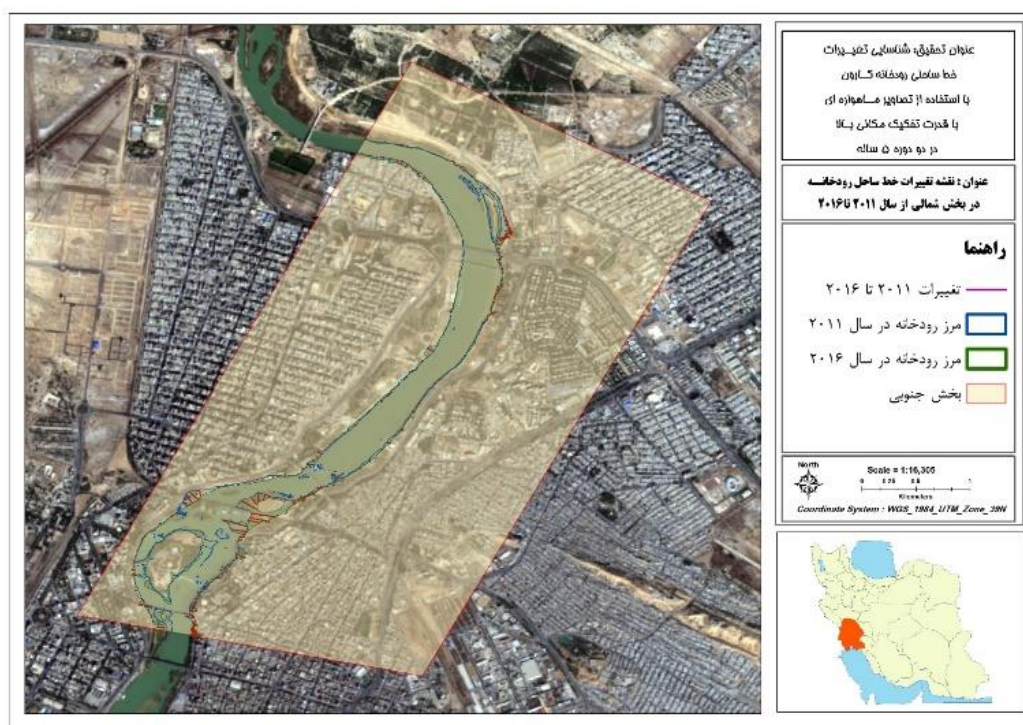


Fig 6. Morphological changes in the shoreline of the Karun River in the northern section (2011-2016)

شکل ۷- تغییرات مورفولوژی خط ساحلی رودخانه کارون در بخش جنوبی ۲۰۱۱-۲۰۱۶

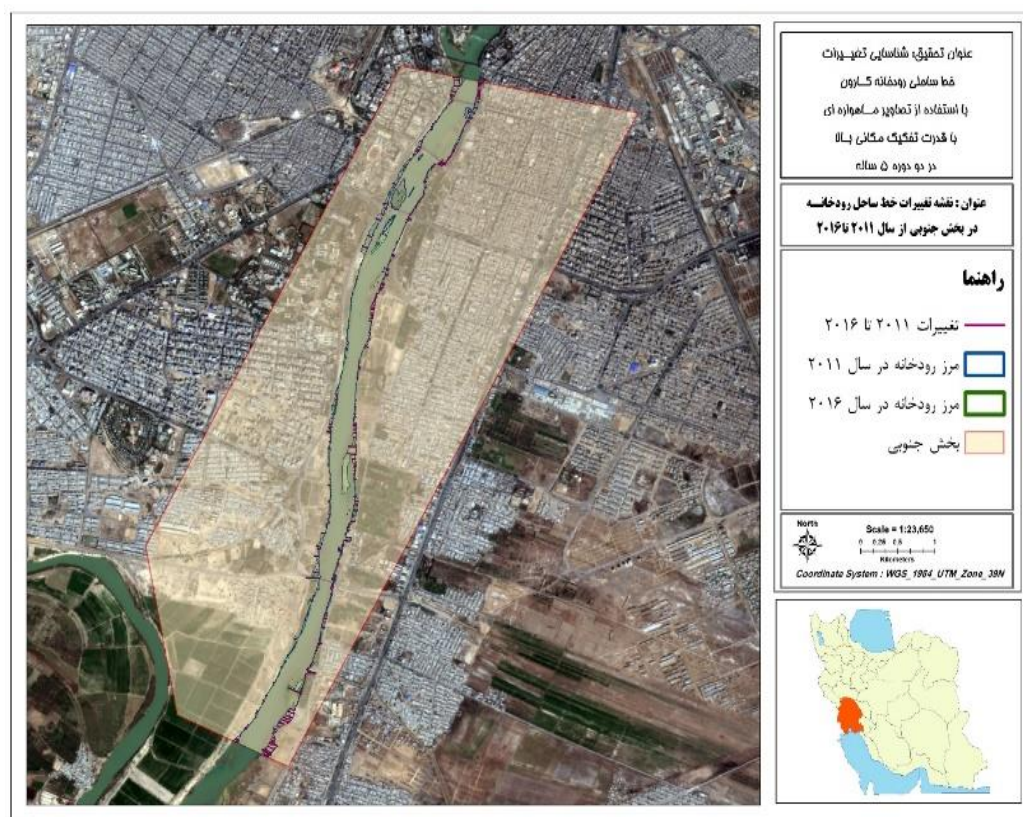


Fig 7. Morphological changes in the shoreline of the Karun River in the southern section (2011-2016)

شکل ۸- تغییرات مورفولوژی خط ساحلی رودخانه کارون در بخش شمالی ۲۰۱۶-۲۰۰۶

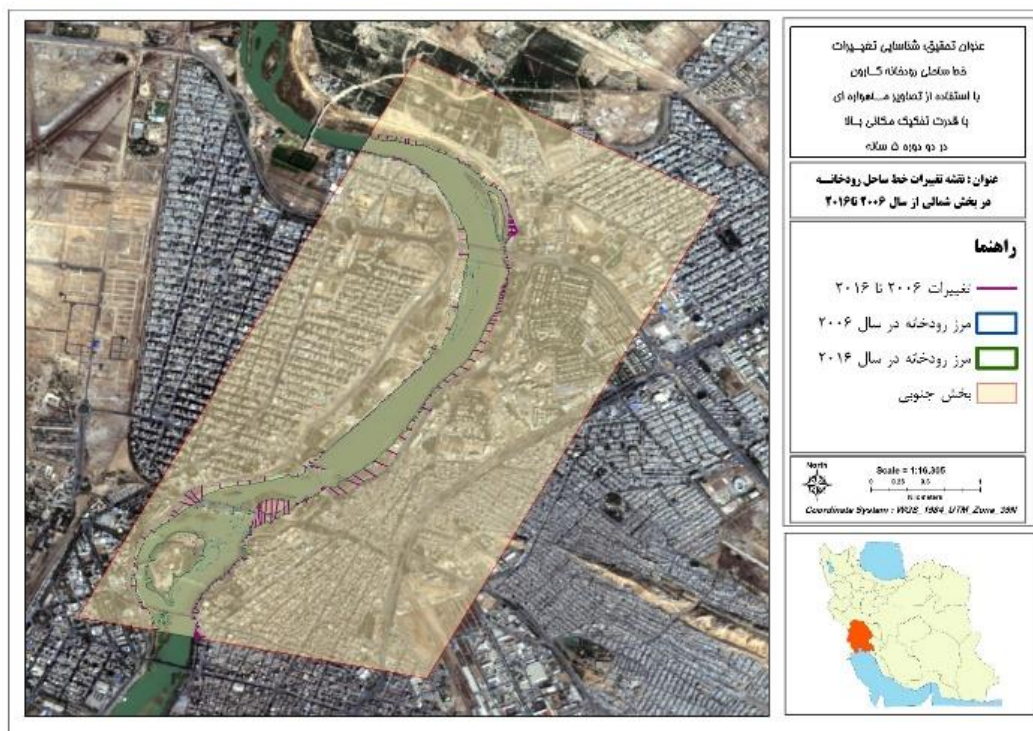


Fig 8. Morphological changes in the shoreline of the Karun River in the northern section (2006-2016)

شکل ۹- تغییرات مورفولوژی خط ساحلی رودخانه کارون در بخش جنوبی ۲۰۱۶-۲۰۰۶

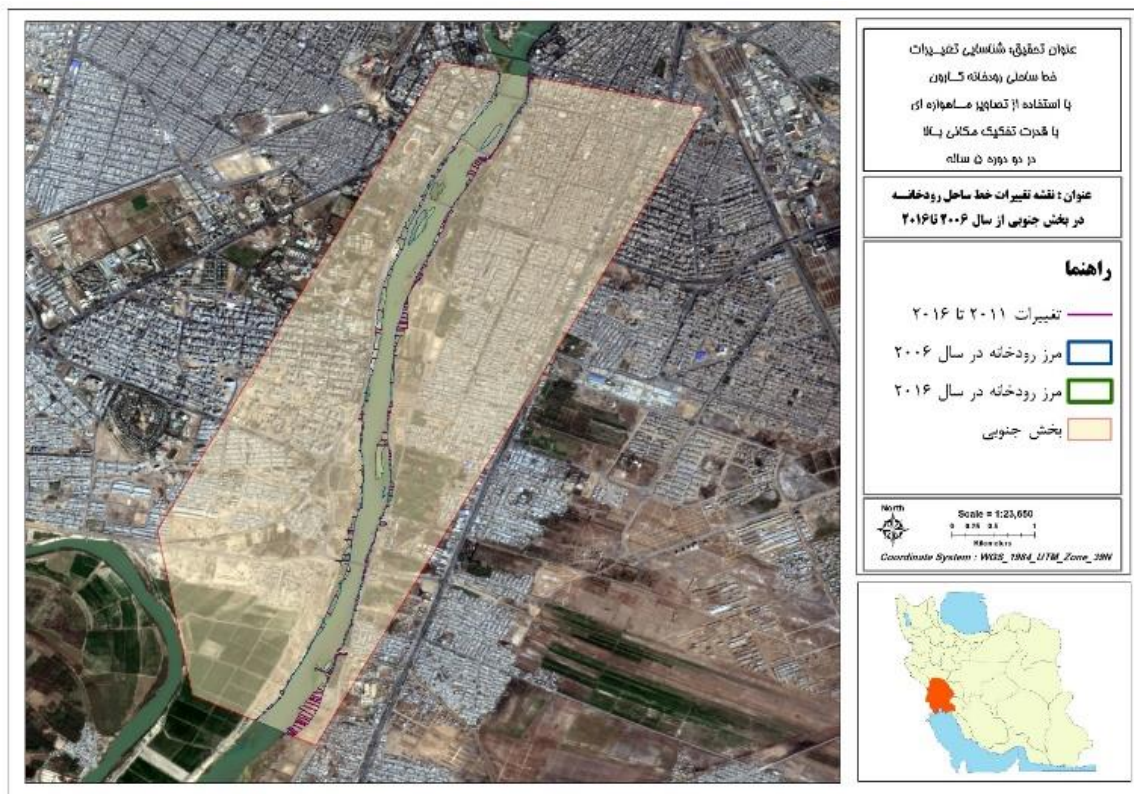


Fig 9. Morphological changes in the shoreline of the Karun River in the southern section (2006-2016)

۴- نتیجه گیری

مطالعات منابع طبیعی به طور فزاینده ای بر پایه سامانه های اطلاعات جغرافیایی و داده های سنجش از دور استوار است. این تحقیق با استفاده از تصاویر ماهواره ای IKONOS، GeoEye و Sentinel-2A تغییرات مورفولوژیکی رودخانه کارون در محدوده اهواز را طی دوره ۲۰۱۶-۲۰۰۶ بررسی کرده است. پس از انجام تصحیحات رادیومتریک و اتمسفری، تصاویر با روش حداکثر احتمال طبقه بندی شدند که دقت کلی طبقه بندی به ترتیب ۹۵/۰۵٪، ۹۶/۳۲٪ و ۹۱/۷۳٪ و ضریب کاپا ۰/۹۴، ۰/۹۵ و ۰/۸۹ برای سال های ۲۰۰۶، ۲۰۱۱ و ۲۰۱۶ حاصل شد. این نتایج نشان دهنده قابلیت بالای تصاویر ماهواره ای در پایش تغییرات رودخانه ها با دقتی قابل قبول و سرعتی بسیار بیشتر از روش های زمینی است. تحلیل تغییرات خط ساحلی در دو بخش شمالی و جنوبی رودخانه نشان داد بیشترین تغییرات (تا ۲۵۵ متر) در بخش شمالی و ساحل شرقی رخ داده است. روند کلی تغییرات در تمامی دوره ها به صورت پسروری خط ساحلی بوده که حداکثر به ۲۳۲ متر در بخش شمالی و ۱۸۰ متر در بخش جنوبی در دوره ده ساله رسیده است. این تغییرات ناشی از ترکیب عوامل طبیعی (اقلیمی) و انسانی است.

نتایج این تحقیق هشداردهنده تأثیرات منفی این تغییرات بر ساختارهای زیست محیطی، الگوهای اکولوژیک رودخانه و تخریب اراضی کشاورزی و تأسیسات انسانی است. در صورت عدم مدیریت صحیح و کنترل تغییرات کاربری اراضی، این روند می تواند خسارات جبران ناپذیری به همراه داشته باشد. روش ارائه شده در این تحقیق با دقت و سرعت بالا امکان پایش دوره ای تغییرات رودخانه ها و برنامه ریزی برای مدیریت پایدار این منابع ارزشمند را فراهم می کند.

تضاد منافع نویسندگان

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

دسترسی به داده ها

داده ها و نتایج استفاده شده در این پژوهش از طریق مکاتبه با نویسنده مسئول در اختیار قرار خواهد گرفت.

مشارکت نویسندگان

محمد ساردویی: نگارش، روش شناسی، تحقیق و جمع آوری داده ها، نرم افزار. محمد ابراهیم عقیفی: تحلیل، راهنمایی و نظارت، ویرایش متن، تکمیل و جمع آوری داده ها.

منابع

- Afifi, M. I., & Kolte, M. (2023). Evaluation of the impact of morphological risks of Caspian Sea water retreat on coastal tourism (case study of the coastal city of Komish Tepe). *Journal of Geographical Sciences*, 19(43), 144-160. (In Persian)
- Ahmadzadeh, M., Alizadeh, E., & Dadolahi, A. (2021). Prediction of geometric changes in the meanders of the Zohreh River. *Journal of Geographical Spatial Planning*, 10(36), 53-63. (In Persian)
- Akter, R., & Mezbah-ul-Islam, M. (2016). Television as a medium of information for rural development in Bangladesh: A case study of Dinajpur District. In *Proceedings of the NEFLIBNET Conference* (pp. 9-11). INFLIBNET Centre.
- Arkhi, S., Atta, B., & Shahkoei, E. (2022). Evaluation of techniques for vegetation/land use changes using satellite images and GIS, case study: Gorganrood basin. *Physical Development Planning*, 9(2), 41-60. (In Persian)
- Azkia, M., & Eimani, A. (2015). *Rural sustainable development, information* (2nd ed.). Tehran. (In Persian)

- Bahadori Amjez, F., Anabestani, A., & Tavakolinia, J. (2022). The role of key components in forming the smart growth approach for sustainable development of rural settlements (Case study: Jiroft County). *Spatial Planning*, 12(2), 91-118. <https://doi.org/10.22108/sppl.2022.132321.1639>. (In Persian)
- Bahat, S. (2003). Rural industrialization through small enterprises. Paper presented at the WASME 14th International Conference.
- Daniali, T. (2018). Challenges of sustainable development using information and communication technology (ICT) (Case study: Villages in Saveh County). *Geography* (Scientific Quarterly of the Iranian Geographical Association), 16(58), 201-213. (In Persian)
- Drastikal, P. (2003). Participatory evaluation of rural communications: A new approach to research and design of communications for development programs and strategies (E. Mardani Beladachi, Trans.). Ministry of Jihad-e-Sazandegi. (In Persian)
- Gouvea, R., Kapelianis, D., & Kassicieh, S. (2018). Assessing the nexus of sustainability and information & communications technology. *Technological Forecasting and Social Change*, 131(3), 39-44. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.01.001>
- Khabazi, M., & Abdollahi, A. A. (2015). Tracing the effects of the change in the course of the Karun River in the Quaternary. *Geography of the Land*, 12(45), 97-110. (In Persian)
- Liu, Y., Zuo, R., & Dong, Y. (2021). Analysis of temporal and spatial characteristics of urban expansion in Xiaonan District from 1990 to 2020 using time series Landsat imagery. *Remote Sensing*, 13(21), 4299.
- Mansouri, R. (2021). The impact of sea level fluctuations on shoreline displacement along the southern coasts of the Caspian Sea from 1975 to 2017. *Journal of Water and Soil Science and Technology*, 1(1), 46-69. <https://doi.org/10.22034/jamst.2022.247205>. (In Persian)
- Morshedi, J., Alavi Panah, K., & Moghimi, A. (2010). Investigation of the longitudinal changes of the Karun River using the linear average method in the study area from Shushtar to Arvand. *Quarterly Journal of Environment*, 19(4). (In Persian)
- Rostami Saghez, E., Sharifi, M. A., & Hassanlou, M. (2021). Monitoring shoreline changes from Chalous to Tonekabon using Sentinel-1 satellite imagery. *Nivar*, 45 (114-115), 108-116. (In Persian)
- Saffari A, ghanavati E, Alipour Dezdouli Asl H. (2023). Investigation of morphology changes in Karun River and its hazards (Case Study: Bandagir to Khorramshahr). *JGS*. 23(68), 12. <https://doi.org/10.52547/jgs.23.68.199>. (In Persian)
- Seif al-Dini, Frank, Panahandeh Khah, Musa, (2018). Evolution of theories and perspectives in land use planning with emphasis on sustainable development, *Sepehr Quarterly*, pp. 24-19. (In Persian)
- Shamkhi, T., Azizi, Z., & Ghaderi, B. (2022). Detection and analysis of river shoreline changes using remote sensing data. *Journal of Water and Soil Science and Technology*, 3(1), 84-96. <https://doi.org/10.22034/jamst.2022.543610.1064>. (In Persian)
- Shojaei Nouri, A., Janbaz Ghobadi, G., & Motavalli Sadruddin, S. (2022). The impact of Caspian Sea water level fluctuations on spatial changes of shorelines in the urban areas of Nowshahr and Royan. *Quarterly Journal of Earth Science Research*, 13(2), 1-20. <https://doi.org/10.48308/esrj.2022.101295>. (In Persian)
- Sirat, Mohammad Karim, Gomarki, Masoumeh. (2023). Investigating land use changes in Herat city using satellite images between 2015 and 2022. *Iranian Journal of Remote Sensing and GIS*. 192. (In Persian)
- Taheri, F., Rahnama, M., Kharazmi, O. A., & Khakpour, B. A. (2018). Investigating and predicting land use changes using multi-temporal satellite data of Shandiz city (during 2010-2015). *Journal of Geography and Development*, 16(50), 127-142. (In Persian)
- Woldesemayat, E. M., & Genovese, P. V. (2021). Monitoring urban expansion and urban green spaces change in Addis Ababa: Directional and zonal analysis integrated with landscape expansion index. *Forests*, 12(4), 389. <https://doi.org/10.3390/f12040389>