

Research Paper

Analyzing the Challenges of Land Use Change in Coastal Cities Using Satellite Imagery and Classification Algorithms (Case Study: Kangān County)

Bābak Ejtemāei^{1*} 

Assistant Professor, Department of Geography, Payame Noor University, Tehran, Iran.



DOI: 10.22124/GSCAJ.2025.29694.1343

Received: 2025/01/28

Accepted: 2025/11/05

Abstract

Due to their vulnerability to climate change, urbanization pressures, and socio-economic transformations, coastal cities increasingly require detailed analysis of land use changes. The aim of this study was to analyze land use changes in Kangān County between 2000 and 2021, and to predict the trends of future changes for 2040, followed by an assessment of water pollution levels. Data collection involved the use of Landsat 7 and Sentinel-2 satellite imagery for the years 2000 and 2021, through the Google Earth Engine platform. The prediction of land use for 2040 was conducted using the Markov Chain model. The findings indicated that urban and industrial areas have experienced significant growth during this period, and this trend is expected to continue until 2040. A clear correlation was observed between land use changes and water resource pollution. Specifically, the SPM (suspended particulate matter) concentration in water sources increased from 22 mg/L in 2000 to 1515 mg/L in 2021, highlighting the impact of human and industrial activities on water quality. The expansion of petrochemical industries, port activities, and the discharge of urban wastewater into water resources were identified as the main contributors to this pollution. Based on the results, it can be concluded that achieving sustainable development in Kangān County requires establishing an appropriate balance between economic growth and environmental preservation.

Keywords: Land Use, Satellite Imagery, Google Earth Engine, Kangān County.

Highlight

- Kangān County, whose urban and industrial growth has increased significantly between 2000 and 2021.
- Forecasts show that urban growth in Kangān County will increase further by 2040.
- On the other hand, land use changes in this county have caused pollution of coastal waters and led to a decrease in agricultural land.

Extended Abstract

Introduction

Kangān County, located on the southern coasts of Iran, is undergoing significant land use changes due to its rich marine resources, population growth, and economic activities tied to coastal infrastructure. These changes not only pose environmental risks, but also threaten natural resources and agricultural lands, endanger natural habitats, and reduce the quality of life for residents. Urban population growth and industrial development have been major drivers of land use changes in this county. Therefore, the primary objective of this study was to analyze land use changes in Kangān County from 2000 to 2021 and predict future trends for 2040. The study aimed to answer the following questions: What are the major land use changes in Kangān County between 2000 and 2021? What will these changes look like in 2040? What is the relationship between land use changes and water resource pollution? Finally, what challenges are anticipated for the region's future due to land use changes and water pollution?

*. Corresponding Author: ejtemaei@pnu.ac.ir

Methodology

This research was applied and descriptive-analytical in nature, utilizing satellite imagery and spatial analysis tools as the main sources of data and analysis methods. Data collection involved the use of Landsat 7 and Sentinel-2 satellite images from 2000 and 2021 using the Google Earth Engine platform. The images were processed using preprocessing methods such as atmospheric correction and noise reduction. Land use classification maps for 2000 and 2021 were generated using the Random Forest classification algorithm. The accuracy of the classification was assessed using an error matrix and the Kappa coefficient. The resulting maps were imported into GIS software to calculate land use areas. To predict land use changes for 2040, the TerrSet software and the Markov Chain model were employed.

Results and Discussion

The findings reveal that urban areas in 2000 had limited spatial extent, but a significant expansion of urban regions occurred by 2021. Projections for 2040 indicated that urban areas will continue to grow substantially. Similarly, industrial zones, which were very limited in 2000, witnessed notable development by 2021 due to economic growth and infrastructure expansion. Industrial areas are expected to expand further by 2040.

Overall, the analysis showed an increase in urban and industrial areas accompanied by a decline in agricultural lands and water resources. These changes are driven by population growth, infrastructure development, and the impacts of climate change. The reduction of natural resources and the increase in barren lands have posed serious threats to the region's sustainability.

For 2040, residential land use is expected to maintain its current state with a high probability. However, there is approximately a 28% likelihood of residential areas converting to barren lands and a 16% chance of conversion to industrial use. Additionally, the area of industrial land increased from 140.45 square kilometers in 2000 to 218.68 square kilometers in 2021. The area of urban regions grew from 86.91 square kilometers in 2000 to 146.25 square kilometers in 2021.

The analysis of suspended particulate matter (SPM) in water resources also highlighted significant changes. In 2000, the SPM level was low at 22 milligrams per liter, and pollutant dispersion was limited, indicating minimal human or industrial activities at the time. By 2021, the SPM level had increased dramatically to 1,515 milligrams per liter, with pollutants spreading over a larger area of the coastline and sea. This increase is attributed to intensified human and industrial activities during this period, including the expansion of petrochemical and port industries and the discharge of urban wastewater into water resources.

Conclusion

Based on the findings, it can be concluded that residential and industrial land uses will experience the highest growth, although there remains a possibility of some of these lands converting to barren areas. Conversely, barren lands exhibit greater stability but still show limited changes toward other land uses.

Also, the relationship between land use changes and water resource pollution was evident. The increase in SPM levels from 22 milligrams per liter in 2000 to 1,515 milligrams per liter in 2021 underscores the impact of human and industrial activities on water quality. The expansion of petrochemical and port industries and the discharge of urban wastewater into water resources are key contributors to this pollution.

Future challenges for the region include continued environmental degradation, the depletion of natural resources, and increased water pollution. To address these challenges, sustainable management of urban and industrial growth, appropriate planning to mitigate environmental impacts, and the implementation of effective policies to preserve water resources are essential. Without such measures, the region will face severe issues regarding environmental sustainability and water resource health.

Finally, this study emphasized that achieving sustainable development in Kangān County requires striking a balance between economic development and environmental conservation. This goal necessitates collaboration among various sectors, including the government, industry, and local communities, to implement effective and sustainable policies.

Funding

There is no funding support.

Authors Contribution

This article has only one author.

Conflict of Interest

Author declared no conflict of interest.

Acknowledgments

I am grateful to all the persons for scientific consulting in this paper.

Citation:

Ejtemāei, B. (2025). Analyzing the challenges of land use change in coastal cities using satellite imagery and classification algorithms (Case Study: Kangān County). *Geographical Studies of Coastal Areas Journal*, 6 (4), pp. 41-56.
DOI: 10.22124/GSCAJ.2025.29694.1343

Copyrights:

Copyright for this article is 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.



تجزیه و تحلیل چالش‌های تغییرات کاربری شهرهای ساحلی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و الگوریتم‌های طبقه‌بندی (مطالعه موردی شهرستان کنگان)

بابک اجتماعی^{*۱}

استادیار گروه جغرافیا، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.

DOI: 10.22124/GSCAJ.2025.29694.1343

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۱۱/۰۹

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۴/۰۸/۱۴

چکیده

شهرهای ساحلی به دلیل آسیب‌پذیری در برابر تغییرات اقلیمی، فشارهای شهرنشینی و تحولات اجتماعی - اقتصادی، بیش‌ازپیش به تحلیل تغییرات کاربری اراضی نیاز دارند. هدف اصلی این تحقیق، تحلیل تغییرات کاربری اراضی در شهرستان کنگان در سال ۲۰۲۱ و پیش‌بینی روند تغییرات برای سال ۲۰۴۰ سپس برآورد میزان آلودگی آب است. جمع‌آوری داده‌ها شامل استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۷ و سنتینل ۲ مربوط به سال‌های ۲۰۲۱ و ۲۰۰۰ از طریق سامانه ارث انجین و پیش‌بینی کاربری اراضی سال ۲۰۴۰ از طریق زنجیره مارکوف می‌باشد. یافته‌ها نشان می‌دهد که مناطق شهری و صنعتی طی این دوره رشد قابل توجهی داشته‌اند و انتظار می‌رود این روند تا سال ۲۰۴۰ ادامه یابد. همچنین ارتباط بین تغییرات کاربری اراضی و آلودگی منابع آب به‌وضوح مشاهده می‌شود. افزایش میزان SPM (ذرات معلق) در منابع آب از ۲۲ میلی‌گرم در لیتر در سال ۲۰۰۰ به ۱۵۱۵ میلی‌گرم در لیتر در سال ۲۰۲۱ نشان‌دهنده تأثیر فعالیت‌های انسانی و صنعتی بر کیفیت آب است. گسترش صنایع پتروشیمی، بندری و ورود پساب‌های شهری به منابع آبی از عوامل اصلی این آلودگی هستند. بر اساس یافته‌ها می‌توان نتیجه‌گیری کرد که برای دستیابی به توسعه پایدار در شهرستان کنگان، باید تعادل مناسبی بین توسعه اقتصادی و حفظ محیط زیست برقرار شود.

واژگان کلیدی: کاربری اراضی، تصاویر ماهواره‌ای، ارث انجین، شهرستان کنگان.

نکات برجسته:

- رشد شهری و صنعتی شهرستان کنگان بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۱ به‌طور چشمگیری افزایش داشته است.
- پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهد تا سال ۲۰۴۰ افزایش رشد شهری در شهرستان کنگان بیشتر خواهد شد.
- تغییرات کاربری این شهرستان از طرف دیگر باعث آلودگی آب‌های ساحلی شده است و کاهش زمین‌های زراعی را به دنبال داشته است.

۱. مقدمه

پدیده تغییر کاربری زمین در کشورهای مختلف از لحاظ شدت و روند تغییرات، بسیار متفاوت است. در سطح جهانی، باگذشت زمان طولانی، حدود ۲/۱ میلیون کیلومترمربع از جنگل‌ها و نزدیک به ۶/۵ میلیون کیلومترمربع از چمنزارها و مراتع، طی سه قرن اخیر، دچار تغییر کاربری‌های متنوع شده‌اند. در طی همین زمان، زمین‌های کشاورزی نیز به میزان ۱۲ میلیون کیلومترمربع افزایش داشتند (فاطمی و همکاران: ۱۳۹۵). یکی از مهم‌ترین گام‌ها در مسیر توسعه پایدار، حفاظت از تمامیت اراضی است؛ سالیانه بخشی از بهترین بخش‌های کشور، به دلایل متعدد، تغییر کاربری می‌یابند و کاربری غیرکشاورزی پیدا می‌کنند و خروج این‌گونه اراضی، از مسیر تولید، لطامات جبران‌ناپذیری ایجاد می‌کند (شکریان و سلیمانی: ۱۴۰۳).

شهرنشینی مناطق ساحلی به دوطبقه اصلی تقسیم می‌شود که یکی نواحی ساحلی با تراکم بالای کاربری اراضی و دیگری نواحی ساحلی با تراکم پایین است و تفاوت اصلی دوطبقه در نقش اقتصادی آن است. در سواحل پراکندگی شهری جدید به‌طور ویژه‌ای به‌صورت خطی توسعه می‌یابند. پدیده ساحلی تأثیرات مستقیم بر بهبود حمل‌ونقل، کاهش استانداردهای زندگی و توریسم دارد و تأثیر منفی بر تنوع زیستگاه‌های ساحلی، منابع آب و آلودگی دارد (دیوسالار و شیخ اعظمی، ۱۳۹۰: ۴۷).

مناطق ساحلی در سراسر جهان ارائه‌دهنده شرایط ایدئال برای گسترش سکونت‌گاه‌های انسانی، صنعت، گردشگری، حمل‌ونقل و ارتباطات هستند و از پویاترین منابع اکولوژیکی و بستر فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی هستند. بر اساس آمار موجود حدود سه میلیارد و هشتصد میلیون نفر در فاصله ۲۰۰ کیلومتری از ساحل زندگی می‌کنند که این رقم تا سال ۲۰۵۰ به‌دو برابر خواهد رسید (خطیبی و همکاران، ۱۴۰۲: ۱۲۶۳).

در حال حاضر شهرهای ساحلی کشور تحت تأثیر چالش‌های زیست‌محیطی متعددی قرار دارد که از آن جمله می‌توان به آلودگی‌ها، تخریب زیستگاه‌ها و حذف ساختارهای دفاعی طبیعی در اثر توسعه شهرها اشاره کرد. علاوه بر این در سواحل جنوبی به‌دلیل استخراج نفت و توسعه صنعتی و رهاسازی پساب‌های شهری و صنعتی به داخل دریا باعث مشکلات عدیده‌ای شده است (صفایی‌پور و گنچکی، ۱۴۰۱: ۱۸). شهرهای ساحلی به‌دلیل آسیب‌پذیری در برابر تغییرات اقلیمی، فشارهای شهرنشینی و تحولات اجتماعی - اقتصادی، بیش‌ازپیش به تحلیل تغییرات کاربری اراضی نیاز دارند. درک این تغییرات برای توسعه پایدار و مدیریت بهینه منابع ضروری است. شهرستان کنگان که در سواحل جنوبی ایران واقع شده، به‌دلیل منابع غنی دریایی، رشد جمعیت و فعالیت‌های اقتصادی وابسته به زیرساخت‌های ساحلی نیاز به تغییرات کاربری است. این تغییرات نه‌تنها می‌تواند تأثیرات منفی بر محیط‌زیست داشته باشد، بلکه موجب تغییر در منابع طبیعی و کشاورزی، تهدید به زیستگاه‌های طبیعی، و کاهش کیفیت زندگی ساکنین نیز می‌شود. جمعیت شهرستان کنگان در سال ۱۳۸۵ برابر با ۹۵۱۱۳ نفر و در سال ۱۳۹۵ برابر با ۱۰۷۸۰۱ نفر بوده است؛ یعنی در طول ده سال ۱۲۶۸۸ نفر یا ۱۳۳ درصد به جمعیت این شهرستان اضافه شده است. این افزایش جمعیت که بیشتر در نقاط شهری متمرکز شده‌اند یکی از عوامل تغییرات کاربری بوده است از طرف دیگر توسعه صنعتی نیز عامل دیگری در تغییرات کاربری این شهرستان بوده است. لذا هدف اصلی این تحقیق، تحلیل تغییرات کاربری اراضی در شهرستان کنگان از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۱ و پیش‌بینی روند تغییرات برای سال ۲۰۴۰ با استفاده از مدل‌های پیش‌بینی مانند ترست^۱ و ابزارهای پردازش تصویر در آرث انجین است. همچنین، بررسی وضعیت آلودگی آب با استفاده از شاخص ذرات معلق^۲ در دو بازه زمانی ۲۰۰۰ و ۲۰۲۱ و شناسایی ارتباط بین تغییرات کاربری اراضی و آلودگی منابع آب از دیگر اهداف این تحقیق است. براین‌اساس این مقاله سؤالاتی که مطرح می‌شود این است که تغییرات عمده کاربری اراضی شهرستان کنگان بین سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۲۱ چگونه بوده و برای سال ۲۰۴۰ چگونه خواهد بود و چه ارتباطی بین تغییرات کاربری اراضی و آلودگی منابع آب وجود دارد و در نهایت چه چالش‌هایی در پی تغییرات کاربری اراضی و آلودگی آب برای آینده منطقه پیش‌بینی می‌شود.

۲. مبانی نظری

شهرهای ساحلی به‌دلیل موقعیت جغرافیایی ویژه‌ای که دارند، همواره در معرض تغییرات کاربری زمین قرار گرفته‌اند. این تغییرات می‌توانند ناشی از عوامل طبیعی مانند فرسایش ساحلی، افزایش سطح دریا و یا عوامل انسانی مانند توسعه شهری، صنعتی شدن

۱. TERRSET

۲. SPM

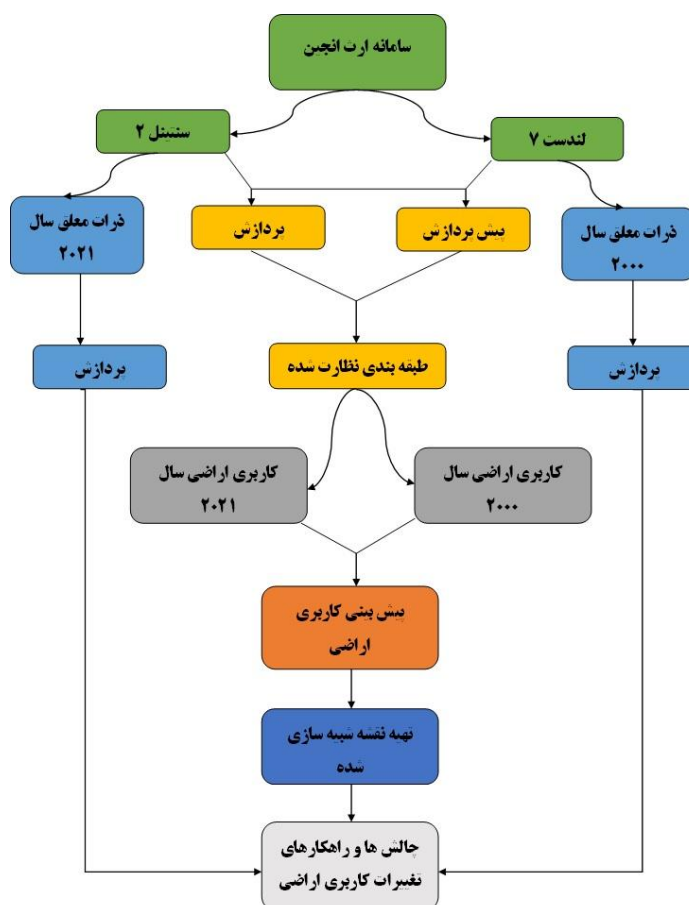
و فعالیت‌های تجاری باشند. در شهرهای ساحلی، این تغییرات اغلب با خطراتی مانند فرسایش ساحلی و افزایش سطح دریا همراه است (Ambalam, 2014:15). از طرف دیگر این تغییرات می‌توانند شامل تبدیل اراضی طبیعی به مناطق مسکونی، صنعتی، تجاری و یا حتی تخریب اکوسیستم‌های ساحلی شود. این تغییرات نه تنها بر محیط زیست، بلکه بر اقتصاد و جامعه محلی نیز تأثیرات قابل توجهی دارند (Lillesand et al., 2015: 45).

تصاویر ماهواره‌ای ابزار قدرتمندی برای پایش تغییرات کاربری اراضی هستند. این تصاویر بادقت بالا و پوشش گسترده، امکان تحلیل تغییرات در طول زمان را فراهم می‌کنند. تکنیک‌های پردازش تصویر و طبقه‌بندی داده‌ها برای استخراج اطلاعات مفید از این تصاویر استفاده می‌شوند (Gorelick et al, 2017:22).

زنجیره مارکوف یک مدل احتمالی است که برای پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی استفاده می‌شود. این مدل بر اساس احتمال انتقال از یک حالت به حالت دیگر کار می‌کند و می‌تواند برای پیش‌بینی تغییرات آینده بر اساس داده‌های گذشته استفاده شود (Iacono et al, 2015:264).

الگوریتم رندوم فورست^۱ یک الگوریتم یادگیری ماشین است که برای طبقه‌بندی داده‌ها استفاده می‌شود. این الگوریتم با ساخت چندین درخت تصمیم و ترکیب نتایج آن‌ها، دقت طبقه‌بندی را افزایش می‌دهد. در مطالعات تغییرات کاربری اراضی، برای طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای و شناسایی انواع کاربری‌ها استفاده می‌شود (Belgiu et al, 2016:27).

شهرستان کنگان به عنوان یک منطقه ساحلی در جنوب ایران، با چالش‌های تغییرات کاربری اراضی مواجه است. استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و الگوریتم‌های طبقه‌بندی می‌تواند به تحلیل این تغییرات و ارائه راهکارهای مدیریتی کمک کند.



شکل ۱ مدل مفهومی تحقیق

¹. Random Forest

۳. پیشینه پژوهش

رشد بی‌رویه شهرها، افزایش جمعیت و گسترش مناطق مسکونی، صنعتی و تجاری، تغییرات گسترده‌ای را در الگوهای کاربری زمین به دنبال داشته است. این تغییرات، به‌ویژه در مناطق ساحلی، تأثیرات عمیقی بر محیط‌زیست، منابع طبیعی، اقلیم منطقه‌ای و کیفیت زندگی ساکنان دارند. بررسی دقیق این تغییرات و پیش‌بینی روندهای آتی، برای مدیریت پایدار شهری و اتخاذ تصمیمات مناسب در حوزه برنامه‌ریزی کاربری زمین ضروری است. پژوهش‌های متعددی در این زمینه انجام شده که به بررسی روند تغییرات کاربری، شناسایی عوامل مؤثر و ارائه راهکارهای مدیریتی پرداخته‌اند. در ادامه، مروری بر مهم‌ترین مطالعات انجام‌شده در این حوزه ارائه می‌شود.

پژوهش ابراهیمی و همکاران (۱۴۰۰) بر تحلیل تغییرات کاربری اراضی در شهرهای ساحلی استان خوزستان تأکید دارد و از سنجش ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی برای بررسی این تغییرات استفاده کرده است. این مطالعه توسعه شهری و تغییرات کاربری زمین را به عنوان عوامل تأثیرگذار بر محیط‌زیست، منابع طبیعی و پایداری اکولوژیکی معرفی کرده است. نسترن و همکاران (۱۴۰۰) در پژوهشی به تلفیق چارچوب‌های کمی و کیفی در ارزیابی تغییرات کاربری اراضی در نوار ساحلی مازندران پرداختند. نتایج نشان داد که استفاده از روش‌های ترکیبی می‌تواند دقت تحلیل تغییرات کاربری را افزایش داده و در برنامه‌ریزی برای توسعه پایدار مؤثر باشد.

امیری و همکاران (۱۴۰۱) در پژوهشی به بررسی تأثیر تغییر کاربری و پوشش زمین بر دمای سطح زمین در منطقه ساحلی بوشهر پرداختند. نتایج نشان داد که گسترش مناطق شهری و کاهش پوشش گیاهی موجب افزایش دمای سطحی و تشدید پدیده جزایر حرارتی شهری شده است.

دهقانی گیشی و همکاران (۱۴۰۲) در پژوهشی به ارزیابی و تحلیل عوامل مؤثر بر توسعه گردشگری ساحلی در شهر ساحلی منجیل پرداختند. نتایج نشان داد که عوامل محیطی، اقتصادی، و اجتماعی نقش مهمی در توسعه پایدار گردشگری ساحلی دارند. فریره^۱ و همکاران (۲۰۰۹) در مطالعه‌ای که در پرتغال انجام دادند، به بررسی روندهای اخیر در شهرسازی و تغییرات کاربری اراضی پوشش اراضی پرداختند. آنها نشان دادند که نوار ساحلی و مراکز شهری ساحلی تأثیر زیادی بر این تغییرات دارند. کارا^۲ و همکاران (۲۰۱۳) به بررسی و تحلیل تغییرات کاربری اراضی/پوشش اراضی در یک شهر ساحلی در حال توسعه پرداختند. آنها نشان دادند که توسعه شهری و افزایش فعالیت‌های گردشگری منجر به تغییرات گسترده در پوشش اراضی این منطقه شده و تهدیداتی برای محیط زیست طبیعی به همراه دارد.

ژانگ^۳ و همکاران (۲۰۱۹) به بررسی تغییرات کاربری اراضی در دوران شهرسازی سریع از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۶ پرداختند. آنها نشان دادند که گسترش شهری موجب تغییرات عمده در استفاده از اراضی شده است، به‌ویژه در مناطق ساحلی، که این تغییرات تأثیرات زیست‌محیطی و اجتماعی زیادی به همراه داشته است.

هندایانی^۴ و همکاران (۲۰۲۰) در مطالعه‌ای که در سواحل شمالی جاوه مرکزی اندونزی انجام دادند، به بررسی فرایند شهرسازی و افزایش ریسک سیلاب در این منطقه پرداختند. آنها نشان دادند که گسترش شهری و تغییرات در کاربری اراضی باعث تشدید ریسک سیلاب در نواحی ساحلی شده است و بهبود سیاست‌های کاربری اراضی و مدیریت سیلاب برای کاهش این ریسک‌ها ضروری است.

1. Freire

2. Kara

3. Zhang

4. Handayani

ژان^۱ و همکاران (۲۰۲۰) در مطالعه‌ای که در چین انجام دادند، نشان دادند که تغییرات کاربری اراضی در این مناطق، به‌ویژه توسعه شهری و صنعتی، خطرات زیست‌محیطی زیادی به همراه داشته و نیاز به برنامه‌ریزی مدیریتی دقیق را ضروری می‌سازد.

شهفهاد^۲ و همکاران (۲۰۲۱) در مطالعه‌ای که در شهر ساحلی بمبئی انجام دادند، نشان دادند که گسترش شهری و تغییرات کاربری اراضی باعث تشدید پدیده جزیره گرمای شهری در بمبئی شده است که این تغییرات تأثیرات قابل توجهی بر شرایط محیطی و کیفیت زندگی در این منطقه داشته است.

لیو^۳ و همکاران (۲۰۲۱) در مطالعه‌ای که در نواحی ساحلی چین انجام دادند، به ارزیابی چندمنظوره خدمات اکوسیستمی و تحلیل هماهنگی آن با تغییرات کاربری اراضی و پوشش اراضی پرداختند. آنها نشان دادند که تغییرات کاربری اراضی در این مناطق تأثیر زیادی بر عملکرد خدمات اکوسیستمی دارد.

وو و بارات^۴ (2022) در مطالعه‌ای به بررسی روش‌های مدیریت کاربری اراضی ساحلی تحت فشار تغییرات اقلیمی و رشد جمعیت پرداختند. آنها نشان دادند که افزایش جمعیت و تغییرات اقلیمی به‌طور مستقیم بر الگوهای کاربری اراضی در مناطق ساحلی تأثیر می‌گذارد و نیاز به راهبردهای مدیریتی مؤثر برای مقابله با این چالش‌ها را ضروری می‌سازد.

ابجیت و سروانان^۵ (2022) در مطالعه‌ای که در نواحی شمالی سواحل هند انجام دادند، به ارزیابی تغییرات کاربری اراضی و پوشش اراضی و پیش‌بینی آن با استفاده از سنجش‌ازدور و مدل مارکوف پرداختند. آنها نشان دادند که این روش‌ها می‌توانند به‌طور مؤثری تغییرات کاربری اراضی را شبیه‌سازی کرده و روندهای آینده را پیش‌بینی کنند.

ایکسن و همکاران (2023) در مطالعه‌ای که در شهر شانگهای چین انجام دادند، نشان دادند که تغییرات کاربری اراضی در مناطق ساحلی تأثیرات قابل توجهی بر ارزش خدمات اکوسیستمی دارد و شبیه‌سازی این تغییرات می‌تواند به بهبود مدیریت پایدار منابع طبیعی و حفظ اکوسیستم‌های ساحلی کمک کند.

منصور^۷ و همکاران (۲۰۲۳) در مطالعه‌ای که در یک شهر ساحلی انجام دادند، به نظارت زمانی-مکانی گسترش شهری با استفاده از مدل زنجیره مارکوف نشان دادند که این روش‌ها می‌توانند تغییرات در الگوهای گسترش شهری را به‌طور دقیق پیش‌بینی کرده و اطلاعات مفیدی برای مدیریت توسعه شهری پایدار و برنامه‌ریزی استفاده از اراضی فراهم کنند.

نات^۸ و همکاران (۲۰۲۳) در مطالعه‌ای به بررسی دینامیک تغییرات کاربری اراضی و پوشش اراضی ساحلی با استفاده از تکنیک‌های جغرافیایی-فضایی پرداختند. آنها نشان دادند که استفاده از ابزارهای سنجش از دور و تحلیل‌های فضایی می‌تواند به درک بهتر تغییرات کاربری اراضی در نواحی ساحلی کمک کرده است.

ژنگ^۹ (۲۰۲۳) در مطالعه‌ای که در نواحی ساحلی استان شاندونگ چین انجام دادند، نشان دادند که تغییرات کاربری اراضی می‌تواند تأثیرات قابل توجهی بر ذخیره کربن در مناطق ساحلی داشته باشد و پیش‌بینی این تغییرات می‌تواند به راهبردهای مدیریت کربن و حفظ محیط‌زیست کمک کند. مطالعات بررسی‌شده نشان می‌دهند که تغییرات کاربری اراضی در شهرهای ساحلی به‌طور مستقیم بر محیط‌زیست، منابع طبیعی، دمای سطح زمین، ریسک سیلاب، جزایر حرارتی شهری و خدمات اکوسیستمی تأثیر می‌گذارد. این پژوهش‌ها با استفاده از سنجش‌ازدور، سیستم اطلاعات جغرافیایی، مدل‌های پیش‌بینی و تحلیل‌های کمی و کیفی، نشان داده‌اند که گسترش شهرنشینی در نواحی ساحلی موجب تغییرات عمده در پوشش اراضی و افزایش مخاطرات زیست‌محیطی شده است. وجه تمایز این پژوهش نسبت به پیشینه‌های موجود در چند جنبه اساسی نهفته

1. Zhan

2. Shahfahad

3. Liu

4. Wu & Barrett

5. Abijith & Saravanan

6. Xin

7. Mansour

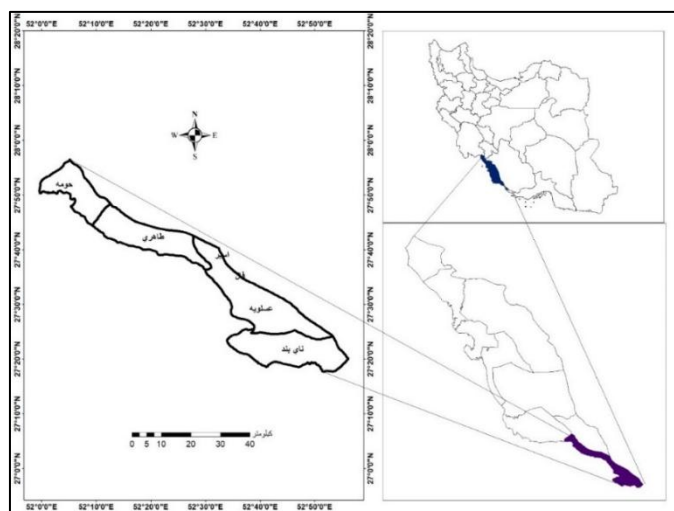
8. Nath

9. Zheng

است. نخست، استفاده از الگوریتم‌های طبقه‌بندی پیشرفته در پردازش تصاویر ماهواره‌ای به منظور تحلیل تغییرات کاربری اراضی، دقت بیشتری را در ارزیابی این تغییرات فراهم می‌کند. دوم، این پژوهش علاوه بر بررسی اثرات محیطی، به ارتباط میان تغییرات کاربری اراضی و توسعه اقتصادی - اجتماعی منطقه نیز پرداخته و پیامدهای آن را برای برنامه‌ریزی شهری و مدیریت پایدار ارائه می‌دهد. در نهایت، این تحقیق ضمن بهره‌گیری از تکنیک‌های سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، رویکردی تحلیلی و مقایسه‌ای را برای ارزیابی تغییرات کاربری اراضی در یک بازه زمانی مشخص اتخاذ کرده که می‌تواند به عنوان الگویی برای مطالعات مشابه در سایر شهرهای ساحلی مورد استفاده قرار گیرد.

۴. روش پژوهش

این پژوهش از نوع کاربردی و توصیفی - تحلیلی بوده و از تصاویر ماهواره‌ای و ابزارهای تحلیل مکانی به عنوان داده‌ها و ابزارهای اصلی بهره گرفته شده است. جمع‌آوری داده‌ها شامل استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۷ و سنتینل ۲ مربوط به سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۲۱ از طریق سامانه ارث انجین و پردازش تصاویر با استفاده از روش‌های پیش‌پردازش نظیر تصحیح اتمسفری و حذف نویز می‌باشد. از الگوریتم‌های طبقه‌بندی رندوم فورست^۱ برای طبقه‌بندی تصاویر و تولید نقشه‌های کاربری اراضی مربوط به سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۲۱ استفاده شده سپس بررسی صحت طبقه‌بندی با استفاده از ماتریس خطا و شاخص کاپا انجام شده است. نقشه‌های تولید شده وارد سیستم اطلاعات جغرافیایی شده و مساحت کاربری‌ها محاسبه شده و در نهایت جه پیش‌بینی کاربری اراضی سال ۲۰۴۰ از نرم افزار ترست^۲ و زنجیره مارکوف^۳ در این نرم افزار استفاده شده است. شهرستان کنگان دارای دو بخش، چهار دهستان. چهار شهر می باشد که از شرق و شمال شرق به شهرستان جم، شمال غرب به شهرستان دیر، جنوب به شهرستان عسلویه در استان بوشهر و از غرب به خلیج فارس منتهی می‌گردد. این شهرستان در طول جغرافیایی ۵۲ درجه تا ۵۲ درجه و ۵۵ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۲۷ درجه و ۲۰ دقیقه تا ۲۷ درجه ۵۵ دقیقه شمالی قرار گرفته است (شکل ۲) مساحت شهرستان کنگان ۱۲۰۵ کیلومتر مربع است. میانگین بارش ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۳ برابر با ۱۹۵ میلی متر بوده است.



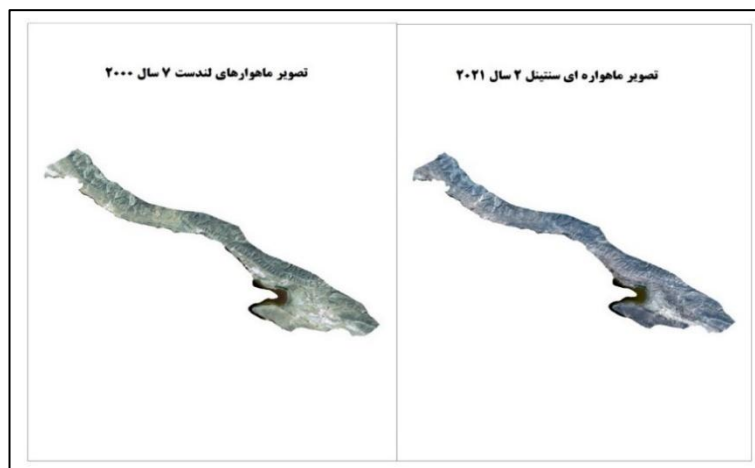
شکل ۲ موقعیت منطقه مورد مطالعه

1. Random Forest

2. TerrSet

3. Markov Chains

در این تحقیق از ماهواره لندست ۷ برای سال ۲۰۰۰ و از سنتینل ۲ برای سال ۲۰۲۱ استفاده شده است. ماهواره لندست ۷ دارای یک سنجنده به نام ETM و سنتینل ۲ دارای سنجنده MSI می باشد و با ترکیب باندهای ۲ و ۳ و ۴ در سامانه ارث انجین تصاویر ماهواره ای مربوطه بدست آمده است (شکل ۳).

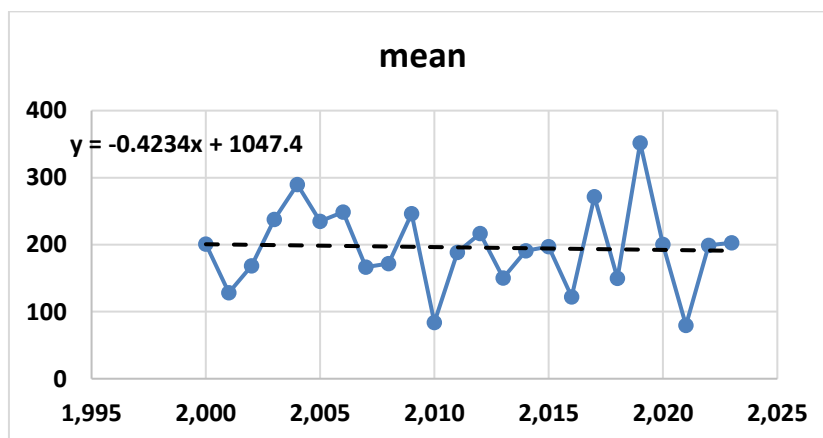


شکل ۳ تصاویر ماهواره ای لندست ۷ و سنتینل ۲ با ترکیب باندهای ۲ و ۳ و ۴ (منبع: سامانه ارث انجین)

۵. یافته‌های پژوهش و بحث

۵.۱. تغییرات بارش منطقه مورد مطالعه

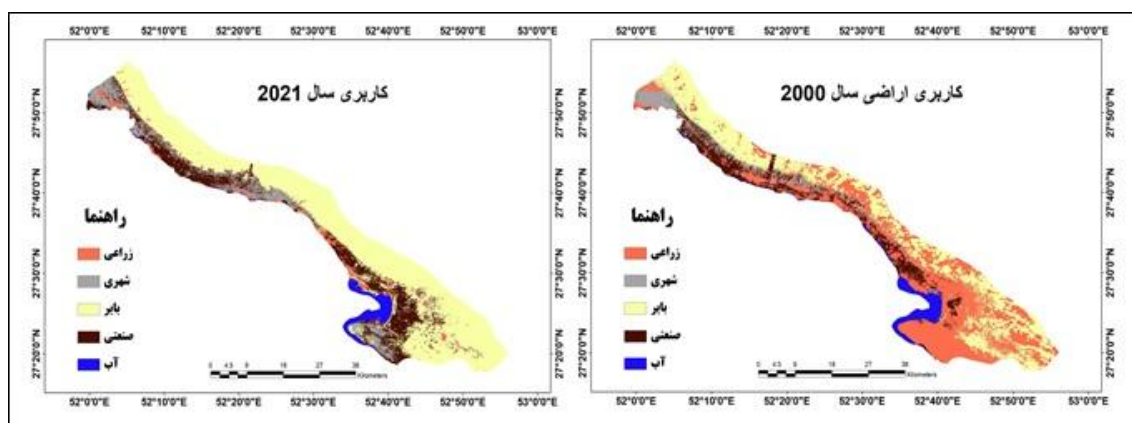
شکل ۴ نمودار تغییرات بارش سالانه را از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۳ در شهرستان کنگان نشان می‌دهد. معادله $y = -0.4234x + 1047.4$ بیانگر یک روند کلی کاهشی در میزان بارش طی این سال‌ها است. شیب منفی خط نشان می‌دهد که به‌طور متوسط، بارش سالانه در این دوره کاهش یافته است. این روند کاهشی می‌تواند پیامدهای مهمی برای مدیریت منابع آب، کشاورزی و محیط زیست در منطقه داشته باشد. روند کاهشی بارش می‌تواند پیامدهای قابل توجهی برای شهرستان کنگان داشته باشد. همچنین چالش‌هایی را برای تأمین آب شرب، کشاورزی و صنعت ایجاد کند. از طرف دیگر این تغییرات می‌تواند بر اکوسیستم‌های محلی و تنوع زیستی تأثیر منفی بگذارد. نمودار نشان می‌دهد که میانگین بارش در شهرستان کنگان نوسانات چشمگیری داشته و تأثیرات تغییرات اقلیمی و جوی بر این منطقه به وضوح قابل مشاهده است.



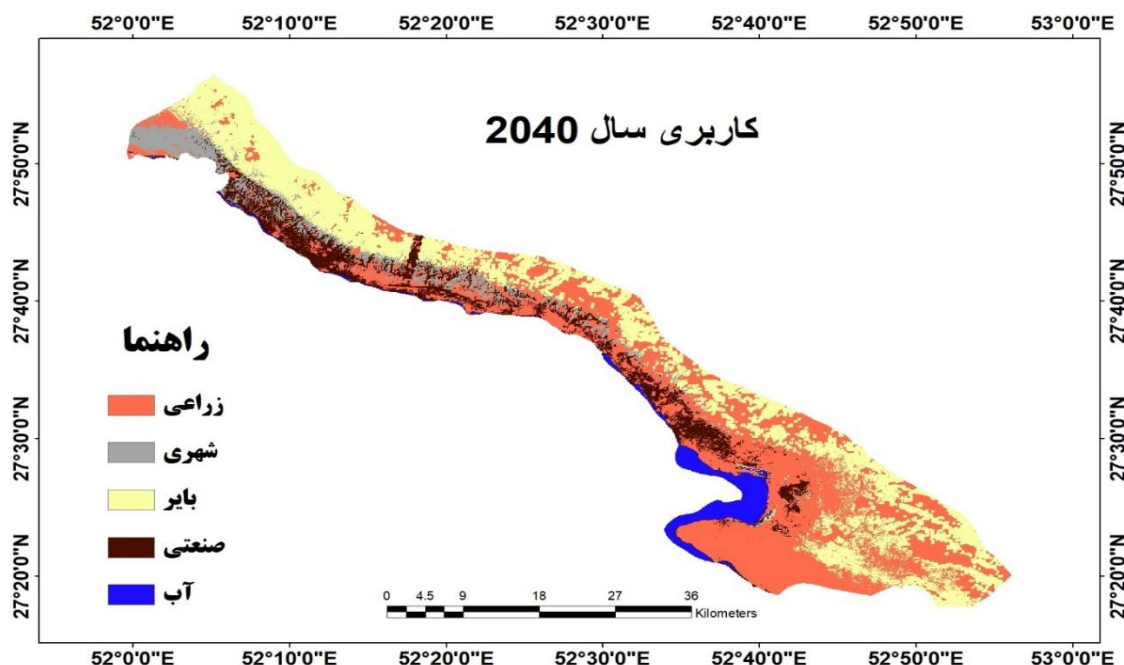
شکل ۴ تغییرات بارش منطقه مورد مطالعه ۲۰۰۰-۲۰۲۳ (منبع: یافته‌های تحقیق)

۵.۲. تغییرات کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه و پیش بینی با استفاده از زنجیره مارکوف

شکل ۵ و ۶ نشان می‌دهند که مناطق شهری در سال ۲۰۰۰ مساحت محدودی داشته و در سال ۲۰۲۱ گسترش قابل توجهی در مناطق شهری دیده می‌شود و پیش‌بینی می‌شود در سال ۲۰۴۰ طبق شکل شماره ۶، مناطق شهری همچنان رشد قابل توجهی داشته باشند و بخش بزرگی از زمین‌ها را اشغال کنند. لذا مدیریت پایدار گسترش شهری برای جلوگیری از تخریب منابع طبیعی ضروری است. مناطق صنعتی نیز که نیز در سال ۲۰۰۰ بسیار محدود بوده‌اند. در سال ۲۰۲۱ به دلیل توسعه اقتصادی و رشد زیرساخت‌های صنعتی افزایش قابل توجهی داشته و پیش‌بینی می‌شود در سال ۲۰۴۰ گسترش بیشتری یابد. این تغییرات نشان‌دهنده نقش مهم توسعه صنعتی در اقتصاد منطقه است. با این حال، برنامه‌ریزی مناسب برای کاهش اثرات زیست‌محیطی ضروری است. بطور کلی تغییرات نشان‌دهنده گسترش مناطق شهری و صنعتی و کاهش زمین‌های زراعی و منابع آبی است. لذا کاهش منابع طبیعی و افزایش زمین‌های بایر تهدیدی جدی برای پایداری منطقه بشمار می‌رود.



شکل ۵ کاربری اراضی سال ۲۰۰۰ (تصویر سمت راست) و کاربری اراضی سال ۲۰۲۱ (تصویر سمت چپ) منبع: یافته‌های تحقیق



شکل ۶ طبقه بندی کاربری اراضی سال ۲۰۴۰ شهرستان کنگان از طریق زنجیره مارکوف (منبع: یافته‌های تحقیق)

جدول ۱ ارائه شده نشان دهنده ماتریس احتمال انتقال^۱ است که پیش‌بینی تغییرات کاربری‌های مختلف زمین را بر اساس روند گذشته مدل‌سازی می‌کند. هر سلول مقدار احتمالی انتقال از یک کاربری به کاربری دیگر را نشان می‌دهد. جدول ۱ احتمال تغییرات کاربری اراضی را تا سال ۲۰۴۰ نشان می‌دهد. بر اساس این داده‌ها، کاربری مسکونی بیشترین احتمال را برای حفظ وضعیت فعلی خود دارد (۵۶.۲۶٪)، اما احتمال تبدیل آن به کاربری بایر (۲۷.۸۹٪) و کاربری صنعتی (۱۵.۸۴٪) نیز وجود دارد. این نشان می‌دهد که اگرچه کاربری مسکونی در حال حاضر پایدار است، اما تحت تأثیر فشارهای توسعه‌ای و تغییرات محیطی، احتمال تبدیل آن به سایر کاربری‌ها نیز قابل توجه است. می‌توان گفت که زمین‌های بایر بیشترین پایداری را دارند، با احتمال ۷۲.۱۱٪ برای حفظ وضعیت فعلی. با این حال، احتمال تبدیل این زمین‌ها به کاربری مسکونی (۲۷.۸۹٪) و صنعتی (۱۵.۸۴٪) نشان‌دهنده فشارهای توسعه‌ای و تغییرات در الگوهای استفاده از زمین است. همچنین مناطق صنعتی نیز بیشترین احتمال را برای حفظ وضعیت فعلی خود دارند، اما احتمال تبدیل آنها به کاربری مسکونی (۲۳.۳۴٪) و بایر (۱۸٪) نشان‌دهنده روندهای متناقض در توسعه شهری و صنعتی است. این احتمال تبدیل به مسکونی می‌تواند نشان‌دهنده گسترش مناطق مسکونی به سمت مناطق صنعتی باشد به‌طور کلی، این داده‌ها نشان می‌دهند که کاربری مسکونی و صنعتی در حال رشد هستند، اما تحت تأثیر تبدیل به زمین‌های بایر نیز قرار می‌گیرند.

جدول ۱ ماتریس احتمال انتقال کاربری‌ها به همدیگر در سال ۲۰۴۰

آب	صنعتی	بایر	مسکونی	کاربری
۱/۰۰۰۱	۱/۱۵۸۴	۲/۲۷۸۹	۱/۵۶۲۶	مسکونی
۲/۰۰۰۲	۱/۰۳۷۳	۱/۹۴۵۹	۱/۰۱۶۶	بایر
۳/۰۰۳۸	۱/۵۸۴۸	۱/۱۷۸۰	۲/۲۳۳۴	صنعتی
۱۲/۹۲۱۲	۱/۰۴۷۸	۱/۰۲۲۷	۱/۰۰۸۳	آب

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول ۲ تغییرات مساحت کاربری‌های مختلف را از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۴۰ نشان می‌دهد. این تغییرات شامل کاهش، افزایش، و تثبیت مساحت کاربری‌ها است. طبق این جدول مساحت کاربری صنعتی در سال ۲۰۰۰ برابر با ۱۴۰.۴۵ کیلومتر مربع بوده که تا سال ۲۰۲۱ به ۲۱۸.۶۸ کیلومتر مربع افزایش یافت که نشان‌دهنده روند صنعتی‌شدن سریع است. پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۲۰۴۰، مساحت کاربری صنعتی تقریباً ثابت بماند (۱۴۰.۵۶ کیلومتر مربع). این تثبیت ممکن است نشان‌دهنده اشباع ظرفیت صنعتی یا تغییر در سیاست‌های توسعه‌ای باشد. همچنین مساحت زمین‌های بایر در سال ۲۰۰۰ برابر با ۴۲۱.۹۱ کیلومتر مربع بوده که تا سال ۲۰۲۱، این مساحت به ۷۴۰.۴۷ کیلومتر مربع افزایش یافت که نشان‌دهنده روند گسترش زمین‌های بایر است و پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۲۰۴۰، مساحت زمین‌های بایر تقریباً به سطح سال ۲۰۰۰ بازگردد (۴۲۲.۰۲ کیلومتر مربع). در رابطه با کاربری شهری نیز می‌توان گفت که در سال ۲۰۰۰، مساحت مناطق شهری ۸۶.۹۱ کیلومتر مربع بوده که تا سال ۲۰۲۱، این مساحت به ۱۴۶.۲۵ کیلومتر مربع افزایش یافته است و نشان‌دهنده رشد سریع شهری است. این رشد ناشی از افزایش جمعیت، مهاجرت، و توسعه صنعتی محدوده مورد مطالعه است و پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۲۰۴۰، مساحت مناطق شهری کمی کاهش یابد (۸۶.۵۵ کیلومتر مربع). به‌طور کلی در رابطه با جدول ۲ می‌توان گفت که افزایش مساحت کاربری صنعتی و شهری بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۱ نشان‌دهنده روند صنعتی‌شدن و توسعه شهری سریع است. این روندها ناشی از افزایش جمعیت، رشد اقتصادی و صنعتی، و تغییرات در سیاست‌های توسعه‌ای بوده است. در نهایت، این داده‌ها نشان می‌دهند که منطقه مورد مطالعه در حال تجربه تغییرات سریع در کاربری اراضی است که تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله توسعه شهری، صنعتی‌شدن، و تغییرات

^۱. Markov Transition Matrix

محیطی قرار دارد. این روندها نیازمند مدیریت دقیق و برنامه‌ریزی بلندمدت برای حفظ تعادل بین توسعه و پایداری محیط زیست هستند.

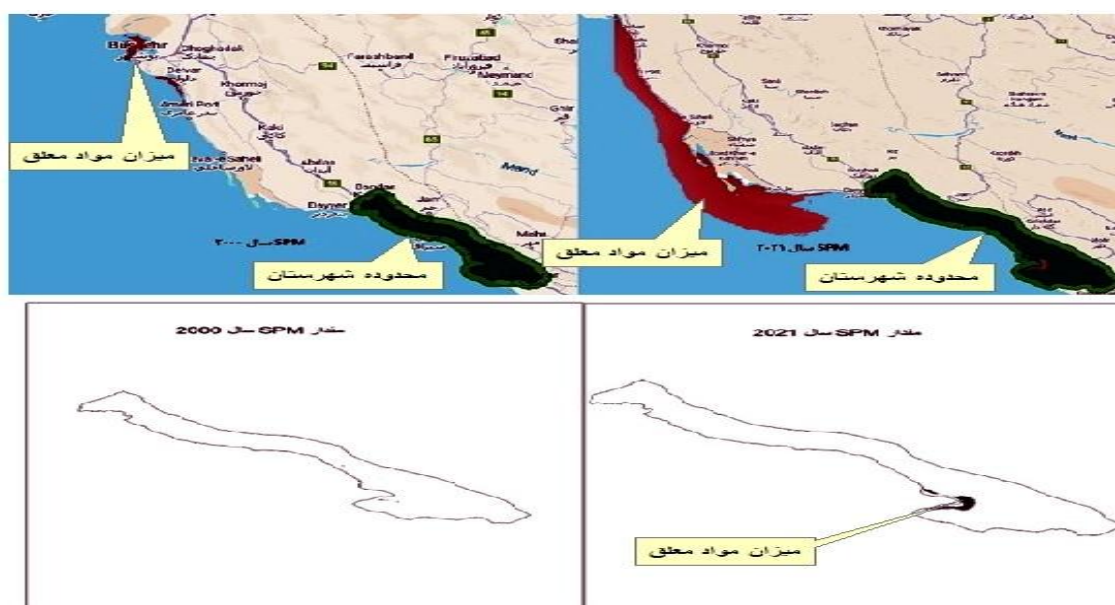
جدول ۲ مساحت کاربری های مختلف مورد مطالعه در سالهای ۲۰۰۰، ۲۰۲۱، ۲۰۴۰ بر حسب کیلومتر مربع

سال	زراعی	شهری	بایر	صنعتی	آب
۲۰۰۰	۵۰۰.۵۳	۸۶.۹۱	۴۲۱.۹۱	۱۴۰.۴۵	۵۶.۳۲
۲۰۲۱	۵۰۰.۷۶	۱۴۶.۲۵	۷۴۰.۴۷	۲۱۸.۶۸	۴۹.۴۰
۲۰۴۰	۵۰۰.۱۲	۸۶.۵۵	۴۲۲.۰۲	۱۴۰.۵۶	۵۶.۲۹

منبع: یافته‌های تحقیق

۳.۵. برآورد میزان ذرات معلق^۱ در محدوده مورد مطالعه

شاخص ذرات معلق در آب، به ذرات جامد کوچکی گفته می‌شود که در آب شناور هستند. این ذرات می‌توانند شامل مواد آلی (مانند پلانکتون‌ها، بقایای گیاهی) یا مواد معدنی (مانند رس، سیلت، و شن) باشند این شاخص یکی از مهم‌ترین پارامترهای کیفیت آب است و نقش کلیدی در اکوسیستم‌های آبی، سلامت انسان، و فعالیت‌های انسانی دارد. یکی از کاربردهای این شاخص پایش آلودگی است که برای شناسایی منابع آلودگی (مانند رواناب کشاورزی، تخلیه فاضلاب صنعتی، یا فرسایش خاک) استفاده می‌شود. این شاخص با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و الگوریتم‌های مبتنی بر بازتابش نور در باندهای مرئی و مادون قرمز محاسبه می‌شود. در ارث انجین، شاخص ذرات معلق را با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای لندست ۷ برای سال ۲۰۰۰ و از سنجنده سنتینل ۲ برای سال ۲۰۲۱ استفاده شده است. واحد اندازه‌گیری: این شاخص معمولاً بر حسب میلی گرم بر لیتر یا گرم بر مترمکعب گزارش می‌شود (Pahlevan et al, 2017:290).



شکل ۷ برآورد میزان SPM سال ۲۰۰۰ (تصویر سمت چپ) و سال ۲۰۲۱ (تصویر سمت راست) منبع: سامانه ارث انجین

شکل ۷ تصویر سمت چپ (سال ۲۰۰۰) نشان‌دهنده مرز شهرستان کنگان (قسمت پایین) و توزیع مقدار ذرات معلق در قسمت بالای نقشه است. همان‌طور که مشخص است، مقدار ذرات معلق در سال ۲۰۰۰ پایین است (۲۲ میلی گرم در لیتر) و پراکندگی آلاینده‌ها محدود است. این وضعیت نشان‌دهنده تأثیر کم فعالیت‌های انسانی یا صنعتی در آن زمان است. در سال ۲۰۲۱ میزان این شاخص به‌وضوح افزایش یافته است (۱۵۱۵ میلی گرم در لیتر). نواحی قرمز و تیره‌رنگ نشان‌دهنده شدت بالای آلودگی است که

^۱. Suspended Particulate Matter (SPM)

در مقایسه با سال ۲۰۰۰ است. این افزایش ناشی از فعالیت‌های انسانی و صنعتی بیشتر در این دوره است. در این زمان آلودگی به مناطق بیشتری از ساحل و دریا نفوذ کرده است. عواملی از جمله گسترش صنایع پتروشیمی و بندری و ورود پساب‌های شهری به منابع آبی در این افزایش دخیل بوده اند. بطور کلی می‌توان گفت که میزان این شاخص در منطقه طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۱ به‌طور قابل توجهی افزایش یافته است. این افزایش بیانگر رشد فعالیت‌های انسانی در منطقه و ضرورت مدیریت مؤثر برای کاهش تأثیرات منفی آلودگی است.

۶. نتیجه‌گیری

این مطالعه به بررسی تغییرات عمده کاربری اراضی شهرستان کنگان بین سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۲۱ پرداخته و پیش‌بینی‌هایی برای سال ۲۰۴۰ ارائه کرده است. نتایج نشان می‌دهد که مناطق شهری و صنعتی طی این دوره رشد قابل توجهی داشته‌اند و انتظار می‌رود این روند تا سال ۲۰۴۰ ادامه یابد. این گسترش، اگرچه نشان‌دهنده توسعه اقتصادی و افزایش زیرساخت‌های شهری و صنعتی است، اما کاهش زمین‌های زراعی را نیز به دنبال داشته است.

بر اساس ماتریس احتمال انتقال، کاربری مسکونی و صنعتی بیشترین رشد را خواهند داشت، اما هم‌زمان احتمال تبدیل برخی از این اراضی به زمین‌های بایر نیز وجود دارد. در مقابل، زمین‌های بایر پایداری بیشتری نشان می‌دهند، اما همچنان تغییرات محدودی به سمت کاربری‌های دیگر دارند.

ارتباط بین تغییرات کاربری اراضی و آلودگی منابع آب نیز به‌وضوح مشاهده می‌شود. افزایش میزان شاخص ذرات معلق در منابع آب از ۲۲ میلی‌گرم در لیتر در سال ۲۰۰۰ به ۱۵۱۵ میلی‌گرم در لیتر در سال ۲۰۲۱ نشان‌دهنده تأثیر فعالیت‌های انسانی و صنعتی بر کیفیت آب است. گسترش صنایع پتروشیمی، بندری و ورود پساب‌های شهری به منابع آبی از عوامل اصلی این آلودگی هستند.

چالش‌های پیش‌رو برای آینده منطقه شامل ادامه روند تخریب محیط‌زیست، کاهش منابع طبیعی و افزایش آلودگی آب است. برای مقابله با این چالش‌ها، مدیریت پایدار گسترش شهری و صنعتی، برنامه‌ریزی مناسب برای کاهش اثرات زیست‌محیطی و اجرای سیاست‌های مؤثر برای حفظ منابع آبی ضروری است. در غیر این صورت، منطقه با مشکلات جدی در زمینه پایداری محیط‌زیست و سلامت منابع آب مواجه خواهد شد.

در نهایت، این مطالعه نشان می‌دهد که برای دستیابی به توسعه پایدار در شهرستان کنگان، باید تعادل مناسبی بین توسعه اقتصادی و حفظ محیط‌زیست برقرار شود. این امر مستلزم همکاری بین بخش‌های مختلف، از جمله دولت، صنعت و جامعه محلی، برای اجرای سیاست‌های مؤثر و پایدار است.

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که کاربری مسکونی و صنعتی در شهرستان کنگان طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۱ افزایش یافته و این روند تا سال ۲۰۴۰ ادامه خواهد داشت. این یافته با مطالعه فریره^۱ و همکاران (۲۰۰۹) در پرتغال مطابقت دارد که نشان داد توسعه شهری در نواحی ساحلی باعث تغییرات گسترده در پوشش اراضی شده است. همچنین، کارا^۲ و همکاران (۲۰۱۳) در کوش‌آداسی ترکیه تغییرات شدید کاربری اراضی را در نتیجه توسعه شهری و فعالیت‌های اقتصادی مشاهده کردند. از دیگر نتایج این تحقیق ارتباط بین تغییرات کاربری اراضی و افزایش میزان آلودگی منابع آب، به‌ویژه افزایش ذرات معلق می‌باشد که با مطالعه هندایینی^۳ و همکاران (۲۰۲۰) در سواحل شمالی جاوه مرکزی اندونزی همخوانی دارد. این مطالعه نشان داد که گسترش شهری و تغییرات کاربری اراضی باعث افزایش آلودگی و تشدید ریسک سیلاب شده است. همچنین این مطالعه به چالش‌های زیست‌محیطی آینده منطقه، از جمله کاهش منابع طبیعی و افزایش آلودگی آب، اشاره دارد و بر لزوم مدیریت پایدار توسعه تأکید می‌کند. این نتیجه با یافته‌های وو و بارات^۴ (۲۰۲۲) که به بررسی مدیریت کاربری اراضی ساحلی در برابر تغییرات اقلیمی و رشد جمعیت پرداخته‌اند، همسو است.

^۱. Freire

^۲. Kara

^۳. Handayani

^۴. Wu & Barrett

باتوجه به یافته‌های این تحقیق و چالش‌های پیش روی شهرستان کنگان در زمینه تغییرات کاربری اراضی و آلودگی منابع آب، پیشنهاد‌های زیر برای مدیریت پایدار و کاهش اثرات منفی این تغییرات ارائه می‌شود:

- ایجاد برنامه‌های توسعه شهری که تعادل بین رشد اقتصادی و حفظ محیط‌زیست را برقرار کند. این برنامه‌ها باید شامل محدودیت‌هایی برای گسترش بی‌رویه مناطق شهری و صنعتی باشد.
- تشویق صنایع به استفاده از فناوری‌های دوستدار محیط‌زیست و کاهش تولید آلاینده‌ها.
- ایجاد مناطق حائل بین مناطق شهری، صنعتی و منابع طبیعی برای کاهش تأثیرات منفی توسعه بر محیط‌زیست.
- ایجاد سیستم‌های پایش دائمی برای اندازه‌گیری آلاینده‌ها در منابع آب و شناسایی منابع آلودگی.
- الزام صنایع و شهرها به استفاده از سیستم‌های تصفیه پیشرفته برای کاهش ورود آلاینده‌ها به منابع آب.
- اجرای پروژه‌های مدیریت رواناب‌ها برای جلوگیری از ورود آلاینده‌ها به منابع آب.

۷. حامیان پژوهش

این پژوهش حامی مالی و معنوی نداشته است.

۸. مشارکت نویسندگان

این مقاله فقط یک نویسنده داشته است.

۹. تعارض منافع

نویسنده اعلام می‌کند که هیچ‌گونه تضاد منافی ندارند.

۱۰. تقدیر و تشکر

نویسنده بدین‌وسیله از همه کسانی که به‌نوعی در انجام این پژوهش یاری رسانده‌اند قدردانی می‌نماید.

منابع

- امیری، فاضل، طباطبایی. (۲۰۲۲). تاثیر تغییر کاربری/پوشش زمین بر دمای سطح زمین در منطقه ساحلی بوشهر. سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۱۳(۲)، ۱۳۰-۱۴۷.
- ابراهیمی لیلا، ایلانلو مریم، فجر سکینه. (۱۴۰۰) ارزیابی تغییرات کاربری اراضی در شهرهای ساحلی استان خوزستان با استفاده از GIS و RS. تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، ۸ (۳): ۱۷۱-۱۸۶.
- دهقانی گیشی، فرزانه، نورمحمدی، سوده، بابایی الیاسی، میلاد و برکاف، نرجس سادات. (۱۴۰۲). ارزیابی و تحلیل عوامل مؤثر بر توسعه گردشگری ساحلی (موردپژوهی: شهر ساحلی منجیل). توسعه پایدار/شهری، ۴(۱۰)، ۵۳-۶۹.
- دیوسالار، اسداله، و شیخ اعظمی، علی. (۱۳۹۰). برنامه‌ریزی فضایی توسعه پایدار شهرهای ساحلی (نمونه موردی: شهر ساحلی نور). جغرافیا و توسعه، ۹(پیاپی ۲۱)، ۴۳-۶۴.
- خطیبی، علی، امیری، محمد و فقیهی، مهدی. (۱۴۰۲). بررسی و تحلیل اراضی جهت توسعه فیزیکی شهرهای ساحلی بر مبنای معیارهای ژئوتکنیکی (مطالعه موردی: شهر بندرعباس). نشریه مهندسی عمران/میرکبیر، ۵۵(۶)، ۱۲۶۳-۱۲۸۴.
- صفایی‌پور، مسعود، گنخکی، عقیل. (۲۰۲۲). سناریوهای بهینه برای بهبود تاب‌آوری زیست‌محیطی شهرهای ساحلی با رویکرد آینده‌نگری مطالعه موردی: شهر ساحلی دیر. مجله آمایش جغرافیایی فضا، ۱۲(۲)، ۱۷-۲۹.
- شکریان، فاطمه، سلیمانی، کریم. (۱۴۰۳). تغییرات کاربری اراضی مبتنی بر تصاویر ماهواره‌ای در جلگه هراز. نشریه سنجش‌ازدور و GIS ایران، ۱۶(۱)، ۱۱۳-۱۲۸.

فاطمی، مهسا، کرمی، عزت اله، زمانی، غلامحسین. (۱۳۹۵). سیستم‌های عمده تغییر کاربری زمین در کشاورزی استان فارس. *علوم ترویج و آموزش کشاورزی ایران*، ۱۲(۲)، ۱۹۷-۲۱۴.

نسترن، مهین و سالاریان، فردیس. (۱۴۰۰). تلفیق چارچوب‌های کمی و کیفی در ارزیابی تغییرات کاربری اراضی، گامی به‌سوی توسعه پایدار (منطقه مورد مطالعه: نوار ساحلی مازندران). *توسعه پایدار شهری*، ۲(۴)، ۵-۵۳.

وبسایت سامانه ارث انجین (۲۰۲۵). <https://earthengine.google.com/>

وبسایت terrset (۲۰۲۵). <https://clarklabs.org/terrset/>

Abijith, D., & Saravanan, S. (2022). Assessment of land use and land cover change detection and prediction using remote sensing and CA Markov in the northern coastal districts of Tamil Nadu, India. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(57), 86055-86067. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-15782-6>

Ambalam, K. (2014). United Nations Convention to Combat Desertification: Issues and Challenges. *E-Int. Rel*, 30. <https://www.e-ir.info/2014/04/30>

Belgiu, M., & Drăguț, L. (2016). Random forest in remote sensing: A review of applications and future directions. *ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing*, 114, 24-31.

Freire, S., Santos, T., & Tenedório, J. A. (2009). Recent urbanization and land use/land cover change in Portugal—the influence of coastline and coastal urban centers. *Journal of Coastal Research*, 1499-1503 <https://www.jstor.org/stable/25738039>.

Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote sensing of Environment*, 202, 18-27. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>

Handayani, W., Chigbu, U. E., Rudiarto, I., & Putri, I. H. S. (2020). Urbanization and Increasing flood risk in the Northern Coast of Central Java—Indonesia: An assessment towards better land use policy and flood management. *Land*, 9(10), 343. <https://doi.org/10.3390/land9100343>

Kara, B., Esbah, H., & Deniz, B. (2013). Monitoring and analyzing land use/land cover changes in a developing coastal town: A case study of Kusadasi, Turkey. *Journal of Coastal Research*, 29(6), 1361-1372. <https://doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-11-00140.1>

Iacono, M., Levinson, D., El-Geneidy, A., & Wasfi, R. (2015). A Markov chain model of land use change. *TeMA-Journal of Land Use, Mobility and Environment*, 8(3), 263-276. DOI: <https://doi.org/10.6092/1970-9870/2985>

Liu, C., Yang, M., Hou, Y., & Xue, X. (2021). Ecosystem service multifunctionality assessment and coupling coordination analysis with land use and land cover change in China's coastal zones. *Science of the Total Environment*, 797, 149033. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149033>

Mansour, S., Ghoneim, E., El-Kersh, A., Said, S., & Abdelnaby, S. (2023). Spatiotemporal monitoring of urban sprawl in a coastal city using GIS-based Markov chain and artificial neural network (ANN). *Remote Sensing*, 15(3), 601. <https://doi.org/10.3390/rs15030601>

Norris, J. R. (1998). *Markov chains* (No. 2). Cambridge university press.

Nath, A., Koley, B., Choudhury, T., Saraswati, S., Ray, B. C., Um, J. S., & Sharma, A. (2023). Assessing coastal land-use and land-cover change dynamics using geospatial techniques. *Sustainability*, 15(9), 7398. <https://doi.org/10.3390/su15097398>

Pahlevan, N., Schott, J. R., Franz, B. A., Zibordi, G., Markham, B., Bailey, S.,.... & Ondrusek, M. (2017). Landsat 8 remote sensing reflectance (Rrs) products: Evaluations, intercomparisons, and enhancements. *Remote Sensing of Environment*, 190, 289-301. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2016.12.030>

Shahfahad, Rihan, M., Naikoo, M. W., Ali, M. A., Usmani, T. M., & Rahman, A. (2021). Urban heat island dynamics in response to land-use/land-cover change in the coastal city of Mumbai. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 49(9), 2227-2247. <https://doi.org/10.1007/s12524-021-01394-7>

Tang, J., Li, Y., Cui, S., Xu, L., Ding, S., & Nie, W. (2020). Linking land-use change, landscape patterns, and ecosystem services in a coastal watershed of southeastern China. *Global Ecology and Conservation*, 23, e01177. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01177>

Wu, T., & Barrett, J. (2022). Coastal land use management methodologies under pressure from climate change and population growth. *Environmental Management*, 70(5), 827-839. <https://doi.org/10.1007/s00267-022-01705-9>

- Xin, X., Zhang, T., He, F., Zhang, W., & Chen, K. (2023). Assessing and simulating changes in ecosystem service value based on land use/cover change in coastal cities: A case study of Shanghai, China. *Ocean & Coastal Management*, 239, 106591. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2023.106591>
- Zhang, C., Zhong, S., Wang, X., Shen, L., Liu, L., & Liu, Y. (2019). Land use change in coastal cities during the rapid urbanization period from 1990 to 2016: a case study in Ningbo City, China. *Sustainability*, 11(7), 2122. <https://doi.org/10.3390/su11072122>
- Zhang, W., Chang, W. J., Zhu, Z. C., & Hui, Z. (2020). Landscape ecological risk assessment of Chinese coastal cities based on land use change. *Applied Geography*, 117, 102174. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2020.102174>
- Zheng, H., & Zheng, H. (2023). Assessment and prediction of carbon storage based on land use/land cover dynamics in the coastal area of Shandong Province. *Ecological Indicators*, 153, 110474. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110474>

References:

- Abijith, D., & Saravanan, S. (2022). Assessment of land use and land cover change detection and prediction using remote sensing and CA Markov in the northern coastal districts of Tamil Nadu, India. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(57), 86055-86067. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-15782-6>
- Ambalam, K. (2014). United Nations Convention to Combat Desertification: Issues and Challenges. *E-Int. Rel*, 30. <https://www.e-ir.info/2014/04/30>
- Amiri, F., Fazel, & Tabatabaei. (2022). The impact of land use/land cover change on land surface temperature in the coastal area of Bushehr. *Remote Sensing and Geographic Information Systems in Natural Resources*, 13(2), 130–147. <https://doi.org/10.30495/GIRS.2022.692349>. [In Persian]
- Belgiu, M., & Drăguț, L. (2016). Random forest in remote sensing: A review of applications and future directions. *ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing*, 114, 24-31.
- Dehghani Gishi, F., Noormohammadi, S., Babaei Elyasi, M., & Berkaf, N. S. (2023). Evaluation and analysis of factors affecting the development of coastal tourism (Case study: The coastal city of Manjil). *Urban Sustainable Development*, 4(10), 53-69. doi: 10.22034/usd.2023.705537 [In Persian]
- Divsalar, A., & Sheikh Azami, A. (2011). Spatial planning for sustainable development of coastal cities (Case study: The coastal city of Noor). *Geography and Development*, 9(21), 43-64. doi: 10.22111/gdij.2011.580. [In Persian]
- Ebrahimi, L., Eilanlou, M., & Fajr, S. (2021). Assessment of land use changes in the coastal cities of Khuzestan Province using GIS and RS. *Spatial Analysis of Environmental Hazards*, 8(3), 171–186. <https://doi.org/10.52547/jsaeh.8.3.171>. [In Persian]
- Fatemi, M., Karami, E., & Zamani, G. (2016). Major land use change systems in agriculture of Fars Province. *Iranian Journal of Agricultural Extension and Education*, 12(2), 197–214. <https://doi.org/20.1001.1.20081758.1395.12.2.13.6>. [In Persian]
- Freire, S., Santos, T., & Tenedório, J. A. (2009). Recent urbanization and land use/land cover change in Portugal—the influence of coastline and coastal urban centers. *Journal of Coastal Research*, 1499-1503 <https://www.jstor.org/stable/25738039>.
- Google Earth Engine Website (2025). <https://earthengine.google.com>
- Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote sensing of Environment*, 202, 18-27. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>
- Handayani, W., Chigbu, U. E., Rudiarto, I., & Putri, I. H. S. (2020). Urbanization and Increasing flood risk in the Northern Coast of Central Java—Indonesia: An assessment towards better land use policy and flood management. *Land*, 9(10), 343. <https://doi.org/10.3390/land9100343>
- Khatibi, A., Amiri, M., & Faghihi, M. (2023). Investigation and analysis of lands for the physical development of coastal cities based on geotechnical criteria (Case study: The city of Bandar Abbas). *Amirkabir Journal of Civil Engineering*, 55(6), 1263-1284. doi: 10.22060/ceej.2023.20571.7469
- Kara, B., Esbah, H., & Deniz, B. (2013). Monitoring and analyzing land use/land cover changes in a developing coastal town: A case study of Kusadasi, Turkey. *Journal of Coastal Research*, 29(6), 1361-1372. <https://doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-11-00140.1>
- Iacono, M., Levinson, D., El-Geneidy, A., & Wasfi, R. (2015). A Markov chain model of land use change. *TeMA-Journal of Land Use, Mobility and Environment*, 8(3), 263-276. DOI: <https://doi.org/10.6092/1970-9870/2985>
- Liu, C., Yang, M., Hou, Y., & Xue, X. (2021). Ecosystem service multifunctionality assessment and coupling coordination analysis with land use and land cover change in China's coastal zones. *Science of the Total Environment*, 797, 149033. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149033>

- Mansour, S., Ghoneim, E., El-Kersh, A., Said, S., & Abdelnaby, S. (2023). Spatiotemporal monitoring of urban sprawl in a coastal city using GIS-based Markov chain and artificial neural network (ANN). *Remote Sensing*, 15(3), 601. <https://doi.org/10.3390/rs15030601>
- Nastaran, M., & Salarian, F. (2021). Integrating quantitative and qualitative frameworks in assessing land use change: A step towards sustainable development (Case study: Coastal strip of Mazandaran). *Urban Sustainable Development*, 2(4), 35–53. <https://doi.org/20.1001.1.27170128.1400.2.4.3.0> [In Persian]
- Norris, J. R. (1998). *Markov chains* (No. 2). Cambridge university press.
- Nath, A., Koley, B., Choudhury, T., Saraswati, S., Ray, B. C., Um, J. S., & Sharma, A. (2023). Assessing coastal land-use and land-cover change dynamics using geospatial techniques. *Sustainability*, 15(9), 7398. <https://doi.org/10.3390/su15097398>
- Pahlevan, N., Schott, J. R., Franz, B. A., Zibordi, G., Markham, B., Bailey, S.,... & Ondrusek, M. (2017). Landsat 8 remote sensing reflectance (Rrs) products: Evaluations, intercomparisons, and enhancements. *Remote Sensing of Environment*, 190, 289-301. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2016.12.030>
- Safaeipour, M., & Gonkhaki. (2022). Optimal scenarios for improving the environmental resilience of coastal cities using a foresight approach (Case study: The coastal city of Dayer). *Geographical Planning of Space Quarterly Journal*, 12(2), 17-29. doi: 10.30488/gps.2021.292202.3423 [In Persian]
- Shahfahad, Rihan, M., Naikoo, M. W., Ali, M. A., Usmani, T. M., & Rahman, A. (2021). Urban heat island dynamics in response to land-use/land-cover change in the coastal city of Mumbai. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 49(9), 2227-2247. <https://doi.org/10.1007/s12524-021-01394-7>
- Shokryan, F., & Soleimani, K. (2024). Land use changes based on satellite imagery in the Haraz plain. *Iranian Journal of Remote Sensing and GIS*, 16(1), 113–128. [In Persian]
- Tang, J., Li, Y., Cui, S., Xu, L., Ding, S., & Nie, W. (2020). Linking land-use change, landscape patterns, and ecosystem services in a coastal watershed of southeastern China. *Global Ecology and Conservation*, 23, e01177. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01177>
- TerrSet Website (2025). <https://clarklabs.org/terrset/>
- Wu, T., & Barrett, J. (2022). Coastal land use management methodologies under pressure from climate change and population growth. *Environmental Management*, 70(5), 827-839. <https://doi.org/10.1007/s00267-022-01705-9>
- Xin, X., Zhang, T., He, F., Zhang, W., & Chen, K. (2023). Assessing and simulating changes in ecosystem service value based on land use/cover change in coastal cities: A case study of Shanghai, China. *Ocean & Coastal Management*, 239, 106591. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2023.106591>
- Zhang, C., Zhong, S., Wang, X., Shen, L., Liu, L., & Liu, Y. (2019). Land use change in coastal cities during the rapid urbanization period from 1990 to 2016: a case study in Ningbo City, China. *Sustainability*, 11(7), 2122. <https://doi.org/10.3390/su11072122>
- Zhang, W., Chang, W. J., Zhu, Z. C., & Hui, Z. (2020). Landscape ecological risk assessment of Chinese coastal cities based on land use change. *Applied Geography*, 117, 102174. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2020.102174>
- Zheng, H., & Zheng, H. (2023). Assessment and prediction of carbon storage based on land use/land cover dynamics in the coastal area of Shandong Province. *Ecological Indicators*, 153, 110474. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110474>

نحوه استناد به این مقاله:

اجتماعی، بابک (۱۴۰۴). تجزیه و تحلیل چالش‌های تغییرات کاربری شهرهای ساحلی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و الگوریتم‌های طبقه‌بندی (مطالعه موردی شهرستان کنگان). *مطالعات جغرافیایی نواحی ساحلی*، ۶(۴)، ۵۶–۴۱. DOI: 10.22124/GSCAJ.2025.29694.1343.

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.

