

## Research Paper



## Analyzing the relationship between changes in the coastline and land use within coastal cells case study: Talesh to Anzali



Shahnaz Alizadeh <sup>1</sup>, Mojtaba Yamani <sup>\*2</sup>, Mohammadreza Servati <sup>3</sup>, Manijeh Ghahroudi Tali <sup>4</sup>



This paper is an open access and licenced under the CC BY NC licence.



DOI:10.22034/hyd.2023.56936.1698

**Reference to this article:** Alizadeh, Shahnaz; Yamani, Mojtaba; Servati, Mohammadreza; Ghahroudi Tali, Manijeh. (2023). Analyzing the relationship between changes in the coastline and land use within coastal cells, case study: Talesh to Anzali. *Hydrogeomorphology*, 10(36): 113 – 137.

## Keywords

**Coastal Sustainability, Coastal Cell, managed relocation, the west bank of the Caspian Sea.**

**Receive Date: 2023/06/02**

**Accept Date: 2023/08/29**

**Available: 2023/10/30**

## ABSTRACT

Neglecting coastal erosion can lead to environmental hazards that are among the main factors affecting human communities and facilities. Paleontology researches demonstrate tens of meters fluctuation in water level of the Caspian Sea. The shores of the Caspian Sea have variable topography and land use including lowlands (estuaries of rivers, gulfs and progradation) and sandy uplands. In this study, spatiotemporal analysis was used to analyze the changes in sandy coasts in relation to land use changes and the adaptation of the coastal line in the study area within the framework of coastal cells. Land use data for the years 1975 and 2020 were extracted using SAGA and ENVI software, and land use changes were analyzed using IDRISI software. The results showed that 68 kilometers of the coast have been unstable, with the majority of these areas experiencing erosion due to human activities (land use changes), including cells 10 and 3. Also, the erosion of unstable cells 5, 6, and 1 is of natural erosion type (sea level changes), and the erosion of unstable cells 9 and 2 is of natural-human erosion type. The remaining 24 kilometers of the studied coastline have been stable coasts, with the majority of coastal areas experiencing natural erosion (sea level changes), including cells 7 and 8. Cell 4 has had sustainable coasts with erosion of a natural-human type.

\* Corresponding Author: Mojtaba Yamani

E-mail: myamani@ut.ac.ir

1. Department of Physical Geography, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
2. Department of Physical Geography, Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran
3. Department of Physical Geography, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
4. Department of Physical Geography, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

## Extended Abstract

### Introduction

Coastal areas are highly vulnerable because they are involved with both sea hydrodynamic processes and human activities. Coastal geomorphology is considered a prominent way to analyze coastal processes. Paleontology studies demonstrate tens of meters of fluctuations in the water level of the Caspian Sea. The shores of the Caspian Sea have variable topography and land use, including lowlands (estuaries of rivers, gulfs, and progradation) and sandy uplands. There is a slight slope in the lowlands that causes the flooding of lands when the sea level rises and with the increased piezo metric level of coastal aquifers. This has led to the abandonment of some coastal areas in recent years, a process known as managed retreat or shoreline realignment. With the rise of sea levels, significant changes will occur in cities, ports, and low-lying areas surrounding coastal lines around the world. One of the most important issues that must be considered in the future development planning of coastal areas is a proper space between constructions and seas that allows natural processes. The process of erosion and desertification affects human societies, agricultural lands, and natural resources in coastal areas. Neglecting coastal erosion can lead to environmental hazards that are among the main factors affecting human communities and facilities. The examination and prediction of coastal erosion levels helps managers to adopt management approaches to protect the coasts based on the level of erosion. The investigated region is a 93.4 km coastline in three cities Talesh, Rezvanshahr, and Anzali.

### Methodology

The susceptibility of coastal areas in Guilan province to changes in relation to changes in land use was analyzed using temporal-spatial analyses as one of the evaluation methods in coastal areas. Coastal erosion originates from two natural and human sources. In this study, the number of eroded areas was obtained by selecting the coastal area from Talesh to Anzali, and the land uses were classified into four categories for the period of 1975 and 2020. The agricultural, forest, urban, and sandy land uses were investigated in this study based on the research objectives. Changes in the first three land uses are affected by human activities, and changes in sandy land use are affected by both human activities and eustatic changes in the Caspian Sea. LandSat 2 satellite images for April 10, 1975, and LandSat 8 images for May 28, 2020, as well as ENVI, IDRISI Terrset, SAGA, and Arc GIS software as the main research tools were used for the analysis.

### Results and Discussion

To analyze eroded coasts, cells were classified into two stable and unstable groups based on temporal changes and three groups of natural (eustatic changes in the sea), human (land use changes), and natural-human based on spatial changes. In almost all cells, both natural and human factors affected beach degradation, thus the classification was based on the contribution of each to the destruction. Sustainable coasts are those that have maintained their stability and balance against changes over time. As such, if an area of the coast has been lost over time, it has been compensated for by changes in human activities, such as agricultural and building land uses or river sedimentation. Unstable coasts are those that have lost their stability and balance over time, so that if an area of the coast has been lost over time, it has not been compensated for and the sandy beach area has decreased over time. These coasts are classified into three groups based on spatial changes and the origin of erosion. Cells with natural erosion are mostly caused by natural factors such as sea level changes. Cells with human erosion are mostly caused by human factors such as land use changes. Cells with natural-human erosion are equally affected by both natural factors (sea level changes) and human factors (land use changes) affecting their erosion.

### Conclusions

In this study, the spatiotemporal analysis was used to analyze the changes in sandy coasts in relation to land use changes and the adaptation of the coastal line in the study area within the framework of coastal cells. The coasts were divided into two stable and unstable groups based on temporal changes of erosion, and three natural (sea level changes), human (land use changes), and natural-human groups based on the spatial changes of erosion. Moreover, 68.9 km of the coastal area under study are unstable beaches, where erosion has occurred in the highest percentage of the beach due to human activities (28.9% of the coastline length), which includes

cells 10 (Anzali) and 3 (Lisar). Furthermore, the erosion of unstable cells 5 (Kerganroud), 6 (Navroud), and 1 (Shirabad) is the type of natural erosion (sea level changes) and the erosion of unstable cells 9 (Shafaroud) and 2 (Khotbeh Sara) is the type of natural-human erosion. Besides, 24 km of the coastal area under study are stable beaches, where the erosion has occurred in the highest percentage of the beach due to natural factors (18% of the coastline length), which includes cells 7 (Khalehsara) and 8 (Dinachal). Cell 4 (Nilroud) had stable coasts with natural-human erosion.



## مقاله پژوهشی



## تحلیل ارتباط تغییرات خط ساحلی و کاربری اراضی در قالب سلول‌های ساحلی مطالعه موردی: تالش تا انزلی



شهناز علیزاده<sup>۱</sup>، مجتبی یمانی\*<sup>۲</sup>، محمدرضا ثروتی<sup>۳</sup>، منیژه قهرودی تالی<sup>۴</sup>



این مقاله به صورت دسترسی باز و با لایسنس CC BY NC کرییتیو کامنز قابل استفاده است.



**ارجاع به این مقاله:** علیزاده، شهناز؛ یمانی، مجتبی؛ ثروتی، محمدرضا؛ قهرودی تالی، منیژه (۱۴۰۲). تحلیل ارتباط تغییرات خط ساحلی و کاربری اراضی در قالب سلول‌های ساحلی، مطالعه موردی: تالش تا انزلی. هیدروژئومورفولوژی، ۱۰ (۳۶): ۱۳۷ - ۱۱۳.

DOI:10.22034/hyd.2023.56936.1698



1

| چکیده  | کلیدواژه‌ها  |
|--|--|
| <p>بی توجهی نسبت به فرسایش ساحلی موجب وقوع مخاطره می‌شود. این مخاطره به طور مستقیم و غیرمستقیم بر جوامع انسانی و تأسیسات ساحلی تأثیرگذار است. پژوهش‌های دیرینه‌شناسی مؤید افت و خیز تراز آبی دریای خزر در قالب ارقام متفاوتی تا چند ده متر است. سواحل دریای خزر دارای توپوگرافی و کاربری اراضی متفاوتی از جمله اراضی پست مرتبط با مصب رودخانه‌ها، خورها و یا پیشرفتگی‌های آب دریا در خشکی و سواحل نسبتاً بلندتر ماسه‌ای و شنی است. در این پژوهش با استفاده از تحلیل زمانی - مکانی تغییرات کاربری اراضی در طول ۴۵ سال به تحلیل تغییرات ساحل ماسه‌ای و انطباق آن در ساحل مورد مطالعه در قالب سلول‌های ساحلی پرداخته شده است. برای این منظور با استفاده از نرم‌افزارهای SAGA و ENVI داده‌های کاربری اراضی سال‌های ۱۹۷۵ و ۲۰۲۰ و سپس با نرم‌افزار IDRISI تغییرات کاربری اراضی استخراج شدند. نتیجه پژوهش حاکی از آن است که ۶۸/۹ کیلومتر از بازه ساحلی مورد مطالعه، سواحل ناپایداری بوده‌اند که در بیشترین بازه‌ها فرسایش از نوع انسانی بوده است (تغییرات کاربری اراضی داشته‌اند). این امتداد سلول‌های ۱۰ و ۳ را دربر می‌گیرد. همچنین فرسایش سلول‌های ناپایدار ۵، ۶ و ۱ از نوع فرسایش طبیعی (تغییرات ائوستاتیک دریا) و فرسایش سلول‌های ناپایدار ۹ و ۲ از نوع فرسایش طبیعی - انسانی می‌باشند. ۲۴ کیلومتر باقیمانده از طول ساحلی مورد بررسی، جزء سواحل پایدار قرار می‌گیرند. در این میان، بیشترین بخش‌های ساحلی، فرسایش از نوع طبیعی (تغییرات ائوستاتیک دریا) تسلط داشته است. این بخش‌ها عمدتاً دو سلول ۷ و ۸ را دربر می‌گیرند. همین‌طور سلول ۴ نیز در گروه سواحل پایدار با فرسایش از نوع طبیعی - انسانی قرار می‌گیرد.</p> | <p>پایداری ساحلی، سلول ساحلی، انطباق خط ساحلی، کرانه غربی دریای خزر</p> <p>تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۱۲<br/>تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۰۷<br/>تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۸/۰۸</p> |

\* نویسنده مسئول: مجتبی یمانی

رایانامه: myamani@ut.ac.ir

۱- گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

۲- گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۳- گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

۴- گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

## مقدمه

مناطق ساحلی از پویاترین محیط‌های کره زمین به شمار می‌روند که در آن فرآیندهای خشکی و دریایی باهم در تلاقی هستند. سواحل ماسه‌ای، زمانی فرسایش می‌یابند که مقدار مواد رسوبی از بین رفته در امتداد ساحل بیش از مقداری باشد که از کرانه دور و زمین‌های پشت ساحل<sup>۱</sup> وارد می‌شوند. هنگامی که حجم مواد ساحلی کاهش می‌یابد، سطح ساحل پایین رفته و عقب‌نشینی می‌کند. نیمرخ محدب سواحل دارای پیشروی، جای خود را به نیمرخ مقعر می‌دهند. بخش‌های نسبتاً کمی از سواحل کره زمین، به‌طور طبیعی در حال پیشروی هستند، درحالی‌که سواحل ماسه‌ای در حال پس‌روی، بسیار فراوانند (برد، ۲۰۱۷: ۲۶۳). بین سال‌های ۱۹۷۶ و ۱۹۸۴، کمیسیون محیط‌های ساحلی (انجمن بین‌المللی جغرافیا)، شواهد تغییر سواحل در سراسر کره زمین، طی قرن جاری را جمع‌آوری کرد و به این نتیجه رسید که فرسایش ساحلی، بسیار گسترده شده است. بیش از ۷۰ درصد نواحی ساحلی که دارای پس‌کرانه ماسه‌ای بوده‌اند طی این دوره پس‌روی کرده‌اند. کمتر از ۱۰ درصد سواحل، پیشروی داشته‌اند. مابقی یا پایدار بوده‌اند یا دارای نوساناتی بدون هیچ‌گونه کسب و دفع رسوبی بوده‌اند (برد، ۲۰۱۷: ۲۶۴). بی‌توجهی نسبت به فرسایش ساحلی موجب مخاطرات محیطی می‌شود که از جمله عوامل اصلی تأثیرگذار بر جوامع انسانی و تأسیسات است. مناطق ساحلی از طرفی تحت تأثیر فرایندهای هیدرودینامیک دریا و خشکی و از طرف دیگر تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی اطراف خط ساحلی می‌باشند که اغلب میزان فرسایش‌پذیری را افزایش می‌دهند. مناطق ساحلی گستره تقابل و تعامل مجموعه نیروهای محیط دریایی و خشکی با یکدیگر می‌باشد که این امر موجب تغییرات کوتاه و درازمدت در شکل و مشخصات مناطق ساحلی می‌گردد. در تعیین طرح کاربری اراضی ساحلی، یکی از موارد کاملاً مؤثر و دخیل، شناخت وضعیت و شرایط منطقه ساحلی از دیدگاه آب‌گرفتگی و طغیان‌های دریایی، فرسایش و رسوب‌گذاری و عوامل طبیعی می‌باشد. مطالعه و شناخت این عوامل به نحو مؤثری می‌تواند تصمیمات اتخاذشده در طرح کاربری موردنظر را دچار تغییرات اساسی و یا اصلاح گرداند و توصیه‌های مفید و کاربردی جهت طراحی و اجرای مناسب‌تر ساخت‌وسازهای ساحلی را ارائه نماید (حسین‌زاده، ۱۳۹۵: ۲۳)؛ به عبارتی یکی از مهم‌ترین مسائل در برنامه‌ریزی توسعه آینده در سواحل منطقه مورد مطالعه باید اطمینان از این امر باشد که توسعه ساخت‌وساز در فاصله‌ای مناسب از پهنه آبی جانمایی شود تا اجازه انجام فرایندهای طبیعی از فضای منطقه ساحلی سلب نگردد (حسین‌زاده، ۱۳۹۵: ۲۴). آنچه مهم است تاکنون مطالعات معدودی در این زمینه پژوهشی انجام گرفته است. اغلب آن‌ها نیز بر روی تطبیق و مقایسه تغییرات زمانی خطوط ساحلی متمرکز شده‌اند. از جمله آن‌ها پژوهشی است که Bukvic و همکاران (۲۰۲۳) به بررسی پیامدهای مکانی و زمانی سیل و خطر جابه‌جایی در روستاها و شهرهای ساحلی در ایالات متحده آمریکا پرداخته‌اند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که برخی از کاربری‌های شهری مانند فضاهای باز، نظامی و کاربری مختلط و همچنین مناطق مسکونی و تجاری روستایی ممکن است به مقدار قابل توجهی دچار سیل شوند. Daramola و همکاران (۲۰۲۲) به بررسی عقب‌نشینی مناطق سیل‌خیز در امتداد خط ساحلی ماهین<sup>۲</sup> در ایلاجه<sup>۳</sup> نیجریه پرداختند و به این نتیجه رسیدند که مناطق تحت سلطه عقب‌نشینی در سال‌های اخیر در حال افزایش بوده است و همچنین سیل ساحلی ممکن است به‌زودی چندین کیلومتر گسترش یابد و مناطق وسیعی از بخش جنوب‌شرقی را پوشش دهد. Piggott McKellar و همکاران (۲۰۲۱) به بررسی پاسخ‌های متنوع ساحل به تغییرات ساحلی در یک ایالت جزیره‌ای کوچک در فیجی<sup>۴</sup> پرداختند و واکنش مناطق ساحلی را به تغییرات خط ساحلی به گروه‌های بی‌حرکتی داوطلبانه، بی‌حرکتی به دلیل گزینه‌های جابه‌جایی محدود، جابه‌جایی تدریجی، جابه‌جایی جزئی و جابه‌جایی کامل جامعه تقسیم نمودند. Rocle و همکاران (۲۰۲۱) با توجه به شرایط اجتماعی و نهادی کشور فرانسه به بررسی عقب‌نشینی مدیریت‌شده مناطق ساحلی پرداختند و به این نتیجه رسیدند که حکمرانی چندسطحی می‌تواند شرایط مساعدی را برای پروژه‌های جابه‌جایی ساحلی و پیکربندی مجدد

- 1- Hinterland
- 2- Mahin
- 3- Ilaje
- 4- Fiji

فضایی ایجاد کند. از آنجاکه در داخل و خارج کشور مطالعاتی در زمینه پژوهش حاضر انجام نشده است، به بیان برخی مطالعات مشابه که در زمینه بررسی تغییرات خط ساحلی می‌باشند اکتفا می‌شود. Clare و همکاران (۲۰۲۲)، به ارزیابی خطر فرسایش و سیل در مناطق ساحلی با استفاده از روش‌های چند سطحی مونت کارلو پرداختند. Bombino و همکاران (۲۰۲۲)، به بررسی تغییر خط ساحلی و فرسایش ساحلی و نقش سدهای کنترلی در منطقه کالابریا<sup>۱</sup> در جنوب ایتالیا پرداختند که با توجه به نتایج به دست آمده، می‌توان بحثی را در مورد فرصت تبدیل یا تخریب سدهای چک در نزدیک‌ترین نقطه‌های سیلابی را به ساحل ترویج داد. Queiroz و همکاران (۲۰۲۲) با استفاده از شاخص‌های مبتنی بر ماهواره جهانی به ارزیابی آسیب‌پذیری ساحلی برای مدیریت فرسایش در منطقه‌ای از شمال شرق برزیل پرداختند. برای این منظور از مجموعه داده‌های محیطی مانند عوامل بیوفیزیکی و اجتماعی استفاده شد و نتایج نشان داد مناطق شهری با تراکم زیاد و پوشش گیاهی کم با میزان آسیب‌پذیری بالای سواحل در برابر فرسایش رابطه مستقیم وجود دارد. Cai و همکاران (۲۰۲۲) به بررسی گسترش آسیب‌پذیری فرسایش ساحلی در سرزمین اصلی چین به دلیل تغییرات فعالیت‌های انسانی پرداختند و میزان آسیب‌پذیری خط ساحلی در ۴۰ سال گذشته با استفاده از مدل AHP و ۱۰ شاخص شامل عوامل طبیعی، انسانی، اجتماعی، اقتصادی و غیره مورد ارزیابی قرار گرفت و به این نتیجه رسیدند که فعالیت‌های انسانی می‌تواند آسیب‌پذیری سواحل را بیشتر تحت تأثیر قرار دهد و خطر فرسایش را به یک نگرانی قابل توجه تبدیل کند. Abdrabo و همکاران (۲۰۲۲) به بررسی آسیب‌پذیری بالقوه مناطق شهری ساحلی در برابر افزایش سطح دریا در حوضه جنوب شرقی لوانتین<sup>۲</sup> پرداختند که به این نتیجه رسیدند که پویایی شهری در منطقه، آسیب‌پذیری بالقوه آن‌ها را تا سال ۲۰۵۰ در مقایسه با آسیب‌پذیری فعلی افزایش می‌دهد. عمونیا و همکاران (۱۴۰۰) به تحلیل اثرپذیری تغییرات خط ساحلی خزر در ارتباط با تغییرات کاربری اراضی در خط ساحلی بابل رود پرداختند و به این نتیجه رسیدند فعالیت‌های انسانی بیش از تغییرات تراز دریا، در تغییرات زمانی خط ساحلی تأثیرگذار بوده‌اند که مهم‌ترین این فعالیت‌ها، توسعه ساخت‌وسازها و سازه‌های ساحلی فراتر از خط ساحلی طبیعی است. خوش‌روان (۱۴۰۰) به ارزیابی شدت آسیب‌پذیری فیزیکی ساحل دلتای رودخانه سفیدرود پرداخت و به این نتیجه رسید که مناطق منتهی به دهانه غربی و شرقی رودخانه سفیدرود دارای بیشترین آسیب‌پذیری فیزیکی است و با افزایش فاصله از محل دهانه رودخانه به سمت غرب و شرق به تدریج از میزان آسیب‌پذیری فیزیکی کاسته می‌شود. نگهبان و همکاران (۱۳۹۶) به بررسی و پایش تغییرات خط ساحلی دریای عمان در منطقه جاسک پرداختند و به این نتیجه رسیدند که در دوره اول ۹ کیلومترمربع، در طول دوره دوم ۱۹ کیلومترمربع، در دوره سوم ۴۳ کیلومترمربع و در دوره آخر ۶۵ کیلومترمربع از ساحل منطقه به زیر آب رفته‌اند. عابدینی و همکاران (۱۳۹۶) به آشکارسازی روند تغییرات دریاچه‌ها با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش‌ازدور در دریاچه تکتونیک زریوار پرداختند که نتایج نشان داد از سال ۱۳۳۵ تا ۱۳۹۲ زمین‌های کشاورزی کاهش و اراضی جنگلی افزایش داشته‌اند و در طی این سال‌ها وسعت دریاچه از ۱۲۹۷ هکتار به ۸۸۲ هکتار کاهش یافته است. شریفی‌کیا و همکاران (۱۳۹۶) به تعیین تغییرات دینامیک خط ساحلی بخش شرقی دریای خزر به کمک داده‌های چندمنظوره/ چند سنجنده‌ای پرداختند که نتایج حاکی از پرحجم بودن تغییرات در بخش غربی خلیج گرگان و نوار شمالی - جنوبی سواحل شرقی است. خوش‌روان و همکاران (۱۳۹۵) به بررسی نوسانات سطح تراز آب دریای خزر (گذشته، حال و آینده) پرداختند و به این نتیجه رسیدند که عوامل اقلیمی به‌عنوان مهم‌ترین علت تغییر سطح تراز آب طی دوره هولوسن می‌باشند. طی دوره پلیوستوسن پایانی تا انتهای هولوسن سطح تراز آب حدود ۱۵۰ متر تغییر کرده است و در صورت تداوم روند گرمایش زمین تخمین زده می‌شود که تا سال ۲۱۰۰ سطح تراز آب دریای خزر بیش از ۳/۵ متر کاهش یابد. عابدینی و همکاران (۱۳۹۴) به ارزیابی تغییرات خط ساحلی دریاچه ارومیه با پردازش داده‌های ماهواره‌ای بین سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۰۵ پرداختند و نتایج بیانگر پیشروی دریاچه در ساحل شرقی با افزایش سطح حدود ۲۰۴۹۹۰ هکتار و کاهش سطح اراضی نمکی حدود ۱۷۵۶۹

1- Calabria  
2. Levantine

هکتار بوده است که این تغییر نشان‌دهنده تغییرات محیطی در منطقه می‌باشد. اصغری سراسکانرود و همکاران (۱۳۹۴) به شناسایی و استخراج تغییرات رودخانه زرینه‌رود در فاصله سال‌های ۱۹۸۹ تا ۲۰۱۴ با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره‌ای پرداختند و به این نتیجه رسیدند که به علت کاهش بسیار محسوس دبی رودخانه از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴، پتانسیل رودخانه برای ایجاد تغییرات مورفولوژیک در بخش‌های مختلف بسیار پایین است. سعید صبایی و همکاران (۱۳۹۰) به بازبینی حریم قانونی سواحل دریای خزر به سبب تغییرات تراز آب دریا در سواحل گیلان پرداختند که در نقشه نهایی به‌دست آمده از ارزیابی ساحلی به چهار طبقه با شدت آسیب‌پذیری کم، متوسط، بالا و بسیار بالا بر اساس طبقه‌بندی چارکی ارزش‌های موجود در نقشه‌هایی تقسیم‌شده است. در رابطه با مطالعات صورت گرفته در منطقه مورد مطالعه نیز می‌توان به پژوهش درفشی و همکاران (۱۳۹۵) اشاره کرد. آن‌ها به تعیین سلول‌های ساحلی در سواحل جنوبی دریای خزر پرداختند و منطقه را به چهار سلول و هفت زیر سلول درجه یک و ۱۵ زیر سلول درجه دو تقسیم کردند. افشاری‌آزاد و همکاران (۱۳۹۱) نیز به طبقه‌بندی و تحلیل پدیده‌های ژئومورفیکی سواحل غربی خزر از انزلی تا آستارا با رویکردی به نوسانات سطح آب دریا پرداختند. آن‌ها به طبقه‌بندی سواحل به روش شپارد پرداختند و رده‌های شاخصی چون دلتا، تپه‌های ماسه‌ای، تالاب و ... را شناسایی کردند. سواحل دریای خزر دارای توپوگرافی و کاربری اراضی متفاوتی از جمله اراضی پست مرتبط با مصب رودخانه‌ها، خلیج‌ها و یا پیشرفتگی‌های آب دریا در خشکی و سواحل نسبتاً بلندتر ماسه‌ای و شنی است (منوری، ۱۳۶۹: ۱۰۴). شیب بسیار کم در اراضی پشت ساحل وجود دارد. این عوامل، شرایط مساعدی را برای غرقاب شدن زمین‌ها در مواقع افزایش سطح تراز آب دریا و یا بالا آمدن سطح پیژومتری آبخوان‌های ساحلی فراهم می‌کند (افشاری‌آزاد، ۱۳۹۱: ۱۷۸). از سال ۱۳۵۶ تا ۱۳۷۴ حدود ۷۷۸ کیلومترمربع از اراضی ساحلی به زیر آب رفته، که از این میزان ۳۴ درصد در استان گیلان واقع شده است (قانقرمه، ۱۳۸۴: ۲). بنابراین بررسی و پیش‌بینی میزان فرسایش منطقه ساحلی به مدیران کمک می‌کند تا رویکردهای مدیریتی خود را برای حفاظت از سواحل با توجه به میزان فرسایش اتخاذ نمایند. هدف اصلی این پژوهش استفاده از تحلیل زمانی - مکانی تغییرات کاربری اراضی ساحلی بخش غربی خزر است. این تغییرات در طول بازه زمانی ۴۵ سال اخیر به‌منظور تخمین دامنه پایداری سطوح در معرض فرسایش، در سواحل غربی خزر در قالب سلول‌های ساحلی انجام پذیرفته است.

### محدوده مورد مطالعه

محدوده تحت بررسی خطوط ساحلی سه شهرستان تالش، رضوانشهر و انزلی از استان گیلان می‌باشد (شکل ۱). این منطقه بر اساس سیستم مختصات جغرافیایی از ۴۸ درجه و ۵۴ دقیقه و ۵۱ ثانیه طول شرقی و ۳۸ درجه و ۰۶ دقیقه و ۰۰ ثانیه عرض شمالی تا ۴۹ درجه و ۲۷ دقیقه و ۴۱ ثانیه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۲۸ دقیقه و ۴۴ ثانیه عرض شمالی کشیده شده است که شامل حاشیه باریک جنوب غربی دریای خزر است که بلافاصله بعد از دریا شروع شده و امتداد آن تا پای‌کوه‌های شرقی تالش می‌رسد. از لحاظ مورفولوژی و فرایندهای ساحلی، این محدوده به ۱۰ سلول تقسیم شده است. طول منطقه مورد مطالعه ۹۳/۴ کیلومتر است و عرض آن همواره متغیر است و از تالش تا انزلی افزایش پیدا می‌کند. سطح هموار و یکنواخت از ویژگی‌های آن است. شیب آن بسیار آرام و از پای‌کوه‌ها به سمت دریای خزر است. گاهی شیب آن قدر ملایم و کم می‌شود که آب‌های جاری با توجه به بافت ریز رسوب‌ها، باتلاق‌هایی به وجود آورده‌اند. حد جنوبی منطقه در تمام طول آن به‌وسیله دیوار ممتد و مرتفع تالش محصور شده و ارتباط آن با ناحیه جغرافیایی داخلی فقط از طریق دره‌های عمیق و گردنه‌های بلند امکان‌پذیر می‌باشد (علایی طالقانی، ۱۳۸۶: ۳۲۴).



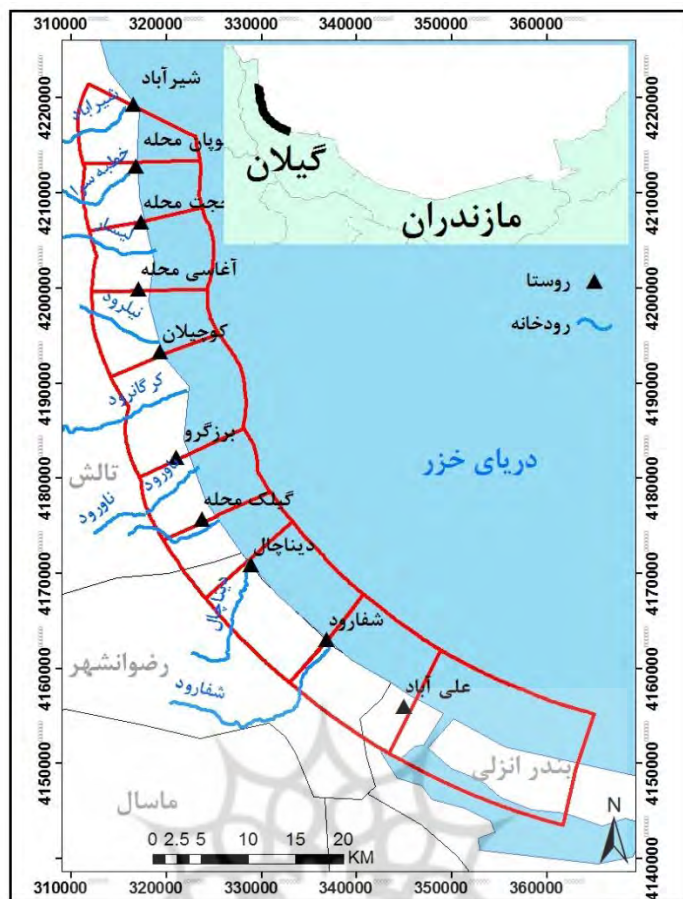
شکل ۱: بازه ساحلی تالش - انزلی.

Fig 1: Th study area (Talesh – Anzali shoreline).

#### داده‌ها و روش‌ها

به منظور آنالیز تغییرات نواحی ساحلی استان گیلان در ارتباط با میزان تغییرات کاربری اراضی، استفاده از تحلیل‌های زمانی - مکانی که یکی از روش‌های ارزیابی آن در نواحی ساحلی می‌باشد، استفاده شده است. فرسایش ساحلی از دو عامل طبیعی و انسانی متأثر می‌باشد. در این پژوهش برای دستیابی به کمیت مساحت‌های فرسایش یافته، منطقه ساحلی شهرستان‌های تالش تا انزلی انتخاب شده و کاربری‌های این محدوده برای دوره زمانی ۱۹۷۵ و ۲۰۲۰ به چهار کاربری طبقه‌بندی شدند. کاربری‌های موردنظر با توجه به هدف مطالعه، شامل کاربری‌های زراعی، جنگلی، ساختمانی و سواحل ماسه‌ای است. تغییرات در سه کاربری اول در اثر فعالیت‌های انسانی و تغییرات در سواحل ماسه‌ای هم متأثر از فعالیت‌های انسانی و هم متأثر از تغییرات ائوستاتیک دریای خزر می‌باشد. تصاویر ماهواره‌ای لندست ۲ برای تاریخ ۱۰ آوریل ۱۹۷۵ با اندازه پیکسل  $60 \times 60$  و تصویر لندست ۸ برای تاریخ ۲۸ می ۲۰۲۰ با اندازه پیکسل  $30 \times 30$  منطقه تالش تا انزلی و همچنین نرم‌افزار ENVI، IDRISI، Terrset، SAGA و Arc GIS به عنوان ابزارهای اصلی پژوهش برای تجزیه و تحلیل مورد استفاده قرار گرفته‌اند. با توجه به شکل ۲ مراحل کار به این صورت انجام شد که ابتدا در محیط نرم‌افزار SAGA کاربری اراضی مناطق ساحلی دو سال ۱۹۷۵ و ۲۰۲۰ از روی تصاویر ماهواره‌ای لندست استخراج شدند. در مرحله بعدی در نرم‌افزار ENVI این کاربری‌ها طبقه‌بندی شدند و سپس در نرم‌افزار IDRISI تغییرات کاربری اراضی بین سال‌ها ۱۹۷۵ و ۲۰۲۰ استخراج شد. نهایتاً در محیط GIS میزان نواحی ساحلی فرسایش یافته و تغییرات سواحل ماسه‌ای مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.





شکل ۲: سلول بندی بازه ساحلی تالش - انزلی.

Fig 3: Cellularization of the study area (Tالش - Anzali).



شکل ۳: فلوجارت تحقیق .

Fig 2: Research flowchart.

جدول ۱: مشخصات سلول‌های ساحلی تالش - انزلی.

Table1: Specifications of coastal cells in Talesh - Anzali.

| طول ساحل     | محدوده                             |                                    | مختصات انتهایی سلول             |                                 | مختصات ابتدای سلول              |                                 | سلول                        |
|--------------|------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|
|              | انتهای                             | ابتدا                              | Y                               | X                               | Y                               | X                               |                             |
| ۵/۸ کیلومتر  | روستای چوپان<br>محله - تالش        | روستای<br>شیرآباد -<br>تالش        | ۳۸ درجه<br>۰۳ دقیقه<br>۰۵ ثانیه | ۴۸ درجه<br>۵۵ دقیقه<br>۰۳ ثانیه | ۳۸ درجه<br>۰۵ دقیقه<br>۵۴ ثانیه | ۴۸ درجه<br>۵۴ دقیقه<br>۵۳ ثانیه | ۱<br>(مخروط‌افکنه شیرآباد)  |
| ۶/۴ کیلومتر  | روستای حجت<br>محله - تالش          | روستای<br>چوپان محله<br>- تالش     | ۳۷ درجه<br>۵۹ دقیقه<br>۳۱ ثانیه | ۴۸ درجه<br>۵۵ دقیقه<br>۳۳ ثانیه | ۳۸ درجه<br>۰۳ دقیقه<br>۰۵ ثانیه | ۴۸ درجه<br>۵۵ دقیقه<br>۰۳ ثانیه | ۲<br>(مخروط‌افکنه خطبه سرا) |
| ۸/۱ کیلومتر  | روستای<br>آغاسی محله -<br>تالش     | روستای<br>حجت محله<br>- تالش       | ۳۷ درجه<br>۵۵ دقیقه<br>۱۸ ثانیه | ۴۸ درجه<br>۵۵ دقیقه<br>۵۲ ثانیه | ۳۷ درجه<br>۵۹ دقیقه<br>۳۱ ثانیه | ۴۸ درجه<br>۵۵ دقیقه<br>۳۳ ثانیه | ۳<br>(مخروط‌افکنه لیسار)    |
| ۶/۴ کیلومتر  | روستای<br>کوچیلان -<br>تالش        | روستای<br>آغاسی محله<br>- تالش     | ۳۷ درجه<br>۵۱ دقیقه<br>۵۵ ثانیه | ۴۸ درجه<br>۵۷ دقیقه<br>۰۵ ثانیه | ۳۷ درجه<br>۵۵ دقیقه<br>۱۸ ثانیه | ۴۸ درجه<br>۵۵ دقیقه<br>۵۲ ثانیه | ۴<br>(مخروط‌افکنه نیلرود)   |
| ۱۱ کیلومتر   | روستای<br>برزه گرو -<br>تالش       | روستای<br>کوچیلان -<br>تالش        | ۳۷ درجه<br>۴۶ دقیقه<br>۳۲ ثانیه | ۴۸ درجه<br>۵۹ دقیقه<br>۰۳ ثانیه | ۳۷ درجه<br>۵۱ دقیقه<br>۵۵ ثانیه | ۴۸ درجه<br>۵۷ دقیقه<br>۰۵ ثانیه | ۵<br>(مخروط‌افکنه کرگانرود) |
| ۷/۷ کیلومتر  | روستای گیلک<br>محله - تالش         | روستای<br>برزه گرو -<br>تالش       | ۳۷ درجه<br>۴۲ دقیقه<br>۴۸ ثانیه | ۴۹ درجه<br>۰۱ دقیقه<br>۰۱ ثانیه | ۳۷ درجه<br>۴۶ دقیقه<br>۳۲ ثانیه | ۴۸ درجه<br>۵۹ دقیقه<br>۰۳ ثانیه | ۶<br>(مخروط‌افکنه ناورود)   |
| ۵/۳ کیلومتر  | روستای<br>دیناچال -<br>رضوانشهر    | روستای<br>گیلک محله -<br>تالش      | ۳۷ درجه<br>۴۰ دقیقه<br>۳۶ ثانیه | ۴۹ درجه<br>۰۳ دقیقه<br>۱۲ ثانیه | ۳۷ درجه<br>۴۲ دقیقه<br>۴۸ ثانیه | ۴۹ درجه<br>۰۱ دقیقه<br>۰۱ ثانیه | ۷<br>(مخروط‌افکنه خاله سرا) |
| ۱۲/۳ کیلومتر | روستای<br>شفارود -<br>رضوانشهر     | روستای<br>دیناچال -<br>رضوانشهر    | ۳۷ درجه<br>۳۵ دقیقه<br>۴۸ ثانیه | ۴۹ درجه<br>۰۹ دقیقه<br>۲۷ ثانیه | ۳۷ درجه<br>۴۰ دقیقه<br>۳۶ ثانیه | ۴۹ درجه<br>۰۳ دقیقه<br>۱۲ ثانیه | ۸<br>(مخروط‌افکنه دیناچال)  |
| ۱۱/۱ کیلومتر | روستای<br>علی‌آباد - بندر<br>انزلی | روستای<br>شفارود -<br>رضوانشهر     | ۳۷ درجه<br>۳۲ دقیقه<br>۳۷ ثانیه | ۴۹ درجه<br>۱۵ دقیقه<br>۱۵ ثانیه | ۳۷ درجه<br>۳۵ دقیقه<br>۴۸ ثانیه | ۴۹ درجه<br>۰۹ دقیقه<br>۲۷ ثانیه | ۹<br>(مخروط‌افکنه شفارود)   |
| ۱۸/۸ کیلومتر | بندرگاه انزلی -<br>بندر انزلی      | روستای<br>علی‌آباد - بندر<br>انزلی | ۳۷ درجه<br>۲۸ دقیقه<br>۵۴ ثانیه | ۴۹ درجه<br>۲۷ دقیقه<br>۰۱ ثانیه | ۳۷ درجه<br>۳۲ دقیقه<br>۳۷ ثانیه | ۴۹ درجه<br>۱۵ دقیقه<br>۱۵ ثانیه | ۱۰<br>(تالاب انزلی)         |

### یافته‌های تحقیق

برای بررسی و تحلیل ساحل‌های فرسایش یافته، سلول‌ها از نظر تغییرات زمانی به دو گروه پایدار و ناپایدار و از نظر تغییرات مکانی به سه گروه طبیعی (تغییرات ائوستاتیک دریا)، انسانی (تغییرات کاربری اراضی) و طبیعی - انسانی طبقه‌بندی شدند. شایان ذکر است تقریباً در تمام سلول‌ها تخریب و آسیب ساحل ماسه‌ای در اثر هر دو عامل طبیعی و انسانی رخ داده است و طبقه‌بندی بر اساس میزان سهم هر کدام در تخریب صورت گرفته است.

### • سواحل پایدار

سواحل پایدار به سواحل گفته می‌شوند که تقریباً در طول زمان حالت ثبات و توازن خود را در برابر تغییرات حفظ کرده‌اند؛ به طوری که اگر مساحتی از ساحل در طی زمان از دست‌رفته باشد از طرف دیگر دوباره با عقب‌نشینی کاربری‌های انسانی مانند

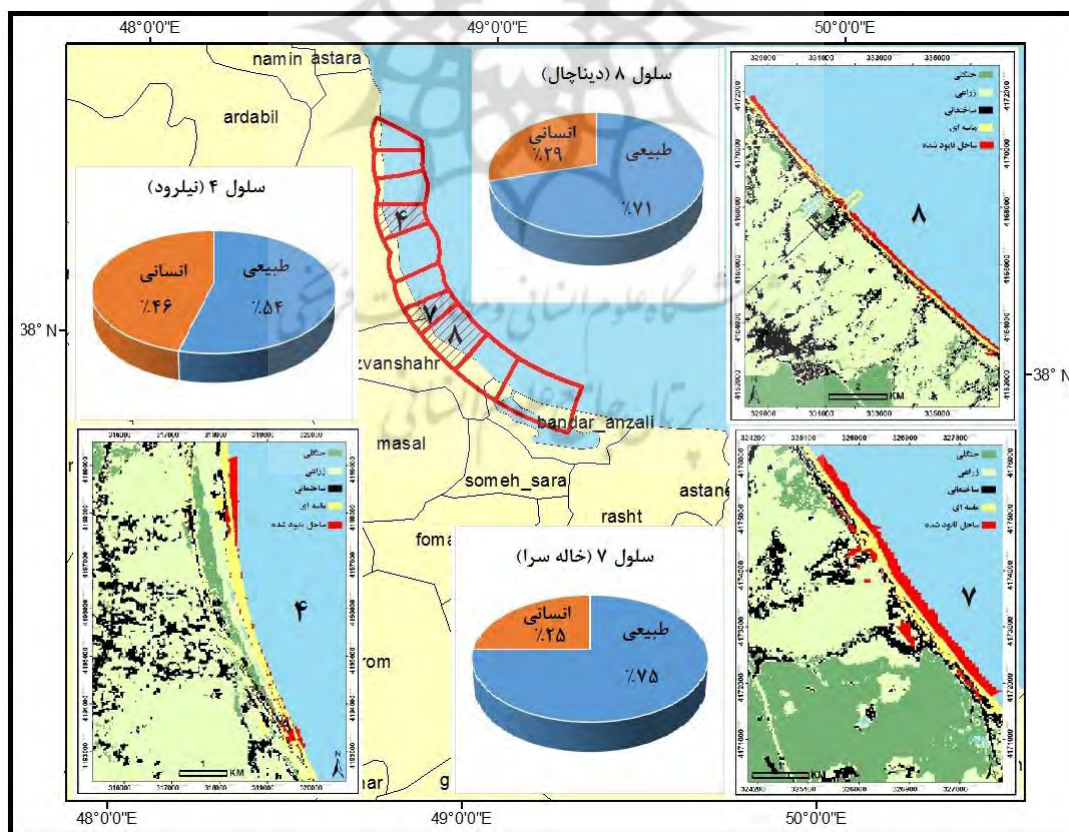
زمین‌های زراعی و کاربری‌های ساختمانی و یا به دلیل رسوب آوری رودخانه‌ها این میزان کاهش جبران شده است. شایان‌ذکر است در بازه ساحلی مورد مطالعه، هیچ‌کدام از سلول‌ها کاملاً پایدار نبوده‌اند و سلول‌هایی در این گروه قرار گرفته‌اند که کاهش ساحل ماسه‌ای در آن‌ها کمتر از ۳۱٪ بوده است. از نظر تغییرات مکانی و منشأ فرسایش این سواحل به دو گروه طبقه‌بندی می‌شوند.

**طبیعی:** سلول‌هایی در این گروه قرار می‌گیرند که غالباً فرسایش در آن‌ها در اثر عامل طبیعی (تغییرات ائوستاتیک دریا) رخ داده است به عبارت دیگر غالباً پیشروی آب دریا در آن‌ها موجب کوچک شدن ساحل ماسه‌ای شده است. در بین سلول‌ها دو سلول از نوع پایدار با فرسایش طبیعی می‌باشد که اشکال ۴ و ۵ نشان‌دهنده نوع و میزان فرسایش در آن‌ها می‌باشد. ساحل سلول ۷ (خاله سرا) به طول حدوداً ۵/۳ کیلومتر است که در طی ۴۵ سال ۳۰٪ از ساحل ماسه‌ای خود را در اثر فرسایش از دست داده است. در طول خط ساحلی این سلول ۸۹ هکتار از ساحل دچار فرسایش شده است که ۶۶ هکتار (۷۵٪) آن در اثر عوامل طبیعی (تغییرات ائوستاتیک دریا) بوده و ۲۳ هکتار (۲۵٪) در اثر عوامل انسانی (تغییرات کاربری ارضی) بوده است. ۵۸ هکتار از سواحل امروزی در این سلول نیز در اثر انطباق سواحل (جابه‌جایی مدیریت‌شده ارضی) ایجاد شده است (شکل ۶). سلول بعدی در این گروه، سلول ۸ (دیناچال) به طول ۱۲/۳ کیلومتر است که شهر پره سر در آن قرار دارد، در طول ۴۵ سال ۳۱٪ از ساحل ماسه‌ای در آن کاسته شده است. در طول خط ساحلی این سلول ۱۶۲ هکتار از ساحل دچار فرسایش شده است که ۱۱۵ هکتار (۷۱٪) آن در اثر عوامل طبیعی (تغییرات ائوستاتیک دریا) بوده و ۴۷ هکتار (۲۹٪) در اثر عوامل انسانی (تغییرات کاربری ارضی) بوده است. ۶۵ هکتار از سواحل امروزی در این سلول نیز در اثر انطباق سواحل (جابه‌جایی مدیریت‌شده ارضی) ایجاد شده است (شکل ۶). برای انطباق نتایج به دست آمده با داده‌های میدانی به بررسی دانه‌سنجی رسوب برداشت‌شده از محل موج‌شکن پره‌سر در سلول ۸ (دیناچال) شد. در این منطقه رسوبات دریایی توسط جریان‌ات دریایی از ساحل شرقی موج‌شکن به ساحل غربی آن منتقل شده است. مطالعه بر روی رسوب این منطقه نیز مؤید این گفته است. با توجه به پارامترهای به دست آمده از رسوب از جمله ذرات ریز و جورشدگی خوب و کربنات کلسیم کم و دور بودن از مصب رودخانه‌ها نشان‌دهنده محیط رسوب‌گذاری نزدیک به محیط آبی (دریایی) است (شکل ۷ و جدول ۲).

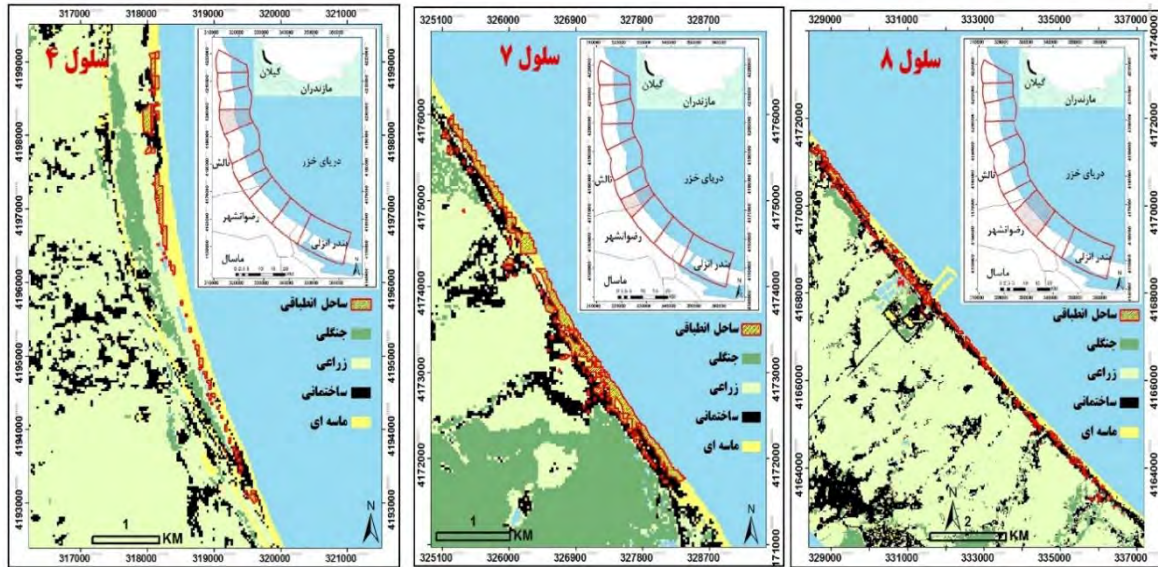
**طبیعی-انسانی:** سلول‌های پایداری در این گروه قرار می‌گیرند که غالباً عوامل طبیعی (تغییرات ائوستاتیک) و انسانی (تغییرات کاربری ارضی) در فرسایش آن‌ها به یک‌میزان مؤثر بوده‌اند. تنها یک سلول در این گروه قرار دارد که میزان و نوع فرسایش در آن در اشکال ۴ و ۵ نشان داده شده است. سلول ۴ (نیل‌رود) به طول حدوداً ۶/۴ کیلومتر است که در طول ۴۵ سال ۱۵٪ از ساحل ماسه‌ای خود را در اثر فرسایش از دست داده است. در طول خط ساحلی این سلول ۵۰ هکتار از ساحل دچار فرسایش شده است که ۲۷ هکتار (۵۴٪) آن در اثر عوامل طبیعی (تغییرات ائوستاتیک دریا) بوده و ۲۳ هکتار (۴۶٪) در اثر عوامل انسانی (تغییرات کاربری ارضی) بوده است. از آنجاکه این سلول بر روی سد ماسه‌ای قرار گرفته تنها تغییر محسوس به زیر آب رفتن ساحل در اوایل بازه و مقداری ساخت‌وساز در اواخر بازه می‌باشد. ۲۸ هکتار از سواحل امروزی در این سلول نیز در اثر انطباق سواحل (جابه‌جایی مدیریت‌شده ارضی) ایجاد شده است (شکل ۶).



شکل ۴: میزان فرسایش سواحل پایدار تالش - انزلی  
 Fig 4: Erosion rates on stable beaches (Talesh - Anzali)



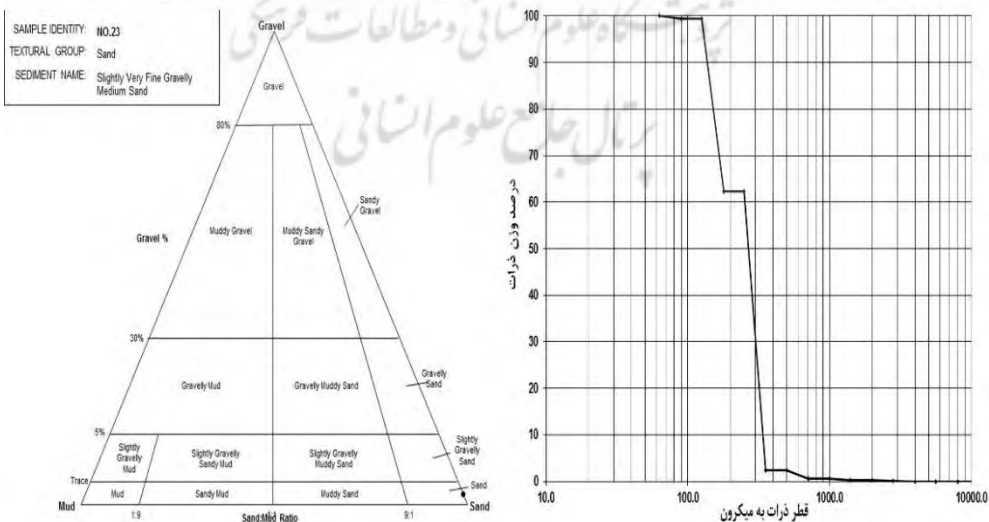
شکل ۵: سواحل پایدار بازه ساحلی تالش - انزلی (۱۹۷۵ - ۲۰۲۰)  
 Fig 5: Stable beaches of the study area (Talesh - Anzali) (1975-2020)



شکل ۶: انطباق ساحلی سواحل پایدار تالش - انزلی.

Fig 6: Managed relocation of coastline on stable beaches (Talesh - Anzali).

| SIEVING ERROR: 0.2%                               |           | SAMPLE IDENTITY: NO.23                            |           | ANALYST & DATE: Alizadeh, Oct 2021                     |                        |
|---|-----------|---|-----------|--|------------------------|
| SAMPLE TYPE: Bimodal, Moderately Well Sorted      |           | TEXTURAL GROUP: Sand                              |           | SEDIMENT NAME: Slightly Very Fine Gravelly Medium Sand |                        |
| MODE 1: 302.5 1.747                               |           | MODE 2: 152.5 2.737                               |           | MODE 3: 137.1 1.559                                    |                        |
| MEDIAN or D <sub>50</sub> : 268.7 1.896           |           | D <sub>90</sub> : 339.4 2.866                     |           | D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> : 2.475 1.838        |                        |
| (D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ): 202.2 1.307 |           | (D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ): 1.956 1.574 |           | (D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ): 152.0 0.968      |                        |
| MEAN (x̄): 260.9 234.3 2.093                      |           | SORTING (σ): 178.2 1.485 0.570                    |           | SKEWNESS (Sk): 11.35 0.623 -0.623                      |                        |
| KURTOSIS (K): 180.0 7.210 7.210                   |           |   |           |  |                        |
| GRAIN SIZE DISTRIBUTION                           |           | GRAVEL: 0.3%                                      |           | COARSE SAND: 1.8%                                      |                        |
| SAND: 99.7%                                       |           | MEDIUM SAND: 60.1%                                |           | FINE SAND: 37.0%                                       |                        |
| MUD: 0.0%   |           | V FINE SAND: 0.6%                                 |           | V COARSE SILT: 0.0%                                    |                        |
| V COARSE GRAVEL: 0.0%                             |           | COARSE GRAVEL: 0.0%                               |           | MEDIUM GRAVEL: 0.0%                                    |                        |
| FINE GRAVEL: 0.0%                                 |           | V FINE GRAVEL: 0.3%                               |           | V COARSE SAND: 0.2%                                    |                        |
|   |           |   |           | CLAY: 0.0%   |                        |
| METHOD OF MOMENTS                                 |           | FOLK & WARD METHOD                                |           | Description  |                        |
| Arithmetic  | Geometric | Logarithmic                                       | Geometric | Logarithmic  |                        |
| μm  | μm        | φ   | μm        | φ  |                        |
| 260.9   | 234.3     | 2.093   | 234.0     | 2.095  | Fine Sand              |
| 178.2   | 1.485     | 0.570   | 1.422     | 0.508  | Moderately Well Sorted |
| 11.35   | 0.623     | -0.623  | -0.489    | 0.489  | Very Fine Skewed       |
| 180.0   | 7.210     | 7.210   | 0.601     | 0.601  | Very Platykurtic       |



شکل ۷: دانه‌سنجی نمونه رسوب از سواحل پایدار با فرسایش طبیعی (سلول ۸) تالش - انزلی.

Fig 7: Sediment granulometry of stable coasts with natural erosion (cell 8) (Talesh - Anzali).

جدول ۲: پارامترهای دانه‌سنجی نمونه رسوب سواحل پایدار با فرسایش طبیعی (سلول ۸) تالش - انزلی.

Table 2: Granulometry parameters of stable coasts with natural erosion (cell 8) (Talesh - Anzali),

| کربنات | کلسیم | گروه | جورشدگی | درصد لای | درصد ماسه | درصد شن | $D_{50}$<br>(میکرون) | میانگین قطر<br>ذرات (میکرون) |
|--------|-------|------|---------|----------|-----------|---------|----------------------|------------------------------|
| ۱      | ۱     | ماسه | خوب     | ۰        | ۹۹/۷      | ۰/۳     | ۲۶۸                  | ۲۳۴                          |



شکل ۸: ۱: نمونه سد ماسه‌ای (سلول ۷) و ۲: موج‌شکن پره‌سار (سلول ۸) در سواحل پایدار تالش - انزلی.

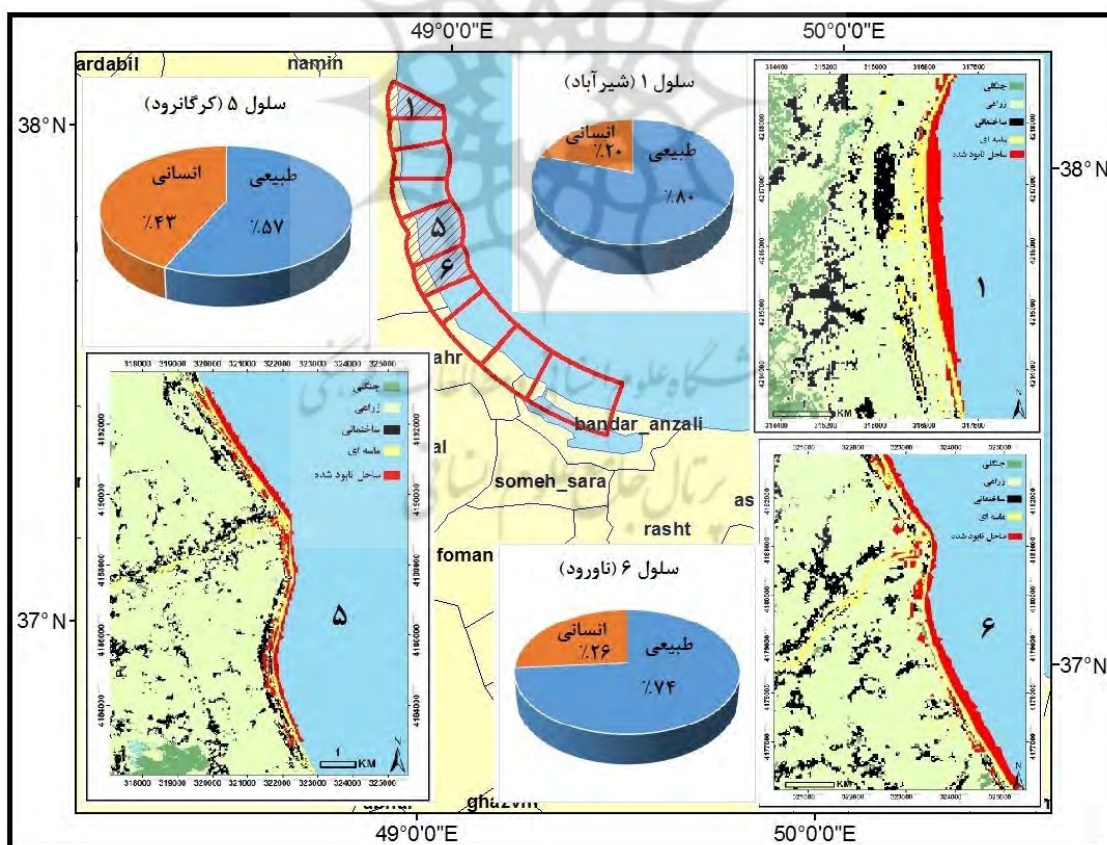
Fig 8: 1: Barrier (cell 7), 2: pearsar breakwater (cell 8) in stable coasts (Talesh - Anzali).

### • سواحل ناپایدار

سواحل ناپایدار به سواحلی گفته می‌شوند که در طول زمان حالت ثبات و توازن خود را در برابر تغییرات ازدست‌داده‌اند؛ به طوری که اگر مساحتی از ساحل در طی زمان ازدست‌رفته دیگر جبران نشده و کاهش مساحت ساحل ماسه‌ای در طی زمان رخ داده است. از نظر تغییرات مکانی و منشأ فرسایش این سواحل به سه گروه طبقه‌بندی می‌شوند.

**طبیعی:** سلول‌های ناپایداری در این گروه قرار می‌گیرند که غالباً فرسایش در آن‌ها در اثر عامل طبیعی (تغییرات ائوستاتیک دریا) رخ داده است. سه سلول از ده سلول در این گروه قرار دارند که میزان و نوع فرسایش در آن‌ها در اشکال ۹ و ۱۰ نشان داده شده است. سلول ۱ (شیرآباد) به طول حدوداً ۵/۸ کیلومتر است که در طول ۴۵ سال ۳۷٪ از ساحل ماسه‌ای خود را در اثر فرسایش ازدست‌داده است. در طول خط ساحلی این سلول ۸۸ هکتار از ساحل دچار فرسایش شده است که ۷۰ هکتار

(۸۰٪) آن در اثر عوامل طبیعی (تغییرات ائوستاتیک دریا) بوده و ۱۸ هکتار (۲۰٪) در اثر عوامل انسانی (تغییرات کاربری اراضی) بوده است. ۴۵ هکتار از سواحل امروزی در این سلول نیز در اثر انطباق سواحل (جابه‌جایی مدیریت‌شده اراضی) ایجاد شده است (شکل ۱۱). سلول ۵ (کرگان رود) به طول حدوداً ۱۱ کیلومتر است که شهر تالش در آن قرار دارد. در این سلول در طول ۴۵ سال ۴۲٪ از ساحل ماسه‌ای خود را در اثر فرسایش از دست داده است. در طول خط ساحلی این سلول ۱۹۵ هکتار از ساحل دچار فرسایش شده است که ۱۱۱ هکتار (۵۷٪) آن در اثر عوامل طبیعی (تغییرات ائوستاتیک دریا) بوده و ۸۴ هکتار (۴۳٪) در اثر عوامل انسانی (تغییرات کاربری اراضی) بوده است. ۶۴ هکتار از سواحل امروزی در این سلول نیز در اثر انطباق سواحل (جابه‌جایی مدیریت‌شده اراضی) ایجاد شده است (شکل ۱۱). سلول ۶ (ناورود) به طول حدوداً ۷/۷ کیلومتر است که شهر اسالم در آن قرار دارد. در این سلول در طول ۴۵ سال ۵۳٪ از ساحل ماسه‌ای خود را در اثر فرسایش از دست داده است. در طول خط ساحلی این سلول ۱۱۸ هکتار از ساحل دچار فرسایش شده است که ۸۷ هکتار (۷۴٪) آن در اثر عوامل طبیعی (تغییرات ائوستاتیک دریا) بوده و ۳۱ هکتار (۲۶٪) در اثر عوامل انسانی (تغییرات کاربری اراضی) بوده است. ۳۵ هکتار از سواحل امروزی در این سلول نیز در اثر انطباق سواحل (جابه‌جایی مدیریت‌شده اراضی) ایجاد شده است (شکل ۱۱). داده‌های میدانی نیز منطبق با نتایج به دست آمده می‌باشد. برای انطباق نتایج به دست آمده با داده‌های میدانی به بررسی دانه‌سنجی رسوب برداشت شده از سلول‌های ۱ (شیرآباد) و ۵ (کرگان‌رود) پرداخته شد. با توجه به اشکال ۱۲ و ۱۳ و جدول ۳، نمونه رسوبات این دو سلول، با ذرات ریز و جورشدگی خوب و دور بودن از مصب رودخانه‌ها، محیط رسوب‌گذاری نزدیک به محیط آبی (دریایی) داشته‌اند.



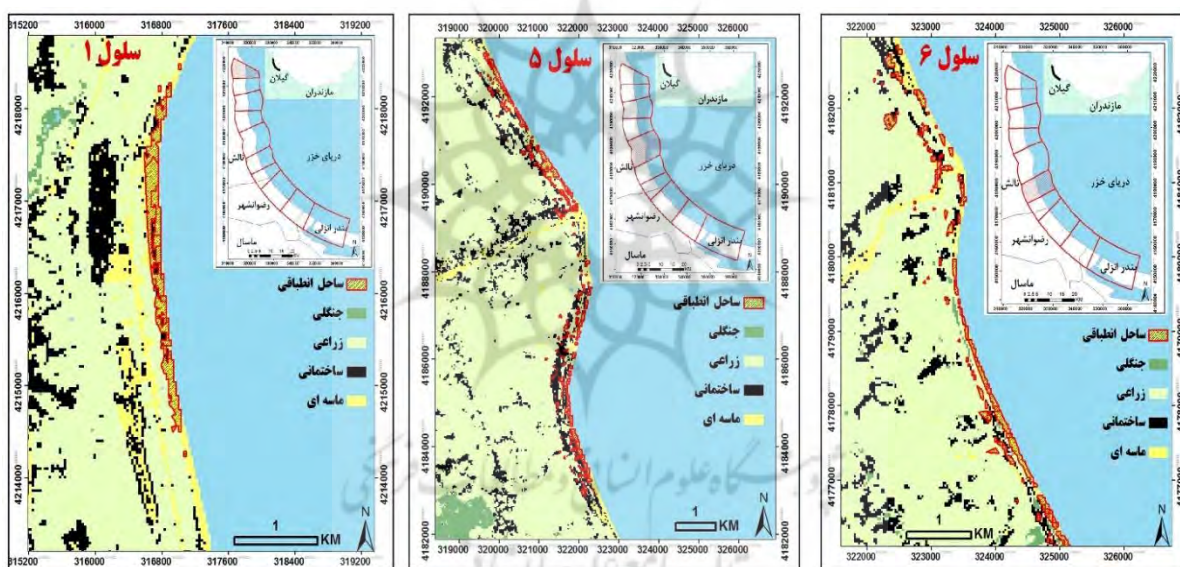
شکل ۹: سواحل ناپایدار با فرسایش طبیعی بازه ساحلی تالش - انزلی.

Fig 9: Unstable beaches with natural erosion (Tالش - Anzali).



شکل ۱۰: میزان فرسایش سواحل ناپایدار با فرسایش طبیعی بازه ساحلی تالش - انزلی.

Fig 10: Erosion rates on unstable beaches with natural erosion (Talesh - Anzali).

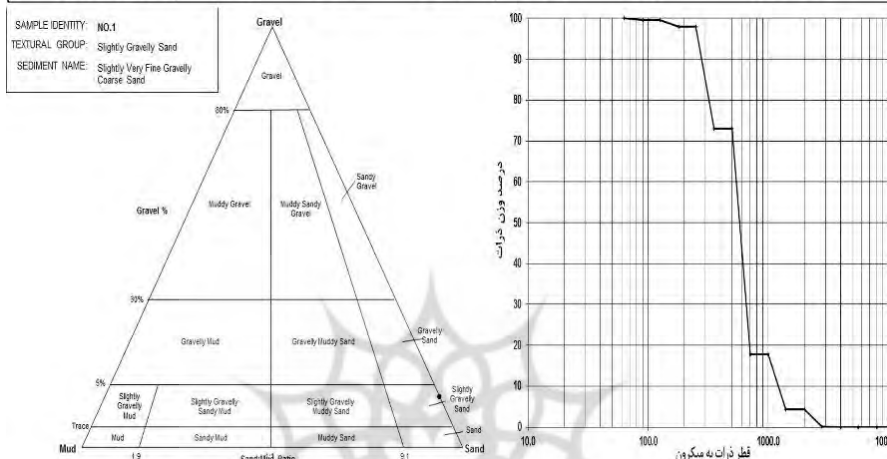


شکل ۱۱: انطباق ساحلی سواحل ناپایدار با فرسایش طبیعی تالش - انزلی.

Fig 11: Managed relocation of coastline on unstable beaches with natural erosion (Talesh - Anzali).



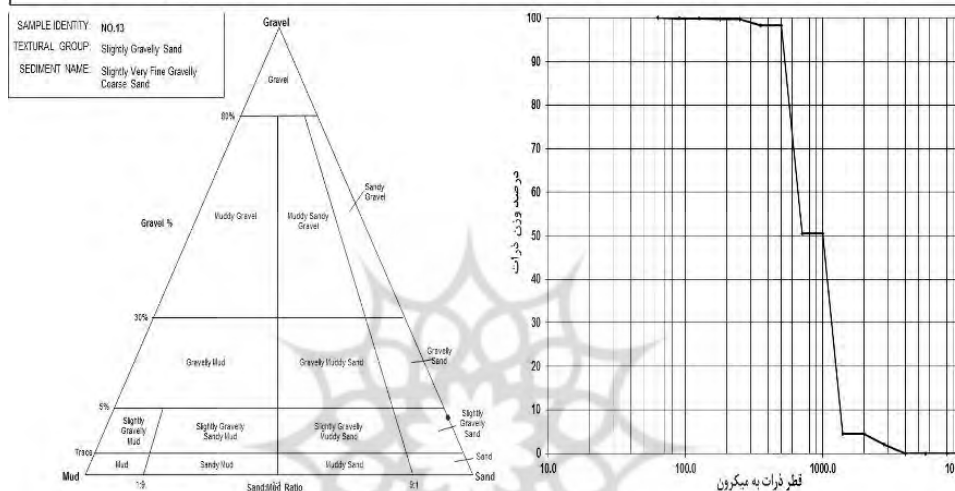
| SAMPLE STATISTICS                                      |                   |               |  |                     |             |                   |
|--|-------------------|---------------|--|---------------------|-------------|-------------------|
| SAMPLE IDENTITY: NO.1                                  |                   |               | ANALYST & DATE: Alizadeh, Oct 2021     |                     |             |                   |
| SAMPLE TYPE: Trimodal, Moderately Sorted               |                   |               | TEXTURAL GROUP: Slightly Gravelly Sand |                     |             |                   |
| SEDIMENT NAME: Slightly Very Fine Gravelly Coarse Sand |                   |               |  |                     |             |                   |
|  | $\mu\text{m}$     | $\phi$        | GRAIN SIZE DISTRIBUTION                |                     |             |                   |
| MODE 1:  | 605.0             | 0.747         | GRAVEL: 4.2%                           | COARSE SAND: 55.3%  |             |                   |
| MODE 2:  | 302.5             | 1.747         | SAND: 95.8%                            | MEDIUM SAND: 25.1%  |             |                   |
| MODE 3:  | 1200.0            | -0.243        | MUD: 0.0%                              | FINE SAND: 1.6%     |             |                   |
| D <sub>10</sub> :                                      | 279.7             | -0.278        | V COARSE GRAVEL: 0.0%                  | V FINE SAND: 0.4%   |             |                   |
| MEDIAN or D <sub>50</sub> :                            | 578.4             | 0.790         | COARSE GRAVEL: 0.0%                    | V COARSE SILT: 0.0% |             |                   |
| D <sub>90</sub> :                                      | 1212.1            | 1.838         | MEDIUM GRAVEL: 0.0%                    | COARSE SILT: 0.0%   |             |                   |
| (D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):                  | 4.333             | -6.622        | FINE GRAVEL: 0.0%                      | MEDIUM SILT: 0.0%   |             |                   |
| (D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):                  | 932.4             | 2.116         | V FINE GRAVEL: 0.0%                    | FINE SILT: 0.0%     |             |                   |
| (D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):                  | 1.965             | 2.737         | V V FINE GRAVEL: 4.2%                  | V FINE SILT: 0.0%   |             |                   |
| (D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):                  | 332.9             | 0.974         | V COARSE SAND: 13.5%                   | CLAY: 0.0%          |             |                   |
|  | METHOD OF MOMENTS |               | FOLK & WARD METHOD                     |                     |             |                   |
|  | Arithmetic        | Geometric     | Logarithmic                            | Geometric           | Logarithmic | Description       |
|  | $\mu\text{m}$     | $\mu\text{m}$ | $\phi$                                 | $\mu\text{m}$       | $\phi$      |                   |
| MEAN ( $\bar{x}$ ):                                    | 677.8             | 565.5         | 0.822                                  | 568.3               | 0.815       | Coarse Sand       |
| SORTING ( $\sigma$ ):                                  | 462.6             | 1.745         | 0.803                                  | 1.750               | 0.808       | Moderately Sorted |
| SKEWNESS ( $S_K$ ):                                    | 2.473             | 0.287         | -0.287                                 | -0.001              | 0.001       | Symmetrical       |
| KURTOSIS ( $K$ ):                                      | 10.22             | 3.968         | 3.968                                  | 1.008               | 1.008       | Mesokurtic        |



شکل ۱۲: دانه‌سنجی رسوب سلول ۱ (شیرآباد) تالش - انزلی.  
 Fig 12: Sediment granulometry of cell 1 (shirabad) (Talesh - Anzali).

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
 پرتال جامع علوم انسانی

|  |            | SAMPLE STATISTICS                                      |                       |           |                    |                        |  |
|--|------------|--|-----------------------|-----------|--------------------|------------------------|--|
| SIEVING ERROR: 0.2%                          |            | ANALYST & DATE: Alizadeh, Oct 2021                     |                       |           |                    |                        |  |
| SAMPLE IDENTITY: NO.13                       |            | TEXTURAL GROUP: Slightly Gravelly Sand                 |                       |           |                    |                        |  |
| SAMPLE TYPE: Bimodal, Moderately Well Sorted |            | SEDIMENT NAME: Slightly Very Fine Gravelly Coarse Sand |                       |           |                    |                        |  |
|  |            | GRAIN SIZE DISTRIBUTION                                |                       |           |                    |                        |  |
| MODE 1:                                      | 1200.0     | -0.243   | GRAVEL: 4.5%          |           | COARSE SAND: 47.8% |                        |  |
| MODE 2:                                      | 605.0      | 0.747  | SAND: 95.5%           |           | MEDIUM SAND: 1.4%  |                        |  |
| MODE 3:                                      |            |  | MUD: 0.0%             |           | FINE SAND: 0.2%    |                        |  |
| D <sub>10</sub> :                            | 531.5      | -0.428   | V COARSE GRAVEL: 0.0% |           | V FINE SAND: 0.1%  |                        |  |
| MEDIAN or D <sub>50</sub> :                  | 1003.6     | -0.005   | COARSE GRAVEL: 0.0%   |           | COARSE SILT: 0.0%  |                        |  |
| D <sub>90</sub> :                            | 1345.1     | 0.912  | MEDIUM GRAVEL: 0.0%   |           | MEDIUM SILT: 0.0%  |                        |  |
| (D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):        | 2.531      | -2.132   | FINE GRAVEL: 0.0%     |           | FINE SILT: 0.0%    |                        |  |
| (D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):        | 813.6      | 1.340  | V FINE GRAVEL: 4.5%   |           | V FINE SILT: 0.0%  |                        |  |
| (D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):        | 2.031      | -2.797   | V COARSE SAND: 46.0%  |           | CLAY: 0.0%         |                        |  |
| (D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):        | 611.9      | 1.023  |                       |           |                    |                        |  |
|  |            | METHOD OF MOMENTS                                      |                       |           | FOLK & WARD METHOD |                        |  |
|  | Arithmetic | Geometric  | Logarithmic           | Geometric | Logarithmic        | Description            |  |
|  | μm         | μm   | φ                     | μm        | φ                  |                        |  |
| MEAN (x̄):                                   | 975.5      | 863.4  | 0.212                 | 895.3     | 0.160              | Coarse Sand            |  |
| SORTING (σ):                                 | 520.2      | 1.568  | 0.649                 | 1.436     | 0.522              | Moderately Well Sorted |  |
| SKEWNESS (Sk):                               | 2.460      | 0.275  | -0.275                | -0.375    | 0.375              | Very Fine Skewed       |  |
| KURTOSIS (K):                                | 11.54      | 4.500  | 4.500                 | 0.579     | 0.579              | Very Platykurtic       |  |



شکل ۱۳: دانه‌سنجی رسوب سلول ۵ (کرجان‌رود) تالش - انزلی.  
 Fig 13: Sediment granulometry of cell 5 (Kerganrood) (Talesh - Anzali).

جدول ۳: پارامترهای دانه‌سنجی نمونه رسوب سواحل ناپایدار با فرسایش طبیعی تالش - انزلی.  
 Table3: Granulometry parameters of unstable beaches with natural erosion (Talesh - Anzali).

| کربنات کلسیم (درصد) | گروه              | جورشدگی | درصد لای | درصد ماسه | درصد شن | D <sub>50</sub> (میکرون) | میانگین قطر ذرات (میکرون) | سلول |
|---------------------|-------------------|---------|----------|-----------|---------|--------------------------|---------------------------|------|
| ۰/۶                 | ماسه با کمی گراول | متوسط   | ۰        | ۹۵/۸      | ۴/۲     | ۵۷۸/۴                    | ۵۶۸/۳                     | ۱    |
| ۱/۲                 | ماسه با کمی گراول | خوب     | ۰        | ۹۵/۵      | ۴/۵     | ۱۰۰۳                     | ۸۹۵                       | ۵    |

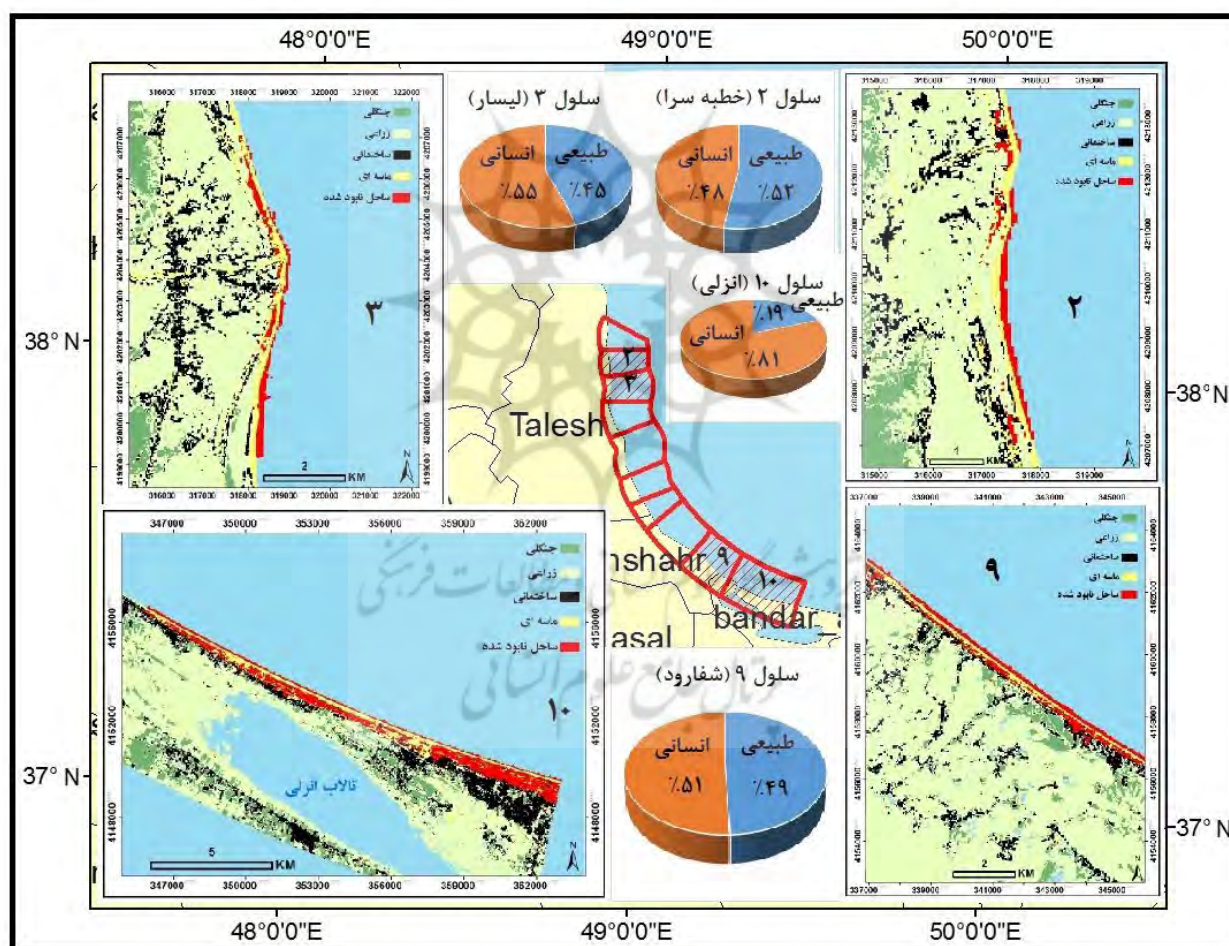


شکل ۱۴: نمونه سدهای ماسه‌ای ۱: سلول ۱ (شیرآباد) و ۲: سلول ۵ (کرگان‌رود) تالش - انزلی.

Fig 14: Barriers, 1: cell 1 (shirabad), 2: cell 5 (Kerganrood) (Talesh - Anzali).

انسانی: سلول‌های ناپایداری در این گروه قرار می‌گیرند که غالباً فرسایش در آن‌ها در اثر عامل انسانی (تغییرات کاربری اراضی) رخ داده است. در بین سلول‌های ساحلی مورد مطالعه در سلول ۱۰ (تالاب انزلی) و سلول ۳ (لیسار) فعالیت‌های انسانی بخصوص از لحاظ کاربری ساختمانی به صورت وسیع موجب تخریب و ناپایداری سواحل ماسه‌ای شده است که اشکال ۱۵ و ۱۶ نشان‌دهنده آن است. گسترده‌ترین سواحل تخریب‌شده در سلول ۱۰ (تالاب انزلی) اتفاق افتاده است. ساحل این سلول به طول ۱۸/۸ کیلومتر است و شهر بندر انزلی در این سلول قرار دارد که در طول ۴۵ سال ۶۲٪ از ساحل ماسه‌ای خود را در اثر فرسایش ازدست‌داده است. در طول خط ساحلی این سلول ۶۶۴ هکتار از ساحل دچار فرسایش شده است که ۱۲۸ هکتار (۱۹٪) آن در اثر عوامل طبیعی (تغییرات ائوستاتیک دریا) بوده و ۵۳۶ هکتار (۸۱٪) در اثر عوامل انسانی (تغییرات کاربری اراضی) بوده است. ۴۷ هکتار از سواحل امروزی در این سلول نیز در اثر انطباق سواحل (جاب‌جایی مدیریت‌شده اراضی) ایجاد شده است (شکل ۱۷). سلول بعدی در این گروه سلول ۳ (لیسار) به طول حدوداً ۸/۱ کیلومتر است و شهر لیسار در این سلول قرار دارد که در طول ۴۵ سال ۴۳٪ از ساحل ماسه‌ای خود را در اثر فرسایش ازدست‌داده است. در طول خط ساحلی این سلول ۱۱۳ هکتار از ساحل دچار فرسایش شده است که ۵۱ هکتار (۴۵٪) آن در اثر عوامل طبیعی (تغییرات ائوستاتیک دریا) بوده و ۶۲ هکتار (۵۵٪) در اثر عوامل انسانی (تغییرات کاربری اراضی) بوده است. ۱۸ هکتار از سواحل امروزی در این سلول نیز در اثر انطباق سواحل (جاب‌جایی مدیریت‌شده اراضی) ایجاد شده است (شکل ۱۷).

طبیعی - انسانی: سلول‌های ناپایداری در این گروه قرار می‌گیرند که غالباً عوامل طبیعی (تغییرات ائوستاتیک) و انسانی (تغییرات کاربری ارضی) در فرسایش آن‌ها به یک‌میزان مؤثر بوده‌اند. سلول ۹ (شفارود) و سلول ۲ (خطبه سرا) در این گروه می‌باشند که کاهش مساحت ساحلی قابل توجهی هم داشته‌اند و اشکال ۱۵ و ۱۶ مؤید این موضوع است. ساحل سلول ۹ (شفارود) به طول ۱۱/۱ کیلومتر است و شهر رضوانشهر در این سلول قرار دارد که در طول ۴۵ سال ۶۳٪ از ساحل ماسه‌ای خود را در اثر فرسایش ازدست‌داده است. در طول خط ساحلی این سلول ۲۴۵ هکتار از ساحل دچار فرسایش شده است که ۱۲۱ هکتار (۴۹٪) آن در اثر عوامل طبیعی (تغییرات ائوستاتیک دریا) بوده و ۱۲۴ هکتار (۵۱٪) در اثر عوامل انسانی (تغییرات کاربری ارضی) بوده است. ۱۹ هکتار از سواحل امروزی در این سلول نیز در اثر انطباق سواحل (جابه‌جایی مدیریت‌شده ارضی) ایجاد شده است (شکل ۱۷). سلول بعدی در این گروه سلول ۲ (خطبه سرا) به طول حدوداً ۶/۴ کیلومتر است که در طول ۴۵ سال ۴۰٪ از ساحل ماسه‌ای خود را در اثر فرسایش ازدست‌داده است. در طول خط ساحلی این سلول ۸۰ هکتار از ساحل دچار فرسایش شده است که ۴۲ هکتار (۵۲٪) آن در اثر عوامل طبیعی (تغییرات ائوستاتیک دریا) بوده و ۳۸ هکتار (۴۸٪) در اثر عوامل انسانی (تغییرات کاربری ارضی) بوده است. ۲۱ هکتار از سواحل امروزی در این سلول نیز در اثر انطباق سواحل (جابه‌جایی مدیریت‌شده ارضی) ایجاد شده است (شکل ۱۷).



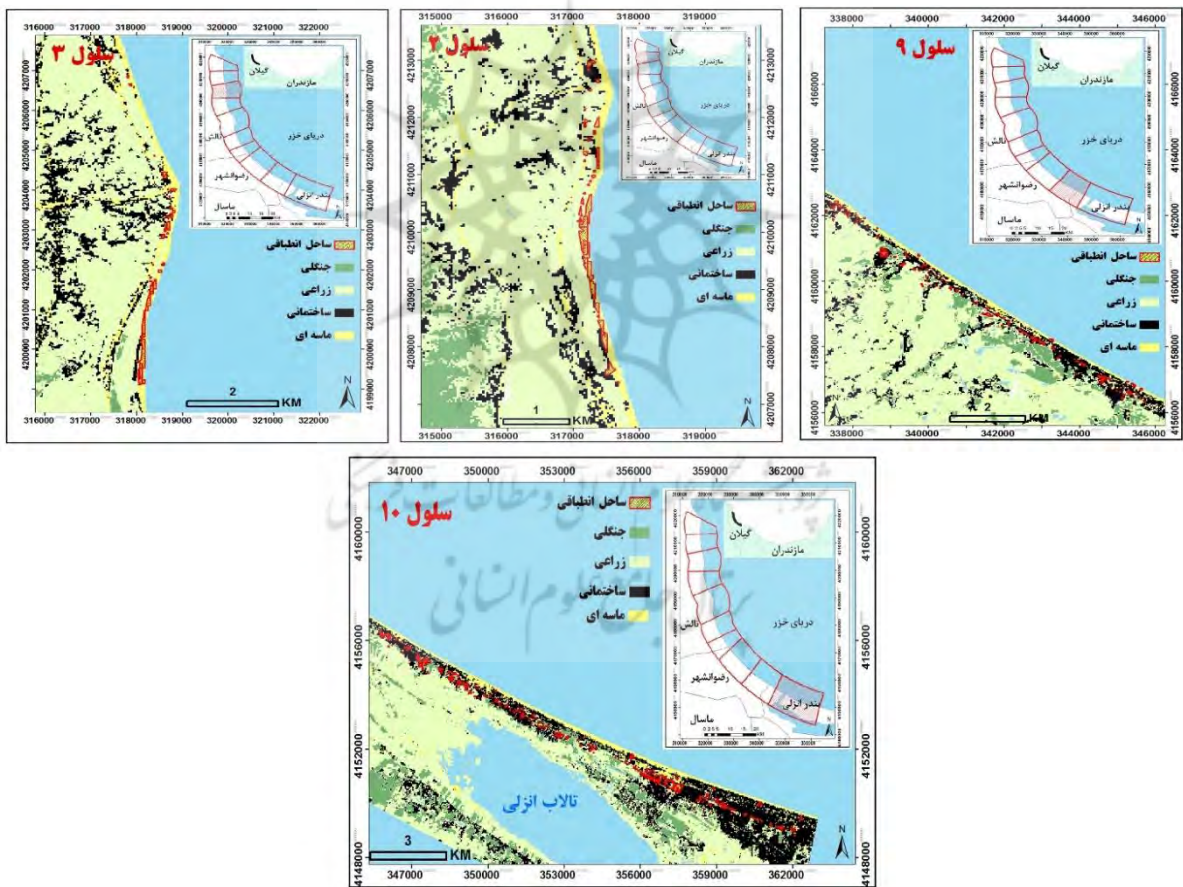
شکل ۱۵: سواحل ناپایدار با فرسایش انسانی و طبیعی-انسانی بازه ساحلی تالش - انزلی.

Fig 15: Unstable beaches with human and natural-human erosion (Talesh - Anzali).



شکل ۱۶: میزان فرسایش سواحل ناپایدار با فرسایش انسانی و طبیعی - انسانی تالش - انزلی.

Fig 16: Erosion rates on unstable beaches with human and natural-human erosion (Talesh - Anzali).



شکل ۱۷: انطباق ساحلی در سواحل ناپایدار با فرسایش انسانی و طبیعی - انسانی تالش - انزلی.

Fig 17: Managed relocation of coastline on unstable beaches with human and natural-human erosion (Talesh - Anzali).

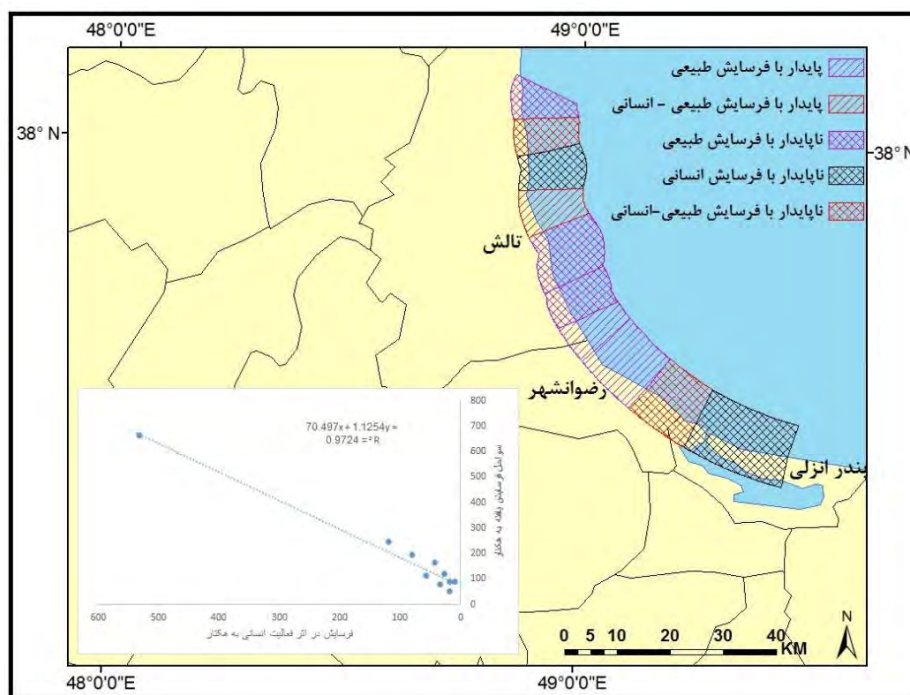


شکل ۱۸: پیشروی کاربری‌های انسانی ۱: سلول ۳ (لیسار) و ۲: سلول ۱۰ (انزلی) تالش - انزلی.  
**Fig 18: Advancing landuse. 1: cell 3 (Lisar), 2: cell 10 (Anzali) (Talesh - Anzali).**

جدول ۴: ثبات و نوع فرسایش بازه ساحلی تالش - انزلی.  
**Table4: Stability and type of erosion in the study area (Talesh - Anzali).**

| ثبات     | فرسایش       | طول به<br>کیلومتر | مساحت فرسایش یافته<br>به هکتار | فرسایش طبیعی<br>به هکتار | فرسایش<br>انسانی به هکتار |
|----------|--------------|-------------------|--------------------------------|--------------------------|---------------------------|
| پایدار   | طبیعی        | ۱۷/۶              | ۲۵۱                            | ۱۸۱                      | ۷۰                        |
|          | طبیعی-انسانی | ۶/۴               | ۵۰                             | ۲۷                       | ۲۳                        |
| ناپایدار | طبیعی        | ۲۴/۵              | ۴۰۱                            | ۲۶۸                      | ۱۳۳                       |
|          | انسانی       | ۲۶/۹              | ۷۷۷                            | ۱۷۹                      | ۵۹۸                       |
|          | طبیعی-انسانی | ۱۷/۵              | ۳۲۵                            | ۱۶۳                      | ۱۶۲                       |

پرتال جامع علوم انسانی



شکل ۱۹: ثبات و نوع فرسایش بازه ساحلی تالش - انزلی.

Fig 19: Stability and type of erosion in the study area (Tالش - Anzali).

## نتیجه‌گیری

سواحل محل تلاقی مناطق خشکی و آبی کره زمین هستند و تحت تأثیر توأمان فرایندهای خشکی و دریا قرار دارند. در کمیسیون محیط‌های ساحلی، ۲۱ عامل را به‌عنوان عوامل مؤثر یا تشدیدکننده فرسایش ساحلی تعیین کرده‌اند. از این تعداد، ۸ عامل صرفاً در فرسایش بازه ساحلی تالش تا انزلی تأثیرگذار بوده‌اند. این ۸ عامل عبارت‌اند از: غرق شدن پیش‌کرانه ساحلی، افزایش حمله امواج، کاهش فراهمی رسوبات رودخانه‌ای، استخراج شن و ماسه از ساحل، افزایش انرژی امواج، تقویت حملات امواج مایل، افزایش انتقال رسوبات به پس‌کرانه، هوازگی ساحلی، برداشت رسوبات ساحلی به‌وسیله رواناب‌ها. توسعه فرسایش در بخش ساحلی به دامنه تغییرات در کرانه نزدیک وابسته است. این مسئله موجب شده است که در سال‌های اخیر، برخی از مناطق ساحلی عمدتاً متروک شوند. فرایندی که به آن عقب‌نشینی اراضی مدیریت‌شده یا انطباق مجدد خط ساحلی می‌گویند. این پژوهش به آنالیز تغییرات ساحل ماسه‌ای و انطباق آن در قالب ۱۰ سلول از تالش تا انزلی را مورد بررسی قرار داده است و سواحل از نظر تغییرات زمانی فرسایش به دو گروه پایدار و ناپایدار و از نظر تغییرات مکانی فرسایش به سه گروه طبیعی (تغییرات ائوستاتیک دریا)، انسانی (تغییرات کاربری اراضی) و طبیعی - انسانی تقسیم‌بندی شدند. با توجه به شکل ۱۹ و جدول ۴ حدود ۶۸/۹ کیلومتر از بازه ساحلی مورد مطالعه، سواحل ناپایداری بوده‌اند که بیشترین نواحی ساحلی (۲۸/۹ درصد از طول ساحل) فرسایش از نوع انسانی (تغییرات کاربری اراضی) داشته‌اند، که شامل سلول‌های ۱۰ (انزلی) و ۳ (لیسار) می‌باشند. همچنین فرسایش سلول‌های ناپایدار ۵ (کرگان‌رود)، ۶ (ناو رود) و ۱ (شیرآباد) از نوع فرسایش طبیعی (تغییرات ائوستاتیک دریا) و فرسایش سلول‌های ناپایدار ۹ (شفارود) و ۲ (خطبه سرا) از نوع فرسایش طبیعی - انسانی می‌باشند. ۲۴ کیلومتر باقیمانده بازه ساحلی مورد مطالعه، سواحل پایداری بوده‌اند که بیشترین نواحی ساحلی (۱۸ درصد از طول ساحل) فرسایش از نوع طبیعی (تغییرات ائوستاتیک دریا) داشته‌اند، که شامل سلول‌های ۷ (خاله سرا) و ۸ (دیناچال) است. همین‌طور سلول ۴ (نیل‌رود)، دارای سواحل پایدار با فرسایش از نوع طبیعی - انسانی بوده است. در سلول‌های ۵ (مخروط‌افکنه کرگان‌رود) و سلول ۸ (مخروط‌افکنه دیناچال) بیشترین انطباق سواحل رخ داده است. همچنین برای انطباق نتایج به‌دست‌آمده با داده‌های

میدانی، اقدام به جمع‌آوری و رسوب‌سنجی چند نمونه رسوب از سلول‌ها شد. یافته‌ها مؤید انطباق نتایج با داده‌های میدانی بود، به‌طوری‌که نمونه‌ها در سلول‌ها با فرسایش طبیعی، رسوباتی نزدیک به محیط رسوب‌گذاری آبی (دریایی) داشته‌اند. در این پژوهش به تحلیل فرسایش‌پذیری کرانه غربی دریای خزر (تالش تا انزلی) پرداخته شد و امیدوار است بتواند به مدیران کمک کند تا رویکرد مدیریتی مناسبی را برای حفاظت از سواحل در برابر فرسایش اتخاذ نمایند.

## منابع

- Abdrabo.M.A., Abdelwahab.R.G., Hassaan.M.A., 2022., Urban dynamics and potential vulnerability of coastal urban areas to sea level rise in the southeastern Levantine Basin., *Urban Climate.*, Volume 44., July 2022., 101212.
- Abedini, M., Sarmasti, N., Farachorlou, M., 2015, Evaluating the changes of the coastline of Lake Urmia by processing satellite data, *First International Congress of Earth, Space and Clean Energy (In Persian)*.
- Abedini, M., Sotoudehpour, A., 2017, Detection of Lakes Changes Trends with Using Geography Information System (GIS) and Remote Sensing (RS). Case Study: Tectonically Zarivar Lake, *Journal of Physical Geography*, Volume 10, Issue 35, June 2017, Pages 1-114 (In Persian).
- Afshariadzad, M., Pouraki, H., 2012. Classification and analysis of geomorphic phenomena of the western shores of the Caspian Sea with an approach to sea level fluctuations, *Journal of geography and regional development*, NO. 19, pp. 177-194 (In Persian).
- Alaee Taleghani. M., 2007., *Geomorphology of Iran.*, Ghoomes Publishing company Ltd., fourth edition (In Persian).
- Amounia, H., Shayan, S., Yamani, M., 2021, Analysis of the susceptibility of Caspian Sea coastline changes in relation to land use changes: A case study of Babolrood coastline, *Hydrogeomorphology*, Vol. 8, No. 26, Spring 2021, pp (61-78) (In Persian).
- Asghari, S., Pourahmad, M., 2016, Identification and extraction of changes in Zarrinehrood River over the years 1989 to 2014 using satellite image processing, *Hydrogeomorphology*, No. 5, winter 2016, pp. 1 – 16 (In Persian).
- Bird, E., 2013. *Coastal Geomorphology*, Translated by: Yamani & Mohammadnegad, Tehran University Publications, 2<sup>nd</sup> edition (In Persian).
- Bombino.G. Barbaro.G., D'Agostino.D., Denisi.P. Foti.G. Labate.A., Zimbone.S.M. 2022., Shoreline change and coastal erosion: The role of check dams. First indications from a case study in Calabria, southern Italy. *CATENA*. Volume 217, October 2022, 106494.
- Bukvic .A., Mitchell. A., Shao. Y., Irish. J.L., 2023, Spatiotemporal implications of flooding on relocation risk in rural and urban coastal municipalities, *Land Use Policy*, Volume 132, June 2023, 106754.
- Cai.F., Cao.C., Qi.H., Su.X., Lei.G., Liu.J., Zhao.S., Liu.G., Zhu.K., 2022., Rapid migration of mainland China's coastal erosion vulnerability due to anthropogenic changes., *Journal of Environmental Management.*, Volume 319., 1 October 2022., 115632.
- Clare.M.C.A., Piggott.M.D., Cotter.C.J., 2022., Assessing erosion and flood risk in the coastal zone through the application of multilevel Monte Carlo methods., *Coastal Engineering.*, Volume 174, June 2022, 104118.
- Daramola. Samuel, Li. Huan, Omonigbehin. Olorunfemi, Faruwa. Ajibola, Gong. Zheng, 2022, Recent retreat and flood dominant areas along the muddy Mahin coastline of Ilaje, Nigeria, *Regional Studies in Marine Science*, Volume 52, May 2022, 102272.
- Derafshi, Kh., Nazarali, M., Jandaghialaei, M., 2016. Determining coastal sedimentary cells in the southern shores of the Caspian Sea, *The fourth national conference of the Iranian Association of Geomorphology*, Faculty of Geography, University of Tehran (In Persian).
- Ghanghorme, A., Malek, J., 2006. Peaceful coexistence with water fluctuations in the Caspian Sea for the purpose of sustainable development of Iran's coastal areas: A case study of the southeastern coast, *Geographical Research*, No. 54, winter 2006, pp.1 - 11 (In Persian).
- Hoseinzadeh. M.M., Motevalli. S., Derafshi. K., Khakpoor. I., 2016., Zoning of Lands Stability and Instability in Coastal Area using Coastal Vulnerability Index (CVI), Case Study: Mahmoudabad Province., *Journal of Natural Environmental Hazards.*, Volume 5., Issue 9., Autumn 2016 (In Persian).
- Khoshrahan, H., 2021, The evaluating coastal zone Physical vulnerability, Sefidrood River Delta, *Journal of Oceanography (JOC)*. Volume (Issue): 91-106, Season Year (In Persian).



- Khoshnavan, H., Vafaei, B., 2016, Fluctuations in the water level of the Caspian Sea (past, present, and future), 18th Marine Industries Conference, Kish Island (In Persian).
- Monavari, M., 1990. Ecological investigation of Anzali lagoon, Gilakan publication, p.104 (In Persian).
- Negahban, S., Bagheri, K., Heydari, S., Garrousi, L., 2017. Investigating and monitoring the changes of the coastline of Oman Sea in Jask region, researches of Quantitative geomorphology, No. 1, pp. 119 – 136 (In Persian).
- Piggott McKellar. Annah E., McMichael. Celia, 2021, The immobility-relocation continuum: Diverse responses to coastal change in a small island state, Environmental Science & Policy, Volume 125, November 2021, Pages 105-115.
- Queiroz. H.A.D.A., Gonçalves. R.M., Mishra. M., 2022., Characterizing global satellite-based indicators for coastal vulnerability to erosion management as exemplified by a regional level analysis from Northeast Brazil., Science of The Total Environment., Volume 817., 15 April 2022., 152849
- Rocle. Nicolas, Dachary-Bernard. Jeanne, Rey-Valette.Hélène, 2021, Moving towards multi-level governance of coastal managed retreat: Insights and prospects from France, Ocean & Coastal Management, Volume 213, 1 November 2021, 105892.
- Saeidsabaei, M., Danekar, A., Darvishsefat, A., 2011. Reviewing the legal boundaries of the Caspian Sea coast due to sea level changes Sample area: Gilan, Land preparation magazine, No. 4, pp. 115 – 136 (In Persian).
- Sharifikia, M, Shayan, S, Vali, M. 2018. Determining the dynamic changes of the coastline of the eastern part of the Caspian Sea using multipurpose/multimeter data, The Journal of Spatial Planning, No. 4, winter 2018 (In Persian).

