

The assessment of coastline changes in the south east coasts of the Caspian Sea during 1987-2015

Sarvati*, M., R.

Professor, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

Mansouri, R.

Ph.D. Candidate of Geomorphology/ Environmental Management, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

Ghohroudi Tali, M.

Professor, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

Naeimi, A.

Assistant Professor, Islamic Azad University, Saveh, Arak, Iran

Extended Abstract

Introduction

The coast is a dynamic environment continually adjusts to the effects of weather, tides, seasons and climate change. The coastal area cannot withstand too much misuse it is inherently unstable and liable to change. Rapid changes in coastlines and morphological aspects an important feature of these areas, particularly around ports and other structures are manmade. Protection of ocean and marine coastal regions is a vital part in any coastal management program for sustainable development. The coastline is the most dynamic aspects of the Earth's surface. Thus, mapping the coastline and the changes it is very necessary for planning and efficient use of the beaches. On the other hand, in our modern world, coastal engineering sciences and assessment of coastal sediments and erosion are considered to be vital elements in management of national coastal areas. A large part of sediments of Caspian Sea coast are subject to erosion as a result of environmental forces (fluctuations in sea level and coastal waves and currents as well as wind). The rate and severity of erosion hazards varies depending on the morphological and geography and hydrodynamic properties of coastal areas. The case study in this research is situated at coordinates of geographical longitude from 53° 10' and 00' up to east 53° 24' and 00' and geographical latitude 36° 47' and 00' up to north 36° 52' and 00' the southeast coasts of the Caspian Sea on the ports of Amirabad and Neka in the East of Mazandaran Province.

Methodology

Change detection helps in ascertaining shoreline trend analysis and its future prediction. The main purpose of this research is assessment of coastline changes in the south east coasts of the Caspian Sea during 1987-2015. Thus, satellite imagery (Landsat 5, 7 and 8, TM sensor for June 1987 with bands 1 to 4, ETM⁺ [Landsat 7] for July 2001 with bands 1 to 8 and ETM [Landsat 8] for August 2015 with bands 1 to 11), topographic maps (with scale: 1:50000 and 1:250000) and geographical information system software in Arc GIS 10 and Erdas Imagine 9.1 software, have been used. The use of satellite images is an effective technique for study and assessment the occurred changes in the coastal zone. So, in this study, in order to monitoring changes in the coastline, Landsat satellite images (TM and ETM⁺ Sensors) for 1987, 2001 and 2015 have been used. In order to determine the amount of change in the coastline in the study area, the best band combination and one band was chosen to extract the shoreline. Then, the change and move coastline on the images of 1987 and

2001 and 2015 in eight points and was measured by observing the distance of 2000 m. Then, the amount of sedimentation and erosion in the area were also calculated.

Result and Discussion

The results indicated who the coastline during the period under review, from 1987 to 2001 and from 2001 to 2015 is progress to the sea in the most parts and only in the eastern ports of Amirabad and Neka eroded. The greatest amount of progress and retreat of the shoreline of the years 2001-1987, respectively, are 450 and 68 m. While these values during 2015-2001, respectively 311 and 112 m has been. Also, the rate of sedimentation and erosion in the area of 1987-2015 respectively has been about 5.69 and 0.53 square kilometers.

Conclusion

The results of this research show that most of the changes occurred in the study area in the period 2001-2015. Analyzing satellite images of the study area show that due to the construction and development of the ports of Amir Abad and Sadra drastically changed, so that the coastline in most parts toward of the sea progressed and main phenomenon in the study area has been sedimentation. The interpretation of satellite image data indicates that areas at opposite sides of the Amir Abad and Neka ports had different responses to depositional and erosion processes. Beach modification impacts have aggressively developed at the central part of study area groynes at the Amir Abad port have caused sediment accretion at the west side but erosion processes could develop as the beach retreats on the east side. The maximum progress amount in coastline of the study area is occurred in the western part of Amir Abad port during the period 2001-1987, which at 450 meters has been changed. Also, the results show that significant volume of the sedimentation is deposit in west section of the Amir Abad and Neka ports. But, east section of these ports is faced with erosion. Moreover, the most change during the period time studied is related with volume sedimentation in the western section of Amir Abad and Neka ports that it somewhere reaches to 130 hectare. The results of this research can be applied in development plans for engineers and issues in the integrated coastal zone management for study area.

Keywords: South East of the Caspian Sea, Coastline Changes, Sedimentation, Amir Abad Port, Sadra Port.

بررسی تغییرات خط ساحلی کرانه‌های جنوب‌خاوری دریای خزر طی دوره زمانی ۱۹۸۷-۲۰۱۵

محمد رضا ثروتی*: استاد ژئومورفولوژی دانشگاه شهید بهشتی. Rezasarvati@yahoo.com

رضا منصوری؛ دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی/ مدیریت محیطی، دانشگاه شهید بهشتی. Re_mansouri@sbu.ac.ir

منیژه قهرودی تالی؛ استاد ژئومورفولوژی دانشگاه شهید بهشتی. M-gharoudi@sbu.ac.ir

علی نعیمی؛ استادیار ژئومورفولوژی دانشگاه آزاد ساوه. Ali.naeimi@gmail.com

چکیده

مناطق ساحلی، محیط‌های پویا و تاثیرپذیری هستند که پیوسته خود را با اثر فرایندها و پارامترهای مورفونیز در یابی از جمله کشندها، جریان‌های دریایی و امواج، فصول و دگرگونی‌های آب‌وهوایی سازگار می‌سازند. تغییر و تحول سریع خطوط ساحلی و سیمای مورفولوژیکی یکی از ویژگی‌های مهم این مناطق به‌ویژه در اطراف بنادر و دیگر سازه‌های انسان ساخت می‌باشد. پایش تغییرات منطقه ساحلی و حفاظت از آن بخش بسیار مهم و حیاتی در برنامه مدیریت یکپارچه منطقه ساحلی به‌منظور دستیابی به توسعه پایدار است. خطوط ساحلی از پویاترین سیمای سطح کره زمین به‌شمار می‌آیند. بنابراین، تهیه نقشه خطوط ساحلی و میزان تغییرات آن جهت برنامه‌ریزی و استفاده بهینه از سواحل امری بسیار ضروری است. منطقه مورد بررسی در این پژوهش کرانه‌های جنوب‌خاوری دریای خزر در اطراف بنادر امیرآباد و صدرا (نکاء) را دربرمی‌گیرد. در این پژوهش، به‌منظور پایش تغییرات خط ساحلی، از تصاویر ماهواره‌ای Landsat سری سنجنده‌های TM & ETM⁺ (۵، ۷ و ۸) برای سال‌های ۱۹۸۷، ۲۰۰۱ و ۲۰۱۵ استفاده شده است. به‌منظور تعیین میزان تغییرات و جای‌جایی مکانی خط ساحلی در منطقه مورد مطالعه، ابتدا بهترین ترکیب باندی و تک‌باندی جهت استخراج خط ساحلی انتخاب گردید. سپس، جای‌جایی خط ساحلی را بر روی تصاویر مربوط به سال ۱۹۸۷، ۲۰۰۱ و ۲۰۱۵ در هشت نقطه و با رعایت فاصله ۲۰۰۰ متر اندازه‌گیری گردید. در ادامه، میزان رسوب‌گذاری و فرسایش در منطقه نیز محاسبه شد. یافته‌های پژوهش نشانگر آن می‌باشند که خط ساحلی طی دو دوره مورد بررسی یعنی از سال ۱۹۸۷ تا ۲۰۰۱ و از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۵ در بیشتر نقاط به‌سوی دریای خزر پیشروی نموده و تنها در بخش‌های خاوری بنادر امیرآباد و صدرا (نکاء) دچار فرسایش شده است. بیشترین مقدار پیشروی و پسروی خط ساحلی از سال ۱۹۸۷-۲۰۰۱ به‌ترتیب ۴۵۰ و ۶۸ متر بوده است. درحالی‌که این مقادیر طی ۲۰۰۱-۲۰۱۵ به‌ترتیب برابر با ۳۱۱ و ۱۱۲ متر بوده است. همچنین، در مجموع میزان رسوب‌گذاری و فرسایش انجام شده در کرانه‌های منطقه از سال ۱۹۸۷-۲۰۱۵ حدود ۵/۶۹ کیلومتر مربع و ۰/۵۳ کیلومتر مربع بوده است.

واژگان کلیدی: جنوب‌خاوری دریای خزر، تغییرات خط ساحلی، رسوب‌گذاری، بندر امیرآباد، بندر صدرا (نکاء).

مقدمه

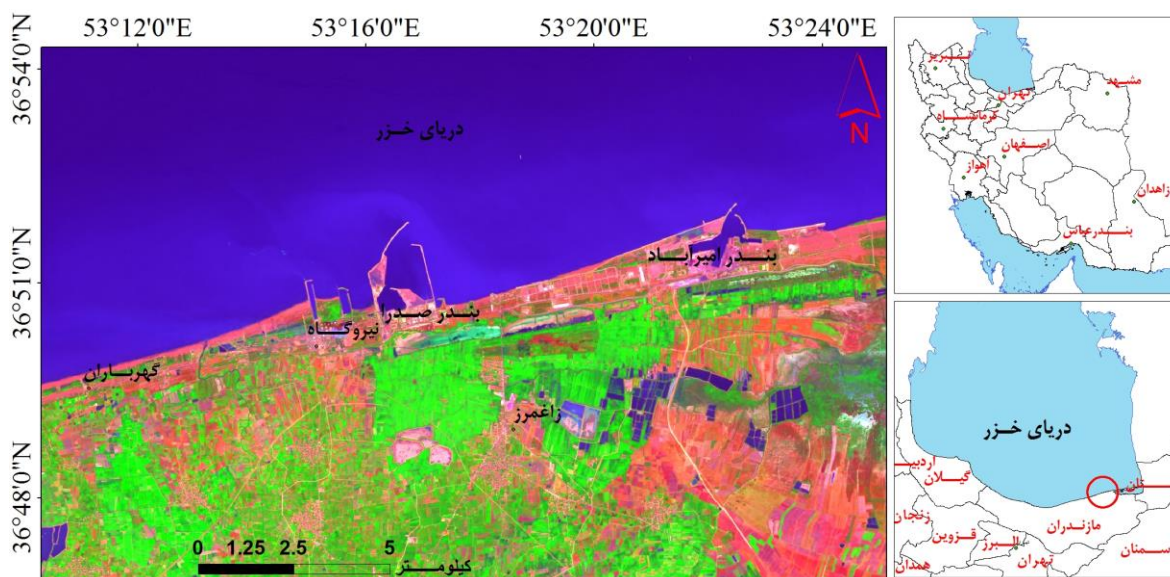
در طول تاریخ، بشر به سواحل و به تبع آن، اسکان و تمرکز جمعیت در حاشیه مرزی خشکی و دریایی سواحل توجهی روزافزون داشته است (ثروتی، ۱۳۹۳: ۵). از این‌رو، تمدن‌های بشری همواره در کنار دریاها و در نزدیکی حوضه‌های

رودخانه‌ای گسترش پیدا نموده‌اند (ثروتی، انصاری‌لاری و منصوری، ۱۳۹۴؛ ۳). امروزه، بیش از نیمی از جمعیت جهان در مناطق ساحلی و در درون نوار ۶۰ کیلومتری و حدود ۳۸ درصد در فاصله ۱۰۰ کیلومتری از خط کرانه‌ای دریاها و اقیانوس‌ها استقرار یافته و زندگی می‌کنند (بیرد^۱، ۲۰۰۸؛ ۱؛ رامی‌یر^۲ و هم‌کاران، ۲۰۱۱؛ ۵؛ یونپ^۳، ۲۰۱۴). حضور و تمرکز در صد قابل‌توجهی از جمعیت انسانی در مناطق ساحلی نشان‌دهنده ارتباط تنگاتنگ اقتصاد و تداوم زندگی بشر با محیط دریایی جهت بهره‌برداری از منابع و امکانات بی‌شمار آن است. البته شایان گفتن است که بیشترین منابع و کاربری‌های مورد استفاده بشر در منطقه ساحلی متمرکز شده است. بنابراین، حضور گسترده جمعیت انسانی در این منطقه و نیز افزایش فعالیت‌های وی ممکن است تأثیرات زیست‌محیطی گوناگونی به دنبال داشته باشد.

مناطق ساحلی، محیط‌های پویا و تأثیرپذیری هستند که پیوسته خود را با اثرات فرایندها و پارامترهای مورفونیز در یابی از جمله کسندها^۴، جریان‌های دریایی و امواج، فصول و دگرگونی‌های آب‌وهوایی^۵ سازگار می‌سازند (گوزارد^۶، ۲۰۰۹؛ ۱). تغییر و تحول سریع خطوط ساحلی و سیماهای مورفولوژیکی یکی از ویژگی‌های مهم مناطق ساحلی به‌ویژه در اطراف بخادر و دیگر سازه‌های انسان‌ساخت می‌باشد. فاکتورهای مهم و موثر در این تحولات با توجه به ویژگی‌های هر محل می‌توانند متفاوت باشند. اما، معمولاً برهمکنش بین دگرگونی‌های آب‌وهوایی، نوسان تراز دریا، رژیم رودخانه‌ها و تغییر در پارامترهای هیدرودینامیکی (امواج، کسندها، جریان‌های دریایی) و نیز فعالیت‌های انسانی اثرات قابل‌توجهی در تکامل ژئومورفولوژیکی محیط‌های ساحلی دارند. بنابراین، شناخت ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی سیستم‌های ساحلی، آگاهی از دگرگونی‌های رخ داده و در نهایت آشکارسازی رفتار تکاملی آنها در قالب تهیه نقشه دگرگونی‌های مناطق ساحلی، یکی از ضروری‌ترین و حیاتی‌ترین اقدامات برای برنامه‌ریزان محیطی و منطقه‌ای در اجرای بسیاری از مطالعات و طرح‌های عمرانی می‌باشد. بدین ترتیب، آگاهی از تغییرات رخ داده در منطقه مورد مطالعه به‌منظور برنامه‌ریزی طرح‌های آتی توسعه در پسرانه و مناطق نزدیک به کرانه و نیز به‌منظور استفاده بهینه و اصولی‌تر هر چه بیشتر از این منطقه حایز اهمیت فراوان می‌باشد. زیرا، حفاظت از مناطق ساحلی، بخش مهم و حیاتی در برنامه مدیریت سواحل به‌منظور دستیابی به توسعه پایدار است (خوشروان، ۲۰۰۷؛ ۳۵).

منطقه مورد مطالعه در این پژوهش کرانه‌های جنوب‌خاوری دریای خزر از دهانه رودخانه نكء تا بخش خاوری بندر امیرآباد (ابتدای منطقه حفاظت شده میانکاله) را شامل می‌شود و از لحاظ موقعیت ریاضی در راستای پهنای جغرافیایی ۳۶° ۴۷' تا ۳۶° ۵۲' شمالی از خط استوا و در راستای درازای جغرافیایی ۵۳° ۱۰' تا ۵۳° ۲۴' خاوری از نیمروز گرینویچ واقع شده است (شکل ۱). این منطقه از لحاظ تقسیم‌بندی‌های ساختمانی ایران، جزیی از البرز شمالی یعنی واحدهای گران-رشت بوده (درویش‌زاده و محمدی، ۱۳۷۴؛ ۶۹، علایی‌طالقانی، ۱۳۸۶؛ ۳۲۵) و در تقسیم‌بندی زمین‌شناسی پالوسکا و دگز^۷ ۱۹۹۲ از کرانه‌های جنوبی دریای خزر، در بخش مربوط به کرانه‌های بین نكء و بندر ترکمن قرار می‌گیرد (شهرابی، ۱۳۷۱؛ ۳۴).

-
- 1- Bird
 - 2- Ramieri
 - 3- United Nations Environment Programme (UNEP)
 - 4- Tide
 - 5 - Climate change
 - 6 - Gozzard
 - 7- Paluska und Degens



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد پژوهش بر روی تصویر ماهواره ETM⁺ 2015.

در این منطقه بنادر مهم امیرآباد و صدرا (نکاء) واقع شده‌اند. در پی احداث و توسعه بنادر امیرآباد و صدرا (نکاء) طی دو دهه گذشته، خط ساحلی این مناطق با تغییر و جابجایی‌های گسترده‌ای روبرو بوده است. همان‌طور که ابراهیمی و هم‌کاران ۱۳۹۵ خاطر نشان می‌کند سواحل این منطقه به دلیل ایجاد و توسعه تاسیسات بندری از وضعیت تعادل خارج شده و سواحل باختری و خاوری این مناطق به ترتیب با وضعیت رسوب‌گذاری و فرسایش روبرو شده است. علاوه بر آن، توسعه و م‌طول نمودن بازوهای بنادر امیرآباد و صدرا (نکاء)، باعث ایجاد و بروز مشکلاتی برای این بنادر شده است. از جمله مهم‌ترین این مشکلات می‌توان به رسوب‌گذاری مواد در دهانه ورودی و حوضچه آرامش این بنادر و نیز فرسایش کرانه‌های بخش‌های خاوری بنادر مذکور، اشاره کرد. بندر مهم امیرآباد که منطقه ویژه اقتصادی شمال کشور نیز می‌باشد طی سال‌های گذشته گرفتار مشکلات شدید رسوبی بوده است. کاهش تراز دریا و توسعه سازه‌های بندر نکاء از جمله عواملی است که بر این وضعیت تاثیرگذار بوده‌اند. از سوی دیگر، قرارگیری بندر امیرآباد در هشت کیلومتری بخش خاوری بندر صدرا (پایانه نفتی شمال) ساختار مورفولوژیکی و هیدرودینامیکی منطقه را پیچیده‌تر کرده است. با توجه به نقش آفرینی اقتصادی- بازرگانی ویژه منطقه در طرح ترانزیت شمال- جنوب در سطح منطقه‌ای و بین‌المللی، شناخت وضعیت مورفولوژیکی و تغییر و تحولات آن جهت برنامه‌ریزی و استفاده بهینه از پست‌کرانه، از اهمیت زیادی برخوردار است. در واقع، با شناسایی مناطق و کرانه‌هایی که دچار فرسایش یا رسوب‌گذاری شده‌اند می‌توان در جهت حفاظت از آن اقدامات لازم را اتخاذ نمود. بنابراین با شناخت وضعیت مورفولوژیکی و تغییرات رخ داده در این منطقه می‌توان در جهت کنترل و جلوگیری از هرگونه فرسایش و رسوب‌گذاری اقدام و برنامه‌ریزی نمود.

از جمله مهم‌ترین مراکز موجود در منطقه مورد مطالعه می‌توان به نیروگاه حرارتی شهید سلیمی نکاء، مجتمع کشتی‌سازی ایران صدرا، شرکت حفاری دریایی شمال، پایانه نفتی نکاء- بهشهر، شرکت نفت خزر، بندر امیرآباد و با کمی فاصله منطقه حفاظت شده میانکاله اشاره نمود. منطقه مورد مطالعه در این پژوهش تقریباً از دهانه رودخانه نکاء تا ابتدای منطقه حفاظت شده میانکاله در منتهی‌الیه خاوری بندر امیرآباد را شامل می‌شود (شکل ۱). در منطقه مورد بررسی نقش و اهمیت سازه‌های

بنادر امیرآباد و صدرا در تغییرات مورفولوژیکی خط ساحلی قابل توجه‌تر می‌باشد. بنابراین، تمرکز اصلی پژوهش حاضر بر روی کرانه‌های حد فاصل بین آنها می‌باشد.

در حال حاضر بندر امیرآباد مهم‌ترین بندر بازرگانی شمال کشور به‌شمار می‌رود. بندر امیرآباد در راستای کمک به کاهش تردد و ترافیک کشتی‌ها و شناورهای بازرگانی در بنادر انزلی و نوشهر در محل فرح‌آباد پیشین (امیرآباد کنونی) احداث و مورد استفاده قرار گرفته است. با توجه به بکر بودن محیط پسرکانه بندر امیرآباد، از ابتدای اجرای طرح این بندر امکان توسعه و گسترش تاسیسات بندری در این منطقه وجود داشته است. وجود پتانسیل مناسب بندر امیرآباد جهت توسعه باعث گردیده تا در سال ۱۳۷۶ شورای عالی مناطق آزاد این بندر را به‌عنوان منطقه ویژه اقتصادی در سرزمینی با مساحت حدود ۶۰ هکتار زیر نظر سازمان بنادر و دریانوردی به تصویب رساند. همان‌طور که عنوان شد، وجود پسرکانه کافی و موقعیت مناسب بندر امیرآباد در منطقه‌ای بکر و خالی از فضاهای شهری از یک طرف و همچنین قرارگیری آن در یکی از کریدورهای ترانزیت بین‌المللی منطقه (کریدور شمال - جنوب) از طرف دیگر این بندر را بیش از پیش مورد توجه قرار داده است. اما، متأسفانه با وجود اهمیت نسبتاً بالای بندر امیرآباد و افزایش ترافیک شناورها و تبادل کالا در آن، طی سال‌های گذشته این بندر با مشکلات رسوب‌گذاری شدید دهانه ورودی و کانال دسترسی روبرو بوده است. به‌طور کلی، از میان مشکلات رخ‌داده در بندر امیرآباد می‌توان به کمبود تاسیسات بندری لازم در پسرکانه، رسوب‌گذاری در سواحل باختری و کانال دسترسی، فرسایش سواحل خاوری و کم بودن پهنای ساحل اشاره نمود.

تاکنون پژوهش‌های فراوانی در مورد بررسی تغییرات خط ساحلی و چگونگی وضعیت رسوب‌گذاری - فرسایش در مناطق ساحلی انجام شده است که در ادامه به برخی از آنها اشاره می‌کنیم.

نخجیری و همکاران ۱۳۹۱؛ در پژوهشی تأثیر ساخت‌وسازهای ساحلی و فعالیت‌های انسانی را بر روی رسوبات ساحلی منطقه میانکاله را مورد بررسی قرار دادند. آنها از طریق تجزیه و تحلیل‌های آماری اندازه مواد رسوبی و با توجه به نقشه ژرفاسنجی منطقه، نقشه روند حرکت و انتقال رسوب در منطقه را تهیه نموده‌اند. همچنین، نواحی فرسایش و رسوب‌گذاری در منطقه را تعیین نمودند. کاکرودی ۱۳۹۲؛ در پژوهشی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، نقشه‌های تاریخی و مشاهده میدانی در چرخه پایانی دریای خزر (۱۹۲۹-۱۹۹۵) نوسانات سطح آب دریا و تأثیر آن بر سواحل جنوب‌خاوری دریای خزر را مورد مطالعه قرار داده و به این نتیجه رسیده است که مورفولوژی ساحلی در شمال‌خاوری ایران/ جنوب‌خاوری دریای خزر متأثر از تغییرات تراز آب دریا به کلی تغییر می‌کند. کاکرودی و همکاران ۲۰۱۴؛ در پژوهشی با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای، تغییرات خط ساحلی را در ۲۲ سلول ساحلی که هر یک شامل سه ترانسکت با فاصله بیش از ۳ کیلومتر بوده است را محاسبه نموده و به بررسی واکنش خط ساحلی نسبت به تغییرات سریع قرن بیستم سطح آب دریا در راستای سواحل ایرانی دریای خزر پرداخته‌اند. تغییرات هم به‌سوی خشکی و هم به‌سوی دریای خزر در طی افزایش سریع سطح آب دریا بین سال‌های ۱۹۷۷ تا ۲۰۰۱ رخ داده است. نامبردگان دریافتند که دریای خزر بین سال‌های ۱۹۲۹ تا ۱۹۹۵ آخرین چرخه از تغییرات سطح آب دریا که در حدود ۶۳ متر بوده را تجربه نموده است. این نوسانات باعث شده است که به بسیاری از تاسیسات و زیرساخت‌های انسانی در راستای ساحل از جمله ساختمان‌ها، جاده‌ها، مزارع و دیگر تاسیسات انسانی آسیب‌هایی وارد گردد. همچنین یادآور می‌شوند که طی ۴۸ سال گذشته پایین رفتن سطح آب دریا باعث شده است تا منطقه بزرگی از زیر آب دریا بیرون آید که پس از آن برای توسعه مناطق مسکونی استفاده شده است. کاکرودی و همکاران ۲۰۱۴؛ در پژوهشی به بررسی تحولات کوتاه مدت و درازمدت زبانه ماسه‌ای میانکاله در بخش جنوب‌خاوری دریای خزر پرداخته‌اند. نامبردگان دریافته‌اند که در آغاز قرن بیستم، دریای خزر یک چرخه کاملی از تغییرات سطح آب دریا را که در حدود ۳ متر بوده، تجربه نموده است. همچنین دریافته‌اند که وجود اینک زبانه ماسه‌ای میانکاله از پیش وجود داشته، اما به‌طور آشکار و برجسته در طی دوره پسروی آب دریا در اواخر دهه

۱۹۷۰ پدید آمده است. اما در طی دوره پیشروی و بالآآمدگی سطح آب دریا که در سال ۱۹۹۵ به اوج خود رسید، زیانه ماسه‌ای میانکاله به‌صورت چندین جزیره به‌طور جدا از هم به زیر آب فرو رفته بود. هاپخا^۱ و هم‌کاران ۲۰۱۳؛ تأثیرات ژئو مورفیکی و انسانی موثر در تغییرات ساحلی بزرگ مقیاس در کرانه‌های خاوری ایالات متحده را مورد پژوهش قرار داده‌اند. یافته‌های آن‌ها نشان می‌دهد که اثرات انسانی بیشتر در راستای بخش‌های متراکم‌تر، توسعه‌یافته و اصلاح‌شده ساحل که در آن اسکله‌ها در شاخه‌هایی که اقدامات مهندسی در آنها اجرا شده و حجم زیادی از رسوبات را در پشت خود نگه می‌دارند یافت می‌شوند. جین‌یانگ^۲ و همکاران ۲۰۱۴؛ تغییرات فضایی و زمانی خطوط ساحلی شمال چین طی دوره ۲۰۱۲-۲۰۰۰ را مورد بررسی و پژوهش قرار دادند و دریافتند که خط ساحلی منطقه مورد مطالعه طی دوره مورد پژوهش تا ۶۳۷/۹۵ کیلومتر با نرخ ۵۳/۱۶ کیلومتر در سال افزایش یافته است. جانا^۳ و هم‌کاران ۲۰۱۴؛ در پژوهشی با استفاده از سنجش از دور، سامانه اطلاعات جغرافیایی و روش‌های آماری در قالب یک رویکردی تحلیلی به بررسی تغییرات خط ساحلی در واکنش به افزایش سطح آب دریا در راستای ساحل دایا^۴ واقع در خاور هندوستان پرداختند و دریافتند که یافته‌های به‌دست آمده از مطالعه حاضر نشان می‌دهند که استفاده همزمان و باهم از تصاویر ماهواره‌ای، داده‌های سطح آب دریا و روش‌های آماری می‌تواند روشی قابل اعتماد برای ارزیابی تغییرات خط ساحلی نسبت به افزایش سطح آب دریا باشند. هدف اصلی از این پژوهش بررسی تغییر و تحول خط ساحلی جنوب‌خاوری دریای خزر در اطراف بنادر امیرآباد و صدرا (نکاء) می‌باشد.

داده و روش پژوهش

پژوهش حاضر با هدف بررسی تغییرات خط ساحلی جنوب‌خاوری دریای خزر در اطراف بنادر امیرآباد و صدرا (نکاء) انجام شده است (شکل ۱). در این راستا، از سری تصاویر ماهواره Landsat سری سنجنده‌های MSS, TM & ETM⁺ و تصاویر Google Earth با وضوح بالا مربوط به منطقه مورد پژوهش استفاده شد (جدول ۱). این تصاویر از آرشیو ماهواره Landsat با توجه به در دسترس بودن و کیفیت مناسب آنها به‌گونه‌ای گزینش شدند که بهترین تصویر را از وضعیت منطقه در اختیار ما بگذارند.

زمین مرجع نمودن یا تصحیح هندسی تصاویر ماهواره‌ای یکی از مهم‌ترین و اصلی‌ترین مراحل در شناخت وضعیت تغییرات خطوط ساحلی و لندفرم‌های ژئومورفولوژیکی منطقه ساحلی است. زیرا در شناسایی وضعیت پدیده‌ها با تصاویر ماهواره‌ای قرارگیری نظیر به نظیر پیکسل‌ها یکی از مهم‌ترین مشخصه‌ها در ارزیابی کیفیت نتایج است. از این رو، به‌منظور کنترل زمینی عوارض، از تصاویر Google Earth و نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱/۲۵۰۰ و ۱/۵۰۰۰ متعلق به منطقه مورد مطالعه استفاده گردید. همچنین، عملیات پیش‌پردازش و واضح‌سازی مکانی بر روی تصاویر مورد استفاده انجام شد.

با بررسی‌ها و پردازش‌های انجام شده بر روی تصاویر مورد استفاده در این پژوهش، مشخص شد که بهترین گزینه برای تحلیل‌های تک‌باندی از بین باندهای موجود، باندهای پنج و هفت می‌باشند. چرا که در این دو باند تمایز بین آب و خشکی بیشتر و بهتر نمایان بوده، در حالی که در سایر باندها تمایز و اختلاف محسوس و قابل توجهی یافت نشد. بنابراین، در تحلیل‌های تک‌باندی از آنها استفاده شد. در واقع، در این پژوهش از طریق ردگیری موقعیت خط داغاب با استفاده از دو روش تفکیک چشمی و طیفی به استخراج خط ساحلی اقدام شد. در این راستا، ابتدائاً موقعیت مکانی خط ساحلی بر روی باندهای ۵ و ۷ تصاویر ماهواره لندست استخراج و آشکارسازی شد. سپس، در گام بعدی به‌منظور افزایش دقت و بهبود کیفیت تصاویر

1- Hapke

2- Jinyong

3- Jana

4- Digha

ماهواره‌ای موجود، باند Pan تصاویر با سایر باندها ترکیب و ادغام گردید تا تصویری به مراتب بهتر به دست آید. پس از انجام ترکیب و ادغام باندها با همدیگر، مناسب‌ترین ترکیب باندی در نمایش و آشکارسازی خط ساحلی انتخاب گردید. در ادامه ترکیب باندی ۵۴۳ تصاویر لندست مورد استفاده قرار گرفت، چراکه این ترکیب باندی علاوه بر این که مرز بین آب و خشکی را به بهترین شکل نمایش می‌دهد به ترکیب رنگی حقیقی و واقعیت موجود بر روی سطح کره زمین نیز بسیار نزدیک است. همچنین، باندهای طیفی مذکور از همبستگی کمی برخوردار هستند، بنابراین حاوی اطلاعات بیشتری می‌باشند (موری، ۲۰۰۰). در تفکیک طیفی تصاویر با شناسایی و ترسیم نقاط عطف و شکست طیفی در هر تصویر، رندهای طیفی آنها در منطقه ساحلی منطقه در هر دوره زمانی مشخص گردید. سپس، با ترسیم نقاط شکست طیفی مذکور به همدیگر خط ساحلی به روش طیفی به دست آمد. لازم به ذکر است که ترکیب باندها با حفظ ترتیب آنها و در نرم‌افزار Eardas به گونه‌ای انجام شد تا تصاویر موجود در طیف رنگی حقیقی خود جهت مقایسه مکانی پدیده‌های گوناگون نمایش داده شوند. سپس، با ملاک قرار دادن مقیاس ثابت شده ۱:۱۰۰۰۰ برای استخراج خط ساحلی منطقه، اقدام به رقوم‌سازی موقعیت مکانی خط ساحلی بر روی تصاویر ماهواره‌ای با ترکیب رنگی اتخاذ شده در مقیاس تعریف شده گردید. در گام بعد، به منظور صحت‌سنجی خطوط ساحلی استخراج شده از تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از نقاط کنترلی انتخابی متعددی بر روی نقشه‌های توپوگرافی زمین مرجع شده، تصاویر Google Earth و بازدیدهای میدانی از منطقه و بررسی شواهد مورفولوژیکی، موقعیت و جابجایی‌های رخ داده در خط ساحلی منطقه کنترل شد. در پایان، تجزیه و تحلیل‌های این پژوهش در محیط نرم‌افزارهای Eardas و ArcGIS صورت گرفت. شکل ۲ مراحل کاری انجام این پژوهش را نشان می‌دهد.

جدول ۱: مشخصات تصاویر ماهواره لندست مورد استفاده در این پژوهش.

ردیف	ماهواره Landsat			زمان تصویر (میلادی)	زمان تصویر (خورشیدی) و گذر تصویر	شماره ردیف
	OLI	ETM ⁺	TM			
۱	*			2015/08/14	۱۳۹۴/۰۵/۲۳	۱۶۳/۰۳۴
۲		*		2001/07/28	۱۳۸۰/۰۵/۰۶	۱۶۳/۰۳۴
۳			*	1987/06/14	۱۳۶۶/۰۳/۲۴	۱۶۳/۰۳۴

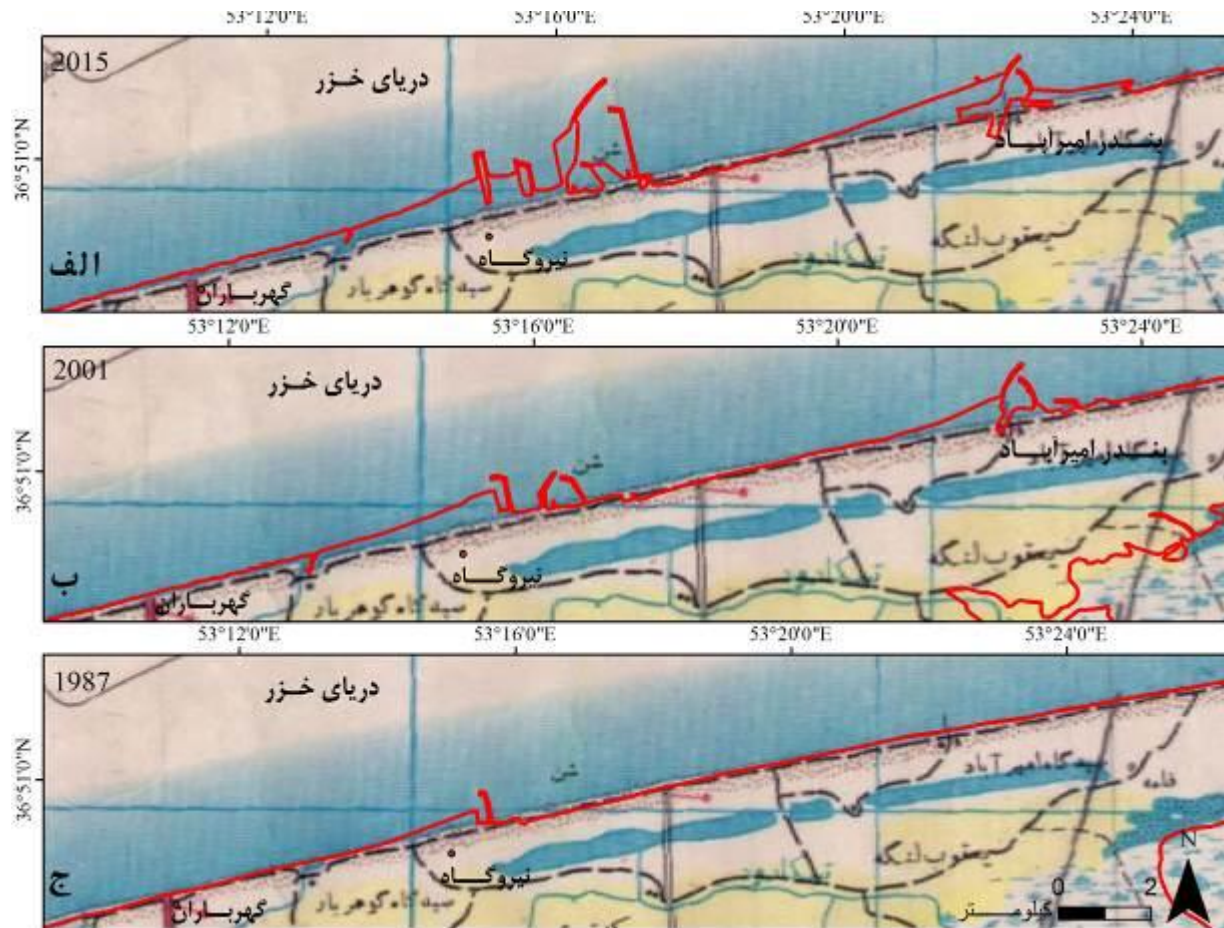


شکل ۲: فلوچارت انجام پژوهش.

در این پژوهش، تغییرات مکانی خط ساحلی واقع در حد فاصل بین دهانه رودخانه نکاء تا منتهی‌الیه بخش خاوری بندر امیرآباد در کرانه‌های جنوب‌خاوری دریای خزر، با استفاده از روش آشکارسازی تصاویر ماهواره Landsat (به صورت ترکیب رنگی و به‌ویژه باند پنج) برای سال‌های ۱۹۸۷، ۲۰۰۱ و ۲۰۱۵ پایش و استخراج گردید. پس از بارز سازی و تعیین مرز جداکننده آب از خشکی بر روی این تصاویر، موقعیت خط ساحلی به‌صورت لایه وکتوری، رقومی سازی گردید تا بتوانیم در مرحله بعد میزان تغییرات و جابجایی مکانی خط ساحلی را از طریق هم‌پوشانی لایه‌های وکتوری مربوط به تصاویر سال‌های مورد بررسی اندازه‌گیری نماییم. در پایان، پس از هم‌پوشانی لایه‌های وکتوری به‌دست آمده برای دوره زمانی ۱۹۸۷-۲۰۱۵، میزان تغییرات مکانی خط ساحلی و وضعیت فرسایش-رسوب‌گذاری رخ داده در منطقه مشخص و اندازه‌گیری شد.

یافته‌های پژوهش

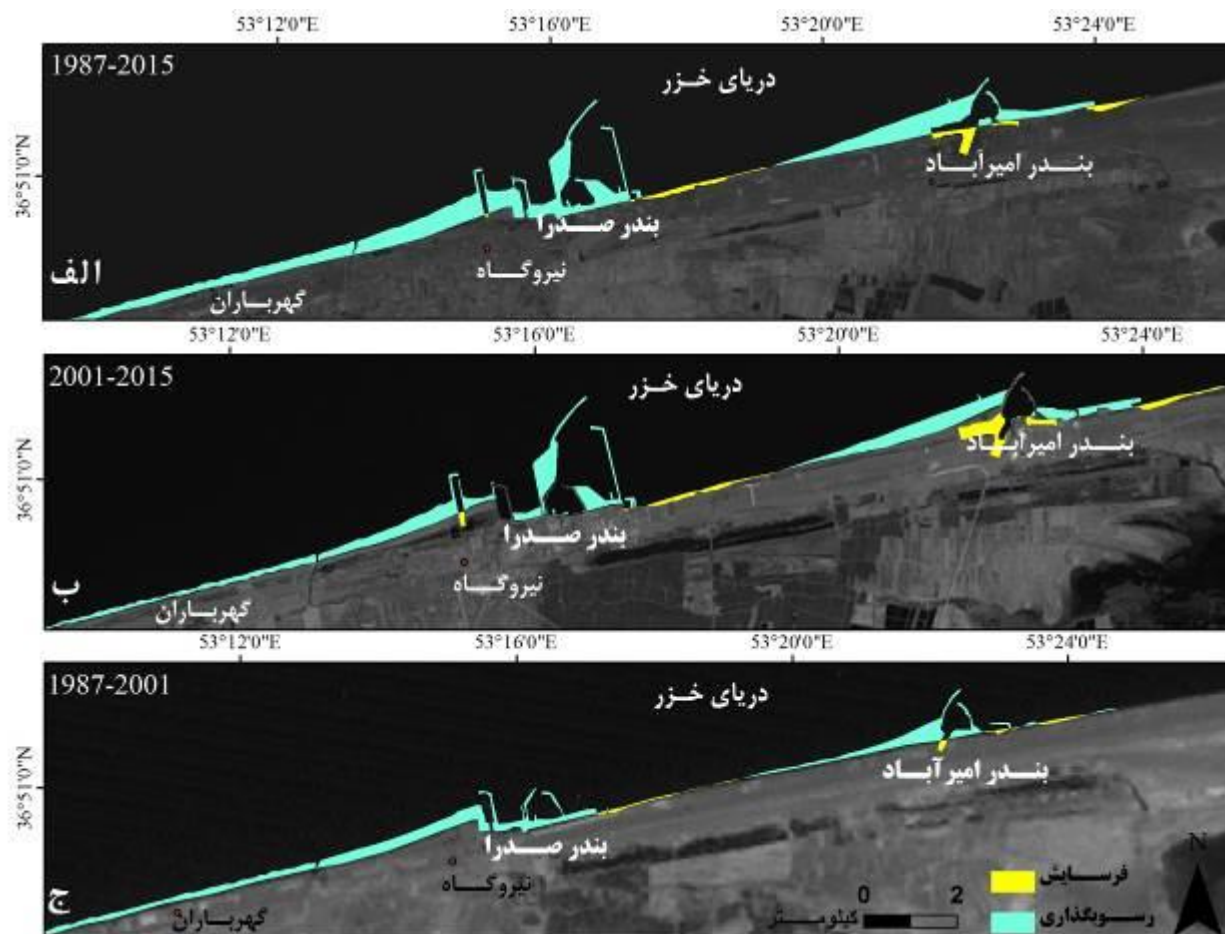
موقعیت مکانی خط ساحلی منطقه مورد مطالعه در سه بازه زمانی مورد بررسی در شکل ۳ نشان داده شده است. همچنین، وضعیت تغییرات و جابجایی مکانی خطوط ساحلی کرانه‌های جنوب‌خاوری دریای خزر در اطراف بنادر امیرآباد و صدرآبی بازه زمانی ۱۹۸۷-۲۰۱۵ در شکل ۴ ارایه شده است. با توجه به وضعیت تغییرات و جابجایی مکانی خطوط ساحلی در این بازه زمانی، وضعیت کرانه‌های منطقه از لحاظ فرایندهای فرسایش و رسوب‌گذاری نیز محاسبه و اندازه‌گیری شد (شکل ۵ و جدول ۲).



شکل ۳: موقعیت خطوط ساحلی مستخرج از تصاویر Landsat برای سال‌های: الف) ۲۰۱۵، ب) ۲۰۰۱، ج) ۱۹۸۷ و جانمایی آن بر روی نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰۰ برگ ساری مربوط به سال ۱۳۵۴ خورشیدی (۱۹۷۵ میلادی).



شکل ۴: استخراج تغییرات و جابجایی مکانی خط ساحلی طی بازه زمانی ۱۹۸۷-۲۰۱۵ با استفاده از تصاویر ماهواره Landsat و جانمایی آن بر روی نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰۰ برگ ساری مربوط به سال ۱۳۵۴ خورشیدی (۱۹۷۵ میلادی).



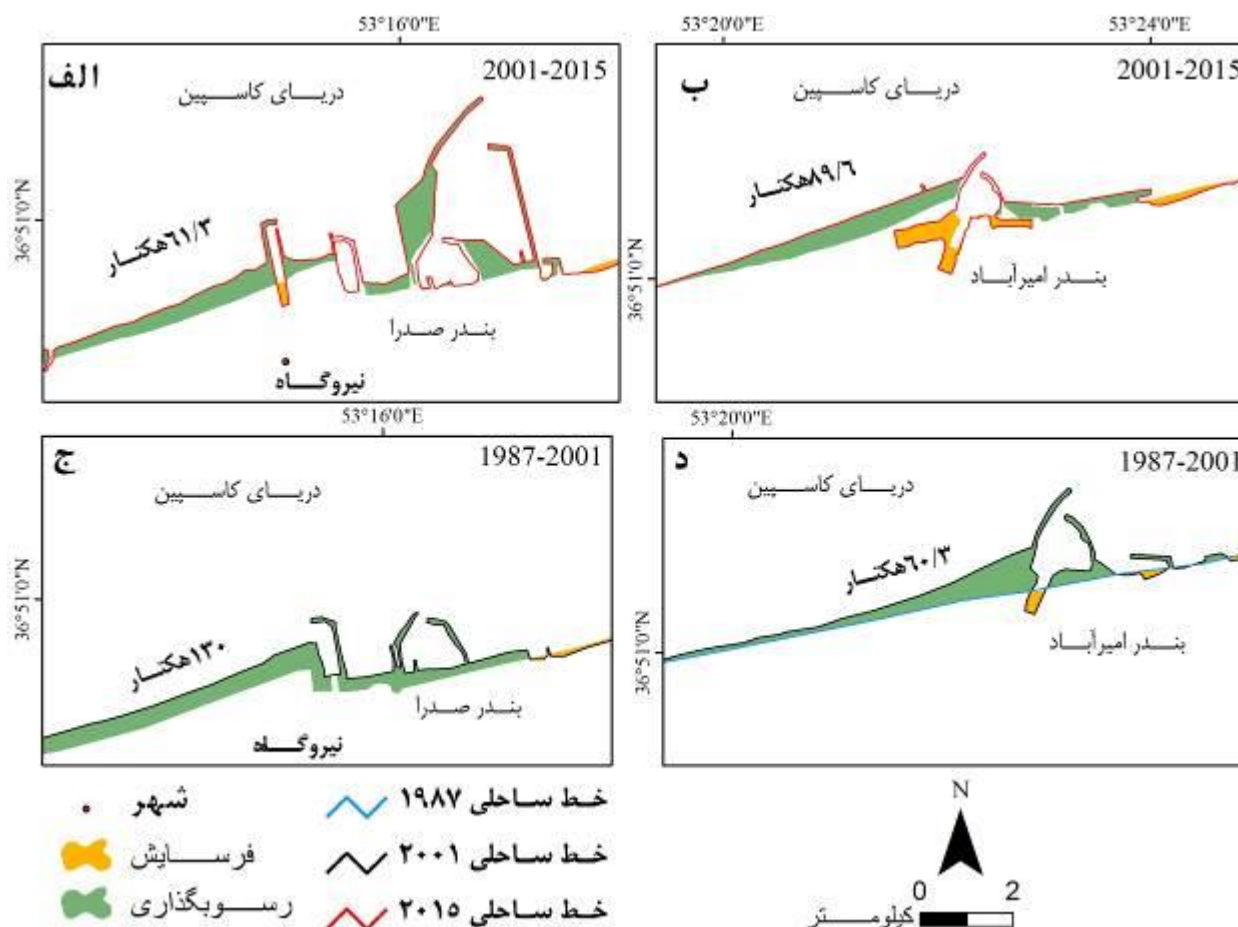
شکل ۵: تغییرات خط ساحلی و چگونگی وضعیت رسوب گذاری- فرسایش در کرانه های بنادر امیرآباد و صدرا (نکاء).

جدول ۲: محاسبات مربوط به میزان فرسایش و رسوب گذاری در کرانه های منطقه مورد مطالعه.

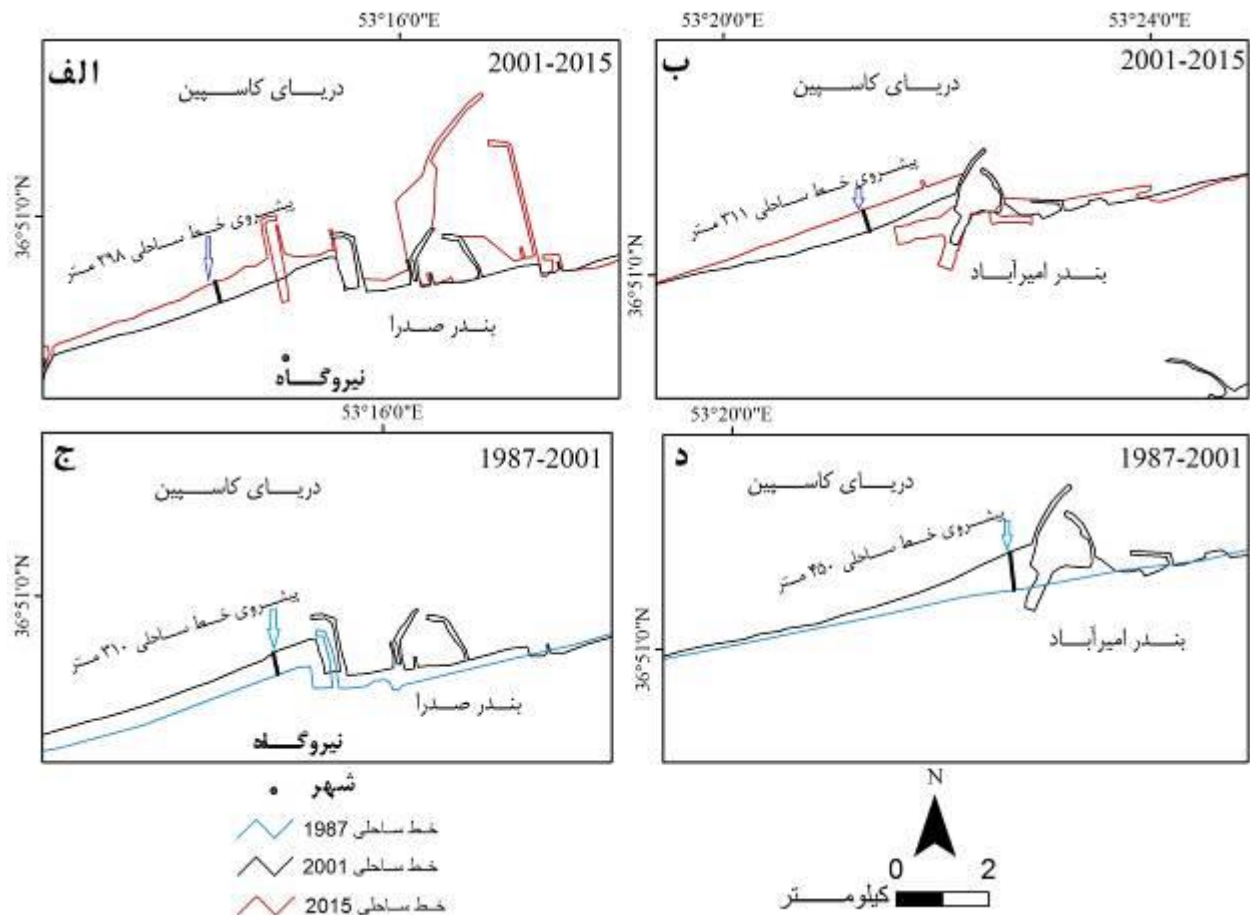
سال	رسوب گذاری (Km2)	فرسایش (Km2)
۱۹۸۷-۲۰۰۱ میلادی (۱۳۶۶-۱۳۸۰ خورشیدی)	۲/۷۶	۰/۱۷
۲۰۰۱-۲۰۱۵ میلادی (۱۳۸۰-۱۳۹۴ خورشیدی)	۳/۱۸	۰/۶۴
۱۹۸۷-۲۰۱۵ میلادی (۱۳۶۶-۱۳۹۴ خورشیدی)	۵/۶۹	۰/۵۳

برپایه محاسبات و اندازه گیری های انجام شده، مشخص شد که از سال ۱۹۸۷ تا ۲۰۰۱ در پی ساخت و ا حداث بخادر امیرآباد و صدرا (نکاء) در منطقه، در مجموع ۱۳۰ و ۶۰/۳ هکتار به ترتیب در پشت بازوی باختری بندر صدرا (نکاء) و بندر امیرآباد رسوب گذاری صورت گرفته است. اما، طی دوره ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۵، در مجموع ۶۱/۳ و ۸۹/۶ هکتار به ترتیب در پشت بازوی باختری بندر صدرا (نکاء) و بندر امیرآباد رسوب گذاری انجام شده است (شکل ۶). همچنین، طی بازه زمانی نخست یعنی از سال ۱۹۸۷-۲۰۰۱ بیشترین حد پیشروی خط ساحلی به سوی دریا در بخش باختری بندر امیرآباد و صدرا به ترتیب به میزان ۴۵۰ و ۳۱۰ متر بوده است. اما، طی دوره زمانی دوم از سال ۲۰۰۱-۲۰۱۵ حداکثر میزان پیشروی خط ساحلی به سوی دریا حدود ۳۱۱ (در بخش باختری بندر امیرآباد) و ۲۹۸ متر (در بخش باختری بندر صدرا) بوده است (شکل ۷ و جدول ۳).

به طور کلی، میزان رسوب گذاری و فرسایش انجام شده در کرانه های منطقه مورد مطالعه بین سال های ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۵ به ترتیب برابر با ۵/۶۹ و ۰/۵۳ کیلومتر مربع بوده است (جدول ۲). همان طور که نظامی وند چگینی و سعادتمند ۱۳۹۵ یادآور می شوند الگوی انتقال رسوب در منطقه به گونه ای است که رسوب گذاری یا در پشت نیروگاه نکا اتفاق می افتد یا از روی دهانه بندر عبور می کند و مقدار بسیار ناچیزی از رسوب در دهانه بندر رسوب می نماید. برپایه یافته های پژوهش حاضر، این موضوع در منطقه کاملاً اثبات می شود، به گونه ای که در حال حاضر در بخش خاوری آبگیر نکا شاهد افزایش میزان رسوب گذاری هستیم ولی در دهانه ورودی بندر میزان رسوب گذاری ناچیز است.



شکل ۶: میزان رسوب گذاری و فرسایش انجام شده در اطراف بندر امیرآباد و نکا (صدرا) طی بازه زمانی ۱۹۸۷-۲۰۱۵.



شکل ۷: میزان پیشروی خط ساحلی در اطراف بنادر امیرآباد و نکاء (صدرا) طی بازه زمانی ۱۹۸۷-۲۰۱۵.

جدول ۳: محاسبات مربوط به برخی از تغییرات رخ داده در منطقه مورد مطالعه.

منطقه مورد بررسی		میزان رسوب گذاری (هکتار)		بیشترین حد پیشروی خط ساحلی یا رسوب گذاری (M)		بیشترین حد پسروی خط ساحلی یا فرسایش (M)	
۲۰۰۱-۱۹۸۷	۲۰۱۵-۲۰۰۱	۲۰۰۱-۱۹۸۷	۲۰۱۵-۲۰۰۱	۱۹۸۷-۲۰۰۱	۲۰۰۱-۲۰۱۵	۲۰۰۱-۱۹۸۷	۲۰۱۵-۲۰۰۱
بخش باختری؛	بخش باختری؛	بخش باختری؛	بخش باختری؛	بخش باختری؛	بخش باختری؛	بخش خاوری؛	بخش خاوری؛
۶۰/۳	۸۹/۶	۴۵۰	۳۱۱	۵۸	۱۱۲		
بخش باختری و مرکزی؛	بخش باختری؛	بخش باختری؛	بخش باختری؛	بخش خاوری؛	بخش خاوری؛		
۱۳۰	۶۱/۳	۳۱۰	۲۹۸	۶۸	۹۰		

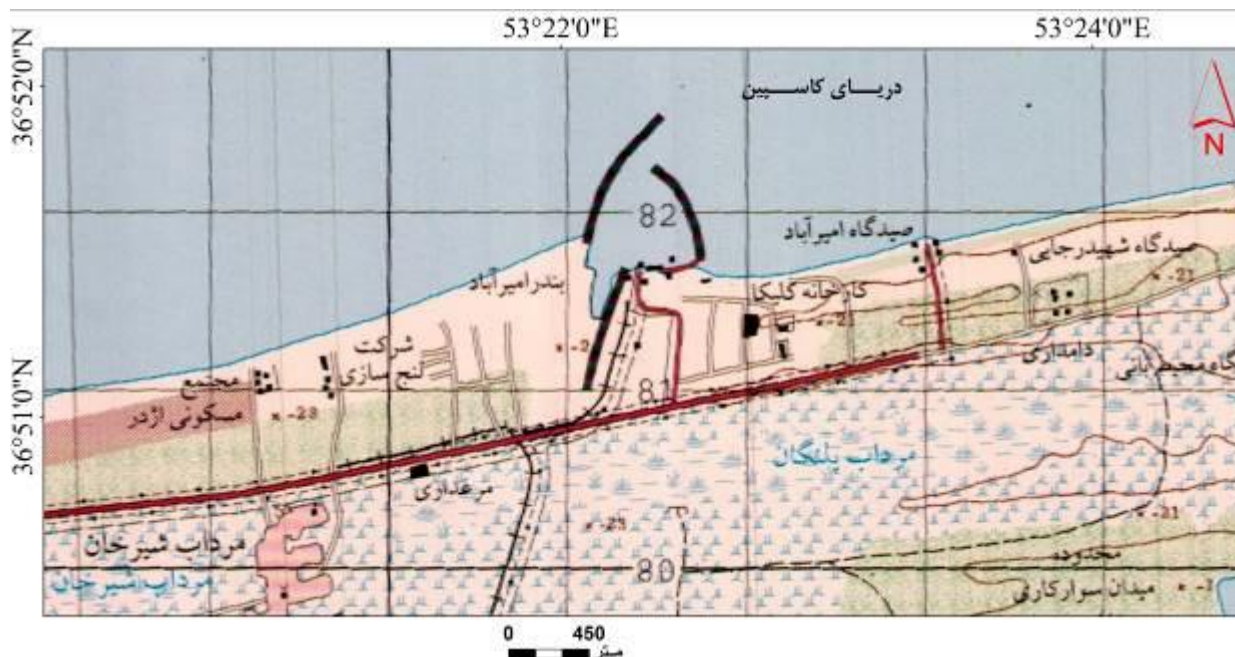
در واقع، منطقه مورد بررسی طی بازه زمانی مورد مطالعه در مجموع به استثنای نواحی کوچکی از منطقه، با وضعیت رسوب گذاری و افزایش نوار ساحلی روبرو بوده است. از جمله دلایل این امر می توان به نوسانات تراز دریای خزر به ویژه روند کاهشی آن در دهه اخیر و نیز احداث و مطول نمودن برخی از سازه های ساحلی از جمله موج شکن ها و دستک هایی اشاره نمود که به منظور حفاظت از بنادر در برابر فرسایش صورت گرفته است. در واقع، احداث و توسعه این گونه سازه های انسانی با برهم

زدن سیکل و روند عملکرد امواج و جریان‌های کرانه‌راستا، از انتقال مواد رسوبی به سمت خاور منطقه جلوگیری نموده و باعث رسوب‌گذاری شدید در منطقه گشته است.

نتیجه‌گیری

با مطالعه و بررسی تصاویر ماهواره‌ای مشخص شد که کرانه‌های منطقه مورد مطالعه در سال ۱۹۸۷ میلادی که برابر با سال ۱۳۶۶ خورشیدی است تقریباً به‌طور کامل بکر و دست‌نخورده بوده و در خط کرانه‌ای آن تنها یک دستک در محل کنونی آبگیر نکاء وجود داشته است. اما، طی دو دهه اخیر در پی ساخت‌وساز و احداث بندر امیرآباد، صدرا و آبگیر نکاء خط کرانه‌ای به شدت تحت تأثیر قرار گرفته و تغییرات گسترده‌ای را متحمل گردیده است. در این پژوهش برای ارزیابی میزان تغییرات رخ داده در خط ساحلی از تصاویر ماهواره لندست برای سال‌های ۱۹۸۷، ۲۰۰۱ و ۲۰۱۵ استفاده شده است.

بررسی خطوط ساحلی رقمی شده مستخرج از تصاویر ماهواره‌ای نشان می‌دهد که کرانه‌های منطقه مورد بررسی طی بازه زمانی ۲۸ ساله (۱۹۸۷-۲۰۱۵) بر اثر از ساخت‌وساز و توسعه بندر امیرآباد و صدرا به شدت دچار تغییر و تحولات گسترده‌ای شده، به‌طوری که خط ساحلی در بیشتر نقاط به‌سوی دریا پیشروی نموده و پدیده غالب در کرانه‌های منطقه رسوب‌گذاری مواد بوده است (شکل ۵). این یافته‌ها نشان می‌دهند که بیشترین میزان تغییرات در منطقه مورد مطالعه در دوره زمانی ۲۰۱۵-۲۰۰۱ رخ داده است. با بررسی و مطالعه تصاویر ماهواره‌ای در ادوار مختلف، مشخص گردید که با احداث و توسعه بندر امیرآباد و صدرا (نکاء) وضعیت کرانه‌های منطقه از حالت بکر و طبیعی خود فاصله گرفته و دستخوش تغییراتی شده‌اند. در واقع، ساخت و توسعه آبگیر نکاء و بندر صدرا در بخش باختری منطقه مورد مطالعه، بر رفتار و عملکرد امواج و جریان‌های کرانه‌راستا در منطقه تأثیرگذار بوده و در جلوگیری از انتقال رسوب از باختر نکاء به‌سوی کرانه‌های بین آبگیر نکاء تا بندر امیرآباد نقش به‌سزایی ایفا نموده است. این موضوع باعث فرسایش بخش خاوری بندر صدرا و انتقال رسوب‌های حاصل از آن به سمت کرانه‌های بندر امیرآباد شده است. به‌طوری که، بخشی از این رسوب‌ها در پشت بازوی باختری بندر امیرآباد نهشته‌گذاری شده و بخش دیگری از آن نیز در دهانه بندر و در کانال دسترسی آن ته‌نشین می‌شوند. نتایج حاصل از پایش تصاویر ماهواره‌ای در دوره‌های زمانی گوناگون نشان می‌دهد که از سال ۱۹۸۷ تا ۲۰۰۱ حدود ۲/۷۶ کیلومتر مربع در منطقه رسوب‌گذاری انجام شده و بر گستره زمین‌های ساحلی در منطقه اضافه شده و تنها حدود ۰/۱۷ کیلومتر مربع از کرانه‌های منطقه دچار فرسایش شده است. همچنین، بین سال‌های ۲۰۱۵-۲۰۰۱ میزان رسوب‌گذاری و فرسایش در کرانه‌های منطقه مورد بررسی به ترتیب حدود ۳/۱۸ و ۰/۶۴ کیلومتر مربع بوده است. در پی افزایش میزان رسوب‌گذاری در ورودی و کانال دسترسی بندر امیرآباد و نیز لزوم لایروبی مستمر آن، باعث شده تا جهت جلوگیری از رسوب‌گذاری و کاهش میزان آن، یک دایک یا دستکی در سمت باختری بندر امیرآباد ساخته شود (شکل ۸).



شکل ۸: موقعیت بندر امیرآباد و تاسیسات و سازه‌های جانبی آن (منبع: سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، ۱۳۸۲؛ نقشه توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰، برگ زاغ‌مرز).

دایک مذکور با این دید که سواحل باختری بندر امیرآباد فرسایشی هستند طراحی و احداث گردیده است. اما، با بررسی‌هایی که بر روی آرشیو تصاویر ماهواره‌ای و به‌منظور پایش تغییرات و جابجایی خطوط ساحلی باختر بندر انجام دادیم مشخص گردید که این بخش از کرانه پیش از احداث دایک مذکور بیشتر در حالت رسوب‌گذاری بوده است نه فرسایش. متأسفانه، احداث این دایک نه تنها میزان رسوب‌گذاری در بخش ورودی بندر را کاهش نداده، بلکه احتمال فرسایش در جلوی دایک نیز وجود دارد. از این رو، طی سال‌های گذشته با مطالعات صورت گرفته توسط گروهی از مشاوران، به‌منظور کاهش احتمالی انتقال رسوب به جلوی دهانه بندر، احداث یک دستک رسوب‌گیر دیگر در سمت باختری بندر در فاصله ۳۰۰ متری آن و به طول حدود ۳۰۰ متر پیش‌بینی و پیشنهاد شده است.

با توجه به یافته‌های به‌دست آمده از بررسی تصاویر ماهواره‌ای که در شکل‌های ۵ و ۶ نشان داده شده است، روشن می‌گردد که با احداث و بهره‌برداری از سازه‌ها و تاسیسات ساحلی به‌ویژه آن دسته از سازه‌هایی که در آب دریا پی‌شروی نموده‌اند (همچون موج‌شکن‌ها، دستک‌ها، اسکله‌ها) باعث شده تا با ایجاد تغییر در ماهیت حرکت امواج در منطقه شرایط رسوب‌گذاری مواد در پشت آنها فراهم گردد. همچنین، مشخص می‌گردد که عمده فرایند رسوب‌گذاری مواد در پشت ضلع باختری سازه‌ها و تاسیسات بندری احداث شده در منطقه انجام شده است. علاوه بر آن، در گزارش فنی مطالعات شبیه‌سازی ریاضی رسوب در بندر امیرآباد ذکر شده است که، با توجه به وجود پتانسیل انتقال رسوب همراه با جریان‌های کرانه‌راستا، رسوبات حمل‌شده پس از برخورد با بدنه موج‌شکن ترسیب نموده و به تدریج مورفولوژی ساحل در پشت بازوهای بنادر در منطقه تغییر می‌یابد و با انباشت تدریجی رسوبات، در نهایت شرایطی فراهم می‌آید که رسوبات تمام طول بازوی موج‌شکن‌های بنادر را می‌پوشانند. از سوی دیگر، گسترش و طول‌نمودن سازه‌های مذکور سبب گشته تا این منطقه به‌صورت یک زون برای به‌دام انداختن مواد رسوبی عمل نماید. به‌گونه‌ای که ساختار و ماهیت مورفولوژیکی منطقه را با تغییرات چشمگیری روبرو نموده است.

در پایان باید خاطر نشان کرد که به طور کلی در بخش باختری سازه‌های ساحلی احداث شده در منطقه مورد مطالعه پدید غالب رسوب‌گذاری و در بخش خاوری آنها پدیده فرسایش عمل می‌نماید. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهند که با م‌طول نمودن و پیشروی بیشتر این سازه‌ها در دریا، فرایندهای مذکور شدت عمل بیشتری پیدا نموده‌اند. به گونه‌ای که بیشترین مقدار رسوب‌گذاری در منطقه مورد مطالعه، در بخش باختری بندر امیرآباد و بیشترین مقدار فرسایش در بخش خاوری این بندر ایجاد شده و به نظر می‌رسد این روند همچنان ادامه داشته باشد (شکل ۵ و ۶). همچنین، شایان گفتم است که میزان جابجایی و تغییرات چشمگیر رخ داده در خط ساحلی و نیز فرایند غالب رسوب‌گذاری طی بازه زمانی کوتاه ۲۸ ساله در منطقه، بر اهمیت لزوم پایش مستمر تغییرات و جابجایی خط ساحلی این بخش از سواحل شمالی کشور، در راستای بهره‌برداری و مدیریت کارآمد سواحل تاکید دارد. بنابراین، با توجه به تغییرپذیری زیاد خطوط ساحلی منطقه مورد پژوهش و نیز اهمیت این موضوع برای بندر امیرآباد به عنوان منطقه ویژه اقتصادی منطقه، بایستی مکان‌یابی، احداث و اصلاح و بهبود هرگونه سازه و تاسیسات ساحلی- دریایی در کرانه‌های منطقه به‌ویژه در اطراف دهانه‌های ورودی بندر، به دلیل تاثیرگذاری آنها بر عملکرد فرایندهای گوناگون در خشکی و دریا با احتیاط و دقت عمل بیشتری انجام گیرد.

منابع

- ۱- ابراهیمی، نعیم، ابراهیمی، سحر، اسدی‌نژاد، حسام، مردانی، امیر ۱۳۹۵؛ مقایسه نرخ انتقال رسوب در حالت دوبعدی و یک بعدی در بندر امیرآباد با نرم‌افزار مایک ۲۱، تهران، کنفدراسیون بین‌المللی مخترعان جهان (IFIA)، دانشگاه جامع علمی کاربردی.
- ۲- ثروتی، محمد رضا ۱۳۹۳؛ جغرافیای طبیعی دریاها و سواحل (ترجمه)، تهران، انتشارات سازمان سمت، چاپ سوم.
- ۳- ثروتی، محمد رضا، انصاری‌لاری، احمد، منصوری، رضا ۱۳۹۴؛ چارچوب نظری و راهبردهای برنامه‌ریزی به‌منظور مدیریت یکپارچه ناحیه ساحلی و حوضه رودخانه (ترجمه)، تهران، انتشارات سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، چاپ دوم.
- ۴- درویش‌زاده، علی، محمدی، مهین ۱۳۸۶؛ زمین‌شناسی ایران، تهران، انتشارات دانشگاه پیام‌نور، چاپ نخست.
- ۵- سازمان بنادر و دریانوردی، مطالعات شبیه‌سازی ریاضی رسوب بندر امیرآباد، گزارش فنی، تهران.
- ۶- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح ۱۳۵۴؛ نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱/۲۵۰۰۰ برگ ساری، شماره نقشه NJ 39-16.
- ۷- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح ۱۳۸۲؛ نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱/۵۰۰۰۰ برگ زاغ‌مرز، شماره نقشه I 6663.
- ۸- شهرابی، مصطفی ۱۳۷۱؛ زمین‌شناسی کوآترنر کرانه‌های دریای خزر، (ترجمه)، تهران، انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور، چاپ نخست.
- ۹- علایی‌طالقانی، محمود ۱۳۸۶؛ ژئومورفولوژی ایران، تهران، انتشارات قومس، چاپ چهارم.
- ۱۰- نججیری، سارا، معتمد، احمد، خوشروان، همایون، اسپهبد، محمد رضا ۱۳۹۱؛ تاثیرات ساخت و سازهای ساحلی و فعالیت‌های انسانی بر رسوبات ساحلی میانکاله، زاهدان، مجله زمین‌شناسی کاربردی، شماره ۴، ۳۶۳-۳۵۵.
- ۱۱- نظامی‌وند چگینی، امیر هوشنگ، سعادت‌مند، احمد علی ۱۳۹۵؛ تاثیر امواج دریای خزر بر مورفولوژی- مورفودینامیک و انتقال رسوب حوضچه پایانه نفتی شمال، تهران، مهندسی سازه و مدیریت ساخت.

۱۲- یمانی، مجتبی، قدیمی، مهرنوش، نوحه‌گر، احمد ۱۳۹۲؛ بررسی تغییرات زمانی خط ساحلی شرق تنگه هرمز از طریق تحلیل آماری نیمرخ‌های متساوی‌البعد (ترانسکت)، تهران، مجله پژوهش‌های ژئومورفولوژی ک‌هی، سال دوم، شماره ۲، صص ۱۷۴-۱۵۷.

- 13- Bird, E., 2008; Coastal geomorphology: an introduction, University of Melbourne, Australia Second Edition, Wiley Publisher.
- 14- Gozzard, B., 2009; WA- A Knowledge Base for Coastal Managers, 5th Western Australian State Coastal Conference, Whose Coast Is It? Adapting for the Future.
- 15- Guneroglu, A., Coastal changes and land use alteration on Northeastern part of Turkey, Ocean & Coastal Management (2015), <http://dx.doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2015.06.019>
- 16- Hapke, Cheryl, J., Kratzmann, Meredith, G., Himmelstoss, Emily A., 2013; Geomorphic and human influence on large-scale coastal change, Geomorphology, 199, PP: 160-170.
- 17- Jabaloy-Sánchez, Antonio, José Lobo, Francisco, Azor, Antonio, Bárcenas, Patricia, Fernández-Salas, Luis, Miguel, del Río, Víctor, Díaz, Pérez-Peña, José, Vicente, 2010; Human-driven coastline changes in the Adra River deltaic system, southeast Spain, Geomorphology, 119, PP: 9-22.
- 18- Jana, Adarsa, Biswas, Arkoprovo, Maiti, Sabyasachi, Bhattacharya, Amit K., 2014; Shoreline changes in response to sea level rise along Digha Coast, Eastern India: an analytical approach of remote sensing, GIS and statistical techniques, 18, PP: 145-155.
- 19- Jiang, Chengsheng, Shaw, Kristi, S., Upperman, Crystal, R., Blythe, David, Mitchell, Clifford, Murtugudde, Raghu, Sapkota, Amy, R., Sapkota, Amir, 2015; Climate change, extreme events and increased risk of salmonellosis in Maryland, USA: Evidence for coastal vulnerability, Environment International, 83, PP: 58-62.
- 20- Kakroodi, A., A., Kroonenberg, S., B., Goorabi, A., Yamani, M., 2014a; Shoreline response to rapid 20th century sea-level change along the Iranian Caspian coast, Journal of Coastal Research 30 (6), 1243-1250.
- 21- Kakroodi, A., A., Kroonenberg, S., B., Naderi Beni, A., Noehgar, N., 2014b; Short- and longterm development of the Miankaleh Spit, Southeast Caspian Sea, Iran. Journal of Coastal Research 30 (6), 1236-1242.
- 22- Khoshrahan, H., 2007; Beach sediments, morphodynamics, and risk assessment, Caspian Sea coast, Iran, Quaternary International, Vol. 167-168:35-39.
- 23- Ramieri, E., Hartley, A., Barbanti, A., Santos, F.D., Gomes, A., Hilden, M., Laihonon, P., Marinova, N., Santini, M., 2011; Methods for Assessing Coastal Vulnerability to Climate Change, European Topic Centre on Climate Change Impacts, Vulnerability and Adaptation Thetis (Italy).
- 24- Ritter, D.F., Kochel, R.C., & Miller, J.R. 2006; Process Geomorphology (Reissued 4th, Fourth Edition), Mc Grow-Hill, New York.
- 25- United Nations Environment Programme (UNEP), 2014; The UNEP Environmental Data Explorer, as compiled from UNEP/DEWA/GRID-Geneva. UNEP, Geneva. <http://geodata.grid.unep.ch>.