تحلیل تأثیر نوسانات دریای خزر بر پایداری خط ساحلی تالاب انزلی

فاطمه جواهری‌هوشی: *دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه تهران، پردیس کیش، کیش*
مجتبی یمانی*: *استاد ژئومورفولوژی، دانشکدهٔ جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران*
منصور جعفر بگلو: *دانشیار ژئومورفولوژی، دانشکدهٔ جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران*

نوع مقاله: پژوهشی
تاریخچه مقاله (تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۳/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۵/۱۲)
DOR: 20.1001.1.22517812.1400.11.4.4.8

چکیده

خطوط ساحلی از جمله مناطقی است که تحت‌تأثیر عوامل مختلف از جمله فعالیت‌های انسانی و تغییرات تراز دریا، با تغییرات زیادی مواجه بوده‌است. یکی از سواحلی که با تغییرات زیادی مواجه بوده، سواحل دریای خزر است. با توجه به اهمیت موضوع، در این تحقیق به بررسی اثرات تغییرات تراز دریای خزر بر تغییرات تالاب انزلی و خط ساحلی پرداخته شد. همچنین از مدل رقومی ارتفاعی ۱۲/۵ متر، تصاویر ماهوارهٔ لندست و اطلاعات آماری مربوط به تغییرات تراز دریا به عنوان داده‌های تحقیق استفاده شد. ابزارهای مورد استفاده در تحقیق نیز شامل ArcGIS، ENVI و IDRISI ــ برای اجرای مدل LCM ــ بود. در این تحقیق، ابتدا تغییرات تراز دریای خزر با استفاده از اطلاعات آماری بررسی شد، سپس با استفاده از تصاویر ماهوارهٔ لندست، تغییرات خط ساحلی و تالاب انزلی ارزیابی و در ارتباط با نوسان‌های دریای خزر تحلیل شد. بر اساس نتایج به دست آمده، در طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰، سطح دریای خزر ۵۱ سانتی‌متر کاهش یافت. همچنین خط ساحلی مورد مطالعه ۱۳۵/۳۹ متر پسروی داشت و تالاب انزلی نیز با ۷/۴۲ کیلومترمربع کاهش وسعت مواجه شد. با توجه به موارد ذکر شده، نوسان‌های دریای خزر در کنار فعالیت‌های انسانی از جمله تغییرات کاربری اراضی، از عوامل تأثیرگذار بر خط ساحلی و تالاب انزلی است؛ بنابراین برای هر گونه مدیریت و برنامه‌ریزی، بایستی پایش مستمر تغییرات دوره‌ای خط ساحلی نیز قابل توجه قرار گیرد.

واژگان کلیدی: پایداری ساحلی، تالاب انزلی، دریای خزر.

* نویسندهٔ مسئول: myamani@ut.ac.ir

[DOR: 20.1001.1.22517812.1400.11.4.4.8]

۱ـ مقدمه

تعریف ایده‌آل خط ساحلی در حقیقت بیانگر خطی است که منطبق بر محل تلاقی فیزیکی خشکی و آب است و در طول زمان، نوسان‌های متعددی دارد (Kaftan et al, 2018). تغییرات خطوط ساحلی یکی از مسائل مهم زیست‌محیطی است که مناطق ساحلی سراسر جهان را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. درواقع، حدود هشتاد درصد از سواحل جهان بین یک سانتی‌متر تا ده متر در هر سال فرسایش می‌یابد (Pilkey and Hume, 2001). با توجه به اینکه خطوط ساحلی، بخش زیادی از جمعیت دنیا را در خود جای داده و تأسیسات زیادی در کنار آن استقرار یافته‌است، تغییرات خط ساحلی می‌تواند خسارت‌های زیادی در این نواحی به همراه داشته باشد. تغییرات ساحلی می‌تواند ناشی از فرآیندها و عوامل طبیعی و انسانی باشد؛ با این حال، فرآیندهای ساحلی اغلب تحت‌تأثیر فعالیت‌های انسانی در سطح محلی یا جهانی قرار دارد. فرآیندهای طبیعی نیز می‌تواند توسط فعالیت‌های انسانی تقویت یا تسریع شود (Manc, 2013).

یکی از سواحلی که با تغییرات زیادی مواجه شده، سواحل دریای خزر است. تغییرات سواحل خزر علاوه بر خط ساحلی، بر تالاب انزلی نیز تأثیرات زیادی داشته (Yamani et al, 2011)؛ به طوری که در طی سال‌های اخیر، تغییرات این تالاب به طور مستقیم متأثر از تغییرات تراز دریای خزر و تغییرات خط ساحلی بوده‌است. با توجه به توان بالای اکولوژی تالاب انزلی، نوسان‌های تراز دریای خزر اثرات زیانباری بر آن داشته‌است که تداوم روند موجود می‌تواند وضعیت اکولوژی و اکوتوریسمی این تالاب را با مشکلات جبران‌ناپذیری مواجه سازد. با توجه به اهمیت موضوع، در این پژوهش به بررسی اثرات نوسان‌های تراز دریای خزر بر خط ساحلی و تالاب انزلی پرداخته شد.

در مورد تغییرات تراز دریای خزر تحقیقات مختلفی صورت گرفته‌است که از جمله آنها می‌توان‌به پژوهش Bruun (۱۹۶۲) اشاره کرد. او در این پژوهش، اثر افزایش تراز را بر فرسایش ساحل بررسی و روابطی برای آن ارئه کرد. Kaplin و Selivanov (۱۹۹۵)، به بررسی اثرات نوسان‌های دریای خزر بر مورفولوژی سواحل اطراف پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داد که عکس‌العمل مورفولوژیکی مناطق ساحلی در مقابل نوسان‌های سریع سطح تراز آب دریای خزر، به صورت زیر آب رفتن تالاب‌های ساحلی، فرسایش شدید و ایجاد سدهای ماسه‌ای دیده می‌شود. Kroonenberg (۲۰۰۰)، به بررسی نوسان‌های دریای خزر در زمینه‌ی عوامل اقلیمی پرداخت. نتایج این تحقیق نشان داد که دریای خزر هم زمان با افزایش درجه حرارت زمین، رفتار نوسانی متفاوتی را نسبت به اقیانوس‌ها و دریاهای آزاد نشان می‌دهد و گاه سرعت این نوسان‌ها، بیش از صد برابر سرعت نوسان‌های دریاهای آزاد بوده‌است. Kakroodi و همکاران (۲۰۱۲)، به بررسی تغییرات شدید تراز آب دریای خزر در دورهٔ هولوسن در سواحل ایران پرداختند و مشخص کردند که با پایین رفتن سطح اساس، زبانهٔ ماسه‌ای رشد می‌کند و با بالا رفتن سطح آب، این زبانه به‌صورت جزایری در می‌آید. Naderi beni و همکاران (۲۰۱۴)، تغییرات سطح دریای خزر در اواخر دورهٔ هولوسن و تأثیر آن بر تکامل ساحل را بررسی کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که مهاجرت سریع زبانهٔ ماسه و توسعهٔ محیط‌های شور، پاسخ منطقهٔ ساحلی به تغییرات سریع سطح دریا است. Eghtesadi و Zahedi (۲۰۱۱)، نقش عوامل اقلیمی را در تغییرات تراز دریای خزر بررسی کردند. بر اساس نتایج این تحقیق، افزایش بارش و کاهش تبخیر در ساحل جنوبی دریای خزر می‌تواند نقش مهمی در افزایش تراز آب دریا داشته باشد. Ataei و همکاران (۲۰۱۶)، تأثیر نوسان‌های تراز آب دریا را بر تغییرات خطوط ساحلی دریای خزر بررسی کردند. در این تحقیق، قانون برووون و قانون اصلاح شدهٔ آن بر اساس انتقال رسوب ساحلی به

[DOR: 20.1001.1.22517812.1400.11.4.4.8]

دریای خزر بررسی شد. Khoshravan و Vafaei (۲۰۱۶) به بررسی نوسان‌های سطح تراز آب دریای خزر در گذشته، حال و آینده پرداختند. نتایج این تحقیق نشـــان داد که عوامل اقلیمی، مهم‌ترین علت تغییر ســـطح تراز آب طی دورهٔ هولوسن است. طی دورهٔ پلیستوسن پایانی تا انتهای هلوسن، سطح تراز آب حدود ۱۵۰ متر تغییر کرده‌است و در صورت تداوم روند گرمایش زمین، تخمین زده می‌شـــود که تا ســـال ۲۱۰۰ ســـطح تراز این آب بیش از ۵/۳ متر کاهش یابد. Servati و همکاران (۲۰۱۵) به بررســی تأثیر نوســان‌های ســریع ســطح تراز آب دریای خزر بر ســواحل جزیرهٔ ســدی میانکاله پرداختند. در این تحقیق از تصاویر ماهوارهٔ لندست استفاده و با استفاده از آن، تغییرات تراز دریای خزر در طی ســال‌های ۱۳۷۴ تا ۱۳۹۶ ارزیابی شــد. بر اســاس نتایج حاصــل شــده، میزان پســروی دریای خزر ۸/۶ ســانتی‌متر برآورد شــده‌اســت. Khoshravan (۲۰۲۰)، به بررســی تغییرات مکانی و زمانی زیســتگاه‌های ســاحلی خلیج گرگان تحت‌تأثیر نوســان‌های دریای خزر پرداخت. در این تحقیق از تصــاویر ماهوارهٔ لندســت اســتفاده و نوســان‌های دریای خزر در طی سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۹ محاسبه شد. نتایج این تحقیق بیانگر کاهش ۱۵۰ سانتی‌متری سطح دریای خزر در این دورهٔ زمانی است.

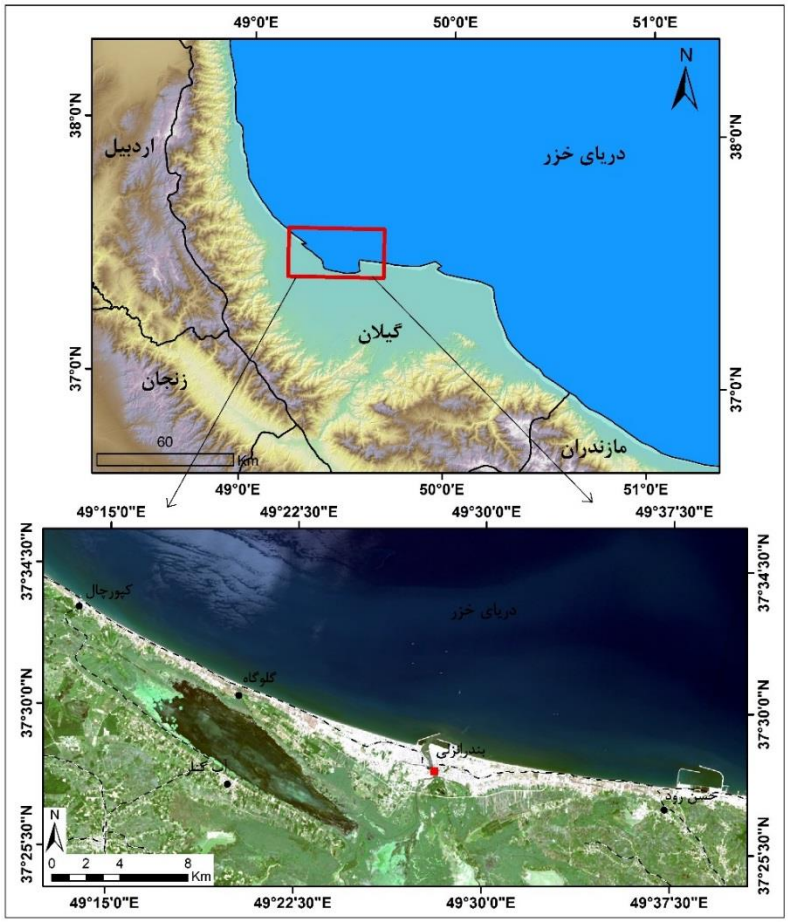
در مورد تغییرات خط ســاحلی نیز تحقیقات مختلفی صــورت گرفته‌اســت که از جمله آنها می‌توان به Li و همکاران (۲۰۱۱) اشاره کرد که به بررسی تغییرات خط ساحلی مناطق دلتایی رودخانهٔ زرد در چین در طی سال‌های ۱۹۷۶ تا ۲۰۰۵ پرداختند. بر اساس نتایج حاصل شده، نتایج تحقیق بیانگر آن است که روند فرسایشی خط ساحلی از سال ۱۹۷۶ تا ۱۹۹۶، سریع و از سال ۱۹۹۶ به بعد آهسته بوده‌است. Chenthamilselvan و همکاران (۲۰۱۳) در تحقیقی به بررسی تغییرات خط ســاحلی کارنتاکای هند پرداختند. بر اســاس نتایج به دســت آمده، میزان تغییرات خط ســاحلی به طور میانگین حدود ۱/۵ متر در سال بود. Jonah (۲۰۱۶)، به بررسی تغییرات خط ساحلی بخشی از سواحل غنا در طی سال‌های ۱۹۷۴ تا ۲۰۱۲ پرداخت. بر اســاس نتایج حاصــل شــده، خطوط ســاحلی مورد مطالعه بین ۰/۶۷ تا ۱/۱۴ متر در ســال جابه‌جایی داشــت. Kermani و همکاران (۲۰۱۶) نیز به بررســی و تحلیل تغییرات ســاحلی در ســواحل الجزایر شــرقی پرداختند. بر اســاس نتایج حاصل شده، میانگین تغییر خط ساحلی این منطقه ۰/۴۵۹ متر در سال بود. Esmail و همکاران (۲۰۱۹) به ارزیابی و پیش‌بینی تغییرات ساحلی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، در ساحل دامیتا مصر پرداختند. Yamani و همکاران (۲۰۱۱)، تغییرات دوره‌ای خط ســاحلی شــرق تنگهٔ هرمز را در طی ســال‌های ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۰ بررســی کردند. بر اســاس نتایج حاصــل شده، در طی این دورهٔ ۲۴ ساله تغییرات خط ساحلی در پاره‌ای نقاط به ویژه در مصب رودها ـــ که حجم رسوب‌گذاری در آن بیشتر است ـــ نسبتاً بالاست؛ به طوری که حداکثر پیشروی خط ساحلی، حدود ۷۷۰ متر در نزدیکی مصب رود گز اندازه‌گیری شــد. Ahmadi و همکاران (۲۰۱۴)، به بررســی جریان تغییرات خط ســاحلی در بندر دیر اســتان بوشــهر پرداختند. بر اســاس نتایج حاصــل شــده، میانگین تغییرات صــورت گرفته در طی ســال‌های ۱۹۸۷ تا ۲۰۰۶، ۶۴۱ متر بود. Negahban و همکاران (۲۰۱۶)، تغییرات خط ســاحلی چابهار تا بندر تنگ را در طی ســال‌های ۱۹۸۸ تا ۲۰۱۵ بررســی کردند. Ebadati و همکاران (۲۰۱۵) نیز به بررســی جریان تغییرات خط ســاحلی بندر عســلویه تا بندر دیر پرداختند. بر اساس نتایج به دست آمده، در طی این دورهٔ زمانی بخش زیادی از کاربری پوشش‌گیاهی به کاربری انسان‌ساخت تبدیل شــده و کاربری انســان‌ســاخت نیز به ســمت ســاحل پیشــروی کرده‌اســت. همچنین Shayan و Vali (۲۰۲۰)، به ارزیابی جریان تغییرات پوشش زمین در نوار ساحلی عسلویه ـ شیرینو پرداختند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که در طی سال‌های

[DOR: 20.1001.1.22517812.1400.11.4.4.8]

۱۹۹۰ تا ۲۰۱۹، مقدار ۲/۱۱ کیلومترمربع از دریا به خشکی تبدیل شد. در راستای پژوهش‌های پیشین، هدف از تحقیق حاضر ارزیابی تغییرات تراز دریای خزر در طی سال‌های اخیر و بررسی ارتباط این تغییرات با تغییرات خط ساحلی و تالاب انزلی است.

۲ـ منطقهٔ مورد مطالعه

محدودهٔ مطالعاتی تحقیق حاضر شامل ساحل و تالاب انزلی است. این محدوده از نظر موقعیت ریاضی در بین طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۱۱ دقیقه تا ۴۰ درجه و ۴۹ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۲۷ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۳۷ دقیقه قرار دارد (شکل ۱). همچنین از نظر تقسیمات سیاسی، در شهرستان بندرانزلی و استان گیلان واقع شده‌است. از نظر ژئومورفولوژی، این محدوده در واحد جلگه قرار دارد که به دلیل اختلاف ارتفاعی کم، دارای شیب بسیار کمی است؛ بنابراین، تنوع لندفرمی زیادی ندارد. در واحد جلگه نیز تالاب انزلی و در بخش‌هایی نیز مرداب وجود دارد. خط ساحلی محدوده نیز به این دلیل که به صورت نوارهای ماسه‌ای است، تغییرپذیری زیادی دارد و همین مسئله در پسروی و پیشروی آن نقش مهمی داشته‌است. از نظر زمین‌شناسی، این منطقه در واحد رسوبات مردابی و آبرفتی است و از نظر اقلیمی نیز بندرانزلی در کل تابستان‌هایی گرم و مرطوب و زمستان‌هایی ملایم و گاه سرد دارد و با بیش از ۱۸۰۰ میلی‌متر بارش، پرباران‌ترین شهر ایران محسوب می‌شود.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی محدودهٔ مورد مطالعه

[DOR: 20.1001.1.22517812.1400.11.4.4.8]

۳ـ مواد و روش‌ها

در این پژوهش به منظور دستیابی به اهداف مورد نظر، از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰، نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰، مدل رقومی ارتفاعی ۱۲/۵ متر، تصاویر ماهوارهٔ لندست و اطلاعات آماری مربوط به تغییرات تراز دریا و وضعیت اقلیمی منطقه به عنوان داده‌های تحقیق استفاده شد. ابزارهای مورد استفاده در تحقیق شامل نرم‌افزارهای ArcGIS و ENVI برای تهیهٔ نقشه‌های مورد نظر و تحلیل تصاویر، و نرم‌افزار IDRISI برای آنالیز تغییرات زمانی رخ داده در خط ساحلی و تالاب انزلی است. همچنین از مدل تغییر کاربری زمین (LCM [1])، برای تجزیه و تحلیل اطلاعات تغییرات کاربری اراضی و شناسایی تغییرات رخ داده در خط ساحلی و تالاب انزلی استفاده شد. این پژوهش متناسب با اهداف مورد نظر در چند مرحله انجام شد که در ادامه شرح داده خواهد شد:

ـــ مرحلهٔ اول: در این مرحله بر مبنای اطلاعات آماری ایستگاه ترازسنجی بندر انزلی، میانگین تراز دریای خزر در طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰ محاسبه و به این صورت، روند تغییرات صورت گرفته در طی این دورهٔ زمانی ارزیابی شد.

ـــ مرحلهٔ دوم: به منظور بررسی تغییرات تالاب انزلی، از تصاویر ماهوارهٔ لندست استفاده شد (جدول ۱) و بر مبنای آنها، تغییرات این تالاب در طی سال‌های ۱۹۹۰، ۱۹۹۵، ۲۰۰۰، ۲۰۰۵، ۲۰۱۰، ۲۰۱۵ و ۲۰۲۰ ارزیابی شد. در این مرحله ابتدا نقشه‌های کاربری اراضی تهیه شد. سپس به منظور تجزیه و تحلیل تغییرات رخ داده، نقشه‌های تهیه شده به نرم‌افزار IDRISI وارد و با استفاده از مدل LCM، به تجزیه و تحلیل این تغییرات در طی دوره‌های زمانی مورد مطالعه پرداخته شد.

جدول ۱: مشخصات تصاویر مورد استفاده

ردیف	تاریخ	ماهواره	سنجنده
۱	۱۹۹۰/۰۶/۱۱	لندست ۵	TM
۲	۱۹۹۵/۰۶/۲۵	لندست ۵	TM
۳	۲۰۰۰/۰۶/۳۰	لندست ۷	ETM
۴	۲۰۰۵/۰۶/۲۸	لندست ۷	ETM
۵	۲۰۱۰/۰۷/۱۲	لندست ۷	ETM
۶	۲۰۱۵/۰۶/۱۶	لندست ۸	OLI
۷	۲۰۲۰/۰۶/۱۳	لندست ۸	OLI

ـــ مرحلهٔ سوم: در این مرحله با استفاده از تصاویر ماهوارهٔ لندست و تصاویر گوگل ارث، تغییرات خط ساحلی بررسی شد؛ بدین صورت که ابتدا با استفاده از تصاویر ماهوارهٔ لندست، نقشهٔ پهنهٔ آبی و خشکی تهیه و بر مبنای آن، خط ساحلی محدوده در طی دورهٔ زمانی مورد مطالعه ترسیم شد. در ادامه نیز به منظور تصحیح خط ساحلی، از نرم‌افزار گوگل ارث استفاده شد و در نهایت بر مبنای آن، نقشهٔ نهایی خطوط ساحلی منطقه در طی سال‌های ۱۹۹۰، ۱۹۹۵، ۲۰۰۰، ۲۰۰۵، ۲۰۱۰، ۲۰۱۵ و ۲۰۲۰ تهیه شد.

[1] Land Change Modeler

[DOR: 20.1001.1.22517812.1400.11.4.4.8]

ـــ مرحلهٔ چهارم: پس از بررسی تغییرات صورت گرفته در تراز دریا، تالاب انزلی و خط ساحلی، در این مرحله به تحلیل روابط بین تغییرات پرداخته شد.

۴ـ یافته‌ها (نتایج)

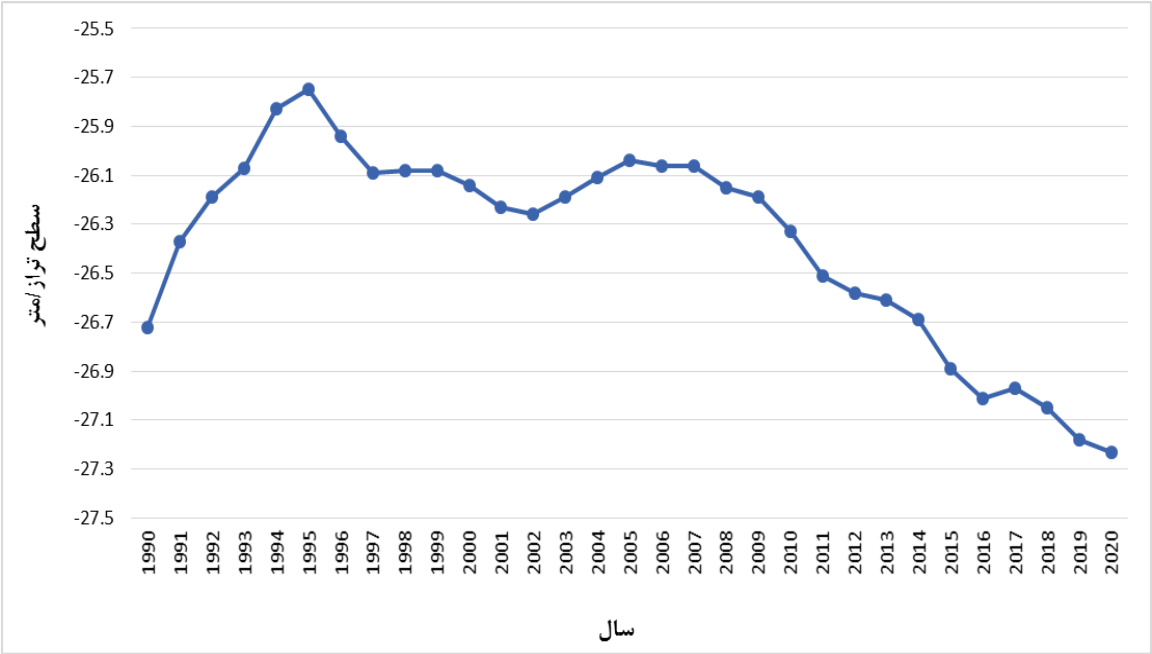
۴ـ۱ـ تغییرات سطح تراز دریای خزر در طی سال‌های اخیر

در این پژوهش به منظور بررسی تغییرات تراز دریای خزر، از اطلاعات مربوط به ایستگاه ترازسنجی بندرانزلی در طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰ استفاده شد. نتایج ارزیابی این تغییرات نشان داد که در یک روند کلی، سطح دریای خزر با پسروی مواجه بوده‌است (جدول ۱ و شکل ۲). در واقع، سطح تراز دریای خزر در سال ۱۹۹۰، ۲۶/۷۲- متر بود که این میزان در سال ۲۰۲۰ به ۲۷/۲۳- متر افزایش یافت؛ بر این اساس، سطح دریا در طی این دورهٔ زمانی حدود ۵۰ سانتی‌متر پایین رفته‌است. نتایج تجزیه و تحلیل روند تغییرات صورت گرفته بیانگر این است که تراز سطح دریا از سال ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۵، مثبت بوده و در طی این دوره حدود یک متر بالا آمده‌است. از سال ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۰، سطح دریا حدود چهل سانتی‌متر پایین رفته‌است. از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۵ نیز دوباره سطح دریا به میزان ۱۰ سانتی‌متر بالا آمده و از سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۲۰، روند کاهشی داشته‌است؛ به طوری که در طی این دورهٔ زمانی حدود ۱۲۰ سانتی‌متر پایین رفته‌است.

جدول ۱: تغییرات تراز سطح دریای خزر در طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰ (منبع: ایستگاه ترازسنجی بندرانزلی)

سال	سطح تراز	سال	سطح تراز
۱۹۹۰	-۲۶/۷۲	۲۰۰۶	-۲۶/۰۶
۱۹۹۱	-۲۶/۳۷	۲۰۰۷	-۲۶/۰۶
۱۹۹۲	-۲۶/۱۹	۲۰۰۸	-۲۶/۱۵
۱۹۹۳	-۲۶/۰۷	۲۰۰۹	-۲۶/۱۹
۱۹۹۴	-۲۵/۸۳	۲۰۱۰	-۲۶/۳۳
۱۹۹۵	-۲۵/۷۵	۲۰۱۱	-۲۶/۵۱
۱۹۹۶	-۲۵/۹۴	۲۰۱۲	-۲۶/۵۸
۱۹۹۷	-۲۶/۰۹	۲۰۱۳	-۲۶/۶۱
۱۹۹۸	-۲۶/۰۸	۲۰۱۴	-۲۶/۶۹
۱۹۹۹	-۲۶/۰۸	۲۰۱۵	-۲۶/۸۹
۲۰۰۰	-۲۶/۱۴	۲۰۱۶	-۲۷/۰۱
۲۰۰۱	-۲۶/۲۳	۲۰۱۷	-۲۶/۹۷
۲۰۰۲	-۲۶/۲۶	۲۰۱۸	-۲۷/۰۵
۲۰۰۳	-۲۶/۱۹	۲۰۱۹	-۲۷/۱۸
۲۰۰۴	-۲۶/۱۱	۲۰۲۰	-۲۷/۲۳
۲۰۰۵	-۲۶/۰۴		

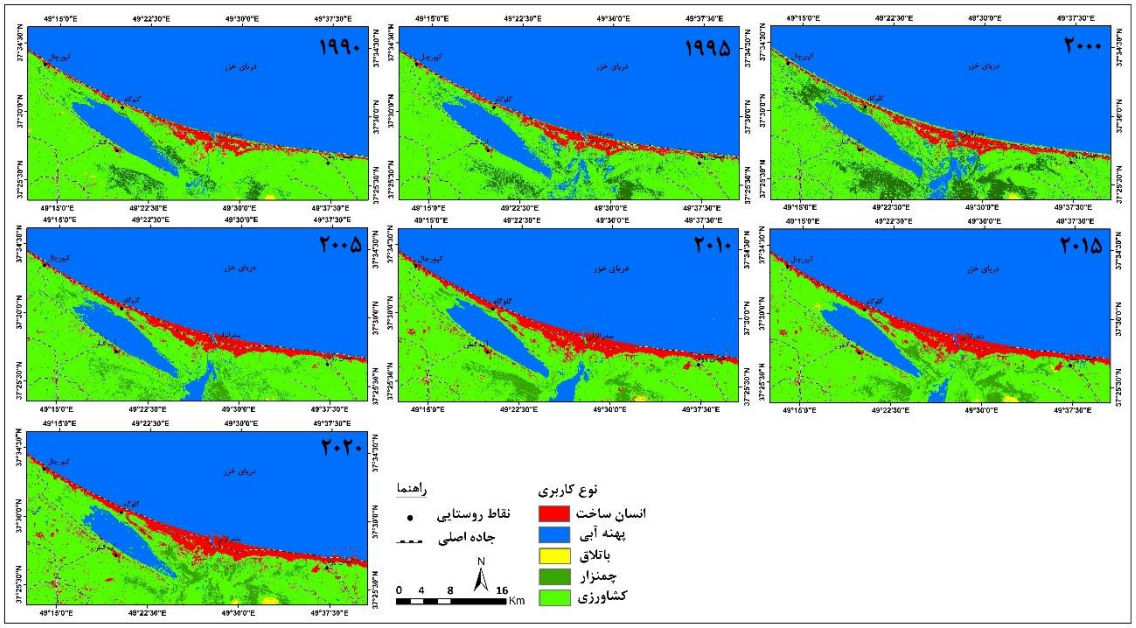
[DOR: 20.1001.1.22517812.1400.11.4.4.8]



شکل ۲: نمودار تغییرات تراز سطح دریای خزر در طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰ (منبع: ایستگاه ترازسنجی بندرانزلی)

۴-۲- ارزیابی تغییرات تالاب انزلی

یکی از اهداف تحقیق، ارزیابی میزان تغییرات تالاب انزلی است که برای این منظور از تصاویر لندست مربوط به سال‌های ۱۹۹۰، ۱۹۹۵، ۲۰۰۰، ۲۰۰۵، ۲۰۱۰، ۲۰۱۵ و ۲۰۲۰ استفاده شد. به منظور ارزیابی وضعیت تالاب انزلی، ابتدا نقشه‌های کاربری اراضی منطقه در پنج کلاس نواحی انسان‌ساخت، پهنهٔ آبی، باتلاق، چمن‌زار و اراضی کشاورزی تهیه شد و این امر با استفاده از روش طبقه‌بندی نظارت شدهٔ حداکثر احتمال[1] صورت گرفت (شکل ۳).

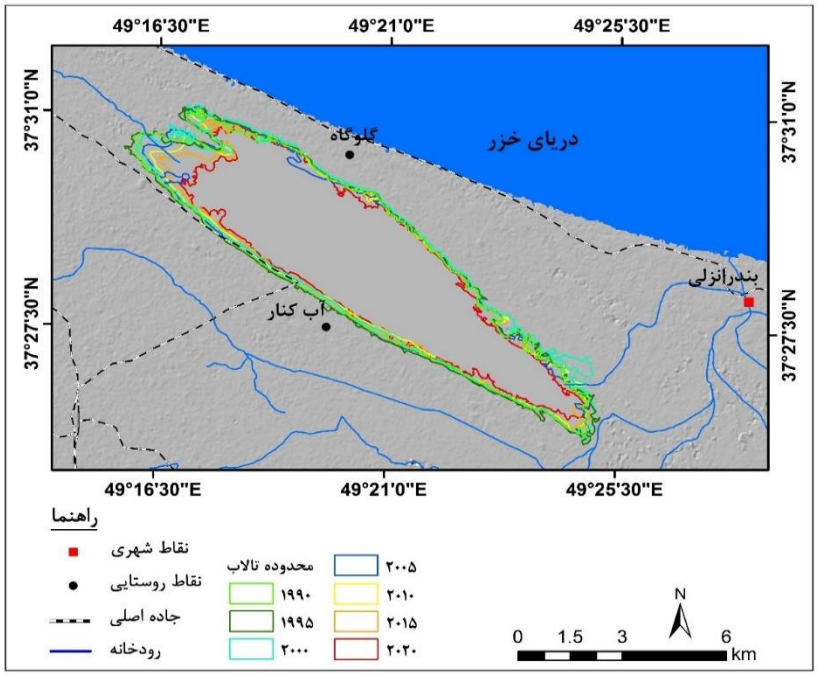


شکل ۳: نقشهٔ کاربری‌های اراضی منطقه در طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰

[1]Maximum Likelihood

[DOR: 20.1001.1.22517812.1400.11.4.4.8]

پس از تهیهٔ نقشه‌های کاربری اراضی، محدودهٔ تالاب انزلی در طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰ مشخص شد (شکل ۴). بر اساس نتایج به دست آمده، تالاب انزلی در این سال‌ها با تغییرات زیادی مواجه بوده‌است؛ به طوری که در سال ۱۹۹۰ حدود ۳۷/۴۶ کیلومترمربع وسعت داشته (پهنهٔ آبی تالاب) و این میزان در سال ۱۹۹۵ به ۳۹/۲۴ کیلومترمربع افزایش یافته‌است. از این تاریخ به بعد، مساحت تالاب روند کاهشی داشت؛ به طوری که در سال ۲۰۰۰ به ۳۸/۵۹، در سال ۲۰۰۵ به ۳۷، در سال ۲۰۱۰ به ۳۵/۱۷، در سال ۲۰۱۵ به ۳۳/۴۹ و در سال ۲۰۲۰ به ۳۰/۰۴ کیلومترمربع کاهش یافت. با توجه به موارد مذکور، مساحت تالاب انزلی در طی دورهٔ زمانی ۳۰ سال با ۷/۴۲ کیلومترمربع کاهش مواجه شد (جدول ۳ و شکل ۵). همچنین بر اساس نتایج حاصل شده، کاربری نواحی انسان‌ساخت در سال ۱۹۹۰ حدود ۲۷/۱ کیلومترمربع وسعت داشت که این کاربری در طی تمامی دوره‌ها روند افزایشی داشته و در نهایت، در سال ۲۰۲۰ به ۴۶/۶ کیلومترمربع افزایش یافته‌است.

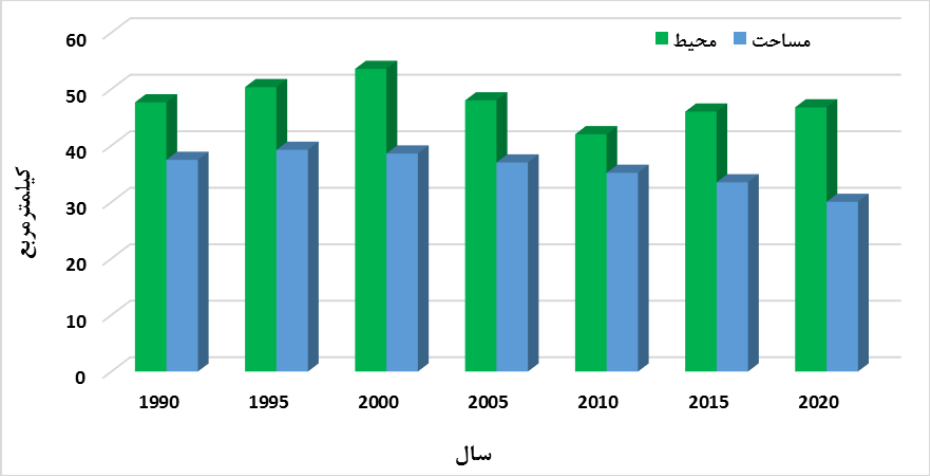


شکل ۴: محدودهٔ تالاب انزلی در طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۳۰

جدول ۳: محیط و مساحت تالاب انزلی در طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰

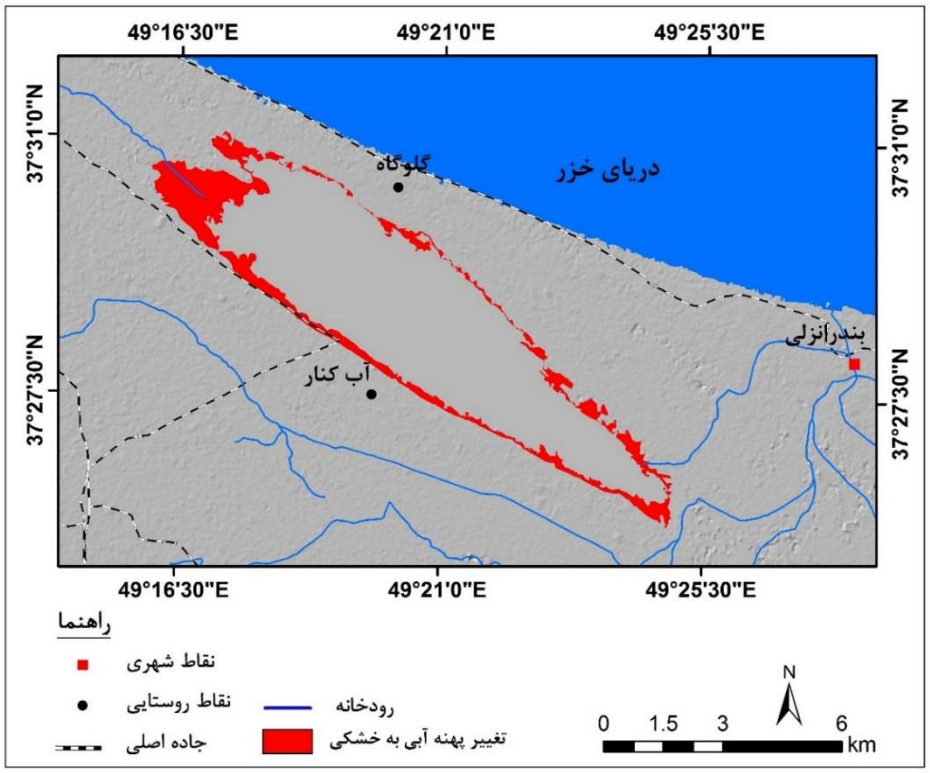
سال	محیط (کیلومتر)	مساحت (کیلومترمربع)
۱۹۹۰	۴۷/۶۵	۳۷/۴۶
۱۹۹۵	۵۰/۳۴	۳۹/۲۴
۲۰۰۰	۵۳/۵۷	۳۸/۵۹
۲۰۰۵	۴۷/۹۹	۳۷
۲۰۱۰	۴۲	۳۵/۱۷
۲۰۱۵	۴۶/۰۱	۳۳/۴۹
۲۰۲۰	۴۶/۷۶	۳۰/۰۴

[DOR: 20.1001.1.22517812.1400.11.4.4.8]



شکل ۵: نمودار محیط و مساحت تالاب انزلی در سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۳۰

بررسی وضعیت تغییرات تالاب انزلی بیانگر این است که بیشترین میزان تغییرات صورت گرفته در بخش‌های غربی این تالاب بود (شکل ۶)؛ به طوری که بخش زیادی از مناطق غربی تالاب ــ که در سال ۱۹۹۰ به عنوان پهنهٔ آبی شناخته می‌شد ـــــ در سال ۲۰۲۰ به پهنهٔ خشکی تبدیل شد. همچنین سایر کناره‌های این تالاب نیز پسروی همراه بود داشت که همین مسئله سبب شد مساحت تالاب در سال ۲۰۲۰ نسبت به سال ۱۹۹۰، با حدود ۷/۴۲ کیلومترمربع کاهش مواجه شود.

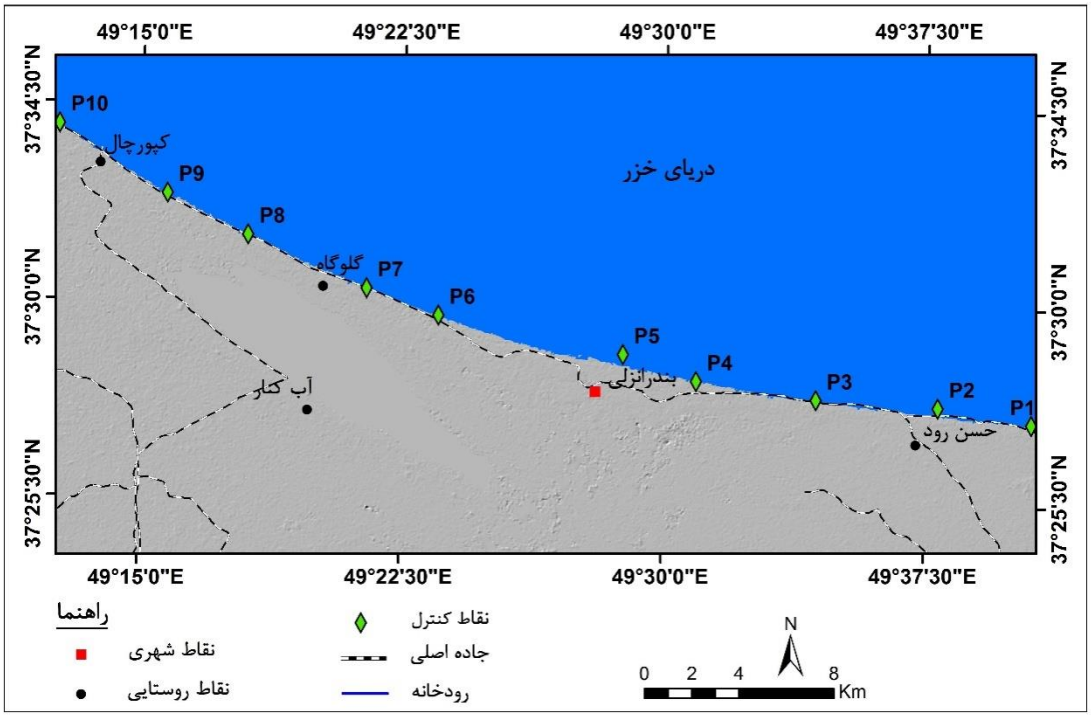


شکل ۶: نقشهٔ تغییرات تالاب انزلی در طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۳۰

[DOR: 20.1001.1.22517812.1400.11.4.4.8]

۴-۳- ارزیابی تغییرات خط ساحلی

در این پژوهش پس از تهیهٔ تصاویر و اجرای پیش‌پردازش‌های لازم، ابتدا نقشهٔ پهنهٔ آبی و خشکی با استفاده از تصاویر ماهوارهٔ لندست تهیه و بر مبنای آن، خط ساحلی محدوده در طی دورهٔ زمانی مورد مطالعه ترسیم شد. در ادامه، به منظور تصحیح خط ساحلی از نرم‌افزار گوگل ارث استفاده و در نهایت بر مبنای آن، نقشهٔ نهایی خطوط ساحلی منطقه در طی سال‌های ۱۹۹۰، ۱۹۹۵، ۲۰۰۰، ۲۰۰۵، ۲۰۱۰، ۲۰۱۵ و ۲۰۲۰ تهیه شد. پس از ترسیم خطوط ساحلی در طی دوره‌های زمانی مورد مطالعه،به منظور ارزیابی تغییرات صورت گرفته و عوامل مؤثر بر آن، ده نقطه بر حسب میزان و نوع تغییرات صورت گرفته به عنوان نقاط کنترل و ارزیابی انتخاب شد (شکل ۷). سپس بر اساس آن، عوامل مؤثر در تغییر خط ساحلی منطقهٔ مورد مطالعه بررسی شد.



شکل ۷: موقعیت نقاط کنترل برای ارزیابی تغییرات خط ساحلی

۴-۴- جمع‌بندی میانگین تغییرات خط ساحلی

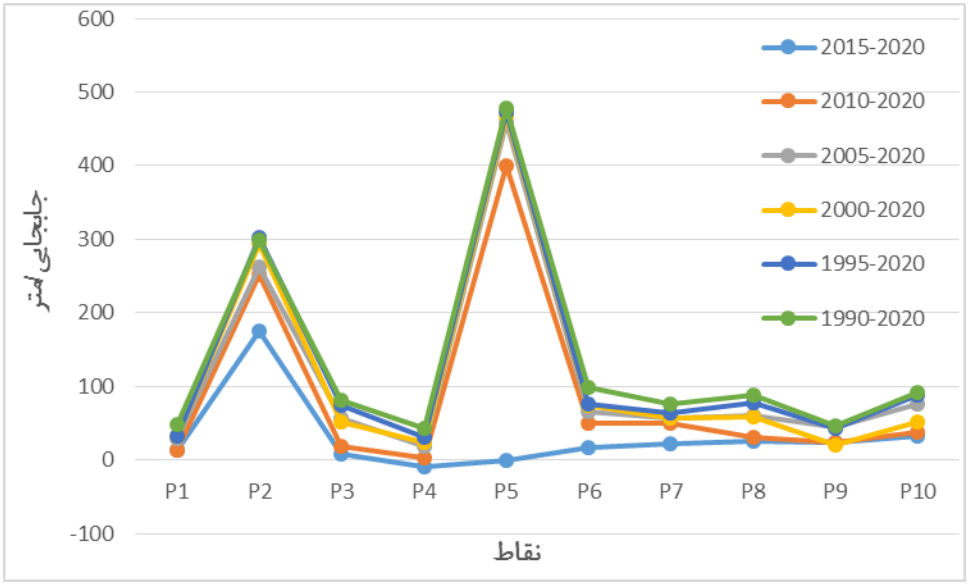
بررسی وضعیت تغییرات صورت گرفته در نقاط کنترل نشان می‌دهد که خط ساحلی منطقهٔ مورد مطالعه با تغییرات زیادی همراه بوده‌است. با توجه به اینکه در این پژوهش تمامی خطوط ساحلی محدوده در طی دوره‌های زمانی موردنظر ترسیم شده‌است؛ بنابراین، میانگین تغییرات صورت گرفته در طی هر دوره محاسبه شد که برای این منظور، میزان جابه‌جایی خط ساحلی دوره‌های زمانی مختلف نسبت به خط ساحلی سال ۲۰۲۰ محاسبه شد (جدول ۴ و شکل ۸). بر اساس نتایج حاصل شده، میانگین تغییرات خط ساحلی محدودهٔ مطالعاتی از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰ حدود ۱۳۵/۴ متر بود؛ به طوری که این خط در طی سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۰ در حدود ۳۰/۸ متر به سمت دریا پیشروی داشت. همچنین در طی سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰ با حدود ۸۷/۹ متر و در سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۲۰ نیز با حدود ۱۱۲/۹ متر پیشروی به سمت دریا مواجه شد. در طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ نیز حدود ۱۱۳/۳ متر پیشروی داشت. در طی سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۲۰ با حدود ۱۲۶/۵ متر

[DOR: 20.1001.1.22517812.1400.11.4.4.8]

پیشـــروی و در نهایت، در طی ســـال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰ با حدود ۱۳۵/۴ متر پیشـــروی به ســـمت دریا مواجه شـــد. نتایج ارزیابی‌ها نشان می‌دهد که بیشترین میزان تغییرات صورت گرفته با میانگین، حدود ۵۷ متر و مربوط به سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۰ می‌باشد که علت اصلی آن، فعالیت‌های انسانی مانند پیشروی اسکله و موج‌شکن به سمت دریا است.

جدول ۴: میانگین تغییرات خطوط ساحلی نسبت به خط سال ۲۰۲۰

ردیف	دوره	میانگین جابه‌جایی
۱	۲۰۱۵ تا ۲۰۲۰	۳۰/۸
۲	۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰	۸۷/۹
۳	۲۰۰۵ تا ۲۰۲۰	۱۱۲/۹
۴	۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰	۱۱۳/۳
۵	۱۹۹۵ تا ۲۰۲۰	۱۲۶/۵
۶	۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰	۱۳۵/۴

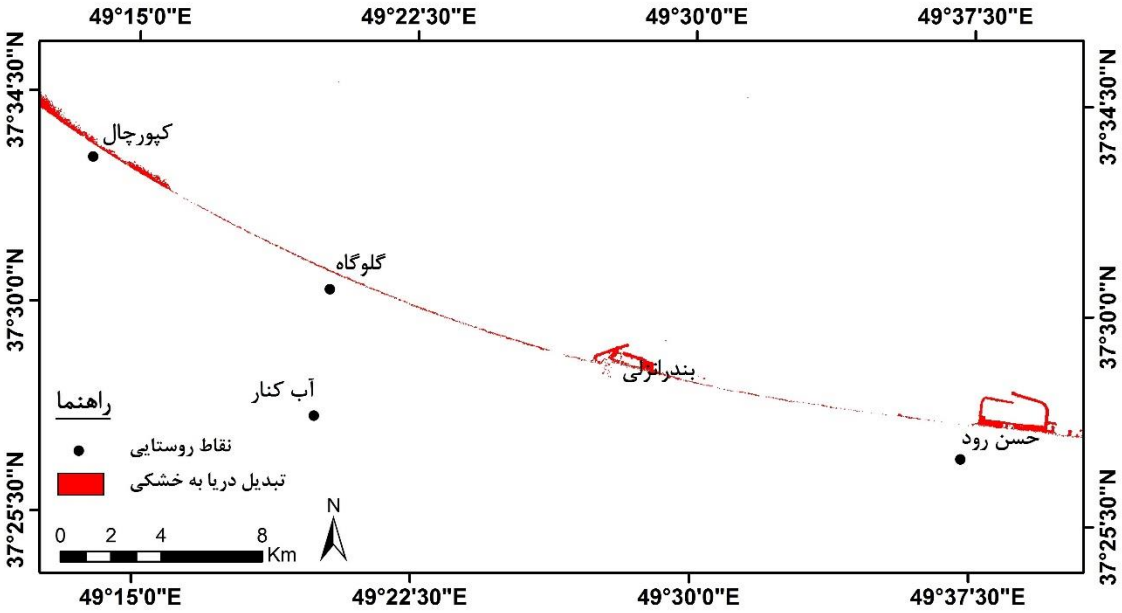


شکل ۸: نمودار میانگین تغییرات خطوط ساحلی نسبت به خط ساحلی سال ۲۰۲۰

در این پژوهش به منظور تجزیه و تحلیل مکانی تغییرات خط ســاحلی، از مدل LCM اســتفاده شــد. در واقع، پس از تهیهٔ نقشــهٔ خطوط ســاحلی در طی دوره‌های زمانی مختلف و وارد کردن اطلاعات به نرم‌افزار IDRISI، میزان تغییرات صـورت گرفته در مناطق مختلف خط ساحلی محدوده تهیه شـد (شـکل ۹). بر اسـاس نتایج حاصـل شـده، بیشـترین میزان تغییرات در محدودهٔ شـهر انزلی صـورت گرفته بود. در واقع به دلیل پیشـروی فعالیت‌های انسـانی در طی سـال‌های اخیر، روند توسعهٔ خشکی به سمت دریا افزایش یافته که این مسئله علاوه بر محدودهٔ شهری انزلی، در کنار روستای حسن‌رود نیز رخ داده‌است؛ بنابراین، می‌توان گفت که در محدودهٔ شهر انزلی و روستای حسن‌رود، خط ساحلی بیشترین پیشروی را به سـمت دریا داشـته که دلیل اصـلی آن، فعالیت‌های انسـانی از جمله توسـعهٔ زیرسـاخت‌های مربوط به تجارت دریایی

[DOR: 20.1001.1.22517812.1400.11.4.4.8]

است. همچنین بر اساس نقشهٔ تهیه شده، در بخش‌های غربی محدوده نیز پیشروی خط ساحلی به سمت دریا زیاد بوده که عوامل محیطی در آن نقش اصلی داشته‌است. در واقع، این مناطق فاقد سازه‌های ساحلی از جمله اسکله، موج‌شکن و غیره است؛ به همین دلیل می‌توان گفت که عوامل محیطی، عامل اصلی پسروی دریا در این مناطق بوده‌است.

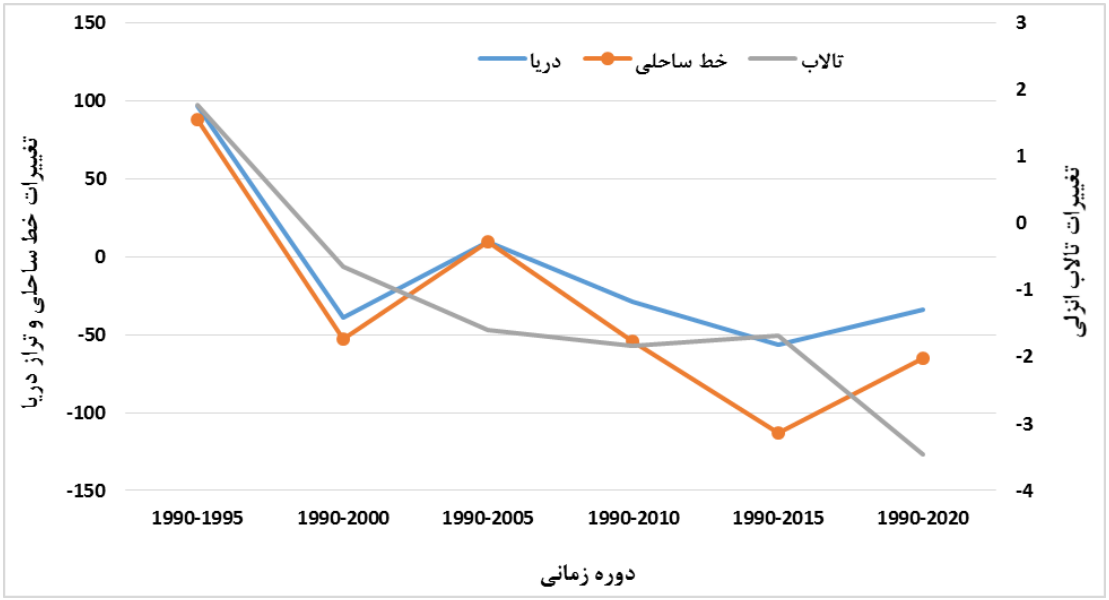


شکل ۹: نقشهٔ تجزیه و تحلیل مکانی تغییرات خط ساحلی

۴-۵- تحلیل ارتباط تغییرات تراز سطح دریا با تغییرات خطی ساحلی و تالاب انزلی

پس از مقایسه‌ی دو به دو تغییرات صورت گرفته در تراز سطح دریا، پسروی خط ساحلی و تغییرات تالاب انزلی، این تغییرات با هم بررسی شد. نتایج حاصل شده از تغییرات صورت گرفته، ارتباط مستقیم این موارد را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج حاصل شده، سطح دریای خزر در طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰، ۵۱ سانتی‌متر کاهش داشت و خط ساحلی با ۱۳۵/۳۹ متر پسروی و تالاب انزلی با ۷/۴۲ کیلومترمربع کاهش وسعت مواجه شد. بررسی علت تغییرات صورت گرفته بیانگر این است که عوامل مختلفی در کاهش سطح آب دریا نقش داشته‌اند؛ از جمله تغییرات اقلیمی و کاهش ورودی رودخانه‌ها به دریای خزر که عامل اصلی این امر محسوب می‌شود. کاهش سطح آب دریا نیز از عوامل اصلی در پسروی خط ساحلی است. یکی دیگر از عوامل مهم در این پسروی، دخالت عوامل انسانی از جمله توسعهٔ ساخت و سازها به سمت خط ساحلی بود. همچنین کاهش سطح آب دریا، عامل اصلی کاهش وسعت تالاب انزلی محسوب می‌شود؛ چرا که نوسان‌های تالاب انزلی ارتباط نزدیکی با تغییرات سطح دریا دارد. در شکل ۱۰، نمودار تغییرات تراز سطح دریا، پسروی خط ساحلی و تغییرات وسعت تالاب انزلی ذکر شده که بر اساس آن، روند کلی تغییرات صورت گرفته منطبق بر هم می‌باشد. بنابراین، می‌توان گفت که تغییرات تراز سطح آب دریا، عامل اصلی تغییرات در تالاب انزلی بوده و در کنار عوامل انسانی، در پسروی خط ساحلی نیز نقش مهمی داشته‌است.

[DOR: 20.1001.1.22517812.1400.11.4.4.8]



شکل ۱۰: نمودار تغییرات تراز سطح دریا (سانتی‌متر)، پسروی خط ساحلی (متر) و تغییرات وسعت تالاب انزلی (کیلومترمربع)

۵ـ نتیجه‌گیری

نوسان‌های دریای خزر در طی سال‌های اخیر، تغییراتی را در خط ساحلی و تالاب انزلی در پی داشته‌است که این مسئله سبب شده در این مورد تحقیقات مختلفی صورت گیرد. در این پژوهش بر خلاف تحقیقات پیشین که در آن صرفاً تغییرات خط ساحلی بررسی شده‌است (Ataei et al, 2016 & Servati et al, 2015)، به بررسی تغییرات تالاب انزلی و ارتباط آن با نوسان‌های دریای خزر پرداخته شد. بر اساس نتایج حاصل شده، سطح دریای خزر در طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰، ۵۱ سانتی‌متر کاهش یافته‌است. کاهش سطح این دریا در کنار اثرات زیست محیطی که به همراه دارد، تغییراتی را در تالاب انزلی و خط ساحلی ایجاد کرده‌است. در واقع، روند کاهشی سطح دریای خزر سبب شده‌است که سطح تالاب انزلی نیز کاهش یابد و در نتیجه، مساحت تالاب کم شود؛ به طوری که در طی دورهٔ زمانی سی ساله، ۷/۴۲ کیلومترمربع از وسعت آن کاهش یافته‌است که این مسئله، اثر مستقیم کاهش سطح دریا را نشان می‌دهد، هر چند عوامل انسانی نیز در این تغییرات نقش مهمی داشته‌است. روند کاهشی سطح دریای خزر سبب شده تا پسروی خط ساحلی در منطقهٔ مورد مطالعه با سرعت بیشتری صورت گیرد؛ به طوری که در طی دورهٔ زمانی سی ساله، خط ساحلی منطقهٔ مورد مطالعه ـــ به طور حدود دوازده کیلومتر ـــ به طور میانگین حدود ۱۳۵ متر پسروی داشت که بخشی از این پسروی به دلیل کاهش سطح دریا بود. در کنار تغییرات تراز سطح دریا، عوامل انسانی نیز در این تغییرات نقش مهمی بر عهده داشته‌است. بر اساس نتایج حاصل شده، نواحی انسان‌ساخت در طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰ حدود بیست کیلومترمربع به سمت دریا پیشروی داشته؛ بنابراین، روند افزایشی جمعیت، توسعهٔ فیزیکی شهر انزلی و توسعهٔ زیرساخت‌های مختلف به سمت خط ساحلی، به تغییر در این خط و تشدید پسروی منجر شده‌است. همچنین عوامل انسانی در میزان ورودی و خروجی آب تالاب انزلی نیز نقش مهمی داشته؛ بنابراین، عوامل انسانی نیز در تغییرات وسعت این تالاب مؤثر بوده‌است. با توجه به موارد ذکر شده، نوسان‌های دریای خزر در کنار تأثیر بر فعالیت‌های

[DOR: 20.1001.1.22517812.1400.11.4.4.8]

انسانی، از عوامل تأثیرگذار بر خط ساحلی و تالاب انزلی است؛ بنابراین برای مدیریت و برنامه‌ریزی در منطقه، بررسی و پایش مستمر تغییرات صورت گرفته امری ضروری است.

منابع

1. Ahmadi, M.; Ramesht, M. H.; & Kh, Darfashi, 2014. A Study of Coastline Changes Using Remote Sensing Techniques and Geographic Information System (Case Study: Bandar Deir Beach, Persian Gulf), *Journal of Geography and Environmental Planning*, 25(3), 74-63 (In Persian).
2. Ataiee, S.; Ajami, M.; Leshteh Nashai, M. A.; & S. Y. Yasoubi, 2016. The effect of sea water level fluctuations on changes in the Caspian Sea coastline, 12 (24), 113-103 (In Persian).
3. Bruun, P., 1962. Sea-Level Rise as a Cause of Shore Erosion, *American Society of Civil Engineers Journal of the Waterways and Harbours Division*, 88, 117-130.
4. Ebadati, N.; Razavian, F.; & B, Khoshmanesh, 2015. Investigation of the trend of changes in the coastline of Assaluyeh port to Deir port using RS and GIS techniques, *Journal of Echo Hydrology*, 5 (2), 662-653 (In Persian).
5. Eghtesadi, Sh., & F, Zahedi., (2011). Study of Factors Affecting South Caspian Water Level Fluctuations. *Iranian Journal of Marine Science and Technology*. 10 (3), 13-4 (In Persian).
6. Esmail, M.; Elham, M. W.; & H, Fath, 2019. Assessment and prediction of shoreline change using multi-temporal satellite images and statistics: Case study of Damietta coast, Egypt, *Applied Ocean Research*, 82, 274-282.
7. Jonah, F. E.; Jonah, I.; Osman, A.; Shimba, M. J.; Mensah, E. A.; Adu-Boahen, K.; Chuku, E. O.; & E, Effah, 2016. Shoreline change analysis using end point rate and net shoreline movement statistics: An application to Elmina, Cape Coast and Moree section of Ghana's coast, *Regional Studies in Marine Science*, 7, 19-31.
8. Kaftan, V.; Boris, K.; & S, Lebedev, 2018. Analysis of Sea Level Changes in the Caspian Sea Related to Cosmo-Geophysical Processes Based on Satellite and Terrestrial Data, *Geodesy and Geodynamics*, 9 (6), 44-55.
9. Kakroodi, A. A.; Kroonenberg, S. B.; Hoogendoorn, R. M.; Mohammd Khani, H.; Yamani, M.; Ghassemi, M. R.; & H. A. K, Lahijani, 2012. Rapid Holocene Sea-Level Changes along the Iranian Caspian Coast. Quaternary International, *Late Quaternary morphodynamics in East Asia*, 263, 93-103.
10. Kaplin, P. A., & A. O. Selivanov., (1995). Recent coastal evolution of the Caspian Sea as a natural model for coastal response to the possible acceleration of global sea-level rise. *Marine Geology*. 124, 161-175.
11. Kermani, S.; Boutiba, M.; Guendouz, M.; Guettouche, M.; & S. K. Dalila, 2016. Detection and analysis of shoreline changes using geospatial tools and automatic computation: Case of jijlian sandy coast (East Algeria), *Ocean & Coastal Management*, 132, 46-58.
12. Khoshravan, H., & B, Vafaie., (2016). Caspian Sea water level fluctuations (past, present and future), 18th Marine Industry Conference, Kish Island (In Persian).
13. Khoshravan, H., 2020. Spatial and temporal changes of coastal habitats of Gorgan Bay under the influence of Caspian Sea fluctuations, *Sepehr Magazine*, 29(115), 138-127 (In Persian).
14. Kroonenberg, S. B.; Badyukova, E. N.; Storms, J. E. A.; Ignatov, E. I.; & N. S. Kasimov, 2000. A full sea level cycle in 65 years: barrier dynamics along Caspian shores, *Sedimentary Geology*, 134, 257-274.
15. Li Cui, B., & L, Xiao-Yan., (2011). Coastline Change of the Yellow River Estuary and its Response to the Sediment and Runoff (1976–2005). *Geomorphology*. 127, 32-40.

[DOR: 20.1001.1.22517812.1400.11.4.4.8]

16. Manc, E.; Pascucci. V.; Deluca. M.; Cossu. A.; & S, Andreucci, 2013. Shoreline evolution related to coastal development of a managed beach in Alghero, Sardinia, Italy, *Ocean. Coast. Manag*, 85, 65-76.
17. Naderi Beni, A.; Alizadeh-Lahijani, H.; Pourkerman, M.; Jokar, R.; Djamali, M.; Marriner, N.; Andrieu-Ponel, V.; & R, Mousavi Harami, 2014. Late Holocene Caspian Sea Level Changes and its Impacts on Low Lying Coastal Evolution: a Multidisciplinary Case Study from South Southeastern Flank of the Caspian Sea, *Journal of the Persian Gulf*, 5 (16), 27-48.
18. Negahban, S.; Rostami, D.; & H, Ganjaeian, 2016. Monitoring shoreline changes using remote sensing (Case study: Oman Sea coastal area from Chabahar to Bandar Tang), *Journal of Quantitative Research*, 5 (1), 42-27 (In Persian).
19. Pilkey, O. H., & T, Hume., (2001). The shoreline erosion problem: lessons from the past.Water Atmos. 9 (2), 22e23. Salghuna N.N.Aravind Bharathvaj S.2015. Shoreline Change Analysis for Northern Part Of The Coromandel Coast. *Aquatic Procedia*. 4, 317- 324.
20. Sarvati, M. R.; Mansoori, R.; & M, Ghahroudi Tali, 2015. The effect of rapid fluctuations in the water level of the Caspian Sea on the shores of the island of Mosskaleh, *Natural Geography Quarterly*, 11 (40), 16-1 (In Persian).
21. Schenthamilselvan, S.; Kakara, R. S.; & B, Rajan, 2013. assessment of shoreline change along karantaka coast ,india using GIS,RS, *indian journal of marine scinces*, 43 (7), july 2014.
22. Shayan, S., & M, Vali., (2020). Evaluating the trend of land cover changes in Assaluyeh - Shirino coastline using LCM model, 10 (2), 88-73 (In Persian).
23. Yamani, M.; Lorestani, Q.; & S, Emad al-Din, 2010. The relationship between wave dynamics and sand distribution directions on the Caspian Sea coast (Babolrood and Haraz rivers), *Earth Science Research*, 1 (4), 80-96 (In Persian).
24. Yamani, M.; Rahimieh Harabadi, S.; & S, Goodarzi Mehr, 2011, A Study of Periodic Changes in the East Coast of the Strait of Hormuz Using Remote Sensing Techniques, *Journal of Environmental Erosion Research*, 1 (4), 21-7 (In Persian).

[DOR: 20.1001.1.22517812.1400.11.4.4.8]

Analysis of the Impact of Caspian Sea Fluctuations on the Stability of the Coastline of Anzali Wetland

Fatemeh Javaheri Hoshi: *Ph.D. Student, University of Tehran, Kish*
Mojtaba Yamani[1]: *Professor of Geomorphology, University of Tehran, Tehran*
Mansor Jafar biglo: *Associate Professor of Geomorphology, University of Tehran, Tehran*

Article History (Received: 2021/06/15 **Accepted:** 2021/08/3**)**

Extended abstract

1- Introduction

Due to the fact that coastlines have a large part of the world's population and many facilities are located along the coasts, shoreline changes can cause a lot of damage to coastal areas. Coastal changes can be caused by natural and human processes and factors; however, coastal processes are often under human activities, locally or globally. Natural processes can also be enhanced or accelerated by human activities. One of the beaches that has undergone many changes is the shores of the Caspian Sea. Fluctuations in the Caspian Sea are faster than other seas and lakes. The Caspian Sea has experienced several periods of extreme fluctuations in recent decades, and this has led to the shifting of the coastline in each period of alteration. The shores of the Caspian Sea have long been of interest to human societies and numerous activities have taken place along its shores. Changes in the water level of this lake have always changed the lives of the inhabitants of the Caspian Sea and have caused damages and in many cases have led to the relocation of settlements and facilities. Also, changes in the level of the Caspian Sea, in addition to the coastline, have had important effects on Anzali Wetland. Due to past fluctuations in the level of the Caspian Sea, this wetland has been affected by these fluctuations more than other coastal areas of the Caspian Sea. Due to the importance of the issue, in this study, the effects of fluctuations in the Caspian Sea level on the coastline and Anzali wetland have been investigated.

2- Methodology

In this study, in order to achieve the desired goals, from 1: 50000 topographic maps, 1: 100000 geological maps, digital model of 12.5 m altitude, Landsat satellite images as well as statistical information related to sea level changes and climate situation Area are used as research data. The instruments used in the research included ArcGIS (in order to prepare the desired maps), ENVI (in order to prepare the desired maps) and IDRISI (in order to analyze the changes that occurred in the coastline and Anzali wetland). Also in this study, LCM models (to analyze land use change information and identify changes in the coastline and Anzali wetland) and a combined model of fuzzy logic and AHP (to identify areas vulnerable to environmental hazards and also identify areas prone to the development of human activities) have been used. This research has been carried out in several stages in accordance with the intended objectives. In the first stage, based on the statistical information of Bandar Anzali metering station, changes in the Caspian Sea level have been evaluated. In the second stage, using Landsat images, the changes of Anzali wetland have been studied. In the third stage, using Landsat images, shoreline changes have been evaluated and in the fourth stage, the relationship between changes in sea level, Anzali Wetland and shoreline has been explored.

[1] **Corresponding Author: myamani@ut.ac.ir**

[DOR: 20.1001.1.22517812.1400.11.4.4.8]

3- Results

In this study, in order to investigate the changes in the Caspian Sea level, information about the leveling station of Bandar Anzali during the years 1990 to 2020 has been used. The results of the evaluation of the changes indicate that the surface of the Caspian Sea has decreased by 51 cm during the study period. Also in this research, using Landsat satellite images, the changes of Anzali wetland have been studied. According to the results, Anzali Wetland has undergone many changes in recent years, to the extent that this wetland in 1990 was about 37.46 square kilometers (wetland water area), which in 1995 increased to 39.24 square kilometers. From this date onwards, the area of the wetland has been decreasing so that the area of the wetland has been reduced in 2000 to 38.59, in 2005 to 37, in 2010 to 35.17, in 2015 to 33.49 and in 2020 to 30.04 square kilometers. The results of the coastline study also indicate that the average shoreline change in the study area from 1990 to 2020 was about 135.4 meters. In fact, during this period of time, under the influence of various natural and human factors, the coastline of the region has experienced a reversal of 135.4 meters.

4- Discussion & Conclusions

Declining Caspian Sea level, along with its environmental effects, has caused changes in Anzali Wetland and the coastline. In fact, the declining trend of the Caspian Sea has caused the level of Anzali Wetland to decrease in accordance with this trend and, as a result, the area of the wetland has decreased to the extent that during a period of 30 years, 7.42 square kilometers of wetland area has decreased. This issue has shown a direct effect of sea level decline, although human factors have also played an important role in these changes. Also, the declining trend of the Caspian Sea surface has caused the coastline to regress more rapidly in the study area, so that during a period of 30 years, the coastline of the study area has receded by about 135 meters, part of which is the reason for the decrease in sea level. In addition to sea level changes, human factors have also played an important role in shoreline changes. According to the results, man-made areas have increased by about 20 square kilometers during the years 1990 to 2020; consequently, the increasing trend of population and physical development of Anzali city as well as the development of various infrastructures towards the coastline have caused a change in the coastline and the decline has intensified. Also, human factors have played an important role in the inflow and outflow of water of Anzali wetland, so in changing the size of Anzali wetland these human-related factors have also been effective. According to the mentioned cases, the fluctuations of the Caspian Sea along with human activities have been one of the factors affecting the status of the coastline and Anzali wetland.

Key Words: Caspian Sea level, coastline, Anzali wetland

[DOR: 20.1001.1.22517812.1400.11.4.4.8]