



تحلیل اثرپذیری تغییرات خط ساحلی خزر در ارتباط با تغییرات کاربری اراضی

مطالعه‌ی مورد: خط ساحلی بابل رود

حمید عمونیا^۱، سیاوش شایان^{۲*}، مجتبی یمانی^۳

۱- دانش‌آموخته‌ی دکتری ژئومورفولوژی- مدیریت محیطی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

۲- دانشیار ژئومورفولوژی گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

۳- استاد ژئومورفولوژی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

وصول مقاله: ۱۳۹۹/۰۹/۲۹

تأیید نهایی مقاله: ۱۴۰۰/۰۱/۱۶

چکیده

مناطق ساحلی به دلیل کاربردهای مفید و متعدد برای انسان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند. تغییرات در خط ساحلی با وجود انسان و اثراتش نظیر تغییرات کاربری اراضی، اجتناب‌ناپذیر است و به همین دلیل مطالعه میزان ارتباط بین تغییرات خط ساحلی و تغییرات کاربری اراضی ضرورت دارد. خط ساحلی بابل‌رود با طول حدود ۹ کیلومتر در اکثر محدوده‌ی خود با شهر بابل‌سر تلاقی دارد که این موجب تأثیرگذاری فعالیت‌های انسانی بر روی تغییرات خط ساحلی در این محدوده می‌گردد. رفتار نوسانی دریای خزر و میزان پستی و پیشروی خط ساحلی در این محدوده می‌تواند متأثر از فعالیت‌های انسانی و ایجاد تغییرات در کاربری اراضی ساحلی باشد. داده‌های استفاده شده در این پژوهش شامل تراز سطح دریای خزر در انزلی و تصاویر ماهواره‌ای لندست در سنجنده‌های TM و OLI می‌باشد. طول دوره‌ی مورد مطالعه ۴۲ ساله از سال ۱۹۷۶ میلادی تا ۲۰۱۸ میلادی مشخص شده است که با روند آستانه‌ی تغییرات تراز دریای خزر هماهنگی دارد. روش پژوهش تحلیلی - مقایسه‌ای بین داده‌های و اطلاعات داده‌های تراز و تغییرات خط ساحلی و نقشه‌های کاربری اراضی است که برای محاسبه‌ی تغییرات خط ساحلی از سامانه‌ی تحلیل رقومی خط ساحلی (DSAS) در نرم‌افزار ArcGIS10.7 و برای محاسبه‌ی تغییرات کاربری اراضی از نرم‌افزار ENVI5.3.1 استفاده شده است. بعد از محاسبه‌ی تغییرات خط ساحلی و محاسبه‌ی آماره NSM، نمودار تغییرات خط ساحلی استخراج و با تغییرات مساحت کاربری‌های اراضی مقایسه شده است. نتایج نشان می‌دهد که 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.

کلمات کلیدی: خط ساحلی دریای خزر، کاربری اراضی، p، بابل‌رود، بابل‌سر.

۱- مقدمه

سواحل همواره متأثر از شرایط محیطی (طبیعی - انسانی) تغییرات زیادی در بعد فضایی - زمانی دارند. به همین دلیل مناطق ساحلی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند؛ زیرا انسان بیشترین استفاده را در بین سایر مناطق قابل سکونت، از آنها می‌برند. سواحل در طول تاریخ تحت فشار شدید بوده و احتمالاً این وضعیت در آینده نیز ادامه خواهد داشت (لو و گوناسیری^۱، ۲۰۱۴: ۱۲۵). سواحل جزئی از سیستم پیچیده سیاره زمین می‌باشند که تنها ۱۰ درصد از کل مساحت جهان را به خود اختصاص داده‌اند (کای^۲ و همکاران، ۲۰۰۹: ۴۱۶). اکثریت انسان، سواحل را برای محل سکونت خود انتخاب می‌کنند، به‌طوری‌که حدود ۶۰ درصد از جوامع در مناطق ساحلی استقرار یافته‌اند (کراکنل^۳، ۱۹۹۹: ۴۸۷). در مناطق ساحلی خدمات زیادی ارائه می‌شود؛ همچنین حمایت از اقتصادهای ساحلی و معیشت در مناطق کمتر توسعه‌یافته جهان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (کوستانزا^۴، ۱۹۹۹؛ کیلدو و مکیل گروم^۵، ۲۰۱۰؛ ساتون گرییر^۶ و همکاران، ۲۰۱۵).

خط ساحلی به امتدادی گفته می‌شود که دقیقاً آب دریا با خشکی تلاقی پیدا می‌کند (برد^۷، ۲۰۰۸: ۲). در دریا‌های آزاد، خط ساحلی را خطی تعریف کرده‌اند که نقاط معدل بین حداکثر مد و حداقل جزر را به هم متصل می‌کند. به دلیل ماهیت پویای آب و خشکی، موقعیت خط ساحلی در کوتاه‌مدت یا بلندمدت همیشه پایدار نیست. این تغییرات در خط ساحلی می‌تواند عوارض جانبی بر روی محیط‌زیست، منابع طبیعی، اکوسیستم‌ها، اقتصادی - اجتماعی، فرهنگی و نهایتاً امنیت دفاعی ایجاد نماید (تحوای^۸ و همکاران، ۲۰۱۹: ۵۶). خط ساحلی یک سیستم پویا است که رسوبات بر روی آن به‌صورت مداوم در حال حرکت هستند و از جایی برداشت و در جایی دیگر رسوب می‌کنند، این سیستم در تلاش است تا تعادل را با توجه به بودجه رسوبی و فرایندهای هیدرودینامیک دریا حفظ نماید (پولوس و کرونیس^۹، ۲۰۰۱: ۵). در این میان سواحل جنوبی دریای خزر از این قاعده مستثنی نیست که در برخی مطالعات نیز بدان اشاره شده است (کاکرودی، ۱۳۹۲؛ لرستانی، ۱۳۹۴؛ شریفی‌کیا و همکاران، ۱۳۹۶؛ امینی و کاکرودی، ۱۳۹۸؛ شایان و همکاران، ۱۳۹۹). همان‌طور که در این پژوهش‌ها نیز بیان شده در شرایط طبیعی، عواملی چون توپوگرافی منطقه‌ی ساحلی، تغییرات سطح آب دریای خزر و دینامیک امواج در میزان جابه‌جایی خط ساحلی خزر جنوبی نقش به‌سزایی دارند.

1. Lo and Gunasiri
2. Cai
3. Cracknell
4. Costanza
5. Kildow and Meilgorm

6. Sutton Grier
7. Bird
8. Thoai
9. Poulos and Chronis

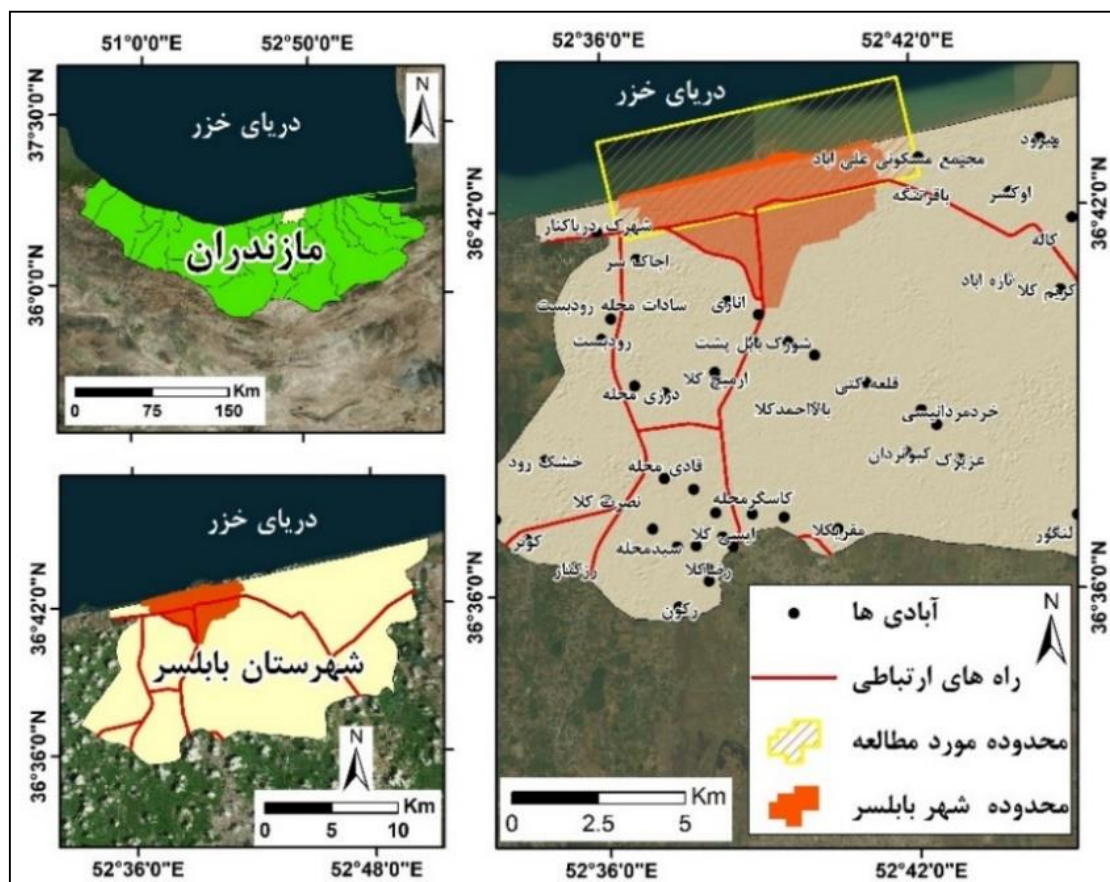
تغییر در الگوی استفاده از زمین ساحلی می‌تواند به طور مستقیم بر تغییر در موقعیت ساحلی تأثیر بگذارد (گریفیتس^۱، ۱۹۸۸). خط ساحلی به دلیل فرسایش و رسوب‌گذاری می‌تواند تغییر کند (ریو^۲ و همکاران، ۲۰۱۳: ۲۵۳) و با تغییر الگوی استفاده از زمین در نزدیک ساحل، فرسایش یا رسوب‌گذاری اتفاق می‌افتد که منجر به تغییر خط ساحلی می‌شود (اریکسون، ۲۰۰۶؛ احمد، ۲۰۱۱). انسان با احداث انواع کاربری، استفاده‌های بی‌شماری از سواحل می‌برد که در بسیاری از مواقع این بهره‌برداری‌ها در روند تغییرات خط ساحلی تأثیر گذارند. سواحل جنوبی دریای خزر به دلیل وجود محیط مناسب برای شنا و نزدیکی به دامنه‌های پوشیده از جنگل، همواره برای گذران اوقات فراغت، جزء گزینه‌های اول برای مسافرت می‌باشد. وجود پره‌های صیادی و اسکله‌های صیادی نیز فعالیت سازمان شیلات را در این مناطق افزایش داده است و موجب تغییراتی در خط ساحلی شده است. در هر صورت تقاضا برای تصاحب اراضی ساحلی برای ایجاد کاربری‌های مورد استفاده انسان بسیار زیاد است. این امر موجب شده تا انسان برای حفاظت از دارایی‌های خود و بهره‌برداری بیشتر تغییراتی را در این محدوده ایجاد نماید که این نوع و میزان تغییرات در خط ساحلی، در طول زمان تأثیر گذار است.

هدف از پژوهش حاضر این است که از طریق مقایسه‌ی زمانی تغییرات خطوط ساحلی در سامانه تحلیل رقومی خط ساحلی و نقشه‌های کاربری اراضی طی دوره‌ی ۴۲ ساله، بین تغییرات خط ساحلی با توسعه‌ی فعالیت‌های انسانی و کاربری‌ها ارتباط داده شده و سپس به تحلیل ارتباط میان روند تغییرات کاربری اراضی ساحلی در طی دوره‌های تأثیرگذاری نوسانات تراز دریای خزر بر تغییرات خط ساحلی پرداخته شود.

۲- مواد و روش

۲-۱- منطقه‌ی مورد مطالعه

طول خط ساحلی مورد مطالعه حدوداً ۹ کیلومتر است که شامل قاعده‌ی دلتایی رودخانه‌ی بابل‌رود است. بابل رود به صورت دائمی در طول سال جریان دارد و از رودخانه‌های اصلی شمال ایران و دریای خزر محسوب می‌گردد (یمانی و همکاران، ۱۳۹۴: ۱۴۰). عرض محدوده‌ی مورد مطالعه بعد از ترسیم خطوط ساحلی و با فاصله ۱۲۵۰ متری از آنها در خشکی تعیین شده است. موقعیت ریاضی این محدوده طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۵۲ درجه و ۴۲ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۵۳ درجه و ۴۰ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۴۳ دقیقه شمالی را شامل می‌شود. این محدوده از لحاظ تقسیمات سیاسی در شمال شهرستان بابل‌رود قرار دارد (شکل ۱). تقریباً ۹۰ درصد طول خط ساحلی شهر بابل‌رود در این محدوده قرار دارد. از لحاظ رسوب‌شناسی این محدوده با انباشت‌های غالباً دلتایی دوره‌ی کواترنری پوشیده شده است (یمانی و همکاران، ۱۳۹۵: ۲۷).



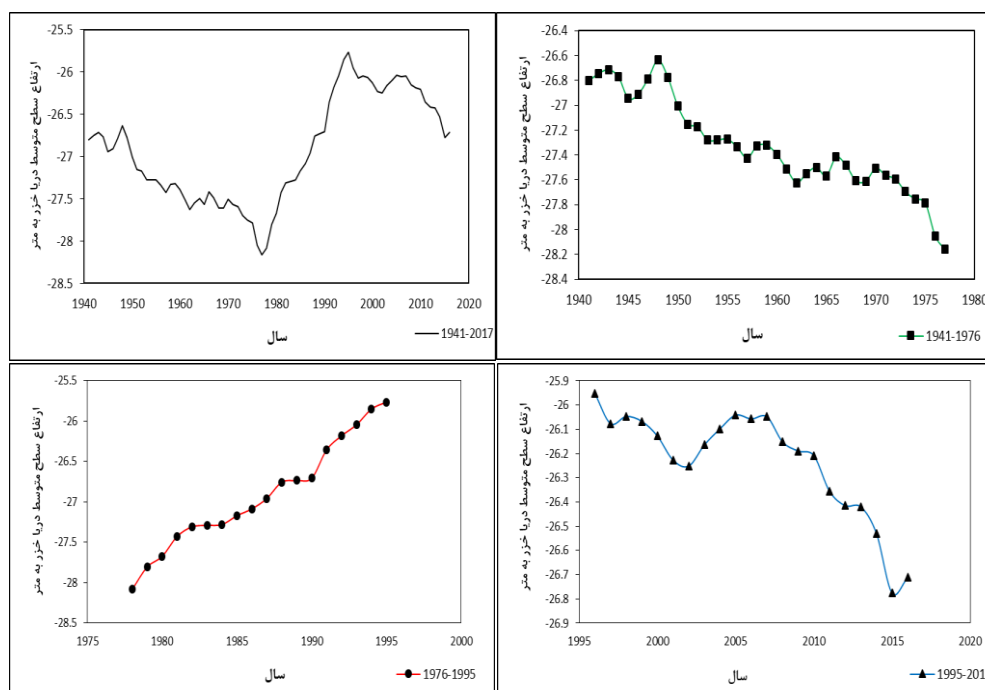
شکل (۱): موقعیت منطقه (محدوده) مورد مطالعه

Fig (1): The study area

۲-۲- داده‌ها و روش تحقیق

داده‌های به کار گرفته شده در این پژوهش در دو بخش هستند:

الف- داده‌های مربوط به تراز سطح دریا که از آنها برای ترسیم نمودار تراز دریای خزر استفاده شده است و مبنای آن انزلی است (شکل ۲).



شکل (۲): نمودار تراز دریای خزر بر اساس ایستگاه انزلی طی سال‌های ۱۹۴۱ تا ۲۰۱۷ با توجه به دوره‌های پیشروی و پسروی آن (منبع داده‌ها: <http://www.caspc.com>)

Fig (2): Caspian Sea level chart based on Anzali station during the years 1941 to 2017 according to its progress and regression periods (data source: <http://www.caspc.com>)

ب- داده‌های شامل تصاویر ماهواره‌ای لندست در سنجنده‌های TM و OLI برای ترسیم خطوط ساحلی تاریخی و تهیه نقشه‌ی کاربری‌های اراضی ساحلی استفاده شده است (جدول ۱). اندازه‌ی پیکسل تصاویر این ماهواره ۳۰ متر است و محدوده‌ای با ابعاد ۱۸۵ در ۱۸۵ کیلومتر در جهت عمود بر حرکت ماهواره را پوشش می‌دهد (اصغری سراسکانرود و پوراحمد، ۱۳۹۴: ۵).

جدول (۱): مربوط به زمان اخذ تصاویر ماهواره‌ای

Table (1): Related to the time of taking satellite images

ماهواره	سنجنده	تاریخ	قدرت تفکیک مکانی (متر)	محل اخذ
لندست ۵	TM	8 july 1976	۳۰	سازمان زمین‌شناسی ایالت متحده آمریکا
لندست ۵	TM	29 jun 1995	۳۰	سازمان زمین‌شناسی ایالت متحده آمریکا
لندست ۸	OLI	04 jun 2018	۳۰	سازمان زمین‌شناسی ایالت متحده آمریکا

داده‌های تراز دریا به کمک نرم‌افزارهای میکروسافت آفیس اکسل پردازش و تحلیل شده‌اند و داده‌های مربوط به تصاویر ماهواره‌ای از طریق نرم‌افزار Envi5.3 پیش‌پردازش و پردازش شده‌اند و تحلیل‌های مربوط به خطوط ساحلی در نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی (ArcGIS10.7) و همچنین افزونه سامانه‌ی تحلیل رقومی خط ساحلی^۱ انجام گرفته است.

روش تحقیق حاضر تحلیلی - مقایسه‌ای بین داده‌ها و اطلاعات تراز سطح دریا، روند تغییرات خط ساحلی و نقشه‌های کاربری اراضی طی دوره‌ی ۴۲ ساله است. داده‌های تراز دریا بعد از دریافت از مرکز تحقیقات دریای خزر^۲ مورد استفاده قرار گرفته‌اند که روند تغییرات تراز دریا خزر را در ایستگاه انزلی نشان می‌دهند. در ادامه‌ی توضیحات مربوط به روش محاسبه‌ی تغییرات خط ساحلی و استخراج نقشه‌های کاربری اراضی به تفصیل آمده است.

۲-۳- روش محاسبه تغییرات خط ساحلی

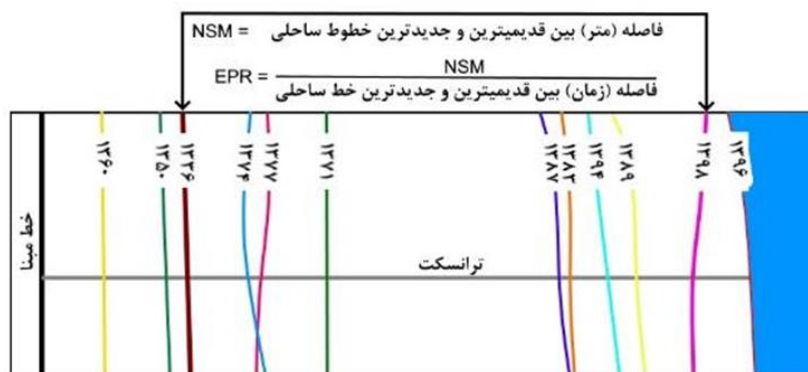
در این پژوهش بعد از استخراج خطوط ساحلی از روی تصاویر و وارد نمودن آنها در نرم‌افزار ابتدا یک خط مبنا در سامانه تحلیل رقومی خط ساحلی (به فاصله‌ای مشخص از خطوط ساحلی که ۱۵۰ متر است) ترسیم شده است و در مرحله‌ی بعد به فاصله ۵۰ متری خطوطی عمود بر خط مبنا و خطوط ساحلی ترسیم گردید. تعداد این خطوط برای منطقه‌ی مورد مطالعه، ۱۸۲ مورد است. در ادامه تنظیمات اولیه در سامانه انجام شد.

در سامانه‌ی نرخ تغییرات خط ساحلی را بر اساس روش‌های آماری حرکت خالص خط ساحلی^۳ (NSM)، نرخ نقطه پایان^۴ (EPR) و نرخ رگرسیون خطی^۵ (LRR) محاسبه می‌گردد. در روش SM، فاصله مکانی (به متر) بین قدیمی‌ترین و جدیدترین خط ساحلی برای هر ترانسکت ترسیم شده محاسبه می‌شود. روش EPR از تقسیم NSM بر روی فاصله‌ی زمانی بین قدیمی‌ترین و جدیدترین خط ساحلی به دست می‌آید (شکل ۳).

روش LRR از نرخ تغییر توسط اتصالات حداقل رگرسیون مربع مربوط به تمام خطوط سواحل در یک ترانسکت است. در شکل ۴ روش محاسبه LRR نشان داده شده است. از آنجا که در این پژوهش تغییرات دوره‌ای خط ساحلی مهم هستند از خروجی NSM جهت شناسایی میزان جابه‌جایی بین دوره‌ها استفاده شده است. بعد از محاسبات آماری و استخراج جداول مربوطه در نرم‌افزار Excel، ترسیم نمودار برای تعداد ترانسکت‌های هر محدوده صورت گرفته است؛ این کار موجب تفسیر بهتر نحوه‌ی تغییرات در طول خط ساحلی شده است. علاوه بر این نقشه‌های تغییرات دوره‌ای نیز با نمایش طیف‌های رنگی برای طول بازه‌ی مورد مطالعه تهیه شده است.

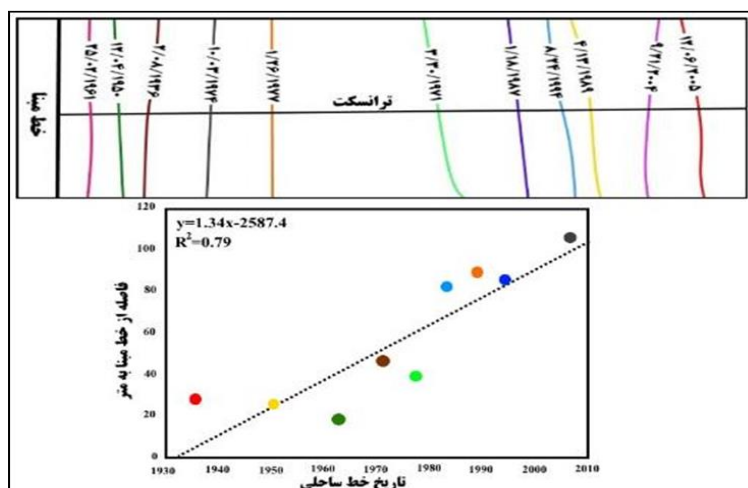
1. DSAS
2. CASPCOM
3. Net Shoreline Movement

4. End Point Rate
5. Linear Regression Rate



شکل (۳): نمونه‌ای از نحوه محاسبه‌ی آماره‌های NSM، EPR با توجه به فاصله‌ای زمانی و مکانی میان آنها (تیلر و همکاران، ۲۰۱۷)

Fig (3): An example of how to calculate NSM, EPR statistics with respect to time and space between them (Thieler et al., 2017)



شکل (۴): نحوه محاسبه خط رگرسیون در روش LRR که در این روش تمامی سال‌ها و زمان آن‌ها در محاسبات آورده می‌شوند (هیملستوس، ۲۰۰۹).

Fig (4): How to calculate the regression line in the LRR method, in which all their years and times are included in the calculations (Himmelstoss, 2009)

۲-۴- روش استخراج نقشه‌های کاربری اراضی

برای استخراج نقشه‌های کاربری اراضی همان تصاویر ماهواره‌ای بکار گرفته شده که برای ترسیم خطوط ساحلی استفاده شده است. با انجام تصحیحات رادیومتریک و تصحیحات اتمسفری با روش^۲ صورت گرفته است. بعد از

انجام تصحیحات مورد نیاز و ارزیابی نیمرخ طیفی تصویر، پردازش تصاویر انجام شده است. در این مرحله به طبقه‌بندی تصویر پرداخته شده است. اولین اقدام در این مرحله انتخاب کلاس‌های کاربری جهت طبقه‌بندی می‌باشد که در این پژوهش برای کلاس‌بندی تصاویر ماهواره‌ای از روش سطح اول سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده^۱ استفاده شده است. توضیح هریک از کاربری‌های انتخاب شده در جدول زیر آمده است.

جدول (۲): تعاریف و ویژگی‌های هریک از کلاس‌های کاربری بر اساس روش USGS
Table (2): Definitions and characteristics of each user triad based on the USGS method

کلاس کاربری	تعاریف و ویژگی‌های کلاس‌های کاربری
شهر یا مناطق ساخته‌شده (اراضی انسان‌ساخت) ^۲	شهر یا مناطق ساخته‌شده تشکیل شده از کاربری متمرکز با زمین‌هایی که پوشیده از ساختمان‌ها است. این دسته شامل: شهرها، شهرک‌ها، روستاها، نوارهای توسعه‌یافته در امتداد بزرگ‌راه‌ها، مسیرهای حمل‌ونقل، مناطق دارای امکانات ارتباطی و نیروگاه‌ها، نواحی اشغال‌شده توسط کارخانه‌ها، مراکز خرید و مجتمع‌های تجاری و صنعتی و مؤسساتی که ممکن است به‌طور مثال از نواحی شهری جداشده باشند. مناطق دیگر این دسته‌بندی شامل: باغ‌وحش، پارک شهری، گورستان‌ها، مکان‌های دفن زباله، سازه‌های آبی، محل‌های احداث‌شده برای اسکی، زمین‌های بازی، باغچه‌ها، زمین‌های گیاه‌شناسی و
اراضی کشاورزی ^۳	زمین‌های زراعی به‌طور گسترده به‌عنوان اراضی اصلی برای تولید مواد غذایی و الیاف و... تعریف می‌شوند. شاخص‌های اصلی اراضی و همچنین فعالیت‌های زراعی، به‌وسیله‌ی شکل هندسی و چشم‌انداز الگوهای جاده‌ای و آثار به وجود آمده توسط تجهیزات دامی و مکانیزه، متمایز خواهد شد.
مراتع ^۴	مراتع از نظر تاریخی به‌عنوان زمینی که پتانسیل پوشش گیاهی و طبیعی آن اغلب گیاهان علفی و درختچه‌ها بوده تعریف می‌شود. مراتع عبارتند از: مراتع علفی، مراتع درختچه و مراتع مختلط.
سطوح آب ^۵	تعریف مناطق آبی، به مقیاس داده‌های ارائه شده و وضوح داده‌های سنجش‌ازدور که برای تفسیر کاربری و پوشش زمین استفاده می‌شوند، وابستگی دارد. سطوح آب شامل بخش‌های بسیاری می‌شود که در این پژوهش با توجه به قدرت تفکیک مکانی و طیفی تصاویر موجود که علاوه بر رودخانه‌ها، سطوح دریاچه‌ها و دریا سایر مناطق باتلاقی و تالاب‌ها و مرداب‌ها در این کاربری قرار داده شده‌اند.
اراضی جنگلی ^۶	مناطق جنگلی، مناطقی هستند که پوشش درخت با تراکم ۱۰٪ یا بیشتر دارند، درختانی که توانایی تولید چوب یا دیگر محصولات چوبی دارند و بر آب‌وهوا و رژیم آب تأثیر می‌گذارند. اراضی جنگلی به‌طور کلی می‌تواند به‌راحتی در تصاویر با ارتفاع زیاد ماهواره‌ای مشخص شود اگرچه مرز بین آن و سایر دسته از زمین‌ها ممکن است دشوار باشد.
اراضی بایر ^۷	زمین‌های بی‌ثمر مناطقی دارای قابلیت محدود برای گذران زندگی است و در آن کمتر از یک‌سوم منطقه دارای پوشش گیاهی یا پوشش دیگری است. به‌طور کلی منطقه‌ای از لایه‌ی خاک نازک، شن و ماسه یا سنگ است. در صورت وجود پوشش گیاهی، دارای سطح وسیع و پوشش درختچه‌ای می‌باشد. شرایط غیرمعمول مانند بارندگی شدید گاه منجر به رشد پوشش گیاهی کوتاه‌مدت و پرتجمل شود. نمونه: سطوح (زمین‌های صاف) خشک نمکی، سواحل دریا، سواحل شنی دریا، صخره‌های سنگی، نوارهای معدنی، معادن و چاله‌های شنی.

1. United States Geological Survey(USGS)
2. Urban or Built-up Land
3. Agricultural Land
4. Rangeland

3. Water Areas
6. Water Areas
7. Barren Lands

بعد از تعیین کلاس ها از طریق روش طبقه‌بندی بیشترین شباهت^۱ هر یک از کلاس‌ها کاربری در محدوده‌ی مورد مطالعه استخراج شده است. بعد از استخراج نقشه‌ی کاربری برای هر یک از سال‌ها، فرایند پس پردازش بر روی انجام گرفته است. در این زمینه برای ارزیابی صحت نقشه‌های کاربری از روش متداول تعدادی پیکسل‌های نمونه معلوم و مقایسه‌ی کلاس آن‌ها با نتایج طبقه‌بندی استفاده شده است. در این روش ابتدا برای نمونه‌برداری روش تصادفی طبقه‌ای^۲ انتخاب شده است و تعداد نمونه‌ها از طریق رابطه‌ی زیر می‌توان به دست آمده است (فاطمی و رضایی، ۱۳۹۱):

$$N = \frac{z^2 (p)(q)}{E^2} \quad (۱)$$

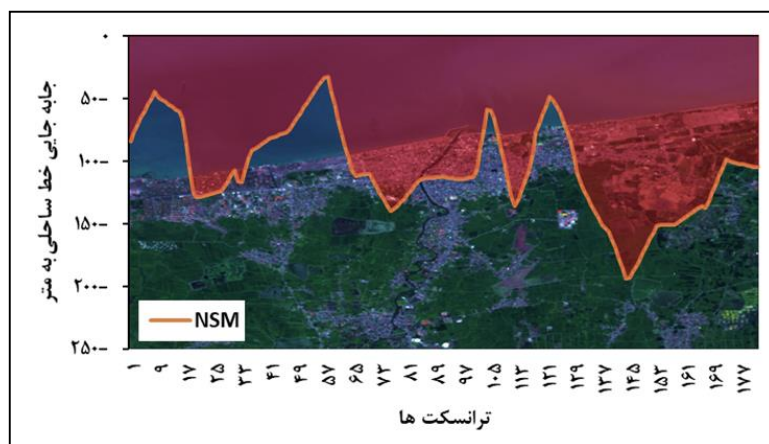
که در آن N تعداد نقاط یا نمونه‌های لازم برای هر کلاس، Z عدد ثابت که معمولاً برابر با ۲ در نظر گرفته می‌شود، p مقدار دقت مورد نظر که نهایتاً ۱۰۰ می‌تواند باشد (دقت بهینه بین ۸۵٪ تا ۹۰٪ می‌باشد)، q که از تفاضل روبرو به دست می‌آید: $q=100-p$ و E مقدار خطای مجاز که به‌طور مثال ۱۰٪ یا ۰٫۰۵٪ اختیار می‌شود. این نقاط نمونه‌برداری شده (از روی تصویر ترکیب باند واقعی) با تصویر کلاسه‌بندی شده مقایسه شده و ضرایب کاپا و دقت کلی برای هر یک از نقشه‌ها مشخص گردید. ملاک درستی این نقشه‌ها ضریب کاپای بالا ۰/۸۵ می‌باشد.

۳- یافته‌ها و بحث

در این پژوهش ابتدا یافته‌های مربوط به تغییرات خط ساحلی که از طریق سامانه تحلیل رقومی استخراج شده؛ تجزیه، تحلیل و تفسیر می‌گردد و بعد از آن یافته‌های مربوط به کاربری‌های اراضی ساحلی ارائه شده و این یافته‌ها نیز مورد تفسیر قرار گرفته است.

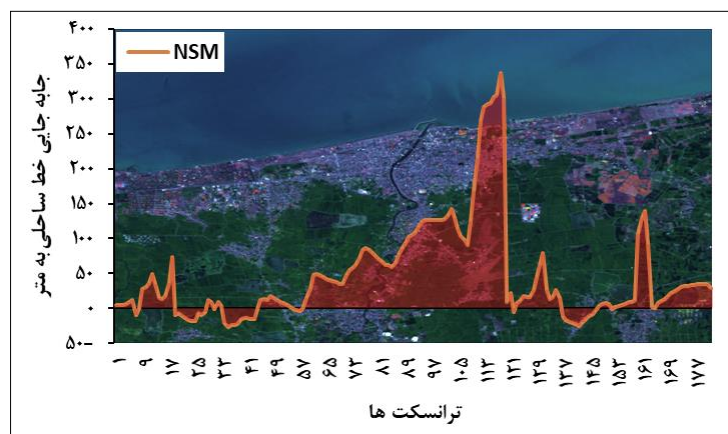
۳-۱- روند تغییرات خط ساحلی

جهت بررسی تغییرات خط ساحلی بابلرود با توجه به روند نوسانات سطح آب دریای خزر دوره‌های ۱۹۷۶ تا ۱۹۹۵ به عنوان دوره‌ی افزایشی سطح تراز و دوره‌ی ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۷ به عنوان دوره‌ی کاهشی سطح تراز آب انتخاب شده است. در این پژوهش از این دو دوره به ترتیب به عنوان دوره‌ی اول و دوم یاد می‌شود. در دوره‌ی اول با توجه به خروجی آماره‌ی حرکت خالص خط ساحلی (NSM) در سامانه‌ی تحلیل رقومی خط ساحلی تمامی ترانسکت‌های طول خط ساحل، اعداد منفی را نشان می‌دهند (شکل ۵). بدین معنی که در این دوره‌ی زمانی، خط ساحلی به سمت خشکی عقب‌نشینی داشته و به نوعی در این دوره زمین‌های ساحلی با کاهش مساحت همراه بوده است.



شکل (۵): جابه جایی خط ساحلی به روش حرکت خالص خط ساحلی (NSM) در دوره ۱۹۷۶ تا ۱۹۹۵ میلادی
Fig (5): Shoreline shifting by the net shoreline (NSM) method from 1976 to 1995

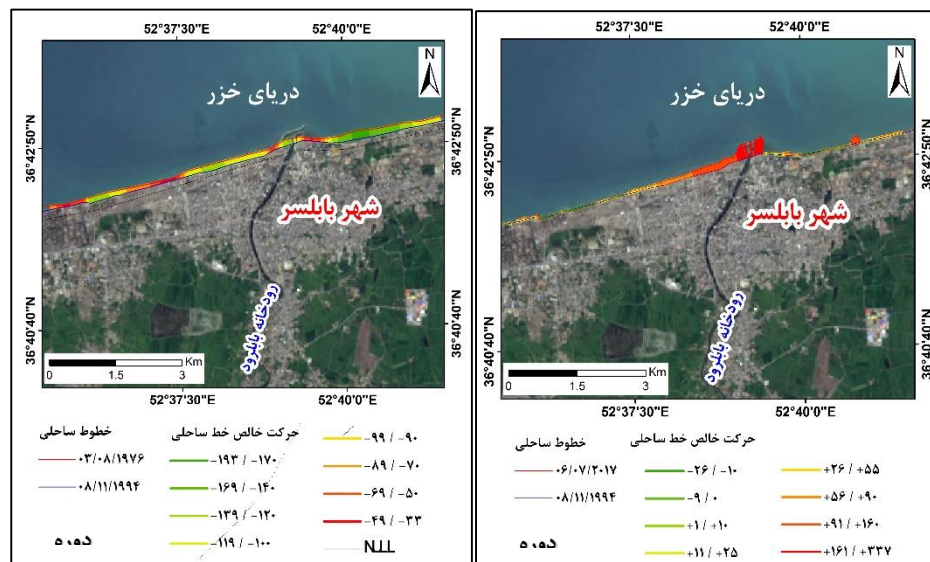
در دوره دوم که روند سطح تراز کاهشی بوده است اکثریت اعداد آماری حرکت خالص خط ساحلی (NSM) مثبت می‌باشند (شکل ۶). البته در طول خط ساحلی این روند به یک میزان و یک شکل مشاهده نمی‌شود و باید دید دلیل آن چیست و در برخی از قسمت‌ها که هماهنگی عقب‌نشینی وجود دارد بسیار بیشتر از حد انتظار است که نشان می‌دهد شرایط طبیعی نیست.



شکل (۶): جابه جایی خط ساحلی به روش حرکت خالص خط ساحلی (NSM) در ۱۹۹۴ تا ۲۰۱۷ میلادی
Fig (6): Shoreline shifting by the net shoreline (NSM) method during the 1994-2017

در نقشه‌ی این دو دوره نیز که روند تغییرات را در طول بازه نشان می‌دهد؛ در دوره اول در کل بازه‌ی روند سطح افزایش سطح تراز با روند جابه جایی خط ساحلی یکسان بوده که میزان جابه جایی خط ساحلی از ۱۳۹-

متر تا ۳۳- متر متغیر است. اما در دوره‌ی دوم مشاهده می‌شود که با توجه به روند کاهشی سطح تراز دریا پسروی داشته هرچند در برخی از نقاط این هماهنگی وجود ندارد یعنی به نوعی میزان آن زیاد و حتی در برخی از نقاط شاهد پیشروی دریا هستیم. این وضعیت در نقشه‌های خروجی سامانه تحلیل رقومی خط ساحلی به شکل بهتری قابل مشاهده می‌باشد (شکل ۷). در نقشه‌ی سال ۱۹۷۶ تا ۱۹۹۴ جابه‌جایی‌های خط ساحلی همان روندی را نشان می‌دهد که داده‌های تراز دریا نشان می‌دهند. اما در نقشه‌ی ۱۹۹۴ تا ۲۰۱۷ در برخی از قسمت‌ها مانند مصب رودخانه‌ی بابلرود یعنی جایی که انسان با احداث اسکله‌ها تغییرات در خط ساحلی داده؛ خط ساحلی پسروی زیادی دارد. که همین مطلب می‌تواند ارتباط میان کاربری‌های اراضی با تغییرات خط ساحلی را نشان دهد. برای رسیدن به پاسخی منطقی تر با استفاده از سامانه‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی نیاز به برقرار ارتباط میان این دو مورد است. بنابراین در این پژوهش در ادامه به بررسی تغییرات کاربری اراضی در همین محدوده در طی همین دوره‌ی زمانی پرداخته شده است.

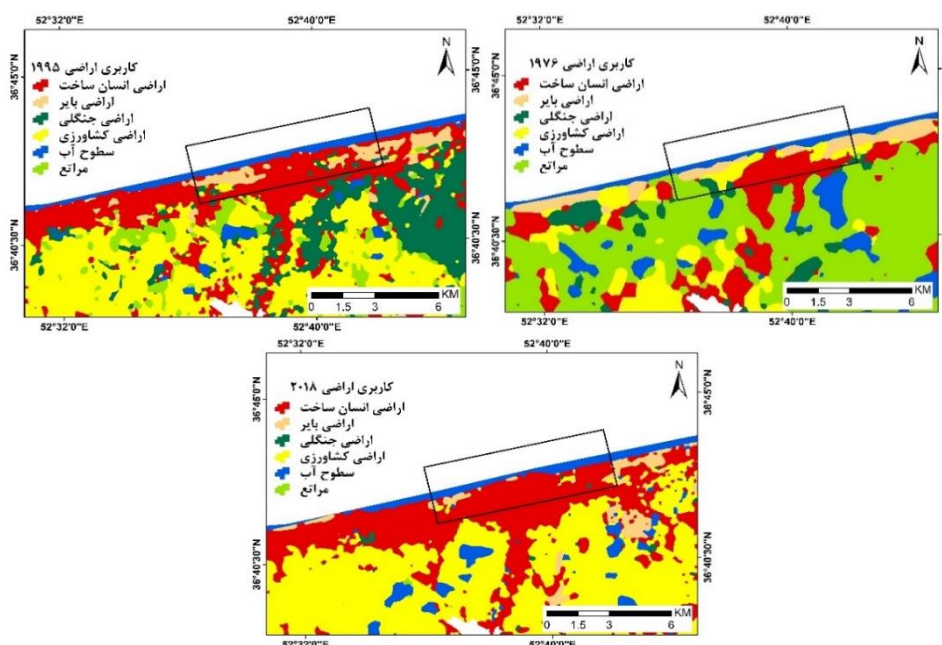


شکل (۷): نقشه‌های حرکت خالص خط ساحلی (NSM) در دوره‌های اول و دوم
Fig (7): Net shoreline motion maps (NSM) in the first and second periods

۳-۲- روند تغییرات کاربری اراضی ساحلی

در پژوهش حاضر نقشه‌های کاربری اراضی برای سه سال ۱۹۷۶، ۱۹۹۵ و ۲۰۱۸ تهیه شده است (شکل ۸). دقت طبقه‌بندی تصاویر حاصل از داده‌های ماهواره‌ای با مقایسه‌ی داده‌های زمینی و اطلاعات موجود به وسیله‌ی نقاط شاهد به دست آمد که بیانگر آن است که کاربری‌های طبقه‌بندی شده و واقعیت زمینی با یکدیگر همخوانی

دارند و با استفاده از ماتریس خطا و محاسبه‌ی شاخص‌های آماری، دقت کلی و ضریب کاپا به دست آمد. تعداد نقاط کنترل ۵۰ مورد برای هر کاربری بوده که مجموعاً ۳۰۰ نقطه ارزیابی شده است. نتایج طبقه‌بندی نقشه‌های کاربری اراضی برای سال‌های مورد مطالعه در جدول ۳ آمده است.



شکل (۸): نقشه‌های کاربری اراضی برای سال‌های ۱۹۷۶، ۱۹۹۵ و ۲۰۱۸ میلادی

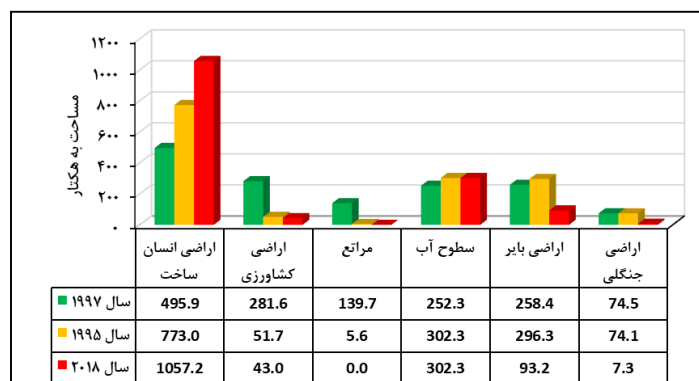
Fig (8): Land use maps for 1976, 1995 and 2018

جدول (۳): دقت طبقه‌بندی نقشه‌های کاربری / پوشش اراضی (سال‌های ۱۹۹۷، ۲۰۰۶، ۲۰۱۷)

Table (3): Accuracy of classification of land use maps / land cover

سال	۱۹۹۷	۲۰۰۶	۲۰۱۷
دقت کلی	۰/۹۵	۰/۹۶	۰/۹۶
ضریب کاپا	۰/۸۶	۰/۸۹	۰/۹۲

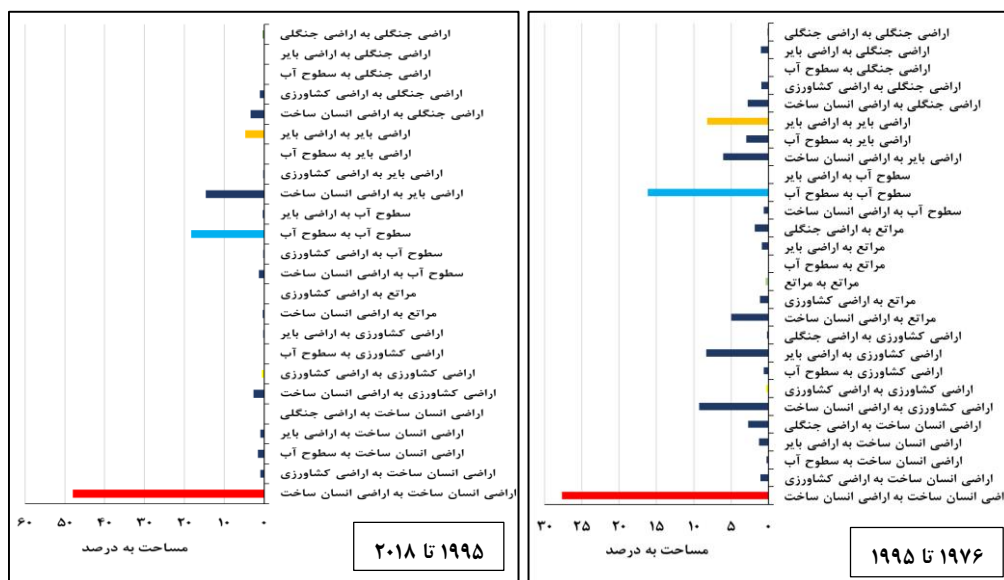
پس از تهیه‌ی نقشه‌ی کاربری اراضی و ارزیابی صحت آنها، مساحت شش طبقه‌ی کاربری اراضی برای هریک از سال‌ها در محدوده‌ی مورد مطالعه محاسبه گردید (شکل ۹). نتایج تغییرات نشان‌دهنده‌ی این است که در بازه‌ی زمانی ۱۹۷۶ تا ۲۰۱۸ وسعت کاربری انسان ساخت و آب نسبت به سایر کاربری‌ها در طی این زمان در حال افزایش بوده و در این بین مساحت کاربری مرتع به صفر رسیده است.



شکل (۹): مساحت برای هریک از کاربری های اراضی به هکتار در سال های ۱۹۷۷، ۱۹۹۵ و ۲۰۱۸

Fig (9): Area for each land use per hectare in 1977, 1995 and 2018

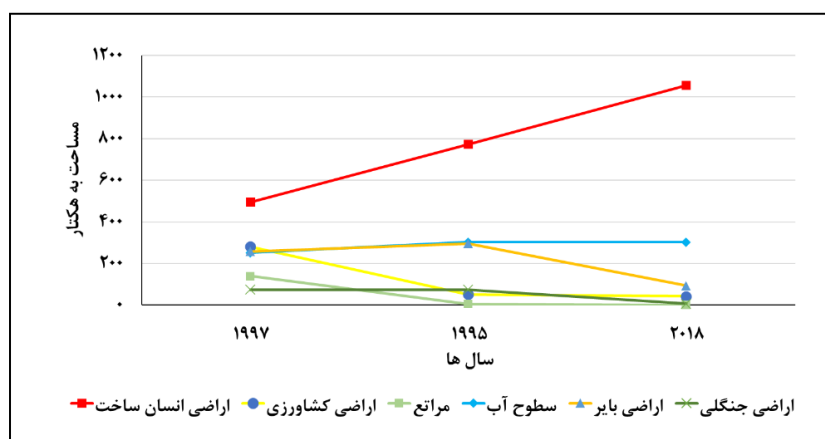
جهت روشن شدن نوع و درصد تغییرات از یک کاربری به کاربری دیگر و ثابت ماندن همان کاربری ها در طی دوره های زمانی ۱۹۷۶ تا ۱۹۹۵ و ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۸ نمودارهای این تغییرات ترسیم شده است (شکل ۱۰).



شکل (۱۰): نمودار درصد تغییرات مساحت هریک از کاربری ها نسبت به سایر کاربری ها بین دو دوره ۱۹۷۶ تا ۱۹۹۵ و دوره ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۸

Fig (10): Graph of percentage changes in the area of each user compared to other users between the two periods 1976 to 1995 and the period 1995 to 2018

نمودار درصد تغییرات در بین سال های ۱۹۹۷ تا ۱۹۹۵ نشان می دهد؛ اکثر درصد مساحت منطقه در این دوره همان کاربری های انسان ساخت را در بر می گیرد. با مشاهده ی این دوره مشخص است که سایر کاربری های که تا حدودی دارای مساحت قابل توجهی هستند (مانند اراضی کشاورزی و مراتع و بایر و حتی پوشش های جنگلی) در این دوره تبدیل به اراضی انسان ساخت شده اند که این روند با توجه نیاز به ساخت و ساز در این دوره برای افزایش جمعیتی که رخ داده است دور از انتظار نبود. در دوره ی دوم یعنی از سال ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۸ این روند ادامه داشته هرچند که در این دوره اراضی انسانساخت بیشترین مساحت را در کل مساحت دارا بوده است؛ اما سایر کاربری های نیز (که درصد کمتری از مساحت را داشتند)؛ تبدیلاتی به کاربری انسان ساخت داشته اند که اراضی بایر در این دوره بیشترین مقدار را نشان می دهد. از آنجا که هدف این پژوهش تحلیل ارتباط بین تغییرات خط ساحلی و تغییرات کاربری اراضی می باشد؛ نمودار روند تغییرات کاربری در طول زمان (شکل ۱۱) و مقایسه ی آن با خروجی های سامانه تحلیل رقومی خط ساحلی می تواند تا حدودی ارتباط این دو را نشان می دهد.

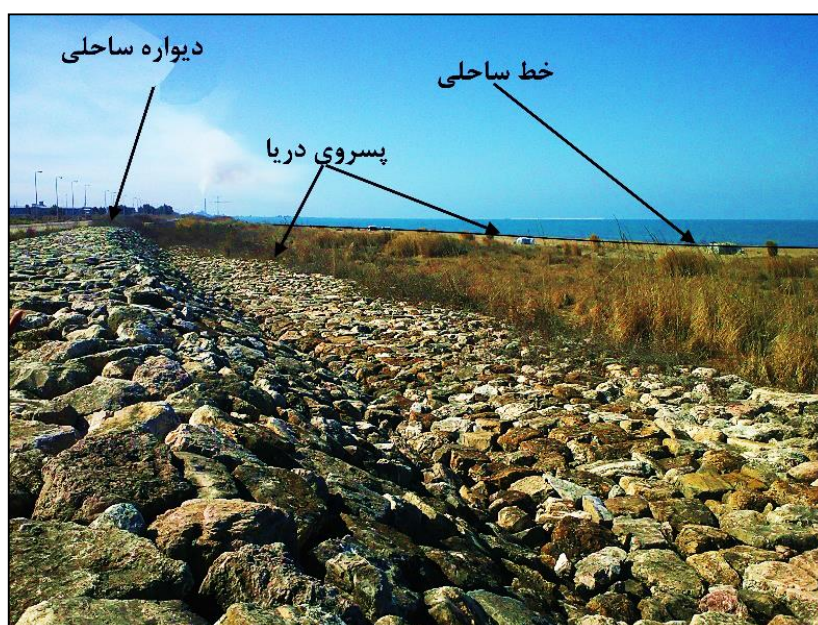


شکل (۱۱): روند تغییرات هریک از کاربری ها در طول سال های مورد مطالعه

Fig (11): The trend of changes in each of the uses during the years under study

در نمودار روند تغییرات کاربری ها، به وضوح مشخص است که کاربری های انسان ساخت در هر دو دوره ی زمانی (اول و دوم) روبه افزایش بوده است. این میزان از ۵۰۰ هکتار در سال ۱۹۹۷ به حدود ۱۱۰۰ هکتار رسیده است. بیشتر کاربری ها دیگر نیز در این زمان به همین کاربری های انسان ساخت تبدیل شده اند. این نمودار همچنین عدم تأثیرپذیری کاربری ها را از روند نوسانات تراز آب دریا خزر نشان می دهد زیرا در صورت تأثیرپذیری از این روند به نوعی می بایست شاهد کاهش مساحت کاربری های انسان ساخت به ویژه در دوره ی

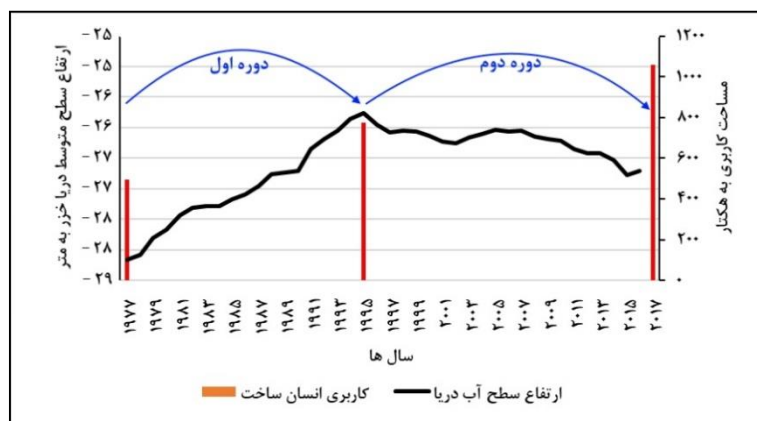
اول (که شرایط پیشروی دریایی حاکم بود)؛ در این محدوده بودیم. دلیل این امر به نوعی مدیریت خط ساحلی با احداث سدها و موج‌شکن‌ها بوده است (شکل ۱۲).



شکل (۱۲): نمونه‌ای از احداث دیواره‌ی ساحلی در گذشته جهت محافظت از ساحل و پسروی آب دریای خزر
Fig (12): An example of the construction of a breakwater in the past to protect the coast and water retreat of the Caspian Sea

۴- نتیجه‌گیری

یافته‌های این پژوهش نشانگر وجود ارتباط بین تغییرات خط ساحلی با تغییرات کاربری اراضی و بلعکس عدم وجود ارتباط مخصوصاً در دوره‌ی دوم با روند ارتفاعی تراز سطح دریا در محدوده‌ی مورد مطالعه است. در دوره‌ی مورد مطالعه تراز سطح آب دریای خزر دارای یک روند صعودی (۱۹۷۶ تا ۱۹۹۵) و یک روند نزولی (۱۹۹۵ تا ۲۰۱۷) است. روند تغییرات استخراج شده از ترسیم خطوط ساحلی در همین سال‌ها و تحلیل رقومی آنها نشان از عدم هماهنگی در برخی از نقاط میان این روند‌ها با نحوه‌ی پیشروی و پسروی خط ساحلی در محدوده‌ی مورد مطالعه است. از تلفیق دو نمودار تراز دریا و کاربری انسان‌ساخت می‌توان دریافت که این عدم هماهنگی در این زمینه نیز وجود دارد (شکل ۱۳).



شکل (۱۳): نمودار تلفیقی ارتفاع سطح آب دریا خزر و کاربری انسان ساخت
Fig (13): Integrated diagram of Caspian Sea water level and man-made use

این مورد نشانگر وجود ارتباط میان تغییرات خط ساحلی با تغییرات کاربر است. البته این ارتباط در دوره‌ی دوم نمود بیشتری دارد چرا که در دوره‌ی اول تغییرات خط ساحلی با تغییرات ارتفاعی همراه است و در دوره‌ی دوم این همراهی کمتر می‌شود و یا میزان آن از حالت عادی خارج می‌شود که شواهد نشان می‌دهد دلیل آن تاثیرات انسان بر محیط ساحلی است. سواحل بابلسر از دیر باز مورد توجه گردشگران بوده است. حضور گردشگر باعث رونق بازارها مخصوصاً فروش ماهی شده است. علاوه بر این وجود مراکز علمی و نظامی نظیر دانشگاه مازندران و تأسیسات نیروی هوایی نیز سبب جذب جمعیت و نیاز به احداث ساختمان در این محدوده شده است. از آنجا که این منطقه همیشه دارای جاذبه بوده و هزینه کردن در آن همیشه از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه می‌باشد بنابراین انسان با انجام ساخت و سازهای گسترده در نزدیکی خط ساحلی مخصوصاً در دوره‌ی پسروی خط ساحلی از لحاظ اقتصادی منافع بسیاری کسب کرده است. انسان در طول دوره‌های اول و دوم بدون توجه به شرایط نوسانی تراز دریا به ساخت‌وسازها و توسعه‌ی آنها ادامه داده است. مهم‌تر اینکه مشخص شده که انسان با ایجاد ساخت و سازها توانسته خط ساحلی را به نفع خود در این دوره‌ی ۴۲ ساله مدیریت کند. به‌نوعی انسان توانسته در برابر پیشروی دریا به سمت خشکی موفق عمل نمایند. باید دید این نحوه‌ی مدیریت طی کدام دوره، پایدار می‌ماند و دریا به عنوان یکی متغیر محیطی به این رفتار کنترلی انسان در دوره‌ی درازمدت چه واکنشی از خود نشان خواهد داد.

۵-منابع

- Ahmed, A. (2011). Some of the major environmental problems relating to land use changes in the coastal areas of Bangladesh. *J. Geogr. Reg. Plan*, 4, 1–8.
- Amini, L., & Kakroodi, A.A. (2019). Bathymetry from Shallow Coastal Environment using Neural Network (Case Study: Southeastern of the Caspian Sea). *Quantitative Geomorphological Research*, 7(3), 216-230. (In Persian).
- Asghari Sarskanrood, S., Poorahmed, M. (2016). Detection and Extraction of Changes in Zarineh Rud River's Variation between 1989 and 2014 via Remote Sensing Data. *Hydrogeomorphology*, 2(5), 1-16.
- Bird, E. (2008), costal geomorphology An Introduction, JohnWiley, Second Edition, 438.
- Cai, F.; Liu, J.; Bing, L.; & Gang, L (2009) Coastal erosion in China under the condition of global climate change and measures for its prevention. *Progress in Natural Science*, 19(4), 415-426.
- Costanza, R. (1999). The ecological, economic, and social importance of the oceans. *Ecological Economics*, 31, 199–213.
- Cracknell, A.P. (1999). Remote Sensing Techniques in Estuaries and Coastal Zones- an Update , *International Journal of Remote Sensing*, 19(3), 485-495.
- Ericson, J.P.; Vörösmarty, C.J.; Dingman, S.L.; Ward, L.G.; & Meybeck, M. (2006). Effective sea-level rise and deltas: Causes of change and human dimension implications. *J. Glob. Planet. Change* ,50, 63–82.
- Fatemi, S, B., & Rezaei, Y. (2012). Fundamentals of Remote Sensing. Azadeh Publications. (In Persian).
- Griffiths, C.J. (1988). The impact of Sand Extraction from Seasonal Streams on Erosion of Kunduchi Beach. In Beach Erosion along Kunduchi Beach, North of Dar es Salaam; *A Report for NEMC by Beach Erosion Monitoring Committee*, 55.
- Himmelstoss, E. (2009). DSAS 4.0 Installation Instructions and User Guide. U.S. *Geological Survey Open-File Report* 2008-1278 (Vol. 3).
- Kakroodi, A.A. (2013). Fluctuations of the Caspian Sea and its impact on its southeastern coasts, *Quantitative Geomorphological Research*, 2(3), 33-44. (In Persian).
- Kildow, J.T.; & McIlgorm, A. (2010). The importance of estimating the contribution of the oceans to national economies. *Marine Policy*, 34 (3), 367-374.
- Lo, K. F. A., & Gunasiri, C. W. D. (2014). Impact of coastal land use change on shoreline dynamics in Yunlin County, Taiwan. *Environments - MDPI*, 1(2), 124–136.

- LoRESTANI, G. (2015). The Prediction of Annual Rate of Shoreline Change in the Caspian Sea, Gorganroud River Delta, *Physical Geography Research Quarterly*, 47(2), 241-254.(In persian).
- Poulos, S. E., & Chronis, G. T. (2001). Coastline changes in relation to longshore sediment transport and human impact, along the shoreline of kato Achaia (NW Peloponnese, Greece). *Mediterranean Marine Science*, 2(1), 5–13.
- Rio, L.D.; Gracia, F.J.; & Benaventae, J. (2013). Shoreline change patterns in sandy coasts. A case study in SW Spain. *J. Geomorphol.*, 196, 252–266.
- Sharifikia, M., shayan, S., & vali, M. (2017). Analysis of the dynamics of the eastern part of the Caspian Sea coastline series based on remote sensing data. *MJSP*; 21 (4): 122-139. (In Persian).
- Shayan, S., Yamani, M., Abdollahi Kakroudi, A & Amounia.H. (2020). Estimation of coastline changes in the Caspian delta basin using digital coastline analysis system (deltas: Haraz, Babolrood and Talar). *Quantitative Geomorphology Research*, 8 (4), 34–46. (In Persian).
- Sutton-Grier, A. E., Wowk, K., & Bamford, H. (2015). Future of our coasts: The potential for natural and hybrid infrastructure to enhance the resilience of our coastal communities, economies and ecosystems. *Environmental Science and Policy*, 51(02), 137–148.
- Thieler, E.R., Himmelstoss, E.A., Zichichi, J.L., and Ergul, Ayhan, (2017). Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 4.0 — An ArcGIS extension for calculating shoreline change (ver.4.4, July 2017): *U.S. Geological Survey Open-File Report* 2008-1278
- Thoai,D.T; Dang, A.N; & Oanh, N. T. K. (2019). Analysis of coastline change in relation to meteorological conditions and human activities in Ca mau cape, Viet Nam. *Ocean & Coastal Management*, 171(1), 56-65.
- Yamani, M., Gourabi, A., Abedini, Z. (2015). The Analysis of Morphological Changes in the Pattern of Babolroud by Transect Technique. *Hydrogeomorphology*, 2(3), 137-157.
- Yamani, M., Maghsoudi, M., & Amounia, H. (2016). The determine of boundary development in beach line of Caspian Sea by using geomorphologic and sea level changes data (Case Study: Babolrood to Talar rivers beach line). *Geographical Planning of Space*, 6(19), 32–44.