

بررسی تغییرات خط ساحلی چالوس تا تنکابن با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سنتینل-۱

احسان رستمی سقز^۱، محمدعلی شریفی^۲، مهدی حسنلو^{۳*}

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی نقشه برداری و اطلاعات مکانی، دانشکده‌گان فنی-دانشگاه تهران
^۲ دانشیار، دانشکده مهندسی نقشه برداری و اطلاعات مکانی، دانشکده‌گان فنی-دانشگاه تهران

(دریافت: ۱۴۰۰/۰۹/۱۸، بازنگری: ۱۴۰۰/۱۰/۰۸، پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۳۰، انتشار آنلاین: ۱۴۰۰/۱۰/۳۰)

چکیده

خط ساحلی به عنوان مرز بین آب و خشکی تلقی می‌شود. سواحل از مهم‌ترین عوارض زیست محیطی بوده که بر زندگی انسان‌ها به طور مستقیم اثر گذار است. بالا رفتن سطح دریاها به سبب گرمایش زمین باعث شده است شهرهای ساحلی از جمله مناطقی می‌باشند که تهدید می‌شوند. بنابراین مدیریت و برنامه‌ریزی جهت جلوگیری از فرسایش سواحل از موارد مهمی است که باید به آن توجه کرد. در این تحقیق به بررسی تغییرات سواحل با استفاده از تصاویر ماهواره سنتینل-۱ در استان مازندران، ساحل بین شهرهای چالوس تا تنکابن پرداخته‌ایم. بدین منظور از دو تصویر در تاریخ ۲۰۱۹/۰۱/۱۵ و ۲۰۲۱/۰۹/۰۱ استفاده شده و تصاویر موردنظر از سامانه گوگل ارث‌انجین اخذ شده است. در مرحله پیش‌پردازش تصاویر به تصحیح خطای ارتفاعی منطقه مورد مطالعه و تعدیل نویز اسپکل پرداختیم. سپس لبه ساحل به کمک حد آستانه اوتسو در تصاویر کشف شد. در نهایت جهت محاسبه میزان رسوب گذاری و فرسایش ساحل با تکنیک EPR از سامانه تحلیل رقمی خط ساحلی استفاده شد. در ۸۷ درصد ساحل این منطقه شاهد فرسایش ساحل بوده‌ایم. مقدار فرسایش بطور میانگین حدود ۷ متر در سال است.

کلمات کلیدی: خط ساحلی، گوگل ارث‌انجین، سنتینل-۱، حد آستانه اوتسو، سامانه تحلیل رقمی خط ساحلی، نویز اسپکل

۱ مقدمه

Commission ساحل به عنوان یکی از ۲۷ عارضه مهم در جهان شناخته شده است. بر طبق آمار موسسه منابع جهانی (World Resource Institute) حدود ۲.۲ میلیارد نفر یا ۳۹ درصد جمعیت جهان در صد کیلومتری سواحل زندگی می‌کنند. پیش‌بینی می‌شود تا آخر قرن ۲۱، حدود ۶۰۰۰ الی ۱۷۰۰۰ کیلومتر مربع در سطح جهانی فرسایش یابد. بنابراین نظارت مستمر بر تغییرات در مناطق ساحلی جهت توسعه ملی و حفاظت از محیط زیست امری مهم است (نقدی و رسولی، ۲۰۱۰، میترا، ۲۰۱۳، کولکی و همکاران، ۲۰۱۱). تا به امروز اکثر مطالعات انجام شده در مورد خطوط ساحلی مرتبط به تصاویر چندطیفی بوده است. مطالعات انجام شده با تصاویر چندطیفی علی‌رغم بالا بودن دقت و سادگی در استخراج بدنه آب با کمک شاخص‌های طیفی، دارای محدودیت‌هایی است. اصلی‌ترین آن وابستگی به شرایط آب

سطح متوسط دریاها در حال افزایش است به طوری‌که در فاصله زمانی بین اواخر قرن نوزده میلادی تا اوایل قرن بیست و یک حدود ۲۱۰ میلی‌متر افزایش یافته است و پیش‌بینی می‌شود تا اواخر قرن بیست و یک ۴۵۰ الی ۸۲۰ میلی‌متر دوباره افزایش یابد. بالا آمدن سطح دریاها تهدید بزرگی برای مناطق کم ارتفاع، سواحل و جزایر پرجمعیت است (چرچ و وایت، ۲۰۱۱) و چرچ و همکاران، ۲۰۱۳). تغییر سطح دریاها به عنوان عامل اصلی تغییرات در شکل سواحل شناخته می‌شود. در سطح جهانی انتظار می‌رود بالا آمدن دریاها و سیلاب‌ها تا اواسط قرن حاضر به میزان قابل توجهی افزایش یابد و پیامدهای بالقوه شدیدی برای شهرهای ساحلی داشته باشد (دی و همکاران، ۲۰۰۷ و شپرد و همکاران، ۲۰۱۲). طبق تعریف کمیسیون بین المللی اطلاعات جغرافیایی (International Geo Data

سنتینل-۱ از نوامبر سال ۲۰۱۴ تا آوریل سال ۲۰۱۵ استفاده شد. برای تعیین کیفیت سیگنال هر قطبش (VH و VV) مقادیر CV (Coefficient of Variation) و ENL (Equivalent Numbers of Looks) کلاس‌های آب و خاک محاسبه شد. به این نتیجه رسیدند که هرچه مقدار CV هر کلاس کمتر، و مقدار ENL هر کلاس بیشتر باشد، کیفیت آن قطبش مناسب‌تر است. سپس قطبش VH انتخاب شد و با اعمال حد آستانه دستی لبه ساحل را کشف کردند (بیورسیتا و حیاتی، ۲۰۱۶).

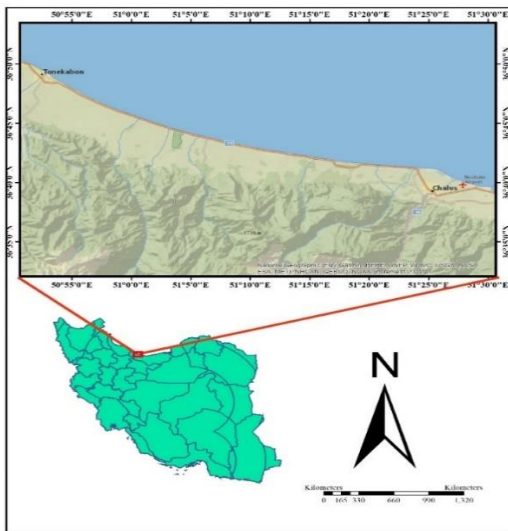
آکار و همکاران در سال ۲۰۱۲ از دو تصویر راداری متعلق به سنجنده Alos-Palsar در سال‌های ۲۰۰۷ (با قطبش HH) و ۲۰۱۰ میلادی (با قطبش VH) برای کشف لبه ساحل استفاده کردند. منطقه مورد مطالعه در این تحقیق ساحل دریای سیاه در شمال شرق کشور ترکیه است که شامل ساحل شهرهای Barin و Zonguldak است. تصاویر موجود ۳۲ بیتی بوده و هستوگرام آنها دوقله‌ای هستند. برای جدا کردن نویز و افزایش سرعت پردازش رزولوشن رادیومتریکی آن‌ها به حالت ۸ بیتی تبدیل شدند. سپس برای آشکارتر کردن اختلاف رادیومتریکی دریا و خشکی، عملیات یکسان‌سازی هستوگرام (Histogram Equalization) انجام شد. جهت تشخیص اینکه تصویر دارای نویز زیاد یا کم است، یک پنجره جستجوی 100×100 بر روی کل تصویر اعمال شد تا اینکه کل بخش آب و کل بخش خشکی از هم جدا شدند. در این پروسه مقدار ۱۲۸ را بعنوان حد آستانه برای پنجره 10000 پیکسلی تعیین شد. اگر تعداد پیکسل‌های با مقدار صفر (سیاه)، ۲۰٪ بیشتر از پیکسل با مقدار یک (سفید) باشد، آن گروه از پیکسل متعلق به کلاس آب هستند. پس از حذف پیکسل‌های نویزی در تصاویر، با استفاده از مورفولوژی ریاضی، سایر نویزهای تصادفی را در تصویر حذف کردند. سرانجام با الگوریتم Fit-coast تصویر باینری تولید کردند [۱۷]. دونگ یانگ-آئو و همکاران در سال ۲۰۱۷ با استفاده از سری زمانی تصاویر SAR سنتینل-۱ به تغییرات رودخانه دانوب در کشور رومانی پرداختند. رودخانه دانوب از جنگل سیاه در آلمان شروع می‌شود و در شرق رومانی به دریای سیاه می‌ریزد. برای کشف لبه رودخانه ابتدا قطبش‌های VV و VH را جهت تمایز بیشتر آب و خاک، در هم ضرب کردند

و هوایی، نور خورشید، وجود ابر و سایه گیاهان است که مانع استخراج صحیح لبه سواحل می‌شوند. بنابراین برای مناطقی که در بیشتر طول سال ابری هستند، تصاویر راداری گزینه مناسبی برای پایش و آشکارسازی سواحل هستند. تصاویر راداری به دلیل طول موج بلند آن (۱ میلی‌متر تا ۱ متر) توانایی تصویربرداری در طول شب و روز و در هر شرایط آب و هوایی را دارا است. یکی از چالش‌های مهم در تصاویر راداری، وجود نویز اسپکل است. اثر تداخل امواج و توپوگرافی سطح زمین، یک اثر نامطلوب در تصاویر بجای می‌گذارد که به نویز اسپکل معروف است. تفسیر تصاویر راداری نسبت به تصاویر چندطیفی بدلیل وجود نویز اسپکل و همچنین غیریکنواخت بودن مشخصه سیگنال‌های بازگشتی از سطح دریا مشکل است. در صورتی که منطقه مورد مطالعه دارای بافت غیرهمسان باشد، این نویز می‌تواند باعث بروز ابهامات زیادی در تصاویر شود. این نویز در تصاویر بصورت لکه لکه ظاهر می‌شود و لبه تصاویر را حفظ نمی‌کند (لی و پوتی یر ۲۰۱۷، هندرسون و لوئیس، ۱۹۹۸). بطور کلی روش‌های استخراج خط ساحل در تصاویر راداری را می‌توان به چهار گروه تقسیم کرد: ۱) مبتنی بر کشف لبه (Edge Detection) که بر اساس شدت ناپوستگی میان پیکسل‌های همسایه در تصویر است. ۲) مبتنی بر حد آستانه که بر اساس انتخاب حد آستانه بصورت دستی یا اتوماتیک است. این روش کاربرد وسیعی در کشف لبه تصاویر راداری دارد زیرا دارای دقت بالا و همچنین روشی آسان است. ۳) مبتنی بر روش‌های طبقه‌بندی نظارت شده (Supervised Classification)، طبقه‌بندی نظارت نشده (Unsupervised Classification)، طبقه‌بندی نرم (Soft Classification)، که در این روش تصویر موردنظر به دو کلاس آب و غیر آب طبقه‌بندی می‌شود و لبه ساحل آشکار می‌شود. ۴) مبتنی روش تلفیقی، که شامل تلفیق دو یا چند داده مانند، تصاویر چندطیفی راداری و لیدار (Light Detection and Ranging) جهت تشخیص لبه ساحل می‌باشد (مداوا و اکبرزاده، ۲۰۱۷). فیلسا بیورسیتا و همکاران در سال ۲۰۱۶ میلادی، در یک پژوهش تغییرات خط ساحلی سورابا در استان جاوه شرقی اندونزی پرداختند. ۶ تصویر ماهواره

رسوب گذاری آن از سامانه رقومی تحلیل خط ساحلی (DSAS) و محاسبه نرخ نقطه نهایی (EPR) استفاده شد.

۲. منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در این تحقیق، ساحل مابین شهرهای چالوس و تنکابن در استان مازندران است. فاصله مابین این دو شهر حدود ۵۶ کیلومتر بوده، که هر دو از سمت شمال به دریای خزر وصل می‌شوند. ساحل منطقه مورد مطالعه از نوع سواحل شنسی است. کناره‌های کم عرض ساحلی واقع در حد فاصل کوهستان البرز و دریای خزر، اصولاً دارای آب و هوای معتدل و مرطوب است. دمای هوای این منطقه در تابستان مابین ۲۵ الی ۳۶ درجه سانتی‌گراد و در زمستان ۵ الی ۱۲ درجه سانتی‌گراد، و ارتفاع این منطقه از سطح دریا حدود ۲۹ متر است. مختصات منطقه مورد مطالعه از نظر طول جغرافیایی مابین ۵۰ درجه ۴۹ دقیقه تا ۵۱ درجه ۲۷ دقیقه و از نظر عرض جغرافیایی مابین ۳۶ درجه ۳۷ دقیقه تا ۳۶ درجه ۵۱ دقیقه است (شکل ۱).



شکل ۱. منطقه مورد مطالعه

۳ مواد و روش‌ها

۳-۱- مواد

در این تحقیق از تصاویر دارای دو قطبش (Polarization) سنتینل-۱ (باند C از نوع GRD با قطبش VH استفاده شده است. دلیل انتخاب این قطبش، تمایز بیشتر کلاس‌های آب و خاک

[۱۸]. سپس در نقشه‌ی بدست آمده، یک حد آستانه نیز مشخص شد تا به یک نقشه باینری تبدیل گردد. و نهایتاً به وسیله الگوریتم کشف لبه Canny توانستند خط ساحلی را استخراج کنند [۱۸]. در سال ۲۰۲۰ میلادی، نی-هویین به آشکارسازی سواحل شهرهای فان-تیث و هان-توان-بائه، در استان یینه توان در جنوب شرقی کشور ویتنام پرداختند. در این تحقیق ۴ تصویر سنتینل-۱ از تاریخ سال ۲۰۱۶ تا سال ۲۰۱۷ مورد استفاده قرار گرفت. ابتدا با فیلتر لی (Refined Lee) بهبود یافته نویز اسپکل را کاهش دادند. در مرحله بعدی به کمک استفاده از خوشه‌بندی فازی میانگین تصویر SAR را به مقدار صفر و یک منتقل کردند. زیرا انحراف معیار و میانگین کلاس آب و خاک دارای تفاوت زیادی هستند. به این ترتیب کلاس‌های آب و خاک از هم تفکیک شدند در مرحله بعدی حد آستانه بهینه برای هیستوگرام تصویر تعیین کردند. که مقدار ۰.۵۰۲ برای آن انتخاب شد و بدین ترتیب یک تصویر باینری تولید کردند [۱۴]. همایون خوشروان و همکاران در سال ۱۳۹۰ به بررسی رسوب گذاری و فرسایش ساحل جنوبی دریای خزر پرداختند، در این تحقیق با اجرای عملیات میدانی مشخصات ساختار هندسی، عوارض مورفودینامیکی و ساختارهای رسوبی بستر دریا مورد پایش قرار گرفت، با بررسی ۴۸ نمونه رسوبی برداشت شده از محدوده ساحلی در شش ایستگاه اندازه‌گیری (میانکاله، سرخورد، نشتارود، انزلی، تالش و آستارا) و انجام عملیات آزمایشگاهی و پردازش‌های لازم بر روی داده‌های بدست آمده در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی، به این نتیجه رسیدند که در ایستگاه نشتارود (مابین شهرستان چالوس و تنکابن) شاهد فرسایش ساحل بوده‌ایم [۱]. در این تحقیق از دو تصویر سنتینل-۱ در سال‌های ۲۰۱۹/۰۱/۱۵ و ۲۰۲۱/۰۹/۰۱ برای بررسی تغییرات خط ساحل بین شهرستان چالوس و تنکابن در استان مازندران استفاده شد. پس از اعمال پیش پردازش‌های مورد نیاز (تصحیحات زمینی و تعدیل نویز اسپکل) بر روی تصاویر، خط ساحل را با روش آستانه گذاری اوتسو پیدا کردیم. آنگاه برای بررسی فرسایش و

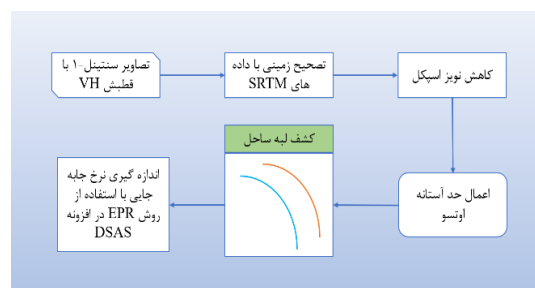
جدول ۱- داده های مورد استفاده

نوع داده	جهت مسیر	قطبش	رزولوشن	باند	تاریخ
GRD	Descending	VH	10m	C	۱۵ مارس ۲۰۱۹
GRD	Descending	VH	10m	C	۰۱ سپتامبر ۲۰۱۹

۳-۲-۳- پیاده سازی روش پیشنهادی

تحقیق شامل سه مرحله اصلی است که به ترتیب زیر است (شکل ۲):

- (۱) پیش پردازش تصاویر
- (۲) آستانه گذاری اوتسو
- (۳) محاسبه نرخ جابجایی



شکل ۲. فلوچارت پژوهش

در تصاویر نسبت به قطبش VV بودند. تصاویر مورد نظر از سامانه گوگل ارث انجین اخذ شده است. در این سامانه پیش پردازش‌هایی همچون تصحیح رادیومترکی و اصلاح مدار ماهواره (Orbit File) بصورت پیش فرض انجام شده است (جدول شماره ۱).

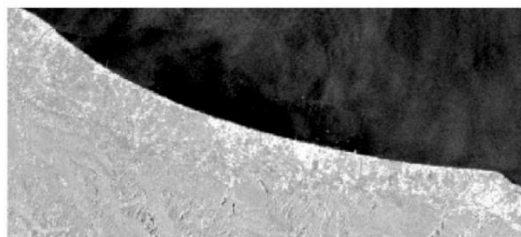
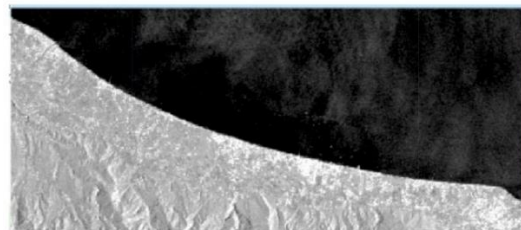
۳-۲-۱-۱- پیش پردازش تصاویر

۳-۲-۱-۱-۱- تصحیح زمینی

مدل رقومی زمین نقش عمده‌ای در کاربردهایی همچون هیدرولوژی، منابع آب، زمین شناسی، پروژه‌های مهندسی عمران و غیره ایفا می‌کند. دقت مدل رقومی زمین نکته‌ی کلیدی در این کاربردها است. ماموریت توپوگرافی رادار شاتل (SRTM) با قدرت تفکیک ۳۰ متر گزینه‌ای مناسب جهت تقریب توپوگرافی زمین است. اثر ارتفاعی سطح زمین نقش مهمی در تجزیه و تحلیل تصاویر راداری دارد [۱۹]. با حذف این مورد خطاهای ارتفاعی بر روی تصاویر راداری از بین می‌رود. در شکل شماره ۳ قسمت الف، اثر توپوگرافی زمین و مشخصاً رشته کوه‌های البرز در آن مشهود است. در قسمت ب، پس از اعمال تصحیح زمینی روی تصاویر، توپوگرافی منطقه از میان رفته است

۳-۲-۱-۲- تعدیل نویز اسپکل

گام بعدی پس از تصحیح زمینی، تعدیل نویز اسپکل است. اثر تداخل امواج و همچنین توپوگرافی سطح زمین می‌تواند اثر



شکل ۳. تصویر سنتینل-۱ در تاریخ ۲۰۱۹/۰۱/۱۵، الف) تصحیح زمینی نشده، ب) تصحیح زمینی شده

تصویر است. اتسو با کمک هیستوگرام تصویر یک حد آستانه بهینه پیدا می‌کند. روش اتسو در تصاویری خوب عمل می‌کند که هیستوگرام آنها شامل دو قله باشد همچنین باعث می‌شود دو قله هیستوگرام به طور کامل از هم تفکیک شوند. به عبارتی اتسو حد آستانه‌ای انتخاب می‌کند که دارای بیشترین واریانس بین کلاسی است [۲۲]. لبه سواحل را در شکل های ۶ و ۷ نشان داده ایم. در تصاویر راداری الگوریتم‌های یادگیری ماشینی (Machine learning) جهت طبقه‌بندی تصاویر گزینه مناسبی برای استخراج عوارض نیستند، زیرا نویز اسپکل یک فرایند ضربی است که کیفیت تصاویر رادار را کاهش داده و در نتیجه طبقه‌بندی تصاویر را با مشکل مواجه می‌کند و لبه حفظ نمی‌شود.

۳-۲-۳- محاسبه نرخ جابه‌جایی

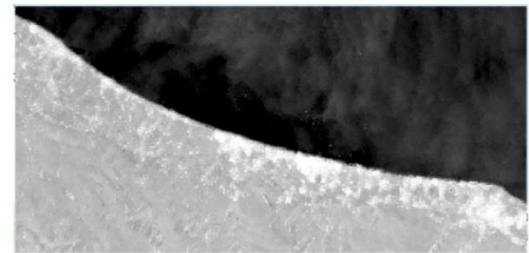
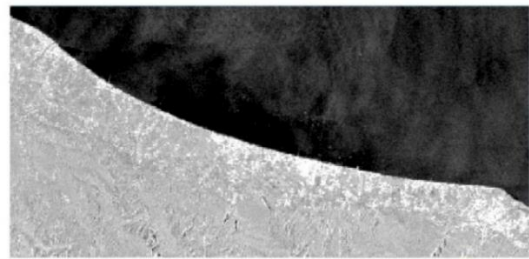
برای محاسبه جابه‌جایی خط ساحل از افزونه سامانه تحلیل رقومی خط ساحلی (DSAS) استفاده کردیم. این افزونه بر روی ArcMap 10.4.1 نصب می‌شود. ابتدا خط ساحل هر دو تصویر را رسم می‌کنیم (شکل شماره ۸). سپس یک خط مبنا مطابق شکل شماره ۹ رسم می‌کنیم. آنگاه برش‌های عمودی (Transect) بر خط ساحل رسم می‌شود. فاصله بین برش‌های عمودی در این تحقیق ۵۰ متر بوده و اندازه هر کدام در بیشترین حالت به ۵۲۵ متر می‌رسد (شکل ۹). پس از این مرحله به کمک روش نرخ نقطه‌نهایی (EPR) جابه‌جایی ساحل را محاسبه می‌کنیم [۲۳، ۲۴]. نرخ نقطه‌نهایی عبارتیست از فاصله بین اولین خط ساحل با آخرین خط ساحل روی هر برش عمودی، تقسیم بر اختلاف زمان دو خط ساحل، که واحد آن متر در سال است فرمول (۱).

فرمول شماره ۱

$$EPR = \frac{\Delta r}{t}$$

Δr = Distance between the first and last shoreline for each transect
 t = Time difference between two shoreline

نامطلوبی روی تصاویر ایجاد کند که به نویز اسپکل معروف است. این نویز به دلیل نوسانات فاز سیگنال‌های بازگشتی امواج الکترومغناطیسی است که به صورت لکه روی تصویر ظاهر می‌شود [۲۰]. برای تعدیل این اثر از فیلتر لی بهبود یافته استفاده شده است. در این فیلتر تصویر به سه کلاس تقسیم می‌شود که کلاس اول مربوط به مناطق همگن بوده و با یک فیلتر پایین‌گذر کاهش می‌یابد.



شکل ۴. تصویر سنتینل-۱ در تاریخ ۲۰۱۹/۰۱/۱۵، تصویر بالا (تصحیح زمینی شده)، تصویر پایین (تصویر با تعدیل نویز اسپکل)

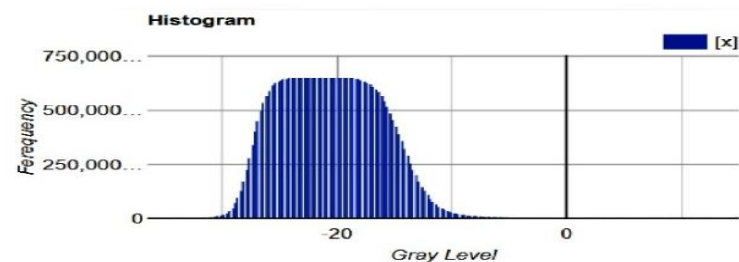
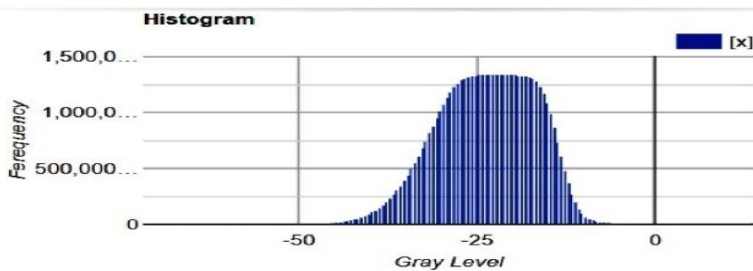
کلاس دوم نیز مربوط به مناطق ناهمگن بوده که اسپکل حین حفظ بافت تصویر، باید کاهش یابد و سومین کلاس مربوط به اهداف نقطه‌ای منفرد است که در این مورد فیلتر می‌بایست مقدار مشاهداتی را حفظ کند. [۲، ۲۱] (شکل ۴) در این تحقیق از برای کاهش نویز اسپکل از پنجره‌های کرنل ۷×۷ استفاده شد.

۳-۲-۲- آستانه‌گذاری اتسو

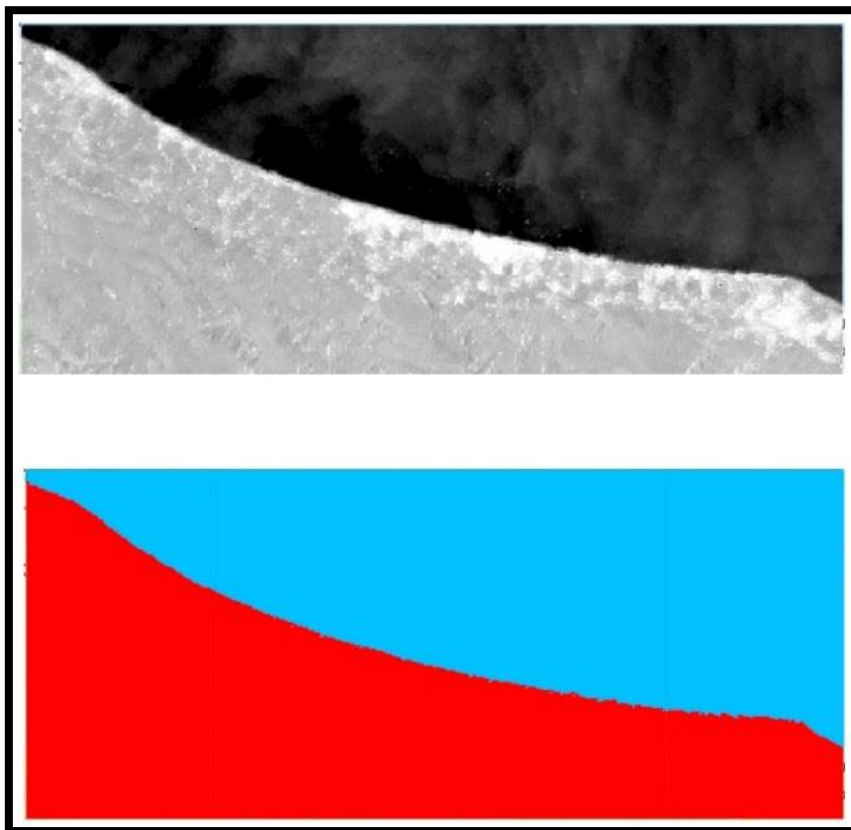
مرحله دوم اعمال آستانه‌گذاری بر روی تصاویر است. روش اتسو یکی از معروفترین روش‌های آستانه‌گذاری سراسری

جدول ۲. حد آستانه اتسو در تصاویر اخذ شده

تاریخ تصاویر	مقدار حد آستانه اتسو
۲۰۱۹/۰۱/۱۵	-۲۲/۷۶۳۴۹
۲۰۲۱/۰۹/۰۱	-۲۰/۸۷۱۹۳



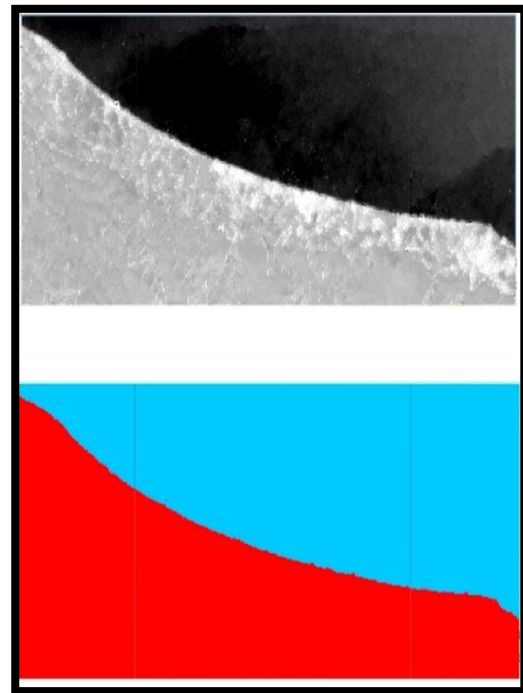
شکل ۵. تصویر الف (هیستوگرام تصویر در تاریخ ۲۰۱۹/۰۱/۱۵) تصویر ب (هیستوگرام تصویر در تاریخ ۲۰۲۱/۰۹/۰۱)



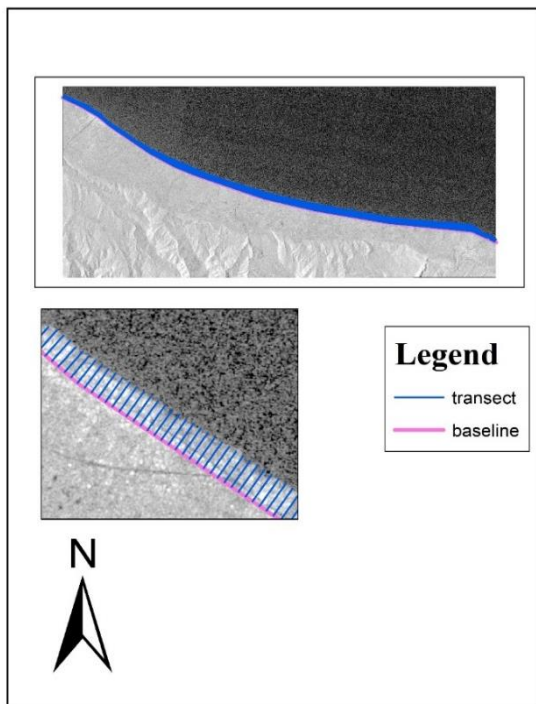
شکل ۶. تصویر سنتینل-۱ در تاریخ ۲۰۱۹/۰۱/۱۵، تصویر بالا (تصویر با تعدیل نویز اسپکل)، تصویر پایین (تصویر با اعمال حد آستانه)

۴ نتایج

در این تحقیق به تعداد ۱۲۵۶ برش عمودی بر ساحل اعمال شد که مقادیر منفی نشان‌دهنده فرسایش ساحل و مقادیر مثبت نشان‌دهنده رسوب‌گذاری ساحل می‌باشد. در ۱۰ درصد برش‌های عمودی، رسوب‌گذاری ساحل داشته‌ایم و در ۸۷ درصد، شاهد فرسایش ساحل و پسروی به سمت خشکی بوده‌ایم (شکل شماره ۱۰). بیشترین مقدار فرسایش در حدود ۶۱ متر در سال بوده است و کمترین آن حدود ۳ متر در سال است که مطابق شکل شماره ۱۱ ترانسکت‌های رنگ قرمز به معنای فرسایش ساحل بوده و ترانسکت‌های آبی رنگ رسوب‌گذاری ساحل را نشان می‌دهد.

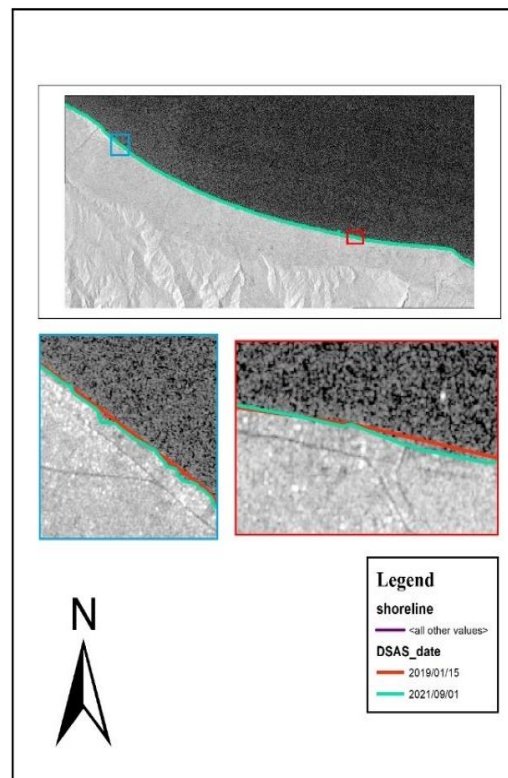


شکل ۷. تصویر سنتینل-۱ در تاریخ ۲۰۲۱/۰۱/۰۹ تصویر الف (تصویر با تعدیل نویز اسپکل)، تصویر ب (تصویر با اعمال حد آستانه)

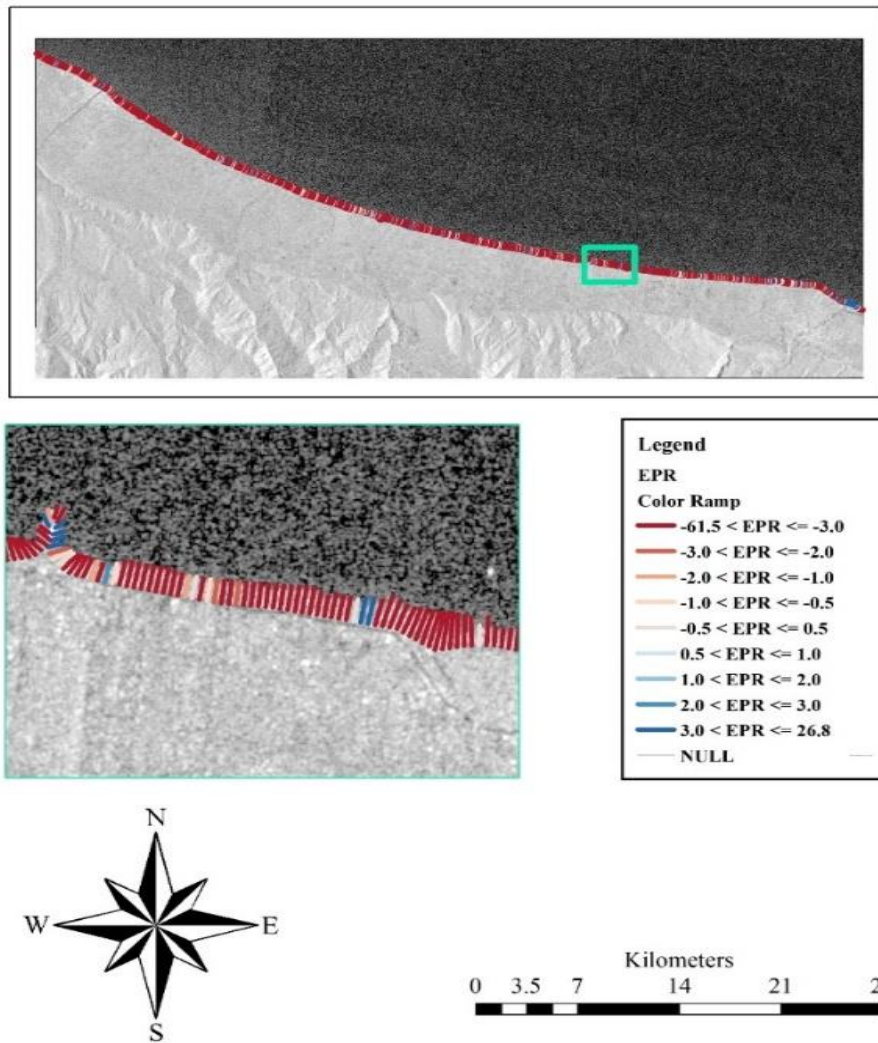


شکل ۹. برش‌های عمود بر خط پایه

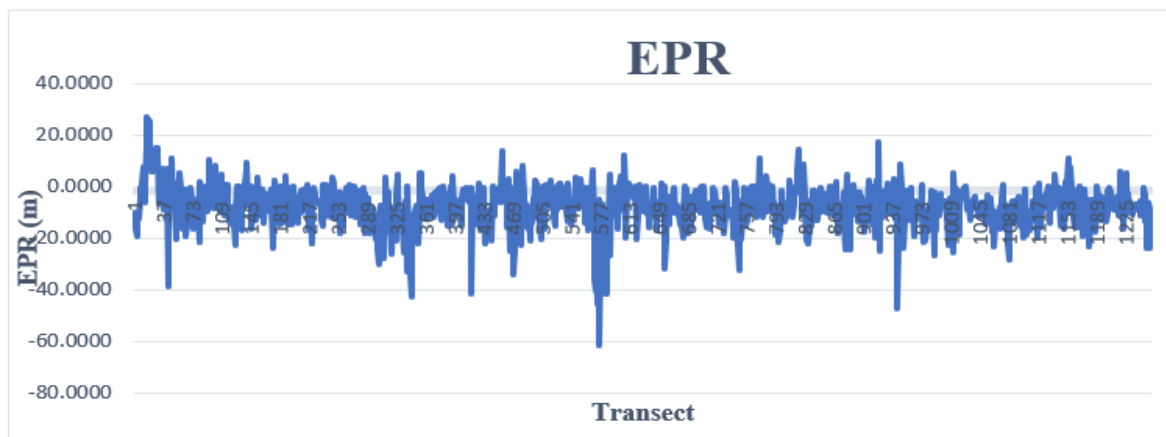
شدت رنگ میزان شدت تغییرات را نشان می‌دهد. مقدار این فرسایش در ۲۷ درصد ساحل منطقه بیش از ۱۰ متر در سال است و بیشترین مقدار رسوب‌گذاری حدود ۲۷ متر در سال بوده است. بطور میانگین میزان تغییرات محاسبه شده ساحل این منطقه حدود ۷ متر در سال و بصورت فرسایش بوده است.



شکل ۸. خطوط ساحلی استخراج شده



شکل ۱۰. میزان نرخ نقطه نهایی بر روی برش های عمودی



شکل ۱۱. میزان رسوب گذاری و فرسایش ساحل با استفاده از روش EPR

- wetlands of Turkey. *Ocean Engineering*, 2011. 38(10): p. 1141-1149.
12. Lee, J.-S. and E. Pottier, *Polarimetric radar imaging: from basics to applications*. 2017: CRC press.
 13. Henderson, F.M. and A.J. Lewis, *Principles and applications of imaging radar. Manual of remote sensing: Volume 2*. 1998. Yen, N.H. and T.L.T. Kim, *Coastline changes detection from Sentinel-1 satellite imagery using spatial fuzzy clustering and interactive thresholding method in Phan Thiet, Binh Thuan*.
 14. Modava, M. and G. Akbarizadeh. A level set based method for coastline detection of SAR images. in *2017 3rd International Conference on Pattern Recognition and Image Analysis (IPRIA)*. 2017. IEEE.
 15. Bioresita, F. and N. Hayati, *Coastline changes detection using sentinel-1 satellite imagery in surabaya, east java, Indonesia. Geoid*, 2016. 11(2): p. 190-198.
 16. Acar, U., et al., *An algorithm for coastline detection using SAR images. ISPRS-International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 2012. 39: p. 457-460.
 17. Ao, D., et al. *Coastline detection with time series of SAR images. in Remote Sensing of the Ocean, Sea Ice, Coastal Waters, and Large Water Regions 2017*. 2017. International Society for Optics and Photonics.
 18. O'Loughlin, F.E., et al., *A multi-sensor approach towards a global vegetation corrected SRTM DEM product. Remote Sensing of Environment*, 2016. 182: p. 49-59.
 19. Racine, R., et al., *Speckle noise and the detection of faint companions. Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 1999. 111(759): p. 587.
 20. Yommy, A.S., R. Liu, and S. Wu. *SAR image despeckling using refined Lee filter. in 2015 7th International Conference on Intelligent Human-Machine Systems and Cybernetics*. 2015. IEEE.
- ۵ منابع
۱. همایون، خ.، روحانی زاده، س.، ملک، ج. و نژاد قلی، ق. ناحیه بندی سواحل جنوبی دریای خزر براساس شواهد مورفودینامیک رسوبی. *فیزیک زمین و فضا*، ۱۳۹۰. سال سی و هفتم (۳).
 ۲. سلحشوری، ف. و س. المدرسی، بررسی تغییرات خط ساحلی با استفاده از تصاویر رادار (محدوده مطالعاتی: جزیره قشم)، دومین همایش ملی کاربرد مدل های پیشرفته تحلیل فضایی (سنجش از دور و GIS) در آمایش سرزمین. ۱۳۹۵.
 3. Church, J.A. and N.J. White, *Sea-level rise from the late 19th to the early 21st century. Surveys in geophysics*, 2011. 32(4): p. 585-602.
 4. Church, J.A., et al., *Sea level change*. 2013, PM Cambridge University Press.
 5. Day Jr, J.W., et al., *Restoration of the Mississippi Delta: lessons from hurricanes Katrina and Rita. science*, 2007. 315(5819): p. 1679-1684.
 6. Arkema, K.K., et al., *Coastal habitats shield people and property from sea-level rise and storms. Nature climate change*, 2013. 3(10): p. 913-918.
 7. Shepard, C.C., et al., *Assessing future risk: quantifying the effects of sea level rise on storm surge risk for the southern shores of Long Island, New York. Natural hazards*, 2012. 60(2): p. 727-745.
 8. Mitra, A., *Sensitivity of mangrove ecosystem to changing climate. Vol. 62*. 2013: Springer.
 9. Hagenaaars, G., et al., *Long term coastline monitoring derived from satellite imagery. Proc. Coastal Dynamics (12-16 June 2017)*, 2017: p. 1551-62.
 10. Rasuly, A., R. Naghdifar, and M. Rasoli, *Monitoring of Caspian Sea coastline changes using object-oriented techniques. Procedia Environmental Sciences*, 2010. 2: p. 416-426.
 11. Kuleli, T., et al., *Automatic detection of shoreline change on coastal Ramsar*

- of applied earth observation and geoinformation, 2018. 68: p. 238-251.
23. Wang, X., et al., Spatio-temporal change detection of Ningbo coastline using Landsat time-series images during 1976–2015. ISPRS International Journal of Geo-Information, 2017. 6(3): p. 68.
21. Otsu, N., A threshold selection method from gray-level histograms. IEEE transactions on systems, man, and cybernetics, 1979. 9(1): p. 62-66.
22. Qiao, G., et al., 55-year (1960–2015) spatiotemporal shoreline change analysis using historical DISP and Landsat time series data in Shanghai. International journal

Monitoring of changes from Chalous to Tonekabon Coastline Using Sentinel-1 Satellite Images

E. Rostami saqez ¹, M.A. Sharifi ², M. Hasanlou ^{3*}

¹ M.Sc Student, School of Surveying and Geospatial Engineering, University of Tehran,
² Associate Professor, School of Surveying and Geospatial Engineering, University of Tehran,
³ Associate Professor, School of Surveying and Geospatial Engineering, University of Tehran,

(Received: 09 Dec 2021, Revised: 29 Dec 2021, Accepted: 20 Jan 2022, Published online: 20 Jan 2022)

Abstract

Coastline are considered as the boundary between water and land. Beaches are one of the most important environmental effects that directly affect human life, rising sea levels due to global warming has led us to pay attention to this important issue. Coastal cities are among the areas threatened by global warming. Therefore, management and planning to prevent coastal erosion is an important issue that must be considered. In this research, we have studied the changes of beaches using Sentinel-1 satellite images in Mazandaran province, the coast between the cities of Chalous to Tonekabon. In this research, two images on 15/01/2019 and 01/09/2021 have been used. The images have been taken from the Google Earth engine platform. In the pre-processing stage of the images, we did ground correction to eliminate the topography of the study area and to adjust the noise spectrum. The coast of the study area was discovered with the help of finding the Otsu threshold in the images. Finally, Digital Shoreline Analysis System was used to calculate the amount of sedimentation and erosion on the coast. In 75% of the coast of this region, we have witnessed coastal erosion. The average amount of erosion is about 8 meters per year.

Keywords: Coastline, Google Earth Engine, Sentinel-1, Otsu Threshold, Digital Shoreline Analysis System, Speckle Noise

* Corresponding author:
Email Address: hasanlou@ut.ac.ir