

## مقاله پژوهشی

DOR:20.1001.1.24767131.1399.6.2.12.8

درصد همانندی: ۳٪

## آشکارسازی خطوط ساحلی با پردازش داده‌های سنجش‌ازدور، مطالعه‌ای در خلیج مکزیک، محدوده‌ای از شهرهای جکسون و موبایل

محمد احمدنژاد<sup>۱\*</sup>، مهدی اکبرزاده<sup>۲</sup>، سعید فرهادی‌پور<sup>۳</sup>، حسن محمدی<sup>۴</sup>

<sup>۱\*</sup> نویسنده مسئول، استادیار، گروه مهندسی دریا، دانشکده مکانیک، دانشگاه علوم دریایی امام خمینی (ره)، نوشهر

ahmadnejad.amin@gmail.com

bhdm@chmail.ir

saeed.farhadpoor@gmail.com

h.mohammadi8286@gmail.com

<sup>۲</sup> کارشناس ارشد، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه مازندران، بابلسر

<sup>۳</sup> مرکز هواشناسی و اقیانوس شناسی چابهار، کنارک

<sup>۴</sup> دانشکده مهندسی برق، دانشگاه علوم دریایی امام خمینی (ره)، نوشهر

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۱/۱۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۴/۰۱

### چکیده

نظارت بر ناحیه‌های ساحلی از عوامل مهم در مدیریت منابع طبیعی است. هدف از این پژوهش، آشکارسازی ساحل و خط ساحلی، در سال ۲۰۱۸ میلادی، در ناحیه‌ای واقع در ایالت‌های میس‌سی‌پی و آل‌بم در کشور آمریکا می‌باشد. در این مطالعه، داده‌هایی از ماهواره ترا، ماهواره لندست ۸ و ماهواره سنتینل-۲ برای ناحیه مورد مطالعه استفاده شدند. سپس، تصویر آستانه‌گذاری شده مربوط به شاخص NDWI حاصل از باندهای سنجنده Aster در ماهواره ترا، به عنوان پالایه جداسازی آب و غیر آب استفاده شد. پس از آن، با اعمال پالایه جداسازی مشابه دیگر، اعمال پالایه کاهش ابر، و پالایه کاهش نوفه، محدوده آب و غیر آب جدا شد و تصویر حاصل به عنوان ساحل محسوب شد. سرانجام، با اجرای یک پالایه آشکارسازی لبه روی تصویر ساحل، خط ساحلی آشکارسازی شد. دقت آشکارسازی ساحل و خط ساحلی به ترتیب بر اساس، یک تصویر مرجع و یک شیپ‌فایل، با سنج‌های PSNR، ضریب همبستگی و SSIM محاسبه شد. نتایج عددی حاصل از اعمال سنج‌ها نشان داد بهترین پالایه آشکارسازی لبه، رایبسون بوده است و میزان پوشش ابر روی تصاویر، پیش از آغاز پردازش و وضوح فضایی تصاویر از عوامل مؤثر در کیفیت آشکارسازی بوده‌اند.

واژه‌های کلیدی: همبستگی دوبعدی به‌هنجارشده، بافت‌نگاشت<sup>۱</sup>، NDWI<sup>۲</sup>، PSNR<sup>۳</sup>، SSIM<sup>۴</sup>

## ۱. مقدمه

## ۱-۱. اهمیت سواحل

نواحی ساحلی از عوامل طبیعی و انسانی تأثیر می‌پذیرند. خطراتی چون توفند<sup>۵</sup>، چرخند<sup>۶</sup>، آب‌کوهه توفان<sup>۷</sup> و سونامی، به‌طور شاخص و بالا آمدن سطح دریا و فرسایش، به‌طور تدریجی، بر سواحل و زیرساخت‌ها اثر گذاشته و ممکن است سبب تغییر در محدوده سواحل شوند. آشکارسازی نواحی ساحلی، از عوامل مهم در به‌کارگیری و مدیریت منابع طبیعی است. کمیته بین‌المللی جغرافیا، خطوط ساحلی را در گروه مهم‌ترین مناطق جغرافیایی سطح زمین به‌شمار آورده است [۱]. از آنجا که این خطوط تحت تأثیر عواملی همچون زمین‌شناسی<sup>۸</sup>، اقلیمی و پوشش گیاهی قرار دارد، اطلاعات دربردارنده میزان تغییر در عوارض ساحلی، می‌تواند در مدیریت پروژه‌های مرتبط، نظارت بر نواحی ساحلی برای توسعه پایدار و حفظ محیط‌زیست به‌کار برده شود. در این راستا، آشکارسازی این خطوط در دوره‌های مختلف زمانی لازم است [۲]. هدف این مقاله، آشکارسازی ساحل و خط ساحلی، در ناحیه مورد مطالعه، در خلیج مکزیک، در سال ۲۰۱۸ میلادی است.

## ۲-۱. پیشینه پژوهش

ابولحسنی و کیم در سال ۲۰۱۲، با تصاویر ماهواره‌ای، استفاده از روش آشکارسازی لبه روی تصویر و کمیت کیفیت‌سنجی PSNR که برای ارزیابی میزان تطابق خطوط حاصل‌شده از پالایه‌ها با تصویر مرجع کاربرد دارد، ساحل شرقی آمریکا، نزدیک به ایالت است و ویرجینیا، را آشکارسازی کردند [۳]. زولکیفل و همکاران در سال ۲۰۱۶، با داده‌های سنجنده Spot ۵، و به‌کارگیری روش برابرسازی بافت‌نگاشت مادون‌قرمز، پردازش حذف غبار، بهینه‌سازی تباين و روش‌شنایی روی تصویرها و روش آشکارسازی لبه، در ناحیه تانجونگ‌پای در کشور مالزی، آشکارسازی ساحل را انجام دادند [۴].

واسیلیس و همکاران در سال ۲۰۱۸، با تصاویر هوایی، تصاویر ماهواره‌ای با وضوح بالا و به‌کارگیری روش‌هایی مانند آشکارسازی لبه، بخش‌بندی تصویر، به‌کارگیری عملگرهای ریخت‌شناسی، ساحل را در ناحیه کرت، در کشور یونان آشکارسازی کردند [۵].

## ۳-۱. اهمیت سنجش از راه دور

به دلیل هزینه و زمان‌بر بودن کارهای میدانی و از طرفی به‌کارگیری گسترده سنجش از راه دور در علوم طبیعی، به‌کارگیری روش‌های پردازش تصاویر برای آشکارسازی پدیده‌هایی مانند تغییرات خط ساحلی ناشی از تغییرات آب‌وهوایی، عوامل انسانی و جابه‌جایی مسیر رودخانه‌ها با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، روشی مناسب است [۶]. در این مقاله، خط ساحلی به‌عنوان مرز بین آب و غیر آب محسوب شده است. هدف از اجرای پژوهش، تعیین مرزی واضح‌تر در محدوده ساحلی بوده که در آن تشخیص گستره میان آب و خشکی دشوار است. چنین مرزی لازمه تعیین مساحت ساحل، محدوده رودخانه‌ها، دگرگونی وسعت آن‌ها طی گذشت زمان و میزان پراکنش ساخت‌وسازها در این نواحی است.

## ۲. ناحیه مورد مطالعه

شهر گلف پورت در شهرستان هریسون، ایالت میسسی‌سی‌پی و جنوب شرقی کشور ایالات متحده آمریکا واقع شده است. گلف پورت مرکز گردان عمرانی نیروی دریایی در حوزه اقیانوس اطلس این کشور است [۷]. این شهر، در مختصات تقریبی  $30^{\circ}$  و  $22'$  و  $71^{\circ}$  و  $72'$  شمالی و  $89^{\circ}$  و  $5'$  و  $14'$  و  $34'$  غربی واقع شده است [۸]. ناحیه مورد مطالعه در مجاورت این ایالت واقع شده است. تصویر ناحیه با استفاده از باندهای RGB ماهواره لندست ۸ ساخته شده و پس از بهبود روش‌شنایی در شکل ۱ نشان داده شده است.

داده‌های مربوط به هر سنجنده، برای استفاده در بخش مربوطه، در روندنما<sup>۱۱</sup> بوده است. داده‌های ماهواره لندست ۸، سنجنده OLI، در مجموعه Landsat Collection 1 Level-1، شامل آرایه‌ای از ۱۱ DN ها، که مقادیر عددی هستند، برای تصویردانه<sup>۱۲</sup> های یک تصویر بوده، در سطح Level-1 در وبگاه مذکور پردازش شده و قابل دریافت بودند [۹]. DN، مقدار عددی سنجنده شده بر اساس یک کمیت، برای نمونه، بازتابندگی یا تابندگی بوده و با عددی، حسابی یا دارای بخش اعشاری بیان می‌شود [۱۰-۱۲]. داده‌های ماهواره لندست ۸، در مجموعه Landsat Analysis Ready Data (ARD)، که شامل تصویر (آرایه‌ای از) مقادیر DN، دمای درخشندگی سطح زمین هستند، از نظر پرتوسنجی، واسنجنده شده<sup>۱۳</sup> و از نظر هندسی، پیش از پردازش بر اساس روندنما، تصحیح شده بودند [۱۳].

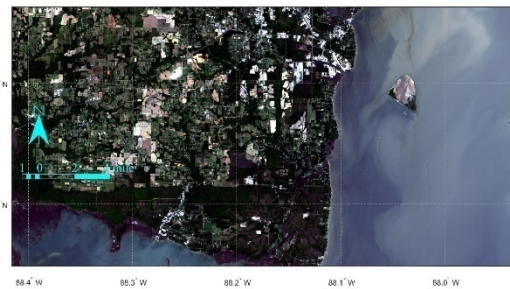
داده ماهواره ترا، در سطح LIT پردازش شده و شامل تابندگی<sup>۱۴</sup> طیف مربوطه در سنجنده I آستر، برای هر باند است. داده ماهواره سنتینل-۲A، در سطح Level-1C پردازش شده است. داده‌ها شامل بازتابندگی<sup>۱۵</sup> بالای جو برای هر باند است. هر دو داده ماهواره ترا و سنتینل-۲A، از نظر پرتوسنجی واسنجنده و از نظر هندسی تصحیح شده‌اند. در جدول ۱، برخی از ویژگی‌های داده‌های ماهواره‌های نامبرده شده، معرفی شده است [۱۳].

مجموعه داده‌های استفاده شده و ویژگی آن‌ها در جدول ۲ نشان داده شده است. در جدول ۲، مفهومی به نام نقطه پاسوی<sup>۱۶</sup> وجود دارد. این نقطه، در مرکز صفحه‌ای که سنجنده ماهواره، زمین را جاروب می‌کند، در کمینه فاصله با سنجنده قرار دارد. در انتخاب داده‌ها و باندهای موردنظر، در روند پردازش، به این مورد توجه شد و باندهای انتخاب شده، در نقطه پاسوی، به وسیله سنجنده تصویربرداری شدند. اگر نقطه خارج از محدوده پاسوی باشد (نقطه off-nadir)، آنگاه به تصحیحات دیگری نیاز است [۱۷]، زیرا در این حالت، ابعادی که تصویردانه از سطح زمین ارائه می‌دهد، با ابعاد واقعی یکسان نیست [۱۰]. شکل ۲، نشان‌دهنده این وضعیت است.

(الف)



(ب)



شکل ۱. الف) نقشه‌ای از خلیج مکزیک، ب) ناحیه مطالعه شده در بخش شمالی خلیج قرار دارد. تصویر مربوط به تاریخ سی‌ام ماه آوریل سال ۲۰۱۸ میلادی.

### ۳. روند پژوهش

اول. بررسی تعدادی از روش‌های تعیین خط ساحلی؛  
دوم. بررسی نتایج پردازش با روش‌های مختلف؛  
سوم. بررسی مراحل اجرا در این روش‌ها؛  
چهارم. انتخاب روند مرتبط، مناسب و ایجاد الگوریتمی برای پردازش تصاویر ماهواره‌ای برای استخراج خطوط ساحلی؛  
پنجم. انتخاب ناحیه مورد مطالعه و بازه زمانی بررسی تغییرات و تعیین ویژگی / ویژگی‌های تصاویر و دریافت داده‌های ماهواره‌ای مورد نظر مربوط به آن ناحیه؛  
ششم. اجرای الگوریتم و بیان مؤلفه / مؤلفه‌های مؤثر در نتایج پردازش.

### ۴. داده‌های به کاررفته و ویژگی آن‌ها

ویژگی باندها در ماهواره‌های ترا، لندست ۸ و سنتینل-۲A، در وب‌گاه USGS<sup>۱۷</sup> نشان داده شده است. داده‌ها از این وب‌گاه دریافت شدند و ناحیه مورد مطالعه را نیز شامل می‌شود. انتخاب ماهواره و سنجنده/های آن، بر اساس ماهیت

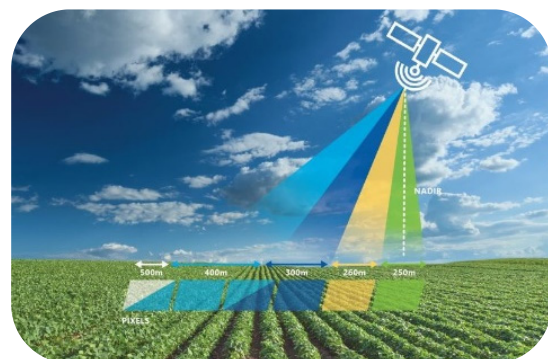
جدول ۱. ویژگی‌های باندهای استفاده شده

ماهواره	شماره سنجنده	نوع کمیت	رنگ طیف	NI R	SWI R	Thermal [۱۴]	محدوده طیف (μm)	طول موج مرکزی (μm)	Label	وضوح فضایی (متر) [۱۵-۱۶]
Landsat 8	۲	Digital number	blue				۰/۴۵ - ۰/۵۱			۳۰
	۳		green				۰/۵۳ - ۰/۵۹			
	۴		red				۰/۶۴ - ۰/۶۷			
	۵	TIRS		*			۰/۸۵ - ۰/۸۸			۱۰۰
	۶			*			۱/۵۷ - ۱/۶۵			
		۱۰			*		۱۰/۶ - ۱۱/۱۹			
	۱۱			*		۱۱/۵ - ۱۲/۵۱				
Terra Aster	۱	تابندگی در سنجنده	green/yellow				۰/۵۲ - ۰/۶		VNIR_Band1	۱۵
	۲		red				۰/۶۳ - ۰/۶۹		VNIR_Band2	
	۳N			*			۰/۷۶ - ۰/۸۶		VNIR_Band3N	
Sentinel-2A	۳	بازتابندگی بالای جو	سبز					۶۶۵		۱۰
	۸			*				۸۴۲		

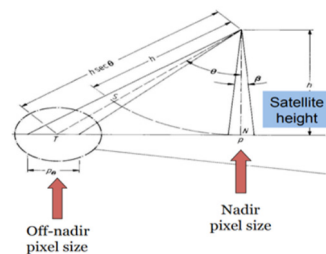
با توجه به جدول ۲، داده‌هایی انتخاب شده‌اند که مربوط به ساعت‌های روشنایی روز و با درصد ابر محدودند. چون با توجه به اینکه: ۱. کمیت مورد پردازش، مقادیر DN، مربوط به طیف مرئی نورند و ۲. سنجنده به کار رفته در ماهواره‌ها، که داده‌های تصویری به وسیله آن‌ها ارائه شدند، از نوع پسپو هستند. در سنجنده پسپو، زمانی که روشنایی خورشید به اندازه کافی نیست (به دلایلی مانند زمان شب، نرسیدن نور کافی به سطح زمین یا پوشش ابر زیاد حتی در روز) تصاویر مناسب حاصل نمی‌شود.

دوره زمانی برای انتخاب داده‌ها تقریباً یک ساله است. با توجه به این دوره زمانی، داده‌های مربوط به سال ۲۰۱۸ تهیه شدند. روی ناحیه انتخاب شده، اگر داده‌ای از یکی از ماهواره‌ها، ابر محسوس و قابل تشخیص (در تصویر RGB) دارند، از داده مناسب دیگری، در نزدیک‌ترین ماه میلادی (فاصله زمانی) به ماه موردنظر، برای دریافت داده، استفاده شد [۲۰].

(الف)



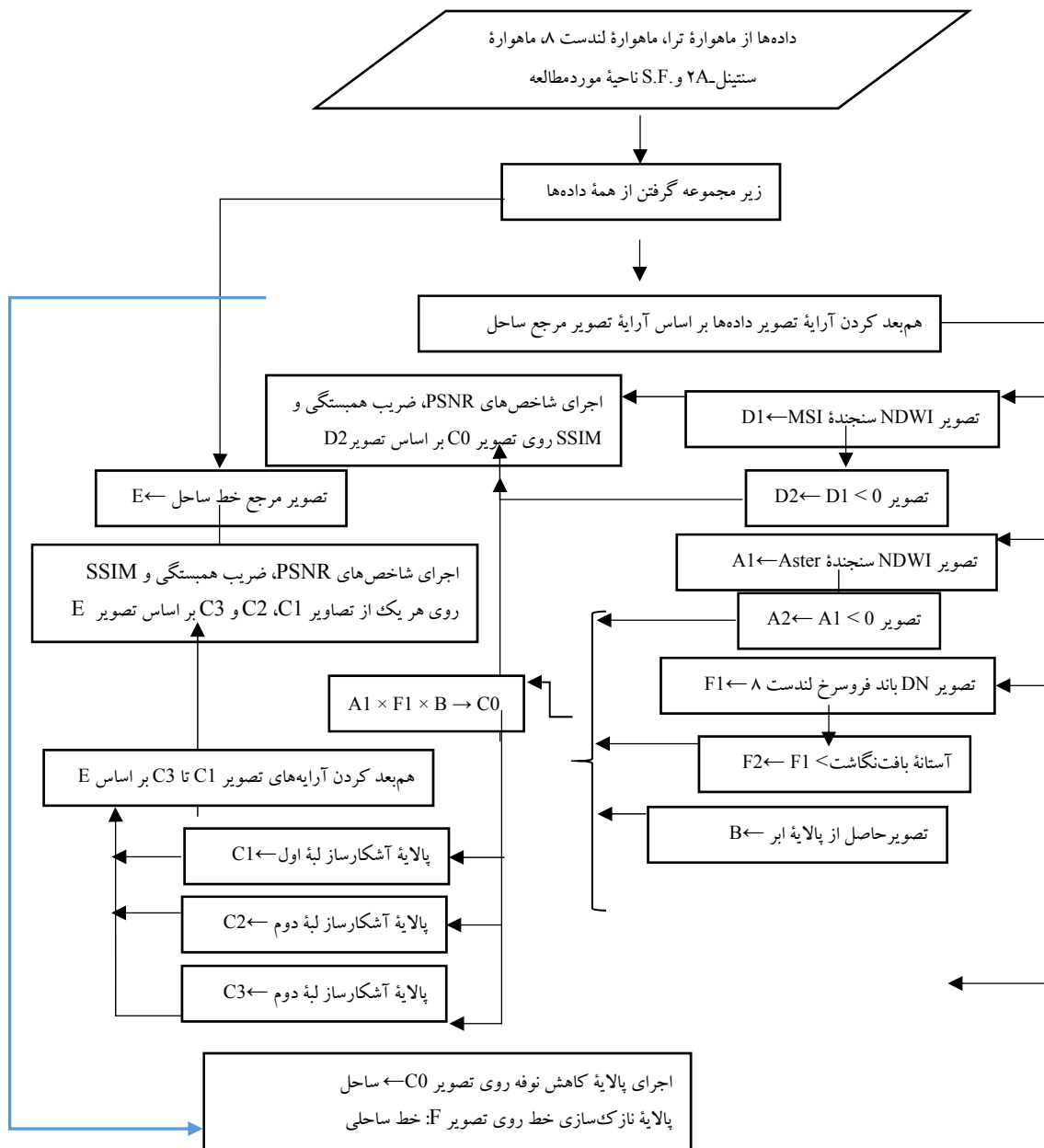
(ب)



شکل ۲. الف و ب. تصویری از نقطه پاسوی و نقاط خارج از محدوده آن. با افزایش زاویه خط دید سنجنده، ابعاد تصویردانه روی زمین متفاوت خواهد بود. اما از دید سنجنده، آن‌ها، دو نقطه با مساحت یکسان، روی زمین، به شمار می‌روند [۱۸، ۱۹].

جدول ۲. روش استفاده‌شده برای انتخاب داده‌ها در سایت USGS و برخی از ویژگی‌های باندهای هر داده

Search Criteria				
Type	WRS2 [۲۱]			
Path-Row	۲۱-۳۹			
نام ماهواره	Landsat 8	Terra	Sentinel 2A	
Data Sets	Landsat		NASA LPDAAC Collections	
	Landsat Collection 1 Level-1	Landsat Analysis Ready Data (ARD)	ASTER Collections	Sentinel 2
	Landsat 8 OLI/TIRS C1 Level-1	U.S. Landsat 4-8 ARD	ASTER Level 1T	
Additional Criteria				
Cloud Cover (Less than) %		۱۰	۱۰	۱۰
Spacecraft Identifier	Landsat 8			
Sensor Identifier	OLI_TIRS	OLI_TIRS		
Land Cloud Cover (Less than) %	۱۰			
Scene Cloud Cover (Less than) %	۱۰			
Correction Achieved	Terrain+Precision			
Day/Night Indicator	Day	Day		
Collection Category	Tier 1			
Data Type Level-1	Level 1TP			
Nadir/Off Nadir	Nadir			
Results				
کد هر مجموعه داده				
LC08_CU_022016_20180429_20181129_C01_V01		*		
LC08_CU_021016_20180429_20181129_C01_V01		*		
LC08_L1TP_021039_20180429_20180502_01_T1	*			
AST_L1T_00304052018164359_20180406124013_23611			*	
L1C_T16RCU_A014809_20180423T164155				*
تاریخ داده گرفته‌شده (Acquisition Date)				
سال میلادی	۲۰۱۸	۲۰۱۸	۲۰۱۸	۲۰۱۸
ماه	April	April	April	April
روز	۱۸	۱۸	۵	۲۳
شماره باندهای استفاده‌شده برای ساخت تصویر RGB	۲،۳،۴			



نمودار ۱. روندنمای الگوریتم استفاده‌شده

یک)، یا تصویردانه‌های دارای این ویژگی، نشان‌دهنده بخش‌های غیرآب در محدوده مورد مطالعه‌اند [۲۲].

فرمول ۱، این کمیت را برای داده سنجنده استر، در ماهواره ترا، که وضوح فضایی بالایی دارد، نشان می‌دهد.

$$NDWI_{Aster} = \frac{\rho_{band 2} - \rho_{band 3N}}{\rho_{band 2} + \rho_{band 3N}} \quad (1)$$

در این فرمول،  $\rho_{band i}$  بازتابندگی بالای جودر باند مربوطه (i: شماره باند).

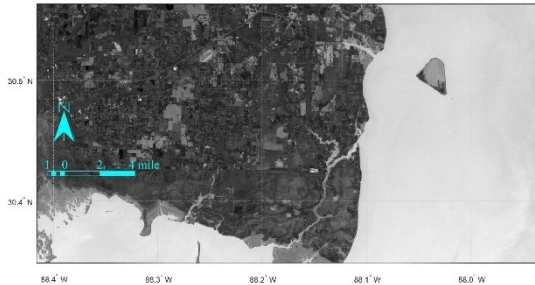
## ۵. روند محاسبات

### ۵-۱. جداسازی آب و غیر آب بر اساس شاخص NDWI

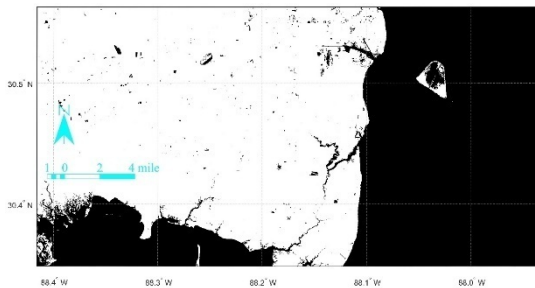
برای آشکارسازی ساحل، نیاز است که محدوده آب و غیرآب تعیین شود. یکی از شاخص‌ها بدین منظور، شاخص NDWI است. اگر  $NDWI_{Aster} < 0$  حاصل شود، مقادیر موجود در این تصویر دو حالت (در بر دارنده مقادیر صفر و

دارای ابر که در سطح دریا هستند نیز، جزء دسته غیر آب به‌شمار روند. بدین دلیل، پیش از اجرای پردازش‌ها، برای حاصل شدن ساحل و خط ساحلی، نیاز به پالایه<sup>۱۷</sup> ابر است [۲۴].

(الف)



(ب)

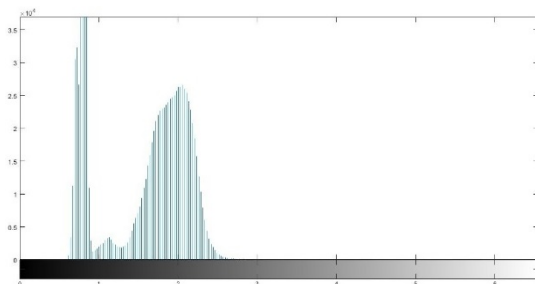


شکل ۴. الف) تصویر NDWI<sub>Aster</sub> < 0، ب) تصویر NDWI<sub>Aster</sub> < 0

### ۳-۵. جداسازی آب و غیر آب بر اساس باند فرورسرخ

بافت‌نگاشت آستانه‌گذاری شده تصویر DN در باند فرورسرخ، برای جداسازی آب از غیر آب استفاده شد [۲۵-۲۶]. بدین منظور، باند پنجم داده لندست ۸ در پردازش بافت‌نگاشت، شکل ۵-الف، استفاده شد. این داده، در Level 1 پردازش شده است. تصویر آستانه‌گذاری شده در شکل ۵-ب آورده شده است.

(الف)



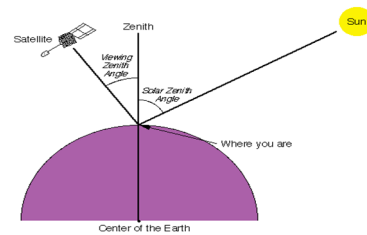
$$\rho_{\text{band } i} = \left( \frac{\pi L_{\text{band } i} d^2}{\text{Irradiance}_i \times \cos(\theta)} \right) \quad (2)$$

$L_{\text{band } i}$ : تابندگی طیفی در سنجنده، در باند مربوطه  $W/(m^2 sr \mu m)$ .

$d$ : فاصله زمین تا خورشید [astronomical units]

$\theta$ : زاویه سمت‌الرأس خورشید (شکل ۳).

$\text{Irradiance}_i$ : انرژی بازتاب شده در واحد زمان (توان)، در واحد سطح (مترمربع)  $(W/m^2)$  در باند  $i$  ام [۲۳].



شکل ۳. زاویه سمت‌الرأس خورشید

در فرمول ۲، از جمله  $\pi d^2 / \cos(\theta)$  فاکتورگیری شده، با استفاده از فرمول ۱ و پس از درج مقادیر  $\text{Irradiance}$  برای باندهای سنجنده استر، از جدول ۳، فرمول ۳ نتیجه شد. تصاویر،  $\text{NDWI}_{\text{Aster}} < 0$  و  $\text{NDWI}_{\text{Aster}} < 0$ ، در شکل ۴ آورده شده است.

جدول ۳. تعدادی از مقادیر کمیت‌ها و ثابت‌ها در ماهواره ترا [۲۳-۲۴]

ماهواره		کمیت‌ها و ثابت‌ها
باند	ترا	
۱	۱۸۴۸	در آن طیف Irradiance: Modtran بر اساس $(W/m^2/\mu m)$
۲	۱۵۴۹	
۳N	۱۱۱۴	
۱۳	۶۶۶/۰۹	K1
	۱۲۸۲/۷۱	K2

$$\text{NDWI}_{\text{Aster}} = \frac{\frac{L_{\text{band } 1}}{1848} - \frac{L_{\text{band } 3N}}{1114}}{\frac{L_{\text{band } 1}}{1848} + \frac{L_{\text{band } 3N}}{1114}} \quad (3)$$

### ۲-۵. کاهش ابر

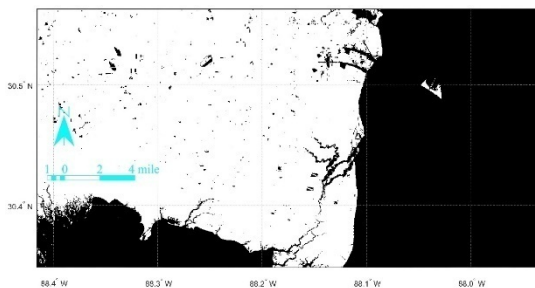
هنگامی که در ناحیه مورد مطالعه ابر موجود باشد، تنها، تصویری که از  $\text{NDWI} < 0$  حاصل می‌شود، برای مجزا نمودن آب و غیر آب کافی نیست و ممکن است بخش‌های



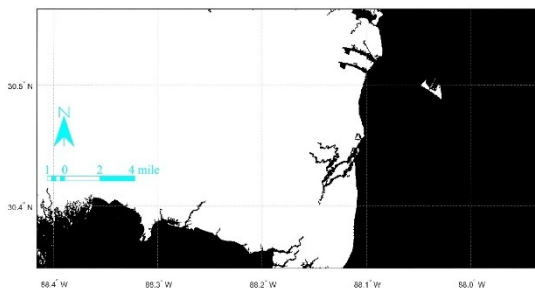
#### ۴-۵. هم‌بعدسازی آرایه‌های تصویری

از آنجاکه هر تصویر، آرایه‌ای شامل سطر و ستون است، در روندنما، شکل ۱۱، در مرحله ضرب آرایه‌ها (تصاویر)، پیش از ضرب هر یک از آرایه‌ها، همه تصاویر هم‌بعد شدند؛ سپس در هم ضرب شدند (شکل ۷-الف). برای یکنواخت‌تر شدن محدوده ساحل و کاهش نوفه‌های تصویر، در نرم‌افزار، تابع مربوط به کاهش نوفه روی تصویر اجرا شد [۲۷]. تصویر حاصل از کاهش نوفه، در شکل ۷-ب آورده شده است.

(الف)



(ب)

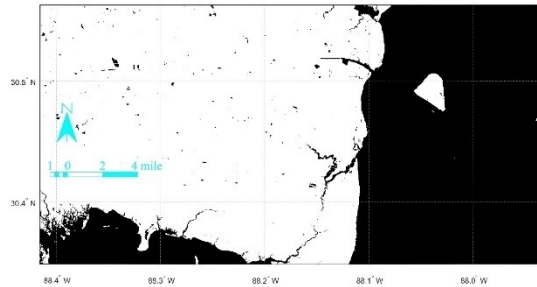


شکل ۷. الف) تصویر ساحل پس از پالایه ابر و قبل از پالایه نوفه، ب) تصویر ساحل پس از پالایه ابر و پس از پالایه نوفه

#### ۵-۵. روش آشکارسازی لبه

برای آشکارسازی لبه‌ها در تصویر دو حالت، از روش آشکارسازی لبه استفاده شد. این روش، برای یافتن مرزهای اشیای درون تصویر، با توجه به تفاوت در میزان روشنایی تصویردانه‌های آن به کار گرفته شد. برای نمونه، در شکل ۸، با عبور از غلظت خاکستری از چپ به راست، دو نوع لبه وجود دارد: لبه بامی، جایی که مقادیر خاکستری به آرامی تغییر می‌کند و لبه ایده‌آل (پله‌ای)، که در آن مقدار خاکستری به‌طور ناگهانی تغییر می‌کند. یک آشکارساز لبه پله‌ای، باید یک تصویردانه در نقطه‌ی میانی جایی که شیب وجود دارد،

(ب)



شکل ۵. الف) بافت‌نگاشت باند فرسرخ، ب) تصویر آستانه‌گذاری شده باند فرسرخ بر اساس بافت‌نگاشت

در این پژوهش، از روشی که در ادامه بیان شده، برای کاهش میزان ابر، استفاده شده است. از نسبت باند بازتابندگی بالای جو حاوی طول موج  $0.87\mu\text{m}$ ، به باند بازتابندگی بالای جو حاوی طول موج  $0.67\mu\text{m}$ ، یک تصویر ایجاد می‌شود. در این تصویر، شکل ۶، مقادیر برابر با عدد یک نشان‌دهنده تصویردانه‌های ابری، مقادیر کمتر از عدد یک، سطوح آب، و مقادیر بیش از عدد یک، سطوح خشکی را نشان می‌دهد.

$\rho_{band i}$ : بازتابندگی در بالای جو برای باند حاوی طول موج  $\lambda_i$  در داده‌ی لندست ۸ [۲۴].

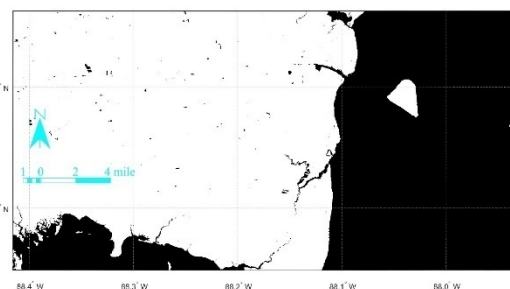
$$\rho_{band i} = \frac{(M_p \times Q_{cal}) + A_p}{\cos \theta_{SZ}} \quad (5)$$

REFLECTANCE\_MULT\_BAND\_n:  $M_p$

REFLECTANCE\_ADD\_BAND\_n:  $A_p$

$Q_{cal}$ : مقدار DN هر تصویردانه

$\theta_{SZ}$ : زاویه سمت‌الرأس خورشید

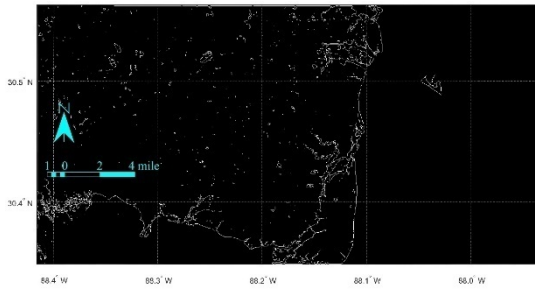


شکل ۶. تصویر نسبت بین باندها

به همراه داده‌ی لندست ۸، مقادیر  $M_p$  و  $A_p$  برای هر باند، و  $\theta_{SZ}$ ، درون فایل با فرمت txt و با پسوند MTL ارائه شده است [۲۴].



(ج)



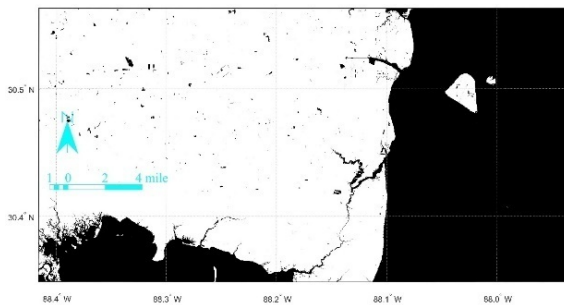
شکل ۹. نتیجه پالایه‌های آشکارساز لبه (الف) رابرتس، (ب) کنی و (ج) رابینسون

### ۶-۵. پردازش داده‌ها

از همه داده‌های موردنیاز، زیرمجموعه گرفته شد. زیرمجموعه، بخشی از تصویر اولیه شامل ناحیه موردنظر است. با داشتن مختصات جغرافیایی ناحیه انتخاب شده، ابتدا از داده‌های موردنیاز، از هر یک از ماهواره‌های لندست ۸، ماهواره ترا و ماهواره سنتینل-۲، در نرم‌افزار، زیرمجموعه ساخته شد [۳۱]. سپس، پردازش‌ها برای آشکارسازی ساحل و خطوط ساحلی روی آن‌ها اجرا شد. مختصات جغرافیایی همه زیرمجموعه‌ها، در روندنما، شکل ۱۱، یکسان بود (جدول ۴).

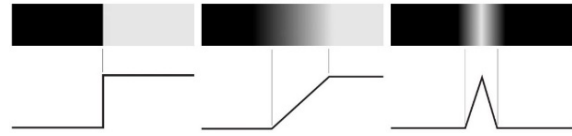
### ۷-۵. داده‌های مرجع در کیفیت‌سنجی خروجی‌ها

از نظر پوشش ابر، هر چه میزان ابر در تصویر مرجع کمتر باشد، کیفیت‌سنجی دقیق‌تر است. در این پژوهش، تصویر  $NDWI < 0$  از داده ماهواره سنتینل-۲، با وضوح فضایی ۱۰ متر، به‌عنوان تصویر مرجع برای بررسی چگونگی محدوده ساحل و به‌کارگیری در کیفیت‌سنجی انتخاب شد (شکل ۱۰).



شکل ۱۰. تصویر مرجع از  $NDWI < 0$  ماهواره سنتینل-۲

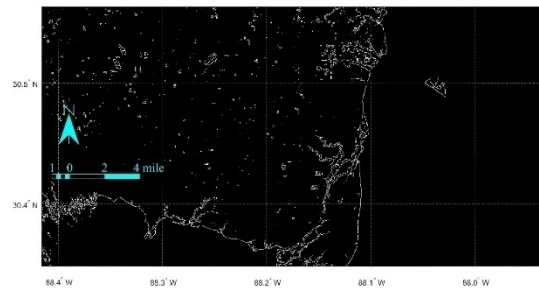
ایجاد کند. لبه‌ها از نظر جهت، انواع مختلفی دارند مانند: افقی، عمودی، قطری و گوشه‌ای [۲۸].



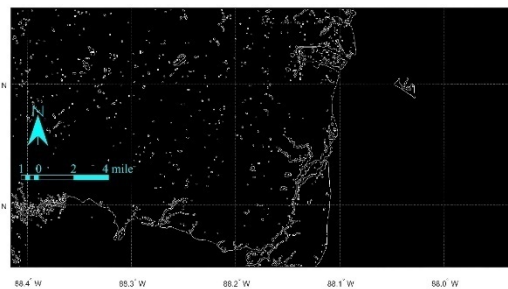
شکل ۸. مقطع عرضی لبه‌ها، از چپ به راست، لبه ایده‌آل، شیب‌دار و بامی

در نرم‌افزار متلب، تعدادی از پالایه‌های آشکارساز لبه، برای یافتن لبه‌ها در تصویر، مانند رابرتس و کنی، وجود دارد. پالایه رابینسون، در این نرم‌افزار وجود نداشت. پس از نوشتن کد این پالایه، در نرم‌افزار، قابل اجرا شد. نتیجه پالایه‌های آشکارساز لبه رابرتس، کنی و رابینسون، در شکل ۹ آورده شده است. این لبه‌ها بر اساس الگوریتم‌های ریاضی بوده و برای تشخیص و جداسازی خطوط پیوسته و گسسته کاربرد دارند. در هر یک از این لبه‌ها میزان تغییر در تراکم تصویردانه‌ها، نسبت به مکان آغاز و پایان، تغییر نموده و شیب تغییر متفاوت است. پس از آشکارسازی خطوط ساحلی، عملگری برای نازک‌سازی این خطوط، برای افزایش دقت و باریک‌سازی پهنای خطوط، در نرم‌افزار استفاده شد [۲۹، ۳۰].

(الف)



(ب)



$$MSE = \frac{1}{MN} \left( \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N [I_0(i,j) - I_r(i,j)]^2 \right)$$

M و N: تعداد تصاویر دانه‌ها، به ترتیب در سطر و ستون تصویر هستند. در تصویر مرجع ( $I_0$ )، و هر یک از تصاویر پالایه شده ( $I_r$ ).

m: بیشینه مقدار تصاویر دانه در تصویر مرجع است. این مقدار در تصویر دو حالت<sup>۲۴</sup> برابر با عدد یک است [۳۴].

#### ۵-۸-۲. شاخص تشابه ساختار

شاخص تشابه ساختار، سنجه کمی دیگری برای ارزیابی کیفیت تصویر مورد آزمایش، بر اساس تصویر مرجع است. SSIM بر اساس روشی<sup>۲۵</sup>، تباین و ساختار تعریف می‌شود. اگر فرض شود،  $\bar{x}$  و  $\bar{y}$  نشان‌دهنده بردارهای به ترتیب، حاصل از تصویر مرجع و تصویر مورد آزمایش باشند، شاخص SSIM بین  $\bar{x}$  و  $\bar{y}$  با فرمول ۹ تعریف می‌شود.

$$SSIM(x,y) = (I(x,y))^\alpha \times (C(x,y))^\beta \times (S(x,y))^\gamma \quad (9)$$

$$L(x,y) = \frac{2\mu_x\mu_y + C_1}{\mu_x^2 + \mu_y^2 + C_1} \quad \sigma_x = \left( \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \mu_x)^2 \right)$$

$$C(x,y) = \frac{2\sigma_x\sigma_y + C_2}{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + C_2} \quad \sigma_{xy} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \mu_x)(y_i - \mu_y)$$

$$S(x,y) = \frac{\sigma_{xy} + C_3}{\sigma_x\sigma_y + C_3} \quad \vec{x} = \{x_i | i=1 \dots N\}$$

$$\mu_x = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad \vec{y} = \{y_i | i=1 \dots N\}$$

$$\mu_y = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i \quad N = H \times W$$

$C_1, C_2, C_3, \alpha, \beta, \gamma$ : ضرایب ثابت هستند.

N: تعداد تصاویر دانه‌ها در تصویر (برای تصویر مرجع، و تصویر مورد آزمایش، با هم برابر است)،

H و W: تعداد تصاویر دانه‌های تصویر در طول و عرض،

$L(x,y)$ : شاخص روشنی،  $C(x,y)$ : شاخص تباین،

$S(x,y)$ : شاخص ساختار،

شاخص SSIM به عدد ۱ محدود می‌شود، اگر و فقط اگر، دو تصویر معادل باشند [۳۵].

در این پژوهش، تصویر مرجع، برای ارزیابی کیفیت سایر پالایه‌های آشکارساز لبه، تصویر خط ساحلی حاصل شده از Shapefile<sup>۱۸</sup>، انتخاب شد. این S.F. از سایت marineregions<sup>۱۹</sup> حاصل شد. فرمت S.F. (از سوی شرکت ESRI<sup>۲۰</sup> توسعه یافته است) به‌طور گسترده‌ای در سامانه‌های GIS به‌کاربرده می‌شود، دربردارنده داده‌هایی مانند مرز سواحل، ایالت‌ها و کشورها، نواحی آب‌وهوایی، محدوده جاده‌ها و رودخانه‌هاست. هندسه هر مکان، که shape نامیده می‌شود، به‌عنوان مجموعه‌ای از مختصات برداری، در shape ذخیره می‌شود. داده‌ها در یک shape، ممکن است در قالب نقطه<sup>۲۱</sup>، خط<sup>۲۲</sup>، یا گستره ناحیه<sup>۲۳</sup> ارائه شده باشند [۳۲]. نتیجه پردازش‌های حاصل از اجرای این پالایه‌ها روی تصویر مورد آزمایش، خطوط ساحلی را ارائه داد. ارزیابی کمی این نتایج، بر اساس این تصویر مرجع، S.F. انجام شد.

جدول ۴. مختصات زیرمجموعه‌ها، از چپ به راست به ترتیب، درجه، دقیقه و ثانیه

مختصات	طول	کمیته			بیشینه		
		۸۸	۲۴	۵۶/۵۲	۸۷	۵۶	۶
جغرافیایی	عرض	۳۰	۲۰	۵۶/۴	۳۰	۳۳	۴۵

#### ۵-۸-۱. شاخص‌های ارزیابی کیفیت

##### ۵-۸-۱-۱. نسبت دامنه سیگنال به نوفه

نسبت PSNR، سنجه‌ای کمی است که در ارزیابی کیفیت تصویر مورد آزمایش بر اساس تصویر مرجع به‌کار برده می‌شود. بالاتر بودن PSNR برای تصویر خروجی حاصل از یک پالایه، از معیارهای بهتر بودن آن پالایه است. در فرمول ۸، رابط IPSNR آورده شده است. تصویر مرجع (در فرمول ۸، به‌عنوان سیگنال)، برای مقایسه نتیجه هر پالایه، با آن، تصویر پردازش شده، به‌عنوان موردی برای آزمایش، به‌عنوان نوفه، استفاده شد. با این سنجه، بین خروجی‌های حاصل از اعمال سه پالایه آشکارساز لبه، روی تصویر مورد آزمایش، پالایه بهتر انتخاب شد [۳۳].

$$PSNR = 20 \times \log_{10} \left( \frac{m}{\sqrt{MSE}} \right) \quad (8)$$

همبستگی دوبعدی بهنجار شده از نوع cross-correlation، سنجۀ دیگری برای ارزیابی کیفیت تصویر مورد آزمایش بر اساس تصویر مرجع است [۳۶]. فرض می‌شود  $\bar{x}$  و  $\bar{y}$ ، نشان‌دهنده بردارهای به ترتیب، حاصل از، تصویر مرجع و تصویر مورد آزمایش باشند. این سنجۀ، با فرمول ۱۰ تعریف می‌شود [۳۷]، مقدار آن در بازه [-۱۱] بوده و هرچه به عدد یک نزدیک‌تر باشد، تصویر مورد آزمایش، تطابق بیشتری با تصویر مرجع دارد.

$$\gamma(u,v) = \frac{\sum_{x,y} [f(x,y) - \bar{f}_{u,v}] [t(x-u, y-v) - \bar{t}]}{\left\{ \sum_{x,y} [f(x,y) - \bar{f}_{u,v}]^2 \sum_{x,y} [t(x-u, y-v) - \bar{t}]^2 \right\}} \quad (10)$$

تعریف مؤلفه‌ها و جمله‌های استفاده شده در فرمول ۱۰، در مرجع مربوطه آورده شده است.

## ۶. یافته‌ها و نتایج

در مطالعه درباره سواحل ایران، اگر داده‌هایی مشابه با آنچه در روندنمای مقاله بیان شده بود، حاصل شوند، امکان استفاده از روش بالا در سواحل می‌تواند وجود داشته باشد. از آنجا که فرسایش در مناطق ساحلی همواره امکان‌پذیر است و ممکن است ناشی از عواملی همچون تغییر در الگوی امواج، نوسان تراز آب دریا، مورفودینامیک رودخانه باشد [۳۸]، بنابراین بررسی تصاویر خطوط ساحلی در سال‌های مختلف، می‌تواند در شناخت چگونگی تغییر، مؤثر باشد.

مقادیر عددی نتایج کیفیت‌سنجی، در جدول ۵ آورده شده است. با توجه به این جدول، بهترین پالایه آشکارساز لبه، راینسون بوده است. در ارزیابی کیفیت آشکارسازی خطوط ساحلی حاصل از هر یک از پالایه‌ها، بر اساس تصویر مرجع، با توجه به ماهیت برداری داده‌ها، همبستگی خطی پی‌ارسن<sup>۲۷</sup> در این زمینه قابل استفاده بود. اما با توجه به تفاوت تعداد داده در تصویر خطوط ساحلی حاصل شده از S.F. (تصویر مرجع برای خطوط ساحلی)، با تصاویر خطوط ساحلی حاصل شده از اجرای پالایه‌های آشکارسازی لبه، این ضریب به‌طور دقیق، قابل محاسبه نبود، و فقط برای ساحل به‌کاربرده شد.

سایر کمیت‌های ارزیابی کیفیت، برای ساحل و خطوط ساحلی قابل استفاده بودند. در روش‌های استفاده شده، عواملی در کاهش کیفیت آشکارسازی مؤثر هستند مانند: کم بودن وضوح باندها برای ساخت تصاویر NDWI و کم بودن وضوح باندهای تصویر مرجع ساحل، مکان و میزان پوشش ابر در تصاویر RGB و غیر RGB از ناحیه مورد مطالعه که داده خام محسوب می‌شوند و با وب‌گاه ارائه‌دهنده داده بیان شده، وضوح S.F. مورد استفاده به‌عنوان مرجع خط ساحلی، زمان ایجاد داده (چه ساعتی در شبانه‌روز تصویربرداری انجام شده است)، نوع سنجنده (اکتیو/پسیو)، سطح پیش‌پردازش داده با ارائه‌دهنده آن، پیش از پردازش آن به‌وسیله کاربر و زاویه مشاهده سنجنده نسبت به ناحیه مورد مطالعه، و وسعت ناحیه‌ای که تصویر آن را ثبت نموده است. با توجه به آنچه در تعریف S.F. بیان شد، به‌کارگیری S.F. در حالتی که از مرجعی معتبر، که داده‌های درون shape را بر اساس اندازه‌گیری‌های زمینی یا روش‌هایی که صحت داده‌ها مورد تأیید بوده، ارائه داده باشد، خود می‌تواند منبعی مناسب برای صحت‌سنجی خطوط ساحلی حاصل از اجرای پردازش‌ها محسوب شود. وقتی که تصویر مرجع، با ارائه‌دهنده‌ای که از پیش، کیفیت عملکرد سنجنده و میزان خطای آن را در تشخیص مختصات نقاط زمینی برآورد کرده، ارائه شده باشد، می‌تواند مرجع مناسبی برای صحت‌سنجی آشکارسازی ساحل باشد [۳۹].

در پژوهش کنونی، روند استخراج ساحل و خطوط ساحلی برای یک دوره زمانی معرفی شد. با اجرای این روند برای دوره‌های مختلف و مقایسه آن‌ها، تشخیص روند تغییرات امکان‌پذیر است.

در خلیج گرگان، شبه‌جزیره میانکاله، آشکارسازی و سنجش میزان تغییرات در بازه زمانی ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۶ انجام شده است. اگر داده‌های ماهواره‌ای برای یک منطقه، کافی یا موجود نباشند، تصاویر ماهواره‌ای گوگل ارت و هوایی نیز قابل استفاده هستند، اما در این موارد، روند پردازش تصاویر، ممکن است متفاوت باشد [۴۰، ۴۱].

جدول ۵. نتایج کیفیت سنجی

نام پالایه آشکارسازی لبه	PSNR	MSE	SSIM	Normalized 2-D cross-correlation (for coast) Pearson's linear correlation (for coastline)
برای ساحل	۵۳/۲۸۴	۰/۳۰۵۲	۰/۸۸۳	۰/۸۷۵
Roberts	۶۶/۱۳۰	۰/۰۱۵۸	۰/۸۷۴	
برای خط ساحلی	Canny	۶۵/۳۹۳	۰/۰۱۸۷	۰/۸۶۱
Robinson	۶۶/۸۳۴	۰/۰۱۳۴	۰/۸۷۵	

مختلف رسوب، رسوبات ناشی از خشکی<sup>۲۹</sup> مهم می‌باشند. اگر میزان پسروری یا پیشروی در محدوده ساحل، در سال‌های متوالی مدنظر باشد، با برهم‌نهی و مقایسه تصاویر ساحلی و خط ساحلی حاصل از این پژوهش، امکان محاسبه تغییر مساحت و فواصل وجود دارد. همچنین میزان تغییر در گستره‌های آبی درون ساحل، مانند زمین‌های کشاورزی و تغییر مسیر رودخانه‌هایی که به دریا می‌ریزند نیز، قابل بررسی می‌باشد. اگر از شاخص‌های دیگری، نظیر NDVI نیز استفاده شود، بررسی پوشش گیاهی تغییر یافته در ناحیه مورد مطالعه نیز قابل انجام می‌باشد. منطقه مورد مطالعه، به دلیل نزدیکی به ناحیه گلف پورت که اهمیت نظامی دارد و مرکز گردان عمرانی نیروی دریایی ایالات متحده آمریکا، در خلیج مکزیک، در مجاورت اقیانوس اطلس می‌باشد، انتخاب شد.

### مراجع

- [1] Dominici D, Zollini S. Remote Sensing in Coastline Detection. Journal of Marine Science and Engineering. 2020;8(7):498.
- [2] Kaliraj S, Chandrasekar N, Magesh NS. Evaluation of coastal erosion and accretion processes along the southwest coast of Kanyakumari, Tamil Nadu using geospatial techniques. Arabian Journal of Geosciences. 2015 Jan;8(1):239-53.
- [3] Abolhassani N, Kimm H. Performance analysis on edge detection algorithms for coastline image detection. Proceedings of the 10th IASTED International Conference on Visualization, Vision and Image Processing; 2012 Jul 3; Banff, Canada.
- [4] Zulkifl FA, Hassan R, Asmuni H, M. Othman R. Shoreline detection, in Tanjung Piai, Malaysia by improving the low brightness and contrast of SPOT-5 images using the NIR-HE method. International Journal of Image and Data Fusion. 2016 Apr 2;7(2):172-88.

### ۷. مقایسه روند پژوهش با سایر پژوهش‌ها

ون و بینه در سال ۲۰۰۸، در ناحیه زونین ویتنام، با استفاده از سنجش‌ازدور و سامانه GIS، اجرای روش نسبت بانندی روی تصاویر لندست و آستر، تغییر در خطوط ساحلی را، بین سال‌های ۱۹۸۹ تا ۲۰۰۴ بررسی نمودند. در زمینه میزان دقت در نتایج و عوامل مؤثر بر خطا، موردی در مقاله اشاره نشده است [۴۲].

یاسر و همکاران در سال ۲۰۲۰، با استفاده از GIS، استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، تغییرات موقعیت ساحلی منطقه ساحلی چینگدائو را از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۹ بررسی کردند. تغییرات ساحل با استفاده از روش‌های آماری نظیر نرخ همبستگی خطی برآورد شد. در استخراج خودکار خط ساحلی، بهترین روش، روش آشکارسازی لبه تشخیص داده شد و پالایه کنی بهترین عملکرد را داشت [۴۳].

### ۸. نتیجه گیری

از آنجاکه ایجاد سازه‌های ساحلی، در مواردی همچون ساخت و توسعه بندرگاه، خطوط حمل‌ونقل، بازرگانی و حفظ محیط‌زیست، نیازمند آگاهی از میزان پایداری و تغییرات ساحلی است، بنابراین، مطالعه میزان این تغییرات، در طی زمان، اهمیت دارد. همچنین موجودات آبرزی مخصوص این مناطق و پرندگان مهاجر نیز از تغییرات زیست‌بوم در این نواحی تأثیرپذیرند. این تغییرات ممکن است شامل حداقل یکی از موارد، میزان وسعت، فرسایش و کاهش پوشش گیاهی و سایر موارد باشد. نوسان سطح تراز دریا، آب‌پویایی‌شناسی<sup>۲۸</sup> دریا، تغییرات اقلیمی و رسوب، شماری از عوامل ایجاد تغییرات می‌باشند. برای نمونه، از میان انواع

- Remote Sensing Images Based on Multi-View Simulation and a Piecewise Model. *Sensors*. 2016 Oct;16(10):1725.
- [18] Understanding & evaluating satellite remote sensing technology in Ag [Internet]. *Urthecast.com*. 2017 [cited 2021 Mar 29]. Available from: <https://www.urthecast.com/tech-insights/understanding-and-evaluating-satellite-remote-sensing-technology-in-agriculture/>
- [19] Burguillos C, Deng H. Emergency Communications Network For Disasters Management In Venezuela. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 2018 Apr 30;42(3).
- [20] S1TBX Synergetic use of S1 (SAR) and S2 (optical) data Tutorial [Internet]. European Space Agency (ESA); [cited 2020]. Available from: [http://step.esa.int/docs/tutorials/S1TBX%20Synergetic%20use%20of%20S1%20\(SAR\)%20and%20S2%20\(optical\)%20data%20Tutorial.pdf](http://step.esa.int/docs/tutorials/S1TBX%20Synergetic%20use%20of%20S1%20(SAR)%20and%20S2%20(optical)%20data%20Tutorial.pdf)
- [21] What is the Worldwide Reference System (WRS)? [Internet]. *Usgs.gov*. [cited 2021 Mar 29]. Available from: [https://www.usgs.gov/faqs/what-worldwide-reference-system-wrs?qt-news\\_science\\_products=0](https://www.usgs.gov/faqs/what-worldwide-reference-system-wrs?qt-news_science_products=0)
- [22] Sarp G, Ozcelik M. Water body extraction and change detection using time series: A case study of Lake Burdur, Turkey. *Journal of Taibah University for Science*. 2017 May 1;11(3):381-91.
- [23] Finn MP, Reed MD, Yamamoto KH. A straight forward guide for processing radiance and reflectance for EO-1 ALI, Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM+, and ASTER. Unpublished Report from USGS/Center of Excellence for Geospatial Information Science. 2012;8.
- [24] LANDSAT 8 (L8) DATA USERS HANDBOOK [Internet]. International centre for Developing Science and Technology (ICDST); 2016. Available from: <http://dl.icdst.org/pdfs/files/2512b7ec8c34f3a7330e7fa339792e5e.pdf>
- [25] Burn Indices Tutorial [Internet]. *Harrisgeospatial.com*. [cited 2021 Mar 29]. Available from: <http://www.harrisgeospatial.com/docs/BurnIndicesTutorial.html>
- [26] Lillesand T, Kiefer RW, Chipman J. Remote sensing and image interpretation. John Wiley & Sons; 2014 Dec 31.
- [5] Paravolidakis V, Ragia L, Moirogiorgou K, Zervakis M. Automatic Coastline Extraction Using Edge Detection and Optimization Procedures. *Geosciences*. 2018;8(11):407.
- [6] Li X, Damen MC. Coastline change detection with satellite remote sensing for environmental management of the Pearl River Estuary, China. *Journal of Marine Systems*. 2010 Aug 1;82:S54-61.
- [7] Naval Construction Battalion Center Gulfport [Internet]. *Navy.mil*. [cited 2021 Mar 29]. Available from: [https://www.cnbc.navy.mil/regions/cnrse/installations/nbc\\_gulfport.html](https://www.cnbc.navy.mil/regions/cnrse/installations/nbc_gulfport.html)
- [8] Shields RV Park [Internet]. *Militarycampgrounds.us*. 2021 [cited 2021 Mar 29]. Available from: <https://www.militarycampgrounds.us/mississippi/shields-rv-park>
- [9] Young NE, Anderson RS, Chignell SM, Vorster AG, Lawrence R, Evangelista PH. A survival guide to Landsat preprocessing. *Ecology*. 2017 Apr 1;98(4):920-32.
- [10] Addair T. USGS Isis: Glossary [Internet]. *Usgs.gov*. [cited 2021 Mar 29]. Available from: <https://isis.astrogeology.usgs.gov/documents/Glossary/Glossary.html>
- [11] De Jong SM, Van der Meer FD, editors. Remote sensing image analysis: including the spatial domain. Springer Science & Business Media; 2007 Jul 26.
- [12] Chen CH. Signal and image processing for remote sensing. CRC press; 2012 Feb 22.
- [13] Landsat Analysis Ready Data (ARD) Data Format Control Book [Internet]. 7.0. USGS; 2020. Available from: [https://prd-wret.s3.us-west-2.amazonaws.com/assets/palladium/production/atoms/files/LSDS-1873\\_US-Landsat%20C1-ARD-DFCB-v7.pdf](https://prd-wret.s3.us-west-2.amazonaws.com/assets/palladium/production/atoms/files/LSDS-1873_US-Landsat%20C1-ARD-DFCB-v7.pdf)
- [14] Landsat 8 [Internet]. *Usgs.gov*. [cited 2021 Mar 29]. Available from: [https://www.usgs.gov/core-science-systems/nli/landsat/landsat-8?qt-science\\_support\\_page\\_related\\_con=0](https://www.usgs.gov/core-science-systems/nli/landsat/landsat-8?qt-science_support_page_related_con=0)
- [15] Eamus D, Huete A, Yu Q. Vegetation dynamics. Cambridge University Press; 2016.
- [16] Landsat 8 Overview [Internet]. *Nasa.gov*. [cited 2021 Mar 29]. Available from: <https://landsat.gsfc.nasa.gov/landsat-8/landsat-8-overview/>
- [17] Wang C, Liu X, Zhao X, Wang Y. An Effective Correction Method for Seriously Oblique



- Peninsula, Sri Lanka. Marine Geodesy. 2018 Nov 2;41(6):546-80.
- [41] Shoshany M, Degani A. Shoreline detection by digital image processing of aerial photography. Journal of Coastal Research. 1992 Jan 1:29-34.
- [42] Van TT, Binh TT. Shoreline change detection to serve sustainable management of coastal zone in Cuu Long Estuary. In: International Symposium on Geoinformatics for Spatial Infrastructure Development in Earth and Allied Sciences 2008 Dec (Vol. 1).
- [43] Yasir M, Sheng H, Fan H, Nazir S, Niang AJ, Salauddin M, Khan S. Automatic Coastline Extraction and Changes Analysis Using Remote Sensing and GIS Technology. IEEE Access. 2020 Sep 30;8:180156-70.
- [27] Soille P. Morphological image analysis: principles and applications. Springer Science & Business Media; 2013 Mar 14.
- [28] Liu C, Xiao Y, Yang J. A coastline detection method in polarimetric SAR images mixing the region-based and edge-based active contour models. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. 2017 Jul;55(7):3735-47.
- [29] Lim JS. Two-dimensional signal and image processing. Englewood Cliffs. 1990.
- [30] Parker JR. Algorithms for image processing and computer vision. John Wiley & Sons; 2010 Nov 29.
- [31] Region of Interest (ROI) Tool [Internet]. L3harrisgeospatial.com. [cited 2021 Mar 29]. Available from: <https://www.l3harrisgeospatial.com/docs/RegionOfInterestTool.html>
- [32] Shapefiles [Internet]. Gmu.edu. [cited 2021 Mar 29]. Available from: <http://cola.gmu.edu/grads/gadoc/shapefiles.html>
- [33] Attar A, Shahbahrani A, Rad RM. Image quality assessment using edge based features. Multimedia Tools and Applications. 2016 Jun 1;75(12):7407-22.
- [34] Fraser K, Wang Z, Liu X. Microarray image analysis: an algorithmic approach. Chapman and Hall/CRC; 2010 Jan 25.
- [35] Wang Z, Bovik AC, Sheikh HR, Simoncelli EP. Image quality assessment: from error visibility to structural similarity. IEEE transactions on image processing. 2004 Apr 13;13(4):600-12.
- [36] Joshi MA, Raval MS, Dandawate YH, Joshi KR, Metkar SP. Image and video compression: Fundamentals, Techniques, and Applications. CRC press; 2014 Nov 17.
- [37] Khalil MI, Ibrahim A. Quick Techniques for Template Matching by Normalized Cross-Correlation Method. Journal of Advances in Mathematics and Computer Science. 2015 Aug 31:1-9.
- [38] Van Rijn LC. Coastal erosion and control. Ocean & Coastal Management. 2011 Dec 1;54(12):867-87.
- [39] Calibration - sentinel-2 MSI technical guide - sentinel online - sentinel [Internet]. Esa.int. [cited 2021 Mar 29]. Available from: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/technical-guides/sentinel-2-msi/calibration>
- [40] Warnasuriya TW, Gunaalan K, Gunasekara SS. Google earth: A new resource for shoreline change estimation—Case study from Jaffna

## پی نوشت

1. Histogram
2. Normalized difference water index
3. Peak signal to noise ratio
4. Structural Similarity Index
5. Typhoon
6. Cyclone
7. Storm surge
8. Geohydrology
9. <https://earthexplorer.usgs.gov/>
10. Flowchart
11. Digital Number
12. Pixel
13. Calibrate
14. Radiance
15. Reflectance
16. Nadir
17. Filter
18. Abbreviation regarded: S.F.
19. <http://www.marineregions.org>
20. <http://esri.com/>
21. Point
22. Line
23. Polygon/ Areas
24. Binary
25. Luminance
26. Normalized 2-D cross-correlation
27. Pearson's linear correlation
28. Hydrodynamics
29. Terrigenous