

## آشکارسازی خطوط ساحلی با تکنیک پردازش تصویر ماهواره‌ای

**محمد اکبری نسب\***: استادیار گروه فیزیک دریا، دانشکده‌ی علوم دریایی، دانشگاه مازندران، بابلسر

**طاهر صفرزاده**: استادیار اقیم‌شناسی، دانشکده‌ی علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه مازندران، بابلسر

**مهدی اکبرزاده**: کارشناسی ارشد دانشگاه مازندران، دانشکده‌ی علوم دریایی، دانشگاه مازندران، بابلسر

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۱۲/۱۵ تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۵/۱۸

### چکیده

نظرات بر نواحی ساحلی از عوامل مهم در مدیریت منابع طبیعی است. خط ساحلی تحت تأثیر پارامترهای مانند زمین‌شناسی، هیدرولوژی، اقلیمی، پوشش گیاهی، عوامل انسانی، هیدرودینامیک محیط، مورفولوژی منطقه و غیره همواره در تحول است. هدف از این پژوهش، آشکارسازی ساحل، خط ساحلی و تغییر آنها در بازه‌ی زمانی کلی و مقطعی بین سال‌های ۲۰۰۱، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۶ میلادی در منطقه‌ی میانکاله در جنوب شرقی دریای خزر است. در این مطالعه، داده‌ها از سه ماهواره‌ی لنست<sup>۱</sup> و ماهواره‌ی سنتینل-۲A<sup>۲</sup> استخراج، سپس شاخص تفاضلی نرم‌الشده‌ی گیاهی<sup>۳</sup>، برای هر یک از داده‌ها محاسبه شد. برای شناسایی محدوده‌ی خشکی، تصویر NDVI<sup>۴</sup> حاصل از داده‌ی ماهواره‌ی لنست<sup>۱</sup> مربوط به سال ۲۰۱۶ استخراج شد. بر روی تصویر خروجی، سه فیلتر آشکارساز لبه‌ی سوبل، پرویت و زیروکراس در محیط نرم‌افزار مطلب اعمال شد. همچنین تصویر NDVI > 0 سنتینل-۲A<sup>۲</sup> مربوط به سال ۲۰۱۶ نیز استخراج شد. این تصویر به عنوان سیگنال، انتخاب و برای بررسی فیلترهای آشکارساز لبه استفاده شد. معیار PSNR تقریباً برابر با ۵۳,۲۳ است. نتایج بهتری را نسبت به دو فیلتر دیگر نشان داد. محاسبه‌ی تغییرات مساحت در سال‌های مختلف، پس از اجرای فیلتری برای کاهش نویزهای تصویر مانند ماندآب‌ها، کشتزارها و ... اجرا شد. سپس تغییرات مساحت در این سه دوره تجزیه و تحلیل شد. برمنای سه دوره‌ی زمانی، نتایج تغییرات محسوس و با دامنه‌های متفاوت از نظر پیشروعی خشکی، ساحلی را در سواحل و خطوط ساحلی خلیج گرگان نشان داد. این تغییرها، شاید به دلیل یک یا بیشتر از عواملی مانند تغییر در سطح تراز آب دریای خزر در بازه‌ی زمانی مطالعه و تغییر در محدوده‌ی ساحل به دلیل افزایش رسوبات در خط ساحلی یا موارد دیگر است.

واژگان کلیدی: آشکارساز لبه، خط ساحلی، سنتینل ۲A، لنست، NDVI، PSNR.

\* نویسنده مسئول: m.akbarinasab@umz.ac.ir

<sup>1</sup> Landsat Sensors

<sup>2</sup> Sentinel-2A

<sup>3</sup> Normalized Difference Vegetation Index: NDVI

<sup>4</sup> Peak Signal to Noise Ratio: PSNR

## ۱- مقدمه

چنانچه سواحل دریاهای بدون دخالت‌های انسانی باشد، پایداری طبیعی خود را حفظ می‌کند و علی‌رغم تغییرات کوتاه مدت، درنهایت یک محیط زیست سالم ساحلی ایجاد می‌شود. سواحل از نظر شکل به سواحل طبیعی، سواحل صخره‌ای و شنی طبقه‌بندی می‌شود (Zhang et al, 2014). کمیته‌ی بین‌المللی جغرافیا، خطوط ساحلی را یکی از مهم‌ترین عوارض جغرافیایی سطح زمین در نظر گرفته است (Li et al 2002). نواحی ساحلی از عوامل طبیعی و انسانی تأثیرپذیرند؛ عواملی مانند امواج آب دریا، باد (Le Cozannet et al, 2011) و نوسان‌های سطح تراز دریا (Cooper and Pilkey, 2004) که می‌توانند به تغییر در خطوط ساحلی و عوارض سواحل منجر شوند. خط ساحلی تحت تأثیر پارامترهای زیادی مانند زمین‌شناسی، هیدرولوژی، اقلیمی، پوشش گیاهی و غیره همواره در تحول است (Guariglia et al, 2006). مطالعات مختلفی در زمینه‌ی بررسی تغییرات خط ساحلی و دلایل آن با استفاده از تصویرهای ماهواره‌ای اجرا شده است (Huang and Fan, 2004 & Zhang et al, 2013 & Ghosh et al, 2015) ها درباره‌ی این نواحی می‌شود. نظارت بر نواحی ساحلی برای توسعه‌ی پایدار (Kaliraj et al, 2015) و حفظ محیط زیست مهم است.

امروزه با توجه به اینکه کارهای میدانی پرهزینه و وقت‌گیر است، با استفاده از سنجش از دور و تکنیک‌های پردازش تصاویر می‌توان پدیده‌ی موردنظر را از این تصاویر آشکار کرد. محیط‌های ساحلی تحت تأثیر فرایندهای دریایی، تغییرات آب و هوایی، فرآیندهای خشکی، عوامل انسانی، جابه‌جایی مسیر رودخانه‌ها و غیره قرار می‌گیرند. داده‌های سنجش از دور از منابع اطلاعات مؤثر برای بررسی و تفسیر لندفرم‌های ساحلی، سطوح جزر و مدی، تغییرات خطوط ساحلی، عمق آب و غیره به شمار می‌رود (Yamani et al, 2012).

پتروپولوس و همکاران (2015)، تغییرات زمانی فرسایش و رسوب را در دو دلتای رودخانه‌ای آکسیوس و آلیکموناس در کشور یونان مطالعه کردند. در این مطالعه از داده‌های ماهواره‌ی لندست استفاده و دو روش بر روی تصاویر اعمال شد. بهینه‌سازی<sup>۱</sup> تصاویر با استفاده از دو روش صورت گرفت؛ یکی روش رقومی‌سازی مستقیم تصویرها و دیگری، طبقه‌بندی تصویر نیمه خودکار بر پایه‌ی SVM<sup>۲</sup> است. بررسی میزان فرسایش نیز در محیط GIS اجرا شد. نتایج نشان داد که تغییرات محسوس در دلتاهای ساحلی و تفاوت در حدود ۵ تا ۲۰ درصد بین نقشه‌ی تغییرات ساحلی، بر پایه‌ی SVM ها با روش اولیه است (Petropoulos et al, 2015).

زولکیفل و همکاران (2016) ناحیه‌ی تانجونگ پای در کشور مالزی را با استفاده از داده‌های ماهواره‌ی Spot-5 مطالعه کردند. آنها با توجه به امکان روشنایی و کنتراست کم تصاویر در شرایط هوای مهآلود، برای بهبود کیفیت آن روشی را به نام معادل‌سازی هیستوگرام مادون قرمز<sup>۳</sup> پیشنهاد کردند. بهبود کیفیت در این روش، حدود ۹۰ درصد برآورد شد. استفاده از روش DCP<sup>۴</sup> در پردازش حذف مه، اجرای NIR-HE، طبقه‌بندی تصاویر، به دست آوردن شاخص NDVI، بررسی هیستوگرام، آشکارسازی لبه‌ها در تصاویر و تنظیم کنتراست و روشنایی، جزء پردازش‌هایی

<sup>1</sup> Enhancement<sup>2</sup> Support Vector Machine: SVM<sup>3</sup> Near-infrared Histogram Equalisation: NIR-HE<sup>4</sup> Dark Channel Prior: DCP

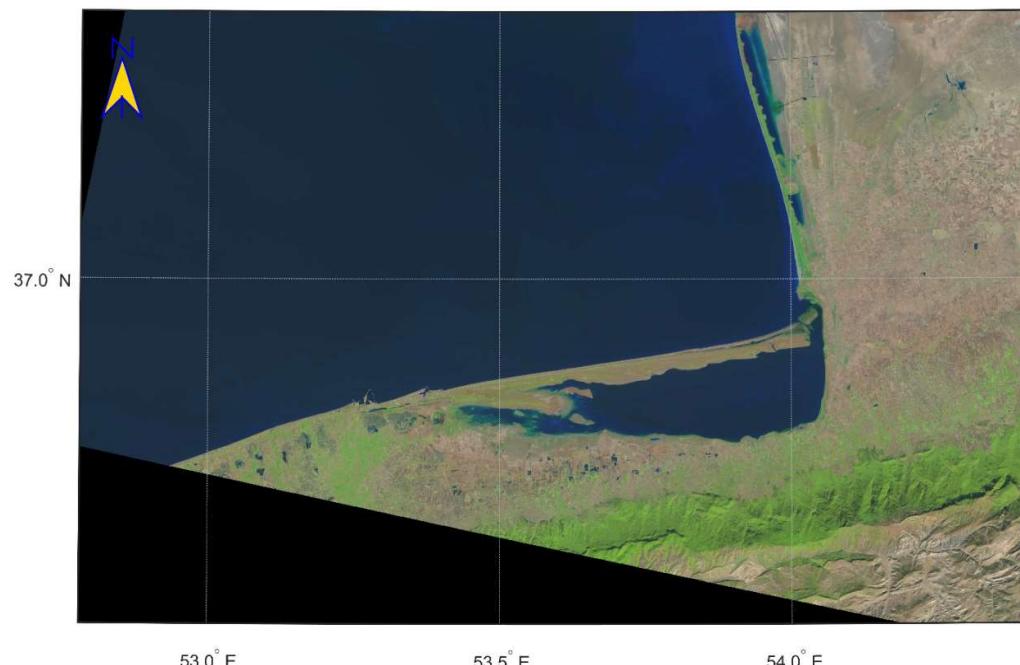
است که انجام دادند. نتایج نشان می‌دهد در تصاویر با میزان کنتراست و روشنایی کم، روش NIR-HE نسبت به روش‌های دیگر بهتر است (Zulkifle et al, 2016).

نزاکتی و همکاران (2010) حساسیت فیزیکی ساحل را با بررسی خط ساحلی با استفاده از مدل‌های ارائه شده توسط NOAA، شاخص حساسیت محیط زیستی (ESI) با توجه به بازدیدهای میدانی، استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی (GIS) تقسیم‌بندی کردند. نتایج نشان داد عواملی مانند میزان تنوع ژئومورفولوژیکی، جنس بستر ساحل و وجود منابع زیستی حساس، در زمان بروز آلودگی نفتی، این نواحی آسیب‌پذیر محسوب می‌شوند. کاکرودی و همکاران (2013) در بخش جنوبی دریای خزر به مطالعه پرداختند. در این مطالعه از داده‌های ماهواره‌های لندست، نقشه‌ای قدیمی، تصویرهای هوایی، نقشه‌های عوارض زمین و تکنیک بارزسازی لبه استفاده شد. نتایج، تغییر محسوس در خط ساحلی را نشان می‌دهد که از تغییر سطح تراز دریا تأثیر یافته‌است (Kakroodi et al, 2013).

هدف از این مطالعه، اعمال تعدادی از روش‌های آشکارسازی لبه، مقایسه‌ی آنها و بهینه ساختن نتایج این آشکارسازی برای تشخیص خط ساحلی است که برپایه‌ی داده‌های سنجش از راه دور در بخش‌هایی از شبکه جزیره‌ی میانکاله، جزیره‌ی آشوراده و خلیج گرگان اجرا شده است.

## ۲- منطقه‌ی مورد مطالعه

شبکه جزیره‌ی میانکاله در منتهی‌الیه جنوب شرقی دریای خزر، در دوازده کیلومتری شمال شهر بهشهر در استان مازندران ایران واقع است. مساحت شبکه جزیره، بیش از شصت و هشت هزار هکتار و ارتفاع آن بین ۱۵ تا ۲۸ متر کمتر از سطح دریای آزاد است. میانکاله از سال ۱۳۴۸ به عنوان منطقه‌ی حفاظت‌شده تعیین شد و هم اکنون با عنوانین پناهگاه حیات وحش، تالاب بین‌المللی و ذخیره‌گاه طبیعی زیست کره، تحت حفاظت محیط زیست قرار دارد. در سواحل جنوبی دریای خزر، منطقه‌ای مانند میانکاله وجود ندارد که محیط طبیعی آن در وضعیتی نسبتاً دست‌نخورده مانده باشد. تالاب‌ها و سواحل این منطقه نیز علاوه بر پرندگان مهاجر، محل تخم‌گذاری و زیستگاه اصلی بسیاری از ماهیان دریای خزر است. جزیره‌ی آشوراده (تنها جزیره‌ی ساحل ایران در دریای خزر) در بخش شرقی شبکه جزیره‌ی میانکاله واقع است. میانکاله زیستگاه‌های مهمی دارد مانند: تالاب‌ها، گل‌های بین دریایی، جنگل‌ها و زمین‌های کشاورزی. بخشی از میانکاله، جزیره‌ی آشوراده و خلیج گرگان جزء نواحی مطالعه شده بود. افزایش گرمای زمین و کاهش باران و برف به کاهش سهم خلیج گرگان از آب دریای خزر منجر شده است. در سال ۱۳۹۶، سطح آب دریای خزر ۴ سانتی‌متر پایین‌تر آمد و سهم خلیج گرگان از آب این دریا، ۱۶ میلیون متر مکعب کاهش یافت. پسروی ۲ تا ۵ کیلومتری دریای خزر و کاهش آب خلیج گرگان، بستری برای ریزگردها ایجاد کرد. شکل (۱) موقعیتی را که ناحیه‌ی مورد مطالعه در بخشی از آن قرار دارد، نشان می‌دهد.



شکل ۱: منطقه‌ای که ناحیه‌ی مورد مطالعه در آن قرار دارد. ناحیه‌ی نشان دهنده‌ی خلیج گرگان، شیه‌جزیره‌ی میانکاله و جزیره‌ی آشوراده در جنوب شرقی دریای خزر و بخشی از هر یک از استان‌های مازندران و گلستان.

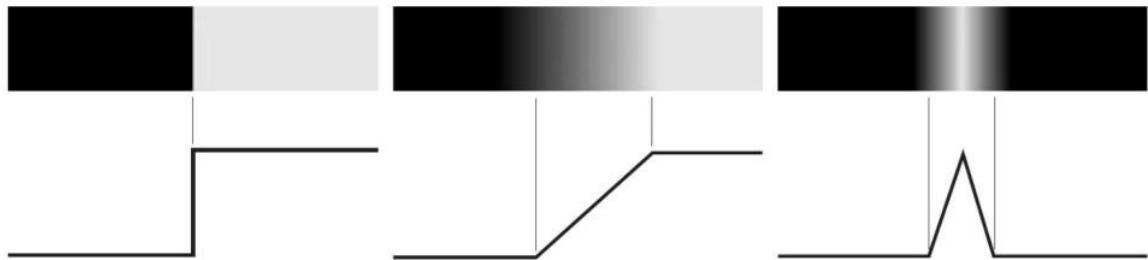
### ۳- مواد و روش

#### ۳-۱- تکنیک آشکارسازی لبه

آشکارسازی لبه‌ی یک تکنیک پردازش تصویر برای یافتن مرزهای اشیای درون آن، با توجه به تفاوت در میزان روشنایی پیکسل‌های آن است (Zulkifle et al, 2016). یک لبه را می‌توان تغییر ناگهانی در روشنایی<sup>۱</sup> یک تصویر تعریف کرد. در یک تصویر باینری، تغییر روشنایی بین مقادیر صفر و یک است (Qidwai and Chen, 2009). لبه، حاشیه‌ی بین یافته‌های بارز و اطراف آنها (پس زمینه) است. ویژگی‌های کمی و بصری تصویر مانند میزان نویز، روشنایی و ... از موارد مؤثر در آشکارسازی لبه‌ی اشیای درون تصویر هستند (Nagasankar and Ankaryarkanni (2016 & Marques, 2011؛ برای مثال، در شکل (۲) دو نوع لبه وجود دارد: لبه بامی یعنی جایی که مقادیر خاکستری به آرامی و لبه‌ی ایده‌آل (گام) که در آن مقدار خاکستری به طور ناگهانی تغییر می‌کند (Gonzalez and Woods, 2008). یک آشکارساز لبه‌ی ایده‌آل، باید پیکسلی منفرد در نقطه‌ی میانی جایی که شب وجود دارد، ایجاد کند. اگر زاویه‌ی شب برابر با نود درجه بود، آن لبه ایده‌آل نامیده می‌شود. امکان دارد لبه‌ها، مرزهای اشیای درون تصویر را نیز نشان دهد (Jiang and Guo, 2007). در لبه‌ی ایده‌آل تغییر با روندی ناگهانی، در لبه‌ی شبدار با روندی تدریجی و در لبه‌ی بام با روندی شبدار - که شامل تغییر افزایشی و کاهشی است - ایجاد می‌شود. لبه‌ها از نظر جهت انواع مختلفی دارند؛ مانند افقی، عمودی، قطری و گوشه‌ای (Liu et al, 2017 & Pratt, 2013).

<sup>۱</sup> Intensity

در این مطالعه با استفاده از نرم‌افزار Matlab، فیلترهایی مانند سوبل، پرویست و زیروکراس<sup>۱</sup> برای یافتن لبه‌ها در تصویرهای دارای مقادیر متفاوت روشنایی و در تصویرهای باینری استفاده شد. فیلتر زیروکراس برای شناسایی لبه‌ها، پس از فیلتر تصویر با فیلتری دیگر استفاده شد.

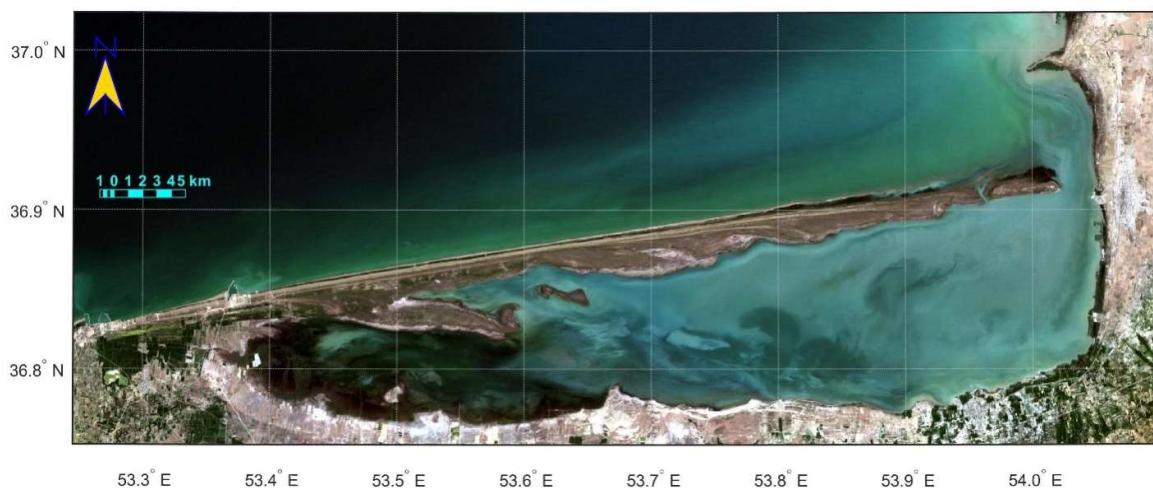


شکل ۲: لبه‌ها و مقطع عرضی آنها. از چپ به راست: لبه‌ی ایده‌آل، لبه‌ی شب‌دار و لبه‌ی بام.(Gonzalez and Woods, 2008)

### ۳-۲- مجموعه داده‌ی مورد استفاده

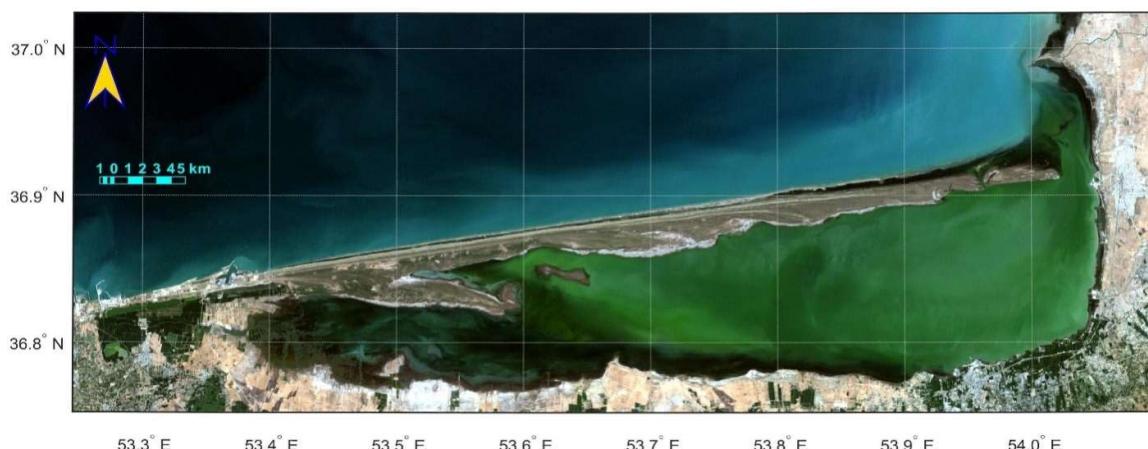
ناحیه‌ی مورد مطالعه، استخراج شده از تصویرهای RGB سه ماهواره‌ی لندست در سال‌های مختلف - که روشنایی باندهای آن با تابع imadjust در نرم‌افزار متلب (Matlab) بهبود یافته است - در شکل (۳) نشان داده شد. از روی تصاویر RGB سال‌های مختلف در این شکل، تغییر در محدوده خشکی‌ها در سال‌های ۲۰۰۹ و ۲۰۱۶ نسبت به سال ۲۰۰۱، محسوس هستند.

(الف)

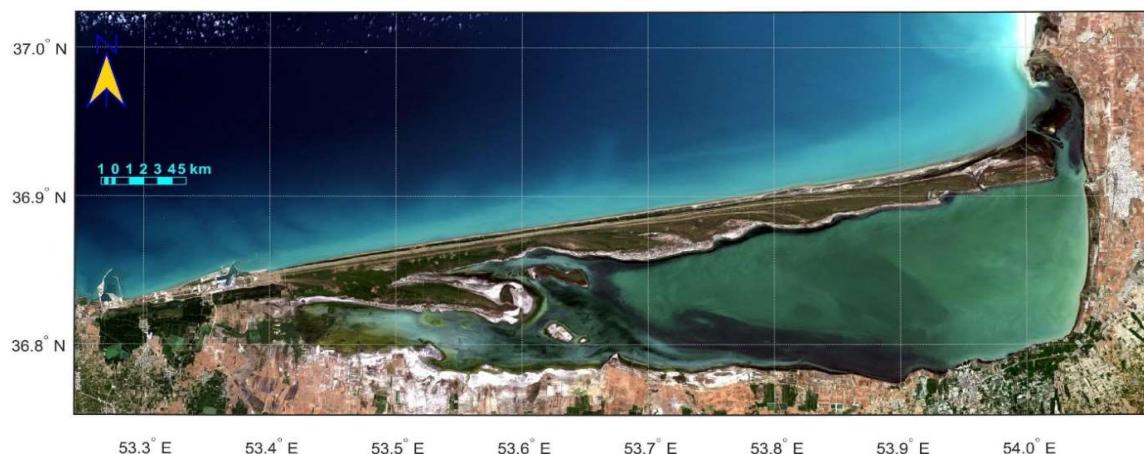


<sup>۱</sup> Sobel, Prewitt and Zerocross

(ب)



(ج)



شکل ۳: موقعیت جغرافیایی منطقه‌ی مورد مطالعه. ناحیه‌ی نشان دهنده‌ی خلیج گرگان، شیه‌جزیره‌ی میانکاله و جزیره‌ی آشوراده در جنوب‌شرقی دریای خزر، از تصویرهای RGB ماهواره‌های (الف) لندست ۷ در سال ۲۰۰۱، (ب) لندست ۵ در سال ۲۰۰۹ و (ج) لندست ۸ در سال ۲۰۱۶.

داده‌های پردازش شده در سطح یک (Level-1) در ماهواره‌ی لندست، DN<sup>۱</sup> می‌باشند (Young et al., 2017). از آنجا که این داده‌ها در مجموعه‌ی Pre-Collection و در سطح L1T پردازش شده بود، از نظر رادیومتریک کالیبره شده و از نظر هندسی تصحیح شده و نیازی به این دو نوع تصحیح نداشت (... 2017 & Landsat Collections ... 2017). داده‌ی ماهواره‌ی سنتینل-۲A، داده در سطح ۱C (Level-1C) تولید شده‌اند و تصاویر بازتابندگی بالای جو را در هر باند شامل می‌شود (SUEHET, 2015&Level-1C Processing ... 2017). از آنجا که این داده در سطح ۱C پردازش شده بود، از نظر رادیومتریک کالیبره شده و از نظر هندسی تصحیح شده‌اند و نیازی به این دو نوع تصحیح ندارند. مجموعه داده‌های استفاده شده و ویژگی آنها در جدول (۱) نشان داده شده‌است. داده‌ها از وب سایت USGS تهیه شدند و ناحیه‌ی مورد مطالعه را پوشش می‌دهند. از تصویرهای ماهواره‌های لندست برای استفاده در روند آشکارسازی خطوط ساحلی و از داده‌ی (بازتابندگی بالای جو) سنتینل-۲A، برای ارزیابی نتایج فیلترسازی استفاده می‌شود.

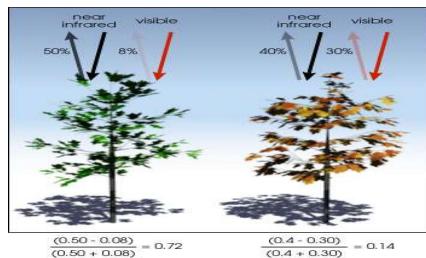
<sup>۱</sup> Digital number: DN

جدول ۱: روش استفاده شده برای انتخاب داده‌ها در وب‌سایت USGS و برخی از ویژگی‌های باندهای هر داده

(Search Criteria) معيارهای جستجو	Type				
	WRS2	WRS <sub>2</sub>	WRS2	-	
	Path-Row				
ماهواره‌ی	163-34	163- 34	163-34	163-35	
	Landsat 7	Landsat at 5	Landsat 8	Sentine l-2A	
	Landsat Archive				
(Data Sets) مجموعه داده‌ها	Sentine 1				
	Pre-Collecton-Level-1				
	LE7 ETM+ SLC-on (1999- 2003)	L4-5 TM	L8 OLI/TIR S	—	Sentine 1-2
(Additional Criteria) معيارهای دیگر					
پوشش ابر کمتر از	10%	10%	10%	10%	10%
(Day/Night Indicator) روز / شب	روز	روز	روز	روز	—
(Sensor ID) کد سنجنده	OLI TI RS				
Level-1 نوع داده در	ETM+ L1T	TM L1T	Level 1T	—	
نتایج					
کد هر مجموعه داده					
LE71630342001211SGS00	*				
LT51630342009209KHC01	*				
LC81630342016181LGN00	*				
S2A_OPER MSI_L1C_TL_MTI_20160604T072512_20160604T105 724_A004965_T39SYA_N02_02_01	*				
(Acquisition Date) تاریخ داده‌ی گرفته شده					
سال میلادی	۲۰۰۱	۲۰۰۹	۲۰۱۶	۲۰۱۶	
ماه	JUL	JUL	JUN	JUN	
روز	۳۰	۲۸	۲۹	۴	
وضوح (متر) باندهای استفاده شده	۳۰	۳۰	۳۰	۱۰	
شماره‌ی باندهای استفاده شده در ساخت تصویر					
RGB					
۱, ۲, ۳	*	*	*	*	
۲, ۳, ۴	*				
Near شماره‌ی باندهای فروسرخ نزدیک	۴	۴	۵		
Infrard	۸				
شماره‌ی باندهای بازنابندگی بالای جو	۸, ۴, ۳				

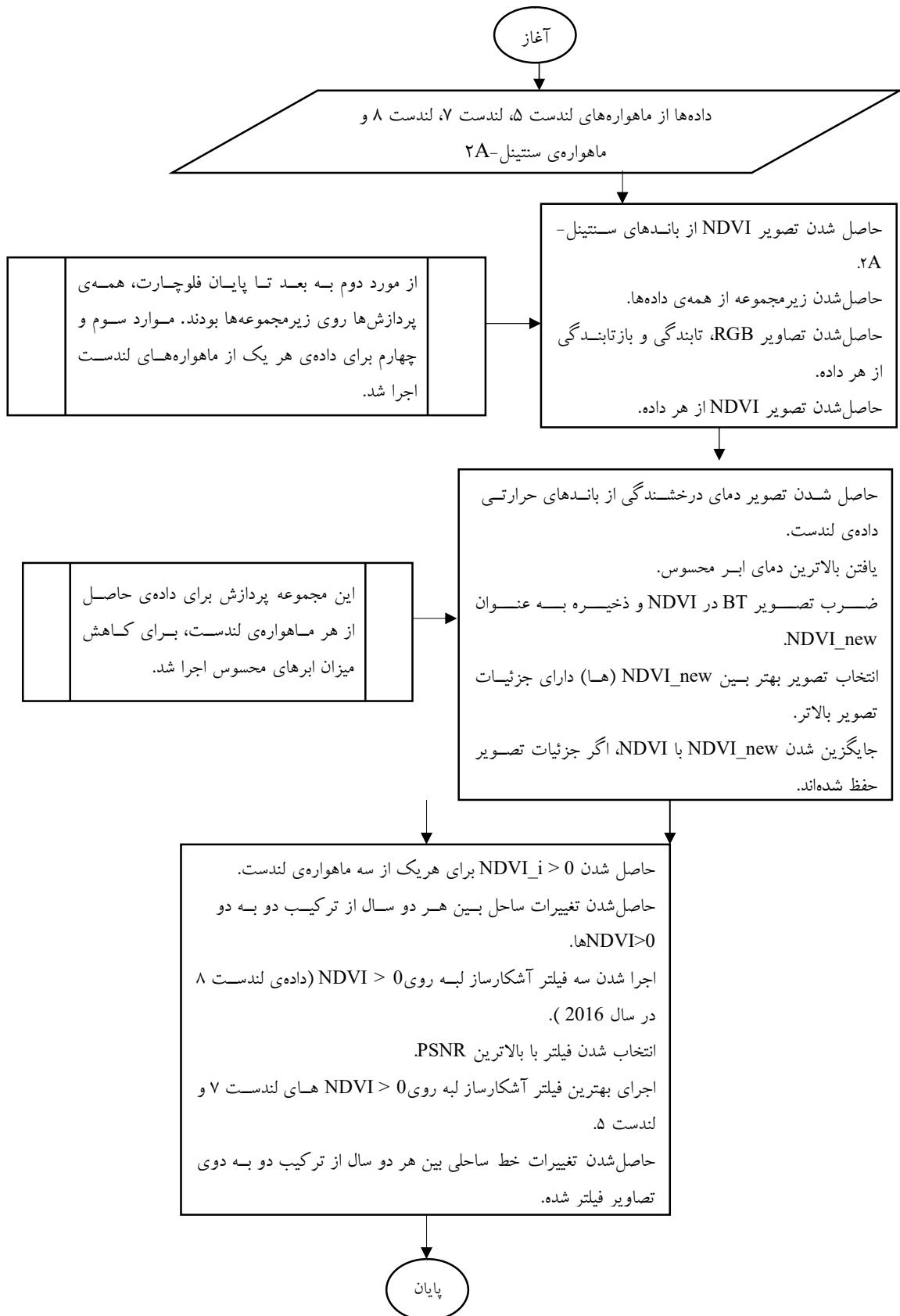
## ۳-۳- پردازش داده‌ها

در این مقاله، خط ساحلی به عنوان مرز بین آب و غیر آب تعریف می‌شود. برای نمونه بخش‌هایی از پوشش گیاهی با توجه به اینکه در چه تراکم آبی جای دارند، ممکن است به عنوان ساحل یا آب آشکارسازی شوند. مثالی از تغییر NDVI با توجه به پوشش گیاهی در شکل (۴) آمده است:



شکل ۴: تغییر در مقدار NDVI با توجه به نوع پوشش گیاهی (Exercise 2 Green ... 2017).

شکل (۵) فلوچارت الگوریتم استفاده شده برای پردازش داده‌ها و آشکارش خط ساحلی را - که در این مطالعه استفاده شده است - به صورت کامل نشان می‌دهد. با استفاده از فرمول‌های (۱) تا (۳)، تصاویر تابندگی ( $L_{\lambda}$ )، بازتابندگی ( $p_{\lambda}$ ) و دمای درخشندگی (BT) برای سه ماهواره‌ی لندست محاسبه شد. در ضمن، اصلاح انگلیسی هر یک از کمیت‌ها در بخش فهرست عالیم ذکر شده است (Chander et al, 2009). با استفاده از فرمول ۴ نیز شاخص NDVI محاسبه شد (Melesse and Abtew, 2016 & Cao et al, 2014 & Wang and Weng, 2013)



## شکل ۵: مراحل اجرای پژوهش

$$L_\lambda = G_{\text{rescale}} \times Q_{\text{cal}} + B_{\text{rescale}} \quad (1)$$

$$\rho_\lambda = \left( \frac{\pi L_\lambda d^2}{ESUN_\lambda \times \cos \theta_s} \right) \quad (2)$$

$$\cos(\theta_s) = \text{sine (solar elevation)}$$

$$G_{\text{rescale}} = \left( \frac{L_{\text{MAX}_\lambda} - L_{\text{MIN}_\lambda}}{Q_{\text{cal max}} - Q_{\text{cal min}}} \right)$$

$$B_{\text{rescale}} = L_{\text{MIN}_\lambda} - \left( \frac{L_{\text{MAX}_\lambda} - L_{\text{MIN}_\lambda}}{Q_{\text{cal max}} - Q_{\text{cal min}}} \right) \times Q_{\text{cal min}}$$

$$BT = \frac{K^2}{\ln(K_1 + 1)} \quad (3)$$

$$NDVI = \frac{\rho_{\text{NIR}} - \rho_{\text{RED}}}{\rho_{\text{NIR}} + \rho_{\text{RED}}} \quad (4)$$

$L_\lambda$ : معرف تابش طیفی در دیافراگم سنجنده [W/(m<sup>2</sup> sr μm)]

$Q_{\text{cal}}$ : مقدار پیکسل کالیبره شده (قبل از پردازش هر باند تصویری) [DN]

$L_{\text{MIN}_\lambda}$ : مقدار کمینه‌ی پیکسل کالیبره شده مربوط به [DN]

$L_{\text{MAX}_\lambda}$ : مقدار بیشینه‌ی پیکسل کالیبره شده مربوط به [DN]

$L_{\text{MIN}_\lambda}$ : تابندگی طیفی در سنجنده مربوط به [W/(m<sup>2</sup> sr μm)]

$L_{\text{MAX}_\lambda}$ : تابندگی طیفی در سنجنده مربوط به [W/(m<sup>2</sup> sr μm)]

$G_{\text{rescale}}$ : فاکتور rescaling gain [(W/(m<sup>2</sup> sr μm))/ DN]

$B_{\text{rescale}}$ : فاکتور rescaling bias [W/(m<sup>2</sup> sr μm)]

$\rho_\lambda$ : بازتابش بالای جو سیاره‌ای [unitless]

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

$ESUN_\lambda$ : متوسط تابندگی (ایرادیانس) بیرون از اتمسفر خورشید، در طول موج مربوطه [W/(m<sup>2</sup> lam)]

$\theta_s$ : معرف زاویه‌ی زنیت خورشیدی [degrees]

$BT$ : دمای درخشندگی مؤثر در سنجنده [K]

$K_1$ : ثابت کالیبراسیون ۱ [W/(m<sup>2</sup> sr μm)]

$K_2$ : ثابت کالیبراسیون ۲ [K]

$\rho_{\text{NIR}}$ : بازتاب بالای جو سیاره‌ای در باند NIR [unitless]

$\rho_{\text{RED}}$ : بازتاب بالای جو سیاره‌ای در باند NIR [unitless]

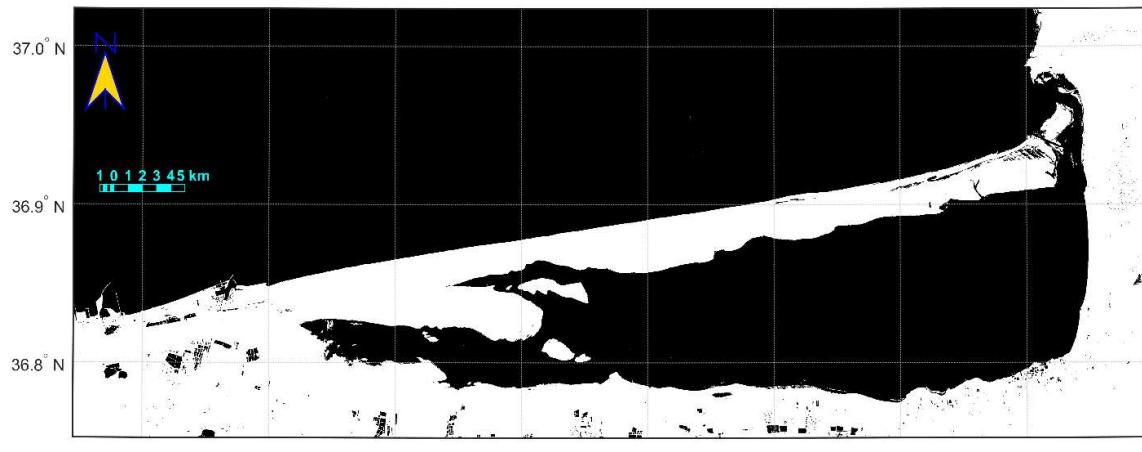
از هر یک از سه ماهواره‌ی لندست ۵، لندست ۸ و از ماهواره‌ی سنتینل-۲A، یک داده به ترتیب زیر از وب سایت USGS استخراج شد؛ از لندست ۷ سال ۲۰۰۱، لندست ۵ سال ۲۰۰۹، لندست ۸ سال ۲۰۱۶ و سنتینل-۲A سال ۲۰۱۶. در ناحیه‌ی انتخاب شده در طی یک ماه میلادی از هر یک از سه سال، اگر داده‌ای از یکی از چهار ماهواره دارای ابر محسوس بود، با توجه به نوسانات احتمالی آب دریا در فصول مختلف از داده‌ی مربوط به ماه مجاور به جای داده‌ی آن ماه استفاده شد؛ به طوری که همه‌ی ماههای این سه سال، در فصل تابستان (با توجه به روز، ماه و سال میلادی) به ترتیب مربوط به مردادماه سال ۱۳۸۸، مردادماه سال ۱۳۹۵ و تیرماه سال ۱۳۹۵ بودند. به علت اینکه تصاویر خام از محدوده‌ی مورد مطالعه بیشتر بود، از داده‌های موردنیاز منطقه‌ی مورد مطالعه جدا شد.

در این مقاله از سه فیلتر آشکارساز لبه با نرم‌افزار متلب، برای آشکارسازی خط ساحلی روی NDVI بزرگتر از صفر ( $NDVI > 0$ ) استفاده شد (Thalheim et al, 2014 & Fu and Burgher, 2015). برای بررسی دقیق فیلتر، تصویری مرجع برای محاسبه‌ی نتیجه‌ی هر فیلتر با آن نیاز بود. تصویر مرجع باید باینتری و نشان‌دهنده‌ی مکان آب و غیر آب باشد. برای این منظور، از یک تصویر NDVI ساخته شده از داده‌ی سنتینل-۲A استفاده شد. موضوع تصویر مرجع، سه برابر وضوح تصویر NDVI حاصل از داده‌ی هر یک از سه ماهواره‌ی لندست ۵، ۷ و ۸ است. دقیق هر فیلتر آشکارساز لبه (روی ماتریس تصویر) محاسبه شد. در این مطالعه، فیلتر با دقیق بالاتر به تصویرهای  $NDVI > 0$  حاصل شده از لندست ۵ و ۷ نیز اعمال شد.

#### ۴-۳- صحبت‌سنگی

نسبت پیک سیگنال به نویز، PSNR براساس شاخص آماری MSE<sup>۱</sup> تعریف می‌شود (فرمول ۵)؛ چنانچه PSNR بالاتر و MSE پایین‌تر باشد، فیلتر مربوط بهتر است (Attar et al, 2016). PSNR به عنوان مقیاس کیفیت بین تصویر مرجع (سیگنال) و تصویر پردازش شده استفاده شد (Yu and Chen, 2014 & Ma et al, 2010). با این مقیاس بین سه فیلتر آشکارساز لبه، فیلتر بهتر انتخاب شد. برای PSNR، تصویر مرجع برای مقایسه‌ی نتیجه‌ی هر فیلتر با آن استفاده شد. در این پژوهش، سیگنال، تصویر  $NDVI > 0$  ماهواره‌ی سنتینل-۲A است (شکل ۶). فرمول (۵) رابطه‌ی بین PSNR و MSE را نشان می‌دهد (Qidwai and Chen, 2009 & Abolhassani and Kimm, 2012). مقایسه‌ی بین تصویر مرجع و تصویر مورد آزمایش با توجه به موقعیت مکانی و مقدار پیکسلی درایه‌های نظری به نظری بین دو تصویر، در دستگاه مختصات متعامد شیوه به دکارتی است (Yan and Weir, 2010 & Siddiqi et al, 2015). تصویر مورد ارزیابی، معرف ویژگی‌هایی از یک موقعیت مکانی – که در این پژوهش از مختصات نقشه‌ای استفاده شد – یکسان با تصویر مرجع است و ارزیابی تصویری با موقعیت مکانی یا محدوده‌ی زیر پوشش متفاوت با تصویر مرجع، درست نیست (Santhi, 2016). در این پژوهش، ابتدا زیرمجموعه‌های با مختصات نقشه‌ای یکسان حاصل شدند تا پس از اعمال سایر پردازش‌ها بر آنها، همچنان در یک مختصات نقشه‌ای باشند.

<sup>۱</sup> Error Square Mean: MSE



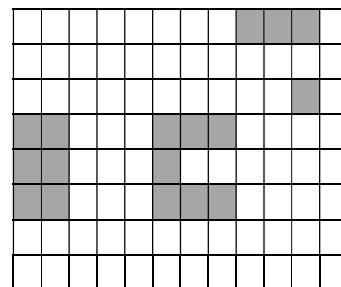
شکل ۶: تصویر NDVI < 0 حاصل شده از داده های ماهواره ای یستینیل - ۲A

الف)

افزایش شماره‌ی ستون → (۱،۱)

↓

افزایش شماره‌ی سطر

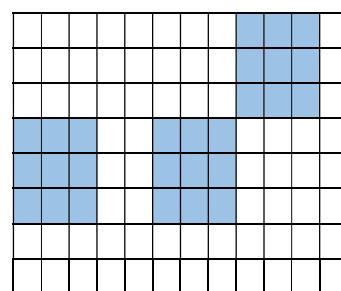


ب)

افزایش شماره‌ی ستون  $\rightarrow (1,1)$

↓

افزایش شماره‌ی سطر



شکل ۷: مثالی از تصویر مرجع و تصویر آزمون. تصویر مرجع باوضوح ۱۰ متر و تصویر آزمون باوضوح ۳۰ متر است. هر پیکسل در تصویر آزمون، مختصات سطر و ستونی ۹ پیکسل را در تصویر مرجع نشان می‌دهد. در تصویر آزمون (شکل ۷-ب)، سه پیکسل وجود دارد؛ در حالی که در همان محدوده تحت پوشش هر پیکسل در تصویر مرجع، برعی از پیکسل‌ها وجود ندارند. پیکسل‌های موجود در تصویر مرجع و تصویر آزمون، نشان دهنده‌ی خشکی و پیکسل‌های غیرموجود، نشان دهنده‌ی آب هستند.

برای هم بعدسازی آرایه‌های تصویری، ابتدا تصویر فیلتر شده که وضوح کمتری داشت، به تصویری با ابعاد سطر و ستونی تصویر مرجع تبدیل شد. در این حالت، بررسی میزان نسبت سیگنال به نویز با توجه به وضوح بالاتر - که اندازه‌ی پیکسلی آن کوچک‌تر است - انجام می‌شود؛ بالاتر بودن وضوح تصویر مرجع نیز به افزایش دقت صحت (کیفیت) منجر می‌شود. در فرمول (۵)، متغیرهای  $M$  و  $N$  اندازه‌ی ماتریس تصویر هستند که باید در تصویر مرجع ( $I_o$ ) و هر یک از تصاویر فیلتر شده ( $I_r$ ) برابر باشد.  $m$ ، بیشینه‌ی مقدار پیکسلی در تصویر مرجع است (Fraser et al., 2010). نتایج در جدول (۲) نشان داده شده‌اند.

ضریب همبستگی<sup>۱</sup> بین تصویر مرجع و تصویر مورد آزمون در نتیجه‌ی به دست آمده از فیلتر زیروکراس، بیش از دو فیلتر آشکارساز لبه‌ی دیگر بود. این ضریب در نرم افزار حاصل شد:

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

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

(۵)

جدول ۲: نتایج پس از اجرای فیلترهای آشکارساز لبه

نام	نتایج صحت‌سنجی	ضریب همبستگی	
		PSNR	MSE
سوبل	۵۳/۱۷۷۵	۰/۳۱۲۸۵	۰/۰۵۰۹۶
پرویت	۵۳/۱۸۱۸	۰/۳۱۲۵۴	۰/۰۵۵۳۸۲
زیروکراس آشکارسازی لبه	۵۳/۲۲۸۸	۰/۳۰۸۴۶	۰/۱۰۰۵۶

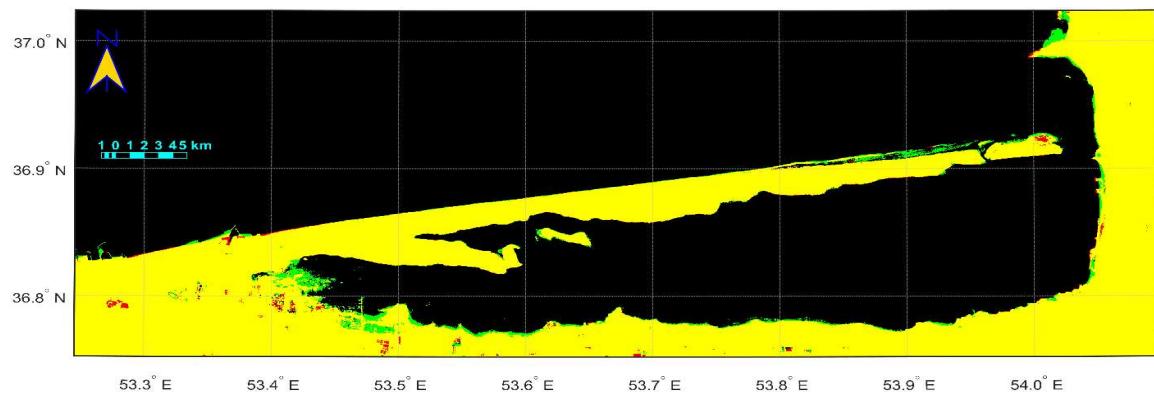
#### ۴- یافته‌ها (نتایج)

نتایج تصویری پردازش داده‌ها در شکل‌های (۸) تا (۱۰) نشان داده شده‌اند. آشکارسازی ویژگی‌های گوناگون نواحی ساحلی از عوامل مهم در استفاده و مدیریت منابع طبیعی (Kennedy et al, 2009) و اجرای پروژه‌های ساحلی است. در این مقاله، آشکارسازی ساحل، خط ساحلی و تغییرات آنها در منطقه‌ی میانکاله در بین سال‌های ۲۰۰۱، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۶ میلادی اجرا شد. برای به دست آوردن خط ساحلی از سه فیلتر آشکارساز لبه روی تصویرهای پردازش شده استفاده شد. نتایج پردازش تصویرها و محاسبات پیک سیگنال به نویز و خطای میانگین مربعات، با مقایسه‌ی بین تصویر NDVI از سنتینل-۲A با تصویر فیلتر شده، نشان داد که فیلتر زیروکراس از بقیه‌ی فیلترهای آشکارساز لبه بهتر بود. استفاده از فیلترهای آشکارساز لبه به عنوان روشی و نسبت PSNR و ضریب همبستگی به عنوان کمیت‌هایی در بررسی کیفیت پردازش‌ها، در آشکارسازی خطوط ساحلی استفاده می‌شود (Abolhassani and Kimm, 2012 & Zhang and Wang, 2010) و نتایج تغییرات محسوس و با دامنه‌های متفاوت را در سواحل و خطوط ساحلی نشان می‌-

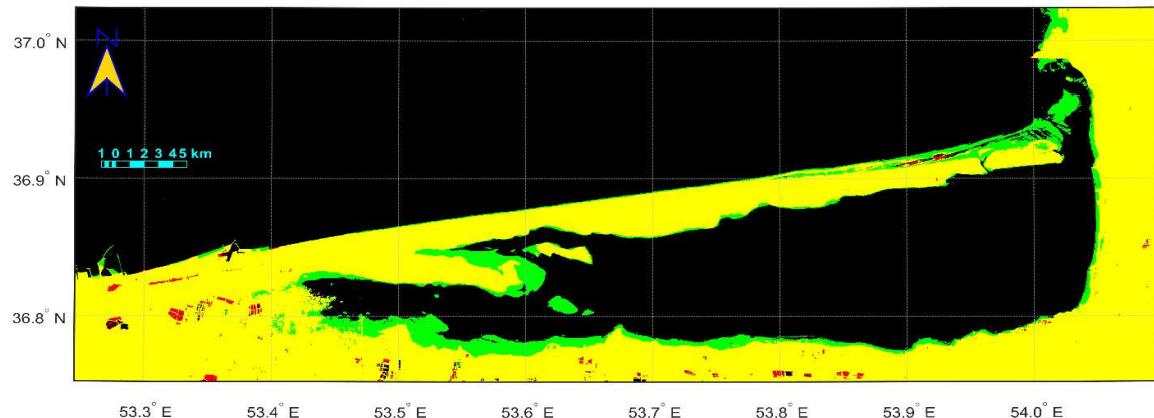
<sup>1</sup> Correlation coefficient

دهد. این تغییرها شاید به دلیل یک یا بیشتر، از عواملی مانند ۱- تغییر در سطح تراز آب دریای خزر در بازه‌ی زمانی مطالعه و ۲- تغییر در محدوده‌ی ساحل، به دلیل افزایش رسوبات در خط ساحلی بوده باشد. از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۶، تغییرها در ساحل شمال شرقی شبه‌جذیره‌ی میانکاله کمتر بود. میزان آسیب‌پذیری ساحلی در اثر عواملی مانند تغییر سریع در سطح تراز دریا، ممکن است از شرق به غرب این ناحیه متفاوت باشد.

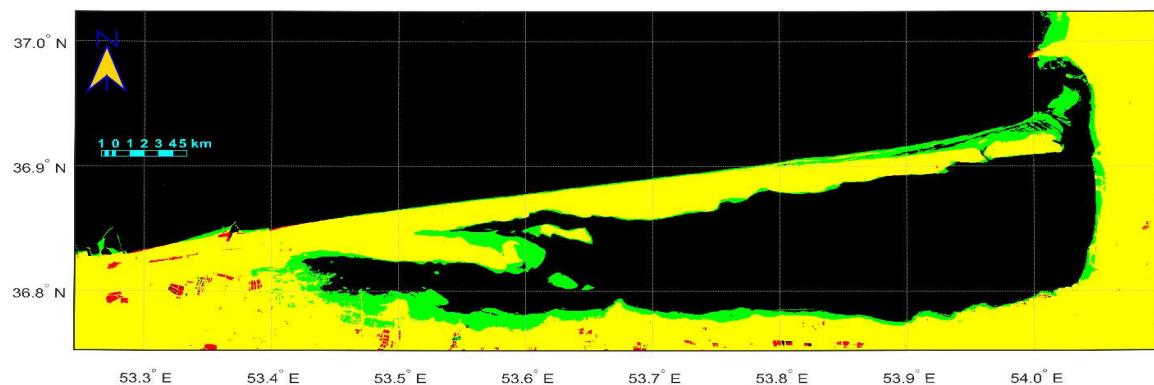
(الف)



(ب)

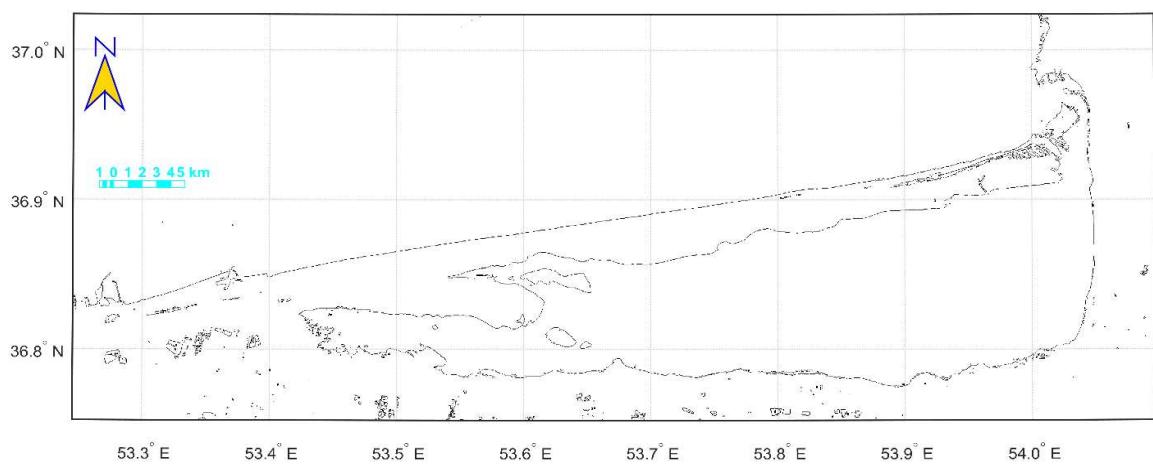


(ج)

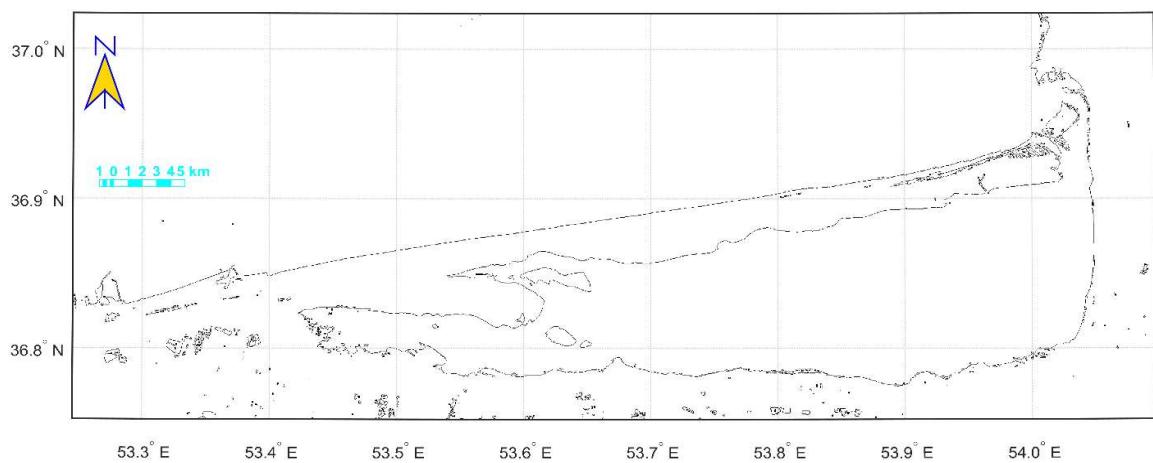


شکل ۸: تغییر در ساحل همراه با نواحی پوشیده از آب محدود به خشکی ساحل، بین سالهای مختلف. رنگ زرد: ناحیه‌ی تغییر نکرده؛ رنگ سیاه: آب؛ رنگ قرمز: خشکی در ساحل در سال پایین‌تر؛ رنگ سبز: خشکی در ساحل در سال بالاتر؛ بین سال‌های (الف) ۲۰۰۱ و ۲۰۰۹؛ (ب) ۲۰۱۶ و (ج) ۲۰۱۶ و ۲۰۰۱

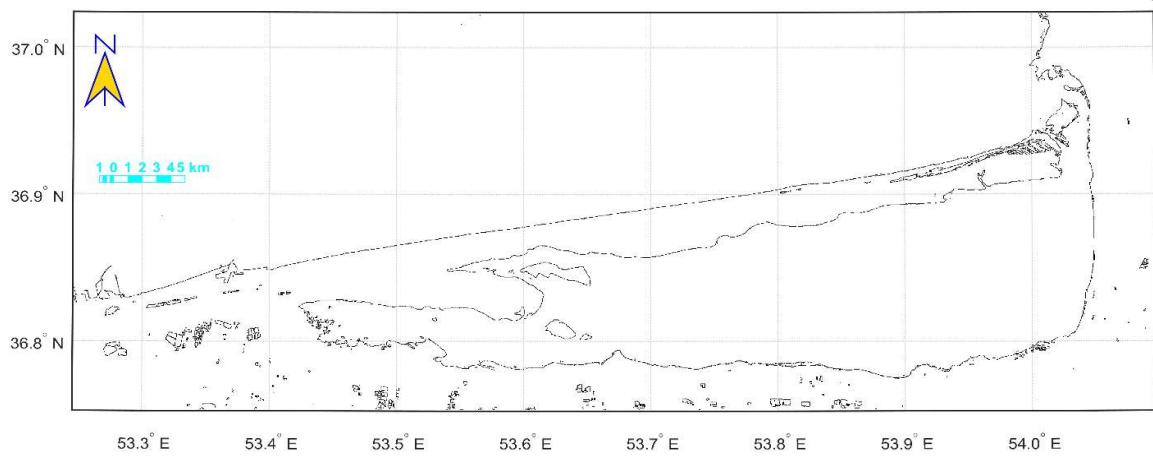
(الف)



(ب)



(ج)

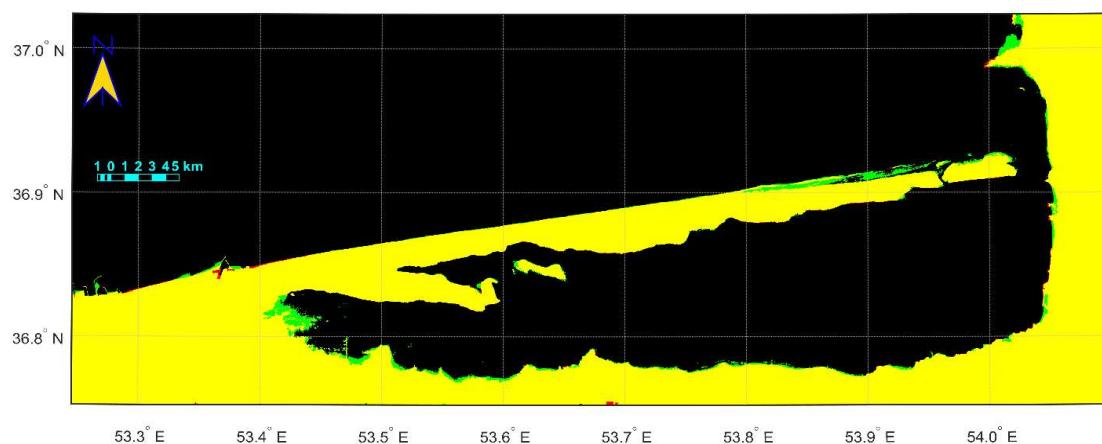


شکل ۹: نتیجه‌ی فیلترهای آشکارساز لبه (الف) سوبل، (ب) پروبیت و (ج) زیرو-کراس

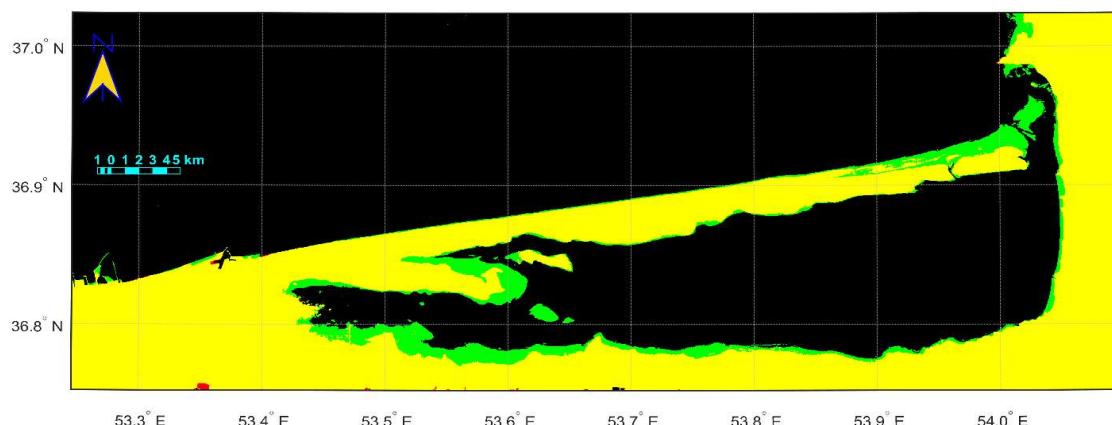
با اعمال شاخص  $NDVI > 0$  برای شناسایی مناطق خشکی و دریا و محاسبه‌ی تغییرات مساحت در سال‌های مختلف و با اعمال فیلتر flood-fill برای کاهش نویه‌های تصویر – که شاید عواملی مانند کشتزارها و اراضی زراعی آییاری

شده، پوشیده از آب و محدود شده به خشکی درون ساحل مانند ماندآب‌ها یا استخرها و ... بوده باشند – استفاده شد (شکل ۱۰). سپس تغییرات مساحت در این سه دوره مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

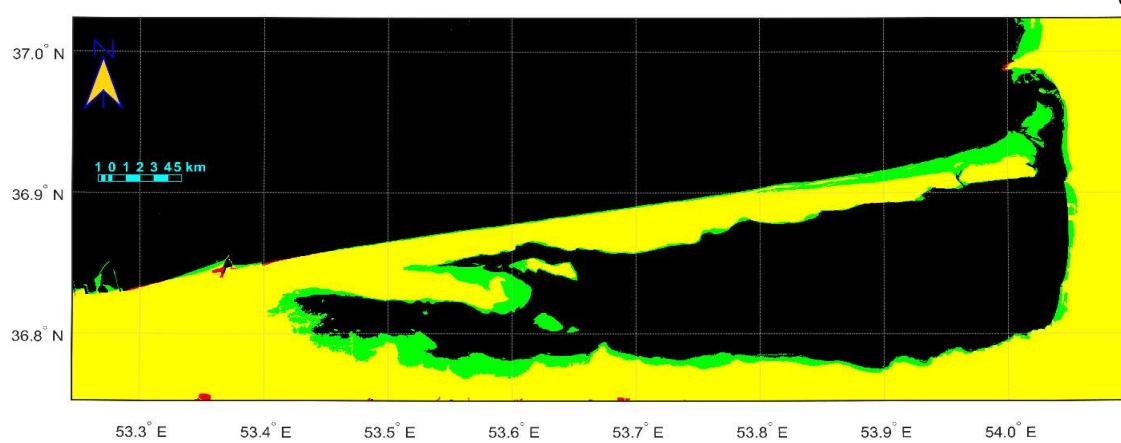
(الف)



(ب)



(ج)



شکل ۱۰: تغییر در ساحل بین سال‌های مختلف، پس از فیلتر flood-fill برای استخراج تغییر مساحت ساحل. رنگ زرد: ناحیه‌ی تغییر نکرده؛ رنگ سیاه: آب؛ رنگ قرمز: خشکی در ساحل در سال پایین‌تر؛ رنگ سبز: خشکی در ساحل در سال بالاتر؛ بین سال‌های (الف) ۲۰۰۱ و ۲۰۰۹، (ب) ۲۰۰۹ و ۲۰۱۶، (ج) ۲۰۰۱ و ۲۰۱۶

## ۵- بحث و نتیجه‌گیری

در این مطالعه برای بررسی تغییرات خط ساحلی با اعمال فیلترهای مختلف بر روی تصویر لندست در منطقه‌ی میانکاله، بهترین فیلتر با استفاده از شاخص سیگنال به نویز (تصویر سنتیل) شناسایی شد. سپس با اعمال شاخص  $> 0$  NDVI برای شناسایی مناطق خشکی و دریا و اعمال فیلتر flood-fill برای کاهش نوفه‌های تصویر - که شامل مناطق آبیاری و ... است - منطقه‌ی خشکی در طول سال‌های مختلف در محدوده‌ی مورد مطالعه شناسایی شد. به طور کلی، جدول (۳) روند تغییرات مساحت در منطقه‌ی مورد مطالعه را در طول سه سال بررسی شده نشان می‌دهد. همان گونه که در این جدول مشخص است، در سال‌های ۲۰۰۹ و ۲۰۱۶ به مساحت منطقه‌ی خشکی افزوده شد. اختلاف مساحت بین دو سال ۲۰۱۶ و ۲۰۰۹ در حدود ۹۷ کیلومتر مربع است.

جدول ۳: مقایسه‌ی مساحت منطقه‌ی مورد مطالعه در سال‌های مختلف

مساحت در سال‌های مختلف <sup>۱</sup> (Km)	تغییرات مساحت بین هر دو سال <sup>۲</sup> (Km)
۲۰۱۶	۶۶۳,۰۰۶
۲۰۰۹	۵۸۴,۵۴۱۹
۲۰۰۱	۵۶۵,۷۵۰۲
۲۰۱۶-۲۰۰۹	۷۸,۴۵۸۷
۲۰۰۹-۲۰۰۱	۹۷,۲۵۰۴
۲۰۰۱-۲۰۰۹	۱۸,۷۹۱۷

به دلیل پر نشدن برخی از نوفه‌های درون خشکی ساحل پس از فیلتر flood-fill، امکان وجود خطا در روند پردازش یا کمی‌سازی تغییرات خط ساحلی (Mahmoudi et al. 1393)، ممکن است این اعداد با واقعیت همخوانی نداشته باشد، اما در مشاهدات میدانی مشاهده شده که در این منطقه، خشکی در حال گسترش است (شکل ۱۱).



شکل ۱۱: الف تا د. خلیج گرگان. تصاویر مشاهداتی از منطقه‌ی مورد مطالعه

<sup>۴</sup> نتاق نمونه، نشان دهنده اختلاف فاصله و متوسط تغییر فاصله بین سال ۲۰۰۱ و ۲۰۱۶ در منطقه‌ی مورد مطالعه با توجه به شکل (۱۰) – ج،

با مقایسه‌ی فاصله‌ی بین پیکسل‌ها با توجه به وضوح تصویر (۳۰ متر) و مختصات جغرافیایی هر پیکسل

۳۶	۲۰۷۸	۳۳۹	۳۶/۴۵۹	۵۳/۳۵	۲۰۷۷	۳۷۳	۳۶/۴۵۹	۵۳/۳۶۲	۹۹۰	۵۶
۳۷	۱۹۳۸	۳۶۸	۳۶/۴۹۷	۵۳/۳۶۱	۱۹۳۸	۳۹۳	۳۶/۴۹۷	۵۳/۳۶۹	۷۵۰	۵۰

## فهرست علایم و اختصارات

$L_{\lambda}$  = Spectral radiance at the sensor's aperture [W/(m<sup>2</sup> sr μm)]

$Q_{cal}$  = Quantized calibrated pixel value [DN]

$Q_{calmin}$  = Minimum quantized calibrated pixel value corresponding to  $L_{MIN_{\lambda}}$  [DN]

$Q_{calmax}$  = Maximum quantized calibrated pixel value corresponding to  $L_{MAX_{\lambda}}$  [DN]

$L_{MIN_{\lambda}}$  = Spectral at-sensor radiance that is scaled to  $Q_{calmin}$  [W/(m<sup>2</sup> sr μm)]

$L_{MAX_{\lambda}}$  = Spectral at-sensor radiance that is scaled to  $Q_{calmax}$  [W/(m<sup>2</sup> sr μm)]

$G_{rescale}$  = Band-specific rescaling gain factor [(W/(m<sup>2</sup> sr μm))/ DN]

$B_{rescale}$  = Band-specific rescaling bias factor [W/(m<sup>2</sup> sr μm)]

BT = Effective at-sensor brightness temperature [K]

$K_2$  = Calibration constant 2 [K]

$K_1$  = Calibration constant 1 [W/(m<sup>2</sup> sr μm)]

d= Earth–Sun distance [astronomical units]

$ESUN_{\lambda}$ = Mean exoatmospheric solar irradiance [W/(m<sup>2</sup> μm)]

$\rho_{\lambda}$ = Planetary TOA reflectance [unitless]

$\rho_{NIR}$  = Planetary TOA reflectance in the NIR band [unitless]

$\rho_{RED}$  = Planetary TOA reflectance in the RED band [unitless]

## فهرست منابع

1. Abolhassani, N., & H. Kimm, (2012). Performance analysis on edge detection algorithms for coastline image detection. In *Proceedings of the 10th IASTED International Conference on Visualization, Vision and Image Processing, Banff, Canada.*
2. Adjust image intensity values or colormap - MATLAB imadjust. (n.d.). Retrieved 2017, from The MathWorks, Inc.: <https://www.mathworks.com/help/images/ref/imadjust.html>
3. Attar, A.; Shahbahrami, A.; & R. M. Rad, (2016). Image quality assessment using edge based features, *Multimedia Tools and Applications*, 75(12), 7407-7422.
4. Cao, B. Y.; Ma, S. Q.; & H. H. Cao, (Eds.), 2014. Ecosystem Assessment and Fuzzy Systems Management, *Springer International Publishing*.
5. Chander, G.; Markham, B. L.; & D. L. Helder, 2009. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors, *Remote sensing of environment*, 113(5), 893-903.
6. Cooper, J. A. G., & O. H. Pilkey, (2004). Sea-level rise and shoreline retreat: time to abandon the Bruun Rule. *Global and planetary change*. 43(3), 157-171.
7. Exercise 2 Green, Greener, Greenest ICE. (n.d.). Retrieved 2017, from NASA: [https://earthobservatory.nasa.gov/Experiments/ICE/panama/panama\\_ex2.php](https://earthobservatory.nasa.gov/Experiments/ICE/panama/panama_ex2.php)
8. Fill image regions and holes - MATLAB imfill. (n.d.). Retrieved 2017, from The MathWorks, Inc.: <https://www.mathworks.com/help/images/ref/imfill.html>
9. Find edges in intensity image - MATLAB edge. (2017). Retrieved from The MathWorks, Inc.: <https://www.mathworks.com/help/images/ref/edge.html>
10. Fraser, K.; Wang, Z.; & X. Liu, 2010. Microarray image analysis: an algorithmic approach, *CRC Press*.
11. Fu, B., & I. Burgher, (2015). Riparian vegetation NDVI dynamics and its relationship with climate, surface water and groundwater. *Journal of Arid Environments*. 113, 59-68.
12. Ghosh, M. K.; Kumar, L.; & C. Roy, 2015. Monitoring the coastline change of Hatiya Island in Bangladesh using remote sensing techniques, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 101, 137-144.

13. Gonzalez, R. C., & R. E. Woods, (2008). Digital image processing prentice hall. *Upper Saddle River, NJ*.
14. Guariglia, A.; Buonamassa, A.; Losurdo, A.; Saladino, R.; Trivigno, M. L.; Zaccagnino, A.; & A. Colangelo, 2006. A multisource approach for coastline mapping and identification of shoreline changes, *Annals of geophysics*, 49(1).
15. Huang, H. J., & H. Fan, (2004). Monitoring changes of nearshore zones in the Huanghe (Yellow River) delta since 1976. *Oceanologia et limnologia sinica*. 35(4), 313-321.
16. Jiang, L., & Y. Guo, (2007). Image edge detection based on adaptive weighted morphology. *Chinese Optics Letters*. 5(2), 77-78.
17. Kakroodi, A. A.; Kroonenberg, S. B.; Goorabi, A.; & M. Yamani, 2013. Shoreline response to rapid 20th century sea-level change along the Iranian Caspian coast, *Journal of Coastal Research*, 30(6), 1243-1250.
18. Kaliraj, S.; Chandrasekar, N.; & N. S. Magesh, 2015. Evaluation of coastal erosion and accretion processes along the southwest coast of Kanyakumari, Tamil Nadu using geospatial techniques, *Arabian Journal of Geosciences*, 8(1), 239-253.
19. Kennedy, R. E.; Townsend, P. A.; Gross, J. E.; Cohen, W. B.; Bolstad, P.; Wang, Y. Q.; & P. Adams, 2009. Remote sensing change detection tools for natural resource managers: Understanding concepts and tradeoffs in the design of landscape monitoring projects, *Remote sensing of environment*, 113(7), 1382-1396.
20. Khoshravan, H., 2007. Beach sediments, morphodynamics, and risk assessment, Caspian Sea coast, Iran, *Quaternary International*, 167, 35-39.
21. Landsat Collections \_ Landsat Missions, 2017. Retrieved from U.S. Geological Survey (USGS): <https://landsat.usgs.gov/landsat-collections>
22. Landsat Processing Details \_ Landsat Missions, 2017. Retrieved from USGS: <https://landsat.usgs.gov/landsat-processing-details>
23. Le Cozannet, G.; Lecacheux, S.; Delvallee, E.; Desramaute, N.; Oliveros, C.; & R. Pedreros, 2011. Teleconnection pattern influence on sea-wave climate in the Bay of Biscay, *Journal of Climate*, 24(3), 641-652.
24. Level-1C Processing - Sentinel-2 MSI Technical Guide - Sentinel Online, (n.d.). Retrieved 2017, from European space agency (ESA): <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/technical-guides/sentinel-2-msi/level-1c-processing>.
25. Li, R.; Ma, R.; & K. Di, 2002. Digital tide-coordinated shoreline, *Marine Geodesy*, 25(1-2), 27-36.
26. Liu, C.; Xiao, Y.; & J. Yang, 2017. 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*.
27. Ma, Q.; Zhang, L.; & B. Wang, 2010. New strategy for image and video quality assessment, *Journal of Electronic Imaging*, 19(1), 011019-011019.
28. Mahmoudi, K.; Moradi, A.; & M. Sayebani, 1393. A Review Of the Error Data and Causes Them in Results from the Quantitative Changes of the Shoreline, *Iranian Journal of Marine Science and Technology*, 53-62. (in Persian)
29. Marques, O., 2011. *Practical image and video processing using MATLAB*, John Wiley & Sons.
30. Melesse, A. M., & W. (Eds.). Abtew, (2016). *Landscape dynamics, soils and hydrological processes in varied climates*. Springer.
31. Miankaleh \_ United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, 2017. Retrieved from UNESCO:<http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/ecological-sciences/biosphere-reserves/asia-and-the-pacific/islamic-republic-of-iran/miankaleh/>

32. Miankaleh A Heavenly Sanctuary in Iran - Tasnim News Agency, 2017. Retrieved from Tasnim News Agency: <https://www.tasnimnews.com/en/news/2017/03/15/1351814/miankaleh-a-heavenly-sanctuary-in-iran>.
33. Nagasankar, T., & B. Ankaryarkanni, (2016). Performance Analysis of Edge Detection Algorithms on Various Image Types. *Indian Journal of Science and Technology*. 9(21).
34. Nezakati, R.; Behrouzirad, B.; Malmasi, S.; & F. Esmaili, 2010. Assessment of physical sensitivity of coastal fringe of Miankale Wetland based on Environmental Sensitivity Index (ESI). *Journal of Marine Science & Technology Research*, 27-37. (in Persian)
35. Petropoulos, G. P.; Kalivas, D. P.; Griffiths, H. M.; & P. P. Dimou, 2015. Remote sensing and GIS analysis for mapping spatio-temporal changes of erosion and deposition of two Mediterranean river deltas: The case of the Axios and Aliakmonas rivers, Greece. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 35, 217-228.
36. Pratt, W. K., 2013. Introduction to digital image processing, *CRC Press*.
37. Qidwai, U., & C. H. Chen, (2009). Digital image processing: an algorithmic approach with MATLAB. *CRC press*.
38. Resize image - MATLAB imresize, (n.d.). Retrieved, 2017, from The MathWorks, Inc.: <https://www.mathworks.com/help/images/ref/imresize.html>
39. Santhi, V. (Ed.), 2016. Emerging Technologies in Intelligent Applications for Image and Video Processing, *IGI Global*.
40. Sentinel-2 \_ The Long Term Archive, 2015. Retrieved from U.S. Geological Survey (USGS): [https://lta.cr.usgs.gov/sentinel\\_2](https://lta.cr.usgs.gov/sentinel_2).
41. Siddiqi, A. H.; Manchanda, P.; & R. (Eds.). Bhardwaj, 2015. *Mathematical Models, Methods and Applications*. Springer.
42. SUHET, 2015. Sentinel-2 \_ The Long Term Archive. Retrieved from U.S. Geological Survey (USGS): [https://sentinel.esa.int/documents/247904/685211/Sentinel-2\\_User\\_Handbook](https://sentinel.esa.int/documents/247904/685211/Sentinel-2_User_Handbook).
43. Thalheim, B.; Jaakkola, H.; & Y. Kiyoki, 2014. Information Modelling and Knowledge Bases XXVI (Vol. 272). *Ios Press*.
44. User Guides - Sentinel-2 MSI - Level-1 Processing - Sentinel Online, (n.d.). Retrieved 2017, from European space agency (ESA): <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/user-guides/sentinel-2-msi/processing-levels/level-1>.
45. USGS Water Resources NSDI Node, 2017. Retrieved from U.S. Geological Survey (USGS): [https://water.usgs.gov/GIS/metadata/usgswrd/XML/eros1t\\_08192006\\_p44r31\\_15\\_usgs\\_1\\_NAD83.xml](https://water.usgs.gov/GIS/metadata/usgswrd/XML/eros1t_08192006_p44r31_15_usgs_1_NAD83.xml)
46. Using the USGS Landsat 8 Product \_ Landsat Missions, 2016. Retrieved from U.S. Geological Survey (USGS): <https://landsat.usgs.gov/sites/default/files/documents/Landsat8DataUsersHandbook.pdf>
47. Wang, G., & Q. (Eds.). Weng, (2013). Remote sensing of natural resources. *CRC Press*.
48. What are the band designations for the Landsat satellites \_ Landsat Missions, 2017. Retrieved from U.S. Geological Survey (USGS): <https://landsat.usgs.gov/what-are-band-designations-landsat-satellites>
49. Yamani, M.; Rahimi, S.; & S. GoodarziMehr, 2012. Periodic Changes of the East Strait of Hormuz Shore Line by Remote Sensing, *ENVIRONMENTAL EROSION RESEARCHES*, 1, 1-23.
50. Yan, W., & J. Weir, (2010). *Fundamentals of media security*. Bookboon.
51. Young, N. E.; Anderson, R. S.; Chignell, S. M.; Vorster, A. G.; Lawrence, R.; & P. H. Evangelista, 2017. A survival guide to Landsat preprocessing, *Ecology*, 98(4), 920-932.
52. Yu, C., & X. Chen, (2014). Remote sensing image denoising application by generalized morphological component analysis. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 33, 83-97.

53. Zhang, T.; Yang, X.; Hu, S.; & F. Su, 2013. Extraction of coastline in aquaculture coast from multispectral remote sensing images: Object-based region growing integrating edge detection, *Remote sensing*, 5(9), 4470-4487.
54. Zhang, X., & Z. Wang, (2010). Coastline extraction from remote sensing image based on improved minimum filter. In *Geoscience and Remote Sensing (IITA-GRS)*, 2010 Second IITA International Conference on (Vol. 2, pp. 44-47). IEEE.
55. Zhang, X.; Pan, D.; Chen, J.; Zhao, J.; Zhu, Q.; & H. Huang, 2014. Evaluation of coastline changes under human intervention using multi-temporal high-resolution images: A case study of the Zhoushan Islands, China, *Remote Sensing*, 6(10), 9930-9950.
56. Zulkifle, F. A.; Hassan, R.; Asmuni, H.; & R. M. Othman, 2016. 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*, 7(2), 172-188.

## Detection of Coastline Using Satellite Image-Processing Technique

**Mohammad Akbarinasab<sup>1</sup>:** Assistant Professor of Marine Physics, Faculty of Marine Sciences, University of Mazandaran, Babolsar

**Taher Safarrad:** Assistant Professor of Climatology, Faculty of Humanities and Social Sciences, University of Mazandaran, Babolsar

**Mehdi Akbarzadeh:** MSc student of physical oceanography, Faculty of Marine Sciences, University of Mazandaran, Babolsar

**Article History (Received: August 9, 2017      Accepted: March 6, 2018)**

### Extended abstract

#### 1- Introduction

Coasts maintain their natural sustainability without human intervention and in spite of short-term changes, we are ultimately confronted with a coastal healthy environment, i.e. natural, rocky beaches, sandy beaches and so on. Today's use of remote sensing in most natural sciences is widespread. Due to the fact that fieldwork is costly and time-consuming, using image processing techniques can detect the phenomenon of these images. With regard to the advancement of computer sciences, various algorithms are being updated, which increases the detection magnitude of the phenomenon to be considered. The purpose of this study was to apply a number of edge detection methods, compare them and optimize the edge detection results for coastline detection based on the remote sensing data in the study area.

#### 2- Methodology

Edge detection is an image processing technique for finding the boundaries of the objects inside the image due to the difference in pixels brightness. In Matlab software, filters such as Sobel, Prewitt and Zerocross are used to find edges in the images of varying intensity (brightness) and in binary images. The data processed at Level-1 in Landsat sensor included DN. Due to the Sentinel-2A sensor data file name, the data were generated at Level-1C and included the reflection of each bands. Landsat imagery was used for the coastline detection process. Sentinel-2A data (reflectivity) was used in the process of evaluating the results. In this paper, three edge detection filters were implemented with Matlab software to detect the coastline on the image of NDVI more than zero ( $NDVI > 0$ ) made of Landsat 8 bands that showed non-water sections in the image. To find the accuracy of the filter, a reference image was needed to calculate the result of each filter based on it. The reference image should be binary and indicate the location of water and non-water. For this purpose, a NDVI image was constructed from the Sentinel-2A bands. Pixel values more than zero were calculated from NDVI made of Sentinel-2A bands ( $NDVI > 0$ ) to create a binary image. This image was used as a reference image. The best filter was also applied for  $NDVI > 0$  images of two other Landsat sensors.

The data processed at Level-1 on Landsats satellites were digital numbers (DN). Since these data were processed in the Pre-Collection and at the L1T level, they were calibrated radiographically, and were geometrically corrected, and did not need to be corrected. Sentinel-2A satellite data were generated at Level-1C containing high reflectivity images of each bar. Since these data were processed at Level-C1, they were calibrated radiometrically, and were geometrically corrected, and did not need to be corrected.

Peak signal to noise ratio (PSNR) was defined by the MSE statistical index. If the PSNR was higher and MSE was lower, the corresponding filter was better. The PSNR was used as a quality

---

<sup>1</sup> Corresponding Author: [m.akbarinasab@umz.ac.ir](mailto:m.akbarinasab@umz.ac.ir)

scale between the reference image (signal) and the processed image. With this scale, between the three-edge detector filter, the best filter was selected. For PSNR, the reference image was used to compare the result of each filter. In this research, the signal was NDVI > 0 image made from the Sentinel-2A satellite data. A comparison between the reference image and the tested image was based on the location and pixel value from the peer-to-peer array between the two images in the orthogonal coordinate system similar to Cartesian. The evaluated image, representing the features of a location (in this study used map coordinate) was identical to the reference image, and the evaluation of the image with a location or different range of under cover with the reference image was not correct. In this study, the subsets with the same map coordinates were obtained, and then, after running some more processing on them, they were still at the same map coordinate.

### 3- Results

Detection of various features of coastal zones is one of the important factors in the implementation and management of natural resources and the implementation of coastal projects. The purpose of this paper was to reveal the coastline and their changes in the Miankaleh region between 2001, 2009, and 2016. Three-edge detector filters were used on the processed images to gain the coastlines. The results of image processing and signal-to-noise calculations as well as the mean square error, comparing the image of NDVI > 0 from Sentinel-2 sensor and the filtered images, showed that the Zerocross filter was better than the rest.

### 4- Conclusions & Suggestions

The results showed tangible changes with varying ranges on coasts and coastlines. These changes may be due to factors such as (1) the change in the level of the Caspian Sea during the study period, (2) the change in the coastal area, assuming that the Caspian Sea level was constant, etc. From 2001 to 2016, the changes observed on the northeastern coast of the Miankaleh peninsula was less. Coastal vulnerability from the factors such as rapid change in the sea level may vary from East to West of this area. This article provided some background information for future research on coastal conservation and management.

**Key Words:** Coastline, Edge detector, Landsat, NDVI, PSNR, Sentinel-2A.