



نسخه از دور

GIS ایران



سنجش از دور و GIS ایران سال چهاردهم، شماره سوم، پاییز ۱۴۰۱  
Iranian Remote Sensing & GIS Vol.14, No. 3, Autumn 2022

۸۹-۱۰۴

مقاله پژوهشی

## آشکارسازی نشت نفت با استفاده از تصاویر مادیس و سنتینل-۱

(مطالعه موردی: شمال خلیج فارس)

مجید هاشمی تنگستانی<sup>۱\*</sup> و مرجان کریمی<sup>۲</sup>

۱. استاد بخش علوم زمین، دانشکده علوم، دانشگاه شیراز

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش از دور زمین‌شناختی، دانشکده علوم، دانشگاه شیراز

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۱۲/۱۶

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۱۲/۰۶

### چکیده

در سال‌های اخیر، نظارت دریایی و هوایی برای مهار آلودگی‌های دریایی رایج شده است اما این روش‌ها، به دلیل محدودیت‌های شرایط آب‌وهوا، زمان و مکان، به تنهایی نمی‌توانند پایش سریع و منظمی فراهم آورند. در این زمینه، سنجش از دور ماهواره‌ای می‌تواند نقش مهمی در تشخیص اولیه و پایش مداوم نشت نفت در دریا ایفا کند. سنجنده رادار آنتن مصنوعی سیستم سنجش از دور فعالی است که می‌تواند، برای آشکارسازی نشت نفت همراه با سنجنده‌های اپتیکال مانند مادیس، با توانایی تصویربرداری هم‌زمان، استفاده شود. هدف از این پژوهش آشکارسازی نشت نفت پیرامون سکوه‌های نفتی بخش شمالی خلیج فارس، در تاریخ‌های پانزدهم و هفدهم ژوئن ۲۰۱۵، با استفاده از تصاویر فرسوخ گرمایی مادیس و تصاویر راداری سنتینل-۱ است. برای محاسبه دمای سطح دریا، الگوریتم پنجره مجزا روی تصویر باند ۲۰ سنجنده مادیس اجرا شد. نتایج نشان داد که منطقه دارای نشت نفت دمایی کمتر از مناطق پیرامونی دارد. برای آشکارسازی دقیق‌تر لکه‌های نفتی و درستی‌سنجی نتایج پردازش‌های اعمال شده بر تصویر مادیس، از تصویر پلاریزاسیون ۷۷ سنتینل-۱ و پردازش‌های حذف نوفه مانند فیلترگذاری و مولتی‌لوکینگ استفاده شد. در پایان، از راه مقایسه دمای بویه موج‌نگار سازمان بنادر و دریانوردی بوشهر و دمای حاصل از تصویر مادیس و موقعیت جغرافیایی گستره لکه‌های نفتی بارز شده، درستی نتایج این پژوهش و پردازش‌های صورت گرفته تأیید شد. استفاده از باند ۲۰ سنجنده مادیس با هدف استخراج دمای سطح دریا و باندهای فرسوخ گرمایی آن، به منظور آشکارسازی لکه‌های نفتی در سطح دریا، اولین بار در این پژوهش ارزیابی شده است.

**کلیدواژه‌ها:** نشت نفت، دمای سطح دریا، مادیس، سنتینل-۱، خلیج فارس.

\* نویسنده مکاتبه‌کننده: شیراز، چهارراه ادبیات، بخش علوم زمین دانشگاه شیراز، کدپستی ۷۱۴۵۶۸۵۴۶۴. تلفن: ۰۹۱۷۳۱۷۰۲۰۰

## ۱- مقدمه

آلودگی‌های ناشی از نشت نفت یکی از مهم‌ترین منابع آلودگی خلیج فارس است و تهدیدی جدی برای اکولوژی آن محسوب می‌شود که می‌تواند خسارات جبران‌ناپذیری به محیط‌زیست دریایی و ساحلی، فعالیت‌های انسانی، اقتصاد و زندگی ساحل‌نشینان وارد کند. با توجه به اینکه سواحل و دریای خلیج فارس منابع مهمی برای فعالیت‌هایی مانند ماهیگیری، تجارت دریایی، گردشگری و سرگرمی است و از دیگر سو، در معرض آلودگی نفتی ناشی از عبور و مرور نفت‌کش‌ها، خطوط انتقال نفت و فعالیت‌های اکتشافی قرار دارد، در صورت تأخیر در آشکارسازی این آلودگی‌ها، باد و جریان‌های دریایی و جزرومد آنها را جابه‌جا می‌کند. در این وضعیت، علاوه بر ایجاد مشکلات زیست‌محیطی، جمع‌آوری و پاک‌سازی سواحل و دریا از این آلودگی‌ها برای کشورها هزینه زیادی به دنبال خواهد داشت. این آلودگی طی کوتاه‌مدت در اکولوژی زیست‌محیطی و درازمدت در دریاهای منطقه‌ای تأثیرگذار خواهد بود (Kim et al., 2015).

با توجه به ضرورت اقدام سریع برای شناسایی محل و برآورد میزان آلودگی‌های نفتی، استفاده از روش‌های معمول و رایج مبتنی بر مطالعات میدانی که با استفاده از پروازهای اکتشافی و یا گزارش‌های کشتی‌ها صورت می‌گیرد، بسیار زمان‌بر است و خود این کار ممکن است خسارات جبران‌ناپذیر به محیط‌زیست منطقه را در پی داشته باشد؛ هرچند این‌گونه روش‌ها از نظر اقتصادی نیز مقرون به صرفه نیستند. از طرف دیگر، این اقدامات فقط در طول روز امکان‌پذیر است و شرایط آب‌وهوایی در آنها بسیار تأثیر دارد که خود سبب طولانی شدن مدت زمان شناسایی آلودگی و در نتیجه، گسترش بیشتر آن در سطح منطقه می‌شود. پیشرفت‌های روزافزون سنسجش از دور و افزایش توانایی آن در آشکارسازی آلودگی‌های نفتی، پایش این‌گونه آلودگی‌ها در زمانی نزدیک به زمان وقوع و با هزینه‌ای بسیار اندک را امکان‌پذیر کرده است. امروزه ابزارهای گوناگون سنسجش از دور، مانند سنسجش‌های

اپتیکال، گرمایی و راداری که هر یک اصول تشخیص و ویژگی‌های تصویربرداری متفاوتی دارد، امکان آشکارسازی و پایش نشت نفت در دریاها و اقیانوس‌ها را با کارایی شایان توجه، فراهم کرده‌اند (Brekke & Solberg, 2005; Andreoli et al., 2007; Fingas & Brown, 2014).

رادار سنسجش‌ای فعال است که در محدوده ریزموج‌های طیف الکترومغناطیس عمل می‌کند. امواج رادار از طریق امواج مویینی سطح دریا بازپراکنش می‌شود؛ بنابراین آب دریا در تصویر به صورت روشن دیده می‌شود. نفت امواج گرانشی- مویینی را کاهش می‌دهد و موجب کاهش بازپراکنش از سطح دریا می‌شود؛ از این رو در تصویر راداری، حضور نفت ممکن است به صورت لکه‌ای تاریک روی سطح روشن دریا مشاهده شود (Brown et al., 2003). رادار برای اندازه‌گیری جریان‌های آب و تعیین مسیر حرکت لکه‌های نفتی نیز به کار می‌رود (Forget & Brochu, 1996).

سنسجش از دور گرمایی، برای آشکارسازی نشت نفت، از محدوده طول موج ۱۴-۸ میکرومتر استفاده می‌کند (Shih & Andrews, 2008). نفت به نسبت آب، در محدوده فروسرخ گرمایی، گسیلندگی کمتری دارد و به همین دلیل، در محدوده یادشده، مشخصه طیفی متفاوتی در مقایسه با آب موجود در محیط اطراف خود دارد (Brown et al., 2003). اگر لایه نفتی نشت‌یافته ضخیم باشد، مقدار زیادی از تابش را جذب می‌کند و در محدوده فروسرخ گرمایی، گرم به نظر می‌رسد اما لایه نفتی نشت‌یافته با ضخامت متوسط، در این ناحیه، خنک است. کمینه ضخامت لایه نفتی نشت‌یافته قابل تشخیص بین ۲۰ تا ۷۰ میکرومتر است. تغییر از ضخامت ۵۰ به ۱۵۰ میکرومتر باعث می‌شود این لایه از خنک به گرم تغییر کند (Shih & Andrews, 2008). هنگام شب، این رفتار معکوس می‌شود؛ بدین ترتیب که افت گرما در نفت سریع‌تر از آب رخ می‌دهد و در نتیجه آن، لایه نفتی ضخیم خنک‌تر از آب پیرامون خواهد شد (Shih & Andrews, 2008). در این ارتباط، سنسجش‌های فروسرخ گرمایی می‌توانند از راه اندازه‌گیری دمای سطح دریا،

پانزدهم و هفدهم ژوئن ۲۰۱۵، تاریخ‌های ثبت‌شده از سوی سازمان محیط‌زیست، با استفاده از داده‌های فرسوخ گرمایی سنجنده مادیس و سنتینل-۱A است. هرچند در گذشته از باندهای ۳۱ و ۳۲ مادیس برای محاسبه دما استفاده شده است، تا کنون برای استخراج دمای سطح دریا از باند ۲۰ مادیس استفاده نشده و در زمینه کاربرد باندهای گرمایی با این هدف، مطالعه‌ای انجام نشده است؛ بنابراین از این منظر، می‌توان این پژوهش را کاری جدید برشمرد.

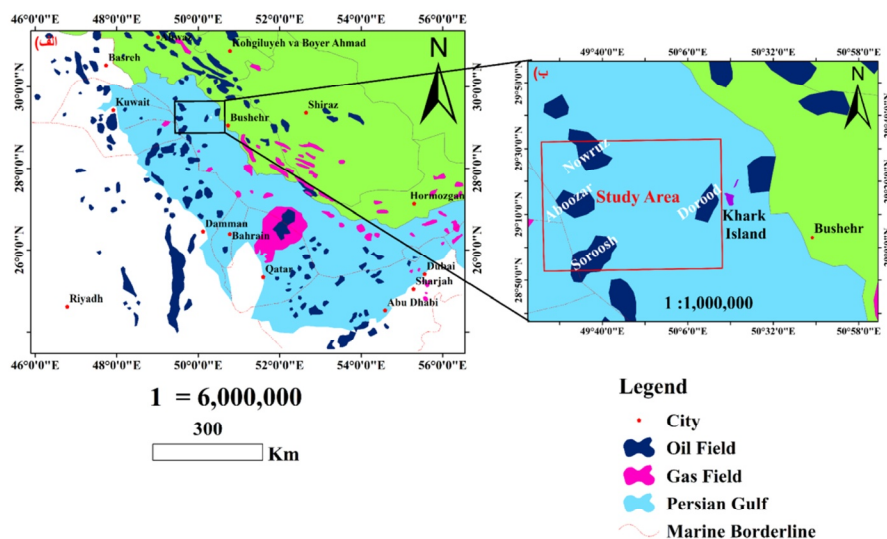
## ۲- محدوده مورد مطالعه

خلیج فارس حوضه‌ای کم‌عمق و نیمه‌بسته با آب‌وهوای معمولاً گرم و مرطوب است که بین طول‌های شرقی ۴۸ تا ۵۷ درجه و عرض‌های شمالی ۲۴ تا ۳۰ درجه، در جنوب‌غرب قاره آسیا واقع شده و از راه تنگه هرمز، به دریای عمیق عمان متصل می‌شود (شکل ۱). این منطقه دارای مساحت تقریبی ۲۲۶،۰۰۰ کیلومتر مربع، طول بیش از ۹۹۰ کیلومتر و عرض متغیر بین ۵۶ کیلومتر در تنگه هرمز تا ۳۳۸ کیلومتر در حفاصل سواحل ایران و امارات متحد عربی است. میانگین عمق خلیج فارس حدود ۳۵ متر و بیشترین عمق آن حدود ۱۰۷ متر است (Hassanzadeh et al., 2011). گردش آب در آن بر اثر تنش باد، جریان‌های شناور سطحی، رواناب شیرین، تبادل آب از مسیر تنگه هرمز و جزرومد کنترل می‌شود (Pous et al., 2015; Chander et al., 2009). حدود ۲۵ هزار تانکر نفتی، معادل ۶۰٪ نفت جهان، از طریق تنگه هرمز عبور می‌کند و وارد بازارهای جهانی می‌شود (Linden et al., 1990). این امر باعث شده است میانگین آلودگی آب‌های خلیج فارس ۴۸ برابر بیشتر از میزان آلودگی سایر دریاهای جهان گزارش شود.

1. Sentinel
2. Kikhosravi
3. Riahi Bakhtiari & Khalilian
4. Majidinezhad
5. Arslan
6. Lacava
7. Pisano

برای آشکارسازی آلودگی‌های نفتی مفید باشند (Fingas & Brown, 2011). مطالعات متعددی، با استفاده از تصاویر مادیس و سنتینل<sup>۱</sup> - ۱، برای آشکارسازی نشت نفت استفاده شده است. کیخسروی<sup>۲</sup> (۲۰۱۵) لکه‌های نفتی خلیج فارس را با استفاده از تصاویر سنتینل-۱ آشکارسازی کرد. ریاحی بختیاری و خلیلیان<sup>۳</sup> (۲۰۱۶) لکه‌های نفتی در پهنه خلیج فارس را با استفاده از تصاویر سنتینل-۱ آشکار کردند. مجیدی‌نژاد<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۱۸) با استفاده از تصاویر سنتینل-۱ و روش پلاریزاسیون، نشت نفت در خلیج فارس را مشخص کردند. ارسلان<sup>۵</sup> (۲۰۱۸) از تصاویر سنتینل-۱ و لندست-۸، با استفاده از روش‌های محاسبه دمای سطح دریا، پلاریزاسیون و فیلترگذاری، نشت نفت را در ترکیه آشکارسازی کرد. لاکاوا<sup>۶</sup> و همکاران (۲۰۱۷)، برای آشکارسازی به‌هنگام نشت نفت، از یک تکنیک پردازش قوی روی داده‌های سنجنده مادیس استفاده کردند. پیسانو<sup>۷</sup> و همکاران (۲۰۱۵) نیز نشت نفت را با استفاده از تصاویر فرسوخ نزدیک سنجنده مادیس آشکار کردند. آشکارسازی نشت‌های نفتی در خلیج مکزیک و شرق دریای چین مطالعاتی‌اند که با استفاده از تصاویر مادیس و سنتینل-۱، به‌صورت ترکیبی انجام شده‌اند (Sun et al., 2018; Sun et al., 2018).

سنجنده مادیس روی ماهواره‌های ترا و آکوا قرار دارد که به ترتیب، در هجدهم دسامبر ۱۹۹۹ و چهارم می ۲۰۰۲ به فضا پرتاب شدند. این سنجنده دارای ۳۶ باند، با توان تفکیک مکانی در محدوده ۲۵۰ متر تا ۱ کیلومتر است. بیست باند اپتیکال این سنجنده در محدوده طیفی ۰/۴ تا ۲/۱۵ میکرومتر و شانزده باند گرمایی آن در محدوده طیفی ۳/۶ تا ۱۲/۲۷ میکرومتر قرار دارد. ماهواره سنتینل-۱ در سوم آوریل ۲۰۱۴ مأموریت خود را در مدار قطب‌گرد آغاز کرد. در حال حاضر، دو ماهواره سنتینل-۱A و ۱B تصویربرداری راداری را در محدوده باند C ریزموج انجام می‌دهند. هدف این پژوهش آشکارسازی نشت نفت پیرامون سکوه‌های نفتی شمال خلیج فارس، در تاریخ‌های



شکل ۱. منطقه مورد مطالعه: محدوده مورد مطالعه روی نقشه خلیج فارس (الف)؛ محدوده میداین نفتی مورد مطالعه (ب)

### ۳- داده‌ها و روش‌ها

انجام شد و در ادامه، پس از تبدیل عدد رقمی به رادیانس، دمای روشنایی و دمای سطح دریا محاسبه شد. در بخش‌های بعدی، جزئیات بیشتر پردازش این داده‌ها مطرح شده است.

#### ۳-۱- پردازش داده‌های مادیس

دمای سطح دریا یکی از پارامترهای کیفیت آب است که برای پایش شرایط دریا اندازه‌گیری می‌شود (Cahyono et al., 2017; Yu et al., 2014; Syariz et al., 2015). به‌منظور پایش دمای سطح دریا که در زمان و مکان تغییر می‌کند، روش‌های مبتنی بر سنجش از دور، آثار جوّی را مد نظر قرار می‌دهند (Qianguo, 2006). در این ارتباط، کیفیت تصحیح جوّی استفاده از باندهای فروسرخ گرمایی در آب‌های ساحلی و درون‌مرزی را کنترل می‌کند (Zhihua et al., 2018; Jaelani et al., 2013; 2015; 2016; Ritchie & Cooper, 2001). الگوریتم‌های متعددی برای محاسبه دمای سطح دریا، براساس همبستگی بین داده‌های تابش فروسرخ گرمایی و داده‌های دمای میدان، توسعه یافته است (Chen et al., 2003; Jaelani & Alfatimah, 2017). مورد استفاده در این مطالعه که در ساعت ۰۷:۴۵ UTC

برای شناسایی لکه‌های نفتی، از دسته داده‌های سنتینل-۱A، متعلق به تاریخ هفدهم ژوئن ۲۰۱۵ و تصاویر سطح LIB سنجنده مادیس، متعلق به پانزدهم ژوئن ۲۰۱۵ استفاده شده است. به‌دلیل نشت وسیع نفت که در ژوئن ۲۰۱۵ رخ داد، لکه‌های نفتی در این دو تاریخ همچنان بر سطح آب دریا باقی مانده بود. ماهواره سنتینل-۱ به‌دلیل میدان دید وسیع، در دسترس بودن، توانایی تصویربرداری در تمامی شرایط آب‌وهوایی و طی شب و روز، و توان تفکیک زمانی بالا (سه تا پنج روز)، به ابزاری مؤثر برای پایش نشت نفت در دریا تبدیل شده است. سنجنده مادیس نیز، به‌علت پوشش طیفی محدوده‌های مرئی، فروسرخ نزدیک و فروسرخ گرمایی، توان تفکیک زمانی بالا (یک تا دو روز)، میدان دید گسترده و دسترسی به داده‌های آن در نزدیک‌ترین فاصله به زمان واقعی، می‌تواند کاربرد مؤثری در شناسایی و پایش نشت نفت داشته باشد.

در این مطالعه، داده‌های سنتینل-۱A گردآوری و روی آنها پردازش‌های زمین‌مرجع‌سازی، تصحیحات هندسی و رادیومتریک، حذف نویز، فیلترگذاری و پلاریزاسیون انجام شد. در زمینه داده‌های سنجنده مادیس نیز، ابتدا تصحیحات هندسی و رادیومتریک

### ۳-۱-۳- دمای سطح دریا

الگوریتم پنجره‌مجزا که مدلی عملکردی بین دمای سطح دریا و دمای روشنایی طیفی است، ابتدا از سوی مک‌میلان<sup>۱</sup> در سال ۱۹۷۵ پیشنهاد شد و با استفاده از آن، می‌توان دمای سطح دریا را بازیابی کرد.

الگوریتم پنجره‌مجزا بر مبنای کاهش اثرات جوئی، از طریق تلفیق دو باند گرمایی مجاور طراحی شده (Jiménez-Muñoz & Sorbino, 2008) و شکل عمومی آن مطابق رابطه (۲) است.

$$SST = a_0 + a_1 T_i + a_2 (T_i - T_j) \quad \text{رابطه (۲)}$$

در این معادله،  $T_s$  دمای سطح دریا بر حسب درجه سانتی‌گراد،  $T_i$  و  $T_j$  دمای روشنایی برای باندهای متفاوت و  $a_k$  ضرایب این روش است که مطابق با تعداد باندهای انتخابی، تعداد ضرایب نیز تغییر می‌کند. این ضرایب تابع پاسخ طیفی باندها، ضریب گسیل باندها، بخار آب جو و زاویه زینتی شمرده می‌شوند (Jiménez-Muñoz & Sorbino, 2008).

در ادامه، دمای سطح دریا بر اساس باند ۲۰ سنجنده مادیس و رابطه (۳) محاسبه شد.

$$SST_i = a_i + b_i T_i \quad \text{رابطه (۳)}$$

در این معادله،  $i$  شماره باند و  $a$  و  $b$  ضرایب الگوریتم (جدول ۱) هستند (Brown et al., 1999).

جدول ۱. ضرایب الگوریتم

Band	$a_i$	$b_i$
۲۰	۱/۰۱۳۴۲	۱/۰۴۹۴۸
۲۲	۱/۶۴۵۴۷	۱/۰۲۳۰۲
۲۳	۳/۶۵۲۶۴	۱/۰۴۶۵۷

منبع: Brown et al., 1999

1. McMillin

برداشت شده‌اند، با استفاده از نقاط کنترلی که در دسته داده وجود دارد، زمین مرجع شدند و سپس دمای سطح دریا، بر مبنای باندهای گرمایی آن، به دست آمد. برای این کار، تبدیلات و فرایندهایی صورت گرفت که در ادامه، به آنها اشاره می‌کنیم.

### ۳-۱-۱- تبدیل عدد رقمی به رادیانس

کالیبره کردن سنجنده، در واقع، محاسبه انرژی باقی مانده در سنجنده ( $w.m^{-2}.sr^{-1}.\mu m^{-1}$ ) با استفاده از ارزش روشنایی ثبت شده و معادله‌ای خطی است که برای اجراء از دو ضریب کالیبراسیون offset و gain استفاده می‌کند. این مرحله شامل تبدیل عددهای روشنایی به رادیانس است (Xing et al., 2006a; b).

### ۳-۱-۲- دمای روشنایی

با توجه به اینکه بخشی از تابش گسیل شده از سطح زمین در باند فروسرخ گرمایی، پیش از رسیدن به سنجنده، از طریق ذرات موجود در جو جذب یا پخش می‌شود، دمای روشنایی ثبت شده در سنجنده که دمای بالای سطح جو است، از دمای واقعی در سطح زمین کمتر است و تفاوت چشمگیری با دمای واقعی سطح زمین دارد (Reutter et al., 1994). داده‌های باند گرمایی را می‌توان، با استفاده از ثابت گرمایی موجود در فایل اطلاعاتی داده‌ها، از تابش طیفی به دمای روشنایی تبدیل کرد (Jaelani & Alfatinah, 2017). دمای روشنایی از راه رابطه (۱) محاسبه می‌شود.

$$BT = \frac{K_2}{Ln\left(\frac{K_1}{L_\lambda} + 1\right)} \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن  $BT$  دمای روشنایی بر حسب کلون و  $K_1$  و  $K_2$  ثابت‌های کالیبراسیون موجود در فایل اطلاعاتی داده‌ها هستند.

### ۳-۲- پردازش داده‌های سنتینل-۱

آشکارسازی نشت نفت، با استفاده از داده‌های راداری، بسیار مستعد خطاهای ناشی از بارز شدن هم‌زمان پدیده‌های دروغین مشابه است؛ بنابراین باید تلاش شود لکه‌های نفتی از هدف‌های دروغین متمایز شوند.

به منظور آماده‌سازی تصاویر SAR برای تفسیرهای بعدی، ضروری بود چند مرحله پیش‌پردازش شامل زمین مرجع‌سازی، تصحیحات رادیومتریک و هندسی، مولتی‌لوکینگ<sup>۱</sup> و فیلترگذاری بر آنها اعمال شود. داده‌های پلاریزاسیون VH و VV ماهواره سنتینل-۱A مورد استفاده در این مطالعه که در تاریخ هفدهم ژوئن ۲۰۱۵ (۰۲:۳۸ UTC) دریافت شده‌اند، با استفاده از فایل‌های مدار دقیق و کالیبراسیون، تصحیح شدند. سپس از روش مولتی‌لوکینگ، فیلترگذاری و حذف نوفه گرمایی، برای حذف یا کاهش نوفه اسپیکل و گرمایی استفاده شد. در ادامه، هر یک از این روش‌ها جداگانه شرح داده می‌شود. تصحیح زمین نیز با استفاده از دامنه داپلر انجام شد.

### ۳-۲-۱- کاهش نوفه

نویز یا نوفه سیگنالی ناخواسته است که در بسیاری از تصاویر ماهواره‌ای، امکان وقوع آن وجود دارد. این سیگنال‌های ناخواسته در تصاویر رادار تأثیرات مخربی می‌گذارند. برخی نویزهای اثرگذار در تصاویر SAR نویزهای اسپیکل و گرمایی است. برای کاهش نواحی ناخواسته تصویر، باید از فن‌های کاهش نویز استفاده کرد (Liu et al., 2013). اگر نویز گرمایی آن اندازه بزرگ باشد که در تحلیل‌های بعدی مشکل ایجاد کند، آن نویز برداشته می‌شود (Liu & Wang, 2012). نویز گرمایی، با توجه به انرژی پس‌زمینه در سیستم SAR، دقت برآورد بازتابندگی رادار را کاهش می‌دهد. در این پژوهش، گزینه حذف نویز گرمایی روی داده فایل مدار دقیق سنتینل-۱A اجرا شد. نویز اسپیکل نویزی درشت است که معمولاً در تصاویر رادار فعال و رادار آنتن مصنوعی مشهود است و از بین می‌رود. امواج رادار

ممکن است، به صورت سازنده یا مخرب، در ایجاد پیکسل‌های روشن و تاریک در تصویر رادار تداخل داشته باشند.

چندین الگوریتم برای حذف نویز اسپیکل توسعه یافته است (Liu et al., 2013). از آن‌جا که نویز اسپیکل موقت است، تصویربرداری مولتی‌لوک برای کاهش نویز اسپیکل با مقدار زیاد است (Migliaccio et al., 2005; Migliaccio et al., 2007). در این مطالعه، پس از حذف نویز گرمایی، کالیبراسیون پیکسل‌های رقومی پلاریزاسیون عمودی (VV) با استفاده از پارامترهای داده‌شده در فایل SAR اجرا شد و سپس از روش مولتی‌لوکینگ برای کاهش نویز اسپیکل استفاده شد.

### ۳-۲-۱-۱- فیلترگذاری

به فیلترکردن «صاف‌کننده» نیز گفته می‌شود که در پردازش تصویر، برای کاهش نویز و بهبود کیفیت تصویر انجام می‌شود. با توجه به نوع نویز، فیلترهای خطی یا غیرخطی برای از بین بردن نویز به کار می‌روند. فیلترهای خطی، در بیشتر موارد، فیلترهای خوبی برای از بین بردن نویزهای اسپیکل و دیگر انواع نویزها به شمار می‌روند و با استفاده از مجموع وزنی پیکسل‌ها در پنجره‌های متوالی تصویر، اجرا می‌شوند. فیلترهای غیرخطی بدون جمع وزنی پیکسل‌ها اجرا می‌شوند و معمولاً از نظر مکانی، نامتغیر یا ثابت‌اند؛ این بدان معنی است که در تمامی قسمت‌های تصویر، همان محاسبه انجام می‌شود. فیلترهای میانگین و متوسط، به ترتیب، فیلترهای خطی و غیرخطی معمولی‌اند که در پردازش تصویر به کار می‌روند (Liu et al., 2013).

میناکشی و پونیتهم<sup>۲</sup> (۲۰۱۱) فیلترهای میانگین، میانه، محلی-منطقه و لی، نقشه گاما را برای کاهش نویز اسپیکل در تصاویر SAR بررسی کردند. فیلتر نقشه گاما، در مقایسه با سایر روش‌ها، دارای ویژگی حفظ اطلاعات لبه است؛ بنابراین محققان نام‌برده اظهار

1. Multilooking

2. Meenakshi & Punitham

#### ۴- نتایج و بحث

##### ۴-۱- تصویر سنجنده مادیس

براساس مطالعات گذشته، از باندهای گرمایی سنجنده مادیس در محدوده طول موج ۱۴-۸ میکرومتر در محاسبه دمای سطح دریا، کلروفیل a، ارتباط دمای سطح دریا با عمق در خلیج فارس، آنومالی گرمایی آبهای خلیج فارس بر اثر وقوع طوفانهای گردوغبار، اعتبارسنجی دمای سطح، محاسبه دمای سطح دریا با استفاده باندهای ۱۱ و ۱۲ میکرومتر و باند ۴ میکرومتر و مقایسه دمای حاصل از باندهای گرمایی سنجنده مادیس در شب و روز استفاده شد. در تمامی این پژوهشها، باندهای ۳۱ و ۳۲ در محدوده ۱۱ و ۱۲ میکرومتر به منظور محاسبه دمای سطح دریا بررسی شد و باند ۲۰ فقط در یک مورد، به منظور مقایسه نظریه باندهای متفاوت گرمایی این سنجنده، به کار رفت. اما تا کنون، برای محاسبه دمای سطح دریا در محدوده ۵-۳ میکرومتر (باند ۲۰) سنجنده مادیس و آشکارسازی لکه‌های نفتی با استفاده از داده‌های گرمایی این سنجنده مطالعه‌ای صورت نگرفته است؛ بنابراین پژوهش حاضر کاری جدید محسوب می‌شود. نتایج این مطالعه به آشکارسازی نشت نفت در پیرامون سکوه‌های نفتی شمال خلیج فارس منجر شد که با استفاده از تصویر فرورسرخ گرمایی مادیس در محدوده ۵-۳ میکرومتر، از راه مقایسه دمای آب سطح دریا و لکه‌های نشت نفت صورت گرفت. ابتدا دسته داده‌های سطح LIB سنجنده مادیس محدوده مورد مطالعه در تاریخ ۲۰۱۵/۰۶/۱۵ جمع‌آوری و با استفاده از نقاط کنترلی که در این دسته داده وجود دارد، زمین‌مرجع شد. سپس باندهای گرمایی آن، براساس توان تفکیک مکانی ۲۵۰ متر، بازنویسی شد. برای تصحیحات هندسی آن، تصاویر لندست-۸ و بینگ به کار رفت و از آن‌جا که به‌درستی زمین‌مرجع شدند، هیچ‌گونه خطایی وجود نداشت. این دسته داده‌ها کالیبره شده هستند و پس از

داشتند که فیلترهای نقشه گاما و لی، با کرنل ۵\*۵، نتایجی بهتر از سایر فیلترها دربر دارند. سودها و ویجندران<sup>۱</sup> (۲۰۱۷)، برای کاهش نویز اسپیکل داده‌های سنتینل-۱، از شش تکنیک فیلتر با پنج اندازه کرنل متفاوت بهره بردند و دریافتند که فیلتر نقشه گاما با اندازه ۷\*۷ نتایجی بهتر از دیگر روش‌ها دارد. در این مطالعه پس از اجرای مولتی‌لوکینگ، به‌منظور کاهش نویز اسپیکل، از گزینه فیلتر اسپیکل با انتخاب یک فیلتر نقشه گاما در اندازه ۵\*۵ استفاده شد.

##### ۳-۲-۲- پلاریزاسیون

مطالعات نشان داده است پلاریزاسیون VV، در قیاس با HH یا HV، نتایج بهتری در آشکارسازی نشت نفت دربر دارد (جدول ۲) (Majidinezhad et al., 2018). به‌طور معمول، انتقال و دریافت در پلاریزاسیون قطبش یکسان است. برای آشکارسازی و پایش نشت نفت در دریا و اقیانوس از پلاریزاسیون VV استفاده می‌شود (Skrunes et al., 2016; Banks et al., 2017; Velotto et al., 2011; Marghany & Van Genderen, 2014; Zhang et al., 2011; Silva et al., 2017). به‌دلیل ثابت دی‌الکتریک بالای سطح دریا، پلاریزاسیون VV بازپراکنش بالاتری در مقایسه با پلاریزاسیون VH ارائه می‌دهد؛ بنابراین می‌توان از پلاریزاسیون VV در مطالعات نشت نفت استفاده مؤثری کرد (Alpers & Espedal, 2004). در واقع، حضور نفت در سطح دریا تأثیر بسیار اندکی در پلاریزاسیون VH و HV، در مقایسه با پلاریزاسیون VV دارد؛ بنابراین پلاریزاسیون VH و HV برای آشکارسازی نشت نفت مفید نیستند (Majidinezhad et al., 2018). در این مطالعه، از پلاریزاسیون VV و VH برای آشکارسازی نشت نفت استفاده شد.

جدول ۲. مقادیر بازپراکنش رادار فرضی در پلاریزاسیون HV یا VH و VV، برای آشکارسازی نشت نفت

Polarization	Water	Oil-covered water	SAR noise floor	Contrast
VV	-20 db	-28 db	-30 db	8 db
HV or VH	-30 db	-38 db	-30 db	0 db

منبع: www.nrcan.gc.ca

1. Sudha & Vijendran

کنند و به دلیل دمای سطح بالای آن، به منزله جسمی سیاه گرما را جذب می‌کند و گرم‌تر از آب دریا در اطراف می‌شود. طی شب، نفت گرما را سریع‌تر از آب‌های اطراف از دست می‌دهد و این باعث می‌شود که از آب پیرامون خود خنک‌تر باشد. از آن جاکه تصویر محدوده مطالعاتی در هنگام صبح برداشت شده و تابش خورشید هنوز در لکه نفتی تأثیری نگذاشته است، لکه نفتی دمایی کمتر از دمای آب پیرامون نشان می‌دهد؛ در نتیجه، تیره بودن لایه نفتی در تصویر ماهواره‌ای که ناشی از دمای پایین‌تر آن (۳۶/۲۱ درجه سانتی‌گراد) به نسبت آب دریا (۴۴/۸۸ درجه سانتی‌گراد) است، ضخامت تقریباً زیاد لایه نفتی نشئت‌یافته را اثبات می‌کند (شکل ۲-ج). اگر لایه نفت نشئت‌یافته ضخامت متوسطی داشت، به رنگ روشن دیده می‌شد و اگر ضخامت آن کم بود، امکان شناسایی آن وجود نمی‌داشت.

تنها اندازه‌گیری‌های میدانی که می‌شد، با مقایسه آن با دماهای محاسبه‌شده از طریق پردازش داده‌های فرسرخ گرمایی، میزان درستی نتایج را ارزیابی کرد. دمای اندازه‌گیری‌شده با استفاده از بویه موج‌نگار بوشهر (متعلق به سازمان بنادر و دریانوردی بوشهر)، در تاریخ پانزدهم ژوئن ۲۰۱۵ بود که در نقطه‌ای با مختصات ۲۸/۶۲۹۴ درجه عرض جغرافیایی و ۵۰/۸۰۲۵ درجه طول جغرافیایی مستقر است. به این منظور، دمای تصویر گرمایی سنجنده مادیس در نقطه بویه موج‌نگار بوشهر به دست آمد و مقدار این دما با دمای بویه اندازه‌گیری‌شده از طریق بویه در ساعت مورد نظر (ساعت UTC ۰۸:۰۰) مقایسه شد. نتایج این ارزیابی نشان داد که اختلاف دمای برآوردشده با استفاده از تصویر مادیس (۳۵/۱۷ درجه سانتی‌گراد) با دمای بویه موج‌نگار (۳۴/۷ درجه سانتی‌گراد) کمتر از ۱ درجه سانتی‌گراد است. این نتیجه می‌تواند دقت مورد قبول محاسبات انجام‌شده بر پایه تصویر فرسرخ گرمایی سنجنده مادیس را اثبات کند. روش مورد استناد دیگر، برای درستی سنجی نتایج این دو دسته داده، مقایسه

تصحیحات جوی روی آنها، هیچ تغییری در عدد روشنایی آنها دیده نشد و عددهای روشنایی به رادیانس تبدیل شدند (شکل ۲-الف). مقدار انرژی رسیده به سنجنده برای هر پیکسل، با استفاده از رابطه معکوس تابع پلانک، به دمای روشنایی تبدیل شد (شکل ۲-ب). مقداری از تابش گسیل‌شده از سطح زمین در باند فرسرخ گرمایی از طریق ذرات موجود در جو جذب یا پخش می‌شود؛ به همین دلیل، دمای روشنایی موجود در سنجنده که دمای بالای سطح جو است، کمتر از دمای واقعی در سطح زمین است و با دمای واقعی سطح زمین تفاوت دارد (جدول ۳). با توجه به این نکته، پس از محاسبه دمای روشنایی، نقشه دمای سطح دریا با استفاده از الگوریتم پنجره‌مجزا برای باند ۲۰ سنجنده مادیس، برحسب درجه کلون و سانتی‌گراد، تهیه شد. در این نقشه، لکه نفتی در قیاس با آب دریای پیرامون، به صورت تیره‌رنگ (دمای پایین‌تر) دیده می‌شود. لایه نفتی نشئت‌یافته با ضخامت زیاد مقدار زیادی از تابش را جذب می‌کند و در محدوده فرسرخ گرمایی، گرم است. لایه نفتی با ضخامت متوسط در این ناحیه خنک می‌شود اما لایه نفتی نازک، در محدوده فرسرخ گرمایی، آشکار نمی‌شود. ضخامت حداقل لایه قابل تشخیص بین ۲۰ تا ۷۰ میکرومتر است. تغییر از لایه داغ تا سرد بین ۵۰ تا ۱۵۰ میکرومتر است (Jha et al., 2008). در شب، رفتاری معکوس مشاهده شده است: افت گرما در نفت سریع‌تر از آب است و بنابراین به نظر می‌رسد لایه نفتی ضخیم خنک‌تر از آب باشد (Jha et al., 2008). مواد دارای اینرسی گرمایی اندک، در روز، به دمایی سطح بالا و شب‌هنگام به دمایی نسبتاً کم، مثلاً در مورد مواد دارای اینرسی گرمایی بالا، می‌رسند (Sabins, 1978). به نظر می‌رسد اینرسی گرمایی آب دریا بیشتر از نفت باشد و این باعث می‌شود که غشای نفت تغییرات بیشتری در دمای روزانه را، در مقایسه با آب‌های اطراف، نشان دهد. این بدان معنی است که در طول بعدازظهر، سنجنده‌های گرمایی می‌توانند آن را مشاهده



قبول بوده است، همچنان محدوده‌هایی مشابه با لکه نفتی دیده می‌شود که واقعی نیستند؛ علاوه بر آن لکه‌های بارز شده دارای وضوح و مرز مشخص نیستند و در مقایسه با داده‌های گرمایی این سنجنده که در مطالعه حاضر به کار رفته، روش مورد نظر نتیجه ضعیف‌تری داشته است. نتایج پژوهش در دست روی داده‌های گرمایی مودیس، در مقایسه با سایر مطالعات انجام شده روی داده‌های اپتیکال، دارای وضوح بیشتر و فاقد خطاهای درخشش خورشید و خطای ابر است و به نتایج حاصل از پردازش داده‌های راداری که دقت خوبی دارند، نزدیک تر است.

جدول ۳. مقادیر ماکزیمم و مینیمم رادیانس، دمای روشنایی و دمای سطح دریا حاصل از باند ۲۰ سنجنده مادیس

دمای سطح دریا	دمای روشنایی	رادیانس	
۴۴/۸۸	۴۱/۸۰	۰/۸۲	ماکزیمم
۳۶/۲۱	۳۳/۵۴	۰/۵۹	مینیمم

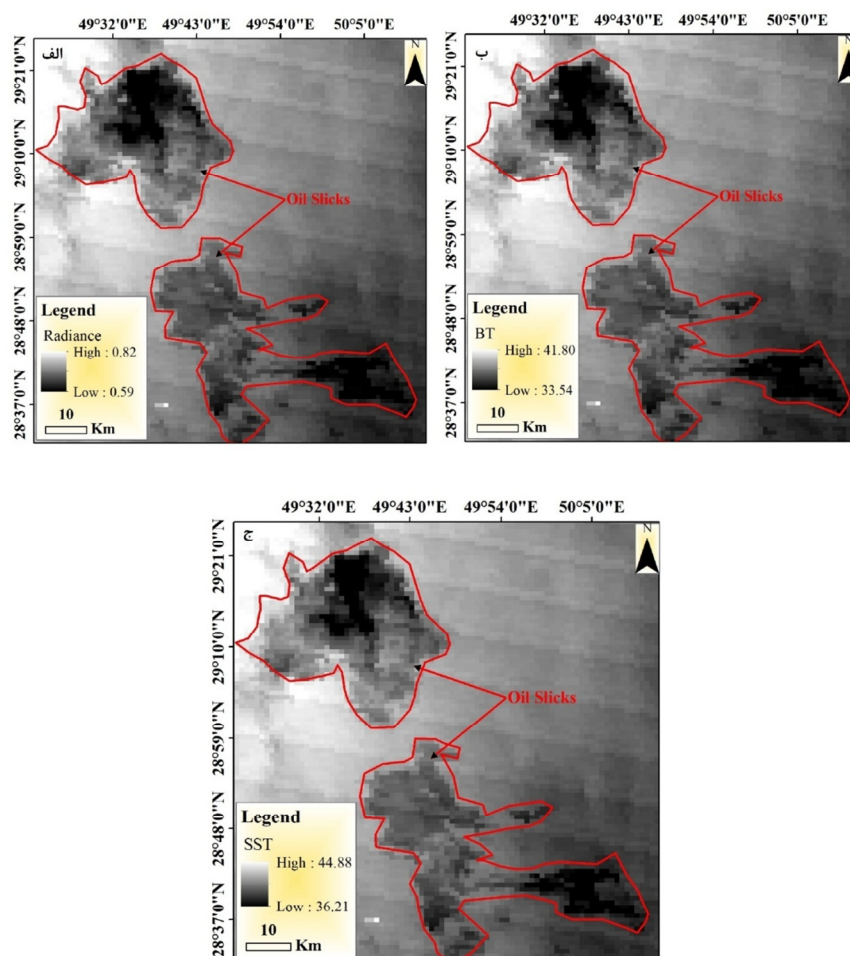
#### ۴-۲- تصویر ماهواره سنتینل-۱

با توجه به اینکه در پژوهش‌های گوناگون از تصاویر سنتینل-۱ و روش پلاریزسیون عمودی به‌منظور آشکارسازی لکه‌های نفتی استفاده شده است، برای آشکارسازی بهتر لکه نفتی و درستی‌سنجی پردازش‌های حاصل از باند ۲۰ سنجنده مادیس، از تصویر راداری سنتینل-۱ نیز استفاده شد. از آن‌جاکه در تصویر مورد استفاده، خطای دقیق نبودن بردار سنجنده در مدار دیده شد، پردازش فایل مدار دقیق برای تصحیح این خطا به کار رفت. سپس، به‌منظور افزایش کیفیت رادیومتریک تصویر، نوفه گرمایی آن حذف شد. در مرحله بعد، پیکسل‌های رقمی پلاریزاسیون عمودی (VV) با استفاده از پارامترهای داده شده در فایل SAR کالیبره شد تا تصحیح تابش‌سنجی مقادیر بازپراکنش صورت گیرد. نوفه اسپیکل نیز، با استفاده از گزینه

گستره جغرافیایی لکه نفتی بروز یافته در تصاویر مادیس و سنتینل-۱ بود که کاملاً با هم مطابقت داشتند (شکل‌های ۲ و ۳). سان<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۸) از داده‌های اپتیکال سنجنده مادیس، راداری و سایر داده‌های اپتیکال در تاریخ‌های متفاوت، برای آشکارسازی لکه‌های نفتی در غرب دریای چین استفاده کردند. هرچند در این مطالعه داده‌های راداری و اپتیکال دیگر با توان تفکیک بالای لکه‌های نفتی را بارز کردند، لکه‌های نفتی روی داده‌های اپتیکال مادیس آشکار نشد زیرا بین آنها و آب دریا تفاوتی به چشم نمی‌خورد؛ بنابراین نتایج حاصل از داده‌های اپتیکال مادیس، در مقایسه با نتایج پژوهش حاضر که در آن لکه‌های نفتی در باند ۲۰ فرورسرخ گرمایی سنجنده مادیس کاملاً آشکار شده، دارای تفاوت است. از دیگر سو، لاکاوا و همکاران (۲۰۱۷) برای آشکارسازی لکه نفتی در شرق دریای مدیترانه، از روش فن ماهواره‌ای قوی روی باندهای اپتیکال سنجنده مادیس به‌صورت سری زمانی استفاده کردند اما، به دلیل شرایط ابری و درخشش خورشید، در ترکیب رنگی واقعی باندهای اپتیکال سنجنده مادیس در بیشتر سطح آب دریا و لکه‌های نفتی، به‌صورت پیکسل‌های سفید دیده شدند. در پژوهش مزبور، پس از ایجاد ماسک ابر و سایر روش‌های عددی، بین لکه نفتی و سطح آب دریا تفاوت دیده شد و با نتایج داده‌های رادارست ۱ تطابق تقریباً خوبی داشت. نتایج مطالعه آنها، در مقایسه با پژوهش حاضر، وضوح کمتری از لکه‌های نفتی ارائه کرده و در برخی نواحی، تشخیص قطعی لکه نفتی از سطح آب دریا با مشکل مواجه بوده است. پیسانو و همکاران (۲۰۱۵) نیز، در سواحل لبنان، از تصاویر فرورسرخ نزدیک سنجنده مادیس برای بررسی نشت نفت استفاده کردند و برای حذف آلودگی درخشش خورشید روی داده‌های رادیانس این تصاویر در تاریخ‌های متفاوت، روشی به کار بردند تا لکه‌های نفتی دارای کنتراست مثبت (رنگ روشن) از آب‌های پیرامون تفکیک شوند. با اینکه نتایج این مطالعه در مورد برخی تاریخ‌ها مورد

1. Sun

## مجید هاشمی تنگستانی و مرجان کریمی



شکل ۲. نقشه رادیانس (الف)؛ دمای روشنایی (ب)؛ دمای سطح دریا (ج) برای باند ۲۰ سنجنده مادیس، در تاریخ پانزدهم ژوئن ۲۰۱۵ (ساعت ۰۷:۴۵ UTC) برحسب درجه سانتی گراد. لکه‌های نفتی به صورت تیره (دمای پایین) در مقایسه با آب دریا (دمای بالا) مشاهده می‌شوند

سطح دریا تأثیر بسیار اندکی در پلاریزاسیون VH و HV، به نسبت پلاریزاسیون VV دارد؛ بنابراین پلاریزاسیون VH و HV برای آشکارسازی نشت نفت مفید نیستند. از آن جاکه تصویر پلاریزاسیون VV حساسیت بیشتری در برابر تغییرات سرعت باد دارد، نتیجه‌ای دقیق‌تر از پلاریزاسیون VH نیز به دست داده است. امواج رادار از طریق امواج موئینی روی سطح دریا بازپراکنش می‌شوند؛ بنابراین تصویری روشن از آب دریا به دست می‌آید. نفت امواج گرانشی-موئینی را کاهش می‌دهد و منجر به کاهش بازپراکنش از سطح دریا می‌شود؛ از این رو در تصویر راداری، وجود

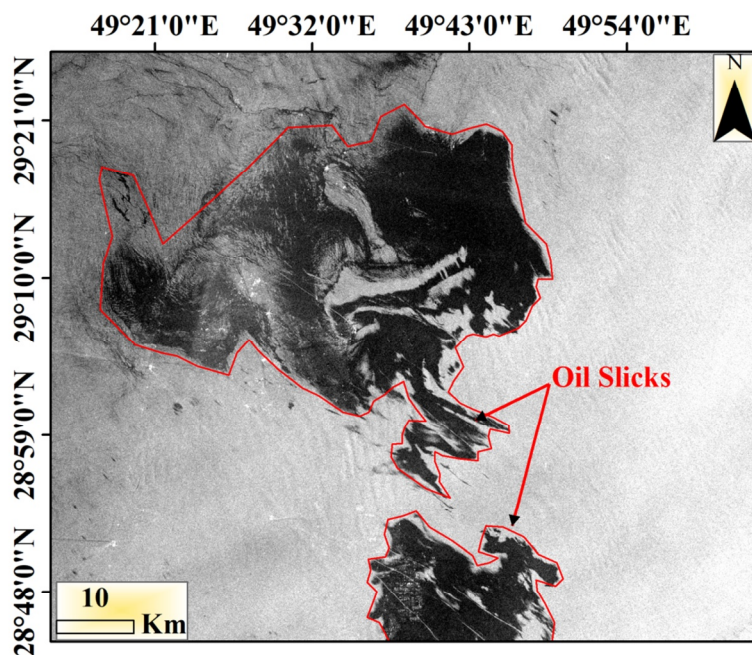
فیلتر اسپیکل و انتخاب یک فیلتر نقشه گاما با اندازه کرنل ۵\*۵ کاهش یافت. پس از فیلتر کردن نوفه اسپیکل، از اپراتور تصحیح زمین دامنه داپلر استفاده شد تا تصحیح زمین برای داده‌های خروجی اعمال شود زیرا فاصله بین سنجنده SAR و سطح بازتاب‌کننده، به دلیل شیب سنجنده و تغییرات توپوگرافی، ممکن است انحراف بیابد. برای حذف این تأثیرات، تصاویر سنتینل-۱ با استفاده از مدل ارتفاع رقمی، تصحیح و به دسی بل (dB) تبدیل شد. به دلیل ثابت دی‌الکتریک بالای سطح دریا، پلاریزاسیون VV بازپراکنشی بیشتر از پلاریزاسیون VH ارائه می‌دهد. در واقع، وجود نفت در

سانتی‌گراد) باعث شد لکه نفتی به رنگ تیره دیده شود. برای آشکارسازی دقیق‌تر لکه نفتی و درستی‌سنجی پردازش‌های حاصل از باند ۲۰ سنجنده مادیس، از تصویر راداری سنتینل-۱A و پردازش‌های حذف نویز، مانند فیلترگذاری و مولتی‌لوکینگ و تصویر پلاریزاسیون VV استفاده شد. در پایان، از راه مقایسه دمای بویه موج‌نگار بوشهر با دمای حاصل از تصویر سنجنده مادیس و گستره جغرافیایی لکه نفتی در دو دسته داده مادیس و سنتینل-۱، درستی نتایج این مطالعه و پردازش‌های انجام‌شده تأیید شد. نتایج نشان می‌دهد که نواحی دارای نشت نفت دمایی کمتر از آب پیرامون دارند و همچنین سنجش از دور فروسرخ گرمایی و راداری را می‌توان، با کارایی بالا، برای آشکارسازی نشت نفت در دریا به‌کار برد. هرچند پیش‌تر از داده‌های اپتیکال سنجنده مادیس در آشکارسازی لکه‌های نفتی استفاده شده است، کاربرد باند ۲۰ گرمایی این سنجنده با هدف مشابه که اولین بار در این پژوهش انجام شده است، لکه‌های نشت نفتی را واضح‌تر مشخص کرده است.

نفت می‌تواند به‌صورت لکه تاریک روی سطح روشن دریا مشاهده شود. لکه نفتی نشت‌یافته در این تصویر، به‌دلیل مقادیر بازپراکنش پایین آن در قیاس با آب پیرامون، به رنگ تیره دیده می‌شود (شکل ۳). روش مورد استناد دیگر، برای درستی‌سنجی نتایج حاصل از این دو دسته داده، مقایسه گستره جغرافیایی لکه نفتی بارز شده در تصاویر مادیس و سنتینل-۱ بود که کاملاً با هم تطبیق داشتند.

#### ۵- نتیجه‌گیری

در این مطالعه، به‌منظور آشکارسازی نشت نفت رخ داده پیرامون سکوه‌های نفتی بخش شمالی خلیج فارس در تاریخ‌های پانزدهم و هفدهم ژوئن ۲۰۱۵، از تصاویر فروسرخ گرمایی مادیس و تصاویر راداری سنتینل-۱A استفاده شد. الگوریتم پنجره‌مجزا برای محاسبه دمای سطح دریا از تصویر فروسرخ گرمایی باند ۲۰ سنجنده مادیس به‌کار رفت. دمای پایین نفت (۳۶/۲۱ درجه سانتی‌گراد) به‌نسبت آب دریا (۴۴/۸۸ درجه



شکل ۳. تصویر پلاریزاسیون VV باند C ماهواره سنتینل-۱A در تاریخ هفدهم ژوئن ۲۰۱۵ (ساعت UTC ۰۲:۳۸). لکه‌های نفتی، به‌دلیل مقادیر بازپراکنش کمتر از آب دریای پیرامون، به‌صورت تیره‌رنگ مشاهده می‌شوند

۶- منابع

- Alpers, W. & Espedal, H.A., 2004, **Oils and Surfactants**, in SAR Marine User's Manual.
- Andreoli, G., Bulgarelli, B., Hosgood, B. & Tarchi, D., 2007, **Hyperspectral Analysis of Oil and Oil-Impacted Soils for Remote Sensing Purposes**, European Commission Joint Research Centre: Luxembourg, 36.
- Arslan, N., 2018, **Assessment of Oil Spills Using Sentinel 1 C-Band SAR and Landsat 8 Multispectral Sensors**, Environmental Monitoring and Assessment, 190(11), P. 637.
- Banks, S., Millard, K., Behnamian, A., White, L., Ullmann, T., Charbonneau, F., ... & Duffe, J., 2017, **Contributions of Actual and Simulated Satellite SAR Data for Substrate Type Differentiation and Shoreline Mapping in the Canadian Arctic**, Remote Sensing, 9(12), P. 1206.
- Brekke, C. & Solberg, A.H., 2005, **Oil Spill Detection by Satellite Remote Sensing**, Remote Sensing of Environment, 95(1), PP. 1-13.
- Brown, C.E., Fingas, M.F. & Hawkins, R., 2003, **Synthetic Aperture Radar Sensors: Viable for Marine Oil Spill Response**, In Arctic and Marine Oilspill Program Technical Seminar (Vol. 1, PP. 299-310), Environment Canada, 1999.
- Brown, O.B., Minnett, P.J., Evans, R., Kearns, E., Kilpatrick, K., Kumar, A., ... & Závody, A., 1999, **Modis Infrared Sea Surface Temperature Algorithm Algorithm Theoretical Basis Document Version 2.0**, University of Miami, 31, PP. 098-33.
- Cahyono, A.B., Saptarini, D.I.A.N., Pribadi, C.B. & Armono, H.D., 2017, **Estimation of Sea Surface Temperature (SST) Using Split Window Methods for Monitoring Industrial Activity in Coastal Area**, In Applied Mechanics and Materials (Vol. 862, PP. 90-95), Trans Tech Publications.
- Chander, G., Markham, B.L. & Helder, D.L., 2009, **Summary of Current Radiometric Calibration Coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI Sensors**, Remote Sensing of Environment, 113(5), PP. 893-903.
- Chen, C., Shi, P. & Mao, Q., 2003, **Application of Remote Sensing Techniques for Monitoring the Thermal Pollution of Cooling-Water Discharge from Nuclear Power Plant**, Journal of Environmental Science and Health, Part A, 38(8), PP. 1659-1668.
- Fingas, M. & Brown, C.E., 2011, **Oil Spill Remote Sensing: A Review**, In Oil Spill Science and Technology (PP. 111-169).
- Fingas, M. & Brown, C., 2014, **Review of Oil Spill Remote Sensing**, Marine Pollution Bulletin, P. 83.
- Forget, P. & Broche, P., 1996, **Slicks, Waves, and Fronts Observed in a Sea Coastal Area by an X-Band Airborne Synthetic Aperture Radar**, Remote Sensing of Environment, 57(1), PP. 1-12.
- Hassanzadeh, S., Hosseinibalam, F. & Rezaei-Latifi, A., 2011, **Numerical Modelling of Salinity Variations Due to Wind and Thermohaline Forcing in the Persian Gulf**, Applied Mathematical Modelling, 35(3), PP. 1512-1537.  
<https://www.nrcan.gc.ca>.
- Jaelani, L.M. & Alfatinah, A., 2017, **Sea Surface Temperature Mapping at Medium Scale Using Landsat 8-TIRS Satellite Image**, IPTEK Journal of Proceedings Series, 3(6).
- Jaelani, L.M., Limehuwey, R., Kurniadin, N., Pamungkas, A., Koenhardono, E.S. & Sulisetyono, A., 2016, **Estimation of Total Suspended Sediment and Chlorophyll-A Concentration from Landsat 8-Oli: The Effect of Atmospher and Retrieval Algorithm**, IPTEK The Journal for Technology and Science, 27(1).
- Jaelani, L.M., Matsushita, B., Yang, W. & Fukushima, T., 2013, **Evaluation of Four MERIS Atmospheric Correction Algorithms in Lake Kasumigaura, Japan**, International Journal of Remote Sensing, 34(24), PP. 8967-8985.

- Jaelani, L.M., Matsushita, B., Yang, W. & Fukushima, T., 2015, **An Improved Atmospheric Correction Algorithm for Applying MERIS Data to Very Turbid Inland Waters**, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 39, PP. 128-141.
- Jha, M., Levy, J. & Gao, Y., 2008, **Advances in Remote Sensing for Oil Spill Disaster Management: State-of-the-Art Sensors Technology for Oil Spill Surveillance**, Sensors, 8(1), PP. 236-255.
- Jiménez-Muñoz, J.C. & Sobrino, J.A., 2008, **Split-Window Coefficients for Land Surface Temperature Retrieval from Low-Resolution Thermal Infrared Sensors**, IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, 5(4), PP. 806-809.
- Kikhosravi, A., 2015, **Detection of Oil Slicks in the Persian Gulf Using Radar Images**, M.Sc. Thesis, Department of Geography, Hormozgan University, Iran, 96 P., In Persian with English abstract (in Persian).
- Kim, T.S., Park, K.A., Li, X., Lee, M., Hong, S., Lyu, S.J. & Nam, S., 2015, **Detection of the Hebei Spirit Oil Spill on SAR Imagery and Its Temporal Evolution in a Coastal Region of the Yellow Sea**, Advances in Space Research, 56(6), PP. 1079-1093.
- Lacava, T., Ciancia, E., Coviello, I., Di Polito, C., Grimaldi, C.S., Pergola, N., ... & Tramutoli, V., 2017, **A MODIS-Based Robust Satellite Technique (RST) for Timely Detection of Oil Spilled Areas**, Remote Sensing, 9(2), P. 128.
- Lawal, A.D., Radice, G., Ceriotti, M. & Makarfi, A.U., 2016, **Investigating SAR Algorithm for Spaceborne Interferometric Oil Spill Detection**, International Journal of Engineering and Technical Research, 4(3), PP. 123-127.
- Linden, O., Abdulraheem, M.Y., Gerges, M.A., Alam, I., Behbehani, M., Borhan, M.A. & Al-Kassab, L.F., 1990, **State of the Marine Environment in the ROPME Sea Area**, UNEP Regional Seas Reports and Studies, No. 112, Rev. 1.
- Liu, L., Cui, X.G., Chen, M.J. & Sun, Y.J., 2013, **Marine Oil Spill Detection in SAR Image Based on Mathematical Morphology**, In Applied Mechanics and Materials (Vol. 256, PP. 2320-2323), Trans. Tech. Publications.
- Liu, K. & Wang, X.F., 2012, **Oil Spill in SAR Image Denoising Method Based on Contourlet HMT**, In Key Engineering Materials (Vol. 500, PP. 545-549), Trans Tech Publications.
- Majidinezhad, M., Groppi, D., Marzialetti, P., Piras, G. & Laneve, G., 2018, **Mapping Sea Water Surface in Persian Gulf, Oil Spill Detection Using Sentinel-1 Images**, The 4th World Congress on New Technologies (NewTech'18) Madrid, Spain, August 19-21, 2018.
- Marghany, M. & Van Genderen, J., 2014, **Entropy Algorithm for Automatic Detection of Oil Spill from Radarsat-2 SAR Data**, In IOP Conference Series, Earth and Environmental Science (Vol. 18, No. 1, P. 012051), IOP Publishing.
- McMillin, L.M., 1975, **Estimation of Sea Surface Temperatures from Two Infrared Window Measurements with Different Absorption**, Journal of Geophysical Research, 80(36), PP. 5113-5117.
- Meenakshi, A.V. & Punitham, V., 2011, **Performance of Speckle Noise Reduction Filters on Active Radar and SAR Images**, Gopalax-International Journal of Technology and Engineering System (IJTES), 1, PP. 112-114.
- Migliaccio, M., Ferrara, G., Gambardella, A., Nunziata, F. & Sorrentino, A., 2007, **A Physically Consistent Stochastic Model to Observe Oil Spills and Strong Scatterers on SLC SAR Images**, IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (PP. 1322-1325), IEEE.

- Migliaccio, M., Tranfaglia, M. & Ermakov, S.A., 2005, **A Physical Approach for the Observation of Oil Spills in SAR Images**, IEEE Journal of Oceanic Engineering, 30(3), PP. 496-507.
- Pisano, A., Bignami, F. & Santoleri, R., 2015, **Oil Spill Detection in Glint-Contaminated Near-Infrared MODIS Imagery**, Remote Sensing, 7(1), PP. 1112-1134.
- Pous, S., Lazure, P. & Carton, X., 2015, **A model of the General Circulation in the Persian Gulf and in the Strait of Hormuz: Intraseasonal to Interannual Variability**, Continental Shelf Research, 94, PP. 55-70.
- Qianguo, X., Chuqun, C., Ping, S., Jingkun, Y. & Shilin, T., 2006, **Atmospheric Correction of Landsat Data for the Retrieval of Sea Surface Temperature in Coastal Waters**, Aeta Oceanolog-ea Sinica, 25(3), PP. 25-34.
- Reutter, H., Olesen, F.S. & Fischer, H., 1994, **Distribution of the Brightness Temperature of Land Surfaces Determined from AVHRR Data**, Remote Sensing, 15(1), PP. 95-104.
- Riahi Bakhtiari, H. & Khalilian, A., 2016, **Extracting Oil Slicks in the Persian Gulf Using Sentinel-1 Satellite Images**, Scientific-Research (in Persian).
- Ritchie, J.C. & Cooper, C.M., 2001, **Remote Sensing Techniques for Determining Water Quality: Applications to TMDLs**, In TMDL Science Issues Conference, Water Environment Federation, Alexandria, VA (PP. 367-374).
- Sabins, F., 1978, **Remote Sensing: Principles and Interpretation** (PP. 119-124), San Francisco: W.H. Freeman and Co.
- Shih, W.C. & Andrews, A.B., 2008, **Modeling of Thickness Dependent Infrared Radiance Contrast of Native and Crude Oil Covered Water Surfaces**, Optics Express, 16(14), PP. 10535-10542.
- Silva, A., Branco, W., Silva, D., Habl, L., Sarmiento, T. & Pascual, M., 2017, **Semi-Automatic Oil Spill Detection in Sentinel-1 SAR Images at Brazil's Coast**, In The Ninth International Conference on Advanced Geographic Information Systems, Applications, and Services (PP. 1-5).
- Skrunes, S., Brekke, C., Jones, C.E. & Holt, B., 2016, **A Multisensor Comparison of Experimental Oil Spills in Polarimetric SAR for High Wind Conditions**, IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, 9(11), PP. 4948-4961.
- Sudha, V. & Vijendran, D., 2017, **Evaluation of Speckle Reduction Filtering Techniques on SAR Images**, In International Conference on Intelligent Computing and Technology.
- Sun, S., Hu, C., Garcia-Pineda, O., Kourafalou, V., Le Hénaff, M. & Androulidakis, Y., 2018a, **Remote Sensing Assessment of Oil Spills Near a Damaged Platform in the Gulf of Mexico**, Marine Pollution Bulletin, 136, PP. 141-151.
- Sun, S., Lu, Y., Liu, Y., Wang, M. & Hu, C., 2018b, **Tracking an Oil Tanker Collision and Spilled Oils in the East China Sea Using Multisensor Day and Night Satellite Imagery**, Geophysical Research Letters, 45(7), PP. 3212-3220.
- Syariz, M.A., Jaelani, L.M., Subehi, L., Pamungkas, A., Koenhardono, E.S. & Sulistyono, A., 2015, **Retrieval of Sea Surface Temperature over Poteran Island Water of Indonesia with Landsat 8 Tirs Image: A Preliminary Algorithm**, The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 40, P. 87.
- Velotto, D., Migliaccio, M., Nunziata, F. & Lehner, S., 2011, **Dual-Polarized TerraSAR-X Data for Oil-Spill Observation**, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 49(12), PP. 4751-4762.
- Xing, Q., Chen, C.Q. & Shi, P., 2006, **Method of Integrating Landsat-5 and Landsat-7 Data to Retrieve Sea Surface Temperature in**

- Coastal Waters on the Basis of Local Empirical Algorithm**, Ocean Science Journal, 41(2), PP. 97-104.
- Yu, X., Guo, X. & Wu, Z., 2014, **Land Surface Temperature Retrieval from Landsat 8 TIRS—Comparison between Radiative Transfer Equation-Based Method, Split Window Algorithm and Single Channel Method**, Remote Sensing, 6(10), PP. 9829-9852.
- Zhang, B., Perrie, W., Li, X. & Pichel, W.G., 2011, **Mapping Sea Surface Oil Slicks Using RADARSAT-2 Quad-Polarization SAR Image**, Geophysical Research Letters, 38(10).
- Zhihua, M., Qiankun, Z. & Delu, P., 2018, **An Operational Satellite Remote Sensing System for Ocean Fishery**, Acta Oceanologica Sinica, 2004, (3), PP. 427-436.



نشر از دور

GIS ایران



سنجش از دور و GIS ایران سال چهاردهم، شماره سوم، پاییز ۱۴۰۱  
Vol.14, No. 3, Autumn 2022 Iranian Remote Sensing & GIS

89-104

## Oil Spill Detection Using MODIS and Sentinel-1 Images; A Case Study of Northern Persian Gulf

Hashemi Tangestani M.\*<sup>1</sup> and Karimi M.<sup>2</sup>

1. Prof. of Dep. of Earth Sciences, Faculty of Sciences, Shiraz University
2. M.Sc. Student in Dep. of Earth Sciences, Faculty of Sciences, Shiraz University

### Abstract

In recent years, maritime and aerial surveillance have become commonplace for marine pollution control; however, these methods alone cannot provide rapid and systematic monitoring due to the limitations of weather conditions, time, and location. In this regard, satellite remote sensing can play an important role in the initial detection and continuous monitoring of oil spills at sea. The synthetic aperture radar (SAR) sensor is an active microwave sensing system that can be used for oil spill detection, along with optical sensors such as MODIS, with simultaneous imaging capability. The aim of this study was to detect the oil spills around oil platforms in the northern part of the Persian Gulf on June 15, and 17, 2015, using MODIS thermal infrared imagery and Sentinel-1 images. To estimate the sea surface temperature, the split-window algorithm was applied to band 20 of MODIS. Results showed that the sea surface covered by oil spill has lower temperature than surroundings. For accurate detection of oil slicks and accuracy assessment of the results of applied image processing method on the MODIS data, the Sentinel-1 vertical polarization image and noise removal processes such as filtering and multi-looking were used. Finally, by comparing the field temperature measured by Boushehr marine waveguide and the temperature estimated for the MODIS image, and review of the geographical location of detected oil slicks, the accuracy of the results of this study and the applied image processing methods were confirmed. Application of MODIS band 20 aiming the extraction of sea-surface temperature, and its thermal infrared bands for oil spill detection at sea surface are evaluated in this study for the first time.

**Keywords:** Oil spill, Sea surface temperature, MODIS, Sentinel-1, Persian Gulf.

---

\* Correspondence Address: Shiraz, Adabiyat Cross, Dep. of Earth Science, Faculty of Sciences, Shiraz University. P.O BOX: 7145685464. Tel: 09173170200  
Email: tangstan@shirazu.ac.ir