

Detecting oil slicks using SAR radar images and the Google Earth Engine platform

Kourosh niya, A.¹  | Ashrafi, A.² 

1. **Corresponding author**, Ph.D. in marine affairs - remote sensing, expert of the General Administration of Maritime Safety and Protection, Ports and Maritime Organization, Tehran, Iran. E-mail:

akourosniya@gmail.com

2. PhD in Remote Sensing, Assistant Professor, Department of Geography, Faculty of Literature and Human Sciences, Birjand University, Birjand, Iran. E-mail: aashrafi@birjand.ac.ir

(Received: 17 Jun 2023, Revised: 1 Jul 2023, Accepted: 18 Sep 2023, Published online: 18 Sep 2023)

Abstract

Preventing environmental damage from oil spills has always been considered a big challenge for marine communities. In the meantime, the first step in facing this problem is to reveal and identify the pollution as soon as possible in order to control its spread and adverse effects. Traditional methods that are based on field visits are costly and time-consuming due to the need for equipment and manpower. Therefore, the use of methods based on remote sensing technology and satellite images has been significantly developed recently. In this research, the capabilities of Synthetic Aperture Radar-SAR data, Google Earth Engine, and Geographic Information System environment were used in the form of an integrated framework to accelerate the process of identifying oil slicks. Based on the method of this research, first, the area of interest was determined and the SAR data of the Sentinel 1 satellite was selected in the Google Earth Engine environment. In the next step, oil slicks were revealed through filtering. In order to check the accuracy of the method, the results were compared with records of pollution events in the area of study. Comparing the obtained results with oil pollution events in the study area shows the appropriate efficiency of the proposed framework for detecting oil stains.

Keywords: oil slicks, remote sensing, Synthetic Aperture Radar-SAR, Google Earth Engine.

آشکارسازی لکه‌های نفتی با استفاده از تصاویر راداری SAR در سامانه گوگل ارث انجین

علی کوروش نیا^۱ | علی اشرفی^۲

۱. نویسنده مسئول، دکترای امور دریایی-سنجش از دور، کارشناس اداره کل ایمنی و حفاظت دریایی، سازمان بنادر و دریانوردی، تهران، ایران. رایانامه:

akouroshniya@gmail.com

۲. دکترای سنجش از دور، استادیار گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران. رایانامه: aashrafi@birjand.ac.ir

(دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۲۷، بازنگری: ۱۴۰۲/۰۴/۱۰، پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۲۷، انتشار آنلاین: ۱۴۰۲/۰۶/۲۷)

چکیده

کاهش اثرات سوء ناشی از آلودگی نفتی همواره به عنوان یک مسئله محیط زیستی مورد توجه قرار گرفته است. در این بین، گام اول در مواجهه با این مشکل، آشکارسازی و شناسایی آلودگی در سریعترین زمان ممکن است تا از انتشار و آثار سوء آن جلوگیری شود. روش‌های سنتی که مبتنی بر بازدید میدانی می‌باشند، به دلیل نیاز به تجهیزات و نیروی انسانی بسیار، پرهزینه هستند و سرعت بالایی ندارند. بنابراین استفاده از روش‌های مبتنی بر فناوری سنجش از دور و تصاویر ماهواره‌ای امروزه توسعه قابل توجهی یافته است. در این پژوهش توانایی تصاویر رادار، سامانه گوگل ارث انجین و محیط GIS در قالب یک چارچوب یکپارچه و به منظور تسریع در فرآیند شناسایی لکه‌های نفتی مورد استفاده قرار گرفت. بر اساس روش این پژوهش، ابتدا منطقه هدف مشخص گردید و داده‌های راداری ماهواره سنتینل ۱ در محیط گوگل ارث انجین فراخوانی شد. در گام بعدی با اعمال فیلترینگ، آشکارسازی لکه‌های نفتی صورت گرفت. به منظور بررسی صحت نتایج، داده‌های میدانی مورد استفاده قرار گرفت. مقایسه نتایج حاصله با وقایع آلودگی نفتی در منطقه مورد مطالعه، بیانگر کارایی مناسب چارچوب پیشنهادی برای آشکارسازی لکه‌های نفتی است.

کلمات کلیدی: لکه‌های نفتی، سنجش از دور، تصاویر رادار، گوگل ارث انجین.

مقدمه

(استخراج و حمل و نقل دریایی مواد نفتی) به عنوان اصلی‌ترین عوامل آلودگی نفتی شناخته شوند [۱]. این مهم سازمان‌های بین‌المللی از جمله سازمان بین‌المللی دریانوردی (IMO) و سازمان منطقه‌ای حفاظت از محیط زیست دریایی (ROPME) و مراجع متناظر ملی مرتبط با آنها را بر آن داشته است تا نسبت به اتخاذ تدابیر مناسب برای شناسایی، جلوگیری از انتشار و کاهش اثرات سوء آلودگی نفتی در محیط زیست آبی، اقدام نمایند.

اولین و شاید مهمترین گام در مبارزه با آلودگی نفتی و کاهش اثرات نامطلوب محیط زیستی آن، شناسایی، تعیین موقعیت و پایش روند حرکت یک لکه نفتی است. چراکه متغیر زمان در

آلودگی نفتی به عنوان یکی از معضلات محیط زیستی ناشی از استخراج و حمل و نقل مواد نفتی، امروزه مورد توجه جدی جامعه جهانی قرار دارد. به طوری که، هم‌راستا با افزایش تقاضا برای استفاده از منابع نفتی و انواع مشتقات حاصل از طلای سیاه، دولت‌ها، جوامع بهره‌بردار، سازمان‌های بین‌المللی و مردم نهاد تلاش دارند تا نسبت به پایش، کنترل و جلوگیری از انتشار آلودگی نفتی، نقش فعال‌تری ایفا نمایند.

به دلیل قرار گرفتن بخش بزرگی از منابع نفت و گاز در بستر دریاها و اقیانوس‌ها، استخراج نفت در محیط‌های آبی از یک سو و نقش محوری حمل و نقل دریایی در انتقال نفت و انواع مشتقات آن از سوی دیگر، باعث شده است تا این دو حوزه

عمان نمودند [4]. رایگانی و همکاران برای تشخیص لکه‌های نفتی در خلیج فارس از تصاویر سطح ۲ مادیس استفاده نمود. آنها در این تحقیق با حذف داده‌های نامناسب و گرفتن میانگین و انحراف معیار از سری زمانی داده‌های برداشت شده باندهای ۱ و ۲ مادیس بین سالهای ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۵، نسبت به بارزسازی لکه‌های نفتی اقدام نمودند [2].

با وجود مطالعات انجام گرفته تاکنون، استفاده از روش‌هایی مبتنی بر سنجش از دور که با دقت و سرعت بالاتری امکان آشکارسازی لکه‌های نفتی را داشته باشد، همچنان مورد نظر متخصصین علم سنجش از دور قرار دارد. در این پژوهش تصاویر راداری ماهواره سنتینل-۱ به عنوان داده اصلی برای تشخیص لکه‌های نفتی بکار گرفته شد. به منظور افزایش سرعت و دسترسی به داده‌های ماهواره در زمان کوتاه از سامانه گوگل ارث انجین و کدنویسی جاوا استفاده گردید. هدف اصلی این مطالعه (۱) بررسی توانایی فناوری علوم مکانی در شناسایی لکه‌های نفتی به عنوان یکی از مشکلات محیط زیستی پیش روی صنعت حمل و نقل دریایی و (۲) ارایه یک چارچوب یکپارچه به منظور تسریع و تسهیل شناسایی لکه‌های نفتی در سازمان‌های داخلی می‌باشد.

روش شناسی

۱. کاربرد سنجش از دور راداری در شناسایی لکه‌های

نفتی

داده‌های ماهواره‌ای اپتیکی به دلیل تشابه مقدار بازتابندگی پدیده‌های مختلف و دشوار بودن جداسازی آلودگی نفتی از سایر پدیده‌ها، انتخاب مناسبی برای شناسایی لکه‌های نفتی نیستند [۱۳]. از طرف دیگر، برداشت تصاویر اپتیکی تنها در طول روز و در صورت وجود نور مناسب میسر است. همچنین، شرایط آب و هوایی و میزان ابرناکی آسمان در این تصاویر می‌بایست مورد توجه قرار گیرد. لیکن تصاویر راداری به دلیل ویژگی‌های خود محدودیت‌های مورد اشاره را ندارند و در تمام طول شبانه روز و در سایر شرایط آب و هوایی قابل برداشت هستند [۱۴]. لذا امروزه به عنوان یکی از ابزارهای مورد استفاده برای پایش و برآورد اولیه محل وقوع لکه‌های نفتی شناخته می‌شوند [۵].

این مقوله نقش محوری داشته و شناسایی به هنگام یک لکه نفتی در دریا، موجب واکنش سریع تیم مبارزه با آلودگی نفتی شده و اقدام به موقع برای مبارزه با آن را میسر می‌سازد [۲]. بنابراین استفاده از روش‌های مناسب برای یافتن یک لکه نفتی، همواره دغدغه خاطر مسئولین امر قرار دارد. روش‌های سنتی و بازدیدهای میدانی گذشته علاوه بر پرهزینه بودن و مشکلات ناشی از کمبود تجهیزات و نیروی انسانی، در مقایسه با تکنیک‌های مبتنی بر سنجش از دور، سرعت کمتری دارند. بنابراین استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و سنجش از دور در آشکارسازی و شناسایی لکه‌های نفتی، امروز مورد توجه و اقبال سازمان‌های مرتبط با این حوزه قرار گرفته است و نقش بسزایی را در این حوزه ایفا می‌کنند [۳]. به عنوان مثال در منطقه خلیج فارس، واحد سنجش از دور سازمان راپمی با استفاده از تصاویر MODIS آلودگی نفتی شناسایی شده را به سازمان متناظر خود در کشوری که آلودگی در آب‌های آن قرار دارد، گزارش می‌کند.

استفاده از سنجش از دور برای تشخیص لکه‌های نفتی بیش از سه دهه در ادبیات علمی جهان سابقه دارد. در اوایل سال ۱۹۹۰ میلادی، تصاویر ERS-1 برای تشخیص لکه‌های نفتی در آب‌های نروژ مورد استفاده قرار گرفت [۴ و ۹]. Hu و همکاران پژوهشی را برای تشخیص لکه‌های نفتی در آب‌های ونزوئلا انجام دادند و در این پژوهش از باندهای مرئی و مادون قرمز مادیس استفاده کردند [10]. Zhao و همکاران ضمن مقایسه تصاویر مادیس و لندست‌های ۷ و ۸، دریافتند تصاویر شنجنده ETM+ ماهواره لندست قابلیت بهتری برای شناسایی لکه‌های نفتی دارد [11]. در پژوهشی دیگر که توسط Sano و همکاران صورت گرفته است، تشخیص نشت نفت از شناورهای حمل مواد نفتی بعنوان یک استفاده بالقوه از داده‌های SAR در اقیانوس شناسی و در مطالعات مختلف مورد تاکید قرار گرفته است [12].

در ایران نیز طی یک دهه گذشته تحقیقاتی در زمینه آشکارسازی لکه‌های نفتی با استفاده از سنجش از دور انجام گرفته است. ریاحی بختیاری و خلیلیان با استفاده از تصاویر SAR ماهواره سنتینل-۱ و کابرد فیلتر Boxcar در اندازه‌های مختلف اقدام به شناسایی لکه‌های نفتی در خلیج فارس و دریای

سنتینل ۱، یک ماهواره مدار قطبی است که تصاویر راداری را به صورت پیوسته در تمام طول روز و شب و شرایط مختلف آب و هوایی در باند C که جزء کوتاه‌ترین امواج میکروویو است، برداشت می‌کند. این ماهواره با قابلیت اطمینان بالا و زمان بازدید مجدد ۵ روزه در پوشش جغرافیایی وسیع از کره زمین و انتشار سریع داده‌ها بصورت رایگان و پشتیبانی از برنامه‌های عملیاتی در حوزه‌های اولویت دار نظارت دریایی، نظارت بر زمین و خدمات اضطراری فراهم می‌کند [۱۵].

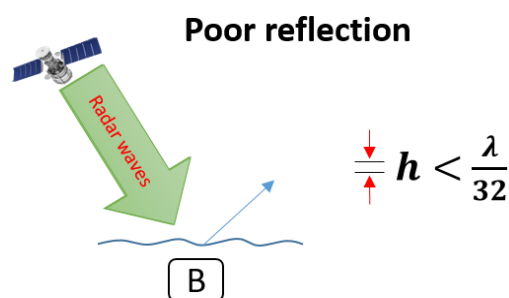
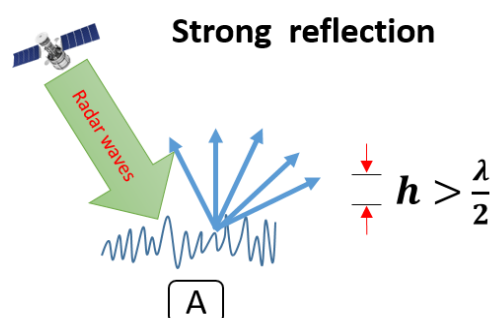
در این پژوهش از داده‌های Synthetic Aperture Radar (SAR) ماهواره سنتینل ۱- در محدوده باند C برای آشکارسازی لکه‌های نفتی در منطقه خلیج فارس استفاده گردیده است. داده‌های مورد اشاره که در پژوهش‌های مختلف مورد استفاده قرار گرفته است، به عنوان یکی از داده‌های کارا و پر کاربرد برای شناسایی عوارض مختلف و ساختار آنها شناخته می‌شوند. این داده‌ها که در حالت Ground range detected (GRD) است و در دو باند قطبی VV و VH به صورت صعودی و نزولی برداشت شده‌اند، دارای رزولوشن مکانی ۱۰ متر بوده و قابلیت برداشت تصویر در تمام مدت شبانه روز و شرایط آب و هوایی نامطلوب سنجش از دور اپتیک را داراست [8]. داده‌های SAR امکان برداشت در مناطق وسیع را دارد و در فعالیت‌های دریانوردی، تهیه نقشه مناطق قطبی، مدیریت مخاطرات و مدیریت مناطق جنگلی کاربرد دارد. مشخصات کلی داده‌های مورد استفاده از نظر قطبش (Polarization) به شرح جدول ۱ می‌باشد.

جدول ۱. مشخصات کلی داده‌های مورد استفاده از نظر قطبیت

نام	توصیف
HH	تک قطبی، ارسال افقی/دریافت افقی
HV	قطبش متقاطع دو باند، ارسال افقی/دریافت عمودی
VV	تک قطبی، ارسال عمودی/دریافت عمودی
VH	قطبش متقابل دو باند، انتقال عمودی/دریافت افقی

مقایسه بصری از بین ۴ قطبش موجود در تصاویر SAR ماهواره سنتینل ۱، قطبش VV قابلیت بالاتری در آشکارسازی لکه‌های نفتی نشان داد. این امر می‌تواند به دلیل حساسیت بالای قطبش

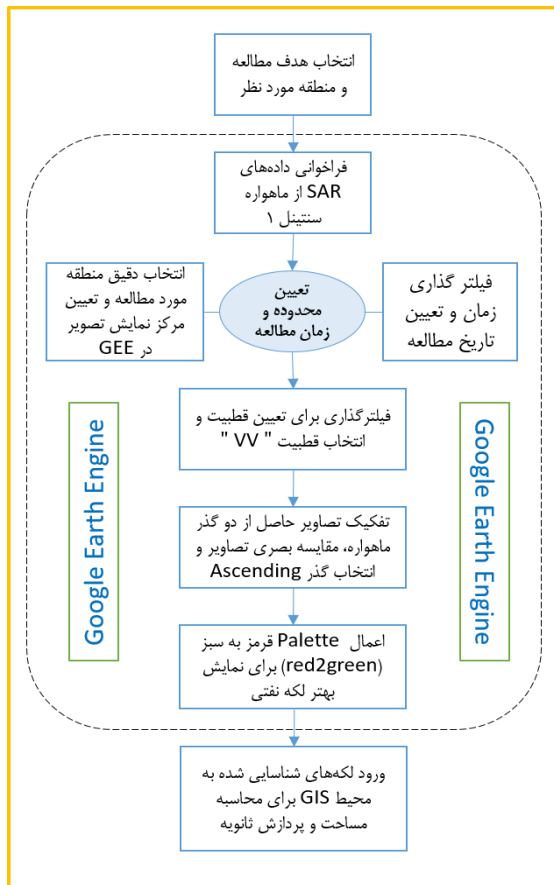
مکانیسم آشکارسازی لکه‌های نفتی مبتنی بر اختلاف میزان بازتابش امواج رادار از لکه‌های نفتی در مقایسه با سطوح عاری از آلودگی نفتی است. بدین شکل که هنگام برخورد امواج رادار با سطح عاری از آلودگی، امواج بازتابش شده به دلیل وجود موجهای کوچک در سطح آب دریا که آنها را امواج موئیتی می‌نامیم و دارای طول حدوداً دو سانتی متری هستند، درصد بیشتری از امواج رادار به گیرنده امواج بر روی ماهواره، بازتابش می‌شوند. در حالیکه در لکه‌های نفتی، این امواج کوچک به دلیل ماهیت مواد نفتی وجود نداشته و نتیجتاً سطح پوشیده از نفت نسبت به محیط اطراف (بدون آلودگی نفتی) صاف‌تر به نظر می‌رسد. این امر به نوبه خود موجب کاستن میزان بازتابش امواج رادار به گیرنده ماهواره خواهد شد و در نتیجه این لکه‌های نفتی در تصاویر راداری تاریک‌تر از محیط اطراف نمایش داده می‌شوند [۶]. اختلاف بازتابش امواج رادار در لکه‌های نفتی و آب دریا در شکل ۱ نمایش داده شده است.



شکل ۱: اختلاف بازتابش امواج رادار در لکه‌های نفتی و آب دریا متأثر از امواج موئیتی

۲. داده‌های مورد استفاده

تعریف شد. در گام بعدی، فیلترگذاری برای تعیین قطبش مورد نظر از تصاویر SAR صورت پذیرفت. چنانچه در بخش‌های قبلی اشاره شد، با توجه به حساسیت بالاتر قطبش VV به زبری سطح و در نتیجه نقش آن در آشکارسازی لکه‌های نفتی، این قطبش برای انجام مطالعه انتخاب شد.



شکل ۲. فرآیند انجام مطالعه

در مرحله بعد که به منظور جداسازی مدار گذر ماهواره صورت گرفت، گذرهای Ascending و Descending مقایسه و نهایتاً تصاویر برداشت شده در گذر Ascending برای این مطالعه بکار گرفته شد. مسیر صعودی و زاویه برخورد با شرایط استفاده مطابقت دارد. در نتیجه استفاده از این فیلتر و با در نظر گرفتن تئوری این مطالعه، بخش‌هایی از تصویر که به واسطه آلودگی نفتی و در نتیجه امواج موئینه کمتر، درصد کمتری از امواج رادار را بازتابش می‌کنند، به رنگ تیره تر نمایش داده می‌شوند [17]، در تصویر پردازش شده به رنگ تیره‌تری نمایش داده می‌شوند. در گام پایانی، برای نمایش واضح‌تر لکه‌های نفتی از Palette

VV به زبری سطح در مقایسه با سایر قطبش‌های تصاویر می‌باشد. این موضوع پیشتر توسط Guo و همکاران نیز اشاره شده است [۱۶].

۳. گوگل ارث انجین (Google Earth Engine - GEE)

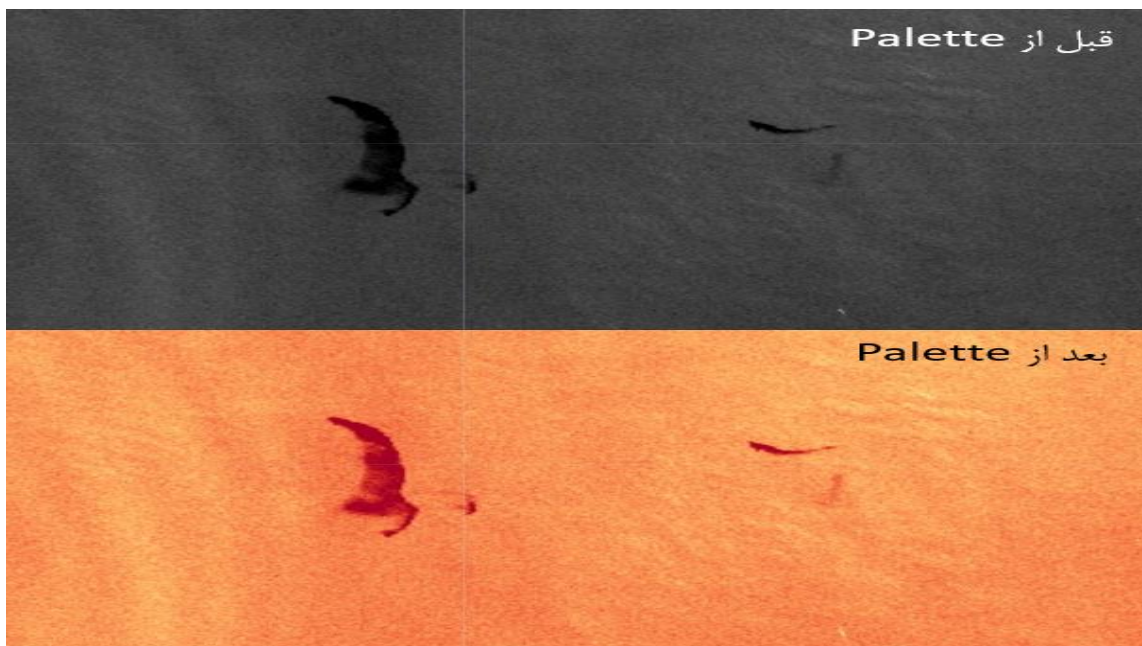
گوگل ارث انجین، یک سامانه تحت وب است که به یک بانک اطلاعاتی تصاویر ماهواره‌ای قوی متصل بوده و امکان انواع پردازش‌های رایج در سنجش از دور را با استفاده از فرامین جاوا اسکریپت فراهم می‌سازد. این سامانه کاربران را قادر می‌سازد تا به آرشیو کاملی از تصاویر ماهواره‌ای دسترسی داشته و نسبت به انجام کلیه پیش‌پردازش‌های اولیه (مشمول بر تصحیحات هندسی و رادیومتریک)، پردازش‌های ثانویه (انواع طبقه‌بندی، آشکار سازی عوارض، پردازش‌های آماری و ...) و نهایتاً ارزیابی دقت نتایج اقدام نمایند. محیط GEE کاربر را از نیاز به نرم‌افزارها و سخت‌افزارهای گران‌قیمت بی‌نیاز می‌کند و کاربران را قادر می‌سازد تا بر روی حجم زیادی از داده‌ها بدون نیاز به سیستم‌های پر قدرت محاسبات خود را انجام دهند. به عنوان مثال تمامی تصاویر ماهواره‌ای Landsat، Sentinel، Aster، Modis و محصولات وابسته به آنها و سایر تصاویر در این سامانه قابل استفاده و پردازش است. از سوی دیگر هر کاربر می‌تواند داده‌های مورد نظر خود در فرمت رستر و یا وکتور را در آن آپلود نموده و پردازش کند.

۴. اجرای فرآیند مطالعه به منظور آشکارسازی لکه‌های نفتی

شکل ۲ فرآیند انجام مطالعه حاضر را نشان می‌دهد. به منظور اجرای فرآیند آشکارسازی لکه‌های نفتی، چنانچه پیشتر اشاره شد، آبراه‌های بین‌المللی، به دلیل تردد شناورهای نفتی و با توجه به وجود سکوهای حفاری و امکان وقوع آلودگی ناشی از تردد شناورها و یا نشت نفت از سکوهای حفاری، می‌بایست به مورد پایش مداوم قرار گیرند. در این پژوهش پس از تعیین محدوده مطالعه در خلیج فارس، گستره مورد نظر از طریق تعیین مختصات و زوم مناسب مشخص و در محیط گوگل ارث انجین،

را نمایش می‌دهد. کلیه مراحل تشریح شده فوق در محیط سامانه گوگل ارث انجین و با استفاده از زبان JavaScript انجام گرفت.

قرمز که در اینجا قرمز به سبز (red2green) می‌باشد استفاده گردید. در گام پایانی، برای نمایش واضح‌تر لکه‌های نفتی از Palette مناسب که در اینجا red2green می‌باشد، استفاده گردید. شکل ۳ مقایسه تصویر لکه نفتی قبل و بعد از Palette



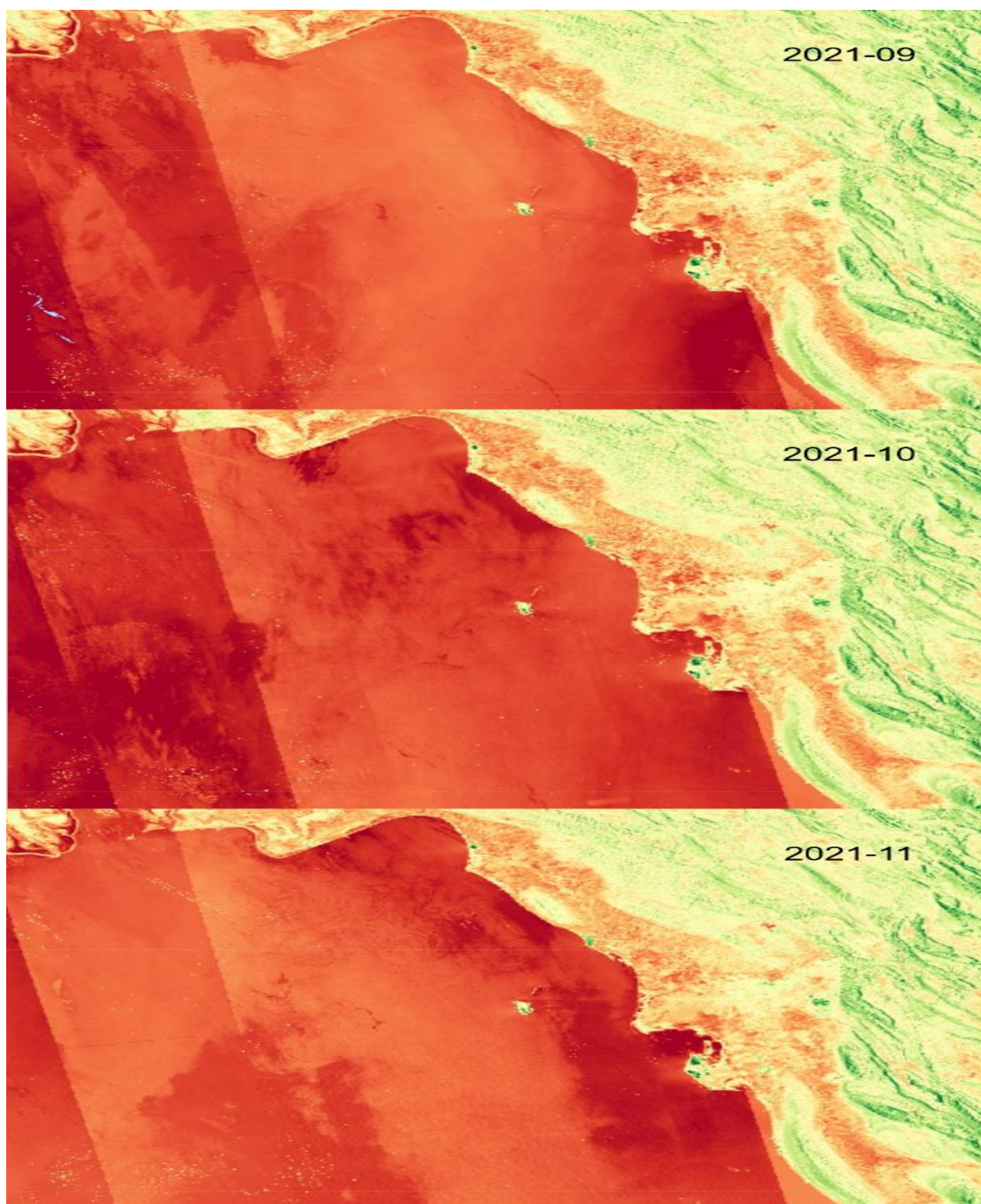
شکل ۳ مقایسه تصویر لکه نفتی قبل و بعد از اعمال Palette

نتایج و بحث

جمله موقعیت سکوهای نفتی به عنوان آلودگی نفتی شناسایی شدند، با دقت بیشتر مورد بازبینی قرار گرفته و در گام نهایی با توجه به اطلاعات ثبت شده در بنادر، لکه‌های نفتی شناسایی گردید (شکل ۴).

شکل یک لکه نفتی به نوع و مقدار ماده آلوده کننده و همچنین منشأ آلودگی (معمولاً شناور و یا سکوی نفتی) بستگی دارد. به عنوان مثال لکه‌های حاصل از منابع ثابت به شکل پهنه دیده می‌شوند و متاثر از شرایط آب و هوایی و از طریق امواج و یا جریان‌های دریایی منتشر می‌گردند. در حالیکه لکه‌های ناشی از آلودگی توسط شناورها به صورت کشیده با توجه به جهت حرکت شناور مشاهده می‌شوند.

نتایج اولیه حاصل از اجرای کد جاوا اسکریپت در محیط GEE در دوره‌های یکماهه در ماه‌های سپتامبر، اکتبر و نوامبر سال ۲۰۲۱ در شکل شماره ۴ نمایش داده شده است. به منظور شناسایی آلودگی نفتی، لکه‌های تیره رنگ در تصاویر مورد بازبینی دقیق‌تر قرار گرفت. در این خصوص شایان ذکر است که برخی لکه‌ها ممکن است به دلیل شرایط بادپناه و یا امواج درونی نسبت به محیط اطراف تیره‌تر باشند. این موضوع نیازمند تخصص و تجربه کارشناس، اطلاعات تکمیلی و یا بازدید میدانی است تا از وجود لکه‌های نفتی در زمان و محل مورد نظر اطمینان حاصل شود [5]. بر این اساس، به منظور تفسیر تصاویر و شناسایی لکه‌های نفتی پس از اجرای مدل، لکه‌هایی که با توجه به شکل و تن رنگ و یا سایر اطلاعات مربوط به محل از



شکل ۴: تصاویر اولیه حاصل از اجرای کد در محیط GEE

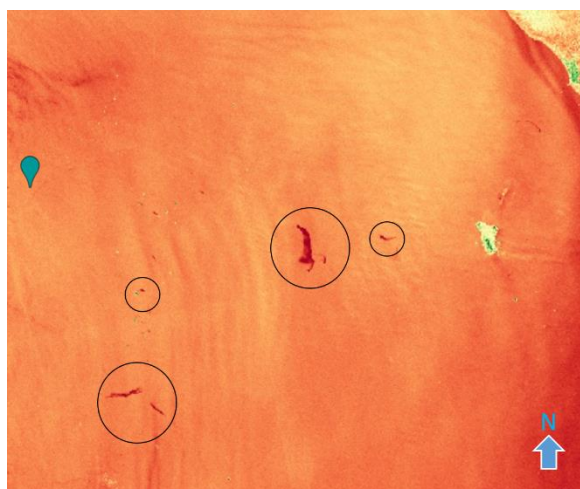
با توجه به توضیحات فوق، پس از بررسی دقیق‌تر تصاویر حاصل از اجرای کد، دو لکه نفتی در محدوده مورد نظر و تاریخ مورد نظر در این مطالعه شناسایی گردید. تصویر لکه‌های شناسایی شده بر روی تصاویر SAR در شکل ۵ نشان داده شده است.

مطالعه، استفاده از تصاویر SAR ماهواره سنتینل در بستر گوگل ارث انجین (GEE) با سهولت و سرعت بالاتری همراه است. چرا که با استفاده از GEE می‌توان فرآیند تهیه و آماده سازی تصاویر را در حداقل زمان به انجام رساند و انجام انواع پردازش‌های رایج در سنجنش از دور را میسر می‌سازد [۱۹]. در این بین، استفاده از داده‌های محلی و بازدید میدانی می‌تواند به عنوان مکمل داده‌های سنجنش از دور عمل نماید.

با وجود مزیت‌ها و پتانسیل بالای تصاویر راداری در آشکارسازی لکه‌های نفتی، استفاده از این تصاویر در اینگونه مطالعات با چالش‌هایی مواجه است که سبب پیچیدگی و بروز خطا در تفسیر تصاویر SAR مورد استفاده خواهد شد. از جمله مسائل پیش رو، شباهت برخی پدیده‌ها و عوارضی همچون امواج داخلی، یخ‌های روغنی، سلول‌های بارانی و مناطق در پناه خشکی اشاره نمود که تفسیر تصاویر و شناسایی لکه‌های نفتی را با مشکل مواجه می‌کند. چراکه پدیده‌های اشاره شده موجب ایجاد اثر مشابه (به ویژه در زمانی که وزش باد وجود ندارد) با لکه‌های نفتی در تصاویر SAR خواهند شد [۱۸]. این مهم در مواقعی که سرعت باد کمتر از ۲ متر بر ثانیه باشد، به دلیل فقدان باز پراکنش امواج ماهواره از سطح دریا و نتیجتاً نبود تفاوت کنتراست بین لکه‌های نفتی و سطح آب، موجب بروز خطا خواهد شد [۵]. از سوی دیگر، وقتی سرعت بالای باد نیز به علت غرق شدن لکه در آب، آشکارسازی با چالش رو به رو خواهد کرد [۲۰]. لذا افزایش دانش تفسیر تصاویر ماهواره‌ای در بین متخصصینی که در این حوزه فعال هستند و استفاده از داده‌های هواشناسی می‌تواند در افزایش دقت نتایج نقش بسزایی داشته باشد.

نتیجه‌گیری، جمع‌بندی و پیشنهادها

نتایج این مطالعه نقش موثر تصاویر ماهواره‌ای SAR را در شناسایی اولیه لکه‌های نفتی تایید می‌کند. بکارگیری فرآیند پیشنهادی در این مطالعه برای شناسایی اولیه لکه‌های نفتی و انجام بازدیدهای میدانی برای کسب اطمینان از وجود لکه‌های نفتی می‌تواند در افزایش سرعت شناسایی لکه‌ها و کاهش هزینه‌ها موثر باشد. در عین حال استفاده از اطلاعات مکانی دیگر همچون موقعیت سکوها و میداین نفتی، داده‌های دریایی (موج



شکل ۵. لکه‌های نفتی شناسایی شده بر روی تصاویر SAR

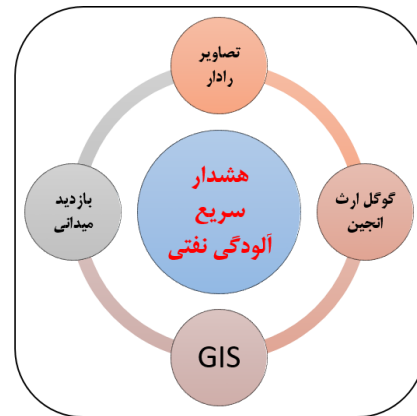
به منظور محاسبه مساحت بزرگترین لکه نفتی که در بخش مرکزی تصویر ۴ قابل مشاهده است، پلیگون مرتبط با لکه به صورت چشمی (On Screen Digitizing) ترسیم شد و به محیط QGIS_3.22 منتقل گردید که نهایتاً مساحت آن حدود ۲۰ کیلومتر مربع محاسبه شد. همچنین صحت سنجنی و حصول اطمینان از وجود لکه نفتی در تاریخ و محل مورد نظر، از طریق بررسی اطلاعات مربوط به بروز آلودگی نفتی در محدوده مطالعه صورت پذیرفت و مشخص گردید در محدوده و زمان این مطالعه وجود لکه نفتی با مساحتی تقریباً مشابه با آلودگی شناسایی شده در این پژوهش شناسایی شده است. علاوه بر لکه بزرگ نفتی شناسایی شده در مرکز تصویر، یک لکه در شرق آن و دو لکه دیگر در غرب و جنوب غربی آن در مساحت‌های کوچک قابل مشاهده است. دو لکه اخیر در گزارش آلودگی مربوط به منطقه اطلاع رسانی نشده بود.

آشکارسازی و شناسایی لکه‌های نفتی با استفاده از هر دو نوع تصاویر اپتیک و رادار قابل انجام است. لیکن فرآیند آشکار سازی در دو نوع تصویر متفاوت است [۱]. هر یک از تصاویر فوق مزایا و نقاط ضعفی دارد که بسته به هدف مطالعه می‌تواند مورد استفاده و توجه محققین قرار گیرد. توجه به منحنی رفتار طیفی نفت و آب و استفاده از آستانه گذاری برای تفکیک این دو محیط می‌تواند راهگشا باشد [۷].

اگرچه پیشتر پژوهش‌های برای پایش آلودگی نفتی با استفاده از سنجنش از دور راداری انجام شده بود، لیکن بر اساس نتایج این

۳. نفتی با استفاده از سری زمانی داده‌های سنجنده مودیس (مطالعه موردی: آب‌های خلیج فارس). پژوهش نفت. 97-106, (5-98)29
۴. متکان, حاجب, محمد, & آذرخش. (۲۰۱۴). بررسی کاربرد سنجنش از دور در آشکارسازی آلودگی‌های نفتی دریا. فصلنامه علوم محیطی, ۱۲(۱).
۵. ریاحی بختیاری حمیدرضا, خلیلیان علی اصغر, ۱۳۹۶, استخراج لکه‌های نفتی در پهنه خلیج فارس با استفاده از تصاویر ماهواره ای, همایش ملی ژئوماتیک, دوره ۲۴.
۶. سید حامد عزیزاده مقدم, کارگاه آموزشی پیش لکه‌های نفتی با استفاده از تصاویر (SAR), ۱۳۹۹, وب سایت سازمان فضایی ایران, شناسایی آلودگی‌های نفتی با استفاده از تصاویر راداری.
۷. دیده بان, خلیل و یوسفی. "ادغام آنالیزهای بافتی و روش شیء‌گرا جهت شناسایی لکه‌های نفتی با استفاده از تصاویر رادار (مطالعه موردی: خلیج فارس)". مطالعات علوم محیط زیست ۴:۲: ۱۲۶۱-۱۲۷۰.
۸. طالب پور نادیا, صفرراد طاهر, اکبری نسب محمد, & رسولیان معصومه. بررسی شاخص مناسب آشکارسازی لکه نفتی با استفاده از تصاویر ماهواره Sentinel-2 مطالعه موردی خلیج فارس ۲۶ بهمن ۹۴.
۹. نادى زاده شورابه, سامان, عطارچی, مینایی, & فواد. (۲۰۲۰). ارزیابی قابلیت باندهای رادار پولاریمتریک برای استخراج خصوصیات بیوفیزیکی سطح زمین. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی, ۵۲(۱), ۱۴۷-۱۶۴.

و جریان), اطلاعات هواشناسی (سرعت و جهت باد) و بازدیدهای میدانی و استفاده از تصاویر برداشت شده توسط پهپادها, ورود و پردازش مجموعه این اطلاعات در محیط GIS و در قالب یک چارچوب یکپارچه می‌تواند صحت و دقت نتایج در زمینه شناخت و پایش رفتار آلودگی نفتی را افزایش دهد. از سوی دیگر استفاده از بستر GEE می‌تواند برای طراحی و پیاده‌سازی یک سامانه هشدار زودهنگام مورد استفاده قرار گیرد. بی‌تردید, تامین مختصر تجهیزات مورد نیاز, آموزش نیروی انسانی و فعال نمودن ادارات کل بنادر و دریانوردی در چارچوب یکپارچه مورد اشاره نقش به‌سزایی در ایجاد سامانه فوق و فعالیت آن به عنوان بخش ملی متناظر با واحد سنجنش از دور سازمان منطقه‌ای ROPME, ایفا نماید. مجموعه عوامل فوق به عنوان یک سامانه پشتیبان تصمیم‌ساز مکانی (SDSS) پایش و مبارزه با آلودگی نفتی می‌تواند در کاهش اثرات مخرب آلودگی نفتی در آب‌های خلیج فارس اثرگذار باشد. شکل شماره ۶ تصویر شماتیک چارچوب پیشنهادی این مطالعه را نمایش می‌دهد.



شکل ۶: چارچوب پیشنهادی این مطالعه برای هشدار سریع آلودگی نفتی

منابع

- جانعلی پور میلاد, عباس‌زاده طهرانی نادیا, شامی فرزانه, کاربرد تصاویر و داده‌های هوایی و فضایی سنجنش از دور در شناسایی و پایش لکه‌های نفتی, ۱۳۹۷, فصلنامه نقشه و اطلاعات مکانی گیلان ۳(۴).
- رایگانی, بهزاد, نجفی یاسوری, محمد, بذاق جمالی, جواد, سرخیل, حمید. (۱۳۹۸). شناسایی لکه‌های آلودگی‌های

10. Wahl, T., Skbelv, 2., Pedersen, J. P., Seljelv, L. -G., Andersen, J. H., Follum, O. A., et al., 1996, Radar satellites: A new tool for pollution monitoring in coastal waters. Coastal Management, 24, 61-71.

11. Hu, C.; E.F.; Mqller, K.; Taylor, C.J.; Myhre, D.; Murch, B.; Odriozola, A.L.; Godoy, G., 2003. MODIS detects oil spills in Lake Maracaibo, Venezuela. EOS, Transactions, American Geophysical Union, 84(33): 313-319.

12. Zhao, J.; Temimi, M.; Ghedira, H.; Hu, C., 2014. Exploring the potential of optical remote sensing for oil spill detection in

18. Guo, H.; Wu, D.; An, J. Discrimination of Oil Slicks and Lookalikes in Polarimetric SAR Images using CNN. *Sensors* 2017, 17, 1837.
19. Fingas, M., & Brown, C. E. (2018). A review of oil spill remote sensing. *Sensors*, 18(1), 91.
20. Solberg, A. S., Storvik, G., Solberg, R., & Volden, E. (1999). Automatic detection of oil spills in ERS SAR images. *IEEE Transactions on geoscience and remote sensing*, 37(4), 1916-1924.
21. Kumar, L., & Mutanga, O. (2018). Google Earth Engine applications since inception: Usage, trends, and potential. *Remote Sensing*, 10(10), 1509.
22. Pellizzari S., 2011, "Oil spill detection using SAR images "PhD. Thesis, Electronic Engineering, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa.
13. shallow coastal waters: A case study in the Persian Gulf. *Optics Express*, 22(11).
14. SANO, E., MATRICARDI, E., & CAMARGO, F. (2020). State-of-the-art of Radar Remote Sensing: Fundamentals, Sensors, Image Processing, and Applications. *Embrapa Cerrados-Artigo em periódico indexado (ALICE)*.
15. Fingas, Mervin F., and Carl E. Brown. "Review of oil spill remote sensing." *Spill Science & Technology Bulletin* 4.4 (1997): 199-208.
16. Solberg, A. H. S. (2012). Remote sensing of ocean oil-spill pollution. *Proceedings of the IEEE*, 100(10), 2931-2945.
17. <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/user-guides/sentinel-1-sar>.