

The Application of Aerospace Remote Sensing Data and Image in Detecting and Monitoring Oil Spill

Milad Janalipour* (a), Nadia Abbaszadeh Tehrani (b), Farzaneh Shami (c),
(a),(b) Assistant professor at Aerospace Research Institute, Tehran, Iran,
milad_janalipour@ari.ac.ir, Tehrani@ari.ac.ir
(c) Islamic Azad University, Tehran Jonob branch, Tehran, Iran
farzanehshami90@gmail.com
(* Corresponding author: Milad Janalipour)

Abstract

Aquatic and marine environments are one of the most important and, at the same time, the most sensitive habitats for the living organism on Earth. The spread of oil spills resulting from human activities in marine environments, causing serious and irreparable damage to aquatic organisms and ultimately significant environmental and socio-economic impacts to human societies. Various studies have shown that quick and accurate identification of oil spills in large marine areas is possible by aerial and spatial remote sensing data. In this research, the ability of different types of data and remote sensing sensors such as visible, near and far infrared, and microwave in monitoring and identifying oil spots was investigated. In addition, by analyzing the appropriate features extracted from the data presented in the previous research, finally, suitable and comprehensive conceptual models for observing oil spots from optical and radar images are presented.

Keywords: Remote sensing, Oil spills, Optic images, Radar images, Conceptual Framework, Aerospace data

کاربرد تصاویر و داده‌های هوایی و فضایی سنجش از دور در شناسایی و پایش لکه‌های نفتی

میلاذ جانعلی پور^۱، نادیا عباس زاده طهرانی^۲، فرزانه شامی^۳
^۱ استادیار، پژوهشگاه هوافضا، وزارت علوم تحقیقات و فناوری، تهران
milad_janalipour@ari.ac.ir
^۲ استادیار، پژوهشگاه هوافضا، وزارت علوم تحقیقات و فناوری، تهران
tehrani@ari.ac.ir
^۳ دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد واحد تهران جنوب
farzanehshami90@gmail.com

چکیده




محیط‌های آبی و دریایی از مهم‌ترین و درعین حال حساس‌ترین زیستگاه‌ها جانداران کره زمین محسوب می‌شوند. نشت لکه‌های نفتی حاصل از فعالیت‌های انسانی در محیط‌های دریایی، موجب وارد آمدن آسیب‌های جدی و جبران‌ناپذیر به موجودات آبی و در نهایت خسارت‌های قابل توجه محیط زیستی و اقتصادی - اجتماعی به جوامع انسانی می‌شود. مطالعات مختلف نشان داده است که شناسایی سریع و دقیق لکه‌های نفتی در پهنه‌های وسیع دریایی توسط داده‌های هوایی و فضایی سنجش از دور امکان‌پذیر است. در این پژوهش، به بررسی قابلیت انواع داده‌ها و سنجنده‌های سنجش از دور از جمله تصاویر مرئی، مادون قرمز نزدیک و دور و مایکروویو در پایش و شناسایی لکه‌های نفتی پرداخته شده است. علاوه بر این با تحلیل ویژگی‌های مناسب قابل استخراج از داده‌ها که در تحقیقات پیشین ارائه شده‌اند، نهایتاً مدل‌های مفهومی مناسب و جامع جهت پایش لکه‌های نفتی از تصاویر اپتیک و رادار ارائه شده است.

کلمات کلیدی: سنجش از دور، لکه‌های نفتی، تصاویر اپتیک، تصاویر رادار، مدل مفهومی، داده‌های هوافضایی.

۱- مقدمه

غلظت نفت در دریا ۰/۰۰۱ میلی‌گرم در لیتر باشد، بوی زنده‌ای به مشام خواهد رسید. قابلیت نفوذ نفت در خاک ۱۰ مرتبه زیاده‌تر از آب است. هر تن نفت در سطحی معادل ۱۰۰۰ هکتار قابل پخش است، بنابراین اگر میزان مواد نفتی تلف شده در جهان فقط ۵ میلیون تن باشد، معادل سطحی از دریاها برابر با ۵۰ میلیون کیلومتر مربع است، بنابراین در صورت عدم کنترل، هر سال یک‌پنجم سطح کل پهنه‌های آبی از طریق پخش نفت آلوده خواهد گردید. آلودگی نفتی خسارات جبران‌ناپذیری بر محیط‌زیست دریا، سواحل، حیات‌وحش، جانوران، فعالیت‌های انسانی، اقتصاد و زندگی انسان وارد می‌سازد. همچنین بخشی از مواد نفتی در بستر دریا ته‌نشین شده، موجب از بین رفتن تعداد زیادی از ارگانیزم‌های کف‌زی می‌گردد. پیامدهای بیولوژیکی انتشار نفت و تأثیرات منفی آن عبارت‌اند از: ۱. آلوده کردن ترکیبات غذایی دریایی، ۲. آسیب زدن به پرندگان و پستانداران دریایی، ۳. ایجاد آلودگی بصری در دریا و ساحل، ۴. کاهش تنوع زیستی. در این بین خلیج فارس به دلیل شرایط اقلیمی ویژه حاکم بر آن نسبت به اماکن دیگر بسیار شکننده و آسیب‌پذیرتر است. شکل ۱ نمونه‌ای از لکه نفتی ایجاد شده در یک منطقه ساحلی را نمایش می‌دهد.

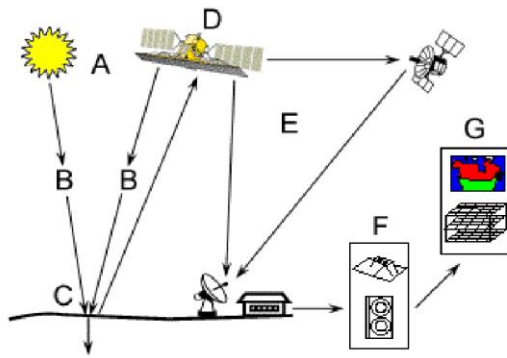
بر اساس آمار، بیش از ۴۰ درصد از جمعیت جهان در مناطق ساحلی، دریاچه‌ها یا رودخانه‌ها زندگی می‌کنند که این آمار روزبه‌روز در حال افزایش است. از طرفی، ورود آلوده‌کننده‌های حاصل از فعالیت‌های نابجای انسانی موجب آسیب‌پذیری بیش‌ازحد محیط‌زیست دریایی شده است. لذا پایش تغییرات محیط‌زیست پهنه‌های آبی، یکی از مهم‌ترین مسئولیت‌های بشر در قرن حاضر و آتی است. انتشار نفت در محیط‌های دریایی از مهم‌ترین عوامل آلاینده محیط‌های دریایی محسوب می‌شود. آلودگی‌های نفتی دریا عمدتاً از نشت نفت از سکوها نفتی، خطوط انتقال نفت در زیردریا و حوادث ناشی غرق شدن یا تخلیه غیرقانونی تانکرهای نفتی ناشی می‌شوند. سالانه ۴۸ درصد آلودگی اقیانوس‌ها و دریاها مربوط به سوخت و ۲۹ درصد مربوط به نفت خام است و تصادفات تانکرهای حامل فقط ۵ درصد آلودگی‌های وارد شده به دریا را باعث می‌شوند [۱]. حدود ۴۵ درصد از آلودگی‌های نفتی هنگام تخلیه از کشتی ایجاد می‌شوند. هر گالن نفت می‌تواند در ۵۰۰۰ مترمربع از سطح دریا لایه‌ای از نفت به ضخامت ۰/۰۰۳ میلی‌متر تولید نماید که این عمل مانع عملیات فتوسنتز می‌گردد. اگر

شکل	ظاهر لکه نفتی	ضخامت لکه نفتی (میکرومتر)
	نقره‌ای	۰/۰۵ تا ۰/۲
	رنگین کمانی	۰/۳ تا ۳
	قهوه‌ای و تیره	بزرگ‌تر از ۳

شکل (۱): نمونه‌ای از انواع لکه‌های نفتی منتشر شده بر سطح آب دریا [۲]

اکوسیستم‌های دریایی امری ضروری است. وسعت زیاد پهنه‌های آبی سبب شده پایش مستمر لکه‌های نفتی منتشر شده بر روی آن‌ها توسط

با توجه به اینکه دریا بستر باارزشی برای ذخایر نفتی و محل استخراج نفت و تردد کشتی‌های حامل است، شناسایی فوری لکه‌های نفتی جهت جلوگیری از نشت‌های آن‌ها و کاهش اثرات مخرب آن‌ها بر



شکل (۲): اجزاء سامانه سنجش از دور
(The Canada Centre for Mapping and Earth Observation)

انواع داده‌های سنجش از دور از قبیل تصاویر اپتیک، رادار، ابر طیفی و غیره جهت شناسایی عوارض وجود دارند که هریک به‌عنوان سنجنده فعال یا غیرفعال در شناسایی لکه‌های نفتی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. در ادامه ویژگی هریک از این سنجنده‌ها در شناسایی لکه‌های نفتی مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۲-۱-۱- سنجنده‌های غیرفعال

سنجنده‌های غیرفعال بازتاب نور خورشید توسط اشیاء یا بازتابش امواج الکترومغناطیس توسط اشیاء سطح زمین را ثبت می‌نمایند. در واقع منبع اصلی در این سنجنده‌ها خورشید است. انواع سنجنده‌های غیرفعال در محدوده‌های مختلف طیف الکترومغناطیس از قبیل مرئی، مادون قرمز نزدیک، مادون قرمز دور، رادار و غیره وجود دارند. در ادامه ابتدا به ویژگی‌های اپتیک لکه‌های نفتی و سپس مزایا و معایب هریک از سنجنده‌ها در شناسایی لکه‌های نفتی اشاره خواهد شد [۲].

۲-۱-۱-۱- ویژگی‌های نوری نفت

چندین ویژگی نوری مربوط به ظاهر نفت در منطقه اشعه ماوراء بنفش تا مادون قرمز نزدیک وجود دارد که می‌تواند در شناسایی آن کمک کند. این موضوع شامل تفاوت بازتاب، جذب و نتایج کنتراست بین نفت و آب است، زیرا هدف اصلی تفکیک لکه نفتی از آب است. در این مسیر، اثراتی نظیر اتمسفر، نوع لکه نفتی، زاویه دید سنجنده و غیره می‌تواند در تفاوت بازتاب لکه نفتی و آب تأثیرگذار خواهند بود. از این رو همواره تفکیک آب از نفت وظیفه آسانی نخواهد بود. تفاوت‌های نفت و آب در سراسر طیف با دقت بالا برای تمام شرایط و طول موج‌ها اندازه‌گیری نشده است [۴-۶]. شکل ۳ و ۴ نشان‌دهنده‌ی این است که تمایزی آشکار بین نفت و آب در محدوده مرئی وجود ندارد به طوری که بتوان نفت را شناسایی کرد. بر اساس شکل ۳، بهترین طول موج برای تفکیک آب از لکه نفتی ۶۰۰ نانومتر است. همچنین بازتابندگی آب در تمامی طول موج‌های نمایش داده شده از بازتابندگی لکه نفتی بیشتر است. علاوه بر این، ضریب جذب آب و لکه نفتی تفاوت آشکاری در طول موج‌های مختلف ندارد؛ اما ضریب جذب آب بیشتر از مقدار آن

روش‌های متداول نظیر بازدید کشتی‌ها در محل، وظیفه‌ای پرهزینه، زمان‌بر و عملاً دشوار باشد.

سنجش از دور علم و دانش استخراج اطلاعات از سطح زمین با استفاده از سنجنده‌های زمینی، هوایی و فضایی است. امروزه پیشرفت‌های اخیر در فناوری سنجش از دور فضا-پایه آن را به جایگزین مناسب برای روش‌های سنتی در پایش، شناسایی و تحلیل لکه‌های نفتی تبدیل کرده است. پوشش وسیع از مناطق، تواتر زمانی بالا، ساختار رقمی داده، انواع سنجنده‌ها با تنوع اطلاعات بالا از جمله دلایل استفاده از سنجش از دور در پایش لکه‌های نفتی است.

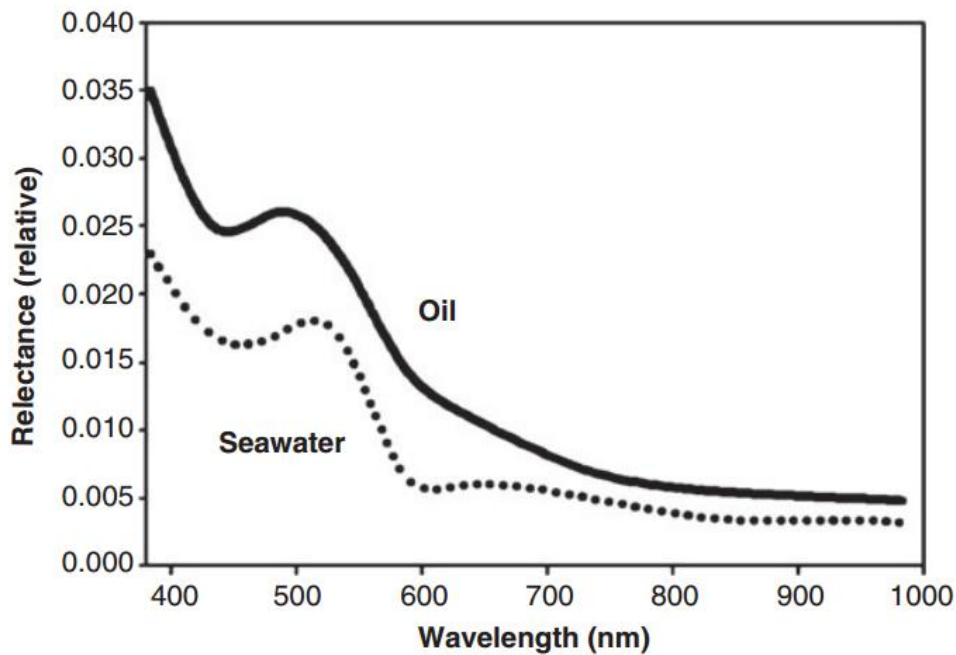
تاکنون مقالات بسیاری در زمینه پایش لکه‌های نفتی با سنجش از دور نگارش شده است. علاوه بر این چند مقاله مروری به زبان انگلیسی در این زمینه موجود هستند. هدف مقاله حاضر، معرفی سنجش از دور و کاربرد آن در شناسایی لکه‌های نفتی به همراه بررسی ویژگی‌های لکه‌های نفتی و ارائه مدل مفهومی جهت استخراج لکه‌های نفتی از تصاویر ماهواره‌ای است. امید است این مقاله بتواند به‌عنوان یک منبع فارسی به‌صورت اولیه نیاز محققین کشور را مرتفع سازد.

۲- سنجش از دور

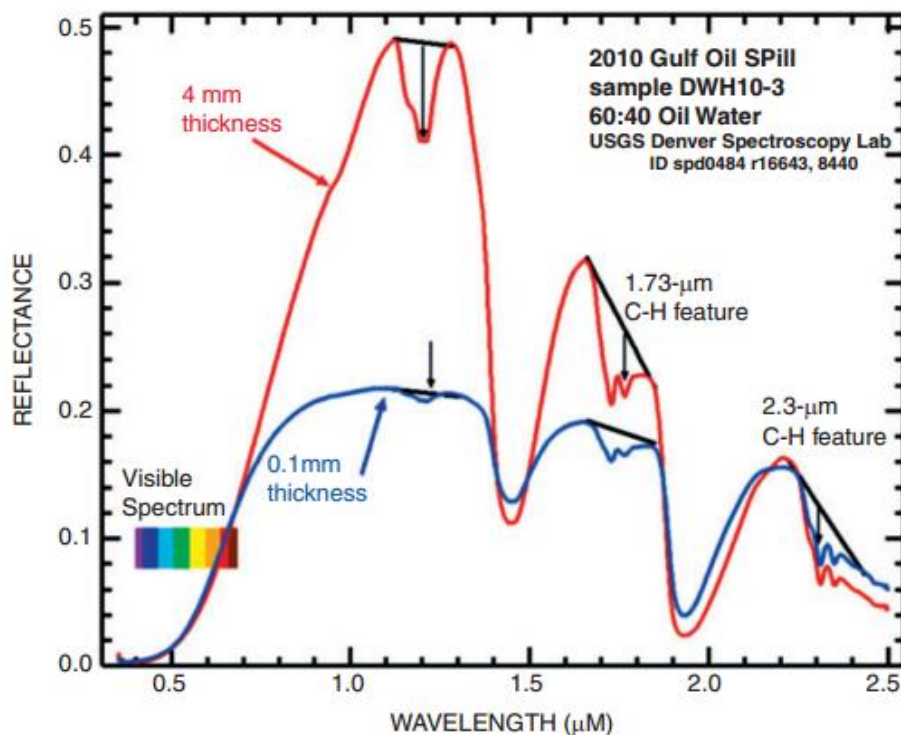
در یک نگاه کلی، سنجش از دور، علم و هنر استخراج اطلاعات از اشیاء بدون تماس با آن‌ها است؛ اما به‌طور خاص، سنجش از دور به استخراج اطلاعات از سطح زمین توسط مشاهده امواج الکترومغناطیسی بازتاب یا بازتابش شده می‌پردازد. سنجنده‌های نصب شده بر روی سکوه‌های زمینی، ماهواره‌ای یا هوایی وظیفه اخذ این اطلاعات را بر عهده دارند. نسبت به سنجنده‌های نصب شده بر روی سکوه‌های زمینی، سنجنده‌های نصب شده بر روی سکوه‌های هوایی و یا فضایی، دارای مزایای ذیل هستند: ۱- دید کلی و جامع از منطقه وسیع ۲- پتانسیل تصویربرداری سریع از منطقه ۳- پوشش زمانی جهت شناسایی تغییرات ۴- هزینه پایین ۵- صحت معقول ۶- استفاده از اطلاعات چند طیفی جهت استخراج اطلاعات ۷- قابلیت برداشت در شب و روز و تمامی وضعیت‌های جوی ۸- برداشت اطلاعات با قدرت تفکیک (رزولوشن) های مختلف [۳].

مطابق شکل ۲، یک سیستم سنجش از دور بر اساس امواج الکترومغناطیس بازتاب شده یا بازتابش شده از اشیاء سطح زمین فعالیت می‌کند. انرژی رسیده از سطح زمین پس از عبور از جو جذب یا پراکنش می‌یابد. امواج رسیده به اشیاء سطح زمین بازتاب یا بازتابش می‌شود و پس از عبور مجدد از جو، توسط سنجنده ثبت خواهند شد. سنجنده پس از ثبت اطلاعات، آن را به واحد زمینی ارسال می‌نماید. پس از آن، داده‌ها در اختیار متخصصین و کاربران به‌منظور پردازش و استخراج اطلاعات قرار می‌گیرد.

برای لکه‌های نفتی است که این موضوع با بازتابندگی (بازتابندگی بیشتر جذب کمتر و بالعکس) مطابقت دارد.



شکل (۳): منحنی بازتاب طیفی آب دریا و لکه نفتی [۱۰].

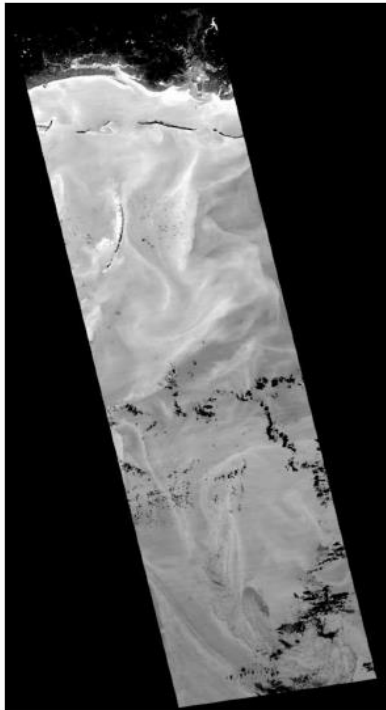


شکل (۴): بازتابندگی لکه نفتی با ضخامت ۴ میلی‌متر و ۰/۱ میلی‌متر [۱۰].

ویژه/انعکاس خاصی را در این طول موج نشان نمی‌دهد. نفت به‌طور کلی در تمام طیف‌های مرئی آشکارتر به نظر می‌رسد. به‌منظور بهبود اطلاعات اخذشده در محدوده ۶۰۰-۵۰۰ نانومتر، تصاویر اخذشده در

۲-۱-۲- تصاویر مرئی

در محدوده مرئی طیف الکترومغناطیسی (تقریباً ۷۰۰-۴۰۰ نانومتر)، نفت دارای بازتاب سطح بالاتر نسبت به آب است، اما جذب



شکل (۶): تصویر مادون قرمز دور از لکه نفتی اشیاء سیاه نزدیک وسط و بخش‌های پایین تر نفت است. اشیاء سیاه در نزدیکی بالا جزایر و خط ساحلی هستند [۲].

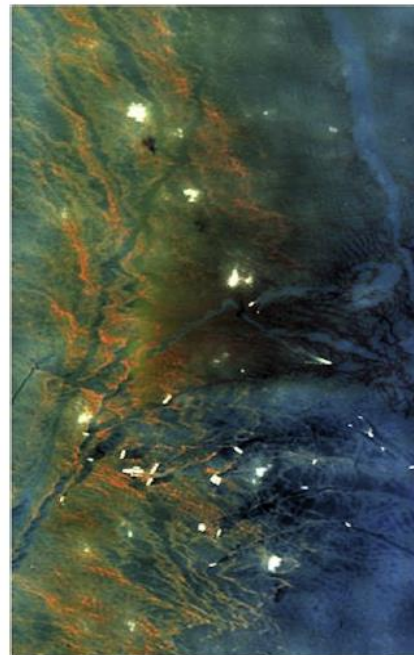
۲-۱-۴- تصاویر مادون قرمز نزدیک

مادون قرمز نزدیک (NIR) برای شناسایی لکه نفتی در گذشته آن چنان مورد استفاده قرار نگرفته است؛ اما با ظهور باندهای مادون قرمز نزدیک در ماهواره‌های MODIS، MERIS و Airborne AVIRIS برخی از تحقیقات در شناسایی لکه‌های نفتی انجام شده است. برخی محققین از باندهای مادون قرمز نزدیک برای شناسایی میزان ضخامت لکه نفتی استفاده کردند [۵، ۱۶]. همان‌طور که از امضای طیفی لکه نفتی و آب مشاهده شد، استفاده از تصاویر باندهای مادون قرمز نزدیک می‌توان به منظور تفکیک آن‌ها استفاده کرد.

۲-۱-۵- تصاویر مایکروویو غیرفعال

اطلاعات سنجنده‌های مایکروویو برای تجزیه و تحلیل از راه دور لکه نفتی به صورت رایج استفاده می‌شوند. سنجنده‌های مایکروویو به دو دسته فعال و غیرفعال دسته‌بندی می‌شوند که هر دودسته در شناسایی لکه نفتی کاربرد دارند که در ادامه به توضیح آن‌ها خواهیم پرداخت. سنجنده‌های مایکروویو غیرفعال حضور یک لایه نفت بر روی آب را با اندازه‌گیری انعکاس سطح تشخیص می‌دهند. این موضوع به دلیل تفاوت توان تشعشعی آب و لکه نفتی است [۱۷]. این تفاوت سبب شناسایی لکه نفتی در سنجنده‌های مایکروویو غیرفعال می‌شود. علاوه بر این میزان بازتابندگی به ضخامت لکه نفتی وابسته است که این موضوع سبب شناسایی میزان ضخامت لکه نفتی از سنجنده‌های مایکروویو غیرفعال نیز شده است.

این محدوده اغلب برای بهبود کنتراست فیلتر می‌شوند [۱۲، ۱۳]. سنجنده‌های مرئی درزمینه آشکارسازی آلودگی‌های نفتی به دلیل برخی مشکلات کاربرد محدودتری دارند. به‌عنوان مثال سنجنده‌های غیرفعال توانایی شناسایی لکه‌های نفتی در شب را ندارند. علاوه بر این یکی از نقاط ضعف تصاویر اپتیک نظیر SeaWiFS توان تفکیک پایین (حدود ۱ کیلومتر) آن‌ها است. پوشش ابر و تغییرات تابش خورشید در سطح دریا از جمله دیگر محدودیت‌های سنجنش‌ازدور مرئی در شناسایی لکه‌های نفتی است. برخلاف این محدودیت، تصاویر ابر طیفی بسیار بهتر از سایر داده‌ها در شناسایی لکه‌های نفتی عمل می‌کند. نمونه‌ای از لکه‌های نفتی دیده‌شده در تصاویر مرئی در شکل ۵ نمایش داده شده است [۲].



شکل (۵): یکی از تصاویر مرئی از Deepwater Horizon نشست نفت را نشان می‌دهد (مناطق روشن لکه‌های نفتی را نمایش می‌دهند) [۲].

۲-۱-۳- تصاویر مادون قرمز دور (حرارتی)

نفت که از نظر اپتیکی غلیظ است، تابش خورشید را جذب می‌کند و بخشی از این تابش به صورت انرژی حرارتی در محدوده طول موج ۱۴-۸ میکرومتر تابش می‌شود. توان تشعشعی نفت از آب بالاتر است لذا بعد از جذب نور، امواج مادون قرمز دور با انرژی بیشتر نسبت به آب بازتابش می‌شود. لکه نفتی با ضخامت زیاد در تصاویر مادون قرمز دور گرم‌تر از آب مشاهده می‌شود. همچنین نفت با ضخامت متوسط سردتر از آب و نفت با ضخامت کم قابل تمایز از آب در داده‌های مادون قرمز دور نیست. علاوه بر این در شب لکه‌های نفتی خنک‌تر از آب دیده می‌شوند. شکل ۶ نمایش لکه نفتی در تصویر مادون قرمز دور را نشان می‌دهد [۲، ۱۴، ۱۵].

های بازتابیده شده از سطوح مختلف را اندازه‌گیری می‌کنند. رادار نفت در آب را تشخیص می‌دهد اما این تشخیص وابسته به سرعت باد است. جدول ۱ امضا لکه نفتی در سرعت بادهای مختلف را نمایش می‌دهد. رادار پتانسیل شناسایی لکه‌های نفتی در روز/ شب و شرایط آب و هوایی بد را دارد.

جدول (۱): رفتار لکه‌های نفتی در سرعت باد مختلف [۲]

سرعت باد (متر بر ثانیه)	امضای لکه نفتی
صفر	عدم بازگشت از سطح
۳	عدم تأثر باد روی لکه نفتی. تشابه برخی اشیاء به لکه نفتی به دلیل تغییرات محلی باد
۳ تا ۷-۱۰	خطاهای اندک مشاهده می‌شود اما لکه نفتی قابل مشاهده است
بیشتر از ۷-۱۰	لکه‌های نفتی ضخیم قابل مشاهده هستند. لکه‌های نفتی نازک قابل مشاهده نیستند

رادار با روزنه مصنوعی (SAR) سیستم رادار منسجمی است که به وسیله فنون پردازش سیگنال پیشرفته، تصاویر با رزولوشن بالا تولید می‌کند. سیستم SAR در بخش مایکروویو طیف الکترومغناطیس در محدوده طول موج ۱ میلی‌متر تا ۱ متر (فرکانس ۳ تا ۳۰۰ گیگاهرتز) عمل می‌کند.

سنجده SAR با توجه به قابلیت اخذ داده در همه شرایط آب و هوایی و در شبانه‌روز، سنجده کلیدی برای پایش آلودگی‌های نفتی است. همچنین استفاده از داده‌های پلاریمتری، اطلاعات مفیدی نسبت به داده‌های تک پلاریزه برای کشف لکه‌های نفتی در اختیار قرار می‌دهد. در حال حاضر بسیاری از نهادهای دولتی از تصاویر SAR استفاده می‌کنند اما وجود خطا باعث شده این سیستم به اندازه کافی قابل اعتماد نباشد. تصاویر ماهواره‌ای اپتیک برای نظارت بر مناطق بزرگ و ارائه اطلاعات مکرر در مقایسه با تصاویر SAR کاربرد دارند. داده‌های اپتیک می‌تواند به تنهایی یا به عنوان پشتیبان تصاویر SAR استفاده شوند.

۳- ویژگی‌های نفت در تصاویر سنجش از دور

به منظور استخراج لکه‌های نفتی از تصاویر سنجش از دور نیاز به شناخت کامل ویژگی‌های تصاویر سنجش از دور است. در اینجا، مقصود از ویژگی‌های تصاویر سنجش از دور باندهای مستخرج از باندهای طیفی اندازه‌گیری شده توسط سنجده‌ها است. به منظور بررسی ویژگی‌ها سه تحقیق عمده مورد بررسی قرار خواهند گرفت. عمده این ویژگی‌ها در سطح آنالیزهای شیء مبنا مورد استفاده قرار گرفته‌اند. در سال ۲۰۰۰، Frate و همکاران از شبکه عصبی مصنوعی و تصویر راداری ERS برای شناسایی لکه‌های نفتی استفاده کردند. ویژگی‌های استخراج شده از تصاویر برای استخراج لکه‌های نفتی عبارتند از:

- مساحت شیء
- محیط شیء
- پیچیدگی (Complexity)

۲-۲- سنجده‌های فعال

برخلاف سنجده‌های غیرفعال، سنجده‌های فعال انرژی الکترومغناطیس را از منبع داخلی به سمت اشیاء ارسال کرده و بازتاب انرژی را ثبت می‌نمایند. در زمینه شناسایی لکه‌های نفتی استفاده از سنجده‌های فعال بسیار مورد توجه قرار گرفته است که در ادامه به آن اشاره خواهد شد.

۲-۲-۱- ماوراءبنفش

این سنجده‌ها در محدوده ماوراءبنفش (۰/۳۲- ۰/۳۸ میکرومتر) طیف الکترومغناطیس فعال هستند و در آشکارسازی لکه‌های نفتی کاربرد دارند. اسکنرهای ماوراءبنفش، تابش منعکس شده از سطح دریا را اندازه‌گیری می‌کنند و با توجه به این که لکه‌های نفتی نازک انعکاس بالاتری نسبت به آب خالص در محدوده ماوراءبنفش دارند توسط این سنجده‌ها قابل شناسایی هستند. اگرچه این سنجده‌ها لایه‌های نازک نفت (کمتر از ۰/۱ میکرومتر) را شناسایی می‌کنند اما قادر به بارز سازی نفت با ضخامت‌های بزرگ‌تر از ۱۰ میکرومتر نیستند و فقط اطلاعاتی راجع به ضخامت نسبی لکه نفتی در اختیار قرار می‌دهند [۱۸]. درخشندگی‌های ایجاد شده توسط باد، برق خورشیدی، علف‌های دریایی و مواد بیولوژیکی باعث ایجاد خطا در فرآیند شناسایی آلودگی‌های نفتی توسط این سنجده‌ها می‌گردد [۱۹].

۲-۲-۲- فلورسنسورهای لیزری

فلورسنسورهای لیزر حسگرهایی هستند که از پدیده‌ای استفاده می‌کنند که ترکیبات معطر در لکه‌های نفتی، نور ماوراءبنفش را جذب می‌کنند و از نظر الکترونیکی هیجان زده می‌شود. این تحریک در درجه اول در منطقه مرئی از طیف به سرعت از طریق فرآیند انتشار فلورسانس حذف می‌شود. از آنجا که تعداد کمی از ترکیبات در این زمینه مشابه لکه نفتی رفتار می‌کنند، فلورسنسورهای لیزری بسیار مناسب شناسایی لکه‌های نفتی هستند. بیشتر تابشگرهای فلورسانس مورد استفاده برای آشکارسازی آلودگی‌های نفتی از لیزری استفاده می‌کنند که در ناحیه (۰/۳ تا ۰/۳۵۵ میکرومتر) عمل می‌کنند. محدوده واکنش فلورسانس نفت خام از ۰/۴ تا ۰/۶۵ میکرومتر هست که دارای نقطه اوج ۰/۴۸ میکرومتر است. فلورسانس‌های لیزری سودمندی بالایی در عمل نشان داده‌اند و در حال حاضر تبدیل به حسگرهای ضروری در بسیاری از بسته‌های سنجش از راه دور شده است [۲۰]. مشکلی که در استفاده از این سنجده پیش می‌آید این است که لیزر فلورسانس‌ها نمی‌توانند لکه نفتی با ضخامت بیش‌تر از ۱۰ تا ۲۰ میکرومتر را اندازه‌گیری کنند چون نور لیزر ماوراءبنفش (UV) کاملاً توسط نفت جذب می‌شود و نمی‌تواند به آب برسد.

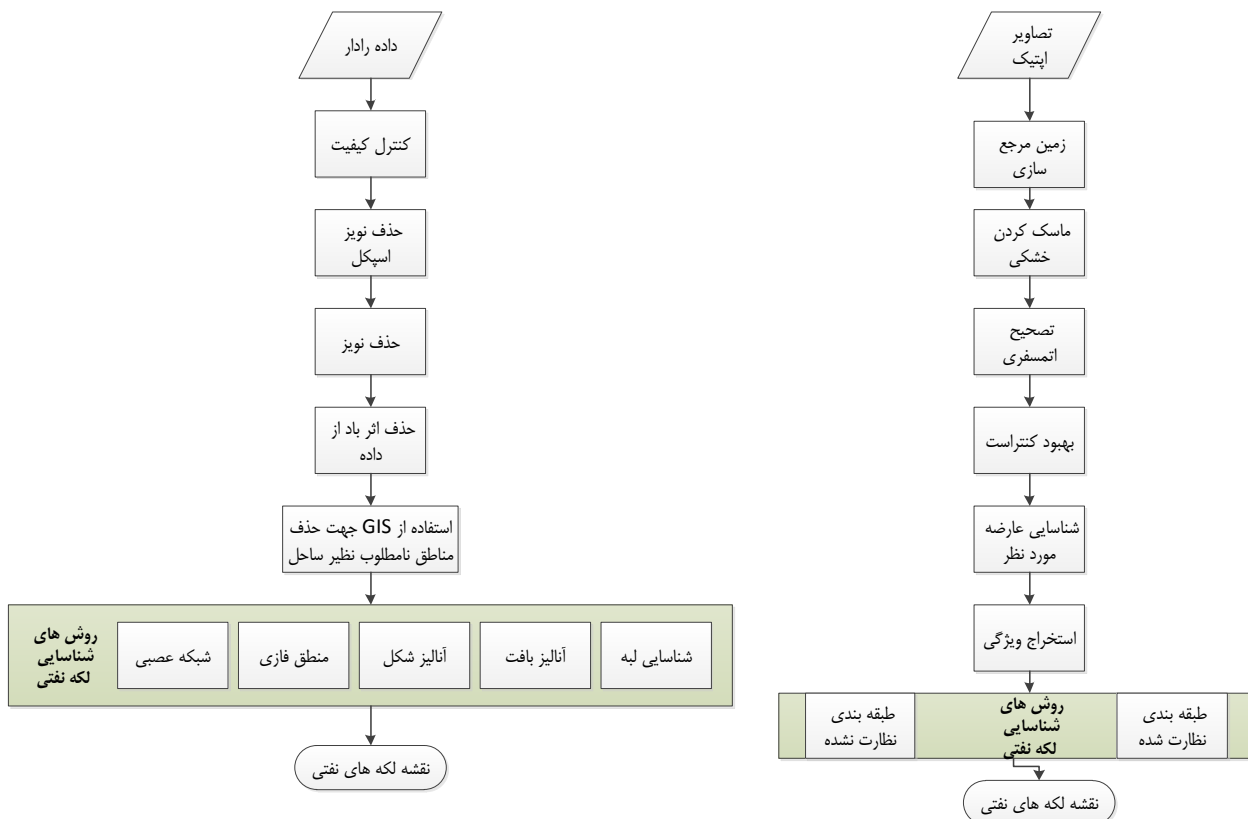
۲-۲-۳- رادار

رادار سنجده‌ای فعال است که در محدوده امواج مایکروویو طیف الکترومغناطیس عمل می‌کند. سنجده‌های رادار سیگنال‌های مایکروویو را به سمت اهداف مورد نظر ارسال کرده و سپس سیگنال-

- تغییرات مرزی
 - نسبت انحراف معیار به میانگین شیء [۲۰].
- ### ۴- مدل مفهومی استخراج لکه نفتی از داده‌های سنجش از دور

به منظور پایش لکه‌های نفتی می‌توان از تصاویر اپتیک و داده رادار به عنوان منابع موجود و در دسترس استفاده کرد. مدل مفهومی استخراج لکه نفتی توسط تصاویر اپتیک و داده رادار با یکدیگر متفاوت است که در شکل ۷ نمایش داده شده‌اند. به منظور استخراج لکه نفتی از داده رادار، ابتدا برخی پیش‌پردازش‌ها نظیر حذف نویز اسپیکل و زمین مرجع کردن داده‌ها انجام خواهد شد. سپس اثر باد از داده و مشاهدات حذف و یا کم خواهد شد. در گام بعد با استفاده از لایه‌های GIS مناطق نامطلوب نظیر ساحل از تصاویر ماسک می‌شوند. سپس با استفاده از شناسایی لبه، آنالیز بافت، آنالیز شکل، منطق فازی و شبکه‌های عصبی، لکه‌های نفتی قابل شناسایی هستند. جهت پایش لکه‌های نفتی از تصاویر اپتیک، ابتدا آن‌ها زمین مرجع می‌شوند. سپس با ماسک کردن خشکی مطالعات صرفاً بر روی پهنه آبی انجام خواهد شد. مقادیر ثبت شده توسط سنجنده در پهنه‌های آبی تصحیح اتمسفری می‌شوند. پس از بهبود کنتراست، ویژگی‌های مختلف از تصاویر اپتیک استخراج می‌شوند. نهایتاً با استفاده از طبقه بندی کننده‌های نظارت نشده و نظارت شده لکه‌های نفتی شناسایی شده و نقشه مناطق تحت اثر ایجاد خواهند شد.

- Spreading
 - انحراف معیار درجات خاکستری هر شیء
 - انحراف معیار درجات خاکستری اشیاء اطراف
 - اختلاف میان میانگین شدت اشیاء و حداقل مقدار درون شیء
 - اختلاف میان میانگین شدت اشیاء و حداقل مقدار درون شیء
 - حداکثر مقدار تغییر مرزی
 - میانگین تغییرات
 - انحراف معیار تغییرات [۱۹].
- در سال ۱۹۹۹، Solberg و همکاران از تصاویر ERS برای شناسایی لکه‌های نفتی استفاده کردند. بدین منظور ابتدا اشیاء تیره از تصاویر استخراج شدند. سپس از ویژگی‌های ذیل برای شناسایی لکه‌های نفتی استفاده شد:
- فاصله اشیاء تیره از اشیاء روشن
 - تعداد اشیاء تیره تصویر
 - تعداد اشیاء تیره نزدیک
 - شیء تیره مورد نظر
 - هموزن بودن اطراف
 - پیچیدگی
 - عرض لکه نفتی
 - First Invariant Planer Moment
 - مساحت لکه
 - نسبت میانگین درجات خاکستری اطراف به میانگین شیء



شکل (۷): مدل مفهومی استخراج لکه‌های نفتی از تصاویر اپتیک و رادار (اقتباس شده از منابع موجود نظیر [۲] و تجربه نویسندگان)

Environment and Transportation Engineering, 2012, pp. 1-4.

- [10] Fingas M., and Brown C., "Oil Spill Remote Sensing," in Encyclopedia of Sustainability Science and Technology, R. A. Meyers, Ed., ed New York, NY: Springer New York, 2018, pp. 1-37.
- [11] Fingas M., "The challenges of remotely measuring oil slick thickness," Remote Sensing, vol. 10, p. 319, 2018.
- [12] Brown H., Bittner J., and Goodman R., "The limits of visibility of spilled oil sheens," Environmental Research Institute of Michigan (ERIM), Ann Arbor, MI United ... 1996.
- [13] Taylor S., "0.45-to 1.1-um spectra of Prudhoe crude oil and of beach materials in Prince William Sound, Alaska," Special report (USA), 1992.
- [14] Fingas M. and Brown C., "A review of oil spill remote sensing," Sensors, vol. 18, p. 91, 2018.
- [15] Fingas M. F., and Brown C. E., "Review of oil spill remote sensing," Spill Science & Technology Bulletin, vol. 4, pp. 199-208, 1997.
- [16] Etellisi E. A., and Deng Y., "Oil spill detection: Imaging system modeling and advanced image processing using optimized SDC algorithm," Signal, Image and Video Processing, vol. 8, pp. 1405-1419, 2014.
- [17] Ulaby F. T., Moore R. K., and Fung A. K., "Microwave remote sensing: Active and passive volume 1-microwave remote sensing fundamentals and radiometry," 1981.
- [18] Fingas M., and Brown C. E., "Oil spill remote sensing: a review," in Oil spill science and technology, Ed: Elsevier, 2011, pp. 111-169.
- [19] Yin D., Huang X., Qian W., Huang X., Li Y., and Feng Q., "Airborne validation of a new-style ultraviolet push-broom camera for ocean oil spills pollution surveillance," in Remote Sensing of the Ocean, Sea Ice, and Large Water Regions 2010, 2010, p. 78250I.
- [20] Tebeau P., Hansen K., Fant J., and Terrien M., "Assessing the long-term implementation costs versus benefits associated with laser fluorosensor spill response technology," in ARCTIC AND MARINE OILSPILL PROGRAM TECHNICAL SEMINAR, 2007, p. 451.
- [21] Del Frate F., Petrocchi A., Lichtenegger J., and Calabresi G., "Neural networks for oil spill detection using ERS-SAR data," IEEE Transactions on geoscience and remote sensing, vol. 38, pp. 2282-2287, 2000.
- [22] Solberg A. S., Storvik G., Solberg R., and Volden E., "Automatic detection of oil spills in ERS SAR images," IEEE Transactions on geoscience and remote sensing, vol. 37, pp. 1916-1924, 1999.

۵- نتیجه گیری

در این مقاله به بررسی رفتار طیفی لکه‌های نفتی در طول موج‌های مختلف و نحوه استخراج آن از تصاویر سنجش‌ازدور پرداخته شد. بر اساس نتایج، رفتار لکه‌های نفتی نسبت به آب در طول موج‌های مختلف طیف الکترومغناطیس متفاوت است که این موضوع سبب تفکیک‌پذیری این دو هدف از یکدیگر می‌شود. به‌طور کلی بازتابندگی لکه‌های نفتی از آب بیشتر است و همچنین امضای طیفی لکه نفتی وابسته به ضخامت آن است. علاوه بر این تصاویر حرارتی و مایکروویو به دلیل بازتابش متفاوت لکه نفتی و آب در شب و روز به‌منظور شناسایی آن‌ها مناسب هستند. همچنین به‌منظور شناسایی لکه‌های نفتی در تصاویر رادار فعال ملاحظات مربوط به سرعت باد باید در نظر گرفته شوند.

بر اساس خروجی‌ها، روند استخراج لکه‌های نفتی از تصاویر اپتیک (سنجنده‌های غیرفعال) با داده‌های رادار (سنجنده‌های فعال) متفاوت است. از این‌رو، دو مدل مفهومی برای استخراج هر یک از آن‌ها ارائه شد. علاوه بر این استفاده از ویژگی‌های طیفی و شکلی در شناسایی لکه‌های نفتی مناسب خواهد بود.

منابع

- [1] Brekke C., and Solberg A. H., "Oil spill detection by satellite remote sensing," Remote sensing of environment, vol. 95, pp. 1-13, 2005.
- [2] Fingas M., and Brown C., "Review of oil spill remote sensing," Marine pollution bulletin, vol. 83, pp. 9-23, 2014.
- [3] Hussain M., Chen D., Cheng A., Wei H., and Stanley D., "Change detection from remotely sensed images: From pixel-based to object-based approaches," ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, vol. 80, pp. 91-106, 2013.
- [4] Andreou C., and Karathanassi V., "Endmember detection in marine environment with oil spill event," in Image and Signal Processing for Remote Sensing XVII, 2011, p. 81800P.
- [5] Bulgarelli B., and Djavidnia S., "On MODIS retrieval of oil spill spectral properties in the marine environment," IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, vol. 9, pp. 398-402, 2012.
- [6] Kudryashova G., Obratsov Y. V., Opekan A., Perminov N., and Protasov Y. S., "Optical properties of liquid dielectrics in the ultraviolet, visible, and near infrared regions of the spectrum," Journal of Applied Spectroscopy, vol. 43, pp. 1108-1113, 1985.
- [7] Otremba Z., and Piskozub J., "Modelling of the optical contrast of an oil film on a sea surface," Optics Express, vol. 9, pp. 411-416, 2001.
- [8] Shen H.-y., Zhou P.-c., and Feng S.-r., "Research on multi-angle near infrared spectral-polarimetric characteristic for polluted water by spilled oil," in International Symposium on Photoelectronic Detection and Imaging 2011: Advances in Infrared Imaging and Applications, 2011, p. 81930M.
- [9] Yin Q.-z., Li K., Zhou C., Liu C.-g., Chu X.-m., and J Zheng., "Research on oil spill monitoring experiments based on OFD-1 oil film detector," in 2012 2nd International Conference on Remote Sensing,