

شناسایی لکه‌های آلودگی‌های نفتی با استفاده از سری زمانی داده‌های سنجنده مودیس (مطالعه موردی: آب‌های خلیج فارس)

بهزاد رایگانی*، محمد نجفی یاسوری، جواد بدایقی جمالی و حمید سرخیل
دانشکده محیط‌زیست، کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۲/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۶/۱۶

چکیده

امروزه نشت نفت به دریاها و اقیانوس‌ها از مهم‌ترین عوامل آلودگی این منابع در سطح جهان به شمار می‌رود. شناسایی به هنگام، جلوگیری از نشت نفت به اکوسیستم‌های دریایی و کاهش اثرات زیان‌بار آن بر محیط ضروری می‌باشد. تکنولوژی سنجش از دور به دلیل برداشت داده در بخش‌های مختلف طیف الکترومغناطیس و دید ناحیه‌ای وسیع، برای پایش هوایی در تشخیص زودهنگام آلودگی‌های نفتی مناسب می‌باشد. در این پژوهش از تصاویر سطح دوم سنجنده مودیس برای سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۵ استفاده شده است. به طوری که با بهره‌گیری از روش بارزسازی داده‌های سنجنده مودیس به پایش آلودگی‌های نفتی پرداخته شده است. اساس این روش بارزسازی استفاده از پارامترهای آماری بلندمدت میانگین و انحراف معیار از سری‌های زمانی باند شماره ۱ یا ۲ سنجنده مودیس می‌باشد. به طوری که با استفاده از یک روش ابتکاری داده‌های نامناسب سری مربوطه، سلول به سلول حذف شده و سپس میانگین و انحراف معیار بلندمدت از داده‌های سری باند شماره ۱ یا ۲ محاسبه شده و همچنین ارزش هر سلول به کمک آن دو پارامتر استاندارد شد. به طوری که با این روش رویداد نفتی بارزسازی گردید. در ادامه برای جداسازی لکه نفتی از روش توزیع فراوانی نرمال استفاده شد که با اعمال یک آستانه، سلول‌های آلوده به نفت جدا شدند. بدین صورت آلودگی نفتی که در سال‌های ۲۰۰۷ و ۲۰۱۰ رخ داده بود با کمک مدل طراحی شده جداسازی شد و با نقشه‌ی حاصل از تفسیر کارشناسانه رویداد نفتی، صحت‌سنجی گردید. نقشه حاصل هریک از رویدادهای نفتی با صحت کلی ۹۶٪ و ضریب کاپا (دقت‌روش) ۰/۹۵ برای آگوست ۲۰۰۷، صحت کلی ۹۵٪ و ضریب کاپا ۰/۹۲ برای جولای ۲۰۱۰ به دست آمد. نتایج کلی تحقیق نشان داد که مدل ساخته شده دقت کافی برای تشخیص و جداسازی آلودگی نفتی را دارا می‌باشد.

کلمات کلیدی: سنجش از دور، نشت نفت، سنجنده مودیس، سری زمانی داده ماهواره‌ای، ماسک نویزها

مقدمه

بیولوژیکی براساس میکرو ارگانسیم‌ها می‌تواند باعث تجزیه برخی از ترکیبات، با توجه به دما و سطح اکسیژن شود. پراکندگی، ناشی از آشفستگی در سطح دریا است که به نوع نفت و شرایط آب‌وهوا وابسته می‌باشد. امولسیون و انحلال یک اثر فیزیکی و شیمیایی اختلاط با آب است. اکسیداسیون، یک فرآیند زمان‌بر براساس نور خورشید می‌باشد [۴].

شناسایی آلودگی‌های نفتی در محدوده‌های مختلف طیف الکترومغناطیس توسط سیستم‌های غیرفعال و فعال امکان‌پذیر است. در سیستم‌های غیرفعال، در بخش مرئی لکه‌های نفتی دارای بازتاب بالاتر نسبت به آب می‌باشند لذا در تصاویر مرئی با تن (شدت) روشن‌تر دیده می‌شوند. محدودیتی که در اینجا وجود دارد حضور پدیده‌های دیگر با بازتاب بالا، نظیر برخی ساختارهای زیستی است [۵]. تأثیر بازتاب بستر دریا در نواحی کم‌عمق نیز می‌تواند اثری مشابه با لکه‌های نفتی داشته باشد. در محدوده مادون‌قرمز حرارتی، لکه‌های ضخیم نفتی به صورت جذب‌کننده‌های خوب و به تبع آن، ساطع‌کننده‌های خوب عمل می‌کنند. لذا، این نوع از لکه‌های نفتی در تصاویر مادون‌قرمز به صورت نقاط با حرارت بالاتر نسبت به اطراف با تن روشن‌تر ظاهر می‌شوند. استفاده از ماکروویو غیرفعال نیز در آشکارسازی لکه‌های نفتی مفید است. با استفاده از داده‌های این محدوده از طیف الکترومغناطیس، لکه‌های نفتی به واسطه گسیلمندی^۱ بالاتر نسبت به آب دریا قابل‌شناسایی هستند [۶]. چاست و همکاران، با کمک تصاویر ماهواره‌ای MISR^۲، فاکتور بازتابندگی دوراستایی^۳ و تابع کنتراست تحت شرایط نور خورشید، در طی سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۳ آلودگی‌های نفتی را مشخص کردند. در این مطالعه تصاویری با زوایای مختلف توسط MISR با قدرت تفکیک m و باند ۶۷۲ nm ۲۷۵

با پیشرفت صنعتی جهان، استخراج منابع نفتی و حمل‌ونقل دریایی تشدید و متناسب با این پیشرفت میزان نشت ناخواسته نفت به دریا افزایش یافته است. از این‌رو، لازم است برای کاهش خطرات زیست‌محیطی، راه مناسبی برای شناسایی منطقه آلوده و میزان آلودگی با ماده نفتی نشت یافته، در نظر گرفته شود. به دست آوردن این اطلاعات از منطقه آلوده شده برای اقدامات متقابل برای رفع آلودگی بسیار مهم می‌باشد. علاوه بر شناسایی لکه نفتی و وسعت آن، توانایی در اندازه‌گیری ضخامت نفت باعث افزایش اطلاعات در مورد پتانسیل پراکنده شدن نفت می‌شود [۱]. آلودگی نفتی دریا به‌طور عمده توسط تخلیه غیرقانونی هیدروکربن‌ها توسط کشتی‌ها به محیط‌زیست دریایی رخ می‌دهد. هنگامی که آلودگی نفت اتفاق می‌افتد، باید محل و وسعت نشت نفت مشخص شود. با آگاهی به موقع از محل نشت نفت و جهت حرکت آن، می‌توان اقدامات برنامه‌ریزی‌شده‌ای برای کاهش اثرات آن بر محیط‌زیست انجام داد. در این خصوص، داده‌های سنجش‌ازدور با فراهم کردن اطلاعات درباره مقدار و جهت حرکت لکه نفتی با استفاده از تصاویر چند زمانه در پیش‌بینی حرکت لکه‌ها و همچنین پشتیبانی عملیات کنترل و پاک‌سازی لکه‌های نفتی نقش بسیار مهمی ایفا می‌کنند [۲].

شناسایی لکه‌های نفتی در سطح آب بر اساس خواص شیمیایی آن و اثرات متقابل بر روی آب و هوا می‌باشد. ساختار شیمیایی ترکیبات نفتی خواص نوری مختلفی با توجه به محیط آب دریا، مانند تغییر ضریب شکست، ضریب جذب نور و فلورسان نشان می‌دهد [۳] تبخیر، تجزیه بیولوژیکی، پراکندگی، امولسیون و انحلال، اکسیداسیون و رسوب مهم‌ترین فرآیندهایی هستند که در تشخیص نشت نفت مؤثر می‌باشند. میزان تبخیر به نوع نفت، غلظت، وزش باد و دمای دریا بستگی دارد. تجزیه

1. Emissivity

2. Multi-angle Imaging SpectroRadiometer

3. Bidirectional Reflectance Distribution Function

لکه‌های نفتی را پایش نماید. نتایج آنها نشان داد که به دلیل قدرت تفکیک مکانی مناسب و باندهای طیفی بیشتر، مودیس توانایی تعیین لکه‌های نفتی را داشته است. شیائو و همکاران، از داده‌های ماهواره‌ای مودیس برای تشخیص آلودگی نفتی در خلیج مکزیک که در ۲۰ آوریل ۲۰۱۰ رخ داده بود، استفاده نمودند و با به‌کارگیری روش خوشه‌بندی فازی همراه با تجزیه و تحلیل ویژگی‌ها، لکه نفتی را مشخص کردند. این تحقیق نشان داد که داده‌های فراطیفی سنجنده مودیس در شناسایی آلودگی نفتی مناسب می‌باشد.

امروزه مزیت‌ها و قابلیت‌های دانش سنجش از دور و سنجنده‌های جدید باعث پیشرفت خوبی در شناسایی لکه‌های نفتی قبل از ایجاد خسارات فراوان شده است. با استفاده از ابزارهای سنجش از دور مدرن می‌توان آلودگی نفتی دریا را به‌صورت ۲۴ ساعته پایش نمود [۷]. داده‌های ماهواره‌ای به‌واسطه عددی بودن، به‌هنگام بودن، توان تفکیک مکانی، طیفی و رادیومتری، پوشش مناسب و قابلیت تکرار آن‌ها، لایه‌های اطلاعاتی موردنیاز مطالعات را فراهم و امکان برقراری نگاه یک پارچه (مکانی و زمانی) به آن را ممکن می‌سازند. با استفاده از شاخص‌های مختلف و انجام آنالیزهای مربوطه، تعیین لایه‌های آلودگی امکان‌پذیر و قابل مدیریت است [۸].

منطقه مورد مطالعه

خلیج فارس، آبراهی است که در امتداد دریای عمان و در بین فلات ایران و شبه‌جزیره عربستان قرار دارد. این خلیج توسط تنگه هرمز به دریای عمان و از طریق آن به دریاهاى آزاد مرتبط است. از بین کشورهای همسایه خلیج فارس، کشور ایران دارای بیشترین مرز آبی مشترک با خلیج فارس است. طول مرز آبی کشور ایران با خلیج فارس،

را به‌دست آوردند. تصاویر با زاویه‌ی 46° از جلو، همه سطوح نفتی به صورت نواحی تاریک و در 26° جلو در دسامبر ۲۰۰۲ سطوح نفتی روشن‌تر ظاهر شد. نتایج این پژوهش نشان داد که تغییرات ظاهر شدن لکه‌های نفتی برحسب زاویه‌های دید می‌تواند تشخیص نفت را در مقایسه با سنسورهای نوری تک زاویه بهبود بخشد. یانگ و همکاران، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مودیس^۱ براساس ویژگی‌های طیفی لکه‌های نفتی به بررسی آلودگی‌های نفتی در سال‌های ۱۹۹۸ و ۱۹۹۹ در دریای چین پرداختند. نتایج نشان داد که تصاویر مودیس در محدوده طیفی ۴۲۵-۵۷۵ به نشت نفت حساس می‌باشد و سنجنده مودیس به دلیل داشتن تعداد باند بیشتر و قدرت تفکیک بالا توانایی تشخیص نفت را دارد. ویلیام و همکاران، از داده‌های سنجنده AVHRR برگرفته از ماهواره NOAA^۲ و شاخص SST^۳ برای تشخیص آلودگی نفتی استفاده نمودند. در این مطالعه از سه باند، باند ۱ (۴۶۹ nm)، باند ۲ (۵۵۵ nm) و باند ۳ (۶۴۵ nm) برای محاسبه درجه حرارت سطح آب استفاده کردند و از طریق تصویر مادون قرمز، نقاط داغ^۴ شناسایی شد که دمای این نقاط از دمای سطح آب اطراف بیشتر بود. نتایج این بررسی نشان داد، استفاده از این تصاویر برای شرایط آب و هوای مناسب و زمانی که نشت نفت به تازگی رخ داده است و همچنین نزدیک به سطح آب می‌باشد، مناسب است. شی و همکاران، در پژوهش خود با به‌کارگیری خوشه‌بندی فازی و تجزیه و تحلیل ویژگی یافت لکه نفتی (آنتروپی)، با استفاده از باند شماره ۱ و ۲ تصاویر ماهواره‌ای مودیس با قدرت تفکیک ۲۵۰ m به تشخیص لکه‌های نفتی پرداختند. نتایج نشان می‌دهد که استفاده از ویژگی آنتروپی می‌تواند در تشخیص لکه نفتی مؤثر باشد. لونگ و همکاران، جهت تشخیص و پایش لکه‌های نفتی از سنجنده مودیس استفاده نمودند. براساس مشخصات طیفی نفت اثبات نمودند که چگونه سنجنده مودیس می‌تواند

1. MODIS

2. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)

3. Surface Sea Temperature

4. Hotspots

حدود نیمی از نفت خام و فرآورده‌های نفتی که توسط کشتی صادر می‌گردد، از این مسیر می‌گذرد و تأسیسات دریافت آب توازن نیز در ترمینال‌های نفتی به اندازه کافی وجود ندارد.

براساس مطالعات انجام‌شده آلودگی حاصل از حمل و نقل مواد نفتی در خلیج فارس حدود ۸۶٪ کل آلودگی نفتی این خلیج تخمین زده شده است که در مقام مقایسه، حدود ۲ برابر سهم آلودگی در اثر حمل و نقل دریایی در سطح جهانی می‌باشد. تعداد زیاد سوانح و حوادث دریایی نیز نقش بسزایی در افزایش آلودگی نفتی در خلیج فارس داشته است [۱۰].

اهداف پژوهش

در این پژوهش با توجه به گستردگی زیاد دریا و الزام کشف زود هنگام نشت نفت جهت جلوگیری از خسارات زیاد زیست‌محیطی و با توجه به اینکه حدود ۹۰٪ از آلودگی نفتی در مناطقی دور از ساحل رخ می‌دهد، از توانایی سنجش از دور استفاده شده است. در این پژوهش با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مودیس به مشخص کردن شیوه مناسب برای آشکارسازی آلودگی نفتی پرداخته می‌شود.

داده‌ها و روش کار

داده ماهواره‌ای مورد نیاز

سنجنده مودیس به صورت ردیفی دیدی به عرض ۲۳۳۰ km در برمی‌گیرد. سنجنده مودیس دارای ۳۶ باندهای ۲۰ بانده آن به صورت باندهای انعکاسی خورشیدی و ۱۶ بانده دیگر حرارتی می‌باشند که محدوده طیفی آن بین ۰/۴ تا ۱۴/۳۸ μm است. سنجنده مودیس دارای قدرت تفکیک‌های مکانی مختلف شامل ۲۵۰ m (باندهای ۱ و ۲)، ۵۰۰ m (باندهای ۳-۷) و ۱ km (باندهای ۸ تا ۳۶) است. در این تحقیق برای تشخیص لکه‌های نفتی ناحیه

با احتساب جزایر در حدود ۱۸۰۰ km و بدون احتساب جزایر در حدود ۱۴۰۰ km است. شرایط خاص خلیج فارس از جمله تبخیر زیاد، شوری بالا، وجود هزاران هکتار پهنه‌های میان جزر و مدی، تنوع موجودات آبی، پرندگان مهاجر بسیار زیادی که از این منطقه می‌گذرند، ارزش شیلاتی و از همه مهم‌تر، منابع معدنی و بخصوص منابع نفتی منطقه که اهمیت فوق‌العاده‌ای در دنیا دارد باعث شده تا خلیج فارس منطقه‌ای حساس و استراتژیک به شمار آید [۹]. به همین دلیل از دیرباز تردد کشتی‌های نفتکش در آن بسیار بوده است. تجمع مراکز صنعتی کشورهای اطراف حوزه خلیج فارس سالیانه مقادیر بسیار زیادی آلودگی‌های مختلف وارد این اکوسیستم آبی می‌کند که از جمله مهم‌ترین این آلودگی‌ها که حیات آبریان و سلامت منطقه را به خطر می‌اندازد، آلودگی نفتی می‌باشد. با توجه به وضعیت جغرافیایی خلیج فارس که در ادامه دریاهای آزاد قرار دارد و تقریباً در محدوده باریکی قرار گرفته است نسبت به سایر اکوسیستم‌های آبی از جریان‌های آبی دریایی بسیار محدودی برخوردار است. لذا، هنگام آلودگی با غلظت زیاد، دچار مشکلات جدی می‌شود چرا که پراکندگی و حذف فیزیکی ترکیبات بسیار محدود انجام گرفته و لکه‌هایی با غلظت بالا در سواحل جمع شده و باعث مرگ آبریان و ایجاد مشکلات عدیده در درازمدت می‌شوند [۱۰].

در صورت پیدایش آلودگی نفتی در خلیج فارس تنها مقدار بسیار جزئی از این مواد ممکن است از آن خارج شوند. بنابراین میزان بار آلودگی نفتی تحمیل شده بر هر کیلومتر مربع از سطح خلیج فارس بیش از مقدار جهانی می‌باشد. اگرچه صنایع و شهرهای متعددی در کناره این خلیج وجود دارد، اما مقدار آلودگی ناشی از عملیات اکتشافی و بهره برداری نفت خصوصاً با نادیده گرفتن مقررات حفظ محیط‌زیست از سوی شرکت‌های عامل بین‌المللی فعال در این منطقه در مقایسه با سایر منابع آلوده کننده بسیار زیاد می‌باشد زیرا طبق آمار موجود

همین اساس با آستانه میانگین به‌علاوه یا منهی چند برابر انحراف معیار ($\pm \mu ZSD$) برای تک‌تک پیکسل‌ها، مدلی طراحی شد تا پیکسل‌های ناهنجار از سری زمانی ماه جولای حذف شوند (فیلتر کردن پیکسل‌های ناهنجار در سری زمانی). سپس برای تک‌تک پیکسل‌ها، میانگین و انحراف معیار سری داده اصلاح شده به صورت تصویر به‌دست آمد. در نهایت مطابق روش پیشنهادی [۱۴] هر پیکسل در تاریخ رویداد نشت نفت بر اساس رابطه ۱ استاندارد شد. با این کار تصویر باند ۲ بارزسازی شد و عملاً به صورت چشمی رویداد موردنظر قابل مشاهده گردید. گام بعدی اعمال آستانه‌ای بر روی تصویر مدنظر بود تا به کمک آن لکه نفتی از پیکره آبی جدا شود.

$$\otimes \rho_x(x, y, t) = \frac{\rho_x(x, y, t) - \mu_{\rho_x}(x, y)}{\sigma_{\rho_x}(x, y)} \quad (1)$$

$\rho_x(x, y, t)$ ، تصویر لکه نفتی ایجاد شده در زمان و منطقه مشخص

$\mu_{\rho_x}(x, y)$ ، تصویر متوسط سری زمانی

$\sigma_{\rho_x}(x, y)$ ، تصویر انحراف معیار سری زمانی

جداسازی لکه‌های نفتی

پس از بارزسازی باند شماره (۲)، به منظور جداسازی لکه نفتی از روش توزیع فراوانی نرمال استفاده شد [۱۵]. ابتدا از تمامی تصاویر تیرماه که مطابق توضیحات قبل فاقد ابر و غبار بودند یک تصویر میانگین و یک تصویر انحراف معیار بر اساس قاعده سری‌های زمانی به‌دست آمد [۱۶] و [۱۷]. سپس با اعمال تابع آمار برای تصویر میانگین سری زمانی متوسط کل تصویر (k) به عنوان یک شاخص به‌دست آمد، این متوسط برای تصویر انحراف معیار سری زمانی (Z) نیز به‌دست آمد. در نهایت آستانه‌ای تعیین شد که در آن اگر مقدار بازتابش پیکسل در باند (۲) بیشتر از $1z+k$ بود به عنوان آلودگی نفتی علامت زده شود.

مطالعاتی در یک دوره طولانی مدت، محصول MYD09250M تصاویر سنجنده مودیس، ماهواره آکوا به عنوان محصول Level 2 از سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۵ از طریق سایت ناسا^۱ دریافت گردید. در مورد داده‌های سطح اول سنجنده مودیس ضرورت دارد برخی از تصحیحات مانند تصحیح اتمسفری و رادیومتری صورت پذیرد ولی داده MYD09 مورد استفاده در این پژوهش یک محصول سطح دوم می‌باشد و تصحیحات اتمسفری و هندسی بر روی آن انجام شده است. این محصول با قدرت تفکیک ۲۵۰ m در باند ۱ و ۲، تفاوت بین آب و نفت را به خوبی نشان می‌دهد [۱۱ و ۱۲].

روش تحقیق

در این تحقیق پس از انتخاب سنجنده مودیس، داده‌های مربوطه با فرمت hdf از سایت ناسا دریافت شد که اطلاعات جانبی و فرا داده‌ای در آن گنجانده شده است. از داده به‌دست آمده (حدود ۱۵۰ تصویر ماهواره‌ای)، باند ۱ و ۲ آن استخراج شد. در این پژوهش به دلیل استفاده از محصول سطح دوم سنجنده مودیس، تصحیح رادیومتری و تصحیح هندسی صورت نپذیرفت [۱۲]. بنابراین جهت آماده‌سازی نهایی تصاویر، پس از بارزسازی بر اساس ترکیب رنگی کاذب ۲ با تفسیر چشمی تصاویری که دارای ابر و غبار در محدوده مطالعاتی بود [۱۳]، حذف شدند.

بارزسازی لکه نفتی

بر اساس گزارش‌های موجود، مهم‌ترین رویداد نشت نفت در منطقه مورد مطالعه در جولای ۲۰۰۵ به وقوع پیوسته بود. بنابراین، ابتدا تمامی تصاویر مودیس بین سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۵ در ماه جولای (تیرماه) دریافت شد. تصاویر دارای ابر و غبار حذف گردید. سپس در یک محدوده وسیع پیکره آبی یکنواخت بدون نفت، مقادیر متوسط و انحراف معیار سری زمانی ماه جولای برای باند ۲ محصول مورد استفاده به‌دست آمد [۱۴]. بر

1. [Http://ladsweb.nascom.nasa.gov/data](http://ladsweb.nascom.nasa.gov/data)

2. FCC False Colour Composite

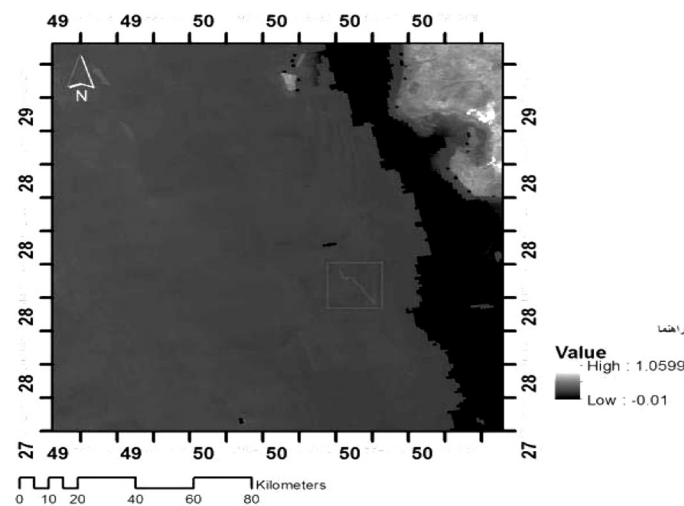
نتایج و بحث

نتایج حاصل از بارزسازی لکه نفتی

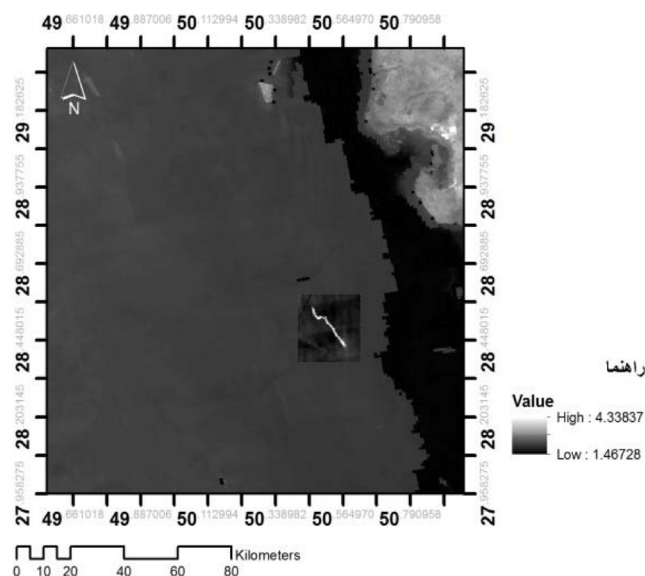
شکل ۱ محدوده و زمان مشخصی از آلودگی نفتی (قاب قرمز رنگ در حاشیه لکه نفتی) را نشان می‌دهد. در شکل ۱ مناطق تاریک یا بسیار تیره کیفیت نامناسب داده را نشان می‌دهد. در این تحقیق، سعی شده است در محدوده آلودگی نفتی کیفیت و تباین داده مناسب باشد و ابر و غبار در آن وجود نداشته باشد. برای بارزسازی به باندهای ۱ و ۲ نیاز بود که این دو باند استخراج شود و

بر روی این دو باند آنالیز صورت پذیرد. همانگونه که در شکل ۱ مشخص است تصویر خام باند ۲ تا حدودی می‌تواند لکه نفتی را نشان دهد، اما با اعمال روش پیشنهادی همانگونه که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، آلودگی نفتی کاملاً بارزسازی شده و مشخص می‌گردد.

شکل ۲، خروجی تصویر بارزسازی شده مربوط به رویداد نشت نفت ۲۰۰۵/۷/۸ را نشان می‌دهد. همان‌گونه که قابل مشاهده است لکه نفتی به رنگ سفید در نقشه قابل رؤیت است.



شکل ۱ تصویر محدوده آلودگی نفتی با سنجنده مودیس



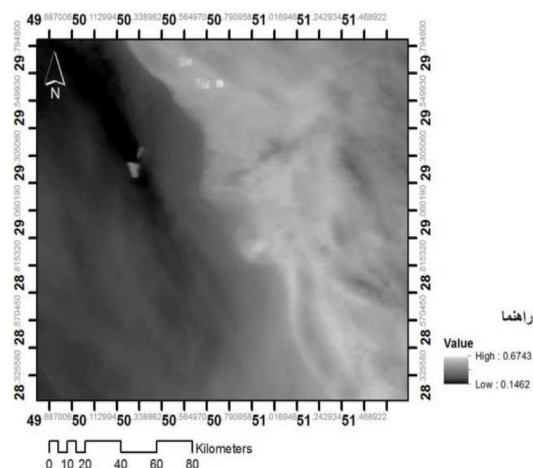
شکل ۲ لکه نفتی بارزسازی شده

نتایج حاصل از جدا سازی لکه‌های نفتی

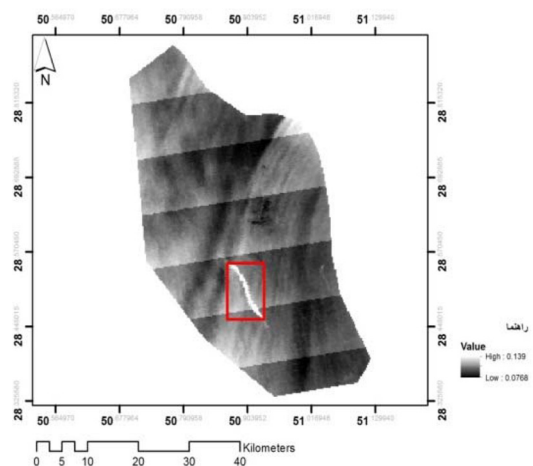
پس از انجام بارزسازی با توجه به توان سامانه سنجش از دور در تفکیک لکه نفتی از آب، تمامی گزارش‌های مربوط به آلودگی‌های نفتی برای جداسازی در نظر گرفته شد. تمام تصاویر طی دوره ۱۰ ساله در محدوده‌ای که مشکوک به آلودگی نفتی بود، به دست آمد. همچنین، تمامی پروتکل‌هایی [۱۸] که برای داده آزمون اولیه بکار گرفته شده بود رعایت شد و تصاویر نامناسب کنار گذاشته شدند. شکل ۳ نمونه‌ای از تصویری می‌باشد که به علت وجود ابر و شرایط جوی نامناسب، در محدوده مورد مطالعه از فرآیند تحلیل کنار گذاشته شده است. در مورد تمامی رویدادها مطابق آنچه بیان شد عملیات بارزسازی صورت پذیرفت. در نهایت، تصاویر

بارزسازی شده با اعمال یک آستانه مطابق به تصاویر موضوعی لکه نفتی تبدیل شدند. شکل ۴ تصویر بارزسازی شده مربوط به رویداد نشت نفت ۲۰۰۷/۰۸/۱۵ را نشان می‌دهد. در شکل ۵ همین رویداد با اعمال آستانه جداسازی شده است و یک تصویر موضوعی با جداسازی لکه نفتی نشان داده شده است. لکه نفتی در این تصویر به رنگ سیاه مشاهده می‌شود.

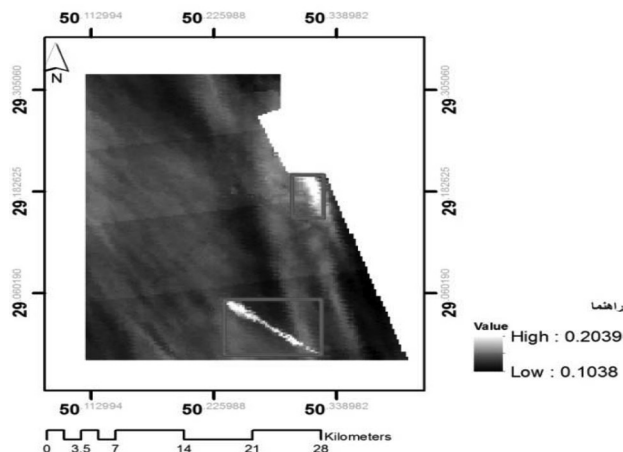
شکل ۶ تصویر بارزسازی شده مربوط به رویداد نشت نفت ۲۰۱۰/۷/۶ را نشان می‌دهد. در شکل ۷ این رویداد با اعمال آستانه جداسازی شده است و یک تصویر موضوعی که در آن لکه نفتی به رنگ سیاه مشخص شده است به دست آمده است.



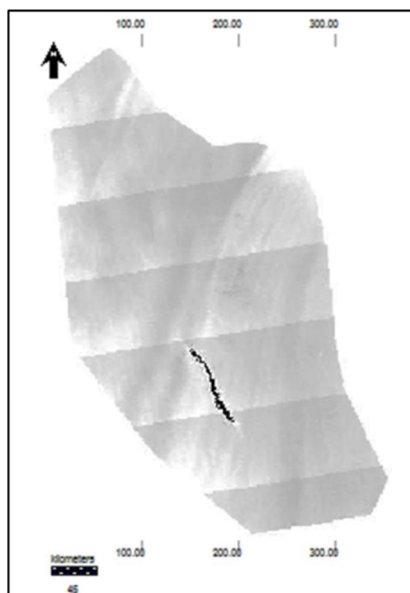
شکل ۳ وجود غبار در محدوده مطالعاتی



شکل ۴ لکه نفتی بارزسازی شده متعلق به تاریخ ۲۰۰۷/۸/۱۵



شکل ۶ لکه نفتی بازسازی شده متعلق به تاریخ ۲۰۱۰/۷/۶



شکل ۷ لکه نفتی جداسازی شده با اعمال یک آستانه متعلق به تاریخ ۲۰۱۰/۷/۶

نتیجه گیری

استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به منظور پایش آلودگی نفتی با توجه به کاهش قابل ملاحظه هزینه‌ها و صرفه‌جویی در زمان بسیار مؤثر خواهد بود. در پایش پیوسته آلودگی نفتی نیاز به سنجنده‌هایی است که دوره بازگشت کوتاه مدت دارند. با توجه به اهمیت پایش آلودگی نفتی، در این تحقیق سعی شد به کمک تصاویر ماهواره‌ای MODIS آلودگی نفتی تشخیص داده شود که تصاویر نهایی جداسازی لکه نفتی به خوبی شمایی از وسعت آلودگی نفتی در اختیار پژوهشگران قرار می‌دهد. همچنین در

شکل‌های ۵ و ۷، لکه نفتی جداسازی شده با آستانه مشخص (مقادیر میانگین و انحراف معیار) $1z+k$ را نشان می‌دهد. جهت ارزیابی صحت، یک قاب بر روی هر رویداد نفتی تعریف شد (مستطیل‌های قرمز رنگ در شکل‌های ۴ و ۶) و با تحلیل‌های چشمی به منظور ارزیابی صحت روش از ماتریس خطا استفاده گردید [۱۹]. نتایج ارزیابی صحت برای رویداد مورخ ۲۰۰۷/۸/۱۵ (شکل ۵) با دقت کلی ۹۶٪، ضریب کاپا ۹۵٪ و برای رویداد مورخ ۲۰۱۰/۷/۶ (شکل ۷) با دقت کلی ۹۵٪، ضریب کاپا ۹۲٪ به دست آمد.

نامناسب و در فصول سرد سال در عمل امکان پایش لکه‌های نفتی میسر نمی‌باشد. در نتیجه بهتر است جهت پر نمودن خلأ موجود از تکنولوژی‌های دیگر مانند سنجنده‌های فعال استفاده گردد.

از آنجا که سنجنده مودیس قابلیت ارائه تصاویر روزانه و شبانه از سطح زمین را دارد، لذا می‌توان با استفاده از روش بکار گرفته‌شده در این تحقیق، سامانه‌ای جهت شناسایی لکه‌های نفتی به صورت خودکار طراحی نمود؛ که در این صورت در کمترین زمان ممکن حادثه اطلاع‌رسانی شده و عملیات لازم جهت مدیریت و جلوگیری از پخش بیشتر نفت انجام خواهد شد.

این تحقیق، با استفاده از پارامترهای آماری بلندمدت میانگین و انحراف معیار از سری زمانی داده‌ها، از لکه نفتی بارزسازی صورت گرفت. در این پژوهش، مشخص گردید امکان استفاده از داده‌های سری‌های زمانی سنجنش از دور برای شناسایی آلودگی نفتی وجود دارد ولی هر داده می‌تواند اطلاعات منحصر به فردی ارائه کند که در داده دیگری یافت نمی‌شود.

پوشش ابر عامل مهمی در تعیین کارایی تصاویر مودیس است. با توجه به اینکه در عمل امکان تشخیص لکه‌های نفتی که توسط ابر پوشیده شده‌اند وجود ندارد، لذا در شرایط آب و هوایی

منابع

- [1]. Brekke C. and Solberg A. H., "Oil spill detection by satellite remote sensing," Remote Sensing of Environment, Vol. 95, No. 1, pp. 1-13, 2005.
- [2]. Pajot E., "Examples of SAR imagery applications to the petroleum industry," 75th EAGE Conference & Exhibition incorporating SPE Europec, 2013.
- [3]. Nirchio F., Sorgente M., Giancaspro A., Biamino W., Parisato E., Ravera R. and Trivero P., "Automatic detection of oil spills from SAR images," International Journal of Remote Sensing, Vol. 26, No. 6, pp. 1157-1174, 2005.
- [4]. Solberg A. H. S., "Remote sensing of ocean oil-spill pollution," Proceedings of the IEEE, Vol. 100, No. 10, pp. 2931-2945, 2012.
- [5]. Fingas M. F. and Brown C. E., "Review of oil spill remote sensing," Marine Pollution Bulletin, Vol. 83, No. 4, pp. 9-23, 2014.
- [6]. متکان ع. آ، حاجب م. و آذرخش ز، "بررسی کاربرد سنجنش‌ازدور در آشکارسازی آلودگی‌های نفتی دریا"، علوم محیطی، دوره ۱۲، شماره ۱، صفحات ۱۰-۱۱، ۱۳۹۳.
- [7]. Leifer I., Lehr W. J., Simecek Beatty D., Bradley E., Clark R., Dennison P. and Reif M., "State of the art satellite and airborne marine oil spill remote sensing: application to the BP deepwater horizon oil spill", Remote Sensing of Environment, Vol. 124, pp. 185-209, 2012.
- [8]. ملکی نجف‌آبادی س، راهداری و، "پایش آلودگی‌های نفتی در دریا با استفاده از تکنیک سنجنش‌ازدور (RS)"، همایش بین‌المللی HSE در صنعت نفت و گاز، شرکت پتروپارس (تهران)، ۱۳۸۸.
- [9]. لطفی ح، بقابی ح، موسوی س. ر، خیامباشی س، "محیط زیست خلیج فارس و حفاظت از آن"، نگرش‌های نو در جغرافیای انسانی، سال ۳، شماره ۱، ۱۳۹۸.
- [10]. گل مروی د. آ، لگزایی ف، "بررسی میزان تجمع آلاینده‌های نفتی در رسوبات و سواحل خلیج فارس"، ششمین همایش علوم و فنون دریایی، تهران، مرکز علوم جوی و اقیانوسی، ۱۳۸۴.
- [11]. Vermote E. F., Kotchenova S. Y. and Ray J. P., "MODIS surface reflectance user's guide version 1.3," MODIS

Land Surface Reflectance Science Computing Facility, 2011.

[12]. Lacava T., Ciancia E., Coviello I., Di Polito C., Grimaldi C. S., Pergola N. and Tramutoli V., "A MODIS-based robust satellite technique (RST) for timely detection of oil spilled areas," Remote Sensing, Vol. 2, No. 9, 128., 2017.

[13]. Cuomo V., Filizzola C., Pergola N., Pietrapertosa C. and Tramutoli V., "A self-sufficient approach for GERB cloudy radiance detection," Atmos. Res., Vol. 72, pp. 39–56, 2004.

[14]. Dubovyk O., Landmann T., Erasmus B. F., Tewes A. and Schellberg J., "Monitoring vegetation dynamics with medium resolution MODIS-EVI time series at sub-regional scale in southern Africa," International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, Vol. 38, pp. 175-183, 2015.

[15]. Eastman J., "TerrSet Tutorial," Clark Labs., Clark University: Worcester, MA, United States, 2015.

[16]. Rayegani B. and Kheirandish Z., "Utilization of time series of satellite data in order to validate the identified dust storm sources in Alborz province," Journal of Spatial Analysis Environmental Hazards, Vol. 4, No. 4, pp. 1-18, 2018.

[17]. Klingmüller K., Pozzer A., Metzger S., Stenchikov G. L. and Lelieveld J., "Aerosol optical depth trend over the Middle East," Atmospheric Chemistry and Physics, Vol. 16, pp. 5063-5073, 2016.

[18]. Grimaldi C. S. L., Casciello D., Coviello I., Lacava T., Pergola N. and Tramutoli V., "An improved RST approach for timely alert and near real time monitoring of oil spill disasters by using AVHRR data," Nat. Hazard. Earth Syst. Sci., Vol.11, pp.1281–1291, 2011.

[19]. Marsh P., M. Woo k., "Meltwater movement in natural heterogeneous snow covers", Water Resour, Vol. 21, pp. 1710-1716, 1985.