

بکارگیری مدل ترکیبی VISA-SCM و داده‌کاوی مکانی جهت تشخیص تراوش‌های هیدروکربنی با استفاده از داده‌های ابرطیفی Hyperion و اسپکترومتری میدانی

محمد حمزه^۱، علی شکاری فرد^{۱*}، علی درویشی بلورانی^۲، سید کاظم علوی پناه^۲، فروغ بیک^۳، حسین نصیری^۴

^۱ پردیس دانشکده فنی دانشگاه تهران

^۲ دانشکده کارتوگرافی دانشگاه تهران

^۳ مدیریت اکتشاف شرکت ملی نفت ایران

^۴ دانشکده جغرافیا دانشگاه تهران

*shekarifard@gmail.com

تاریخ دریافت: شهریور ۹۲، تاریخ پذیرش: آبان ۹۲

چکیده

تئوری تراوش‌های هیدروکربنی یک رابطه علت و معلولی بین مخازن نفت و گاز و ناهنجاری‌های ویژه سطحی را مطرح می‌سازد. همچنین منحنی انعکاس طیفی هیدروکربن‌ها و دگرسانی‌های وابسته به آنها شواهد قابل اطمینانی را برای اکتشاف نفت و گاز مهیا می‌سازند. در این تحقیق برای شناسایی تراوش‌های نفتی و دگرسانی‌های مربوطه، ابتدا پیش‌پردازش‌های لازم روی تصاویر ابرطیفی سنجنده Hyperion ماهواره EO-1 صورت پذیرفت. به منظور تشخیص تراوش‌های نفتی روش ترکیبی VISA-SCM بر داده‌های تصحیح شده به همراه داده‌های حاصل از طیف‌سنجی نمونه‌های برداشت شده از منطقه مورد مطالعه اعمال گردید. نتایج حاکی از کارایی روش مذکور برای رسیدن به هدف مطالعه حاضر است.

کلمات کلیدی: تراوش نفتی، سنجش از دور، تصاویر ابر طیفی ماهواره‌ای، EO-1/Hyperion، اسپکترومتری میدانی، داده‌کاوی

۱. مقدمه

امروزه سنجش از دور در مطالعات زمین‌شناسی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است به طوری که این فناوری می‌تواند اطلاعات ارزشمندی در خصوص مطالعاتی از قبیل استخراج خطواره‌ها، شناسایی زون‌های آلتراسیونی و غیره در اختیار ما قرار دهد. سهولت به کارگیری، ارزان، سریع و غیرتهاجمی بودن روش‌های سنجش از دور به همراه نیازهای موجود برای استفاده از این فن‌آوری، سبب گسترش کمی و کیفی این شاخه از علم در مطالعات مربوط به زمین شده است.

از طرفی در حال حاضر روش‌های لرزه‌ای، مغناطیسی و پرتوسنجی به منظور اکتشافات هیدروکربنی در صنعت نفت استفاده می‌گردند، ولی بکارگیری این روش‌ها ضریب موفقیت ۳۰ تا ۳۵ درصدی را به طور متوسط در مقیاس جهانی به نمایش می‌گذارد. با توجه به هزینه‌های سنگین عملیات اکتشاف این ضریب بسیار پایین بوده و به منظور افزایش ضریب موفقیت و کاهش هزینه‌های مربوطه، باید روش‌های مذکور با تکنیک‌ها یا ابزارهای کمکی دیگری به صورت تلفیقی مورد استفاده قرار گیرند. بدون شک استفاده از تراوش‌های هیدروکربنی یکی از مهم‌ترین این ابزارها محسوب می‌شوند. تراوش‌های هیدروکربنی را می‌توان به صورت شواهد مستقیم یا غیرمستقیم مواد هیدروکربنی (اعم از نفت، قیر و یا گاز) در سطح زمین تعریف کرد که نتیجه مهاجرت هیدروکربن‌ها در امتداد شکستگی‌ها، درزها، صفحات گسلی، ناپیوستگی‌ها، سطوح لایه‌بندی یا از طریق هرگونه خلل و فرج متصل به هم در سنگ‌ها می‌باشند. بنابراین وقوع سطحی تراوش‌های هیدروکربنی در غالب موارد دال بر نشت مخازن نفت و گاز می‌باشد. رابطه تراوش‌های هیدروکربنی سطحی با میداین نفت و گاز را به صورت ساده می‌توان چنین تبیین کرد که این تراوش‌ها به وسیله مخازن هیدروکربنی زیرزمینی تغذیه می‌شوند همانگونه که اکثر چشمه‌های آب از سفره‌های تحت فشار آب زیرزمینی تغذیه می‌گردند. حضور یک چشمه هیدروکربنی فعال یا غیرفعال در سطح زمین هرچند ضرورتاً دلیل بر وجود مخزن یا مخازن هیدروکربنی که از نظر اقتصادی، استخراج آن مقرون به صرفه باشد، نیست، ولی این تراوش‌ها را می‌توان به عنوان یک ابزار اکتشافی مهم کمکی در صنعت نفت در نظر گرفت و مورد استفاده قرار داد.

از سویی دیگر به دلیل ملاحظات اقتصادی و محیطی اکتشاف ذخایر هیدروکربنی نیاز به روش‌های غیرتهاجمی و مقرون به صرفه دارد. علم سنجش‌ازدور را می‌توان بهترین گزینه برآورده کننده این دو مورد دانست. در طی دهه اخیر تکنولوژی سنجش از دور ابرطیفی برای تشخیص و شناسایی اهداف اکتشافی در مناطق تحت مطالعات کاوشی به صورت وسیعی مورد استفاده قرار گرفته است. علت استفاده از این تکنولوژی را می‌توان قدرت تفکیک طیفی بالای سنجنده‌های ابرطیفی برای تشخیص مواد متفاوت موجود در سطح زمین بر مبنای خصوصیات طیفی آن‌ها دانست. به عنوان مثال، میداین گازی مهم معمولاً در تله‌های ساختاری و تله‌های چینه‌ای جزئی یافت می‌شوند که هر دو گروه می‌توانند با اندازه‌گیری ریزتراوش‌های هیدروکربنی سطحی و ناهنجاری‌های وابسته به آن‌ها قابل تشخیص باشند. بنابراین تشخیص طیف انعکاسی ناهنجاری‌های سطحی برای اکتشاف نفت و گاز با استفاده از تکنولوژی سنجش از دور امکان پذیر است. اما آنچه مسلم است این است که بی‌شک کلید کاربرد موفقیت-آمیز تکنولوژی سنجش از دور در ترکیب آن با سایر ابزارهای اکتشافی مانند داده‌های لرزه‌ای، چاه، گرانی و مغناطیسی است. حضور دگرسانی سطحی متأثر از تراوشات هیدروکربنی در منابع مختلف مطرح شده است [۱،۲،۳]. تحقیقاتی نیز در مورد کاربرد اطلاعات طیفی برای تشخیص دگرسانی‌های سطحی که بتوانند حضور هیدروکربن‌ها در عمق را پیش‌بینی کنند، انجام گرفته است [۴،۵]. تعدادی از مطالعات نیز در مورد رفتار طیفی هیدروکربن‌ها انجام شده و مشخص نموده‌اند که هیدروکربن‌ها دو عارضه جذبی مهم در ۱/۷۳ و ۲/۳۱ میکرومتری دارند [۶، ۷، ۸، ۹]. Kühn و همکاران [۹] یک شاخص هیدروکربنی را با استفاده از عارضه جذبی ۱/۷۳ میکرومتری برای سنجنده HyMap توسعه داده و آن را برای تشخیص مستقیم سطوح دارای

هیدروکربن آزمایش کردند. این شاخص باندهای استفاده شده از داده‌های ابرطیفی HyMap را به تصویری تبدیل می‌کند که توزیع مواد دارای هیدروکربن در سطح زمین را نشان می‌دهد. مفادیر این شاخص به آسانی قابل محاسبه از داده‌های انعکاسی و حتی رادیانس است. Ellis و همکاران [۷] در تحقیقی با عنوان "تصاویر ابرطیفی هوایی برای صنعت نفت" با استفاده از داده‌های مذکور در محدوده طیفی مرئی - مادون قرمز نزدیک و طیف‌سنجی میدانی به شناسایی محل چشمه‌های نفتی پرداخته و نتیجه گرفتند که سنجنده‌هایی مانند Probe-1 و HyMap قدرت استخراج اطلاعات جدیدی از نظر زمین‌شناختی را دارند که از دیگر منابع قابل دسترسی نیستند. همچنین برای تشخیص و شناسایی تراوشات جزئی هیدروکربنی، لکه‌های نفتی و سطوح آلوده شده به نفت سنجنده‌هایی با مشخصات یاد شده را ضروری می‌دانند. پژوهش‌هایی نیز با تلفیق داده‌های سنجش از دوری و ژئوشیمیایی صورت گرفته است. به عنوان نمونه، Xu و همکاران [۱۰] به بررسی اکتشاف گاز طبیعی با استفاده از رفتار طیفی خاک سطحی پرداختند. در این تحقیق که از تصاویر Hyperion و طیف‌سنجی میدانی استفاده شده است، با به‌کارگیری روش نگاهت زاویه طیفی^۱ سه منطقه امیدبخش مشخص گردیده و حفر سه چاه آزمایشی در این مناطق به وسیله شرکت ملی نفت چین نشان داد که دارای مخازنی که استخراج آن‌ها از نظر اقتصادی مقرون به صرفه است، می‌باشند. در کاری متفاوت از سایر پژوهش‌های انجام شده DeBeukelaer و همکاران [۱۱] به صورت موفقیت‌آمیزی داده‌های سونار، SAR و پروفایلر^۲ صوتی را برای تشخیص تراوشات نفتی و گازی در خلیج مکزیکو^۳ به کار گرفته‌اند. گروهی دیگر از محققین [۱۲] برای تعیین محل چشمه‌های نفتی موجود در بستر دریا در سواحل استرالیا داده‌های TerraSAR-X را مورد ارزیابی قرار داده‌اند و نتایج حاکی از کارایی بالای این داده‌ها در تشخیص چشمه‌های نفتی در محیط آبی است.

vanderWerff [۱۳] پایان نامه دکتری خود در دانشگاه اُتریخت^۴ هلند را در رابطه با سنجش از دور دانش پایه برای شناسایی الگوهای طیفی و مکانی حاصل از تراوشات هیدروکربنی انجام داد. در این کار مباحث مختلفی مانند سنجش از دور چشمه‌های نفتی، ریزتراوشات هیدروکربنی در سواحل، تحلیل رفتار طیفی خاک‌های متأثر از تراوشات یا ریزتراوشات هیدروکربنی، و گیاهان تحت تأثیر ریزتراوشات نفتی و مباحث مرتبط با الگوهای متفاوت مکانی مورد بررسی قرار گرفته است.

صنعت نفت از مهم‌ترین و حساس‌ترین صنایع کشور است و با توجه به روند توسعه طرح‌های اجرایی در اکثر نقاط کشور، بیش از پیش مورد توجه خاص است. با توجه به این مورد و پتانسیل‌های بالای کشورمان از حیث منابع هیدروکربنی و همچنین قابلیت بالای سنجش‌از دور ابرطیفی در تشخیص پدیده‌های سطح زمین از جمله تراوش‌های هیدروکربنی که به عنوان ابزاری کلیدی در اکتشاف مخازن نفت و گاز مطرح می‌باشد، لزوم بهره‌گیری از این تکنولوژی در ایران از اهمیتی فراوانی برخوردار می‌باشد. بنابراین در این پژوهش از تصاویر ابرطیفی برای تشخیص تراوش‌های هیدروکربن‌در قسمتی از استان خوزستان استفاده شده است. حال با توجه به مسائل و ضرورت‌های فوق‌الذکر، در این تحقیق اهداف مورد بررسی عبارتند از: بررسی پتانسیل تصاویر ابرطیفی Hyperion برای تشخیص تراوش‌های هیدروکربنی و بررسی قابلیت تشخیص نموده‌های سطحی مستقیم و غیرمستقیم تراوشات هیدروکربنی به وسیله سنجش از دور ابرطیفی.

¹ SpectralAngleMapper (SAM)

² Profiler

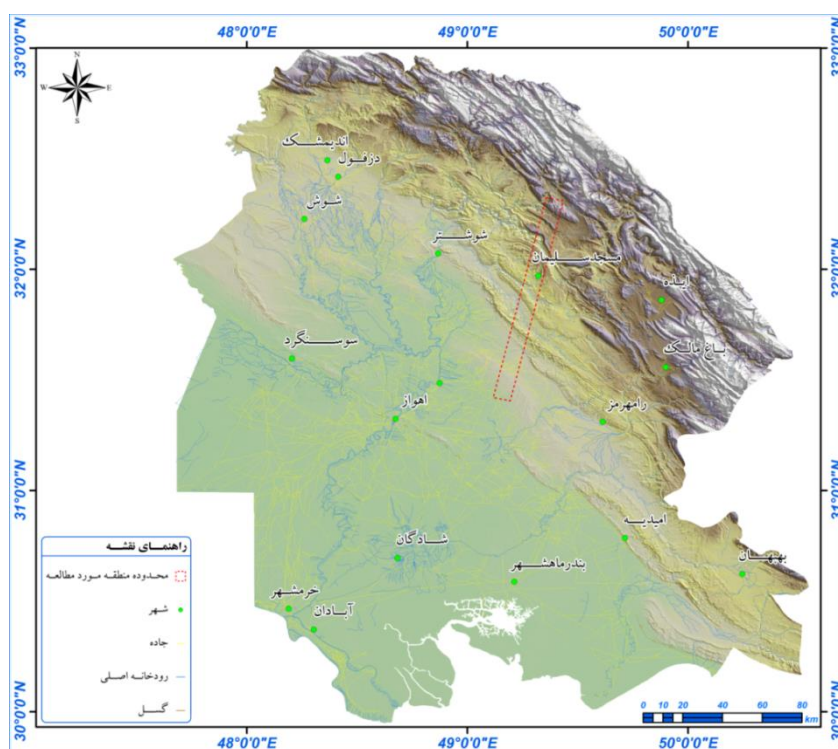
³ Gulf of Mexico

⁴ Utrecht

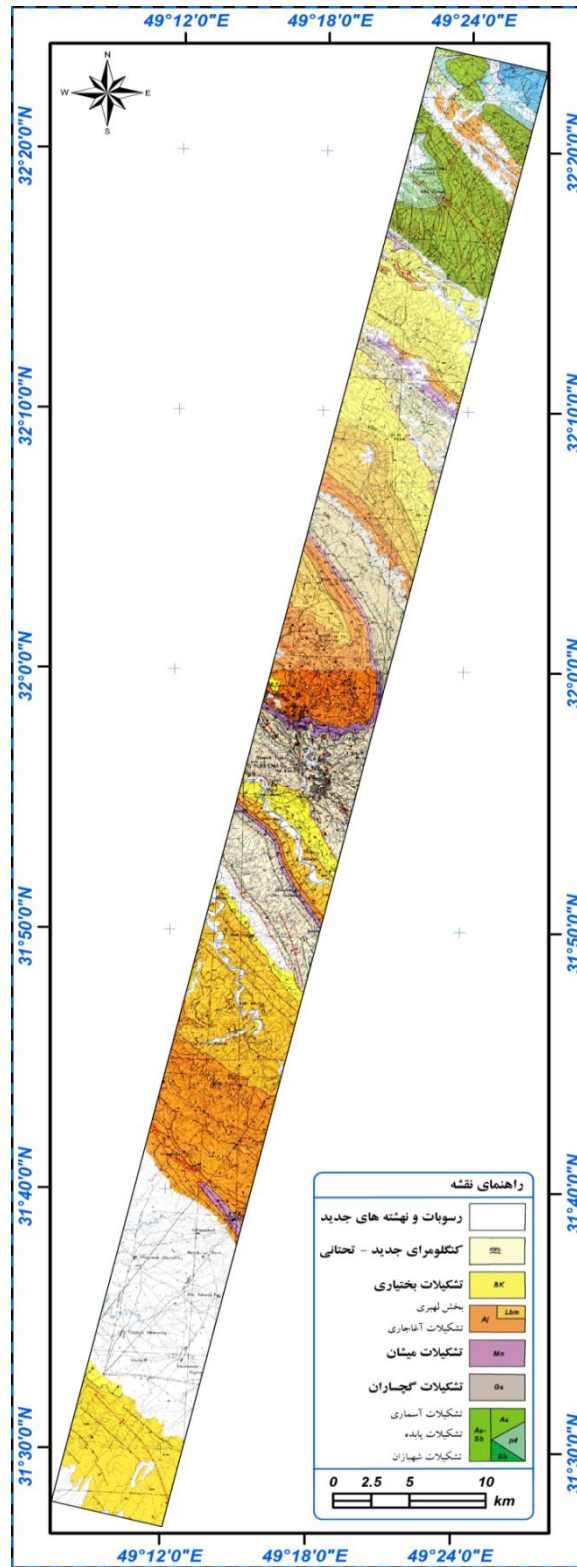
۲. روش مطالعه

۱-۲ منطقه مورد مطالعه

استان خوزستان (شکل ۱) در بخش جنوب غربی پهنه ساختاری- رسوبی زاگرس قرار دارد که یکی از ویژگی های عمده زمین- شناسی آن وجود میدان های نفتی متعدد در دو بخش کوهستانی و دشتی است. زمین شناسی منطقه مورد مطالعه نقش بسیار مهمی در شناسایی محل تراوشات هیدروکربنی و تحلیل ارتباط این تراوشات با مخازن هیدروکربنی دارد. همانگونه که در نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه (شکل ۲) دیده می شود دو ساختمان مهم زمین شناسی واقع در آن پابده و مسجد سلیمان است. سازندها و بخش هایی که در منطقه نمود بیشتری دارند عبارتند از سازند بختیاری، بخش لهبری، سازند آغاچاری، سازند میشان، سازند گچساران، سازند آسماری، سازند پابده، سازند شهبازان. فراوانی ذخایر نفتی سبب گردیده که به مطالعات زمین شناسی این استان توجه خاصی مبذول گردد. با عنایت به این مهم و شرایط خاص استان خوزستان از نظر منابع هیدروکربنی و نیز تراوشات هیدروکربنی فراوان آن، این استان به عنوان منطقه مورد مطالعه انتخاب گردید. ولی با توجه به استفاده از تصاویر Hyperion در این تحقیق، در عمل منطقه مورد مطالعه محدود به چهارچوب یکی از تصاویر موجود از این استان گردید.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان خوزستان



شکل ۲: نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه

۲-۲ داده‌های مورد استفاده

با توجه به ماهیت این پژوهش که مبتنی بر خصوصیات طیفی تراوشات هیدروکربنی و اثرات آن‌هاست، برای انجام آن علاوه بر تصاویر ماهواره‌ای، داده‌های زمینی نیز مورد نیاز است. تصویر ماهواره‌ای Hyperion همراه با داده‌های طیف‌سنجی، مدل رقومی ارتفاع تهیه شده از داده‌های سنجنده P5 ماهواره‌ی IRS و نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ شرکت ملی نفت ایران در راستای هدف این تحقیق به کار گرفته شدند. تصویر Hyperion منطقه مورد مطالعه در سال ۲۰۰۹ در سطح پردازشی A1 و اخذ شده در تاریخ چهارم جولای ۲۰۰۶ دریافت گردید. با توجه به مشکلاتی که در سطوح پردازشی بالاتر از A1 وجود داشت، پیش پردازش‌های لازم باید بر روی داده‌هایی با سطوح پردازشی A1 انجام می‌شد که همین امر باعث شد تا این سطح مورد استفاده قرار گیرد. تصاویر سنجنده P5 ماهواره IRS برای استخراج مدل رقومی ارتفاع نیز از سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح دریافت گردید.

۳-۲ نمونه برداری از محل تراوشات هیدروکربنی

برای شناسایی تراوشات و ریزتراوشات هیدروکربنی نیاز است که ابتدا رفتار طیفی این پدیده‌ها و اثرات جانبی آن‌ها مشخص گردد. همین امر نمونه‌برداری میدانی و عملیات طیف‌سنجی مربوط به این تحقیق را گریزناپذیر می‌نمود. از این رو با هماهنگی مدیریت اکتشاف شرکت ملی نفت ایران بازدید میدانی از دو محل زیر انجام گرفته و نمونه‌برداری از مناطق زیر صورت پذیرفت.

۲-۳-۱ آسفالتیت بابا احمد

در کنار جاده مسجدسلیمان - قلعه خواجه و در روستای بن‌حیدر، ورودی تنگه بابا احمد در مرز سازندهای میشان و آسماری (به مختصات $42^{\circ} 19' 49''$ شرقی و $32^{\circ} 18'$ شمالی) تراوشات هیدروکربنی دیده می‌شود که گذر زمان باعث اکسید شدن آن‌ها گردیده و جلوه‌ی آسفالتی به آن‌ها داده که از این رو با نام آسفالتیت بابا احمد نام گذاری شده است. با اینکه نمود این تراوشات در محل خیلی چشمگیر نیست ولی خاک متأثر از آن‌ها کاملاً مشخص بوده و با رنگی متفاوت سطحی را در بر گرفته است. از این محل ۳ نمونه آسفالتیت و ۴ نمونه خاک تحت تأثیر تراوشات برداشت شد. شکل ۳ تصاویر تهیه شده از این منطقه را نمایش می‌دهد. لازم به ذکر است که این منطقه فقط برای رفتارسنجی طیفی مورد بررسی قرار گرفت و در محدوده تصویر منطقه مورد مطالعه قرار ندارد.



شکل ۳: تراوشات هیدروکربنی همراه با دگرسانی ایجاد شده (الف و ب)

۲-۳-۲ آسفالتیت بن حیدر

از جاده مسجدسلیمان به سمت سد شهیدعباسپور، دو راهی جعفرآباد، ۲۰ کیلومتر بعد از قلعه خواجه در روستای بن حیدر (به مختصات "۷' ۴۹° ۲۱' شرقی و ۱۶' ۳۲° شمالی و ارتفاع ۵۴۳ متری از سطح آب‌های آزاد) در کنگلومرای سازند بختیاری تراوشات وسیع هیدروکربنی به شکل مایع و آسفالتیت دیده می‌شود که در طول دره ادامه می‌یابد و تقریباً در مساحتی برابر با ۵۰۰۰ مترمربع خاک را به شکل مشخصی تحت تأثیر خود قرار داده و رنگ و حتی بوی آنرا تغییر داده است. از این محل نیز ۲ نمونه تقریباً مایع، ۴ نمونه آسفالتیت و ۷ نمونه خاک آثره شده برداشت گردید (شکل ۴).



شکل ۴- تراوشات هیدروکربنی از آسفالتیت بن حیدر

۲-۴ طیف‌سنجی نمونه‌های برداشت شده

به منظور طیف‌سنجی نمونه‌های برداشت شده از اسپکترومتر رادیومتر فیلدسپک^۱ سه استفاده گردید. در حالت کلی طیف‌سنج را می‌توان به عنوان وسیله‌ای معرفی کرد که با استفاده از آشکارسازها، برای اندازه‌گیری توزیع تابش از طول موجی خاصی استفاده می‌کند. اسپکترومتر رادیومتر فیلدسپک سه نوع خاصی از طیف‌سنج است که انرژی تابانده و بازتابیده شده را اندازه می‌گیرد. این دستگاه در محدوده طول‌موج‌های ۳۵۰ تا ۲۵۰۰ نانومتر و با زمان روبش^۲ صد میلی ثانیه به کار طیف‌سنجی می‌پردازد. برای طیف‌سنجی نمونه‌ها پس از بهینه‌سازی دستگاه و کالیبراسیون به وسیله مرجع سفید، میزان انرژی بازتابیده از نمونه‌ها توسط ContactProbe و نرم افزار RS3 اندازه‌گیری و ثبت گردید.

۳. روش شناسی

۳-۱ پیش‌پردازش

در این پژوهش به علت مشکلات فراوانی که در داده‌های Hyperion وجود دارد و با عنایت به اینکه برای تشخیص تراوشات هیدروکربنی از طیف‌سنجی استفاده می‌شود، اعمال پیش‌پردازش‌های زیر گریزناپذیر بود. تشخیص محل و تصحیح پیکسل‌های غیرعادی در تصویر Hyperion، حذف streak در داده‌های Hyperion، تصحیح اثر انحنای طیفی^۳، تصحیح هندسی و تصحیح تصحیح اتمسفری. در سنجنده Hyperion آرایه‌های مربوط به طیف‌سنج‌های VNIR و SWIR، به علت ثبت غیر صحیح زیرپیکسلی نمی‌توانند قبل از اعمال تصحیحات هندسی به صورت کامل بر روی هم قرار گیرند. جهت دستیابی به دقت

¹ FieldSpec

² Scanningtime

³ Spectralcurvature (spectralsmile)

بالا تر در مرحله تصحیح هندسی، ثبت غیرصحت^۱ آرایه‌های سنجنده در سطح پردازشی A1 تصحیح شد. برای این منظور نیمه سمت راست باندهای مربوط به SWIR (از پیکسل ۱۲۸ به بعد) به اندازه یک پیکسل به سمت بالا جابه‌جا شد. با این عمل در واقع ما خصوصیات هندسی تصویر را که در زمان اخذ داشته است به آن بر می‌گردانیم. از آنجایی که جابه‌جایی یک ستونی به سمت چپ در راستای محور x جزء جابه‌جایی‌های درونی محسوب نمی‌شود، نیازی به تصحیح آن در این مرحله نیست. در گام بعد داده‌های آرایه SWIR با داده‌های VNIR ثبت مشترک گردیده و دو سری داده‌ها با هم در یک ساختار فایلی به ترتیب طول موج قرار گرفتند. سپس با استفاده از ۲۶ نقطه کنترل زمینی با پراکنش مناسب داده‌های حاصل از عملیات بالا زمین مرجع شدند. برای انتقال مختصات تصویر به سیستم مختصات معلوم با توجه به انواع خطاهای موجود در تصویر از روش تبدیل چند جمله‌ای درجه دو استفاده گردید و خطای مجذور میانگین مربعات برای این مرحله با به کارگیری ۱۳ نقطه کنترلی ۰/۳۱ پیکسل برآورد گردید. در هر دو مرحله برای نمونه برداری مجدد به منظور تحمیل کم‌ترین تغییرات ممکن بر داده‌ها از روش نزدیک‌ترین همسایه استفاده شد. تصحیح اتمسفری داده‌ها با استفاده از مدل MODTRAN-4 انجام گردید. براساس این مدل، امکان محاسبه انعکاس زمینی^۲ (برای محدوده‌های طیفی مرئی و مادون قرمز نزدیک و میانی) و دمای درخشایی سطح^۳ (برای محدوده مادون قرمز حرارتی) در مناطق مسطح وجود دارد [۱۵، ۱۴]. این مدل دارای یک الگوریتم استاتیسیتیک برای حذف haze است. در این نوع تصحیح اتمسفری کد انتقال تابشی برای محاسبه انتقال اتمسفری، شار خورشیدی مستقیم و پخش شده و رادیانس مسیر باید استفاده گردد. یک بانک اطلاعاتی هم برای طیف وسیعی از تغییرات اتمسفری معمول در این مدل به کار گرفته می‌شود.

۳-۲ الگوریتم VISA^۴

متد VISA برای یافتن بسته‌های منسجم^۵ در یک جریان مایع آشفته توسعه داده شده است [۱۷، ۱۶]. در این پژوهش ما روش VISA را برای یافتن تغییرات مهم موجود در سیگنال با محاسبه واریانس‌های محلی و فاصله کوتاه استفاده می‌کنیم. واریانس فاصله کوتاه به صورت زیر تعریف می‌گردد (رابطه ۱).

$$\tilde{f}(\lambda) = \tilde{f}^2(\lambda) - [\tilde{f}(\lambda)]^2 \quad (1)$$

که $\tilde{f}(\lambda)$ انرژی متوسط طیف در فاصله Δ است که با استفاده از رابطه (۲) محاسبه می‌گردد.

$$\tilde{f}(\lambda) = \frac{1}{\Delta} \int_{\lambda-\Delta/2}^{\lambda+\Delta/2} f(x) dx \quad \text{window} : \Delta > 0 \quad (2)$$

اعمال رابطه (۲) تعدادی بیشینه محلی یعنی M را نتیجه می‌دهد. بیشینه‌های مهم با تنظیم حد آستانه θ برای جلوگیری از ورود پس زمینه‌های ناخواسته به تحلیل به عنوان علائم^۶ مد نظر قرار می‌گیرند. به زبان ریاضی خروجی متد VISA می‌تواند به صورت زیر بیان گردد (رابطه ۳).

$$D_{\text{visa}}(\theta) = \{\tau \in M : \tilde{f}(\tau) \geq \theta\} \quad (3)$$

¹ Misregistration

² Groundreflectance

³ Surface brightness temperature

⁴ Variable interval spectral average

⁵ Coherent

⁶ Signatures

با تغییر اندازه فاصله طیفی Δ این امکان مهیا می‌گردد که عوارض ریز سیگنال در مقیاس‌های مختلف تفکیک پذیری مورد شناسایی واقع شوند که بسیار شبیه به تحلیل multiresolution موجک است. ولی به علت اینکه هیچ زیرنمونه‌گیری از سیگنال در مقیاس‌های مختلف موجود در VISA وجود ندارد، تفسیر مقیاس‌های مختلف آسان‌تر از تحلیل multiresolution است. برای تحلیل طیفی نیاز است که منحنی طیفی پیکسل‌های تصویر با منحنی طیفی ماده مورد نظر مقایسه قرار گیرد. این مقایسه را می‌توان با محاسبه کوواریانس بین دو منحنی طیفی ذکر شده انجام داد (رابطه ۴).

$$V_{01}(\lambda) = \hat{O}(\lambda)L(\lambda) - \hat{O}(\lambda)L^*(\lambda) \quad (4)$$

متغیرهای $O(\lambda)$ و $L(\lambda)$ به ترتیب نشانگر منحنی طیفی پیکسل تصویر و منحنی طیفی ماده مورد نظر هستند. به منظور طبقه‌بندی در مرحله اول مجموع مربعات اختلاف از طول‌موج‌های حداکثر (SSDP)^۱ و مجموع مربعات اختلاف از FWHM^۲ (SSDF)^۳ بین ارزش‌های رفتار طیفی مرجع و پیکسل‌های تصویر محاسبه می‌شود. در گام بعد این دو پارامتر به عنوان ارزش‌های مستقل در نظر گرفته شده و به هر پیکسل برچسب کلاسی اختصاص داده می‌شود که به صورت جداگانه هر یک از این مقادیر در پایین‌ترین سطح خود باشد. در پایان پیکسل به آن برچسب کلاسی اختصاص داده می‌شود که برچسب‌های کلاس اخذ شده در مرحله قبل برای آن مشابه باشد، در غیر این صورت پیکسل به عنوان طبقه بندی نشده در نظر گرفته می‌شود. بنابراین، هر دو این مقادیر اثر مساوی در تصمیم نهایی دارند [۸].

۳-۳ الگوریتم SCM^۴

الگوریتم SCM در حقیقت درجه شباهت بین دو داده طیفی را به وسیله تطابق تحلیلی شکل کامل طیف تصویر با طیف مرجع در یک بازه مشخص طول موجی می‌سنجد. یک برازش حداقل مربعات (LSF)^۵ بین تصویر و هر کدام از اعضای مرجع به صورت جداگانه محاسبه می‌شود. ریشه میانگین مربعات خطای (RMSE)^۶ این برازش نشانگر نکویی کلی بوده و ضریب همبستگی آن از رابطه زیر قابل محاسبه است (رابطه ۵).

$$b = \frac{\sum O_c L_c - (\sum O_c \sum L_c) / n}{\sum L_c^2 - (\sum L_c)^2 / n} = \frac{\sum O_c L_c - (\sum O_c \sum L_c) / n}{\sum O_c^2 - (\sum O_c)^2 / n} \quad (5)$$

که O_c و L_c به ترتیب منحنی طیفی با حذف پیوستگی^۷ برای منحنی طیفی مرجع و پیکسل تصویر است. سرانجام مقدار برازش از فرمول زیر قابل محاسبه است (رابطه ۶).

$$F = (bb^b)^{\frac{1}{2}} \quad (6)$$

هر چه مقدار این برازش بیشتر باشد نشانگر شباهت طیفی پیکسل تصویر با منحنی طیفی مرجع است ولی این امر مستقل از عمق جذبی می‌باشد [۱۸].

¹ Sum-square difference of peak wavelengths

² Full Width Half-Maximum

³ Sum-Square Difference of Full width half-maximum

⁴ Spectral curve matching

⁵ Least Square Fit

⁶ Root Mean Square Error

⁷ Continuum removed

۴-۳ روش ترکیبی VISA - SCM

در الگوریتم هیبرید، که برای اولین بار در این تحقیق مورد استفاده و ارزیابی قرار گرفته است، با توجه به قدرت تفکیک طیفی داده‌های Hyperion ابتدا عوارض جذبی پیکسل‌های تصویر با استفاده از الگوریتم VISA استخراج گردیدند. در گام بعد میزان برازش این عوارض با عوارض حاصل از اعمال الگوریتم VISA بر منحنی طیفی مرجع سنجیده شد. منحنی طیفی نمونه‌ها به عنوان مرجع در نظر گرفته شده و با L_i نمایش داده می‌شود و خود - واریانس‌های فاصله کوتاه^۱ (V_{LL}) مربوط به L_i با جایگزین نمودن O با L_i در معادله (۴) محاسبه می‌شود. برای هر پیکسل $O(i, j)$ تصویر واریانس‌های تقاطعی فاصله کوتاه^۲ (V_{OL}) بین O و L_i محاسبه می‌شود. در گام بعد ضرایب همبستگی از معادله ۵ با جایگذاری V_{LL} و V_{OL} به ترتیب به جای متغیرهای L_c و O_c محاسبه می‌گردد. سپس مقدار F برای L_i ورودی محاسبه شده و اگر مقدار F بزرگتر از حد آستانه تعیین شده باشد، برجسب کلاس نمونه مورد نظر به پیکسل تخصیص می‌یابد. این دو مرحله برای تمامی پیکسل‌های موجود در تصویر Hyperion تکرار می‌شود. تلفیق این دور روش با کد نویسی در محیط IDL صورت گرفت.

۵.۳ نحوه‌ی تعیین حد آستانه با استفاده از داده کاوی

در این پژوهش برای تعیین حد آستانه از الگوریتم C5.0 که به طور گسترده‌ای برای امور داده‌کاوی و طبقه‌بندی به کار گرفته می‌شود، استفاده گردید. این الگوریتم را می‌توان شکل تغییر یافته ID3 دانست که اولین بار توسط Quinlan [۱۹] ارائه گردیده است. C5.0 الگوریتمی است که به عنوان یک ابزار داده‌کاوی با قابلیت به کارگیری مشخصه‌های پیوسته، برای برقراری قاعده-های DecisionTree استفاده می‌شود. C5.0 با تعیین شاخه‌ها در مجموعه داده به گونه‌ای که آنتروپی در یک گره کم‌ترین حد ممکن باشد، DecisionTree را ایجاد می‌کند. تصمیم‌گیری در یک گره مشخص به گونه‌ای که بهترین انشعاب حاصل گردد بر مبنای معیار نسبت بهره (gainratio) صورت می‌گیرد، که عبارتست از نسبت بهره به اطلاعات شاخه (splitinfo). بهره در واقع تغییر در آنتروپی بین گره و آنتروپی حاصل از تمامی زیرگره‌های ریشه گرفته از شاخه است. بهره شاخه X به صورت زیر محاسبه می‌گردد (رابطه ۷).

$$\text{gain}(X) = \text{info}(T) - \sum_{i=1}^n \frac{|T_i|}{|T|} \text{info}(T_i) \quad (7)$$

که T موارد تعلیمی در گره، T_i موارد تعلیمی در زیرگره i -ام تحت شاخه X است. $\text{info}(T)$ و $\text{info}(T_i)$ به ترتیب میانگین اطلاعات مجموعه‌های T و T_i هستند. بنابراین، رابطه (۸) بدین گونه تعریف می‌شود.

$$\text{info}(S) = - \sum_{j=1}^K \frac{\text{freq}(C_j, S)}{|T|} \log_2 \left(\frac{\text{freq}(C_j, S)}{|T|} \right) \quad (8)$$

برای مجموعه S بوده و C_j کلاس j -ام را مشخص می‌کند. اطلاعات شاخه برای شاخه X به وسیله رابطه (۹) تعیین می‌گردد:

$$\text{split info}(X) = - \sum_{i=1}^n \frac{|T_i|}{|T|} \log_2 \left(\frac{|T_i|}{|T|} \right) \quad (9)$$

نسبت بهره، نسبت اطلاعات تولید شده به وسیله شاخه‌ای که برای طبقه‌بندی مناسب است را می‌سنجد. شاخه‌ای انتخاب می‌شود که نسبت بهره و در نتیجه اطلاعات بدست آمده را حداکثر سازد. در این تحقیق از الگوریتم C5.0 فقط جهت تعیین حد آستانه استفاده گردید. برای این منظور نرم افزار See5.0 به کار گرفته شد.

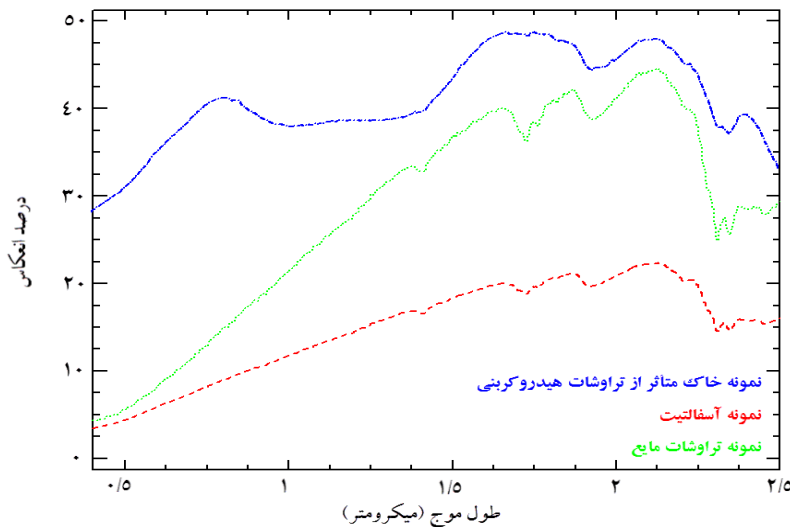
¹ Short interval self-variances

² Short interval cross-variances

۴. بحث و بررسی

۱-۴ نتایج طیفی سنجی نمونه‌های برداشت شده

نمونه‌های برداشت شده از مناطق آسفالتیت بابا احمد و بن حیدر در سه گروه مایع، آسفالتیت و خاک متأثر از تراوشات هیدروکربنی طبقه‌بندی شده و با استفاده از اسپکترورادایومتر فیلدسپیک سه در آزمایشگاه مورد طیف‌سنجی قرار گرفتند. نمونه‌های داخل هر گروه در هر دو منطقه‌ی نمونه برداری تقریباً یک انحراف پنج درصدی از میانگین درصد انعکاس داشته و عوارض جذبی مشابهی را به نمایش گذاشتند. شکل ۵ رفتار طیفی میانگین هر گروه را نشان می‌دهد.



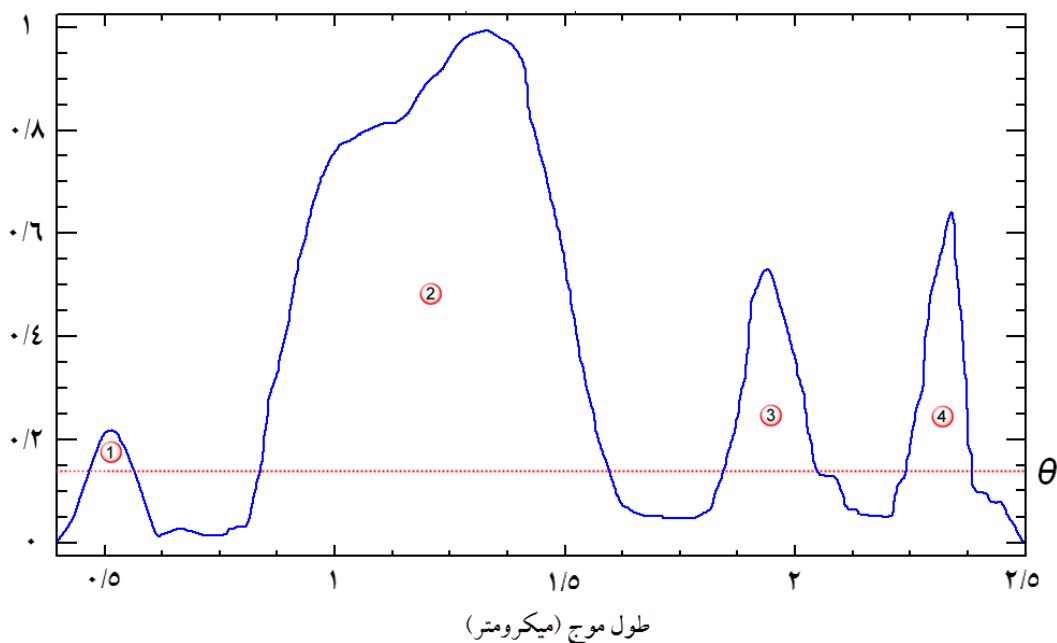
شکل ۵- میانگین رفتار طیفی نمونه‌های گروه خاک تحت تأثیر تراوشات هیدروکربنی (آبی)، آسفالتیت (قرمز) و تراوشات مایع (سبز)

عارضه جذبی ۲/۳۱ میکرومتری در هر سه گروه به صورت واضحی دیده می‌شود. این عارضه در نمونه تراوشات مایع عمق جذبی بیشتری نسبت به دو نمونه دیگر دارد. عارضه ۱/۷۳ میکرومتری مربوط به نمونه تراوشات مایع عمق و پهنای جذبی بیشتری نسبت به نمونه آسفالتیت دارد ولی این عارضه جذبی در نمونه خاک متأثر از تراوشات هیدروکربنی مشهود نیست. کالیبراسیون نادرست دستگاه اسپکترورادایومتر و نیز برخی خطاهای دستگاهی باعث می‌شوند که نتایج طیف‌سنجی دقت پایینی داشته باشد و یا حتی از نظر صحت دچار ایراد باشد. از این رو برای اطمینان از صحت و دقت داده‌های حاصل از طیف‌سنجی نمونه‌ها، عوارض جذبی مهم در رفتار طیفی نمونه مایع مورد بررسی قرار گرفت که کاملاً با طول موج جذبی هیدروکربن‌ها همخوانی داشت.

۲-۴ نتایج روش ترکیبی SCM - VISA

به علت ماهیت مدل SCM - VISA، نسبت سیگنال به نویز و قدرت تفکیک مکانی پایین سنجنده Hyperion اعمال این مدل در شناسایی مستقیم تراوشات هیدروکربنی با استفاده از منحنی طیفی آسفالتیت و نمونه‌های مایع نتایج مناسبی را ارائه نداد و حتی منطقه نمونه‌برداری شده هم شناسایی نگردید، از این رو این مدل بر روی داده‌های طیف‌سنجی خاک متأثر از تراوشات هیدروکربنی اعمال شد. برای این امر ابتدا الگوریتم VISA بر روی طیف خاک تحت تأثیر (شکل ۵ منحنی طیفی به رنگ آبی) اعمال گردید که نتایج آن در پنجره طول موج طیفی ۰/۰۵ میکرومتری و با ۴ عارضه جذبی مشخص در شکل ۶ نمایش داده شده است. برای انتخاب پنجره طول موجی، پنج مورد ۰/۰۱، ۰/۰۳، ۰/۰۵، ۰/۰۷، ۰/۰۹ میکرومتری مورد آزمایش قرار گرفتند. چون پنجره طول موجی ۰/۰۵ میکرومتری عوارض جذبی را به صورت مشخص و مجزا نتیجه می‌داد، مورد استفاده قرار

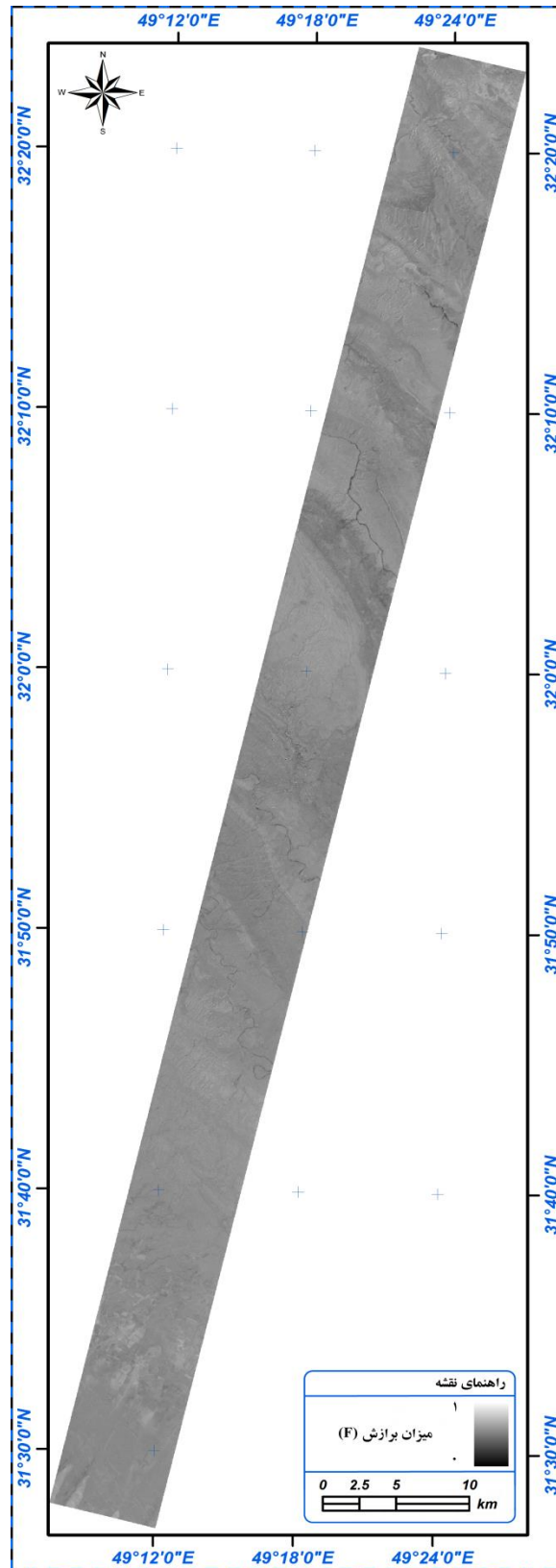
گرفت. برای جلوگیری از ورود پس‌زمینه‌های ناخواسته به تحلیل حد آستانه θ باید تعیین گردد. سیگنال پس‌زمینه خارج از باند جذبی که به صورت خط چین در شکل ۶ نشان داده شده است، به عنوان θ برابر با $1/419$ در نظر گرفته شد. علاوه بر این کاوش‌های مبتنی بر مشابهت عوارض جذبی در کتابخانه‌های طیفی سازمان زمین‌شناسی آمریکا، JPL^۱ و دانشگاه جان هاپکینز^۲ با استفاده از خود روش VISA حاکی از آن بود که عوارض ۱ و ۲ منحصر به فرد نبوده و در برخی از کانی‌ها به صورت مشابهی دیده می‌شوند، به همین علت این عوارض نیز همانند پس‌زمینه‌های ناخواسته حذف گردیدند. دو عارضه ۳ و ۴ در ادامه پردازش همراه با پیکسل‌های تصویر Hyperion منطقه مورد مطالعه که الگوریتم VISA بر آن‌ها هم اعمال شده بود به عنوان ورودی روش SCM در نظر گرفته شوند. در گام بعد روش SCM بر این دو سری اعمال گردیده و میزان برازش (F) مابین آن‌ها مشخص گردید. شکل ۷ مقدار برازش را در پیکسل‌های تصویر Hyperion منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد.



شکل ۶: نتایج الگوریتم VISA بر نمونه خاک تحت تأثیر پهنه طول موج طیفی 0.5 میکرومتری (خط ممتد آبی) و مقدار θ (خط چین قرمز)

¹ Jet Propulsion Laboratory

² Johns Hopkins University



شکل ۷: نتایج میزان برآزش (F) حاصل از روش VISA-SCM

در این مرحله خروجی الگوریتم یک تصویر تک بانندی است که مقادیر پیکسل های آن میزان برآزش را بین نتایج VISA بر خاک متأثر از تراوشات هیدروکربنی و بر پیکسل های تصویر بر اساس دو عارضه انتخابی نشان می دهد. بررسی مقادیر برآزش

در این تک‌باند حاکی از آن است که پیکسل‌های مناطق نمونه‌برداری همراه با تعدادی دیگر در سایر قسمتهای تصویر، مقادیر بالایی را به خود اختصاص داده‌اند. حال باید حد آستانه‌ای را برای جدا کردن پیکسل‌های هدف از سایر پیکسل‌ها در نظر گرفت. بسیاری از متخصصین سنجش از دور برای تعیین حدود آستانه آماره‌ها و به عبارتی خصوصیات آماری را لحاظ می‌کنند. هر چند این طریقه برخورد با حدود آستانه در برخی موارد که دقت بالایی مد نظر نیست می‌تواند قابل قبول باشد ولی در بسیاری موارد به کارگیری آن خالی از ایراد نیست. به همین دلیل برای تعیین حد آستانه مورد نظر یکی از متدهای داده‌کاوی با نام C5.0 استفاده شد. برای این منظور ۱۲ پیکسل که مربوط به تراوشات هیدروکربنی بودند و ۹۳ مورد از انواع پوشش اراضی که با مشاهده میدانی نوع آن‌ها مشخص شده بود به عنوان ورودی مدل C5.0 در نظر گرفته شد. این داده‌ها با نسبت سه به یک به داده‌های تعلیمی و تست تقسیم شدند. سپس با استفاده از داده‌های تعلیمی حدود آستانه تعیین شده و به کمک داده‌های تست خطای آن تخمین زده شد که مقدار آن برابر با ۱/۱ درصد بود. شکل ۸ حد آستانه محاسبه شده برای پیکسل‌های خاک تحت تأثیر را نشان می‌دهد.

See5 [Release 2.1] Fri Feb 04 12:34:01 2011

Class specified by attribute 'Seeps'

Read 105 cases (2 attributes) from SEEPS_Threshold.data

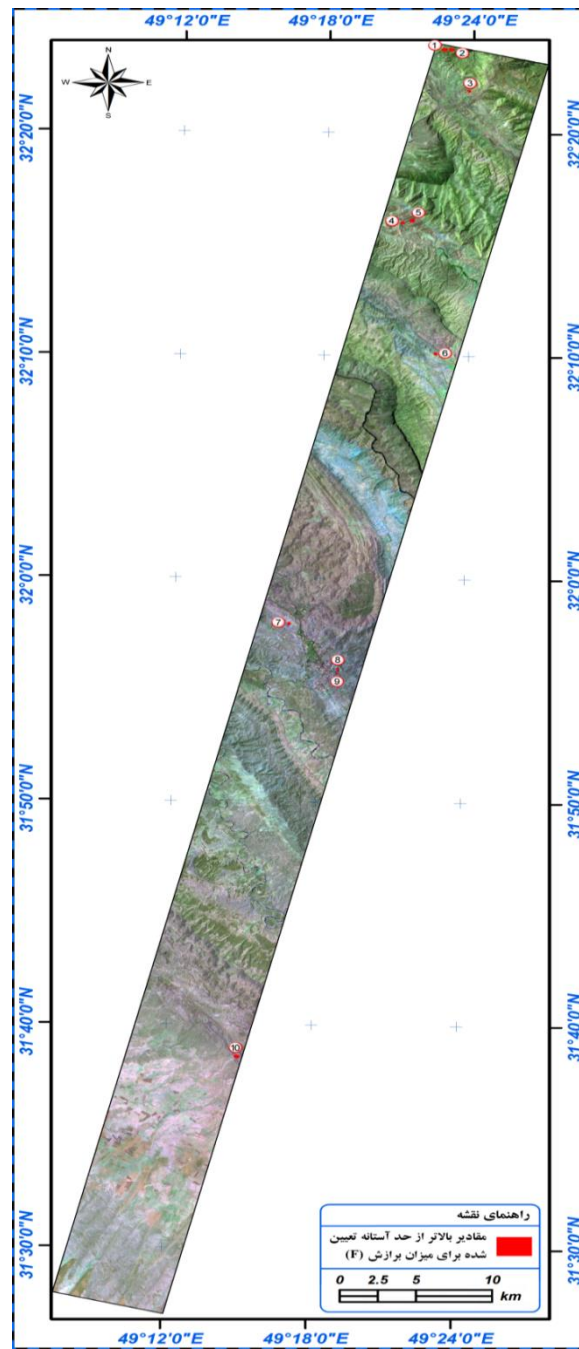
Decision tree:

Fit <= 0.937012: Non-Seeps_Data (93)

Fit > 0.937012: Seeps_Data (12)

شکل ۸: خروجی نرم افزار See5.0

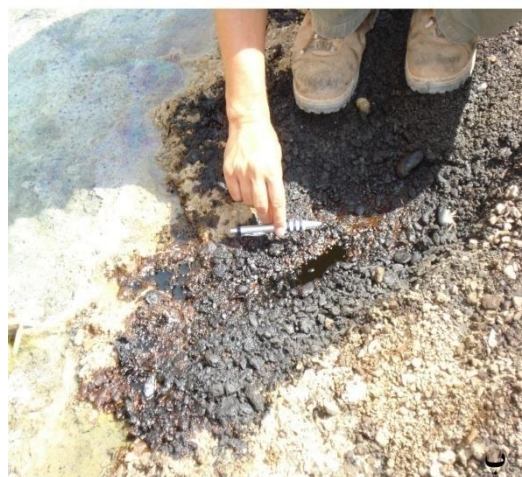
پس از اعمال حدود آستانه بر تک باند خروجی روش SCM-VISA نقشه مناطق امیدبخش که امکان وجود تراوشات هیدروکربنی در آن‌ها بود، حاصل گردید (شکل ۹). از این ده منطقه که مختصات مرکز آن‌ها در جدول ۱ آمده است، محدوده ۴ مربوط به بن حیدر با پوشش آسفالتی است که قسمتی از نمونه‌های طیف‌سنجی شده از آن اخذ شده بود. محدوده ۵ هم با حدود ۶۰۰ متر فاصله در شمال شرقی آسفالتیت بن حیدر بر روی کنگلومرای بختیاری واقع شده و بررسی مجدد منطقه نشان داد که دارای تراوش‌های هیدروکربنی با سطح قابل توجهی می‌باشد. مستندات موجود در شرکت ملی نفت ایران و انطباق مختصات، حاکی از آن است که محدوده ۱۰، مربوط به تراوشات هیدروکربنی با نام نفت سفید می‌باشد که نمونه‌برداری از آن صورت نگرفته بود ولی با روش اعمال شده بر روی داده‌ها شناسایی شده است. شکل ۱۰ قسمتی از تراوشات مربوط به چشمه نفت سفید را نمایش می‌دهد. علاوه بر این بازدید میدانی مجدد از منطقه نشان داد که محدوده‌های ۸ و ۹ در سازند گچساران دو نمونه تراوش نفتی واقع در حاشیه رودخانه‌ای در جنوب شرق مسجدسلیمان (شکل ۱۱، الف و ب) و نمونه ۷ در سازند میشان نیز تراوش نفتی بزرگی در غرب این شهر می‌باشند. لازم به ذکر است به غیر از آسفالتیت بن حیدر و چشمه نفت سفید هیچ یک از موارد ۵، ۷، ۸ و ۹ که وجود تراوش‌های هیدروکربنی در آن‌ها محرز گردید تا کنون بوسیله شرکت ملی نفت شناسایی و ثبت نشده بودند. محدوده‌های ۱، ۲، ۳ و ۶ نیز نیاز به بررسی میدانی دارند که با توجه به محدودیت‌های زمانی و اقتصادی و عدم وجود راه دسترسی این امر میسر نگردید، ولی با توجه به اینکه میانگین ارزش‌های بدست آمده برای این مناطق از تک باند خروجی روش SCM-VISA بیشتر از شش موردی است که وجود تراوش‌های هیدروکربنی در آن‌ها تایید شده است، به احتمال زیاد این محدوده‌ها نیز انواعی از تراوشات را دارا باشند.



شکل ۹: نقشه حاصل از اعمال حدود آستانه بر نتایج روش SCM-VISA



شکل ۱۰: تصویر قسمتی از محدوده‌ی ۱۰، مربوط به چشمه نفت سفید



شکل ۱۱: محدوده‌های ۸ و ۹، دو نمونه تراوش نفتی واقع در حاشیه رودخانه‌ای در جنوب شرق مسجدسلیمان

جدول ۱: مختصات مرکز محدوده‌های تعیین شده بوسیله روش SCM-VISA (سیستم تصویر UTM زون ۳۹)

شماره	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
۱	۳۳۳۹۷۹	۳۵۰۲۱۶۲
۲	۳۴۰۵۴۰	۳۵۳۳۸۳۸
۳	۳۴۰۵۷۲	۳۵۳۴۲۱۹
۴	۳۳۷۳۹۶	۳۵۳۷۹۷۹
۵	۳۴۶۹۸۱	۳۵۶۰۲۹۸
۶	۳۴۴۸۳۳	۳۵۷۱۱۴۱
۷	۳۴۵۴۶۸	۳۵۷۱۳۱۴
۸	۳۴۹۱۹۱	۳۵۸۲۰۲۰
۹	۳۴۷۵۸۱	۳۵۸۵۴۷۸
۱۰	۳۴۸۰۳۹	۳۵۸۵۴۶۹

۵. برداشت

با توجه به افزایش روزافزون کاربرد سنجش از دور ابرطیفی، الگوریتم‌های استخراج اطلاعات از داده‌های ابرطیفی و طبقه‌بندی آن‌ها بسیار مورد توجه پژوهشگران سنجش از دور قرار گرفته است. تصاویر ابرطیفی از تعداد زیادی کانال‌های طیفی تشکیل شده و پتانسیل بالایی در استخراج اطلاعات از صحنه تصویربرداری شده دارند. مشکلی که برای داده‌های ابرطیفی علاوه بر حجم بالا وجود دارد اندازه زمینی بزرگ پیکسل‌های آن‌ها یا به عبارتی قدرت تفکیک مکانی پایین آن‌ها مخصوصاً در سنجنده‌های فضا برد است. همین امر باعث می‌شود عوارض زمینی متعدد به صورت مشترک در یک پیکسل قرار گرفته و مشکل پیکسل‌های ناخالص یا آمیخته پیش آید. تحلیل ناخالصی طیفی معمولاً با طبقه بندی پیکسل به وسیله تکنیک‌های تطابق طیفی آغاز شده و با استفاده از الگوریتم‌های unmixing برای تخمین فراوانی حضور endmember های دخالت داده شده در یک پیکسل دنبال می‌شود. تکنیک‌های انطباق طیفی مشابه با روش‌های الگوشناختی نظارت شده هستند و برای تخمین مشابهت بین منحنی‌های طیفی پیکسل‌های تصویر و منحنی طیفی مرجع استفاده می‌شوند. در این پژوهش با توجه به خصوصیات تراوشات هیدروکربنی از یک روش انطباق طیفی استفاده گردید که حاصل ترکیب روش‌های SCM - VISA است. روش VISA برای شناسایی عوارض طیفی در مقیاس‌های مختلف پنجره‌های طیفی استفاده می‌گردد، در حالیکه تکنیک SCM میزان تطابق بین این عوارض (مربوط به یک پیکسل) و عوارض حاصل از منحنی طیفی تراوشات هیدروکربنی یا خاک و رسوبات متأثر از این تراوشات را به وسیله برازش حداقل مربعات^۱ مشخص کرده و از این طریق امکان شناسایی مستقیم تراوشات هیدروکربنی فراهم می‌گردد. همچنین در این کار از روش C5.0 برای تعیین حدود آستانه استفاده گردید و موجب شد که به صورت علمی و با خطای کمتری نسبت به تعیین حدود آستانه اقدام شود. از آنجا که در پردازش تصاویر ابرطیفی با حجم وسیعی از داده‌ها روبه‌رو هستیم که روابط پیچیده‌ای بر آن‌ها حاکم است، استفاده از داده کاوی می‌تواند در تحلیل این روابط مفید واقع شود. به طور کلی، هر چه حجم داده‌ها بیشتر و روابط میان آن‌ها پیچیده‌تر باشد دسترسی به اطلاعات نهفته در داده‌ها مشکل‌تر می‌شود و نقش داده‌کاوی به عنوان یکی از روش‌های کشف دانش، آشکارتر می‌گردد.

¹ Least square fitting

نتایج این تحقیق نشان داد که با استفاده از داده‌های Hyperion امکان تشخیص نمودهای سطحی مستقیم و غیرمستقیم تراوشات هیدروکربنی وجود دارد. ولی این امر به شدت به شرایط تراوشات هیدروکربنی از جمله فراوانی و یا به عبارتی درصد حضور آثار مستقیم یا غیرمستقیم تراوشات در پیکسل بستگی دارد. با به کارگیری روش ترکیبی SCM-VISA امکان یافتن تغییرات مهم موجود در سیگنال با توجه به پنجره طیفی مهیا شده و هم سنجش درجه مشابهت بین دو داده طیفی به وسیله تطابق تحلیلی طیف تصویر با طیف مرجع در یک بازه مشخص طول موجی امکانپذیر می‌گردد. هر چند ورود منحنی طیفی آسفالتیت و نمونه مایع همراه با منحنی طیفی پیکسل‌های تصویر به علت برخی خصوصیات تراوشات هیدروکربنی در محل مورد نظر و ویژگی‌های سنجنده، نتایج قابل قبولی را ارائه نکرد ولی استفاده از منحنی خاک متأثر از تراوشات هیدروکربنی به علت سطح قابل توجه در روی زمین نسبت به قدرت تفکیک مکانی سنجنده Hyperion موجب شناسایی منطقه نمونه‌برداری شده و محدوده‌های دیگری شد که در آن‌ها تراوشات هیدروکربنی وجود داشت. از آنجائیکه این روش به صورت غیرمستقیم در شناسایی تراوشات هیدروکربنی به صورت موفقیت آمیزی عمل می‌نماید از این رو می‌توان از آن در شناسایی ریزتراوشات هیدروکربنی نیز سود جست. از سوئی دیگر شاخص‌های هیدروکربنی توسعه داده شده برای سنجنده Hyperion هم مواقعی که با بزرگ تراوشات هیدروکربنی روبه‌رو هستیم به صورت موفقیت آمیزی عمل می‌نمایند و در شناسایی مستقیم تراوشات موثر واقع می‌شوند. با بررسی نتایج حاصل از منحنی انعکاس طیفی تراوشات هیدروکربنی به نظر می‌رسد که در صورت استفاده از سیستم‌های تصویربرداری ابرطیفی با قابلیت بالاتر از Hyperion امکان تشخیص مناطقی از سطح که مقادیر کمی هیدروکربن در آنها وجود دارد نیز میسر گردد.

در پایان پیشنهاد می‌گردد که چشمه‌های گازی بالای مخازن هیدروکربنی به علت اینکه نمود سطحی مشخصی ندارند تاکنون در ایران به صورت کامل شناسایی نگردیده‌اند. استفاده از این چشمه‌ها می‌تواند راهنمای مفیدی در اکتشاف منابع جدید هیدروکربنی باشد. از این رو در صورت وجود داده‌هایی با قدرت تفکیک طیفی بالا می‌توان در مطالعه مشابهی به شناسایی این چشمه‌ها پرداخت. با توجه به کارآمدی روش‌های داده کاوی در پردازش تصویر و تعیین حدود آستانه پیشنهاد می‌گردد که نتایج سایر روشها به صورت مقایسه‌ای با روش C5.0 مورد بررسی قرار گیرد.

قدردانی

این پژوهش تحت حمایت مالی و با استفاده از داده‌ها و تسهیلات مدیریت اکتشاف شرکت ملی نفت ایران انجام پذیرفته است، لذا از تمامی مسئولین ذیربط تقدیر می‌گردد. از آقای دکتر شهرام شرکتی رئیس پژوهش و فناوری مدیریت اکتشاف به خاطر حمایت‌های علمی و تدرک بازدید از منطقه مسجد سلیمان نهایت تشکر را داریم. از پروفوسور Clark رئیس بخش طیف‌سنجی سازمان زمین‌شناسی آمریکا به خاطر مهیا نمودن امکان استفاده از داده‌های Hyperion منطقه مسجد سلیمان در سطوح پردازشی مختلف قدردانی می‌نماییم. همچنین از پروفوسور Quinlan به خاطر راهنمایی‌های ارزنده‌ایشان و در اختیار قرار دادن نرم افزار See5.0 تشکر گردد.

"هیئت تحریریه مجله از دکتر محمد رضا کمالی و مهندس فرزانه خرم که داوری مقاله را بر عهده داشته اند کمال تشکر و سپاس را دارد"

منابع

- [1] Donovan T.J., 1974, Petroleum microseepageat Cement, Oklahoma-evidenceand mechanism, AAPG Bulletin 58 , 429-446.
- [2] Saunders D. F., K. R. Burson and C. K. Thompson, 1999, Model forhydrocarbon microseepage and relatednear-surface alterations, AAPG Bulletin 83, 170-185.
- [3] Schumacher D., 1996, Hydrocarboninducedalteration of soils and sediments. In: Hydrocarbon Migrationand Its Near Surface Expression (D.Schumacher and M.A. Abrams, eds), AAPG Memoir 66, 71-89.
- [4] Lang H.R., W. H. Aldeman and F. F. Jr. Sabins, 1985, Patrick Draw, Wyomingpetroleum test case, reportIn: The Joint NASA/Geosat Test Case Project: Final Report (M.J. Abrams et al., eds) , American Association of Petroleum 2, 11-1 and 11-28.
- [5] Lang H.R., J. B. Curtis and J. C. Kovacs, 1985, Lost river, West Virginia - petroleum test site report. In: The Joint NASA/Geosat Test Case Project: Final Report (M.J. Abrams et al., eds)", American Association of Petroleum 2, 12-11 and 12-96.
- [6] Clutis E.A., 1989, Spectral reflectance properties of hydrocarbons: remote-sensing implication, Science245, 165-168.
- [7] Ellis J.M., H. H. Davis and M. B. Quinn, 2000, Airborne hyperspectral imagery for the petroleum industry, Proceedings of the 14 th international conference on applied geologic remote sensing, Las Vegas, Nevada.
- [8] Hörig B., F. Kühn, F. Oschütz and F. Lehmann, 2001, Hyperspectral remote sensing to detect hydrocarbons", International Journal of Remote Sensing 22, 1413-1422.
- [9] Kühn F. and B. Hörig, 1996, Environmental remote sensing for military exercise places, Remote sensing and GIS for site characterizations: Applications and standards, ASTM STP 1279, American society for testing and materials 5-16.
- [10] Xu D.Q., G. Q. Ni, L. L. Jiang, Y. T. Shen, T. Li, S. L. Ge and X. B. Shu, 2008, Exploring for natural gas using reflectance spectra of surface soils", Advances in Space Research 41, 1800-1817.
- [11] De Beukelaer S. M., I. R. MacDonald, N. L. Guinnasso and J. A. Murray, 2003, Distinct side-scan sonar, RADARSAT SAR, and acoustic profiler signatures of gas and oil seeps on the Gulf of Mexico slope, Geo-Marine Letters 23, 177-186.
- [12] Thankappan M., G. Logan, M. Wettle, S. Reddy and A. Jones, 2009, Evaluation of TerraSar-X for natural oil seep studies, Proc. of '4th Int. Workshop on Science and Applications of SAR Polarimetry and Polarimetric Interferometry – PolInSAR 2009', Frascati, Italy.
- [13] Van der Werff H.M.A., 2006, Knowledge-based remote sensing of complex objects: recognition of spectral and spatial patterns resulting from natural hydrocarbon seepages, Ph.D. Thesis, Utrecht University, Nederland
- [14] Richter R., 1996, A spatially adaptive fast atmospheric correction algorithm, International Journal of Remote Sensing 17, 1201-1214.
- [15] Richter R., 1996, Atmospheric correction of satellite data with haze removal including a haze/clear transition region, Computers & Geosciences 22, 675-681.
- [16] Hudgins L. and J. H. Kaspersen, 1999, Wavelets and detection of coherent structures in fluid turbulence", Cambridge University Press, Cambridge.
- [17] Kumar A.S., S. Jayabharathi, A. S. Manjunath and K. M. M. Rao, 2006, Fast searching of spectral library database using variable interval spectral average method, Proc. SPIE 6405, 64051. In: Multispectral, Hyperspectral and Ultraspectral Remote Sensing Technology and Applications.
- [18] van der Meer F. D. and S. M de Jong, 2002, Imaging spectrometry basic principle and prospective application", Kluwer Academic Publishers.
- [19] Quinlan J. R., 1986, Induction of decision trees, Machine Learning 1, 81-106.

Using hyperion hyperspectral data and field spectrometry for identification of hydrocarbon leakages via VISA - SCM combined methodology and spatial data mining

Hamzeh, M., Shekari Faed, A., Darvishi Bolorani, A., Alavi Panah, S. k., Beik, F., Nasireh, H.

Abstract

The hydrocarbon seepages theory puts forward a cause and effect relationship between the oil and gas reservoirs and the specific surface anomalies which are basically related to hydrocarbon leakages as well as their related alterations. Hence, the spectral reflectance of the hydrocarbons and their linked mineral alterations produce credible pieces of evidence for oil and gas exploration. Hyperion images of EO-1 satellite was used in this study for identifying the oil seepages and their relevant alterations. After collecting the required data, the images underwent the needed preprocessing. In order to recognize the oil seepages, these corrected data along with field-sampled spectrometric ones were employed. Then, VISA and SCM combined model was applied to indirectly identify the hydrocarbon seepages. Moreover, two hydrocarbon indexes were developed for direct recognition of the hydrocarbon seeps using Hyperion images. The findings indicate that the two mentioned techniques are efficacious for the purpose of the study at hand.

Keywords: Oil seepage, Remote sensing, Hyperspectral images, EO-1/ Hyperion, Field spectrometry, Data mining