

شناسایی مناطق زمین گرمایی با بررسی تغییرات پوشش گیاهی تحت تنش و استرس با استفاده از سنجنده های ETM⁺ و ASTER

(مطالعه موردی: شهرستان خوی)

علمی پژوهشی

وحید عیسی زاده^۱، کمال رسولی^۲، تاج الدین کرمی*^۳، اسماعیل عیسی زاده^۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۳/۳۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۰۷

صفحات: ۸۷-۹۶

چکیده

سنجش از دور حرارتی، به عنوان شاخه‌ای از علم سنجش از دور نقش مهمی در مطالعات محیط زیست ایفا می‌کند. سنجش از دور حرارتی یکی از روش‌های نوین و کم‌هزینه در مقابل پیمایش‌های زمینی، آن‌هم در مناطق دورافتاده است که در کوتاه‌ترین زمان اطلاعات ارزشمندی از منطقه مورد مطالعه در اختیار محققان و پژوهشگران قرار می‌دهد. تهیه نقشه دمای سطح زمین برای شناسایی مناطق مستعد زمین گرمایی و تنش و استرس گیاهی با به کارگیری باند مادون قرمز حرارتی امکان پذیر است. که زمینه را برای مطالعات اکتشافی بیش تر فراهم می‌آورد. در این تحقیق با استفاده از سنجنده های ETM⁺ و ASTER به نقشه برداری ناهنجاری های پوشش گیاهی با استفاده از شاخص NDVI شهرستان خوی پرداخته شد و تغییرات فصلی گیاه مورد بررسی قرار گرفت. دو مجموعه داده که یکی در اوایل تابستان ۲۰۰۲ و دیگری در اواخر تابستان و در پاییز ۲۰۰۲، از داده های لندست ۷ تهیه شد. با محاسبه LST برای سنجنده ETM⁺ در این بررسی تغییرات فراتر از تغییرات عادی فصلی را به عنوان ناهنجاری گرمایی در نظر گرفته شد. همچنین با محاسبه دمای سطح زمین توسط داده ASTER به تظاهرات سطحی این ناهنجاری ها در زیرپوشش گیاهی متراکم پی برده شد. برای اعتبارسنجی LST محاسبه شده توسط سنجنده ASTER از تصاویر سنجنده MODIS استفاده شد و با استفاده از آن میزان NDVI و ASTER ALI مورد محاسبه قرار گرفت. نتایج پژوهش حاضر نشان داد شناسایی مناطق زمین گرمایی همبستگی مکانی مناسبی با تنش و استرس گیاهی در شهرستان خوی دارد. سنجنده های ETM⁺ و ASTER به دلیل قدرت تفکیک بالایی که در باند مادون قرمز حرارتی دارند، به ترتیب ۶۰ متر و ۹۰ متری که سنجنده های مناسبی برای محاسبه دمای سطح زمین و تشخیص آنومالی حرارتی هستند. بنابراین روش تفاضل تصاویر در این پژوهش روش مناسبی نبوده و نتایج خوبی به نمایش نگذاشت.

واژگان کلیدی: دمای سطح زمین، سنجش از دور، سنجنده های ETM⁺ و ASTER، شهرستان خوی.

vahidisazade75@gmail.com.

kamalrassouli@gmail.com

karamit@khu.ac.ir

ismailisazadeh75@gmail.com.

^۱ دانشجوی دکترای جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

^۲ دانشجوی دکترای جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.

^۳ استادیار جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران؛ (نویسنده مسئول)

^۴ کارشناس ارشد جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

۱- مقدمه

استفاده از اطلاعات و داده‌های ماهواره‌ای را بتوان در جهت اعمال مدیریت صحیح و مبتنی بر دانش روز، گام‌هایی برداشت. امروزه شناسایی و مطالعه‌ای اجسام و پدیده‌ها با استفاده از سنجنده‌های حرارتی موجب تحول در سنجش از دور شده و با استفاده از فن‌آوری سنجش‌ازدور حرارتی ممکن است بتوان با کم‌ترین هزینه و کوتاه‌ترین زمان، پروژه‌های زیادی در سطح جهانی، منطقه‌ای، ملی، استانی و محلی اجرا کرد (علوی پناه، ۱۳۸۳). داده‌های سنجش‌ازدور مادون‌قرمز حرارتی می‌تواند، برای نقشه‌برداری و تعیین ناهنجاری‌های حرارتی در ارتباط با ویژگی‌های شناسایی مناطق زمین‌گرمایی و تغییرات پوشش گیاهی تحت تنش و استرس مورد استفاده قرار می‌گیرد. این رویکرد، سال‌های زیادی است که به‌عنوان یک ابزار مقرون‌به‌صرفه برای اکتشاف انرژی زمین‌گرمایی در سراسر مناطق بزرگ استفاده‌شده و امکان انتخاب گزینه‌ها برای اکتشاف مجدد با استفاده از پیمایش‌های زمینی هزینه‌بر را فراهم نموده است (Haselwimmer et al., 2012). طیف‌های گیاهی با ایجاد تنش یا خسارت دچار تغییرات ظریفی می‌شوند. بارزترین تغییرات طیفی، تغییرات طیفی کاملاً مستند با افزایش آلبدو در مناطق دارای زمین‌گرمایی هستند (Baret et al., 1990). بنابراین می‌توان گفت وجود منابع زمین‌گرمایی در رابطه با تنش و استرس پوشش گیاهی می‌تواند ظاهر سطح را نشان دهد. داده‌های از راه دور مادون‌قرمز حرارتی (TIR) با وضوح بالا فرصتی منحصربه‌فرد را برای به دست آوردن اطلاعات تابش ساطع‌شده از سطح زمین فراهم می‌کند (Barreto et al., 2010). می‌توان بیان کرد که گاهی تنش در گیاهان نشانه‌ای از وجود منابع زمین‌گرمایی در زیرزمین است که این تنش ممکن است به دلیل گاز موجود در زیرزمین، گرمای موجود در زیرزمین و همچنین ناهنجاری‌های کانی‌سازی در خاک اتفاق بیفتد. درواقع یک سری عناصر موجود در خاک هم هستند که برای گیاه سمی بوده و باعث ایجاد تنش در گیاه ایجاد تنش در گیاه می‌شوند. در سال‌های اخیر نیز با توجه به اهمیت شناسایی مناطق زمین‌گرمایی و تغییرات استرس و تنش پوشش گیاهی با

پیشرفت کشورها و صنعتی شدن و نیز رشد جمعیت از جمله عواملی هستند که نیاز روزافزون به منابع انرژی را افزایش می‌دهند. باگذشت زمان و کاهش ذخایر انرژی فسیلی، تعادل بین جمعیت و انرژی از بین رفت و در آینده نزدیک، جامعه جهانی با کمبود انرژی مواجه خواهند شد. جهان در تکاپوی گذر از این تنگنای انرژی، به منابع تجدیدشونده - به‌ویژه انرژی‌های نو و تجدید پذیر - چشم دوخته است و به‌سرعت در مسیر تکوین و توسعه فناوری و بهره‌وری از آن گام برمی‌دارد (کی نژاد و همکاران، ۱۳۹۱). انرژی زمین‌گرمایی بخشی از انرژی حرارتی زمین است که با سیالی مانند بخار آب یا آب داغ یا هر دو به سطح زمین انتقال می‌یابد. این حرارت در داخل زمین و تحت تأثیر پدیده‌های زمین‌شناسی گوناگون ایجاد می‌شود. این انرژی در امتداد مرزهای صفحات تکتونیکی در نواحی شناخته شده آتشفشانی و زلزله خیز که دارای شکستگی‌ها و گسل‌های فراوانی هستند، تمرکز بیشتری دارد (Huenges, 2009). گاهی تنش در گیاهان نشانه‌ای از وجود منابع زمین‌گرمایی در زیر زمین است. که این تنش‌ها ممکن است به دلیل گاز موجود در زیر زمین، گرمای موجود در زیرزمین و همچنین ناهنجاری‌های کانی‌سازی در خاک می‌باشد (Reygadas et al., 2020). می‌توان گفت انرژی زمین‌گرمایی یکی از منابع عمده انرژی‌های نو، تجدید پذیر و سازگار با محیط زیست است که در صورت بهره برداری صحیح نقش مهمی در موازنه‌ای انرژی کشور و اهداف توسعه پایدار خصوصاً در شهرستان خوی ایفا می‌کند. این شهرستان به علت عدم وجود منابع انرژی نفت و گاز و وابستگی روستائیان به تأمین انرژی از منابع طبیعی دارای چالش‌های جدی در زمینه تأمین انرژی بوده و در آینده با شدت بیشتری با این چالش‌ها مواجه خواهد شد. از طرفی وجود چشمه‌های آبگرم در منطقه و سایر شواهد نشان می‌دهد که این شهرستان دارای پنج نقطه داغ و از پتانسیل مناسبی برای استفاده از انرژی زمین‌گرمایی برخوردار است. این عامل باعث تغییرات و تنش و استرس پوشش گیاهی در این منطقه شده است. بنابراین تلاش‌های متخصصان فن‌آوری‌های فضایی و سنجش‌ازدور موجب شده است که با

کردند و از مدل دمای RS بین داده‌های سنجش از دوری و داده‌های زمینی اعتبار سنجی را انجام دادند. نتایج نشان داد که بین دما و شاخص‌های پوشش گیاهی همبستگی منفی وجود دارد. Micro میکرو و همکاران (۲۰۱۳)، از سری زمانی داده‌های SPOT و FEWS و داده‌های بارندگی را به کار بردند و همبستگی بین بارندگی و پوشش گیاهی را بررسی کردند و مناطق آنومالی را با تغییرات پوشش گیاهی نقشه‌برداری کردند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد، در مناطقی که پوشش گیاهی افزایش می‌یابد نقاط مرطوب با بارندگی زیاد است ولی باین حال در مناطق با بارندگی زیاد یک سری نقاط داغ وجود دارند که به عنوان آنومالی حرارتی شناخته می‌شوند. تیان و همکاران (۲۰۱۵)، در تحقیقات خود با بهره‌گیری از سنجش از دور و ترکیب آن با درجه حرارت ورودی به شناسایی منابع ژئو ترمال در هوکایدو دارای حداقل درجه حرارت بوده در حالی که غرب و قسمتی از شرق این منطقه دارای گرادیان درجه حرارت بالا می‌باشد. بنابراین غرب و بخشی از شرق هوکایدو را به عنوان زمین‌های دارای استرس پوشش گیاهی بر اساس مناطق زمین گرمایی در نظر گرفتند. بررسی مطالعات پیشین نشان می‌دهد که در زمینه شناسایی منابع زمین گرمایی با بررسی تغییرات پوشش و تنش گیاهی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سنجش از دوری و ارتباط آن با دمای سطح زمین با استفاده تصاویر لندست ۸ استفاده شده ولی شناسایی منابع زمین گرمایی و استرس پوشش گیاهی به تنهایی با استفاده از تصاویر لندست ۸ از دقت مناسبی برخوردار نیستند. بنابراین نیاز به استفاده از تصاویر ماهواره‌ای با رزولوشن بالا می‌باشد تا بتوان با استفاده از این تصاویر ماهواره‌ای به شناسایی مناطق زمین گرمایی و ارتباط آن با تغییرات و تنش و استرس پوشش گیاهی بوده و نقش الگوریتم‌های مختلف می‌تواند در این راستا حائز اهمیت زیادی باشد. این سؤال مطرح می‌شود که آیا تغییرات پوشش گیاهی تحت تنش و استرس باعث شناسایی مناطق زمین گرمایی می‌شود؟ لذا، در پژوهش حاضر سعی بر این است در مرحله اول با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور حرارتی نقشه‌های دمای سطح زمین با الگوریتم تک کاناله و تک بانندی با استفاده از سنجنده ASTER و ETM+ محاسبه شود. بعد با تکیه بر دمای سطح حاصل از الگوریتم تک کاناله

استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مطالعات بسیاری در این زمینه صورت گرفته است. کاظمی و همکاران (۱۳۹۷)، در پژوهشی با استفاده از داده‌های حرارتی تصاویر لندست ۸ به تحلیل ناهنجاری‌های حرارتی گسل‌ها و ارتباط آن با تنش و استرس پوشش گیاهی در گسل‌های شهداد و نایبند پرداخته و با تجزیه و تحلیل ناهنجاری‌های دمای سطح زمین در منطقه مورد مطالعه به این نتیجه رسیدند. که در نزدیکی زون مرکزی این دو گسل عمیق و بزرگ تجمع‌های حرارتی سطحی وجود دارد که این تجمع‌های حرارتی با فاصله گرفتن از زون مرکزی گسل تنش و استرس پوشش گیاهی کاهش می‌یابد. نور علینی و همکاران (۲۰۱۰)، پتانسیل انرژی زمین گرمایی در رابطه با تنش و استرس گیاهی منطقه دوماوند را با استفاده از تصاویر ETM+ ارزیابی کردند و نشان دادند که شرایط حاکم بر مخزن زمین گرمایی دماوند طی ۲۷ سال گذشته تغییر محسوسی نداشته است و می‌توان مطالعات اکتشافی تفصیلی را در ناحیه مستعد منطقه زمین گرمایی دماوند برنامه‌ریزی و اجرا کرد. کول باغ و همکاران (۲۰۰۷)، به شناسایی ناهنجاری‌های دما سطح زمین در ارتباط با منابع زمین گرمایی با استفاده از تصاویر مادون حرارتی ماهواره‌ای ASTER در چشمه‌های آب گرم نوادا پرداختند. کوپین و همکاران (۲۰۱۱)، با استفاده از داده‌های سنجش از دور مادون قرمز حرارتی، از سنجنده ETM+ به بررسی پتانسیل انرژی زمین گرمایی در منطقه تنگ چانگ در چین پرداختند و چهار منطقه زمین گرمایی را معرفی کرده نمودند. Siahhan و همکاران (۲۰۱۱)، به بررسی پتانسیل انرژی زمین گرمایی با استفاده از روش سنجش از دور در منطقه پاتوها در جاوه غربی پرداختند و نطقه تمرکز آن‌ها دست یابی به استرس پوشش گیاهی در اثر دمای سطح زمین بود. Yuan و همکاران (۲۰۰۷)، با استفاده از داده‌های سنجنده مادیس رابطه سالانه و فصلی بین شاخص سطح برگ و دمای سطح زمین را برای کشف آنومالی‌های حرارتی بررسی کردند. نتایج به دست آمده نشان داد که در هر مقیاس زمانی رابطه معکوسی بین شاخص سطح برگ و دمای سطح زمین وجود دارد. ماتیز و همکاران (۲۰۱۹)، از داده‌های لندست ۸ و مدل‌های دمای حقیقی سطح زمین برای تشخیص آنومالی‌های حرارتی در کشف مناطق زمین گرمایی استفاده

$$T_{sen} = \frac{K_2}{Ln\left(\frac{K_1}{T_{sen} + 1}\right)} T_s = \gamma \varepsilon \quad (3)$$

$$(\psi_1 * L_{sensor} + \psi_2) + \psi_r] + \delta$$

$$(4) Y = T_{sensor}^2 / K_2 * L_{sensor}$$

(5)

$$\delta = T_{sensor} - T_{sensor}^2 / K_2 \quad \Psi I = 0.06524 \omega^2 \quad (6)$$

$$0.05878 \omega + 1, 0.7576$$

(7)

$$\psi_3 = -0.00284 \omega^2 + 1.35633 \omega - 0.43020 \quad (8)$$

در روابط (۳ تا ۸)، ε توان گسیلمندی سطح زمین است، ψ ، تعدیل کننده اثر اتمسفر است که بر روی تصاویر حرارتی اعمال می شود. L Sensor رادینانس حرارتی بر روی باند ۱۳ محاسبه شده، ω پارامتری برای تابع پلانک و γ طول موجی است که سنجنده در آن کار می کند و طبق رابطه ۵ و ۶ محاسبه می شوند. باندهای ASTER برای محاسبه LST در جدول (۱) نشان داده شده است.

جدول ۱- مقادیر K1, K2 برای محاسبه LST سنجنده

Aster

Aster band	K2	K1
۱۰	۳۰۴۷/۴۷	۱۷۳۶/۱۸
۱۱	۲۴۸۰/۹۳	۱۶۶۶/۲۱
۱۲	۸۶۵/۶۵	۱۳۴۹/۸۲
۱۴	۶۴۹/۶۰	۱۲۷۴/۴۹

۳- قلمرو جغرافیایی پژوهش

شهرستان خوی یکی از شهرستان های آذربایجان غربی است. مرکز این شهرستان شهر خوی است. جمعیت این شهرستان طبق سرشماری سال ۱۳۹۰ برابر با ۳۵۴۳۰۹ نفر بوده است که از این تعداد ۲۲۶۷۶۰ نفر آنان در نقاط شهری و ۱۲۷۵۴۹ نفر آنان در نقاط روستایی بوده اند (مرکز آمار ایران، سالنامه آماری ۱۳۹۲ استان آذربایجان غربی). این شهرستان در شمال غربی ایران و در شمال غربی استان آذربایجان غربی در دشتی وسیع واقع شده است. شهرستان خوی بین ۳۸ درجه و ۴۵ دقیقه عرض شمالی از خط استوا و ۴۵ درجه و ۱۵ دقیقه طول شرقی از نصف النهار گرینویچ قرار دارد. ارتفاع متوسط خوی با

و تک باندی مناطق مستعد زمین گرمایی و تغییرات، تنش و استرس پوشش گیاهی در شهرستان خوی مورد شناسایی قرار گیرند تا با توجه و مدیریت برنامه ریزان زمینه برای شناسایی مناطق زمین گرمایی فراهم شود.

۲- روش پژوهش

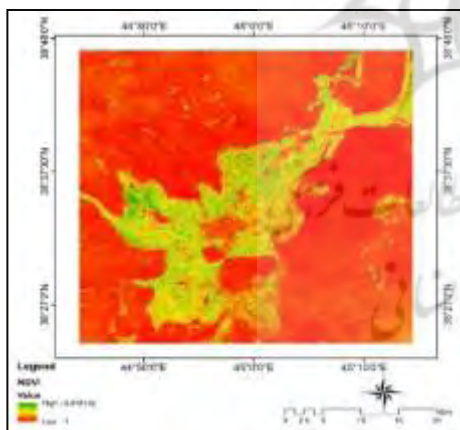
در این پژوهش حاضر برای انجام پیش پردازش ها و پردازش های مورد نیاز از نرم افزار ENVI5.3.1 استفاده شد. ابتدا پیش پردازش ها بر روی باندهای مولتی اسپکترال لندست ۷ انجام گرفت. با انجام تصحیحات رادیومتریک Reflectance TOA محاسبه شد و برای تصحیحات اتمسفری از روش Dark Subtraction استفاده گردید. سپس محاسبه شاخص های پوشش گیاهی NDVI و LAI و SAVI صورت گرفت. پس از محاسبه شاخص پوشش گیاهی، اقدام به تفاضل تصاویر NDVI, LAI شد. نتیجه حاصل یک تصویر تک باندی است که تفاوت NDVI در تصویر با پوشش گیاه زیاد و تصویر با پوشش گیاهی کم را نشان می دهد. در این تصویر نقاط تیره تغییرات کم و نقاط روشن تغییرات زیاد را نشان می دهند. شاخص های NDVI و SAVI با استفاده از رابطه (۱ و ۲) محاسبه شدند.

$$NDVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)} \quad (1)$$

$$SAVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red + 1)} \quad (2)$$

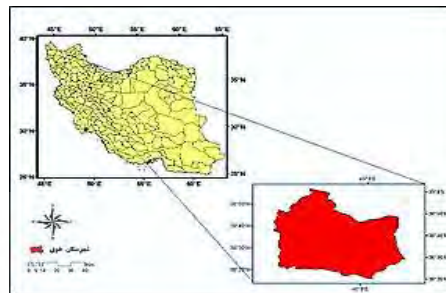
در رابطه (۲) L فاکتور تصحیحی است که برای از بین بردن اثر خاک از پوشش گیاهی به شاخص NDVI اضافه شده و شاخص SAVI را به وجود آورده است. مقدار آن به طور متوسط برابر ۰/۵ در نظر گرفته شد. پس از بررسی نتایج تفریق تصاویر در لندست ۷، NDVI را توسط باندهای انعکاسی سنجنده ASTER نیز محاسبه کرده و با NDVI حاصل از سنجنده +ETM مقایسه شد. محاسبه NDVI در سنجنده ASTER با استفاده از باند ۲ و ۳ با استفاده از رابطه (۱) به کمک تصاویر روزانه ASTER محاسبه گردید. برای محاسبه LST به روش تک کاناله با استفاده از داده های حرارتی ASTER با استفاده از رابطه (۳ تا ۸) محاسبه می شوند:

همان طور که انتظار می‌رفت پوشش گیاهی در اوایل فصل رشد یعنی تقریباً در اواخر بهار و اوایل تابستان با تراکم بیشتری نسبت به اواخر فصل رشد در پاییز دیده می‌شود. ولی با این حال در برخی مناطق با وجود این که در اوایل فصل رشد انتظار می‌رفت پوشش گیاهی زیاد باشد ولی از تراکم کمتری برخوردار بوده. پس مقایسه قسمت‌های با پوشش گیاهی کمتر در اوایل فصل رشد با تصویر LST محاسبه شده می‌توان بیان کرد که این نقاط به دلیل وجود گسل در آن قسمت‌ها و احتمالاً وجود منابع زمین گرمایی در اطراف این گسل‌ها دمای بیشتری داشته و باعث تنش و استرس خشکی گیاه در قسمت‌های مذکور شده است. تصویر LST سنجنده ASTER نیز گویای همین واقعیت است که در اطراف گسل‌ها دما بسیار بیشتر از نقاط اطراف است که به عنوان آنومالی حرارتی شناخته می‌شود. استرس پوشش گیاهی در اطراف گسل‌ها و منابع زمین گرمایی ناشی از آن‌ها که موضوع بحث در این پژوهش است نیز به خوبی گویای همین مطلب می‌باشد. زیرا که در اطراف گسل‌ها که نقاط گرمی هستند و با دایره مشخص شده‌اند پوشش گیاهی ضعیف‌تری دیده می‌شود. شاخص‌های پوشش گیاهی در شکل (۲، ۳، ۴، ۵ و ۶) نشان داده شده است.



شکل ۲- شاخص NDVI با پوشش گیاهی کم

سطح دریا‌های آزاد ۱۱۳۰ متر می‌باشد. ارتفاع شهر خوی از سطح دریاچه ارومیه ۱۳۵ متر پایین‌تر است. مساحت تقریبی خوی ۵۲۲۷۲۰ هکتار است و حدود ۴۵ کیلومتر طول و ۴۵ کیلومتر عرض دارد. این محدوده دارای اقلیم نیمه خشک و اقلیم آن از نوع خشک سرد می‌باشد میانگین بارندگی و تبخیر سالانه به ترتیب ۲۷۶/۷ و ۱۳۷۰ میلی‌متر و متوسط دمای سالانه آن ۱۱/۸ درجه سانتی‌گراد است. خوی به واسطه شرایط خاص جغرافیایی دارای چشمه‌های آب معدنی و یک منطقه کشاورزی



مناسب است، شکل (۱).

شکل ۱- موقعیت جغرافیایی شهرستان خوی

۴- یافته‌ها و بحث

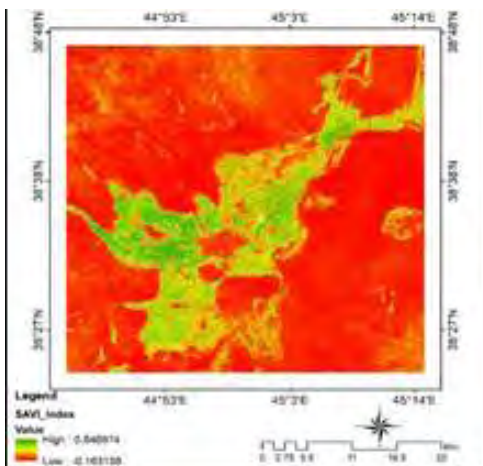
برای مقایسه دقیق‌تر علاوه بر محاسبه LST سنجنده ASTER برای سنجنده ETM+ نیز دمای سطح زمین شد و نتایج شاخص‌های محاسبه شده به وسیله سنجنده ETM+ با دمای آن مقایسه کردیم. تا ناهنجاری‌های حرارتی منطقه بهتر شناسایی شود و ناهنجاری‌های حرارتی را با گسل‌های منطقه و استرس گیاهی در آن ناحیه مورد شناسایی قرار گرفت. الگوریتم استفاده شده برای محاسبه LST سنجنده ETM+ همان الگوریتم استفاده شده برای سنجنده ASTER است. که با استفاده از رابطه (۹) محاسبه شده است.

$$T_s = \gamma [E^{-1}(\psi_1 * L_{sensor} + \psi_2) + \psi_3] + \delta \quad (9)$$

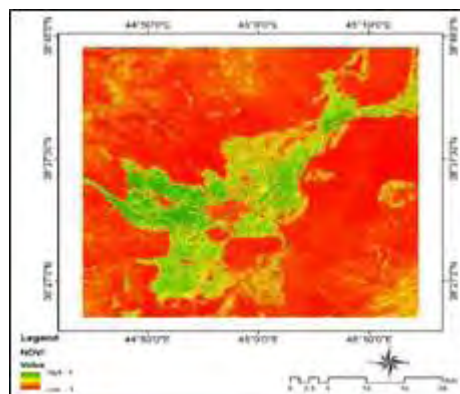
در این رابطه، T_s دما، E توان گسیلمندی سطح زمین است ψ_1 ، تعدیل کننده اثر اتمسفر است که بر روی تصاویر حرارتی اعمال می‌شود. L Sensor رادیانس حرارتی بر روی باند ۱۳ محاسبه شد. δ ، پارامتری برای تابع پلانک و γ طول موجی است که سنجنده در آن کار می‌کند.

۴-۱- بررسی شاخص‌های پوشش گیاهی NDVI،

LAI، SAVI و مقایسه آن با تصویر LST



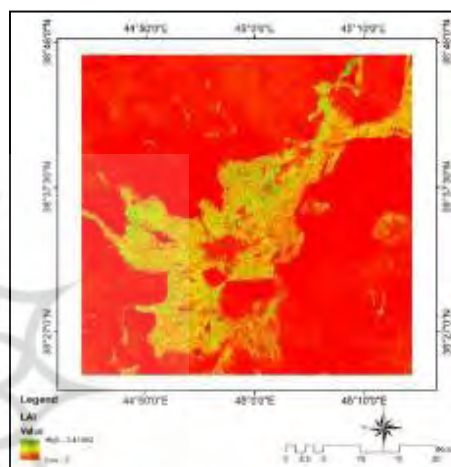
شکل ۶- شاخص SAVI با پوشش گیاهی زیاد



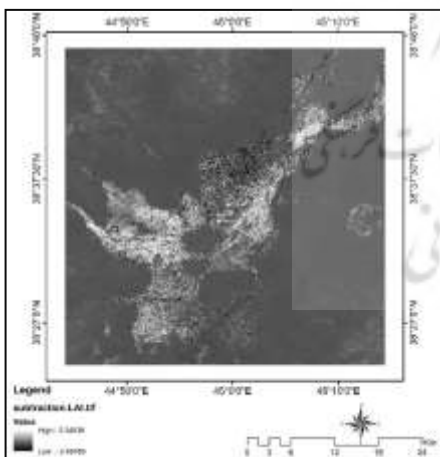
شکل ۳- شاخص NDVI با پوشش گیاهی کم

۲-۴- بررسی تفاضل تصاویر

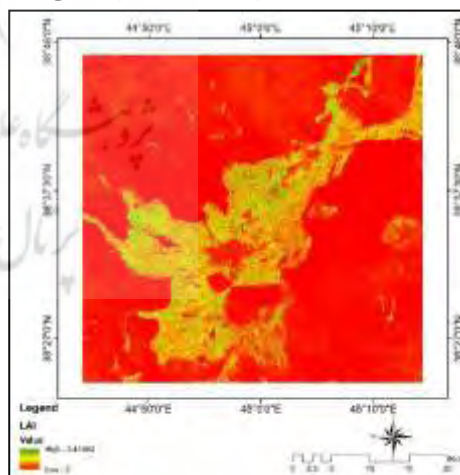
نقشه های خروجی حاصل از تفاضل تصاویر نتایج خوبی را به نمایش نمی گذارند. در این تصاویر انتظار می رود که نقاط تیره تغییرات کم و نقاط روشن تغییرات زیادی را در پوشش گیاهی نشان دهند ولی همان طور که دیده می شود نقاطی از تصویر که پوشش گیاهی با استرس مواجه است و تغییرات زیادی را نشان می دهد با رنگ تیره در شکل های (۷) و (۸) نشان داده شده است.



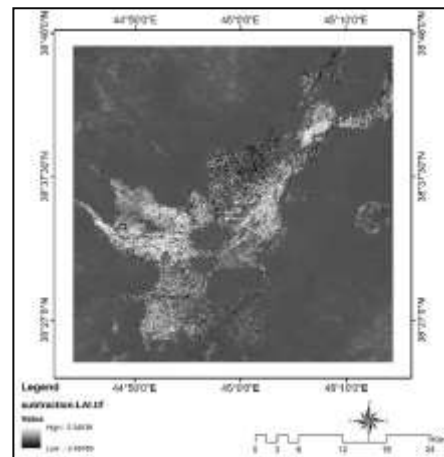
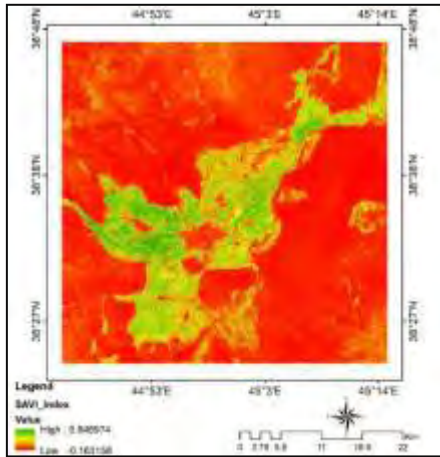
شکل ۴- شاخص LAI با پوشش گیاهی کم



شکل ۷- تفاضل تصاویر LAI برای تشخیص تغییرات



شکل ۵- شاخص LAI با پوشش گیاهی زیاد



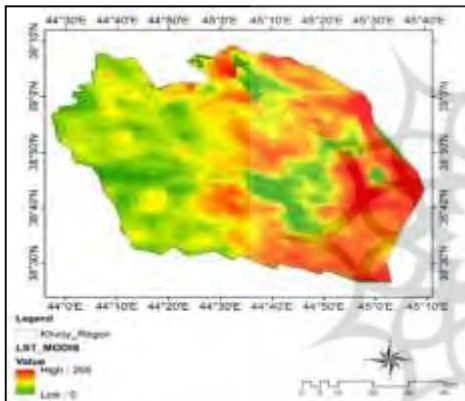
شکل ۸- تفاضل تصاویر NDVI برای تشخیص تغییرات

شکل ۱۰- دمای سطح زمین محاسبه شده با استفاده از

روش تک کاناله در سنجنده ASTER

۳- ۴- بررسی تصاویر LST در هر دو سنجنده

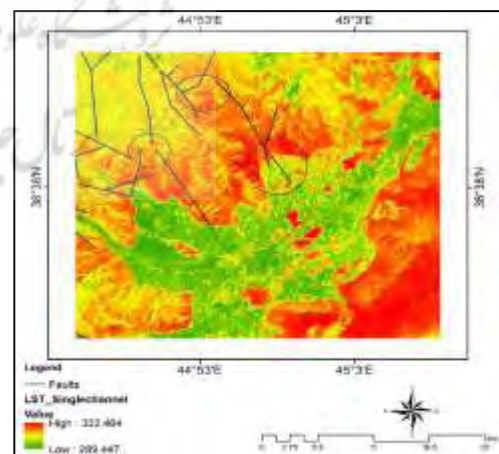
ASTER و ETM+



شکل ۱۱- دمای سطح زمین محاسبه شده از

سنجنده MODIS با قدرت تفکیک ۱۰۰ متر

در هر دو تصویر در شکل (۹ و ۱۰) خاک لخت و به خصوص در اطراف گسل‌ها دماهای بالاتری دیده می‌شود. در قسمت‌هایی که در تصاویر با دایره نشان داده شده است دارای چندین درجه دمای بالاتر نسبت به دمای میانگین منطقه که از ایستگاه‌های سینوپتیک استخراج شده است می‌باشد. به همین دلیل به عنوان آنومالی حرارتی شناخته می‌شوند که دلیل بر وجود منابع زمین گرمایی در آن قسمت‌ها هستند. که در شکل (۱۱) نشان داده شده است.



شکل ۹- دمای سطح زمین محاسبه شده با استفاده از روش

تک کاناله در سنجنده ETM+

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که بیشترین استرس و تنش پوشش گیاهی در نقاطی دیده می‌شود که وجود گسل در آن قسمت نشان از مناطق زمین گرمایی است همین امرها باعث شده است که دمای منطقه بالا رفته و باعث تنش و استرس و خشکی در در اوایل رشد پوشش گیاهی شده است. یکی از مشابهت پژوهش حاضر با پژوهش‌های پیشین این است از سنجنده مادیس و استر برای شناسایی مناطق زمین گرمایی استفاده کرده‌اند در حالی که مهم‌ترین تفاوت در بررسی شناسایی مناطق زمین گرمایی و تنش و استرس پوشش گیاهی استفاده از الگوریتم‌های روش‌های تک کاناله و پنجره مجزا نسبت به تحقیقات پیشین است. Yuan و همکاران (۲۰۰۷)، با استفاده از داده‌های سنجنده مادیس رابطه سالانه و فصلی بین شاخص سطح برگ و دمای سطح زمین را برای کشف آنومالی‌های حرارتی بررسی کردند. نتایج

داده‌های حرارتی سنجنده TIRS ماهواره لندست ۸، دمای سطح زمین با الگوریتم‌های تک باندی و پنجره مجزا مورد محاسبه قرار گرفت. با تجزیه و تحلیل تصویر آنومالی حرارتی حاصل از مدل حرارتی، مناطقی به عنوان مستعد منابع زمین گرمایی انتخاب شدند که علاوه بر این که نسبت به محیط اطراف خود دچار ناهنجاری شدند بلکه شواهد وجود منابع زمین گرمایی نیز در اطراف آن‌ها موجود بود.

۶- پیشنهادها

با توجه به نتایج به دست آمده از این پژوهش و شناسایی مناطق زمین گرمایی لازم است ناهنجاری‌های حرارتی، از نظر ویژگی‌های زمین شناسی در ارتباط با تغییرات و تنش پوشش گیاهی بیشتر مورد بررسی قرار گیرند. همچنین می‌توان با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای که دارای قدرت تفکیک مکانی بالا هستند بتوان مناطق زمین گرمایی را کشف کرده و میزان تنش پوشش گیاهی را بر حسب نقاط داغ زمین گرمایی محاسبه کرد.

۷- منابع

علوی پناه، س. ک. "کاربرد سنجش حرارتی از دور در مطالعات محیط زیست"، مجله محیط شناسی، دوره ۳۴، ۱۳۸۳، ۲۹ - ۳۸.

فیضی زاده، ب. پرهیزکار عیسی لو، ر. ولی زاده کامران، خ. "تعیین بهترین الگوریتم محاسبه دمای سطح زمین جهت شناسایی مناطق ژئوترمال مطالعه موردی ریان شهرستان مشکین شهر"، فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر) دوره ۲۹، شماره ۱۱۴، ۱۳۹۹.

کی نژاد ص.، مختاری، ا.ر.، فتحیان پور، ن.، ایران نژادی، م.ر.، "پتانسیل یابی منابع زمین گرمایی استان آذربایجان شرقی در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ با استفاده از داده‌های زمین شناسی اکتشافی در محیط GIS"، زمین شناسی کاربردی پیشرفته، شماره ۳، جلد ۱، ۱۳۹۱، ۱۱۶ - ۱۰۵.

کاظمی، ی.، حمزه، س.، علوی پناه، ک.، بهران بیگی، ب.، "تحلیل ناهنجاری‌های حرارتی گسل‌ها و ارتباط آن با منابع زمین گرمایی با استفاده از داده‌های حرارتی لندست ۸ مطالعه

بدست آمده نشان داد که در هر مقیاس زمانی رابطه معکوسی بین شاخص سطح برگ و دمای سطح زمین وجود دارد.

۵- نتیجه گیری

دست یابی به توسعه پایدار محیط زیستی به ویژه در بخش انرژی کشور، موضوعی است که امروزه بیش از پیش مورد توجه مدیران و برنامه ریزان محیط زیست قرار گرفته است. افزایش روز افزون جمعیت و به دنبال آن افزایش تقاضا برای انرژی، از طرفی کاهش منابع فسیلی و مهم‌تر از همه مساله نگران کننده، افزایش آلودگی‌های محیط زیست و خشک شدن و تنش گیاهان می‌شود. پژوهش حاضر با هدف شناسایی مناطق زمین گرمایی و تنش و استرس پوشش گیاهی با سنجنده ETM+ و ASTER و استفاده از سنجش از دور حرارتی در شهرستان خوی انجام گرفت. نتایج پژوهش حاضر نشان داد شناسایی مناطق زمین گرمایی همبستگی مکانی مناسبی با تنش و استرس گیاهی در شهرستان خوی دارد. سنجنده ETM+ و ASTER به دلیل قدرت تفکیک بالایی که در باند مادون قرمز حرارتی دارند، به ترتیب ۶۰ متر و ۹۰ متری که سنجنده‌های مناسبی برای محاسبه دمای سطح زمین و تشخیص آنومالی حرارتی هستند. بنابراین روش تفاضل تصاویر در این پژوهش روش مناسبی نبوده و نتایج خوبی به نمایش نگذاشت. پیش از این تنها (نور علنی و لاری، ۲۰۱۰) از سازمان انرژی‌های نو مستعدترین محدوده از حیث انرژی زمین گرمایی و تنش استرس گیاهی را در حوالی روستای نایند و شهرستان فردوس و بیرجند در استان خراسان بزرگ شناسایی نمودند. در شمال فردوس درون سنگ‌های آتش فشانی دوران سوم آثار دگرسانی به چشم می‌خورد که حضور چشمه‌های آب گرم و احتمال انرژی زمین گرمایی و استرس و خشک شدن پوشش گیاهی را در این منطقه افزایش می‌دهد. از آنچه که گفته شد چنین بر می‌آید که مناطق زمین گرمایی منبع حرارتی مهمی برای منطقه مورد مطالعه دارد و گسل‌ها کانال‌های حرارتی را برای انتقال حرارت داخلی زمین به سطح زمین برای تنش، استرس و خشک شدن گیاهان را فراهم می‌کند. نتایج پژوهش حاضر با تحقیقات پیشین در یک راستا نیست در حالی که فیضی زاده و همکاران (۱۳۹۹) در تحقیقی به تعیین بهترین الگوریتم محاسبه دمای سطح زمین جهت شناسایی مناطق ژئوترمال در شهرستان مشکین شهر پرداختند. آن‌ها در این تحقیق با استفاده از داده‌های طیفی سنجنده OLI و

Queen, Zhang, N., Nan, P. and Chai, L., Geothermal Area Detection Using Landsat ETM+ Thermal Infrared Data and its Mechanistic Analysis - A Case Study in Tengchong, China, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, Vol. 13, 2011, PP. 552-559.

Reygadas Da, Jennifer L.R. Jensen, Gretchen G. Moisen, Nate Currita and Edwin T. Chow Da, Assessing the relationship between vegetation greenness and surface temperature through Granger causality and Impulse-Response coefficients: a case study in Mexico Yunuen, 2020.

Siahaan, M.N.; Soebandrio, A. & Wikantika, K. Geothermal potential exploration using remote sensing technique (case study: Patuha area, west Java), Proceeding of 10th annual Asian conference and exhibition on "Geospatial Information Technology and Application", Jakarta, Indonesia, Asia Geospatial Forum 2011.

Tian, B., Wang, L., Kashiwaya, K., Koike, K. "Combination of Well-Logging Temperature and Thermal Remote Sensing for Characterization of Geothermal Resources in Hokkaido, Northern Japan", *Remote Sens*, Vol 7, 2015, pp 2647-2667.

Yuan, F. & Bauer, M. E. Comparison of impervious surface area and normalized difference vegetation index as indicators of surface urban heat island effects in Landsat imagery, *Remote Sensing of Environment*, 106:2007, 375-38.

موردی، گسل‌های شه‌داد" و نایبند، فصلنامه اطلاعات جغرافیایی سپهر، دوره ۲۷، شماره ۱۰۶، ۱۳۹۶، ۵ - ۲۰.

مرکز آمار ایران سرشماری عمومی نفوس و مسکن ۱۳۹۰.

نور علی‌نی، ج. و لاری، ح.ر. "اکتشاف اولیه انرژی زمین گرمایی در استان خراسان"، هفدهمین کنفرانس بین‌المللی برق، تهران، شرکت توانیر، پژوهشگاه نیرو، ۱۳۸۱.

Baret, F., Jacquemoud, S., Leerier, C., Guyot, G. Are spectral shifts an operational concept? Critical analysis of theoretical and experimental results. Proceedings of the Second Airborne Visible/ Infrared Imaging Spectrometer AVIRIS Workshop, Jet Propulsion Laboratory, Pasadena, CA, USA, 1990, pp.59-71.

Barreto África Manuel Arbelo Pedro A Hernández-Leal Laia Núñez-Casillas María Mira and César Coll Evaluation of Surface Temperature and Emissivity Derived from ASTER Data: A Case Study Using Ground-Based Measurements at a Volcanic Site *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology* 27 (10): 1677-88. <https://doi.org/10.1175/2010JTECHA.2010.1447.1>.

Cool Baugh, M.F.; Kratt, C.; Fallacaro, A.; Calvin, W.M. & Taranik, J.V., Detection of geothermal anomalies using advanced space borne thermal emission and reflection radiometer (ASTER) thermal infrared images at Brady's Hot Springs, Nevada, USA. *Remote Sensing of Environment*, 106: 2007, 350-359.

Huenges, E., *Geothermal Energy Systems, Exploration, Development and Utilization*, WILEY-VCH, Germany 2009.

Haselwimmer, Ch. & Prakash, A. *Thermal Infrared Remote Sensing of Geothermal Systems* (Chapter 7) 2012.

Mirco Boschetti a, Francesco Nutini a,b, Pietro Alessandro Brivioa, Etienne Bartholomé, Daniela Stroppiana a, Agata Hoscilo, Identification of environmental anomaly hot spots in West Africa from time series of NDVI and rainfall, 2013.

Matiz-León Jhon Camilo, Alfaro-Valero Claudia María, Rodríguez-Rodríguez Gilbert Fabian, Application of remote sensing techniques in the estimation of surface temperature models as support for geothermal exploration in Colombia, 2019.

Identification of geothermal areas by investigating changes in vegetation under tension and stress using ETM+ and ASTER sensors (case study: Khoi city)

Vahid Issazadeh¹, Kamal Rasouli², Tajuddin Karmi*³, Ismail Issazadeh⁴

Abstract

Thermal remote sensing, as a branch of remote sensing, plays an important role in environmental studies. Thermal remote sensing is one of the new and less expensive methods compared to ground surveys, even in remote areas, as it provides researchers with valuable information about the studied area in the shortest possible time. It is possible to prepare a temperature map of the surface of the earth to identify the areas prone to heat stress and plant stress by using infrared heating. If it provides the ground for more exploratory studies. In this research, using ETM+ and ASTER sensors, vegetation anomalies were mapped using the NDVI index of the city, and seasonal vegetation changes were investigated. Two sets of data, one in the early summer of 2002 and the other in the late summer and fall of 2002, were prepared from the following 7 dates. By calculating LST for the measured ETM+ in this study, changes beyond normal seasonal changes were considered as thermal anomalies. Also, by calculating the temperature of the surface of the earth through ASTER, the manifestations of surface anomalies in the dense vegetation cover will be revealed. For validating LST calculated by ASTER sensor, MODIS images were used and NDVI and ALI were calculated using it. The results of the present research showed that the identification of geothermal areas has a good spatial correlation with plant stress in the city. ETM+ and ASTER sensors will have high resolution if they have infrared heaters on them, 60 meters and 90 meters, respectively, if they are suitable sensors for calculating the temperature of the earth's surface and diagnosing thermal anomalies. Therefore, the differential image method in this research was not a suitable method and the results would not show well.

Key words: Earth surface temperature, sensors, sensors, ETM+ and ASTER, Khoi city.