



چکیده

در این تحقیق به بررسی نحوه استخراج و شناسایی چشمه های آب گرم و سرد با استفاده از تصاویر حرارتی سنجنده TM و ETM+ پرداخته شده است. مراحل کار به این شکل است که پس از اخذ تصاویر سنجنده TM و ETM+ در تاریخ های مختلف و انجام تصحیحات هندسی و رادیومتریک بر روی تصاویر، با استفاده از روابط موجود دمای سطحی (LST)^(۳) برای تصاویر استخراج می گردد. البته لازمه این امر استخراج NDVI و گسیل مندی برای مناطق مورد مطالعه، به دلیل تأثیر بی چون و چرای پوشش گیاهی بر حرارت سطح است.

این امر در تصاویر TM و ETM+ با استفاده از باندهای ۳ و ۴ میسر گردید.

پس از استخراج دمای سطحی با استفاده از حریم گذاری و استفاده از پروفیل سطحی در جهات مختلف و همچنین استفاده از فیلترهای بالا گذر و در نهایت انطباق لایه وکتور مربوط به محل چشمه ها بر روی تصاویر موجود، که با استفاده از GPS^(۶) و در طی کارهای میدانی تهیه شده بود، میزان توانایی تصاویر TM و ETM+ جهت شناسایی چشمه ها مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان می دهد که استفاده از تصاویر فصول سردتر نسبت به فصول گرم تر دارای ارجحیت و اهمیت بیشتری جهت شناسایی و استخراج نقاط حرارتی و آنومالی حرارتی سطح زمین بر روی تصاویر می باشند. در حالی که جهت شناسایی چشمه های آب سرد این امر بالعکس می باشد. همچنین اندازه و دمای چشمه ها با توجه به موقعیت جغرافیایی آنها می تواند از عوامل مؤثر در شناسایی و تفکیک این منابع باشد.

بازیابی حرارت سطح و استخراج چشمه های آب گرم و سرد با استفاده از باند ۶ سنجنده

TM⁺، ETM⁺

(منطقه مورد مطالعه کردستان و اردبیل)

دکتر سعید خضری
جعفر ملکی
(دانشگاه کردستان)

منطقه مورد مطالعه در کردستان نیز در محدوده ۴۵ درجه و ۳۳ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۱۵ دقیقه طول شرقی از نصف النهار گرینویچ و ۳۴ درجه و ۴۴ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۲۸ دقیقه شمالی از خط استوا قرار دارد. این مناطق به دو دلیل انتخاب شدند:

الف- اردبیل از فعال ترین مناطق ژئوترمال کشور بوده و چشمه ها و منابع آب گرم مشخصی در این منطقه وجود دارد و این امر امکانات بیشتری را جهت آزمون فرضیات تحقیق فراهم می کند.

ب- در کردستان فعالیت ژئوترمال خاصی وجود ندارد اما از این روش جهت شناسایی وجود احتمالی چشمه های آب گرم استفاده شد. علاوه بر آن در آنجا هم چشمه ها و منابع آب سرد زیادی، قابل مشاهده است.

جدول (۱): نقاط برداشت شده توسط GPS در مناطق مورد مطالعه

ردیف	نام چشمه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
۱	سقز	۴۶.۱۷	۳۶.۱۴
۲	بیجار	۴۶.۳۷	۳۵.۵۲
۳	مریوان	۴۶.۱۰	۳۵.۳۱
۴	سندج	۴۶.۵۹	۳۶.۱۸
۵	دیواندره	۴۷.۰۲	۳۵.۵۴
۶	قروه	۴۷.۴۸	۳۵.۱۰
۷	پهنلو	۴۸.۰۷	۳۸.۱۵
۸	گامیش گلی	۴۸.۰	۳۷.۱۵
۹	بش باجلار	۴۸.۰۷	۳۸.۱۵
۱۰	موویل	۴۷.۷۱	۳۸.۲۹
۱۱	موویل ۲	۴۷.۷۱	۳۸.۲۹
۱۲	قهوه سو	۴۸.۰۷	۳۸.۱۵
۱۳	کنارسهند	۴۸.۰۷	۳۸.۱۵
۱۴	قینارجه	۴۷.۶۹	۳۸.۲۸
۱۵	قینارجه هتل	۴۷.۶۸	۳۸.۲۹
۱۶	ژنرال	۴۸.۱۰	۳۸.۱۵
۱۷	سهند	۴۸.۱۵	۳۸.۱۵
۱۸	باباگرگر	۴۷.۵۱	۳۵.۱۷

واژه های کلیدی: چشمه آب گرم و سرد، مادون قرمز حرارتی، TM, ETM+, NDVI, LST

۱- مقدمه

تصاویر سنجنش از دور در بخش مادون قرمز حرارتی به دلیل توانمندی های خاص در استخراج دمای سطحی بسیار مورد توجه پژوهشگران بوده و سنجنده های گوناگون با توانمندی های متفاوت جهت این امر تولید و مورد استفاده قرار می گیرند. در این میان سنجنده های TM و ETM+ با قدرت تفکیک مکانی بالا، ۶۰ و ۱۲۰ متر در باند حرارتی و ۳۰ متر در باند مرئی، از جمله سنجنده های مهم مورد استفاده در این بخش است که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفت.

از باند یک سنجنده TM جهت مطالعه سواحل، باند ۲ تشخیص گونه های گیاهی، باند ۳ و ۴ جهت محاسبه شاخصهای پوشش گیاهی همچون NDVI، باند ۵ و ۷ جهت مطالعه ابر، برف، یخ و مطالعات زمین شناسی و باند ۶ جهت محاسبه درجه حرارت سطح زمین (LST) استفاده می شود {۱}. هدف اصلی این تحقیق استخراج چشمه های آب گرم و سرد با استفاده از تصاویر حرارتی می باشد. چون سنجنده TM دارای یک باند حرارتی می باشد، بنابراین از میان روش های موجود از روش الگوریتم تک باند استفاده شد. جهت این امر تعداد ۳۰ نقطه با استفاده از GPS در منطقه برداشت شد که در نهایت تعداد ۱۸ نقطه انتخاب و مورد استفاده قرار گرفت.

منطقه مورد مطالعه این تحقیق در اردبیل در محدوده تقریبی ۳۰-۴۷ تا ۱۵-۴۸ طول شرقی و ۴۵-۳۷ تا ۳۸-۳۰ عرض شمالی واقع شده است.



۲- مواد و روش ها

۱-۲- نقشه‌های توپوگرافی

بخشی از نقشه‌های اردبیل و کردستان با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ (تهیه شده، توسط سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح)، مورد استفاده قرار گرفت که این نقشه‌ها در سال ۱۳۸۲ تهیه شده‌اند. در این تحقیق همچنین نقشه‌های کیلک بهمی، بهبهان، اردبیل و مشکین شهر و نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ اردبیل مورد استفاده قرار گرفت.

۲-۲- نقشه‌های زمین‌شناسی

نقشه‌های زمین‌شناسی به مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ (تهیه شده توسط سازمان زمین‌شناسی کشور، ۱۳۷۵) استفاده شد. شامل برگه کامل مشکین شهر، برگه اردبیل و نقشه بهبهان و کیلک بهمی و قروه و مهاباد می‌باشند. نقاط برداشت شده توسط GPS در مناطق مورد مطالعه را در جدول (۱) مشاهده می‌کنید.

۳-۲- تصاویر ماهواره‌ای

در تحقیق حاضر از تصاویر مربوط به TM ۴ و ۵ ماهواره لندست، تصاویر TM مربوط به گذر ۱۶۷ و ردیف ۳۳ اردبیل و گذرهای ۱۶۸ - ۱۶۷ در ردیف‌های ۳۵ - ۳۶ کردستان استفاده شد.

تصاویر تهیه شده مربوط به ماه‌های سرد و گرم می‌باشد. قدرت تفکیک رادیومتریکی تصاویر در باندهای حرارتی و انعکاسی ۸ بیت می‌باشند. محدوده طیفی در تمام تصاویر در باند حرارتی یکسان بوده و شامل ۱۲/۵ - ۱۰/۴ میکرومتر می‌باشند.

تصویر ETM+ تاریخ ۲۰۰۱/۰۵/۲۳ و ۲۰۰۲/۰۷/۲۹ نیز در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفت. (جدول ۲)

جدول (۲): تصاویر مورد استفاده در این تحقیق

ردیف	سنجنده	تاریخ دریافت
۱	ETM+	۲۰۰۱/۰۵/۲۳
۲	ETM+	۲۰۰۲/۰۷/۲۹
۳	TM	۱۹۹۰/۰۹/۰۱
۴	TM	۱۹۹۱/۰۵/۲۸
۵	TM	۱۹۹۸/۰۵/۱۸
۶	TM	۱۹۹۸/۰۶/۰۸

۴-۲- تصحیح هندسی

تمام تصاویر TM به سیستم مختصات UTM تبدیل شدند. تصحیح هندسی باند حرارتی با وارد کردن آن در مجموعه داده‌های انعکاسی، و به همراه آنها صورت گرفت. با بررسی تصاویر و انطباق آنها با نقشه‌های ۱:۵۰۰۰۰ سازمان جغرافیایی، یکی از تصاویر که بیشترین تطابق را نشان داد، به عنوان تصویر پایه برای تصحیح تصاویر دیگر انتخاب شد. در مرحله بعد تصاویر مربوط به سالهای ۱۹۹۱ و ۱۹۹۰ با استفاده از این تصویر به عنوان تصویر مرجع تصحیح هندسی شدند. در تمام مراحل فوق از روش بازنویسی نزدیکترین همسایه (Nearest Neighbor) استفاده شد، تا عوارض دست نخورده باقی

بماند و جایجائی در موقعیت پیکسل‌ها ایجاد نشود.

بیشتر انرژی حرارتی که سنجنده‌ها دریافت می‌کنند در ۱۰/۵ تا ۱۲/۵ میکرومتر توسط سطح زمین ارسال می‌شود و حرارت سطحی را به عنوان متغیری ساده‌تر جهت استخراج از سیگنال مادون قرمز حرارتی نمایان می‌کند. اولین کار بعد از مخابره تصاویر تبدیل رادیانس ماهواره به دمای روشنائی سطحی می‌باشد. بعد از کالیبره کردن و تبدیل رادیانس به دما با توجه به قانون پلانک (Plank) توجه به فاکتور اتمسفری امری ضروری است. به دلیل در دسترس نبودن مقادیر مرجع رادیانس طیفی به همراه تصاویر روابط تجربی پیشنهاد شده بررسی و به صورتی که در زیر آمده مورد استفاده قرار گرفت. در ابتدا با استفاده از رابطه زیر برای هر DN تابش طیفی محاسبه گردید {۲و۱}:

رابطه (۲-۱)

$$L_{\lambda} = (\text{Gain} \times \text{DN}) + \text{Bias}$$

$$2\text{Gain} = (L_{\text{max}} - L_{\text{min}}) / 255 \text{ Bias} = L_{\text{min}}$$

۵-۲- تبدیل رادیانس طیفی به دمای جسم سیاه

داده‌های باند حرارتی TM با استفاده از رابطه پلانک از تابش طیفی به دمای جسم سیاه (T_B) که در آن گسیل مندی یک فرض می‌شوند، تبدیل شد: رابطه (۲-۲)

$$T_B = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L} + 1\right)}$$

T_B = دمای مؤثر در ماهواره بر حسب کلونین (°K)

K_1 = ثابت کالیبراسیون اول معادل $60.776 \text{ mWcm}^{-2}\text{sr}^{-1}\mu\text{m}^{-1}$

K_2 = ثابت کالیبراسیون اول معادل 1260.56 K

L = رادیانس طیفی پیکسل مورد نظر ($\text{Wm}^{-2} \text{sr}^{-1} \text{mm}^{-1}$)

پس محاسبه مقادیر درجه حرارت روشنائی مقدار دمای سطحی از رابطه زیر بدست آمد:

$$T_s = T_b / [1 + (\lambda T_b / a) Lne] \quad \text{رابطه ۲-۳}$$

λ = طول موج رادیانس ساطع شده ($11.5 \mu\text{m}$)

a = hc/k ($1.438 \times 10^{-2} \text{ mk}$)

e = گسیل مندی

۶-۲- تصحیح گسیل مندی

عدم تصحیح گسیل مندی می‌تواند یک منبع خطا در تخمین حرارت باشد. مقدار گسیل مندی خود متأثر از نوع خاک و پوشش گیاهی است. حتی تغییر در برگ درختان نیز آنرا تحت تأثیر قرار می‌دهد {۳}. غیر از آنچه بیان شد گسیلمندی از عوامل دیگری همچون رطوبت موجود در سطح زمین متأثر است. به این دلیل در محاسبه گسیل مندی بایستی دقت کافی به کار برد چرا که مقدار خطای یک درصد سبب ایجاد تفاوت ۰/۷۵ کلونین در درجه حرارت سطح می‌شود {۴}. برای انجام تصحیحات گسیل مندی ابتدا لایه NDVI همراه به ترکیبات رنگی ۲-۳-۴ برای پیدا کردن عدد آستانه معرف پوشش گیاهی بررسی شد. سپس مقادیر NDVI به دو گروه کلی پوشش گیاهی و فاقد پوشش گیاهی با استفاده از مقادیر آستانه فوق طبقه‌بندی مجدد شدند. این لایه برای تولید لایه گسیل مندی به کار رفت. مقادیر گسیل مندی برای پوشش



رابطه (۷-۲)

$$d_e = (1 - \epsilon_s)(1 - P_v)F\epsilon_v$$

در نهایت میزان گسیل مندی سطح زمین (LSE) را از معادله زیر بدست آوردیم، که مقادیر m و n از روابط زیر محاسبه و اعمال گردید.

رابطه (۸-۲)

$$e = mP_v + n$$

رابطه (۹-۲)

$$m = eV - eS - (1 - eS)FeV$$

رابطه (۱۰-۲)

$$n = \epsilon_s + (1 - \epsilon_s)F\epsilon_v$$

ورابطه نهایی جهت محاسبه و تصحیح مقدار گسیلمندی به صورت زیر است

رابطه (۱۱-۲)

$$\text{finale} = 0.004P_v + 0.986$$

در نهایت تمام داده‌های تولید شده برای سهولت مطالعه براساس رابطه (۱۲-۲) از درجه کلونین به درجه سانتی‌گراد تبدیل شدند: {۱}

رابطه (۱۲-۲)

$$\text{Celsius} = \text{Kelvin} - 273.15$$

جدول (۳): همبستگی دما با NDVI در تصویر TM تاریخ ۱۹۹۸/۰۶/۰۸ کردستان

	NDVI	TS
ضریب همبستگی پیرسون NDVI سطح معناداری	۱	-۰/۷۳۲ ۰/۰۲۹
ضریب همبستگی پیرسون NDVI سطح معناداری	-۰/۷۳۲ ۰/۰۲۹	۱

جدول (۴): همبستگی دما با NDVI در تصویر TM تاریخ ۱۹۹۸/۰۵/۱۸ اردبیل

	NDVI	TS
ضریب همبستگی پیرسون NDVI سطح معناداری	۱	-۰/۶۸۵ ۰/۰۳۸
ضریب همبستگی پیرسون NDVI سطح معناداری	-۰/۶۸۵ ۰/۰۳۸	۱

۷-۲ - نتایج استخراج NDVI

پوشش‌های گیاهی متفاوت و میزان تراکم هر گونه تعیین کننده نوع اثر آن بر دما است که متناسب با فصل این خصوصیات متغیر است. پوشش‌های

گیاهی ۰/۹۹ و برای مناطق فاقد پوشش گیاهی، ۰/۹۷ در نظر گرفته شد {۷ و ۱۰}. برای تعیین مقادیر گسیل مندی بهتر است اندازه‌گیری‌های مستقیم زمینی صورت گیرد و یا از طریق داده‌های چند طیفی حرارتی نظیر ASTER این مقادیر استخراج شوند {۱}. با استفاده از مقادیر گسیل مندی و فرمول زیر حرارت سطح محاسبه گردید که ابتدا میزان حد آستانه برای خاک و پوشش گیاهی متراکم به ترتیب برابر مقادیر زیر در نظر گرفته می‌شود. این مقادیر با استفاده از میانگین طیفی بدست آمده و با استفاده از طیف سنجه‌ها و سنجنده Aster حاصل شده است {۵ و ۲۰}.

NDVI < ۰/۲ → ۰/۹۷ خاک
NDVI < ۰/۵ → ۰/۹۹ پوشش گیاهی متراکم

۰/۵ < NDVI < ۰/۲ و در سایر مقادیر از روابط زیر استفاده می‌شود

$$e = e_p p_v + e_s(1 - p_v) + de \quad \text{رابطه (۴-۲)}$$

ϵ_v = گسیل مندی گیاهان

ϵ_s = گسیل مندی خاک

ضریب گیاهی که طبق معادله زیر بدست می‌آید P_v

$$P_v = \left[\frac{[NDVI - NDVI_{MIN}]}{NDVI_{MAX} - NDVI_{MIN}} \right]^2 \quad \text{رابطه (۵-۲)}$$

که در آن مقدار

۰/۵ برابر NDVImax

۰/۲ برابر NDVimin

محاسبه NDVI

به عنوان شاخصی از وضعیت پوشش گیاهی جهت استفاده در میان شاخص‌های گیاهی موجود شاخص گیاهی نرمال شده یا NDVI انتخاب شد. این شاخص از شاخص‌های گیاهی براساس شیب بوده و با استفاده از محدوده انعکاس و محدوده جذب پوشش گیاهی و نرمال‌سازی اعداد به محدوده ۱-۰ تا ۱ به صورت زیر محاسبه می‌شود {۸}:

رابطه (۶-۲)

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} = \frac{TM_4 - TM_3}{TM_4 + TM_3}$$

که به جای NIR باند ۴ و به جای RED باند ۳ جای‌گذاری شد. این شاخص پر کاربردترین شاخص گیاهی می‌باشد که در کاربردهای مختلف استفاده شده است. NDVI در ارتباط با تغییرات توده گیاهی سبز، محتویات کلروفیل، استرس آبی و چتر گیاهی می‌باشد. این شاخص در پیش بینی خصوصیات سطح در مواقعی که چتر گیاهی چندان متراکم نیست می‌تواند مؤثر باشد {۹ و ۸}. تصاویر NDVI برای تاریخ‌های مختلف تولید شد و در مراحل بعدی به کار رفت. جهت محاسبه مقدار d_e همانطور که قابل مشاهده است به فاکتور دیگری به نام F نیاز است که نشانگر فاکتور شکل (Shape Factor) می‌باشد که این مقدار را معمولاً برابر ۰/۵۵ در نظر می‌گیرند {۱}.

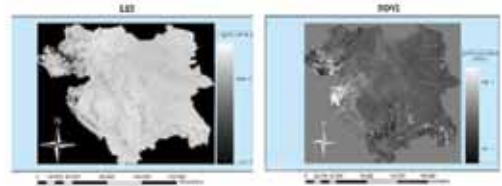


اجرای الگوریتم، و استخراج پروفیل‌های طولی و سطحی در جهات مختلف، و مشاهده موقعیت نقاط، میزان تفاوت درجه حرارت آن با نقاط مجاور به خوبی قابل مشاهده شد. نگاره (۱) نمونه‌ای از LST و NDVI محاسبه شده برای استان کردستان است.

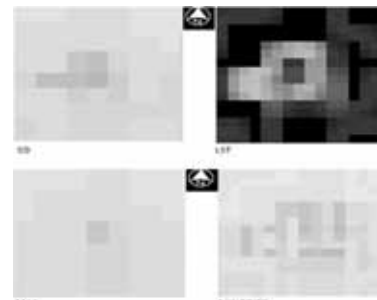
لازم به ذکر است که با توجه به احتمال خطای یک تا دو پیکسل در هنگام تصحیحات هندسی استفاده از پروفیل در جهات مختلف ضروری است. علاوه بر مورد یاد شده میزان انحراف معیار، واریانس حداکثر (Max) و حداقل (Min) نیز در هر کدام از سطوح محاسبه و با همان مقادیر عددی در پیکسل‌های یاد شده مقایسه شد. در نگاره (۲) LST، SD، MAX و MINORITY محاسبه شده با استفاده از ماتریسهای گوناگون ۳×۳، ۵×۵، ۷×۷ و ۹×۹ انجام شد که در نهایت بهترین نتایج از تصاویر با اجرای ماتریسهای ۳×۳ استخراج و مشاهده گردید. تصاویری را که در نگاره‌های (۲) و (۳) مشاهده می‌کنید، مربوط به ماتریسهای ۳×۳ می‌باشد. با مشاهده حرارتی تصویر SD نگاره (۲) می‌توان چنین استنباط کرد، نقاطی که دارای حرارت بالاتری است، به دلیل واریانس بیشتر نسبت به اطراف که از نظر حرارت همگن‌تر بوده، قابل تشخیص تر می‌باشند. در واقع مقادیر قابل مشاهده همان ΔT یا تفاوت آن نقطه نسبت به پس زمینه‌ی تصویر است. همانطور که در نگاره‌های ۴ و ۵ قابل مشاهده است در ماه‌های سردتر میزان اوج منحنی بالاتر و نسبت به پیکسل‌های مجاور دارای فرود مشخص‌تری است، که این امر بیانگر اختلاف درجه حرارت بیشتر نسبت به پیکسل‌های مذکور است. نکته قابل توجه در مورد ماه‌های گرم‌تر اوج منحنی در مورد همان نقاط حاوی چشمه‌های آب گرم است با این تفاوت که در این ماهها پیکسل‌ها درجه حرارت بالاتری را نشان می‌دهند، که این امر بیانگر افزایش میانگین دمای پیکسل در این ماههاست. در ماههای سرد کاهش میانگین درجه حرارت پیکسل‌ها تأیید کننده این امر است. اما نکته قابل توجه در مورد سایر پیکسل‌های موجود در فصل گرم کاهش اختلاف دمای پیکسل‌های حاوی چشمه‌های آب گرم نسبت به پیکسل‌های اطراف با وجود افزایش میانگین درجه حرارت این پیکسل‌ها است. این امر تشخیص این پیکسل‌ها را در ماه‌های گرم تا حدودی مشکل‌تر ساخته است. (به گونه‌ای که این امر در ۱۹۹۰/۰۹/۰۱ تشخیص پیکسل‌های حاوی چشمه آب گرم را عملاً غیرممکن ساخته است).

گیاهی از طریق افزایش رطوبت هوا، انعکاس تابش مادون قرمز، جذب طول موج‌های مرئی و جلوگیری از رسیدن نور خورشید به سطح زمین بر دمای محیط مؤثر هستند.

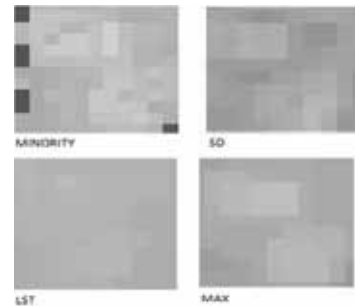
همانطور که بیان شد، در تحقیق حاضر از شاخص گیاهی نرمال شده (NDVI) استفاده شده است. به طور کلی NDVI با دمای سطحی همبستگی بالایی را نشان میدهد. البته این رابطه با ناهنجاریهای حرارتی گاهی مستقیم و گاهی معکوس است.



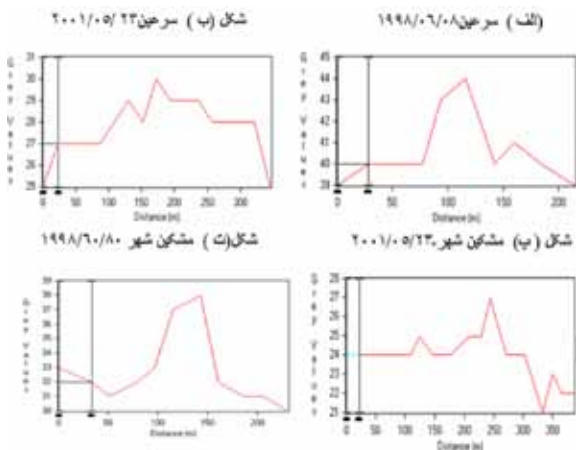
نگاره (۱): نمونه‌ای از LST و NDVI محاسبه شده برای استان کردستان



نگاره (۲): باباگر - تصویر ۲۰۰۲+ ETM



نگاره (۳): سرعین - تصویر ۱۹۹۸ TM



نگاره (۴): تغییر ارزش پیکسل‌ها در مناطقی که چشمه‌های آب گرم موجود است.

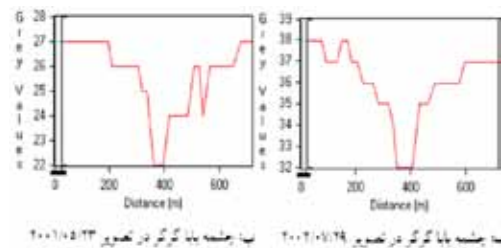
برای هر تصویر به طور جداگانه NDVI آن محاسبه شد. در جدول‌های شماره‌ی (۳) و (۴) میزان همبستگی NDVI با دمای سطحی دو تصویر مختلف را مشاهده می‌کنید. این مقادیر در نرم افزار SPSS محاسبه و استخراج شده است. پس از انجام تصحیحات هندسی بر روی تصاویر روابط بیان شده در مدل‌های جداگانه در محیط مدسازی نرم افزار ERDAS IMAGING 8.4 پیاده و اجرا شد. نتایج اجرای مدل‌های مورد استفاده، و خروجیهای بدست آمده به گونه‌ای است که در شکل‌های شماره (۱)(۲)(۳) قابل مشاهده است. با توجه به اینکه مناطقی که چشمه‌ها در آن واقع شده از نظر مختصات جغرافیایی مشخص می‌باشند با انتقال این نقاط بر روی تصویر LST حاصل از



۳- بحث و نتیجه گیری

پس از استخراج LST در سطح کلیه تصاویر با استفاده از روش های مورد بحث اقدام به بازیابی و استخراج چشمه های آب گرم گردید. با توجه به نتایج بدست آمده میتوان چنین استنباط کرد که هر اندازه دمای چشمه بیشتر و یا کمتر (سردتر) باشد قابلیت تشخیص آن بر روی تصاویر امکان پذیرتر و طبیعتاً در صورتی که اندازه ی آن نیز بزرگتر باشد، این امر آسانتر امکان پذیر می گردد. اما باید توجه نمود که این امر نسبی است.

به این صورت که ممکن است نقطه ای دارای دمای بالاتر و یا بسیار پائین تر اما از نظر اندازه کوچکتر، نتواند بر میانگین دمای پیکسل تأثیرگذار بوده، و به این ترتیب نسبت به پیکسل های اطراف قابل شناسایی نباشد. آنومالی کلی که در سطح تصویر وجود دارد تحت تأثیر عوامل گوناگونی است و شناسایی یک پدیده مستلزم این امر است، که میانگین دمایی آن، از دمای پیکسل های اطراف متفاوت باشد به گونه ای که از آنها قابل تفکیک باشد. البته قبل از آن دمای نقطه ای که در آن پیکسل وجود دارد باید از میانگین دمای سطح خود پیکسل نیز بیشتر باشد، تا بتواند میانگین دمای پیکسل را تحت تأثیر قرار داده و به صورت یک بی نظمی در سطح تصویر نمایان شود. زمان اخذ تصاویر که در این تحقیق در ماه های سرد و گرم مورد بررسی قرار گرفت، توانست امکان شناسایی و استخراج منابع و نقاط حرارتی را به گونه ای بهتر برایشان فراهم کند.



نگاره (۵): تغییر ارزش پیکسل ها در مناطقی که چشمه های آب سرد وجود دارد

با توجه به عملیات انجام شده می توان به این نتیجه رسید که در ماه های سرد به علت مغایرت شدید بین عوارض، امکان شناسایی چشمه های آب گرم بسیار بالاتر و امکان پذیرتر می باشد. اما همین امر خود در مواردی که منبع دمایی دارای اندازه بسیار کوچک بوده و یا دمای آن کم باشد می تواند باعث عدم تأثیرگذاری بر سطح پیکسل بوده و در نتیجه توانایی تشخیص آن را در سطح تصویر پایین بیاورد. از طرف دیگر شناسایی چشمه های آب سرد بالعکس چشمه های آب گرم در ماه های گرم به علت مغایرت شدید بین عوارض، امکان شناسایی آنها بسیار بالاتر و امکان پذیرتر می باشد. از بین روش های مورد استفاده فیلترهای بالاگذر به علت متأثر بودن از شرایط توپوگرافیک منطقه، جهت مطالعه ناهنجاری های حرارتی در سطح وسیع مناسب نیستند. اما در این تحقیق چون نقاطی که چشمه ها در آن واقع شده قبلاً مشخص شده بود، استفاده ی از این فیلترها تا حدی نقاط را برجسته می کنند. اما باید توجه کرد که جهت بازیابی نقاط حرارتی در سطح وسیع قابل اطمینان نیست.

مقایسه میانگین های بدست آمده از تصاویر ناهنجاری های حرارتی در محدوده چشمه های آب گرم و سرد بیانگر اثر این چشمه ها بر دما می باشد. روند تغییر میانگین گوسین با ناهنجاری های حرارتی در محدوده های مختلف نیز مؤثر بودن فعالیت چشمه های آب گرم و سرد بر دمای سطح زمین را

تأیید می نماید. البته باید توجه داشت همبستگی تغییرات حرارتی با فاصله از چشمه های آب گرم و یا سرد نیز در حدی نیست که بتوان از آن نتیجه گیری نموده و از آن به صورت حد آستانه جهت استخراج اتوماتیک چشمه های آب گرم استفاده کرد. زیرا چشمه ها تا محدوده مشخص و البته کوچکی بر دما اثر می گذارند. از سوی دیگر به علت متأثر بودن منطقه اردبیل از فعالیت های ژئوترمال اثر ناهنجاری های حرارتی در منطقه یکنواخت نبوده و پراکندگی آن تابع شرایط محیط است. بدین ترتیب همبستگی منفی ضعیفی بین ناهنجاری های حرارتی با فاصله از چشمه های آب گرم وجود دارد. ولی این اثرات در مناطقی که چشمه ها قرار گرفته است، به علت تأثیر غالب دمایی چشمه ها بر پیکسل حاوی آن و پیکسل های اطراف در تصاویر مورد مطالعه آنقدر زیاد نیست که بتواند تأثیر این نقاط را حذف کند. البته پر واضح است که با در نظر گرفتن سایر شرایط محیطی بتوان این ناهنجاری ها را به گونه ای بهتر تعیین کرد و از روش های اتوماتیک جهت استخراج این نقاط بهره جست. نتایج بدست آمده از تصاویر در ماه های سردتر بیانگر این امر است که به علت یکنواختی سطح زمین از نظر پوشش گیاهی و همچنین شرایط دمایی یکنواخت تر نقاط حرارتی به گونه ای واضح تر نمایان می شوند.

منابع و مأخذ

- 1- Jose´ A. Sobrino*, Juan C. Jime´nez-Mun´oz, Leonardo Paolinib Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5 Remote Sensing of Environment 90 (2004) 434-440.
- 2- Jime´nez-Mun´oz, J. C., & Sobrino, J. A. (2003). A generalized singlechannel method for retrieving land surface temperature from remote sensing data. Journal of Geophysical Research, 108 (doi: 10.1029/ 2003JD003480).
- 3- Gates , D.M., Keegan , H . J ., Schleter.J.C ., and Weidner ,V.R., 1965 . Spectral properties of plants . Applied Oprics .4,11-20.
- 4- Fuchs,M.,and Tanner,C.B.,1966.infrared thermometry of vegetation .agronomy journal.58,597-601.
- 5- Becker, F., & Li, Z. -L. (1990). Temperature independent spectral indices in thermal infrared bands. Remote Sensing of Environment, 32, 17- 33.
- 6- Sultan ALSULTAN, Saudi Arabia, Hwee-San LIM, Mohd. Zubir MATJAFRI and An Algorithm for Land Surface Temperature Analysis of Remote Sensing Image Coverage Over AlQassim, Saudi Arabia Remote Sensing and Photogrammetry 2005.
- 7- Carlson, T. N., & Ripley, D. A. (1997). On the relation between NDVI, fractional vegetation cover, and leaf area index. Remote Sensing of Environment, 62, 241- 252.
- 8- Liang, Shunlin ,quantitative remote sensing of land surfaces, John Wiley, 2004.
- 9- Van de Griend, A. A., & Owe, M. (1993). On the relationship between thermal emissivity and the normalized difference vegetation index for natural surfaces. International Journal of Remote Sensing, 14(6)

پی نوشت

1. Thematic Mapper
2. Enhanced Thematic Mapper Plus
3. Land Surface Temperature
4. Normalize Difference Vegetation Index
5. Global Position System