



بررسی فرآیند زمین لغزش

با تأکید بر زمین لغزش‌های بخشی از استان کردستان (محدوده شهرستان بانه)

مهندس اقبال محمدی

عضو هیأت علمی تحقیقات آبخیزداری کردستان

ممند سالاری

دکتری جغرافیای طبیعی دانشگاه تهران

هیوا شیرزادی

کارشناس ارشد جغرافیای طبیعی دانشگاه تهران

چکیده

بخش عمده‌ای از سرزمین ایران را مناطق کوهستانی فراگرفته است. یکی از مخاطراتی که همواره این مناطق را تهدید می‌کند، ناپایداری‌های دامنه‌ای است. وقوع این پدیده، هر ساله خسارات زیادی را به اراضی دامنه‌ای و مورد بهره‌برداری انسان وارد می‌کند. در این میان یکی از مخاطره‌آمیزترین ناپایداری‌های دامنه‌ای پدیده زمین لغزش می‌باشد. استان کردستان و در این بین محدوده مورد مطالعه (شهرستان بانه) به عنوان بخشی از استان، یکی از مناطقی است که به علت شرایط خاص زمین‌شناسی، توپوگرافیک و اقلیمی به همراه عامل انسانی، در برخی نقاط، مستعد زمین لغزش است.

از مهمترین این زمین لغزشها می‌توان به گردنه خان، ساوان، سبدلو و در نهایت آلود به عنوان شاخص اشاره کرد. لذا شناسایی فرآیند زمین لغزش به همراه شناسایی، بررسی و تعیین علل لغزشها در سطح مناطق کشور لازم بنظر می‌رسد. در این مطالعه ابتدا به ماهیت پدیده زمین لغزش و عوامل وقوع آنها و سپس معرفی زمین لغزش‌های شهرستان بانه پرداخته می‌شود. در سطح محدوده مورد مطالعه، نقش عامل لیتولوژی همچون حساسیت سازندهای سست، تخریب پوشش گیاهی، نزولات جوی بصورت برف و باران، نفوذپذیری، حفر جانبی رودخانه‌ها با دبی بالا، جاده سازی و نزدیکی به گسل‌های اصلی (گسل اصلی جوان زاگرس و گسل پیرانشهر) از جمله عواملی هستند که موجب ایجاد زمین لغزش گردیده‌اند.

واژه‌های کلیدی: حرکات توده‌ای، زمین لغزش، استان کردستان، شهرستان بانه.

مقدمه

حرکات توده‌ای، یک فرآیند ژئو-اکوسیستمی مهم در طبیعت می‌باشند که حیطه آنها از تپه‌های ملایم تا کوهستان‌های شیب‌دار گسترش یافته است (گروبر و همکاران، ۲۰۰۹). زمین لغزش‌ها یکی از مخرب‌ترین پدیده‌های طبیعی هستند که هر ساله خسارات زیادی به دارایی و زندگی انسانها وارد می‌کنند، بنابراین پهنه‌بندی و شناسایی قابلیت زمین لغزش برای برنامه‌ریزی آینده فعالیت‌های توسعه‌ای ضروری است (همکاران و همکاران، ۲۰۰۶).

برای درک بهتر موضوع می‌توان به زمین لغزش ایجاد شده در یونگای پرو اشاره کرد که موجب مدفون شدن چندین روستا گردید و حدود ۲۵۰۰۰ نفر را از بین برد و همچنین زمین لغزش در رزنبرگ سوئیس که در سال ۱۸۰۶ بیش از ۴۷۵ نفر را از بین برد (شریعت جعفری، ۱۳۷۵).

برهمن اساس در چندین سال گذشته، بسیاری از دول و مؤسسات تحقیقی بین‌المللی در دنیا، منابع قابل ملاحظه‌ای را برای ارزیابی مخاطرات مربوط به زمین لغزش‌ها و ارائه طرح‌هایی در جهت توصیف توزیعات فضایی آنها، اختصاص داده‌اند (گوزتی و همکاران، ۱۹۹۹).

کشور ایران به دلایل مختلف از جمله موقعیت خاص زمین ساختی و زمین شناختی خود همراه با نقش و تأثیرات عامل انسانی، همواره با وقوع پدیده‌های مخرب طبیعی دست به گریبان بوده است.

استان کردستان و شهرستان بانه که هدف این مطالعه است، نیز تحت تأثیر توپوگرافی عمدتاً کوهستانی، وضعیت متنوع زمین‌شناسی و اقلیمی و دخالت‌های نادرست انسانی، عمده شرایط طبیعی را برای ایجاد طیف وسیعی از زمین لغزه‌ها دارد. همه ساله پدیده زمین لغزه‌ها در شهرستان بانه به همراه سایر شهرستان‌های استان موجب خسارات اقتصادی به راه‌ها، شبکه شریانهای حیاتی داخل شهرها، جنگلها و مراتع و منابع طبیعی، مزارع و مناطق مسکونی شهری و روستایی گردیده و یا آنها را مورد تهدید قرار می‌دهد. بر همین اساس در این تحقیق ضمن بررسی فرآیند زمین لغزش، به شناسایی و بررسی بخشی از زمین لغزش‌های استان (شهرستان بانه) به عنوان اولین گام در راستای مدیریت محیط اقدام شده است.

موقعیت منطقه مطالعاتی

استان کردستان با مساحت ۲۸۲۳۵ کیلومترمربع حدود ۷/۱ درصد از کل کشور را شامل می‌شود. این استان در غرب ایران و در مجاورت خاک عراق بین ۳۴ درجه و ۴۴ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۳۰ دقیقه عرض شمالی و ۴۵ درجه و ۳۱ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۱۶ دقیقه طول شرقی از نصف النهار گرینویچ واقع شده است. مساحت جنگل‌های استان ۲۴۲۱۵۸ هکتار برآورد شده است که بیشتر در شهرستان‌های بانه و مریوان و تا حدودی در شهرستان‌های کامیاران و سنندج متمرکز می‌باشد.



نگاره ۱: نقشه استان کردستان و محدوده مطالعاتی

در این بین شهرستان بانه نیز به عنوان یکی از شهرستان‌های آن می‌باشد که در قسمت شمال غرب آن واقع شده است. محدوده جغرافیایی آن منطبق بر عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۸ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۲۳ دقیقه عرض



گسل‌های اصلی که در محدوده مطالعاتی و فرایندهای آن نقش دارند، می‌توان به گسل‌های زاگرس به عنوان گسل سراسری و گسل پیرانشهر در مرحله بعد اشاره نمود که در پویایی و ناپایداری روند ژئومورفیک محدوده و نهایتاً لرزه خیزی و به دنبال آن زمین لغزش نقش اساسی دارند. با توجه به وضعیت زمین ساخت منطقه و بررسی‌های صورت گرفته در ارتباط با زلزله خیزی استان کردستان می‌توان نتیجه گرفت که استان کردستان و به ویژه غرب و جنوب غرب و شمال غرب که محدوده مطالعاتی مورد بررسی در این تحقیق نیز بخشی از آن است، از دیدگاه خطر زمین لرزه در ناحیه با خطر بسیار بالا واقع است. از سویی توپوگرافی و مورفولوژی محدوده مطالعاتی نیز به صورت کوهستان‌های فشرده، دره‌های تنگ و دامنه‌های پرشیب می‌باشد که در روند فرایند لغزش و تسریع آن در سطح منطقه بسیار تأثیرگذار هستند. از سویی میزان بارش نیز بسیار بالا است و تغییرات حرارتی نیز در آن زیاد است. در کل مجموعه این فاکتورهای محیطی در سطح شهرستان بانه زمینه‌ساز پتانسیل بالای زمین لغزش شده‌اند. بر همین اساس به بررسی آنها پرداخته می‌شود.



نگاره ۳: نقشه گسلهای استان و شهرستان بانه (بر گرفته شده از ngdir)



نگاره ۴: نقشه لیتولوژی استان کردستان و شهرستان بانه

نقشه لیتولوژی استان کردستان و شهرستان بانه

– زمین لغزش در شهرستان بانه

در منطقه بانه به لحاظ وضعیت آب و هوایی (بارندگی و رطوبت و تغییرات دمایی) و تنوع لیتولوژی و هوازدگی منتج از آن و شیب‌های بالای پوشیده شده با نهشته‌ها و ناپایداری آنها و نزدیکی به گسل پیرانشهر، به صورت یک سیستم و در ارتباط با هم زمینه ساز بالا بردن پتانسیل لغزشی آن شده‌اند. به طور کلی از مهمترین زمین لغزش‌های بانه می‌توان به گردنه خان در محور ارتباطی بانه – سقز، کوخان در مسیر بانه – سردشت و زمین لغزش‌های روستاهای ساوان، سبدلو در مجاورت بانه، سیوچ و سوتو و آلوت به عنوان بخشی از زمین لغزش‌های رخ داده شده در چندین سال اخیر اشاره کرد. در این بین زمین لغزش روستای آلوت به عنوان مهم‌ترین زمین لغزش شهرستان و منطقه که در چندین سال گذشته رخ داده است، می‌باشد و بر همین اساس روی آن به عنوان شاخص در ارتباط با دید فرایندی تأکید شده است.

شمالی و طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۵۵ دقیقه تا ۶۶ درجه و ۱۹ دقیقه طول شرقی است. مساحت شهرستان بانه بالغ بر ۱۴۵۰ کیلومترمربع و جمعیت آن براساس آخرین نتایج سرشماری کشور، ۱۱۶۷۳۳ نفر است. در این بین زمین لغزش‌های بخش شمال غرب استان شامل شهرستان بانه مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

– مواد و روشها

جهت بررسی زمین لغزش‌های استان کردستان و به طور خاص شهرستان بانه، آمار و اطلاعات از سازمان‌های مرتبط استان گرفته شده و نقشه‌های توپوگرافی و زمین‌شناسی نیز با مقیاس‌های مختلف مورد بررسی و استفاده قرار گرفته است. مطالعات کتابخانه‌ای لازم در ارتباط با مبانی نظری تحقیق انجام گرفته و مطالعات میدانی نیز انجام شده است.

– زمین لغزش و عوامل مؤثر بر وقوع آنها

تمام فرایندهایی که حاصل دخالت آنها سبب جابجایی حجم کم و بیش بزرگی از رسوبهای سطحی می‌گردد، در قلمرو حرکات توده‌ای قرار می‌گیرد. (محمودی، ۱۳۸۳) در این بین زمین لغزشها شکل گسترده‌ای از حرکات توده‌ای بوده و یکی از مخاطرات گسترده طبیعی محسوب می‌شوند. (شادفر، ۱۳۸۴) حرکات دامنه‌ای به چهار نوع اصلی (ریزشی، لغزشی و جریانی) تقسیم می‌شوند که در ایران این فرایند بیش از سایر حرکات دامنه‌ای دیگر اتفاق می‌افتد و با لاقل بیشتر گزارش می‌شود. (زمردیان، ۱۳۸۱) در ارتباط با عوامل مؤثر در ایجاد زمین لغزه نیز باید اشاره کرد که با توجه به ماهیت پدیده‌های طبیعی، می‌توان دلایل بسیاری را برای آن در نظر گرفت. در ارتباط با عوامل آن در ایران به طور کلی می‌توان توپوگرافی عموماً کوهستانی و دامنه‌ای جوان (ارتفاع و شیب)، نقش تکتونیک و بویژه گسلهای سراسری و محلی فراوان (زلزله خیزی) و وضعیت اقلیمی مناطق و وجود رسوبات سست مثل لایه‌های رسی و مارنی و شیل و فعالیت رودخانه و حفر جانبی آن را به همراه نقش انسان و اقدامات ناآگاهانه و تخریبی آن در ارتباط با محیط به عنوان بخشی از دلایل اصلی و به صورت سیستمی نام برد.



نگاره ۲: نقشه منحنی‌های تراز استان و شهرستان بانه (گرفته شده از ngdir)

– بررسی اجمالی متغیرهای محیطی تأثیرگذار در زمین لغزش در محدوده مطالعاتی

بیشتر گستره استان از دیدگاه زمین‌شناسی در زون سنندج – سیرجان قرار دارد و تنها بخشهای کوچکی از این گستره در زون زاگرس واقع می‌شود. (نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی کشور) اما به نظر می‌رسد که بخشهای شمال غربی استان، یعنی محدوده‌ای که از مریوان به سوی بانه ادامه پیدا می‌کند، علی‌رغم تشابه ویژگی‌های موجود به زون سنندج – سیرجان، با زاگرس نیز در ارتباط می‌باشند و از سویی تنوع سنگها را نیز از سخت تا سست داریم. گسل‌ها نیز به عنوان یکی از شاخصهای تأثیرگذار در فرایند زمین لغزش می‌باشند. در ارتباط با تحقیق باید اشاره کرد که از



– زمین لغزش آلوت

به عنوان یکی از عامل‌های ناپایداری دامنه‌ای است ۷- در نگاهی دقیق‌تر می‌توان با توجه به قابلیت‌هایی که منطقه برای زمین لغزش داشته و دارد، با توجه به مرزی بودن منطقه مورد مطالعه، نقش ارتعاشات و فشارهای دینامیکی ناشی از جنگ تحمیلی را نیز از عوامل مؤثر دانست که قناعت نیز به آن اشاره کرده است.



نگاره ۶: تصویر محدوده زمین لغزش آلوت

نتیجه‌گیری

شواهد و بررسی‌های صورت گرفته نشان می‌دهد که استان کردستان و محدوده شهرستان بانه به واسطه موقعیت جغرافیایی و به تبع آن پارامترهای طبیعی منتج همچون توپوگرافی و مورفولوژی عمدتاً کوهستانی و تکتونیک نسبتاً جوان و گسل‌های منطقه اعم از زاگرس و پیرانشهر و بارندگی نسبتاً بالا به همراه تنوع سازند با میزانهای مختلف نفوذپذیری و تخلخل، قابلیت زمین لغزشی بالایی دارد و نمونه شاخص آن زمین لغزش آلوت است. لذا ضروری است که در تمام فعالیتهای عمرانی و آمایشی موجود در سطح محدوده شهرستان بانه ارزیابی‌های محیطی از جمله مخاطرات مربوط به زمین لغزش در اولویت قرار گیرند، خصوصاً که در سطح شهرستانهای استان و همچنین بانه روند احداث سازه‌های عمرانی مثل سد و... در حال اجراء و در جریان هستند.

منابع و مأخذ

- ۱- پایگاه ملی داده‌های علوم زمین، <http://www.Ngdir.ir>
- ۲- زمردیان، محمدجعفر، ژئومورفولوژی ایران، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، جلد دوم، چاپ اول، ۱۳۸۱.
- ۳- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح جمهوری اسلامی ایران، نقشه‌های توپوگرافی محدوده‌های مطالعاتی.
- ۴- سازمان زمین‌شناسی کشور، نقشه‌های زمین‌شناسی محدوده مطالعاتی.
- ۵- شادفر، صمد، ارزیابی تحلیلی مدلهای کمی زمین لغزش به منظور دستیابی به مدلی مناسب برای حوضه چالکرو، پایان نامه دکتری گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه تهران، ۱۳۸۴.
- ۶- شریعت جعفری، محسن، زمین لغزش، مبانی و اصول پایداری شیب‌های طبیعی، انتشارات سازه، ۱۳۷۵.
- ۷- قناعت، جمال، تأثیر زمین لغزش در راهسازی استان کردستان و بررسی رانش مسیر کمربندی غربی سنندج به عنوان نمونه و تأثیر آن بر ترافیک شهری، پایان نامه کارشناسی ارشد عمران، دانشگاه علم و صنعت، ۱۳۷۵.
- ۸- محمودی، فرج ا...، ژئومورفولوژی دینامیک، انتشارات دانشگاه پیام نور، چاپ ششم، ۱۳۸۴.
- ۹- مرکز آمار ایران، سرشماری عمومی نفوس و مسکن کشور، ۱۳۸۵.

10- Gruber, S., Huggel, C., Pike, R. 2009. Modeling mass movements and landslide susceptibility. *Developments in Soil Science*, V 33, ISSN 0166-2481.
 11- Guzzetti, F., Carrara, A. M., Reichenbach, P., 1999. landslide hazard evaluation: a review of Current techniques and their application in a multi-case study, central Italy. *Geomorphology* 31, 181-216.
 12- Kanungo, D.P., Arora M.K., Sarkar, S. and Gupta, R.P. 2006. A comparative study of conventional, ANN, black box, fuzzy and combined neural and fuzzy weighting procedures for landslide susceptibility zonation in Darjeeling Himalayas. *Engineering Geology*, 85, 347-366.

این زمین لغزش در اسفند سال ۱۳۶۶ در روستای آلوت که در غرب شهر بانه و در نوار مرزی ایران و عراق قرار دارد، اتفاق افتاد. منطقه مورد مطالعه همچنین دقیقاً در خط مرزی دو استان کردستان- آذربایجان غربی (شهرستان بانه - سردشت) و در حاشیه بالا دست رودخانه پرآب زاب صغیر قرار دارد. روستاهای گله سپی و مرگان که در محدوده شهرستان سردشت قرار دارند، در روبروی روستای مورد مطالعه (آلوت) قرار دارند و روستای به تاریخ پیوسته زیوه (متأثر از همین زمین لغزش) نیز در پایین دست این دو روستا و در حاشیه رود زاب در محدوده شهرستان سردشت قرار داشت. حرکت آن به صورت آرام و متناوب در حدود دو شبانه روز بوده که در نهایت بخش زیادی از اراضی و بویژه باغات موجود و قسمتی از خانه‌های مسکونی قسمت پایینی و جنوبی روستای آلوت جایجا شد. اهمیت بررسی این زمین لغزش به دلیل جریان وسیع و آرام و به تبع آن اثرات ژئومورفیک آن می‌باشد که بعد از گذشت چندین سال هنوز آثار آن پیدا است و از سویی کمتر بررسی و شناسایی شده است.



نگاره ۵: تصویر قسمت پیشانی محدوده زمین لغزش

در ارتباط با اثرات ژئومورفیک آن باید اشاره کرد که تحت تأثیر نوع جریان که از بالا دست به سمت پایین دست به صورت آرام صورت گرفته است، بخشی از باغات و مواد حمل شده پس از عبور از عرض رودخانه، ضمیمه زمینهای روستاهای بخش دیگر رود زاب که در محدوده استان آذربایجان غربی و شهرستان سردشت قرار دارند، درآمده‌اند و از سویی بر اثر انتقال این مواد به سمت دیگر رودخانه، روستای زیوه که در حاشیه رودخانه و در محدوده شهرستان سردشت بود، به کلی ویران شد و ضمناً دریاچه‌ای وسیع و نسبتاً عمیق نیز به عنوان شاخص‌ترین عارضه ژئومورفیک ایجاد شده است که هنوز نیز پابرجاست. از اثرات دیگر آن می‌توان به از بین رفتن حدود ۸۰ تا ۱۰۰ هکتار اراضی مرغوب دیم و حدود ۱۰۰ هکتار از مراتع خوب و یا مشجر و نیز ۱۲۰ هکتار باغات خوب به همراه نابودی ۸۰ تا ۱۰۰ خانه و تلف شدن بیش از ۵۰ رأس دام اشاره کرد. (قناعت، ۱۳۷۵) با این اوصاف توجه به عوامل ایجاد آن ضروری می‌باشد.

– بررسی عوامل مؤثر در وقوع زمین لغزش‌های بانه و آلوت

در ارتباط با علل زمین لغزش‌های بانه و بویژه آلوت می‌توان به ۱- وجود یک لایه قابل لغزش نفوذناپذیر در زیر لایه نفوذپذیر ۲- میزان بالای بارندگی در منطقه ۳- وجود لیتولوژی متفاوت با نفوذپذیری و سختی متفاوت ۴- توپوگرافی عمدتاً کوهستانی و ارتفاع بالا و شیب زیاد و تسریع پارامترهای مؤثر ۵- نقش و دخالت عامل انسانی به صورت نابودی پوشش جنگلی و تبدیل آن به اراضی زراعی و احداث جاده به صورت غیراصولی که زمینه‌ساز حذف بخشی از نیروی مقاوم و آزاد شدن قسمتی از دیواره پایدار شده است و همچنین باعث افزایش نفوذ آب و کاهش جریان سطحی شده و در روند زمین لغزش مؤثر بوده است ۶- جریان رودخانه زاب صغیر با دبی بالا و جریان تندآبی و عمل زیربری و حفر جانبی که



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) (3) 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 (6) 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.

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 (1). 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.

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	سنندج	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 پاچلار	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



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 رادیومتریک 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)

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

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

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

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:

$$T_s = T_b / [1 + (\lambda T_b / a) Lne]$$

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)

$$d_e = (1 - \varepsilon_s)(1 - P_v)F\varepsilon_v$$

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)

$$n = \varepsilon_s + (1 - \varepsilon_s)F\varepsilon_v$$

و رابطه 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 کلین 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 {۱ و ۲ و ۵}.

$$\begin{aligned} \text{NDVI} < 0.2 & \longrightarrow 0.97 \text{ خاک} \\ \text{NDVI} < 0.5 & \longrightarrow 0.99 \text{ پوشش گیاهی متراکم} \end{aligned}$$

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- تا ۰ 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}.

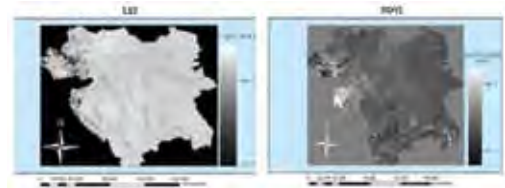


اجرای الگوریتم، و استخراج پروفیل‌های طولی و سطحی در جهات مختلف، و مشاهده موقعیت نقاط، میزان تفاوت درجه حرارت آن با نقاط مجاور به خوبی قابل مشاهده شد. نگاره (۱) نمونه‌ای از LST و NDVI محاسبه شده برای استان کردستان است.

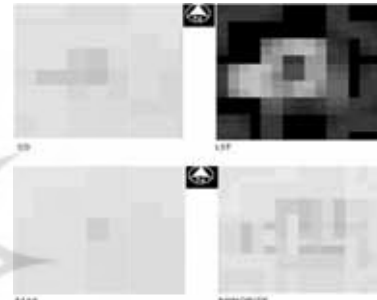
لازم به ذکر است که با توجه به احتمال خطای یک تا دو پیکسل در هنگام تصحیحات هندسی استفاده از پروفیل در جهات مختلف ضروری است. علاوه بر مورد یاد شده میزان انحراف معیار، واریانس حداکثر (Max) و حداقل (Min) نیز در هر کدام از سطوح محاسبه و با همان مقادیر عددی در پیکسل‌های یاد شده مقایسه شد. در نگاره (۲) LST، SD، MAX، MINORITY و محاسبه شده است، مقادیر LST، SD، MAX، 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 مشکل تر 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.

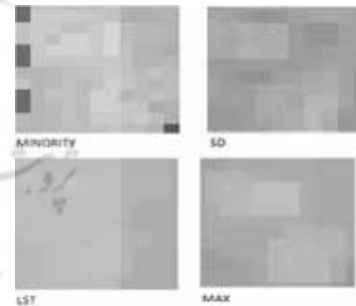
همانطور که بیان شد، در تحقیق حاضر از شاخص گیاهی نرمال شده (NDVI) استفاده شده است. به طور کلی NDVI با دمای سطحی همبستگی بالایی را نشان میدهد. البته این رابطه با ناهنجاریهای حرارتی گاهی مستقیم و گاهی معکوس است.



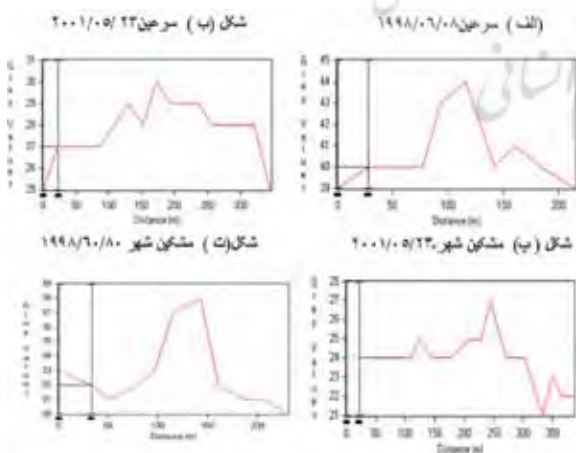
نگاره (۱): نمونه‌ای از LST و NDVI محاسبه شده برای استان کردستان



نگاره (۲): با باگر گر - 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 8.۴ 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

تأیید می‌نماید. البته باید توجه داشت همبستگی تغییرات حرارتی با فاصله از چشمه‌های آب گرم و یا سرد نیز در حدی نیست که بتوان از آن نتیجه‌گیری نموده و از آن به صورت حد آستانه جهت استخراج اتوماتیک چشمه‌های آب گرم استفاده کرد. زیرا چشمه‌ها تا محدوده مشخص و البته کوچکی بر دما اثر می‌گذارند. از سوی دیگر به علت متأثر بودن منطقه اردبیل از فعالیت‌های ژئوترمال اثر ناهنجاری‌های حرارتی در منطقه یکنواخت نبوده و پراکندگی آن تابع شرایط محیط است. بدین ترتیب همبستگی منفی ضعیفی بین ناهنجاری‌های حرارتی با فاصله از چشمه‌های آب گرم وجود دارد. ولی این اثرات در مناطقی که چشمه‌ها قرار گرفته است، به علت تأثیر غالب دمایی چشمه‌ها بر پیکسل حاوی آن و پیکسل‌های 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 ناهنجاری‌ها را به گونه‌ای بهتر تعیین کرد و از روش‌های اتوماتیک جهت استخراج این نقاط بهره جست. نتایج بدست آمده از تصاویر در ماه‌های سردتر بیانگر این امر است که به علت یکنواختی سطح زمین از نظر پوشش گیاهی و همچنین شرایط دمایی یکنواخت‌تر نقاط حرارتی به گونه‌ای واضح‌تر نمایان می‌شوند.

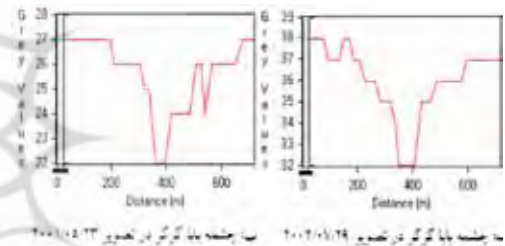
منابع و مأخذ

- 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 Photogrammetry2005.
- 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)

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

پس از استخراج LST در سطح کلیه تصاویر با استفاده از روش‌های مورد بحث اقدام به بازیابی و استخراج چشمه‌های 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 اندازه‌ی آن نیز بزرگتر باشد، این امر آسانتر امکان پذیر می‌گردد. اما باید توجه نمود که این امر نسبی است.

به این صورت که ممکن است نقطه‌ای 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 پیکسل‌های 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 پیکسل‌های اطراف متفاوت باشد به گونه‌ای که از آنها قابل تفکیک باشد. البته قبل از آن دمای نقطه‌ای 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 ماه‌های سرد و گرم مورد بررسی قرار گرفت، توانست امکان شناسایی و استخراج منابع و نقاط حرارتی را به گونه‌ای بهتر برایمان فراهم کند.



نگاره (۵): تغییر ارزش پیکسل‌ها در مناطقی که چشمه‌های آب سرد وجود دارد

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

مقایسه میانگین‌های بدست آمده از تصاویر ناهنجاری‌های حرارتی در محدوده چشمه‌های آب گرم و سرد بیانگر اثر این چشمه‌ها بر دما می‌باشد. روند تغییر میانگین گوسین با ناهنجاری‌های حرارتی در محدوده‌های مختلف نیز مؤثر بودن فعالیت چشمه‌های آب گرم و سرد بر دمای سطح زمین را