



## Estimation of radiant flux and radiation balance in the summer months for electricity supply to villages in Chalus Township using Landsat satellite images

Lotfollah Maleki Masoomabad\*, Maryam Mohammadzadeh Shisheh Garan

1. Assistant Professor, Department of Geography and Rural Planning, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

2. PhD student in Geomorphology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

Received Date: 20 January 2025 Accepted Date: 06 May 2025

### Abstract

**Background and Aim** :City furniture is actually a manifestation of the aesthetics and identity of a society. Therefore, functional design, appropriate location, and proper and principled use of furniture in the city context are very important. Although city furniture is one of the most important categories of a city, it is not possible to equip and improve the current situation of this important thing at a time and simultaneously in all regions of a city; therefore, a comparative comparison in this regard can be effective and help urban managers perform better and make decisions in accordance with the priority of intervention at the level of each region. On this basis, the present study has been developed with the aim of a comparative study of the regions of Tabriz metropolis based on the components of city furniture.

**Methodology**: For this purpose, the relevant images were first obtained and the necessary pre-processing was applied to each. Then, the images were modeled. Initially, images from the year 2023 of the Landsat 8 satellite, the OLI sensor and the TIRS sensor, and the Sebal algorithm were used to conduct this research. ENVI software was used for geometric, atmospheric and radiometric corrections of satellite images and also for performing calculations related to the SEBAL model, and ArcGIS software was used for creating a database, spatial analyses, cartographic operations and finally implementing the model.

**Results and Findings**: The results show that the average of the highest incoming shortwave radiation was 769 watts per square meter in September and the lowest value was in the next month of August with 730 watts per square meter. And the lowest value was in July with 555 watts per square meter. The reason for this difference in radiation power in the amount of net radiation reaching the ground in the study area is due to the difference in the angle of the sun's rays and the number of sunny hours in different months of the year. It can be concluded that solar radiation from the radiation threshold to 1000 watts per square meter is received, it can be concluded that solar radiation and radiation balance in the villages of Chalus Township have the potential to provide electricity in a suitable way.

**Keywords**: Radiant flux, discrete window algorithm, land surface temperature, Chalus, Landsat images.

\* Corresponding Author Email: l.maleki@uma.ac.ir

Cite this article: Maleki Masoomabad,L. and Mohammadzadeh ShishehGaran,M. (2026). Estimation of radiant flux and radiation balance in the summer months for electricity supply to villages in Chalus Township using Landsat satellite images. Journal of Sustainable Urban & Regional Development Studies (JSURDS), 6(4), 449-459.



## برآورد شار تابشی و بیلان تشعشعی در ماه های تابستان برای تأمین برق روستاهای شهرستان چالوس با استفاده از تصاویر ماهواره ای لندست

لطف اله ملکی معصوم آباد<sup>۱\*</sup>، مریم محمدزاده شیشه گران<sup>۲</sup>

۱. استادیار گروه جغرافیا و برنامه ریزی روستایی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل ایران

۲. دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۰۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۱۶

### چکیده

**زمینه و هدف:** مطالعات نشان می‌دهد که نقش سنجش از دور حرارتی در مطالعه و برآورد دمای سطح زمین بسیار حائز اهمیت است. حرارت سطح زمین شاخص مهمی در مطالعه مدل‌های تعادل انرژی در سطح زمین در مقیاس منطقه‌ای و جهانی است. با توجه به محدودیت ایستگاه‌های هواشناسی، سنجش از دور می‌تواند جایگزین مناسبی برای برآورد حرارت سطح زمین باشد. هدف اصلی از این تحقیق پایش دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و رابطه‌ای که دمای سطحی و توان تشعشعی داشته باشد، می‌باشد.

**روش‌شناسی:** به همین منظور ابتدا تصاویر مربوطه اخذ شد و پیش‌پردازش‌های لازم بر روی هر کدام اعمال شد. سپس نسبت به مدل‌سازی تصاویر اقدام شد. ابتدا جهت انجام این پژوهش، از تصاویر مربوط به سال ۲۰۲۳ ماهواره لندست ۸ سنجنده OLI و سنجنده TIRS و الگوریتم سبال استفاده شد. از نرم‌افزار ENVI جهت تصحیحات هندسی، اتمسفری و رادیومتریک تصاویر ماهواره‌ای و همچنین اجرای محاسبات مربوط به مدل سبال و از نرم‌افزار ArcGIS جهت ایجاد پایگاه داده، تحلیل‌های مکانی، عملیات کارتوگرافیکی و در نهایت پیاده کردن مدل استفاده گردید.

**نتایج و یافته‌ها:** نتایج حاصل نشان می‌دهد که میانگین بیشترین تابش موج کوتاه ورودی به میزان ۷۶۹ وات بر مترمربع در ماه سپتامبر و کمترین مقدار در رتبه بعدی ماه اگوست با ۷۳۰ وات بر مترمربع بوده است. و کمترین مقدار به ماه جولای با مقدار ۵۵۵ وات بر مترمربع بوده است. علت این اختلاف توان تشعشعی در مقدار تابش خالص رسیده به زمین در منطقه مورد مطالعه، ناشی از تفاوت زاویه تابش خورشید و تعداد ساعات آفتابی در ماه‌های مختلف سال است. می‌توان نتیجه گرفت که تابش خورشیدی از آستانه‌ی تابش تا ۱۰۰۰ وات بر مترمربع را دریافت می‌کنند، می‌توان نتیجه گرفت که تابش خورشیدی و بیلان تشعشعی در روستاهای شهرستان چالوس پتانسیل به شکل مناسبی برای تأمین برق وجود دارد.

**کلیدواژه‌ها:** شار تابشی، الگوریتم پنجره مجزا، دمای سطح زمین، چالوس، تصاویر لندست.

\* نویسنده مسئول I.maleki@uma.ac.ir

ارجاع به این مقاله: ملکی معصوم آباد، لطف اله و محمدزاده شیشه گران، مریم. (۱۴۰۴). برآورد شار تابشی و بیلان تشعشعی در ماه های تابستان برای تأمین برق روستاهای شهرستان چالوس با استفاده از تصاویر ماهواره ای لندست. فصلنامه مطالعات توسعه پایدار شهری و منطقه ای، ۶(۴)، ۴۴۹-۴۵۹.

## مقدمه و بیان مسأله

دمای سطح زمین (LST)<sup>۱</sup> دمای بالاترین لایه سطح زمین است و به ضریب گسیل سطح، پوشش گیاهی و انواع پوشش های زمینی وابسته است. دمای سطح زمین اطلاعات مهمی درباره ویژگی فیزیکی سطح زمین از مقیاس های محلی و جهانی، در اختیار قرار می دهد و نقش مهمی را در بسیاری از کاربردها دارد. از دمای سطح زمین برای مطالعه مدیریت منابع آب، کشاورزی، مدیریت منابع، خشکسالی، پردازش های ژئوشیمی محیطی، پژوهش های هواشناسی، تغییرات جهانی دمای سطح زمین، پیش بینی وضعیت آب و هوا، هیدرولوژی، اکولوژی، بررسی وضعیت گیاهان، آب و هوای شهری، مطالعات محیط زیستی و برآورد متغیرهای ژئوفیزیکی مانند تبخیر- تعرق و رطوبت خاک استفاده می شود (فرهنگ و آخوندزاده، ۲۰۱۷؛ Rozenstein et al, 2014).

گسترش سریع شهرها به دلیل تغییرات گسترده در کاربری و پوشش زمین تأثیرات منفی بر کیفیت زیست محیطی جهانی داشته است (کاکه ممی و همکاران، ۱۳۹۶). تغییرات کاربری پوشش اراضی توسعه مناطق شهری و کشاورزی و جنگل زدایی باعث تغییر رژیم دمای منطقه ای و محلی می شود (اکبری و همکاران، ۱۳۹۴).

حرارت سطح زمین شاخص مهمی در مطالعه مدل های تعادل انرژی در سطح زمین و فعل و انفعالات بین زمین و اتمسفر در مقیاس منطقه ای و جهانی است (مرادی و همکاران، ۱۳۹۵). به طور کلی اندازه گیری دما در سطح زمین، توسط ایستگاه های هواشناسی از جمله سینوپتیک و کیلماتولوژی انجام می شود. این نکته را باید مد نظر قرار داد که ایستگاه های هواشناسی فقط قادر به اندازه گیری دما در نقاط خاص می باشند که قبلاً در آن جا نصب شده اند. آنچه به عنوان یک نقص اساسی در پایش دمای سطح زمین به شمار می آید، نبود ایستگاه های هواشناسی کافی جهت آگاهی از مقادیر دمایی در نقاط فاقد ایستگاه است که امروزه توسط تکنولوژی سنجش از دور تا حدی این کمبودها بر طرف شده است (خسروی و همکاران، ۱۳۹۶). دمای سطح زمین از مهم ترین مؤلفه های مؤثر در مطالعات جهانی است که به مثابه یکی از عوامل مهم در کنترل فرایندهای بیولوژیکی و شیمیایی و فیزیکی زمین استفاده می شود (علوی پناه، ۱۳۸۸). واژه جزیره حرارتی اولین بار حدود یک قرن قبل و در سال ۱۸۳۳ توسط هاوارد مطرح شد. پس از آن پژوهش های متعددی در شهرهای بزرگ و صنعتی جهان انجام گرفت که بیانگر این است که شهرنشینی موجب ایجاد تغییرات قابل ملاحظه بر روی پارامترهای هواشناسی و ویژگی های سطح زمین شده و به تبع، تغییرات زیادی در وضع هوا و اقلیم محلی به وجود آورده است (اشرف و همکاران، ۱۳۹۱). نقشه های کاربری اراضی نحوه استفاده انسان از زمین را در فعالیت های کشاورزی، جنگل داری و مرتع داری نشان می دهد. رشد بیش از حد جمعیت فشار بر عرصه های طبیعی و بهره برداری های غیراصولی و تغییر کاربری ها را افزایش داده است (Lu and Weng, 2008). تغییر در کاربری زمین در نتیجه اثر متقابل عوامل زیادی مانند سیاست، مدیریت، اقتصاد، فرهنگ، رفتار انسانی و محیط است. آگاهی از چگونگی رخداد تغییرات کاربری بسیار مهم است به دلیل اینکه فرایندهای مربوط به برخورد و تماس بشر با طبیعت می تواند اثرات گسترده ای بر محیط، تغییر چرخه های هیدرولوژیک، بیوژئوشیمیایی، اندازه و آرایش بوم های طبیعی مانند جنگل و تنوع گونه ها بگذرد (Pijanowski et al, 2002).

هدف از پژوهش حاضر استخراج و بررسی دمای سطح زمین در ارتباط تامین برق موجود است. برای این پژوهش از تصاویر لندست ماه های تابستان ۲۰۲۳ استفاده شده است و بنابراین نتایج این پژوهش برای برنامه ریزان محیطی، ناحیه ای و شهری از یک سو و آشکارسازی تغییرات به منزله ی مؤلفه ای مهم در راهبردهای مدیریت منابع طبیعی و تغییرات محیطی از سوی دیگر سودمند است.

## پیشینه پژوهش

امینی و همکاران (۱۳۹۱) در پژوهشی به کمک سنجش از دور، تراکم و پراکنش مکانی پوشش گیاهی و دمای پوشش سطح زمین در استان همدان را مورد بررسی قرار دادند. ابتدا با پیش پردازش اطلاعات ۱۲ تصویر ماهواره ای ۱۳۸۸-۱۳۷۷ ETM landsat7+ ضریب بازتاب پوشش سطح زمین و ضریب تابش پوشش سطح زمین در باندهای مختلف به دست آمد و

<sup>1</sup> Land Surface Temperature

شاخص گیاهی NDVI تعیین شده، تراکم، پراکنش پوشش گیاهی و دمای پوشش سطح زمین با استفاده از الگوریتم سبال برآورد گردید. نتایج نشان داد که دمای سطح زمین برآورد شده از اطلاعات سنجنش از دور، مطابقت قابل قبولی با آمار ثبت شده در ایستگاه‌های هواشناسی دارد که بین مقادیر دمای پوشش سطح برآورد شده و اندازه‌گیری شده، اختلاف معنی‌داری مشاهده نمی‌شود. نتایج کلی نشان داد که الگوریتم سبال با ضریب همبستگی  $0/75$  ریشه میانگین مربعات خطای  $4/5$  درجه سانتی‌گراد و میانگین خطای مطلق  $4/2$  درجه سانتی‌گراد از دقت قابل قبولی برخوردار است.

حمدی و همکاران (۱۳۹۴) در تحقیقی با عنوان بررسی دمای سطح زمین در رابطه با کاربری و پوشش اراضی با استفاده از داده‌های سنجنش از دور در شهرستان اردبیل پرداختند و نتایج نشان داد که دمای سطحی در محدوده‌ای از زمین متأثر از عوامل سطحی و خصوصیات آن می‌باشد و بیشترین دمای سطحی در محدوده مورد نظر مربوط به مکان‌هایی است که کمترین پوشش گیاهی را دارا می‌باشند.

ناجی دومیرانی و همکاران (۱۳۹۶) با استفاده از باندهای حرارتی شماره ۱۰ و ۱۱ ماهواره لندست ۸ با روش پنجره مجزا، نقشه دمای سطح زمین را به دست آوردند. منطقه پژوهش شهرستان نهاوند در استان همدان بود. که با داشتن ضریب انتشار خاک، ضریب انتشار پوشش گیاهی و محاسبه نسبت پوشش گیاهی، LSE را محاسبه کردند. روش پنجره مجزا برای کاهش آثار جوی به کار گرفته می‌شود. ضریب ثابت این الگوریتم با شبیه‌سازی با اعداد مختلف از شرایط جو به دست آمد. ظرفیت بخار آب جوی نیز با استفاده از رابطه تجربی آن با میانگین دماهای روشنایی محاسبه شد. اختلاف دمای سطح زمین محاسبه شده و داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی کمتر از ۲ درجه بوده است.

ولیزاده و همکاران (۱۳۹۶) در پژوهشی با اهداف بررسی دمای سطح زمین در شهرستان زنجان با استفاده از الگوریتم پنجره مجزا پرداختند نتایج این پژوهش نشان داد که بر مبنای داده‌های آماری به دست آمده ارتباط مناسب بین کاربری سطح زمین و حرارت سطح زمین وجود دارد بطوریکه در مناطق نظامی و صنعتی شهر به دلیل وجود کاربری‌ها و عواملی مانند سطوح غیرقابل نفوذ مانند آسفالت بتن پوشش گیاهی کم گرمای ناشی از سوخت‌های فسیلی و افزایش آلودگی در این نواحی باعث ایجاد جزایر حرارتی شده است.

اصغری سراسکانرود و امامی (۱۳۹۷) در پایش دمای سطح زمین و بررسی تغییرات کاربری اراضی با دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر سنجنده OLI و ETM در شهرستان اردبیل به روش پنجره مجزا بیان داشتند، رابطه‌ای قوی بین کاربری اراضی و دمای سطحی وجود دارد: به طوری نواحی شهری با پوشش گیاهی کمتر نسبت به نواحی کشاورزی و مرتعی دمای بیشتری دارند.

درویشی و همکاران (۱۳۹۸) با استفاده از باند حرارتی ماهواره لندست ۵ و ۷ به ترتیب برای سال‌های ۱۹۸۴ و ۲۰۰۰ و باند حرارتی ماهواره لندست ۸ برای سال ۲۰۱۷ دمای سطح زمین را تهیه کرده و پس از آن ارتباط میان تغییرات کاربری اراضی را با دمای سطح زمین بررسی کردند. آنها با استفاده از کالیبراسیون رادیومتریکی، مقادیر رقومی باندهای لندست را به تابش طیفی تبدیل و بعد تصحیحات هندسی و جوی را بر روی تصویر اعمال گردید. دمای سطح زمین را با الگوریتم سبال بازیابی شد. آنها با مقایسه سال‌های ۱۹۸۴، ۲۰۰۰، ۲۰۱۷ دریافتند دما روندی افزایشی داشته است و به دلیل افزایش نواحی مسکونی، پوشش گیاهی کاهش پیدا کرده و زمین‌های کشاورزی به زمین بایر تبدیل شده است که این خود دلیلی بر افزایش دما در سال ۲۰۱۷ بوده است.

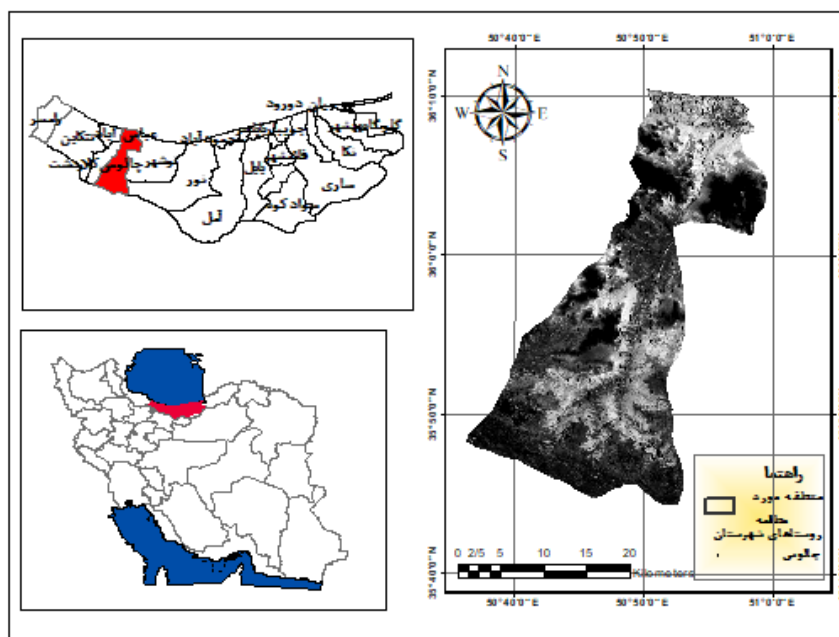
ژانگ و همکاران (Zhong et al, 2016) با روش چند کاناله از داده‌های مادون قرمز حرارتی سنجنده IASI برای بازیابی LST استفاده کردند. اعتبارسنجی آنها با داده‌های شبیه‌سازی صورت گرفت. RMSE دمایی محاسبه شده  $0/9$  کلون به دست آمد. آنها دریافتند مقادیر ضریب گسیل محاسبه شده در محاسبه LST تأثیرگذار بوده است. فرهنگ و آخوندزاده (۲۰۱۷) نخست با ادغام باندهای مرئی و حرارتی ماهواره لندست ۸ باندهای حرارتی با توان تفکیک مکانی ۳۰ متر را تولید و LST را برای استان ایلام در جنوب غرب ایران محاسبه کردند. این ادغام پس از ثبت متقابل باندهای مرئی قرمز و حرارتی شماره ۱۰ با استفاده از روش کانتورنت صورت پذیرفت. در نهایت آنها با اعمال تصحیحات جوی و استفاده از روش تک کاناله در نظر

گرفتن رابطه خطی میان NDVI و LSE (روش آستانه شاخص پوشش گیاهی)، LST با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر را تولید کردند.

کارانیا (Karenia, 2016) در مطالعه‌ای نشان داد، مطالعات جزیره حرارتی شهری در کنترل رشد جمعیت شهری و برنامه‌ریزی شهری کارایی دارد. رونالد و همکاران (Ronald et al, 2017) در شهرهای بزرگ در مناطق بانکوک (تایلند) جاکارتا (اندونزی) و مانیل (فیلیپین) به دنبال بررسی رابطه درجه حرارتی سطحی و فراوانی با الگوی فضایی سطح نفوذناپذیر و فضای سبز مطالعه‌ای انجام دادند. نتایج این مطالعه ارتباط معنادار و قوی بین میانگین دمای سطح زمین و تراکم سطح نفوذناپذیر (مثبت) و فضای سبز (منفی) را در امتداد شیب شهر - روستایی در هر سه شهر با جزیره حرارتی شهری (UHI) نشان داد. شای و همکاران (Shi et al, 2017) تأثیرات الگوی مکانی - زمانی جزایر حرارتی شهری را با استفاده از رویکرد رگرسیونی کاربری اراضی مدل‌سازی کردند. نتایج این مطالعه نشان داد الگوی فضایی جزایر حرارتی شهری (UHI) به طور وسیع با نقشه‌های LU/LC و ژئومورفومتری شهری در نواحی مسکونی با تراکم زیاد به ویژه در شب تعیین می‌شود و مدل‌های حاصل به منظور غنی‌سازی دستور کارهای طراحی شهری فعلی و کمک به مقابله با UHI به کار می‌روند. وانگ و همکاران (Wang et al, 2018) تغییرات کاربری اراضی و تاثیر آن را بر تغییرات کاربری اراضی در یانگون<sup>۱</sup> میانمار بررسی کردند. نتایج این مطالعات نشان داد تغییرات کاربری اراضی تأثیرات پیچیده و مستقیمی بر تغییرات دمای سطح زمین دارد، به طوری که در این مطالعه نواحی شهری بیشترین دمای سطح را نشان می‌دهند.

## مواد و روش‌ها

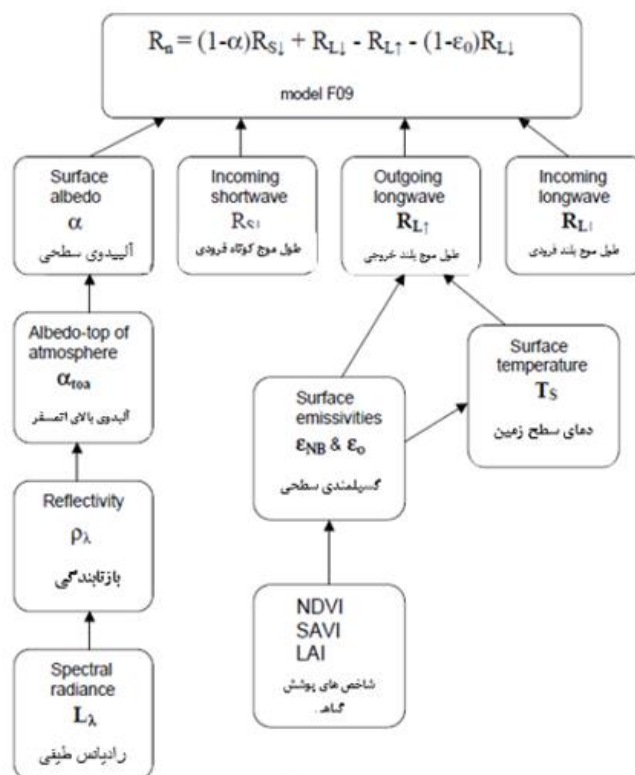
شهرستان چالوس، به عنوان مطالعه موردی انتخاب شده است. این شهرستان با مساحتی در حدود ۱۶۰۰ کیلومتر مربع در منطقه جنوبی دریای خزر قرار دارد. از نظر استقرار نظام سکونتگاهی در شهرستان چالوس، دو بخش شمالی و میانی محل استقرار نظام فعالیتی و سکونتی است. به طوری که منطقه شمالی به وسیله یک محور جاده‌ای به بخش میانی متصل می‌شود. مرز جداکننده این محدوده‌ها، مناطق متراکم جنگلی و رشته کوه‌های البرز است که این امر سبب شده است تا بخش وسیعی از شهرستان به مناطق جنگلی، مرتعی و بایر اختصاص یابد. بخش شمالی حدود ۷۸ درصد از کل جمعیت استان را در بر گرفته است. شرایط ویژه زیست محیطی سبب بروز کاربری ویژه در منطقه گردیده است.



شکل ۱: نقشه محدوده مورد مطالعه

<sup>۱</sup>Yangon

در این پژوهش برای بررسی و امکان‌سنجی استفاده از انرژی تابشی خورشید از تصاویر ماهواره‌ی لندست در یک دوره برای ماه‌های تابستان مربوط به سال ۲۰۲۳ استفاده گردید. از نرم‌افزار ENVI جهت تصحیحات هندسی، اتمسفری و رادیومتریک تصاویر ماهواره‌ای و همچنین اجرای محاسبات مربوط به مدل پنجره مجزا و از نرم‌افزار ArcGIS جهت ایجاد پایگاه داده، تحلیل‌های مکانی، عملیات کارتوگرافیکی و در نهایت پیاده کردن مدل استفاده گردید. در ادامه محاسبات مربوط به مدل پنجره مجزا در محیط نرم‌افزار ENVI و ArcGIS انجام و مقدار تابش خالص در منطقه مورد مطالعه محاسبه و مورد تحلیل قرار گرفت.



جدول ۱: فلوچارت مراحل پژوهش

### استخراج دمای سطح زمین

برای تعیین دمای واقعی سطح زمین از الگوریتم‌های گوناگونی همچون الگوریتم پنجره مجزا استفاده می‌شود و در این تحقیق نیز به منظور به دست آوردن دمای سطح زمین از این الگوریتم استفاده شد. از ویژگی مهم این الگوریتم حذف اثرات جوی است. با توجه به اینکه این الگوریتم به اطلاعات دقیق در مورد نمایه جوی در طول کسب ماهواره‌ای نیاز ندارد، بنابراین به طور گسترده در بازیابی قابلیت انتشار سطح زمین از چند سنسور استفاده می‌کند. بعد از انجام طبقه‌بندی مربوطه و استخراج نقشه کاربری اراضی و تغییرات کاربری اراضی، به منظور محاسبه دمای سطح زمین در محدوده مورد مطالعه اقدام شد. در همین راستا از باند ۱۰ حرارتی سنجنده لندست ۸ و باند ۸ سنجنده لندست ۷ استفاده شد. در اولین مرحله شاخص NDVI مورد استفاده می‌باشد و بقیه مراحل به ترتیب زیر به منظور استخراج دمای سطح زمین طی شد.

### برآورد دمای روشنایی

برای محاسبه دمای روشنایی ابتدا باید داده‌های مادون قرمز حرارتی به رادیانس تبدیل شود در واقع بعد از انجام کالیبراسیون و پس از استفاده از عکس قانون پلانک (برای تبدیل رادیانس به دمای روشنایی) لازم است تصحیحات

اتمسفیری انجام و دمای روشنایی به دمای واقعی تبدیل شود (علوی پناه، ۱۳۸۸). برای تبدیل واریانس طیفی به دمای جسم سیاه از رابطه پلانک برای تبدیل مقادیر تابش طیفی به دمای جسم سیاه استفاده شد. داده‌های باند حرارتی را می‌توان با استفاده از ثابت حرارتی موجود در فایل متادیتا از طیف درخشندگی به دمای روشنایی تبدیل کرد که با استفاده از فرمول زیر محاسبه می‌شود (درویشی و همکاران، ۱۳۹۸).

$$T = K2 / \ln(K1 / L\lambda + 1) - 272.15 \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$\begin{aligned} T &= \text{دمای روشنایی ماهواره بر حسب کلوین} \\ K2 - K1 &= \text{ثابت حرارتی برای هر دو باند حرارتی موجود در متادیتا} \\ L\lambda &= \text{درخشندگی جو بالا} \end{aligned}$$

### برآورد قابلیت انتشار سطح زمین<sup>۱</sup>

یکی دیگر از معیارهایی که برای محاسبه دمای سطح زمین لازم و ضروری می‌باشد برآورد قابلیت انتشار در سطح زمین است. این معیار به صورت جداگانه در هر دو باند حرارتی ماهواره لندست ۸ و باند حرارتی لندست ۷ برای گیاه و خاک با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد (Jensen, 2005).

$$\begin{aligned} \text{LSE} &= (E_s - \text{رابطه (۲)}) \\ &+ FVC) + E_v * FVC \\ \text{LSE} &= \text{قابلیت انتشار سطح زمین} \\ E_s - v &= \text{انتشار گیاه و خاک برای باندهای حرارتی طبق} \\ FVC &= \text{نسبت پوشش گیاهی.} \end{aligned}$$

### برآورد کسر پوشش گیاهی

به منظور کسر تأثیر پوشش گیاهی از تصویر از این شاخص استفاده می‌شود. پوشش گیاهی همواره از عواملی بوده است که باعث کاهش دمای سطحی می‌شود. پوشش گیاهی سبز جزء به جز یکی از پارامترهایی است که در بسیاری از برنامه‌های محیط‌زیست و آب و هوایی کاربرد دارد. یک رویکرد مشترک برای برآورد FVC شامل ترکیبی غیرخطی از دو عنصر طیفی در یک تصویر سنجش از راه دور، شامل خاک لخت و پوشش گیاهی سبز است. خواص طیفی از این دو عنصر معمولاً به صورت‌های مختلفی برآورد می‌شود که شامل اندازه‌گیری‌های میدانی، برآورد از منابع داده‌های اضافی و یا به صورت مستقیم از تصاویر استخراج می‌شود. الگوریتم وابسته به یک تجزیه و تحلیل روش بهینه‌سازی مخلوط طیفی (SMA) بر اساس قضیه پوشش گیاهی، همراه با استفاده از استاندارد SMA، برای بهبود درک از تأثیرپذیری دو عنصر در اشتقاق از بخش پوشش گیاهی زیر پیکسل‌ها در مقیاس جهانی است. برای برآورد این شاخص از فرمول زیر استفاده می‌شود.

$$\begin{aligned} Fvc &= (NDVI - NDVI_s) / \text{رابطه (۳)} \\ &= (NDVI_v - NDVI_s) \\ NDVI &= \text{شاخص پوشش گیاهی} \\ NDVI_s &= \text{مناطق بدون پوشش گیاهی شاخص} \\ NDVI_v &= \text{مناطق پوشیده از گیاه شاخص} \end{aligned}$$

<sup>۱</sup>Land Surface Emissivity

### محاسبه نهایی دمای سطح زمین با روش (LST) Single Channel

این الگوریتم از جمله روش‌های دقیق و موثر در برآورد دمای سطح زمین می‌باشد. ویژگی مهم این روش، حذف اثرات جوی می‌باشد. با توجه به این که این الگوریتم اطلاعات دقیق در مورد نمایه جوی کسب ماهواره‌ای نیاز ندارد، برای بازیابی LST از دو سنسور چند طیفی و حرارتی استفاده می‌کند که از فرمول زیر محاسبه می‌شود (درویشی و همکاران، ۱۳۹۸).

$$\text{LST} = \text{TB}_{10} + C_1 (\text{TB}_{10} - \text{TB}_{11}) C_2 (\text{TB}_{10} - \text{TB}_{11})^2 + C_0 + (C_3 + C_4 W) (C_5 + C_6 W) \Delta \varepsilon (1 + \varepsilon) \quad (4)$$

$$\text{mean LSE} = \varepsilon$$

$$\text{LSE difference} = \Delta \varepsilon$$

$$\text{TB} = \text{باندهای حرارتی}$$

$$C = \text{کانال‌های حرارتی}$$

$$W = \text{مقدار بخار آب موجود در جو}$$

### الگوریتم پنجره مجزا (SW)<sup>۱</sup>

روش پنجره مجزا از روش‌های کاربردی محاسبه دمای سطحی زمین در سنجش از دور می‌باشد و برای سنجنده‌هایی است که بیش از یک باند حرارتی دارند، استفاده می‌شود. این الگوریتم از جمله روش‌های مهم در برآورد دمای سطح زمین به حساب می‌آید. در این الگوریتم نیز اثر ضرایب تصحیح کننده اتمسفری از روی باند حرارتی نیز در نظر گرفته می‌شود که نسبت به سایر روش‌ها از دقت بهتری برای محاسبه دمای سطح زمین برخوردار است. از ویژگی مهم این الگوریتم حذف اثرات جوی می‌باشد.

### الگوریتم توازن انرژی سطح (SEBAL)<sup>۲</sup>

مدل بیلان انرژی سطح زمین (SEBAL) که نخستین مرتبه توسط باستیانسم<sup>۳</sup> و همکاران در سال ۱۹۹۸ ارائه شد، بر پایه روابط تجربی و فیزیکی، میزان تبخیر و تعرق واقعی را با حداقل داده‌های زمینی برآورد می‌نماید (باستیانسم، ۱۹۹۸).

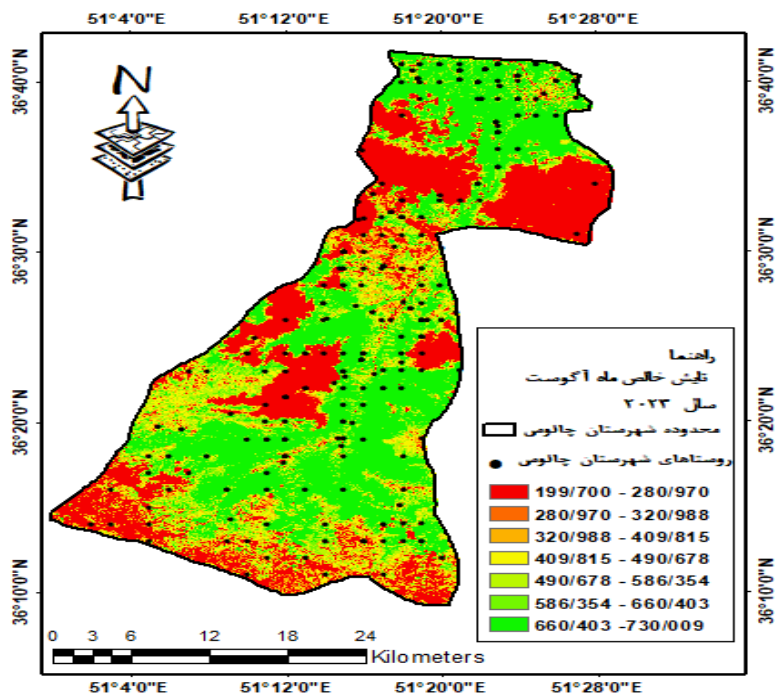
### یافته‌های پژوهش

میانگین مقادیر بازتاب در این پژوهش پس از تهیه تصاویر منطقه مورد مطالعه، عملیات پیش‌پردازش بر روی تصاویر مورد استفاده قرار گرفت. سپس جهت محاسبه توزیع شار تابشی رسیده به سطح زمین با اصلاح زاویه تابشی خورشید، برای تصاویر لندست، ۲۰۲۳ در منطقه مورد مطالعه محاسبه شد. نتایج حاصل نشان می‌دهد که میانگین بیشترین تابش موج کوتاه ورودی در سال ۲۰۲۳ به میزان ۷۶۹ وات بر مترمربع در ماه سپتامبر بوده است.

<sup>1</sup> Split-window

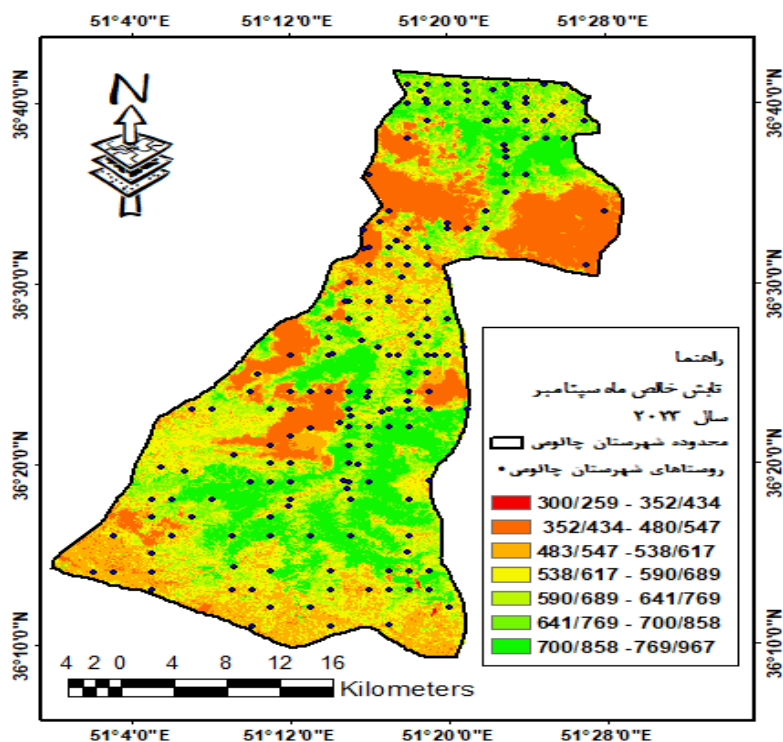
<sup>2</sup> SurfaceBalance Energy

<sup>3</sup> Bastiaanssen



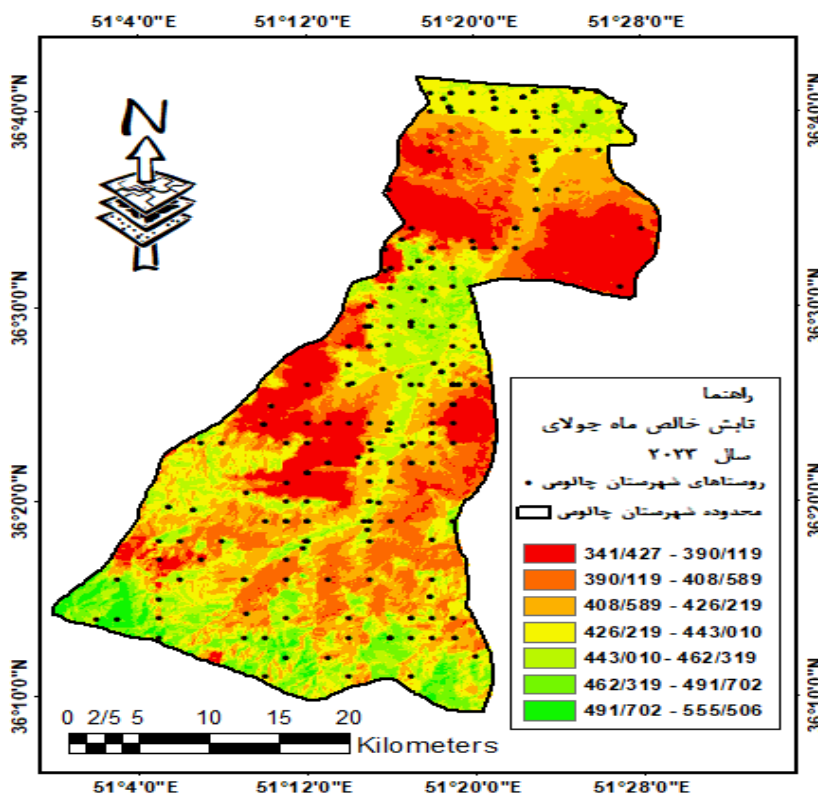
شکل ۲- توزیع تابش خالص ماه آگوست سال ۲۰۲۳ با روش سبلا

اطلاعات شکل ۲ نشان می دهد که در این فصل ما شاهد توان تشعشعی فراوان توزیع تابش خالص در ماه آگوست می باشیم. کمترین مقدار در ۱۹۹-۲۸۸ وات بر مترمربع کل تابش خالص بوده است. همچنین در ماه آگوست در محدوده ۷۳۰-۶۶۰ وات بر مترمربع بیشترین تابش خالص دریافت شده است. همانگونه که از شکل مشخص است در شهرستان چالوس قسمت شمال و مرکز و شمال شرق در این ماه دارای بالاترین دما توزیع تابش خالص می باشد.



شکل ۴- توزیع تابش خالص سال سپتامبر با روش سبلا

اطلاعات شکل ۴ نشان می‌دهد در ماه سپتامبر توان تشعشعی و تابش خالص نسبت ماه‌های قبل افزایش چشم‌گیری را نشان می‌دهد. همچنین که بیشترین درصد توزیع تابش خالص در این سپتامبر در محدوده ۷۶۹-۷۰۰ وات بر متر مربع است، همچنین در این ماه کمترین تابش در محدوده ۳۵۲-۳۰۰ وات بر مترمربع تابش خالص دریافت شده است. همانگونه که از شکل مشخص است در شهرستان چالوس در تمام قسمت‌های شهرستان دارای بالاترین دما توزیع تابش خالص می‌باشد. علت این امر این است که حتی در کمترین توان تشعشع نیز نسبت به ماه‌های قبل رقم ۳۵۲-۳۰۰ رقم بسیار بالایی می‌باشد.



شکل ۶- توزیع تابش خالص سال جولای با روش سببال

اطلاعات شکل ۶ نشان می‌دهد در ماه جولای توان تشعشعی و تابش بیشترین توزیع تابش خالص در این ماه در محدوده ۵۵۵-۴۹۱ وات بر متر مربع است. همچنین در ماه جولای کمترین تابش در محدوده ۳۹۰-۳۴۱ وات بر مترمربع تابش خالص دریافت شده است. همانگونه که از شکل مشخص است در شهرستان چالوس در قسمت‌های مختلف شهرستان به خصوص در مراکز شهرستان چالوس دارای دما توزیع تابش خالص می‌باشد.

### نتیجه‌گیری و پیشنهادها

اطلاع از نسبت توان تشعشعی و شار تابشی و نحوه تغییرات آن در گذر زمان یکی از مهم‌ترین موارد در برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری می‌باشد. به همین دلیل در این پژوهش در اولین قدم به منظور سنجش تابش و بررسی تغییرات حادث شده در یک بازه زمانی مشخص در سطح روستاهای شهرستان چالوس اقدام شد. به همین منظور در این پژوهش در اولین مرحله به منظور طبقه‌بندی و ثبت تغییرات در یک بازه زمانی ۱۶ ساله، اقدام به طبقه‌بندی تصاویر به روش شی‌گرا در نرم‌افزار eCognition شد و در نرم‌افزار ArcGIS10.5 نقشه‌های خروجی استخراج شد. نتایج حاصل نشان می‌دهد که میانگین بیشترین تابش موج کوتاه ورودی به میزان ۷۶۹ وات بر مترمربع در ماه سپتامبر و کمترین مقدار ماه می به میزان ۳۱۸ وات

بر مترمربع بوده است تفاوت در مقدار تابش خالص رسیده به زمین در منطقه مورد مطالعه، ناشی از تفاوت زاویه تابش خورشید و تعداد ساعات آفتابی در ماه‌های مختلف سال است. در نهایت می‌توان نتیجه گرفت که تابش خورشیدی در منطقه، در سال مورد بررسی پتانسیل لازم برای اجرای طرح‌های فتوولتائیک خورشیدی را دارا می‌باشد. سلولهای فتوولتائیک که به تابش خورشیدی از آستانه‌ی تابش تا ۱۰۰۰ وات بر مترمربع حساسیت دارند و آن را دریافت می‌کنند، می‌توان نتیجه گرفت که تابش خورشیدی در شهرستان چالوس و روستاهای شهرستان چالوس سال مورد بررسی پتانسیل لازم برای اجرای طرح-های فتوولتائیک خورشیدی را دارا می‌باشد. و پتانسیل بالایی هم برای استفاده خود روستا و ذخیره سازی و استفاده دارای پتانسیل بالایی می‌باشد. نتایج حاصل از این مطالعه با نتایج محققان بسیاری از جمله (gordan(1960), Kreith (1962), Almhab و همکاران (۲۰۰۸)، (Muzathik (2014، Wali Zadeh Kamran (1389 و Rezaei Moghaddam (1394) که از داده‌های سنجش از دور و الگوریتم سبال در مطالعات تابش خورشیدی بهره گرفته‌اند، مطابقت دارد.

## ملاحظات اخلاقی

### پیروی از اصول اخلاق پژوهش

نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این پژوهش علمی رعایت نموده‌اند و این موضوع مورد تأیید همه آنهاست.

### مشارکت نویسندگان

مشارکت نویسندگان در مقاله مستخرج از پایان نامه به شکل توضیح داده شده از سوی مجله، مورد تأیید نویسندگان این مقاله است.

### تعارض منافع

بنا بر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

### حامی مالی

مقاله حاضر فاقد حمایت مالی است.

### سپاسگزاری

از کلیه کسانی که در مراحل مختلف نوشتن این مقاله با نظرات خود ما را یاری دادند سپاسگزاری می‌کنیم.

## References

- Ahmadi, M., Ashurlu, D., and Narangi Fard, M., 2012, Temporal-spatial changes of thermal and applied patterns of Shiraz city using TM and ETM measuring data. *Remote sensing and GIS of Iran*, 4(4): 55\_68.
- Akbari, E., Ebrahimi, M., Fiezizadeh, B., and Nezhadsoleimani, H., 2016, Evaluating Land Surface Temperature related to the Land use Change Detection by Satellite Image (Case study: Taleghan Basin). *Geography and Environmental Planning*, 26(4): 151-170.
- Alavi Panah, K., 2009, *Thermal Remote Sensing and its Application in Earth Sciences*. Second Edition, Tehran, University of Tehran Press.
- Amini Bazyani, S., Zare Abyaneh, H., and Akbari, M., 2014, Estimation of Surface Temperature and Cropping Intensity in Hamedan Province Using Remote Sensing Data. *Physical Geography Research Quarterly*, 46(3): 333-348.
- Asghari, S., and Emami, H., 2019, Monitoring the earth surface temperature and relationship land use with surface temperature using of OLI and TIRS Image. *Researches in Geographical Sciences*, 19(53): 195-215.

- Ashraf, B., Faridbhosseini, A., and Mianabadi, A., 2012, The Investigation of Mashhad's Heat Island Using Satellite Images and Applying Fractal Theory. *GEOGRAPHY AND ENVIRONMENTAL HAZARDS*, 1(1): 35-48.
- Darvishi, S., rashidpour, M., and soleimani, K., 2019, Analysis of Land Use Role in the Formation of Thermal Islets of Marivan Township Using Landsat Satellite Images. *Geography and Development Iranian Journal*, 17(54): 143-162.
- Darvishi, S., Soleimani, K., and Rashidpour, M., 2019, Impact of vegetation indices and urban surface characteristics on land surface temperature changes (Case study: Sanandaj city). *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, 10(1): 17-35.
- Faizizadeh, B., and Hilali, H., 2010. Comparison of base pixel, object-oriented and effective parameters in land use coverage classification in West Azarbaijan Province. *Geographical Research Journal*, 71: 73\_84.
- Farhanj, F., and Akhoondzadeh, M., 2017, Fusion of \_8 Thermal Infrared and Visible Bands with Multi-Resolution Analysis Contour let Methods. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 77-81.
- Kakeh Mami, A., Ghorbani, A., Kayvan Behjoo, F., and Mirzaei Mosivand, A., 2017, Comparison of visual and digital interpretation methods of land use/cover mapping in Ardabil province. *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, 8(3): 121-134.
- Karenia, C.N.S.G., 2016, spatial Geotechnologies and Gis tools for urban planners applied to the Analysis of urban heat island case caracas citevenezuela. 9 th International Conference on Urban Climate jointly with 12 th symposium on the urban Environment, 1-5.
- Kaviani, A., Sohrabi, T., and Daneshkar Araste, P., 2013, Estimation of land surface temperature using NDVI in MODIS and Landsat ETM+ imageries. *Journal of Agricultural Meteorology*, 1(1): 14-25.
- Lu, D., and Weng, Q., 2008, A survey of image classification methods and techniques for improving classification performance.
- Moradi, M., Salahi, B., and Masoodian, S., 2016, Analysis of land surface temperature gradient of Iran using MODIS Terra and Aqua data. *Physical Geography Research Quarterly*, 48(4): 517-532.
- Pijanowski, B.C., Brown, D.G., Shellito, B.A., and Manik, G.A., 2002, Using neural networks and GIS to forecast land use change; A Land Transformation Model. *Computers Environment and Urban Systems*, 26: 553-575.
- Ronald, C., Estoque, M., and Yuji, M., 2017, Effects of landscape Composition and pattern on land surface temperature An urban heat island study in the megacities of Southeast Asia. *National Library of Medicine*, 15(577): 349-359.
- Rozensten, O., Qin, Z., Derimian, Y., and Karnieli, A., 2014, Derivation of land surface temperature for landsat – 8 TIRS using a split window algorithm. *Sensor*, 4(14): 5768-5780.
- Shi, Y., Katschner, L., Ng, E., 2017, Modelling the fine- scale spatiotemporal pattern of urban heat island effect using land use regression approach in a megacity. *Science of the Total Environment*, 618(15): 891-904.
- Valizadeh Kamran, K., Gholamnia, K., Eynali, G., and Moosavi, M., 2017, Estimation land surface temperature and extract heat islands using split window algorithm and multivariate regression analysis (Case Study of Zanjan). *Research and urban planning*, 8(30), 35-50.
- Wang, Y., Ch, B., Hu, s.w., Myint, Ch., feng, Ch., Chow, W.T.L., and Passy, P.F., 2018, Patterns of land change and their potential impacts on land surface temperature change in Yangon Myanmar. *Science of the Total Environment*, 643: 738-750.

Zhong, X., Huo, X., Ren, C., Labed, J., and Li, Z, L., 2016, Retrieving Land surface temperature from hyperspectral thermal infrared data using a multi-channel method. *Sensors*, 15(16): 671-687.