

GES	Journal of Geography and Environmental Studies, 13 (51), Autumn 2024 https://sanad.iau.ir/journal/ges ISSN: 2008-7845 Doi: 10.10.71740/ges.2024.979156
-----	--

Research Paper

Received: 11 January 2023

Revised: 09 May 2023

Accepted: 03 July 2023

Earth Surface Temperature Monitoring in Relation to Land Use Changes Case Study: Maragheh Sufi Chay Basin

Mousa Abedini^{1*} (Corresponding Author), Abozar Sadeghi², Nazfar Aghazadeh², AmirHesam Pasban²

1. Professor, Department of Geomorphology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
Email: abedini@uma.ac.ir

2. PhD Student, Department of Physical Geography, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

Abstract

The purpose of this research is to monitor the surface temperature of the land in relation to land use changes using OLI and TM images in Sofichai Maragheh basin. Studies show that the role of thermal distance measurement is very important in studying and estimating the surface temperature of the earth. The main purpose of this study was to monitor the surface temperature in relation to land use changes with surface temperature using OLI and TM images in the present study. It was used for 2020, and the Landsat 5TM satellite imagery was used to extract land use and its thermal band (band 6) was used to extract ground surface temperature for 1992. The monitored method was used to classify land use for 1992 and 2020 and land use changes and the maximum similarity method was used. The obtained results indicate the accuracy of the classification by the basic pixel method. According to the research findings, the total accuracy of the classification maps using the maximum similarity method was 99.84 for 1992 and 99.78 for 2020. According to the land use map of Sufi Chay watershed from 1992, which has been extracted by the maximum similarity method, most of the land uses are primarily related to the type 1 mountainous part, which has an area of approximately 320.42 square kilometers. Then, rainfed land use with an area of 191.09 square kilometers and dense agricultural land use with an area of 74.29 square kilometers have the most areas. The area of land uses in 2020 also shows that the most land uses are mountainous type 1 rainfed and residential.

Keywords: Earth surface temperature, land use changes, land cover, Sufichai.

Citation: Abedini, M.; Sadeghi, A.; Aghazadeh, N.; Pasban, A.H. (2024), Earth Surface Temperature Monitoring in Relation to Land Use Changes Case Study: Maragheh Sufi Chay Basin, Journal of Geography and Environmental Studies, 13 (51), 112-127. Doi: 10.10.71740/ges.2024.979156

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author (s), with publication rights granded to Journal of Geography and Environmental Studies. This is an open – access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.



مقاله پژوهشی

پایش دمای سطح زمین در رابطه با تغییرات کاربری اراضی (مطالعه موردی: حوضه صوفی چای مراغه)

موسی عابدینی^{۱*}، ابوذر صادقی^۲، نازفر آقازاده^۲، امیرحسام پاسبان^۲

۱. استاد، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۲. دانشجوی دکتری، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

چکیده

تغییرات کاربری/پوشش اراضی، توسعه مناطق شهری و کشاورزی و جنگل زدایی باعث تغییر رژیم دمای منطقه‌ای و محلی می‌شود. آگاهی از میزان دمای سطح زمین کمک قابل توجهی به طیف وسیعی از مسائل مرتبط با علوم زمین مانند اقلیم شهری، تغییرات جهانی محیطی و بررسی تعاملات انسان و محیط می‌نماید. هدف از این پژوهش پایش دمای سطح زمین در رابطه با تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر TM و OLI در حوضه صوفی چای مراغه می‌باشد. برای طبقه‌بندی کاربری اراضی برای سال‌های ۱۹۹۲ و ۲۰۲۰ و تغییرات کاربری اراضی از روش نظارت‌شده و با استفاده از روش حداکثر شباهت استفاده شد. نتایج حاصله بیانگر صحت طبقه‌بندی به روش پیکسل پایه می‌باشد. با توجه به یافته‌های تحقیق، دقت کل در نقشه‌های طبقه‌بندی با استفاده از روش حداکثر شباهت برای سال ۱۹۹۲ برابر با ۹۹.۸۴ و برای سال ۲۰۲۰، ۹۹.۷۸ به دست آمد. بر اساس نقشه کاربری اراضی حوضه آبخیز صوفی چای مربوط به سال ۱۹۹۲ که با روش حداکثر شباهت استخراج شده است، بیشترین کاربری‌ها در درجه نخست مربوط به بخش کوهستانی نوع ۱ می‌باشد که مساحتی به تقریب ۳۲۰.۴۲ کیلومتر مربع را دارا می‌باشد. سپس کاربری دیم با مساحتی بالغ بر ۱۹۱.۰۹ کیلومتر مربع و کاربری کشاورزی پرتراکم با مساحت ۷۴.۲۹ کیلومتر مربع بیش‌ترین مساحت‌ها را دارا می‌باشند. مساحت کاربری‌ها در سال ۲۰۲۰ نیز نشان می‌دهد که بیش‌ترین کاربری‌ها مربوط به کوهستانی نوع ۱، دیم و مسکونی می‌باشد.

کلمات کلیدی: دمای سطح زمین، تغییرات کاربری، پوشش زمین، صوفی چای.

تاریخ ارسال: ۱۴۰۱/۱۰/۲۱

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۲/۱۹

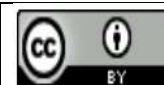
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۱۲

نویسنده مسئول: موسی عابدینی، استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. abedini@uma.ac.ir

نحوه ارجاع به مقاله:

عابدینی، موسی؛ صادقی، ابوذر؛ آقازاده، نازفر؛ پاسبان، امیرحسام (۱۴۰۳)، پایش دمای سطح زمین در رابطه با تغییرات کاربری اراضی (مطالعه موردی: حوضه صوفی چای مراغه)، جغرافیا و مطالعات محیطی، ۱۳ (۵۱)، ۱۲۷-۱۱۲، Doi: 10.71740/ges.2024.979156

Copyrights: Copyright for this article is retained by the author (s), with publication rights granted to Journal of Geography and Environmental Studies. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.



مقدمه

دمای سطح زمین (LST)، 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، خشک سالی، 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 و تعرق و رطوبت خاک استفاده می شود (زینالی و همکاران، ۱۴۰۰؛ Rozenstein et al, 2014). انتظار می رود که رشد شهرنشینی و گسترش سریع وابسته به آن در مناطق توسعه یافته تا قرن بیست و یکم با سرعت بیش تری در کشورهای در حال توسعه ادامه یابد، این عامل پتانسیل ایجاد جزایر حرارتی و پریشانی های ناشی از گرما را در مناطق شهری افزایش می دهد. گسترش سریع شهرها به دلیل تغییرات گسترده در کاربری و پوشش زمین تأثیرات منفی بر کیفیت زیست محیطی جهانی داشته، از جمله کیفیت هوا، افزایش دما و تغییرات چشم انداز و همچنین تبدیل زمین های کشاورزی که منجر به از بین رفتن تنوع زیستی می شود. دمای 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 (عابدینی و همکاران، ۱۴۰۱؛ درویشی و همکاران، ۱۳۹۸). 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 برای 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 (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 این که 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). تاکنون مطالعات مختلفی در زمینه دمای سطح زمین در رابطه با تغییرات کاربری اراضی در خارج و داخل کشور انجام شده است برای مثال، آلن^۱ و همکاران (۲۰۰۳)، در آیداهو به منظور برآورد تبخیر به عنوان یکی از عوامل مؤثر در این پارامتر به محاسبه دمای سطح زمین به روش سبال با استفاده از تصویر لند ست ۵ و ۷ پرداختند. تور سیلواتی^۲ و همکاران (۲۰۱۱)، در تحقیقی به بررسی ارتباط بین پدیده جزیره حرارتی شهر و تغییرات کاربری، پوشش گیاهی زمین با استفاده از داده های لندست در سال ۱۹۸۹ و ۲۰۰۲ در جاکارتای اندونزی پرداختند. روش های اصلی به کار گرفته شده در آن تحقیق طبقه بندی نظارت نشده، ماتریکس روی هم گذاری، تحلیل آماری پلات جعبه ای برای کاربری پوشش زمین و سنجش از دور حرارتی برای تخمین دمای سطحی بوده است. سورش و همکاران (۲۰۱۶)، که با استفاده از روش SW نقشه LST تهیه شده بود نشان داد که LST در مناطق بیابانی، بیش ترین مقدار و در مناطقی با پوشش گیاهی متراکم، کم ترین مقدار خواهد بود. نتایج این تحقیق مشخص

1. Alen
2. Silvati

کرد که با توجه به این که روش SW به منظور استخراج LST از هر دو باند حرارتی لندست ۸ استفاده می کند بنابراین نقشه های حرارتی حاصل مطمئن ترین و دقیق تر خواهد بود. هیرهر^۱ (۲۰۱۷)، در پژوهشی به بررسی تأثیر تغییرات اراضی و پوشش سطح زمین دلتای نیل در مصر بر روی دمای سطح زمین در طی دوره های ۱۱ ساله پرداخت. نتایج حاکی از آن بود که کاهش اراضی کشاورزی و تبدیل آن به اراضی شهری باعث افزایش ۱/۷ درجه سانتیگراد دمای سطح زمین شده است. همچنین در مناطقی که اراضی بایر به اراضی کشاورزی تبدیل شده است، دمای سطح زمین ۰/۵۲ درجه سانتی گراد کاهش داشته است. وانگ^۲ و همکاران (۲۰۱۹)، در پژوهشی تغییرات کاربری اراضی و دمای سطح زمین را در دلتای رودخانه پیادل در چین به صورت چندزمانه بررسی کردند. نتایج نشان داد رشد شهر در این ناحیه و الگوهای دمای سطح زمین با تخریب کاربری اراضی افزایش یافته است. اگر چه جزایر حرارتی شهری به طور گسترده ای در مناطق مختلف مورد بررسی قرار گرفته اند اما مطالعات کمی پیرامون تغییرات دمای سطح زمین در مناطق سرد و نیمه خشک صورت گرفته است. در حالی که مناطق مدیترانه ای و گرمسیری در طول روز شاهد وقوع جزایر حرارت شهری هستند، مناطق شهری سرد و نیمه خشک نسبت به محیط پیرامونی خود غالباً دمای کمتری دارند و جزایر خنک شهری را تجربه می کنند. رضوان و همکاران (۲۰۲۲)، به منظور تحلیل تغییرات فضایی و زمانی و پیش بینی تغییرات کاربری و پوشش زمین را با استفاده از پلاگین QGIS MOLUSCE و داده های سنجش از دور در منطقه لینی^۳، چین را مورد مطالعه قرار دادند. زینالی و همکاران (۱۴۰۰)، به منظور پایش دمای سطح زمین و بررسی رابطه کاربری اراضی با دمای سطح با استفاده از تصاویر سنجنده OLI، ETM+ در شهرستان پارس آباد پرداختند. نتایج آن ها حاکی از این بود که رابطه قوی بین کاربری اراضی و دمای سطحی وجود دارد. مناطق با پوشش گیاهی بالا و مناطق آبی دارای درجه حرارت پایین بودند. خاک دارای بالاترین میانگین دما در هر دو سال است که دارای دمای ۴۰/۸۰ برای سال ۲۰۰۲ و دمای ۴۲/۲۹ برای سال ۲۰۱۸ می باشد. همچنین کم ترین دمای ثبت شده برای هر دو سال مربوط به مناطق آبی است با توجه به این که آب دارای ظرفیت گرمایی بالایی می باشد. ساعد پناه و همکاران (۱۴۰۰)، بررسی تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر دمای سطح زمین در مناطق در بخش مرکزی شهرستان سنجند پرداختند. آن ها به این نتیجه رسیدند که مناطق شهری، اراضی کشاورزی و پوشش های گیاهی و آبی طی سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۹، به ترتیب ۶/۱۵ درجه سانتی گراد به ۵۱/۳۹ درجه سانتی گراد افزایش یافته است. بیش ترین دمای سطحی در هر دو سال مذکور متعلق به اراضی بایر بوده است. پوشش های گیاهی و آب در سال های مورد مطالعه کم ترین دمای سطحی را به خود اختصاص داده اند. قیصوری و همکاران (۱۴۰۰)، در تحقیقی به بررسی اثرات تغییرات کاربری اراضی بر دمای حوزه آبخیز شمالی استان ایلام پرداختند. نتایج نشان داد که در طی شش سال مورد نظر سطح کاربری های آب، مرتع، اراضی کشاورزی و باغی به ترتیب ۰/۱۵، ۳/۸۷، ۳/۴۲، درصد افزایش و سایر کاربری ها مانند جنگل و اراضی بایر به ترتیب ۱۳/۳۳ و ۰/۱۱ درصد کاهش داشته اند. همچنین الگوریتم دمایی با استفاده از شاخص LST و ایجاد جزایر حرارتی نشان داد میانگین دمای منطقه در دوره پایه (سال ۱۳۹۳) معادل ۳۱/۰۲ درجه سانتی گراد بوده که در پایان دوره مورد بررسی به ۳۱/۸۸ درجه سانتی گراد رسیده و در طی شش سال ۰/۶۸ درجه سانتی گراد دما افزایش داشته است. عابدینی و همکاران (۱۴۰۱)، در تحقیقی به پایش دمای سطح زمین و بررسی رابطه کاربری اراضی با دمای سطح با استفاده از تصاویر سنجنده OLI، TM در شهرستان مشگین شهر پرداختند. نتایج آن ها نشان داد که رابطه قوی بین کاربری اراضی و دمای سطحی وجود دارد. مناطق با پوشش گیاهی بالا و مناطق آبی دارای درجه حرارت پایین بودند. همچنین کاربری کشاورزی دیم دارای بیش ترین میانگین دما نسبت به مناطق مجاور بود که

1. Hereher

2. Wang

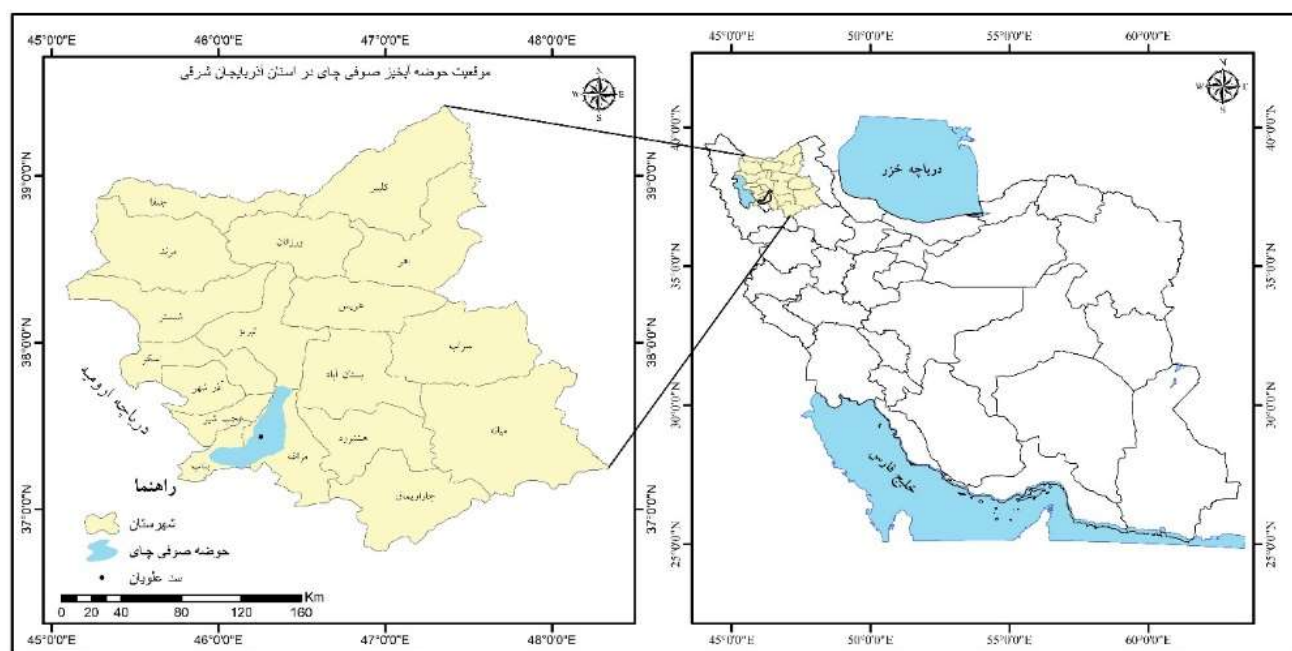
3. Linyi

نشان از خشک بودن محصولات کشاورزی در سطح شهرستان مشکین شهر است. هدف از این پژوهش پایش دمای سطح زمین در رابطه با تغییرات کاربری اراضی در حوضه آبخیز صوفی چای مراغه می باشد.

مواد و روش ها

موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

حوضه آبخیز صوفی چای با مساحتی معادل ۸۸۳/۰۹ کیلومتر مربع در یک منطقه کوهستانی در شمال غرب ایران بین طول های شرقی (۲۳°-۲۶' تا ۴۶°-۵۷' و عرض های شمالی (۳۷°-۴۴'-۵۹") تا (۳۷°-۱۴'-۴۵") واقع شده است (شکل ۱). این حوضه که در دامنه جنوبی سهند قرار گرفته است یکی از حوضه های دریاچه ارومیه به شمار می رود. از سمت شمال با حوضه های لیقوان چای و کندچای از سمت شرق با حوضه مُردق چای و از سمت غرب با حوضه قلعه چای محدود شده است.



شکل (۱): تصویر موقعیت حوضه آبخیز صوفی چای در ایران و استان آذربایجان شرقی (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۱)

مواد و روش

در تحقیق حاضر از تصویر ماهواره ای لندست ۸^۱ که از سنجنده OLI آن برای استخراج کاربری اراضی و از سنجنده TIRS آن برای به منظور استخراج دمای سطح زمین برای سال ۲۰۲۰ استفاده شد و از تصویر ماهواره ای لندست ۵^۲ سنجنده TM برای استخراج کاربری اراضی و از باند حرارتی آن (باند ۶) برای استخراج دمای سطح زمین برای سال ۱۹۹۲ استفاده شد (جدول ۱). تصاویر در فصل تابستان به منظور نبود پوشش های ابری و برفی بالا و همچنین بالا بودن شدت تابش نور خورشید اخذ شد. برای طبقه بندی کاربری اراضی برای سال های ۱۹۹۲ و ۲۰۲۰ و تغییرات کاربری اراضی از روش نظارت شده و با استفاده از روش حداکثر شباهت^۳ استفاده شد. جدول شماره ۱ اطلاعات تصاویر استفاده شده در این تحقیق را نشان می دهد. تصاویر فوق از سایت زمین شناسی

1. Landsat 8
2. Landsat 5
3. Maximum Likelihood Classification

آمریکا^۱ اخذ شد. بعد از دانلود تصاویر به منظور آماده سازی برای طبقه بندی و انجام پردازش بر روی آن ها، ابتدا پیش پردازش های لازم بر روی تصاویر صورت گرفت.

ابتدا تصحیحات رادیو متریکی و اتمسفری بر روی هر کدام از تصاویر محدوده مورد مطالعه اعمال شد. پیش پردازش تصاویر در نرم افزار ENVI 5.3.1 صورت گرفت. سپس به منظور طبقه بندی پیکسل پایه، نمونه های تعلیمی از طبقه های مختلف برداشت شد علاوه بر این از داده های گوگل ارث برای برداشت نمونه های آموزشی و نقاط کنترل زمینی استفاده شد. سپس از روش حداکثر شباهت برای طبقه بندی پیکسل پایه در نرم افزار ENVI 5.3.1 استفاده شد. در نهایت به منظور گرفتن خروجی نهایی طبقه بندی به نرم افزار ArcMap 10.8 انتقال داده شد.

جدول (۱): مشخصات تصاویر لند ست ۵ و ۸

روز/شب	ستون	سطر	درصد پوشش ابر	ارتفاع خورشید	زاویه خورشید	زمان به وقت گرینویچ	تاریخ
روز	۱۶۸	۳۴	۲	۵۳/۲۸۹۶۹۱۲۷	۱۲۲/۸۹۸۲۴۸۷۹	۰۶:۵۴:۵۷	۱۹۹۲/۰۸/۱۷
روز	۱۶۸	۳۴	۰	۶۴/۲۶۴۲۵۰۹۴	۱۲۵/۳۴۴۰۱۸۳۳	۰۷:۳۲:۱۸	۲۰۲۰/۰۷/۲۱

(منبع: متادیتا تصاویر)

پلاگین LST در QGIS

این افزونه با استفاده از زبان برنامه نویسی پایتون ساخته شده است. این زبانی است که توسط رابط برنامه نویسی برنامه QGIS (API) پشتیبانی می شود، مستقل از سیستم عامل است و توسط انواع کتابخانه های فضای منبع باز پشتیبانی می شود. برای فعال کردن بیشتر پردازش شطرنجی، کتابخانه جمع آوری داده های فضایی (GDAL) و PyQt4 از چارچوب برای ایجاد افزونه QGIS مبتنی بر گرافیک منبع باز استفاده شده است (میلتون و اوگور^۲ ۲۰۱۶). لذا در این پژوهش برای محاسبه دمای سطح زمین به روش Plank از پلاگین Land Surface Temperature در نرم افزار متن باز QGIS استفاده است. بدین صورت که برای محاسبه دمای سطح زمین به روش Plank نیاز به Brightness land surface و Temperature Raster emissivity raster بود که در این پلاگین نیز مورد محاسبه قرار گرفتند و در نهایت با روش Plank دمای سطح زمین براساس درجه سلسیوس برای سال های ۲۰۲۰-۱۹۹۲ محاسبه شد.

شاخص NDVI

این شاخص طیفی برای مطالعه پوشش گیاهی از جهت میزان کلروفیل موجود در آن طراحی شده است. هرچه میزان کلروفیل موجود در گیاه بیشتر باشد به همان میزان شاخص NDVI افزایش پیدا می کند بازه مقادیر در شاخص NDVI بین منفی یک تا مثبت یک متغیر است. عموماً مقادیر کمتر از صفر به عنوان نواحی مرطوب و آب در نظر گرفته می شوند. مقادیر بین ۴ تا ۴/۵ نیز پوشش های خاک و مراتع را شامل می شوند. مقادیر بیش تر از ۵/۴ نیز نشان دهنده پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه است (آرخی و نیازی، ۱۳۸۹). در این پژوهش به منظور به دست آوردن دقت بالاتر در طبقه بندی از این شاخص به عنوان یکی از پارامترها استفاده شد این شاخص با استفاده از رابطه (۱) دست می آید و جدول شماره ۲ نشان دهنده طبقه بندی آن است.

$$NDVI = (B_{NIR} - B_{RED}) / (B_{NIR} + B_{RED})$$

رابطه ۱

جدول (۲): برآورد میزان انتشار پذیری با استفاده از NDVI

NDVI	Land surface emissivity (ϵ_i)
NDVI < -0.185	0.995
-0.185 ≤ NDVI < 0.157	0.970
0 ≤ NDVI < 0.727	1.0094 + 0.047 ln(NDVI)
NDVI > 0.727	0.990

(منبع: لین^۱ و ژانگ^۲ ۲۰۱۱)

ارزیابی و صحت سنجی نتایج

دقت کاربر از تقسیم تعداد اشیاء طبقه‌بندی شده در هر رده بر کل اشیاء طبقه‌بندی شده در آن رده به دست می‌آید که از طریق رابطه (۱) محاسبه می‌شود. دقت تولیدکننده، بیانگر دقت طبقه‌بندی پیکسل‌های مربوط به یک کلاس خاص در نقشه واقعیت زمینی است. به بیان دیگر این عدد بیانگر احتمال این است که طبقه‌بندی کننده پیکسلی را به یک کلاس خاص نسبت داده باشد، در صورتی که کلاس واقعی آن مشخص باشد که از طریق رابطه (۲) محاسبه می‌شود. دقت کلی یکی از ساده‌ترین پارامترهای دقت است که نیاز به عملیات پیچیده‌ای برای محاسبه ندارد، دقت کلی میانگینی از دقت طبقه‌بندی است که نسبت پیکسل‌های صحیح طبقه‌بندی شده به جمع کل پیکسل‌های معلوم را نشان می‌دهد و از طریق رابطه (۳) محاسبه می‌شود. تحلیل کاپا یک تکنیک چندمتغیره گسسته است که از نظر آماری برای مشخص کردن اختلاف اساسی ماتریس خطا در ارزیابی صحت به کار گرفته می‌شود. مقدار ضریب کاپا بین صفر تا یک است. اگر مقدار K برابر با یک باشد، به معنای طبقه‌بندی کاملاً صحیح است؛ اگر مقدار آن صفر باشد، به معنای طبقه‌بندی کاملاً تصادفی است و اگر مقدار K منفی باشد، به معنای ضعف طبقه‌بندی است که بر اساس رابطه (۴) محاسبه می‌شود. خطاهای Commission و Omission بر اساس اطلاعات ماتریس خطا برای هر کلاس مجزا محاسبه می‌شود. خطای Commission (Ce) که بر اساس دقت کاربر محاسبه می‌گردد (رابطه ۵)، معادل آن در صد از پیکسل‌هایی است که در واقع متعلق به کلاس موردنظر نیستند ولی طبقه‌بندی کننده آن‌ها را جزو آن کلاس خاص در نظر گرفته است. خطای Omission مربوط به آن در صد از پیکسل‌هایی است که در واقعیت، مربوط به کلاس موردنظر است ولی جزو کلاس‌های دیگر طبقه‌بندی شده‌اند از طریق رابطه (۶) محاسبه می‌شود. دقت کاربر، دقت تولیدکننده، Commission، Omission، دقت کلی و ضریب کاپا در جدول‌های ۳ و ۴ به ترتیب برای سال ۱۹۹۲ و ۲۰۲۰ نمایش داده شد است.

$$i = \frac{n_{ii}}{n_{i+}} \times 100 \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$P.A.j = \frac{x_{jj}}{\sum_{i=1}^r x_{ij}} \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$OA = \frac{\sum_{i=1}^C E_{ii}}{N} \quad \text{رابطه (۳)}$$

$$k = \frac{N \sum_{i=1}^k n_i + n + i}{N^2 \sum_{i=1}^k n_i + n + i} \quad \text{رابطه (۴)}$$

$$Ce = 1 - U.A. \quad \text{رابطه (۵)}$$

$$Oe = 1 - P.A. \quad \text{رابطه (۶)}$$

برآورد دمای روشنایی

دمای روشنایی تشعشع الکترومغناطیسی انتقالی رو به بالا از لایه بالای اتمسفر زمین است. فرایند تبدیل حرارتی با تبدیل مقادیر ارزش رقومی باندهای حرارتی خام سنجنده TIRS به رادیانس طیفی لایه بالای اتمسفر انجام می‌شود و سپس با استفاده از رابطه ۲ (رابطه پلانک) دمای روشنایی محاسبه می‌شود. درواقع در این مرحله رادیانس طیفی به دمای جسم سیاه در سطح سنجنده تبدیل می‌شود (علوی پناه، ۱۳۹۰).

$$BT = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_T} + 1\right)}$$

رابطه ۲

استخراج دمای سطح زمین

درجه حرارت سطح زمین می‌تواند اطلاعات مفیدی در رابطه با خصوصیات فیزیکی زمین و اقلیم که نقش بسزایی در فرایندهای محیط زیستی بازی می‌کند فراهم نماید (لو و ونگ^۱، ۲۰۰۴). دمای سطح زمین به‌عنوان نمایه‌ای از شدت گرما، از عناصر اساسی شناخت آب‌وهواست (میر یعقوب زاده و قنبر پور، ۲۰۰۹). در سنجش‌ازدور دمای سطح زمین را که بالای جو به‌وسیله سنجندها به دست می‌آید دمای روشنایی می‌نامند این دما به علت پدیده‌های جذب و پخش جوی به نظر کمتر از دمای واقعی در سطح زمین است (راجشوری و همکاران، ۲۰۱۴). برای تعیین دمای واقعی سطح زمین از الگوریتم‌های گوناگونی همچون رابطه معکوس تابع پلانک^۲ استفاده می‌شود و در این تحقیق نیز به‌منظور به دست آوردن دمای سطح زمین از این الگوریتم استفاده شد. بعد از انجام طبقه‌بندی مربوطه و استخراج نقشه کاربری اراضی و تغییرات کاربری اراضی، به‌منظور محاسبه دمای سطح زمین در محدوده مورد مطالعه اقدام شد. در همین راستا از باند ۱۰ حرارتی سنجنده لند ست ۸ و باند ۶ سنجنده لند ست ۵ استفاده شد. در اولین مرحله شاخص NDVI مورد استفاده است و بقیه مراحل به ترتیب زیر به‌منظور استخراج دمای سطح زمین طی شد.

محاسبه نهایی دمای سطح زمین با روش الگوریتم رابطه معکوس تابع پلانک

دمای سطح زمین در این روش (بر مبنای میزان تابش الکترومغناطیسی جسم سیاه) با استفاده از رابطه ۳ حاصل می‌شود (سینها^۳ و همکاران، ۲۰۱۴).

$$T_s = \frac{BT}{\left\{1 + \left[\frac{\lambda \cdot BT}{\rho}\right] \cdot \ln \epsilon\right\}}$$

رابطه ۳

در این رابطه BT، λ و ϵ به ترتیب برابر با دمای درخشندگی باندهای حرارتی ۶ و ۱۰ طول موج و گسیلمندی و ρ برابر با مقدار ثابت $1.438 \cdot 10^{-2}$ است (میلتن و اوگور ۲۰۱۶).

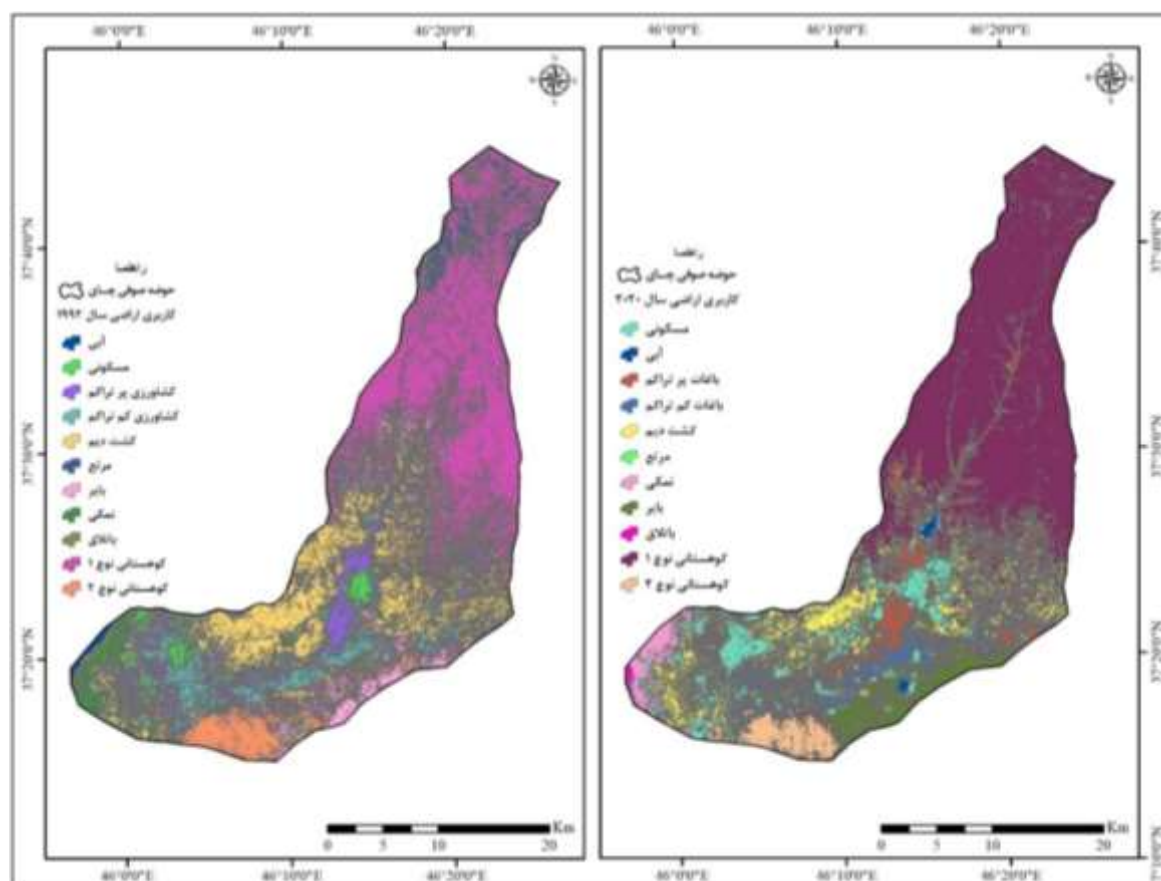
نتایج

در این پژوهش طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای به صورت پیکسل پایه صورت پذیرفت و با استفاده از نمونه‌های تعلیمی اقدام به طبقه‌بندی تصاویر شد؛ و بدین ترتیب نقشه کاربری اراضی با استفاده از روش پیکسل پایه در نرم‌افزار Envi 5.3.1 مربوط به سال‌های ۱۹۹۲ و ۲۰۲۰ در ۱۱ کلاس استخراج شد و سپس به‌منظور گرفتن خروجی و ساخت نقشه، به نرم‌افزار ArcMap10.8 انتقال داده شد (شکل ۵ و ۴).

1. Loo and Vang

2. Plank

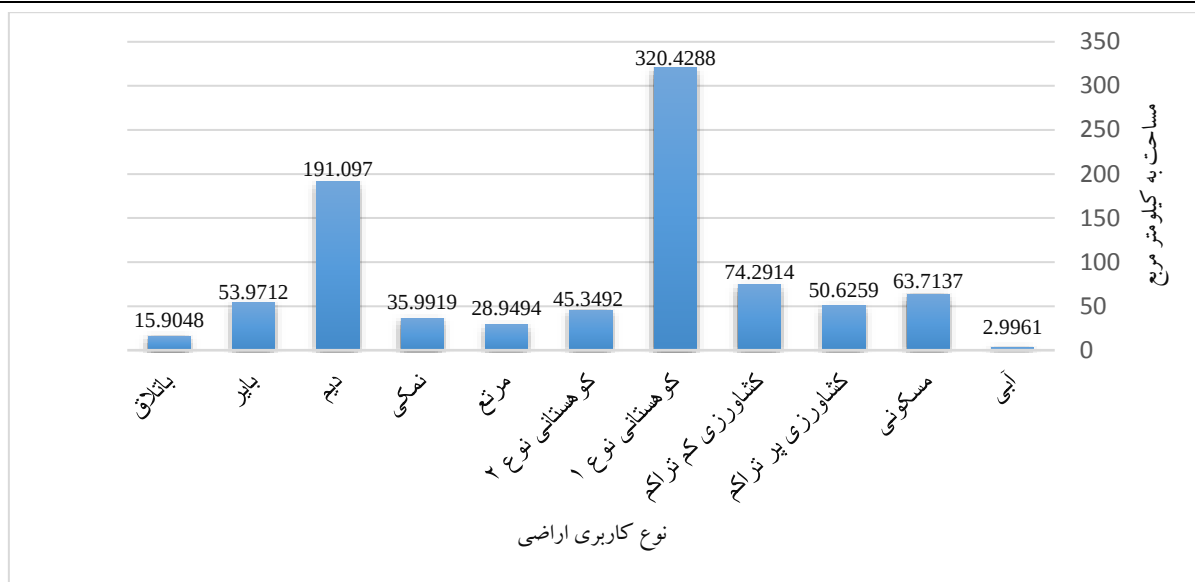
3. Sinha et al



شکل (۴): تصویر طبقه‌بندی به روش حداکثر شباهت حوضه آبخیز صوفی چای سال ۱۹۹۲ و ۲۰۲۰ (منبع: نویسندگان ۱۴۰۱)

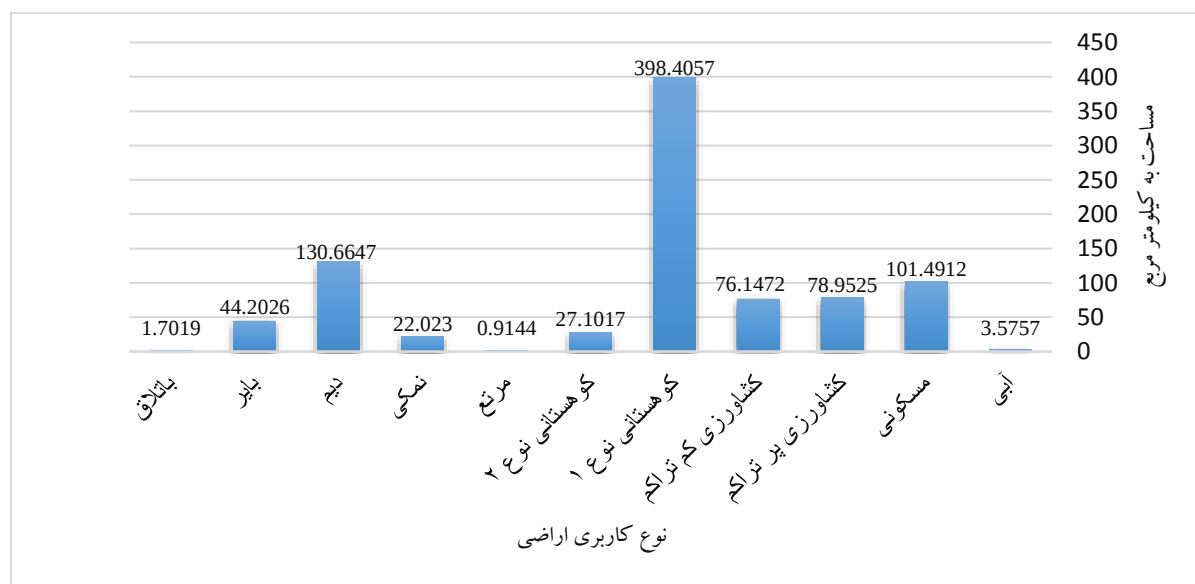
بعد از انتقال به محیط ArcGis 10.8 کاربری اراضی حوضه آبخیز صوفی چای در سال ۱۹۹۲ و ۲۰۲۰ استخراج شد و پس از تهیه نقشه مورد نظر مساحت هر کدام از کاربری‌ها استخراج شد که شکل ۴ و ۵ به ترتیب مساحت هر کدام از کاربری‌های اراضی را در سال ۱۹۹۲ و ۲۰۲۰ نشان می‌دهد.

با توجه به شکل ۵ که نشان‌دهنده مساحت کاربری اراضی حوضه آبخیز صوفی چای است در سال ۱۹۹۲ مشاهده می‌شود که بیش‌ترین مساحت مربوط به کوهستانی نوع ۱ که دامنه‌های سه‌د را در برمی‌گیرد با وسعت ۳۹۸.۴۰ کیلومتر مربع بعد از آن مربوط به دیم با وسعت ۱۹۱.۰۹ کیلومتر مربع و سپس کشاورزی کم تراکم با ۷۴.۲۹ کیلومتر مربع رتبه‌های اول تا سوم هستند.



شکل (۵): مساحت کاربری‌های حوضه آبخیز صوفی چای در سال ۱۹۹۲ (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۱)

با توجه به شکل ۶ نیز کوهستانی نوع ۱ در سال ۲۰۲۰ نیز با بیش‌ترین مساحت یعنی برابر با ۳۹۸.۴۰ کیلومترمربع درصد بیش‌تری از منطقه را به خود اختصاص داده است پس‌ازاین کاربری دیم نیز مثل سال ۱۹۹۲ در رتبه دوم با مساحت ۱۳۰.۶۶ کیلومترمربع قرار دارد با این تفاوت که نسبت به سال ۱۹۹۲ که وسعتی معادل ۱۹۱.۰۹ کیلومترمربع بود ۶۰.۴۳ کیلومترمربع کاهش داشته است. پس‌ازاین نیز کاربری مسکونی با وسعت ۱۰۱.۴۹ بیش‌ترین وسعت را در سال ۲۰۲۰ دارد که نسبت به سال ۱۹۹۲، ۳۷.۷۵ کیلومترمربع افزایش داشته است. هم‌چنین می‌توان گفت بعد از احداث سد که در سال ۱۹۹۲ شروع به ساخت آن شده بود در سال ۲۰۲۰ وسعت پهنه‌های آبی بیش‌تر و با توجه به آن کشاورزی پرتراکم در بالادست و پایین‌دست آن بیش‌تر از سال ۱۹۹۲ شده است.



شکل (۶): مساحت کاربری‌های حوضه آبخیز صوفی چای در سال ۲۰۲۰ (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۱)

ارزیابی و صحت سنجی نتایج

لازمه استفاده از هر نوع اطلاعات موضوعی، آگاهی از میزان صحت و درستی آن است (فیضی زاده و هلالی، ۱۳۸۹). به همین منظور برای ارزیابی دقت طبقه‌بندی، به محاسبه دقت کاربر، دقت تولیدکننده، Commission، Omission، دقت کلی و ضریب کاپا پرداخته شد در جدول ۳، دقت کلی، ضریب کاپا، دقت تولیدکننده، دقت کاربر و دقت Commission و Omission برای سال ۱۹۹۲ ارائه شده است.

با توجه به جدول ۳، نتایج صحت سنجی برای سال ۱۹۹۲ که صحت کلی آن برابر با ۹۹.۸۴ و ضریب کاپا آن برابر با ۰.۹۶ است می‌توان گفت که طبقه‌بندی کاربری اراضی با دقت قابل قبولی طبقه‌بندی شده‌اند. کلاس‌های مرتع و آبی با دقت بالا و بدون کم‌ترین خطایی طبقه‌بندی شده‌اند.

جدول (۱): دقت کلی، ضریب کاپا، دقت تولیدکننده، دقت کاربر و دقت Commission و Omission برای سال ۱۹۹۲

نوع کلاس	کاربر	تولید کننده	Commission	Omission
مسکونی	۸۱.۳۷	۷۹.۷۲	۱۸.۶۳	۲۰.۲۸
کشت دیم	۷۶.۴۲	۹۴.۳۹	۲۳.۵۸	۵.۶۱
آبی	۹۹.۳۲	۱۰۰	۰.۶۸	۰.۰۰
نمکی	۷۱.۵۸	۹۳.۷۲	۲۸.۴۲	۶.۲۸
باتلاق	۸۳.۷۶	۹۵.۴۵	۱۶.۲۴	۴.۵۵
مرتع	۹۶.۴۱	۱۰۰	۳.۵۹	۰.۰۰
کوهستانی نوع ۱	۹۹.۳۶	۹۲.۰۹	۰.۶۴	۷.۹۱
کوهستانی نوع ۲	۹۸.۷۲	۹۵.۰۳	۱.۲۸	۴.۹۷
کشاورزی پرتراکم	۹۵.۸۲	۹۲.۵۸	۴.۱۸	۷.۱۵
کشاورزی کم تراکم	۸۷.۲۴	۹۴.۰۰	۱۲.۷۶	۶.۰۰
بایر	۹۰.۴۵	۹۷.۵۱	۹.۵۵	۲.۴۹
صحت کلی	۹۹.۸۴			
ضریب کاپا	۰.۹۶۴۲			

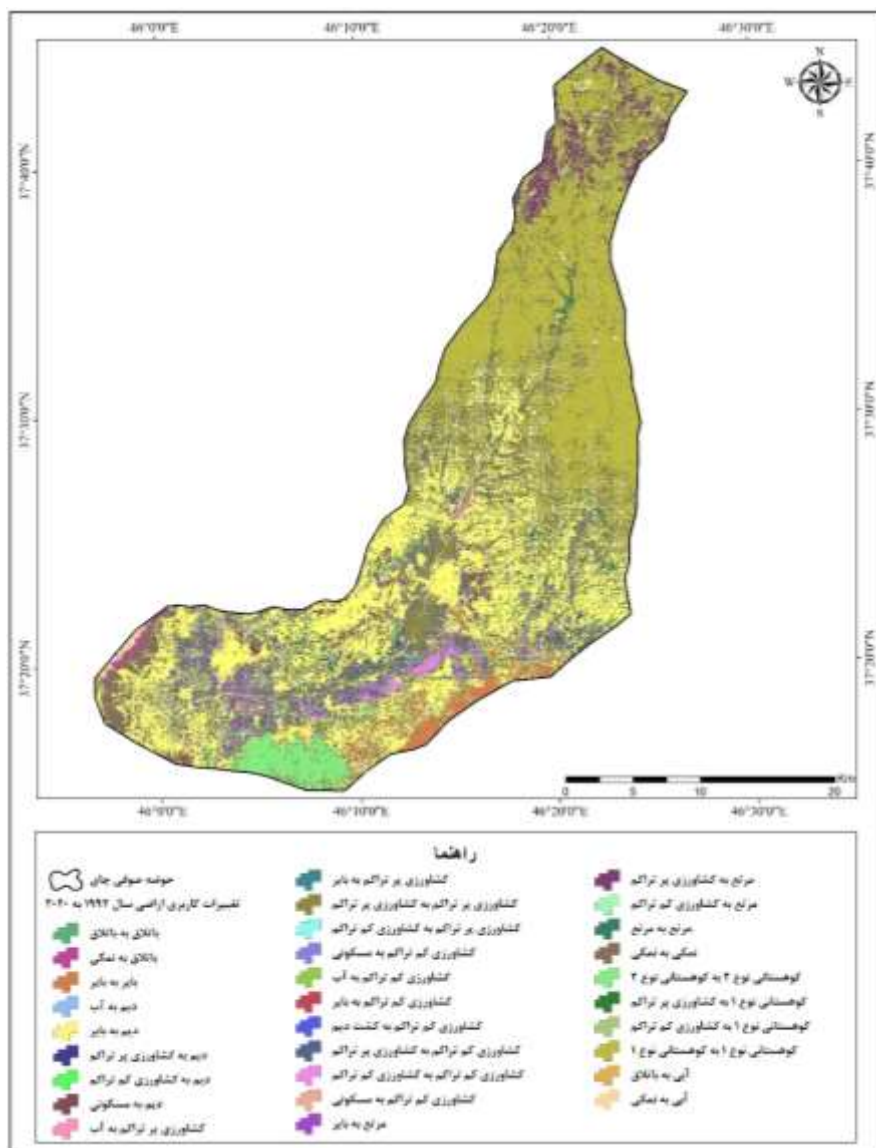
(منبع: نویسندگان، ۱۴۰۱)

جدول (۲): دقت کلی، ضریب کاپا، دقت تولیدکننده، دقت کاربر و دقت Commission و Omission برای سال ۲۰۲۰

Omission	Commission	تولید کننده (حداکثر شباهت)	کاربر (حداکثر شباهت)	نوع کلاس
۱.۰۳	۲۵.۵۸	۹۸.۹۷	۷۴.۴۲	مسکونی
۰.۵۲	۷.۷۰	۹۹.۴۸	۹۲.۳۰	کشت دیم
۲.۱۴	۰.۲۷	۹۷.۸۶	۹۹.۷۳	آبی
۲.۰۸	۰.۶۲	۹۷.۹۲	۹۹.۳۸	نمکی
۳.۲۶	۵.۱۶	۹۶.۷۴	۹۴.۸۴	باتلاق
۸.۹۴	۱.۷۷	۹۱.۰۶	۹۸.۲۳	مرتع
۲.۷۲	۰.۳۱	۹۷.۲۸	۹۹.۶۹	کوهستانی نوع ۱
۲.۷۸	۰.۰۷	۹۷.۲۲	۹۹.۹۳	کوهستانی نوع ۲
۵.۶۶	۳.۵۰	۹۴.۳۴	۹۶.۵۰	کشاورزی پرتراکم
۵.۰۸	۱۵.۰۸	۹۴.۹۲	۸۴.۹۲	کشاورزی کم تراکم
۱.۱۸	۲.۰۱	۹۸.۸۲	۹۷.۹۹	بایر
		صحت کلی		
		۹۹.۷۸		
		۰.۹۶۲۴		
		ضریب کاپا		

(منبع: نویسندگان، ۱۴۰۱)

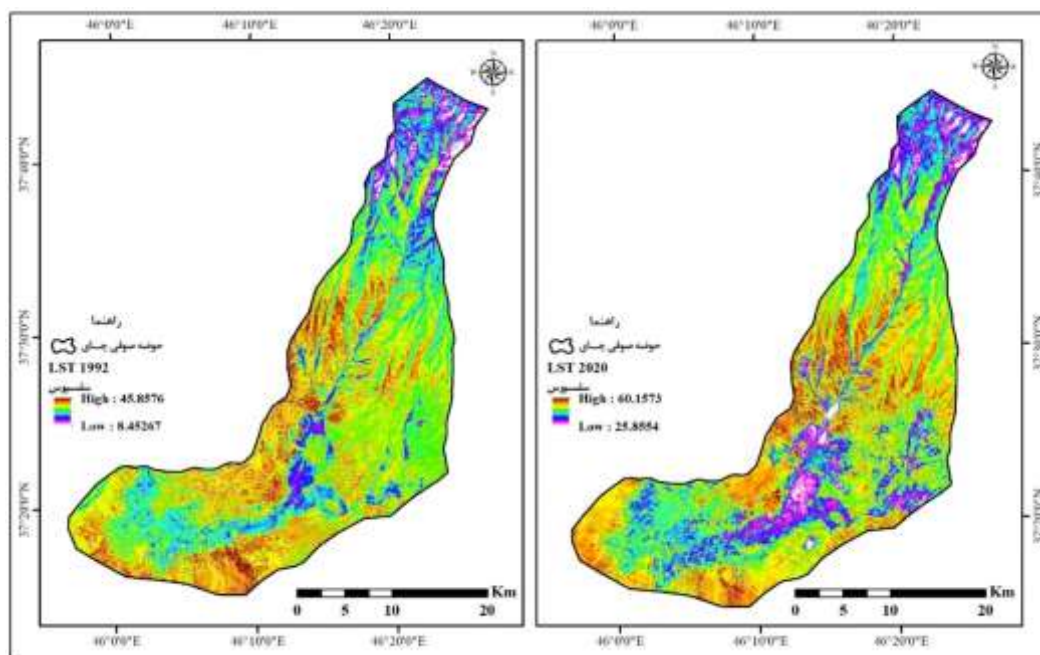
با توجه جدول ۴، به نتایج صحت سنجی برای سال ۲۰۲۰ که صحت کلی آن برابر با ۹۹.۷۸ و ضریب کاپا آن برابر با ۰.۹۶ است می‌توان گفت که طبقه‌بندی کاربری اراضی برای این سال نیز با دقت قابل قبولی طبقه‌بندی شده‌اند. کلاس دیم با ۹۹.۴۸ بادقت‌ترین کلاس برای این سال است. در نهایت تغییرات حوضه آبخیز صوفی‌چای از سال ۱۹۹۲ تا ۲۰۲۰ که در شکل ۷ ارائه شده است بیش‌ترین تغییرات افزایش سطح آبی و به دنبال آن زمین‌های کشاورزی پرتراکم و کم‌ترانم هم‌چنین بیش‌تر شدن مناطق مسکونی و کم شدن مراتع نسبت به سال ۱۹۹۲ و بیشتر شدن سطح کوهستانی این منطقه را نشان می‌دهد.



شکل (۷): تصویر تغییرات کاربری اراضی از سال ۱۹۹۲ تا ۲۰۲۰ حوضه آبخیز صوفی‌چای (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۱)

رابطه دمای سطح زمین با کاربری اراضی

بعد از استخراج نقشه تغییرات کاربری اراضی به منظور استخراج دمای سطح زمین در بازه زمانی موردنظر (۱۹۹۲-۲۰۲۰) اقدام شد و نقشه حاصل از آن نیز استخراج گردید شکل (۸).



شکل (۸): تصویر نقشه دمای سطح زمین سال ۱۹۹۲ و ۲۰۲۰ به روش Plank (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۱)

جدول (۵): میانگین دمای سطح زمین بر اساس نوع کاربری سال ۱۹۹۲

نوع کاربری	میانگین دما ۱۹۹۲
باتلاق نمکی	۳۳.۶۶
بایر	۳۷.۴۰
دیم	۳۶.۱۶
کشاورزی نوع ۱	۲۸.۲۸
کشاورزی نوع ۲	۳۱.۱۰
مرتع	۲۴.۷۳
مسکونی	۳۴.۹۴
نمکی	۳۵.۴۶
کوهستانی قره قوشون	۳۶.۵۵
کوهستانی سهند	۳۲.۶۱
ساحل دریاچه ارومیه	۳۴.۳۲

(منبع: نویسندگان، ۱۴۰۱)

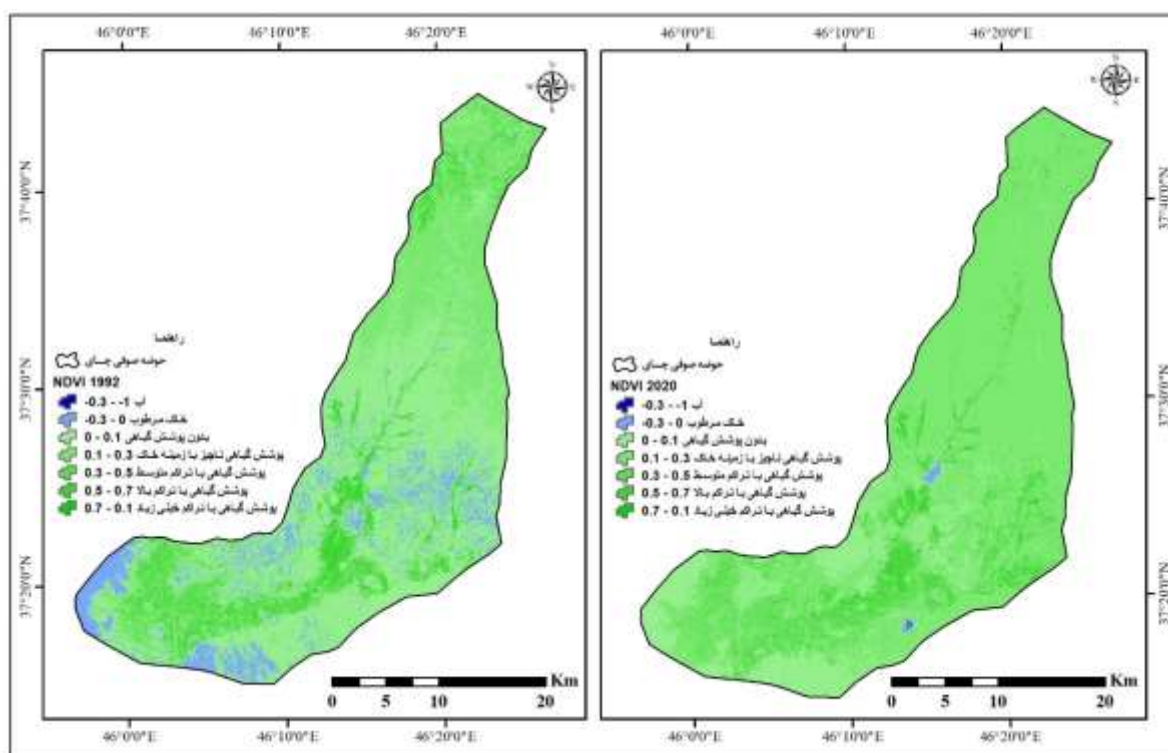
جدول (۶): میانگین دمای سطح زمین بر اساس نوع کاربری سال ۲۰۲۰

نوع کاربری	میانگین دما ۲۰۲۰
آب	۳۴.۹۹
کشاورزی نوع ۱	۳۸.۹۰
کشاورزی نوع ۲	۴۳.۲۶
باتلاق	۵۱.۱۲
بایر	۴۹.۹۰
دیم	۴۸.۸۹
کوهستانی سهند	۴۶.۶۳
کوهستانی قره قوشون	۵۱.۳۲
مرتع	۳۰.۵۴
مسکونی	۴۵.۹۴
نمکی	۵۰.۷۵

(منبع: نویسندگان، ۱۴۰۱)

رابطه دمای سطح زمین با پوشش گیاهی (NDVI)

در این پژوهش با بررسی رابطه بین دمای سطحی و پوشش گیاهی با استناد بر داده‌های آماری مشخص شد که ارتباط قوی بین دمای سطح زمین و پوشش گیاهی برقرار است. به این صورت که نواحی عاری از پوشش گیاهی دارای دمای سطحی بالاتری نسبت به نواحی است که دارای پوشش گیاهی می‌باشند. نواحی دارای پوشش گیاهی با تراکم زیاد برای سال ۱۹۹۲ دارای میانگین دمای ۲۸.۲۸ درجه است در حالی که در این سال نواحی بدون پوشش گیاهی همچون مناطق شهری دارای میانگین دمایی حدود ۳۴/۹۴ درجه سانتی‌گراد است که نشان از تأثیر پوشش گیاهی بر دمای سطحی است. همچنین در سال ۲۰۲۰ نیز همین فرآیند مشاهده می‌شود به طوری که کاربری کشاورزی نوع ۱ دارای میانگین دمای ۳۸/۹۰ درجه بوده در حالی که کاربری شهری عاری از پوشش گیاهی دارای میانگین دمای ۴۵/۹۴ درجه سانتی‌گراد بوده است. به دلیل اهمیت نقش پوشش گیاهی در دمای سطح زمین، نقشه پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه نیز استخراج شد تا به این طریق درک بهتری از رابطه پوشش گیاهی با دمای سطح زمین به دست آید (شکل ۹).



شکل (۹): تصویر نقشه شاخص نرمال شده پوشش گیاهی (NDVI) سال ۱۹۹۲ و ۲۰۲۰ (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۱)

نتیجه‌گیری

در این پژوهش به بررسی تغییرات کاربری اراضی حوضه آبخیز صوفی چای برای سال‌های ۱۹۹۲ و ۲۰۲۰ با استفاده از روش پیکسل پایه پرداخته شد. نتایج به دست آمده بیانگر صحت طبقه‌بندی به روش پیکسل پایه است. با توجه به یافته‌های تحقیق، دقت کل در نقشه‌های طبقه‌بندی با استفاده از روش حداکثر شباهت برای سال ۱۹۹۲ برابر با ۹۹/۸۴ و برای سال ۲۰۲۰، ۹۹/۷۸ به دست آمد. بر اساس نقشه کاربری اراضی حوضه آبخیز صوفی چای مربوط به سال ۱۹۹۲ که با روش حداکثر شباهت استخراج شده است، بیشترین کاربری‌ها در درجه نخست مربوط به بخش کوهستانی نوع ۱ است که مساحتی به تقریب ۳۲۰.۴۲ کیلومتر مربع را دارا است. سپس کاربری دیم با مساحتی بالغ بر ۱۹۱/۰۹ کیلومتر مربع و کاربری کشاورزی پرتراکم با مساحت ۷۴/۲۹ کیلومتر مربع بیشترین مساحت‌ها را دارا می‌باشند. مساحت کاربری‌ها در سال ۲۰۲۰ نیز نشان می‌دهد که بیشترین کاربری‌ها مربوط به کوهستانی نوع ۱، دیم و مسکونی است. هم‌چنین با توجه به اینکه آگاهی از الگوهای کاربری اراضی و تغییرات آن‌ها در طول زمان پیش‌نیازی برای

استفاده مطلوب از سرمایه ملی است، از این رو استخراج نقشه‌های کاربری اراضی به‌عنوان مهم‌ترین هدف در مدیریت کاربری‌های اراضی می‌تواند مورد توجه قرار گیرد. همچنین نتایج رابطه بین دمای سطح زمین با پوشش گیاهی نشان داد که در این پژوهش با بررسی رابطه بین دمای سطحی و پوشش گیاهی با استناد بر داده‌های آماری مشخص شد که ارتباط قوی بین دمای سطح زمین و پوشش گیاهی برقرار است. به این صورت که نواحی عاری از پوشش گیاهی دارای دمای سطحی بالاتری نسبت به نواحی است که دارای پوشش گیاهی می‌باشند. نواحی دارای پوشش گیاهی با تراکم زیاد برای سال ۱۹۹۲ دارای میانگین دمای ۲۸/۲۸ درجه است در حالی که در این سال نواحی بدون پوشش گیاهی هم‌چون مناطق شهری دارای میانگین دمایی حدود ۳۴/۹۴ درجه سانتی‌گراد است که نشان از تأثیر پوشش گیاهی بر دمای سطحی است. همچنین در سال ۲۰۲۰ نیز همین فرآیند مشاهده می‌شود به‌طوری که کاربری کشاورزی نوع ۱ دارای میانگین دمای ۳۸/۹۰ درجه بوده در حالی که کاربری شهری عاری از پوشش گیاهی دارای میانگین دمای ۴۵/۹۴ درجه سانتی‌گراد بوده است. زینالی و همکاران، (۱۴۰۰) به پایش دمای سطح زمین و بررسی رابطه کاربری اراضی با دمای سطح با استفاده از تصاویر سنجنده OLI و ETM+ در شهرستان پارس آباد پرداختند. نتایج نشان داد که رابطه قوی بین کاربری اراضی و دمای سطحی وجود دارد. مناطق با پوشش گیاهی بالا و مناطق آبی دارای درجه حرارت پایین بودند. خاک دارای بالاترین میانگین دما در هر دو سال است که دارای دمای ۴۰/۸۰ برای سال ۲۰۰۲ و دمای ۴۲/۲۹ برای سال ۲۰۱۸ می‌باشد. درویشی و همکاران (۱۳۹۸) به بررسی دمای سطح زمین با استفاده از تأثیر شاخص‌های گیاهی و خصوصیات سطح شهری پرداختند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که بیش‌ترین دما در طبقات با پوشش گیاهی ضعیف و کم‌ترین دما در طبقات با پوشش گیاهی متراکم رخ داده است. بنابراین کاهش پوشش گیاهی و رشد نواحی مسکونی نقش موثری در افزایش دمای سطح زمین دارد. فیضی زاده و همکاران (۱۳۹۵) به بررسی دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر ماهواره لندست و الگوریتم پنجره مجزا پرداختند که نتایج نشان داد که بین پوشش گیاهی و دمای سطح زمین رابطه قوی وجود دارد چنان که منطقه دارای پوشش گیاهی دارای حداقل دما و مناطق عاری از پوشش گیاهی دارای حداکثر دما می‌باشند که نشان دهنده اهمیت پوشش گیاهی در منطقه می‌باشد.

منابع

- آرخی، صالح؛ نیازی، یعقوب (۱۳۸۹). بررسی کاربرد RS و GIS برای تخمین فرسایش خاک و بار رسوب با استفاده از مدل RUSLE در حوضه بالادست سد ایلام. *پژوهش‌های حفاظت آب و خاک*. ۱۷ (۲)، ۱-۲۷.
- اشرف، بتول؛ فریدحسینی، علیرضا؛ میانآبادی، آمنه (۱۳۹۱). بررسی جزیره حرارتی شهر مشهد با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و نظریه فرکتال. *مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی*. ۱ (۱)، ۳۵-۴۸.
- درویشی، شادمان؛ سلیمانی، کریم؛ رشیدپور، مصطفی (۱۳۹۸). تأثیر شاخص‌های گیاهی و خصوصیات سطح شهری بر تغییرات دمای سطح زمین مطالعه موردی شهر استان سندج. *نشریه سنجش اوردور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی*. ۱۰ (۱)، ۳۵-۱۷.
- زینالی، بتول و دیگران (۱۴۰۰). پایش دمای سطح زمین و بررسی رابطه کاربری اراضی با دمای سطح با استفاده از تصاویر سنجنده OLI و ETM+ (مطالعه موردی: شهرستان پارس آباد). *پژوهش‌های اقلیم شناسی*. ۱۲ (۴۶)، ۱۱۴-۱۰۱.
- ساعدنیه، مهین؛ امان‌اللهی، جمیل؛ قربانی، فرشید (۱۴۰۰). بررسی تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر دمای سطح زمین در مناطق سرد و نیمه خشک (مطالعه موردی: بخش مرکزی شهرستان سندج). *محیط زیست طبیعی، منابع طبیعی ایران*. ۷۴ (۱)، ۶۹-۸۲.
- عابدینی، موسی و دیگران (۱۴۰۰). پایش دمای سطح زمین و بررسی رابطه کاربری اراضی با دمای سطح با استفاده از تصاویر سنجنده OLI و TM. *نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*. ۶۷ (۲۲)، ۳۹۲-۲۷۵.

عابدینی، موسی و دیگران (۱۴۰۱). پایش دمای سطح زمین و بررسی رابطه کاربری اراضی با دمای سطح با استفاده از تصاویر سنجنده OLI و TM، مطالعه موردی: (شهرستان مشکین شهر). *تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*. ۲۲ (۶۷)، ۳۷۵-۳۹۳.

فیضی زاده، بختیار؛ هلالی، حسین (۱۳۸۹). مقایسه روش های پیکسل پایه، شیء گرا و پارامترهای تأثیرگذار در طبقه بندی پوشش کاربری اراضی استان آذربایجان غربی. *نشریه پژوهش های جغرافیایی*. ۴۲ (۷۱)، ۷۳-۸۴.

فیضی زاده، بختیار؛ دیده بان، خلیل؛ غلام نیا، خلیل (۱۳۹۵). برآورد دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر ماهواره لندست ۸ و الگوریتم پنجره مجزا مطالعه موردی: حوضه آبریز مهاباد. *اطلاعات جغرافیایی*. ۲۵ (۹۸)، ۱۷۱-۱۸۱.

قیصوری، مرتضی و دیگران (۱۴۰۰). بررسی اثرات تغییرات کاربری اراضی بر دمای حوزه آبخیز شمالی استان ایلام. *مدیریت جامع حوزه های آبخیز*. ۱ (۱)، ۲۹-۴۳.

Allen, R.G.; Tasumi, M. & Mors, A. (2002). *Satellite Based Evapotranspiration by METRIC and Landsat for Western Estates Water Management*. US: Bureau Reclamation Evapotranspiration workshop.

Hereher, M.E. (2017). Effect of land use/cover change on land surface temperatures-The Nile Delta, Egypt. *Journal of African Earth Sciences*. 126, 83-75.

Li, W. et al (2012). Spatial pattern of greenspace affects land surface temperature: Evidence from the heavily urbanized Beijing metropolitan area, China. *Landscape Ecology*. 27 (6), 887-898.

Liu, L. & Zhang, Zh. (2011). Urban heat island analysis using the landsat TM data and ASTER data: A case study in Hong Kong. *Remote Sensing*. 3, 1535-1552.

Lu, D. P. et al (2004). Change detection techniques, *INT. J. Remote Sensing*. 25 (12), 2365-2407.

Pijanowski, B.C. et al (2002). Using neural networks and GIS to forecast land use change; A land transformation model. *Computers Environment and Urban Systems*. 26, 553-575.

Rizwan, M. et al (2022). Spatiotemporal change analysis and prediction of future land use and land cover changes using QGIS MOLUSCE plugin and remote sensing big data: A case study of Linyi, China. *Land*. 11 (3), 419. doi.org/10.3390/land11030419.

Rozensten, O. et al (2014). Derivation of land surface temperature for landsat – 8 TIRS using a split window algorithm. *Sensor*. 4 (14), 5768-5780.

Srivastava, P.K.; Majumdar, T. J. & Bhattacharya, A. K. (2009). Surface temperature estimation in Singhbhum Shear Zone of India using landsat-7 ETM+ thermal infrared data, *advances in space research*. 43 (10), 1563-1574.

Weng, Q.; Lu, D. & Schubring, J. (2004). Estimation of land surface temperature vegetation abundance relationship for urban heat island studies. *Remote Sensing of Environment*. 89, 467- 483.