

ارزیابی مکانی روند دمای سطح زمین در اقلیم‌های خراسان رضوی با سنجنده آکوا (از سال

۲۰۰۳ الی ۲۰۲۳)

چکیده

صنعتی‌شدن و افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی گرمایش زمین را در پی داشته و موجب تغییر در طبیعت، اقلیم و زیست‌انسان شده است. مطالعه و پایش بلندمدت پارامترهای مرتبط با گرمایش زمین به‌خصوص دمای سطح زمین با استفاده از تکنولوژی‌هایی مانند سنجنده‌های دور می‌تواند به درک درست و بهتر این پدیده کمک کند. انرژی خورشید در طول روز به سطح زمین رسیده و دمای آن را افزایش می‌دهد، اما در طول شب رفته‌رفته از آن خارج شده و دمای آن کاهش می‌یابد. در این تحقیق، به کمک سنجنده آکوا از مأموریت مودیس، تصاویر مربوط به شاخص LST در یک دوره ۲۰ ساله از سال ۲۰۰۳ الی ۲۰۲۳ از استان خراسان رضوی واقع در شمال شرق ایران جمع‌آوری و به‌صورت هفتگی میانگین‌گیری گردیدند. سپس به کمک رگرسیون خطی روند دمای سطح در منطقه در تمامی اقلیم‌ها محاسبه شد. نتایج نشان می‌دهد که به‌طور کلی شاخص LST در روز و شب افزایشی بوده؛ ولی در روز هنگام دمای سطح زمین افزایش بیش‌تری نسبت به مقدار آن در طول شب داشته است. دو اقلیم خشک و نیمه‌خشک در استان غالب هستند و میانگین افزایش دمای سطح برای آن‌ها در روز هنگام به ترتیب ۰/۸۰ و ۱/۰۷ سانتی‌گراد بر دهه و شب‌هنگام ۰/۵۵ و ۰/۵۹ سانتی‌گراد بر دهه بود. علاوه بر این، مشاهده شد ارتباط محسوسی بین اقلیم‌ها و روند دمای سطح وجود ندارد و روند LST روز هنگام در مناطقی که دارای کاربری کشاورزی هستند کاهشی بوده اما روند LST شب‌هنگام ارتباطی به کاربری کشاورزی یا پوشش گیاهی نداشته است.

واژه‌های کلیدی: آکوا، اقلیم، خراسان رضوی، دمای سطح زمین، مودیس.

Abstract

Industrialization and the escalated consumption of fossil fuels have resulted in global warming, which has caused alterations to nature, climate, and human life. The long-term monitoring and examination of parameters associated with global warming, particularly land surface temperature (LST), using advanced technologies like remote sensing, can contribute to a more comprehensive and precise understanding of this phenomenon. Solar energy during the daytime, raising its temperature, while dissipation of energy gradually occurs during the night, leading to a decrease in temperature. Here, a collection of images related to the LST was amassed over 20 years, from 2003 to 2023, for Khorasan Razavi Province in northeastern Iran, utilizing the MODIS data. These images were averaged weekly. Subsequently, the surface temperature trend encompassing all climates in the region was determined through linear regression. The findings demonstrate a general increase in the LST index during both daytime and nighttime; however, the rise in surface temperature during the daytime exhibits a more substantial increase compared to nighttime. The province is predominantly characterized by arid and semi-arid climates, with an average rise in surface temperature during the day of 0.80°C and 1.07°C per decade, respectively, and during the night of 0.55°C and 0.59°C per decade. Moreover, it was observed that there is no significant correlation between climate and surface temperature trends. The daytime LST trend in areas with agricultural land use displays a decreasing pattern, whereas the nighttime LST trend does not seem to be influenced by agricultural land use or vegetation cover.

Keywords: Aqua, Climate, Khorasan Razavi, Land Surface Temperature, MODIS.

افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی و در پی آن گرمایش زمین موجب شده دمای سطح زمین^۱ در طی دهه‌های گذشته افزایش یابد که روی تمامی ابعاد حیات در کره زمین تاثیر داشته است [۱]. از جمله نتایج گرمایش زمین، آب شدن یخچال‌های قطبی و در پی آن بالا آمدن سطح آب اقیانوس‌ها و تغییر اقلیم گسترده است که موجب شده الگوهای بارش در مناطق مختلف تغییر کند [2, 3]. سرعت وقوع این اتفاقات باعث شده است تا متولیان و برنامه‌ریزان با چالشی مستمر در سیاست‌گذاری‌های خود مواجه باشند [۴] و همواره نیاز به پایش و مطالعه اثرات اقلیمی و زیستی آن برای اتخاذ تصمیمات موثر و مفید وجود داشته باشد. سطح زمین که یکی از عناصر اساسی در علوم زمین شناخته می‌شود تحت‌تأثیر عواملی از قبیل انرژی ورودی، تخلیه سطحی، رطوبت و حرکت هوای اتمسفر بوده و انرژی خالص سطح سیاره متأثر از این موارد است [۵]. درک درست از انرژی سطحی در کنار محاسبه دمای سطح در بسیاری از مطالعات علوم زمین از قبیل مطالعات مربوط به گسترش شهر، مدیریت منابع آب، بلایای طبیعی و آب‌وهوا از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. دمای سطح زمین اصلی‌ترین عامل در تعیین تعادل انرژی در فرایندهای فیزیکی سطح زمین بوده و نقش بسزایی در تحلیل تغییرات آب‌وهوایی و تأثیرات آن بر محیط‌زیست دارد [۱].

برخی از محققان با مطالعه داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی روند گرم‌شدن دمای سطح زمین را گزارش کرده‌اند. سلیمی‌فرد [۶] با استفاده از داده‌های ۹ ایستگاه فعال در استان خراسان رضوی در بازه زمانی ۱۹۹۰ الی ۲۰۱۵ روند افزایشی دما گزارش کردند. اما استخراج روند از این داده‌ها زمان‌بر و پرهزینه هستند [۷]. در مطالعه‌ای دیگر، قویدل با بررسی و تحلیل داده‌های دمای بیشینه روزانه از ۱۳ ایستگاه استان خوزستان اثرات امواج ابر گرم را بررسی کرد [۸]. مزیدی و فلاح‌زاده برای مطالعه دمای اعماق زمین داده‌های روزانه دمای خاک ایستگاه‌های سینوپتیک یزد را جمع‌آوری کردند [۹]. از این رو، اغلب مطالعات در این حوزه به کمک تصاویر ماهواره‌ای و سنجش از دوری شاخص‌های مختلف را مطالعه می‌کنند. این تکنولوژی امکان بررسی عوارض کره زمین را در بازه زمانی و مکانی طولانی فراهم کرده است. بسیاری از محققین در علوم مختلف مانند جغرافیا، محیط زیست و هواشناسی از این ابزار جهت افزایش بهره‌وری و گستره مطالعات خود بهره‌برده‌اند [۱۰]. شاخص دمای سطح زمین (LST) یکی از محصولات سنجش از دوری است که در گستره زمانی و مکانی مناسبی امکان مطالعه تغییرات را فراهم آورده است [۱۱، ۱۲]. دمای سطح زمین میزان تابش ساطع شده از سطح زمین و تبادل انرژی بین سطح و جو را منعکس می‌کند [۱۳، ۱۴]. این سنجه سنجش از دوری در بسیاری از مطالعات از قبیل منابع حرارتی زمین، تعادل انرژی تغییر اقلیم و پدیده‌های شهری، رطوبت خاک و مدیریت منابع آب کاربرد دارد [۱۵]. ماموریت مودیس^۲ امکان اندازه‌گیری و ثبت تصاویر مربوط به دمای سطح زمین دارد. دو سنجنده ترا و آکوا توانایی اندازه‌گیری دمای سطح زمین در دو بازه زمانی روز هنگام و شب‌هنگام را دارند. این ماموریت امکان انجام تحقیقات بسیاری را در موضوعات متنوع برای محققان میسر ساخته است به‌طوری‌که بسیاری از آن‌ها توانسته‌اند با مطالعه بلندمدت شاخص LST ارتباط آن را با دیگر عوامل محیطی مطالعه کنند [۷]. در یک پژوهش با استفاده از داده‌های سنجنده ترا و آکوا از ماموریت مودیس در بازه زمانی ۲۰۰۳ تا ۲۰۲۳ برای استان گیلان، دمای شب و روز سطح زمین و ارتباط آن با میزان سبزی‌نگی و رطوبت بررسی شد [۱۶]. در تحقیقی دیگر، طریق و همکاران^۳ اعلام کردند که ارتباط مستقیمی بین دمای سطح زمین، شاخص سبزی‌نگی^۴ و شاخص محتوای آب^۵ وجود دارد [۱۷]. بهروزآباد و همکاران در حوزه آبریز دریاچه جازموریان با استفاده از سنجنده ترا و آکوا دمای شب هنگام سطح زمین را

^۱ Land Surface Temperature

^۲ MODIS

^۳ Tariq et.al

^۴ NDVI

^۵ NDWI

بررسی کردند. آن‌ها با برآورد شاخص LST را بین سال‌های ۲۰۰۳ - ۲۰۱۹ دریافتند که مقادیر شب هنگام LST در این دوره مخصوصاً از ۲۰۰۸ به بعد در ماه‌های منتج به دوره سرد سال روند افزایش را شاهد بوده است [۱۸].

مطالعاتی زیاد در حوزه کاربرد دمای سطح زمین انجام شده است. موسوی و همکاران در سال ۱۴۰۲ تصاویر ماهواره لندست^۱ طی سال‌های ۱۹۹۱ تا ۲۰۲۱ شاخص دمای سطح زمین را در سه شهر کاشان، شیرگاه و بندر انزلی جمع‌آوری و مطالعه کردند. آن‌ها اعلام کردند که گسترش فیزیکی شهرها منجر به تغییرات مکانی و زمانی در خواص بیوفیزیکی شهر از جمله LST، تاثیرگذار بوده و افزایش دمای سطح شهر را در پی داشته است. علاوه بر این، با توجه به شرایط اقلیمی میانگین سبزی‌نگی در مناطق با اقلیم مرطوب (انزلی و شیرگاه) با مناطق با اقلیم گرم و خشک (کاشان) متفاوت است [۷]. همچنین، مرادی و همکاران ۱۳۹۵ با استفاده از داده‌های روز هنگام مودیس شیب دمای سطح زمین را در ایران مورد ارزیابی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که تغییرات زمانی مکانی چشمگیری در شیب دمای سطح زمین ایران دیده می‌شود [۱۹]. در مطالعه‌های دیگر، ذولفقاری و همکاران در سال ۱۴۰۲ طی یک پژوهش به مطالعه روند دمای سطح زمین در ایران مرکزی با استفاده از داده‌های سنجنده ترا از مأموریت مودیس پرداختند. آن‌ها با استخراج تصاویر از سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۸ دریافتند که بیشترین افزایش در استان‌های اصفهان، سمنان و قم رخ داده در حالی که کمترین کاهش در استان‌های یزد و اصفهان بوده است [۲۰]. مساله دیگر تفاوت میان میزان دمای سطح زمین در طول روز و شب با توجه به جذب انرژی تابشی خورشید است. این انرژی در طول روز جذب سطح شده و طی شب رفته‌رفته به محیط بر می‌گردد که باعث افزایش میانگین دمای سطح در شب هنگام نیز می‌شود. شب هنگام سطح زمین به شکل یک سطح هم‌دما و همگن عمل می‌کند. به طوری که می‌تواند منجر به ظهور اختلاف ۲۰ درجه‌ای دما شود درحالی که این اختلاف در طول شب نمود چندانی ندارد [۲۱].

پس از بررسی منابع مختلف در حوزه پایش بلندمدت روند دمای سطح زمین این امر واضح شد که تأثیرات تغییرات دمای سطح بر انواع خرده اقلیم کمتر مورد بررسی قرار گرفته است. با وجود تشدید عوامل موثر بر دمای سطح زمین لزوم ارزیابی تغییرات زمانی و مکانی LST در اقلیم‌های مختلف محلی وجود دارد [۲۲]. فعالیت‌های انسانی و پدیده تغییر اقلیم به طرز معنی‌داری بر روی پوشش و کاربری زمین تاثیر گذاشته است [۲۳]. در کنار این عوامل، فرونشست در خراسان رضوی به دلیل برداشت غیر اصولی از سفره‌های آب زیرزمینی خود تغییرات اقلیمی را تشدید کرده و موجب افزایش دمای سطح زمین شده است [۲۴]. مطالعات انجام شده در این زمینه نتوانستند اثر تغییرات دمای سطح زمین بر خرده اقلیم‌ها و پوشش‌های گیاهی بررسی کنند. همچنین، در تحقیقات انجام شده در ایران کمتر به بررسی بلند مدت شاخص LST پرداخته شده است. از این رو، در این تحقیق هدف آن است که در یک بازه زمانی بلندمدت ۲۰ ساله از ۲۰۰۳ تا ۲۰۲۳ میلادی شاخص LST و تاثیر متقابل آن بر اقلیم‌های استان خراسان رضوی مورد بررسی قرار گیرد.

داده و روش

در این پژوهش از سنجنده آکوا از مأموریت مودیس استفاده شده است. تصاویر این سنجنده قدرت تفکیک مکانی متفاوتی دارند؛ ۲ باند با تفکیک مکانی ۲۵۰ متر، ۵ باند با تفکیک مکانی ۵۰۰ متر و ۲۹ باند با دقت مکانی ۱۰۰۰ متر [۲۵]. شاخص دمای سطح زمین از محصول MOD11A1/061 سنجنده آکوا و در بازه زمانی ۲۰ ساله از ۲۰۰۳ الی ۲۰۲۳ جمع‌آوری شده است. این محصول دسترسی به دقت مکانی ۱۰۰۰ متر و زمانی یک روز برای روز هنگام و شب‌هنگام را فراهم آورده است.

^۱ LANDSAT

سنجنده آکوا در مدار همسان با خورشید حرکت می‌کند به این معنی که همانند خورشید، هر روز در یک ساعت محلی مشخص از یک منطقه زمین عبور می‌کند. این ویژگی امکان ثبت داده‌های مرتب با آن نقطه را به صورت روزانه مهیا می‌کند. چرخش آکوا به نحوی است که در ساعت ۱:۳۰ عصر به وقت محلی از جنوب به شمال از نوار استوا عبور و داده روز را ثبت می‌کند. از گذر شمال به جنوب نیز در به وقت محلی ۱:۳۰ بامداد دوباره از استوا می‌گذرد. حرکت این سنجنده از این نظر اهمیت دارد که در گذر روزانه خود در ساعت ۱:۳۰ عصر تقریباً مقدار حداکثر دمای سطح زمین را ثبت می‌کند. همچنین، در ساعت گذر شبانه نیز به نحوی است که دمای سطح را در خنکی ثبت کند. با تلفیق دمای سطح روز و شب هنگام محققین می‌توانند با نگاهی کلی‌تر روندهای دمایی و تغییر اقلیم را مطالعه کنند [۲۶].

محصول MOD11A1 نسخه ۶/۱ مقادیر دمای سطح زمین (LST) و گسیلمندی^۱ را به صورت روزانه در یک شبکه ۱۲۰۰ در ۱۲۰۰ کیلومتر فراهم می‌کند. مقدار دما از محصول نواری MOD11_L2 استخراج می‌شود. در عرض‌های بالاتر از ۳۰ درجه، برخی پیکسل‌ها ممکن است دارای چندین مشاهده باشند که معیارهای آسمان صاف را برآورده می‌کنند. در این موارد، مقدار پیکسل میانگین همه مشاهدات واجد شرایط است. به همراه باندهای دمای سطح در روز و شب و لایه‌های شاخص کیفیت آنها، باندهای ۳۱ و ۳۲ مودیس و شش لایه مشاهده نیز ارائه می‌شود. تصاویر این محصول به صورت میانگین هفتگی و با دقت مکانی ۵ کیلومتر در محدوده استان خراسان رضوی که در شکل ۱ قابل مشاهده است، گرفته شد. برای این منظور از سامانه گوگل ارث انجین^۲ استفاده گردید. روندیابی سری زمانی نیز در نرم افزار متلب و با استفاده از روش رگرسیون خطی^۳ محاسبه شد [۲۷].

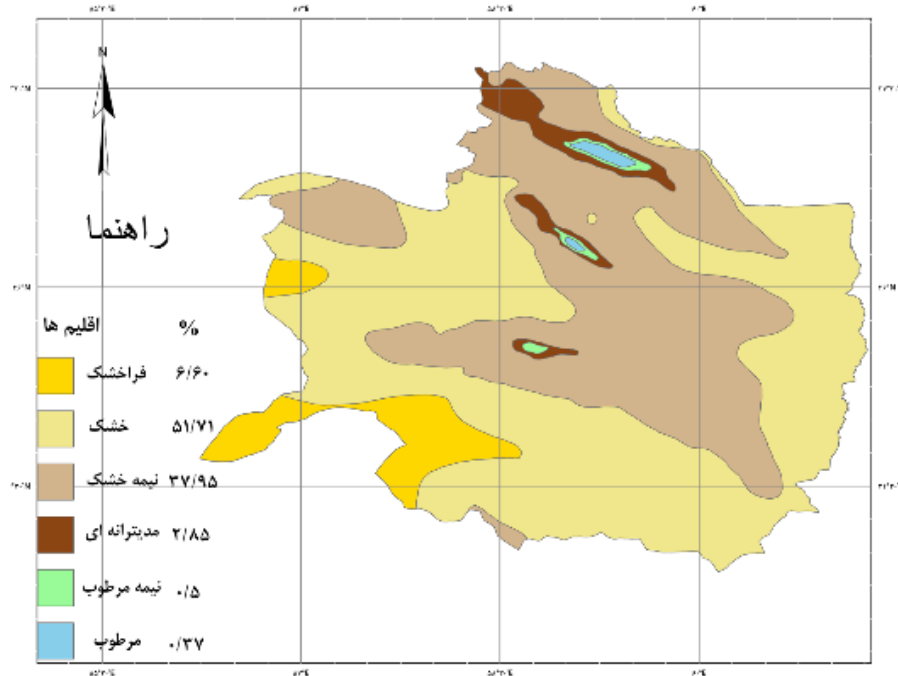
منطقه مورد مطالعه

استان خراسان رضوی در شمال شرقی ایران و در طول جغرافیایی ۶۲ تا ۵۶ درجه شرقی و در عرض جغرافیایی ۳۳ تا ۳۸ درجه شمالی با مساحت ۱۱۷۲۰۰ کیلومترمربع گسترش یافته و در شکل ۱ قابل مشاهده است.

^۱ emissivity

^۲ Google Earth Engine

^۳ Linear Regression



شکل ۱ تنوع اقليمي استان خراسان رضوی به عنوان محدوده مطالعاتی [۲۸]

جمعیت خراسان رضوی طبق سرشماری نفوس و مسکن در سال ۱۳۹۵ حدود شش و نیم میلیون نفر بوده که از این حیث دومین استان پرجمعیت ایران قرار به شمار می‌رود. مشهد به عنوان دومین کلان‌شهر ایران از نظر وسعت و جمعیت، مرکز این استان است. میزبانی از صنایع، معادن و تعداد زیادی از گردشگران به طور سالانه، جایگاهی استراتژیک به این استان داده است. خراسان رضوی بر اساس طبقه‌بندی دومرتن شش نوع اقلیم را در خود جای داده است. مطابق شکل ۱، شش اقلیم خشک، نیمه‌خشک، فراخشک، نیمه‌مرطوب، مرطوب و مدیترانه‌ای در این استان قرار گرفته است. دو اقلیم خشک و نیمه‌خشک به ترتیب با ۵۱/۷۱ و ۳۷/۹۵ درصد بیشترین سهم از مساحت استان را به خود اختصاص داده‌اند، درحالی‌که سایر اقلیم‌ها در حدود ۱۰ درصد از مساحت کل استان را شامل می‌شوند. خراسان رضوی یکی از تولیدکنندگان اصلی محصولات متنوع کشاورزی نیز است. از این رو، بررسی عوامل تأثیرگذار بر اقلیم از اهمیت بالایی برخوردار است.

روش تحقیق

به منظور محاسبه سری زمانی با استفاده از تصاویر جمع‌آوری شده LST در طول دوره مطالعه از روش رگرسیون خطی استفاده گردید. در این روش، زمان t به متغیر مستقل تبدیل می‌شود و مدل روند خطی به صورت زیر محاسبه می‌شود: [16]

$$LST_t = a + bt \quad (۱)$$

که در آن:

- LST_t مقدار LST در زمان t است.
- a عرض از مبدأ y است که مقدار تخمینی LST را در زمان صفر ($t = 0$) نشان می‌دهد (که ممکن است یک نقطه داده واقعی نباشد).

- b شیب خط است که نشان‌دهنده تغییر LST به ازای هر واحد فاصله زمانی است. (b مثبت نشان دهنده روند افزایشی و منفی نشان دهنده روند کاهشی است).

دمای سطح زمین در چرخه شب و روز به طور قابل ملاحظه‌ای تحت تأثیر تابش خورشیدی و رفتار سطوح مختلف زمین قرار می‌گیرد. در طول روز، زمین گرمای خورشید را جذب می‌کند و این امر باعث افزایش تدریجی دمای سطح می‌شود. سطوح باتوجه به نوع پوشش و ویژگی‌هایشان، نرخ‌های متفاوتی در جذب و حفظ گرما دارند. به‌عنوان مثال، آب به دلیل ظرفیت گرمایی بالا، گرم‌شدن و سردشدن کندتر است. در مقابل، سطوح شنی به سرعت گرم می‌شوند و گرما را نیز به سرعت از دست می‌دهند [۲۹]. علاوه بر این، پوشش گیاهی نیز در طول روز با انجام فتوسنتز، دی‌اکسیدکربن را جذب و اکسیژن آزاد می‌کند. این فرایند ضمن تولید ماده غذایی در گیاه، اثر خنک‌کنندگی در محیط اطراف نیز دارد. اما در شب، در غیاب انرژی خورشیدی، زمین از طریق تابش گرما را به فضا از دست می‌دهد. این فرایند منجر به کاهش دما و خنک‌شدن سطح زمین می‌شود. رفتار سطوح مختلف زمین نیز در شب و روز به دلیل عدم وجود نور خورشید، متفاوت است. به‌عنوان مثال، در شب گیاهان فتوسنتز نمی‌کنند و تبادل حرارتی در اکوسیستم‌های گیاهی دگرگون می‌شود [۳۰]. تفاوت دمای شب و روز و پویایی تبادل حرارتی سطوح مختلف زمین در مطالعات مربوط به آب‌وهوا، اکوسیستم‌ها و فرایندهای زمین‌شناسی کاربرد داشته و حائز اهمیت است. از این رو، درک این تفاوت‌ها به شناخت بهتر نحوه عملکرد سیاره زمین و تعاملات بین اجزای مختلف آن کمک می‌کند. بر همین اساس در این پژوهش روند دمای سطح زمین به صورت تفکیک شده برای روز و شب محاسبه شده است. در ادامه مراحل پیاده‌سازی شرح داده خواهد شد.

نتایج عددی

تصاویر مربوط به شاخص LST برای روز و شب در دوره مورد مطالعه از سامانه گوگل ارث انجین با زبان برنامه‌نویسی جاوا اسکریپت^۱ است به صورت هفتگی در طول ۲۰ سال برای روز و شب جمع‌آوری شده است. در ادامه، تصاویر به صورت سری زمانی در نرم افزار متلب مرتب شده و رابطه (۱) بر روی تمامی پیکسل‌های آن پیاده گردید و در نهایت پارمتر b به عنوان شیب روند دمای سطح به عنوان خروجی بدست آمد. سپس، نقشه روند دمای سطح زمین در نرم افزار آرک پرو^۲ برای روز (شکل ۲) و شب (شکل ۳) و بر اساس اقلیم‌های استان خراسان رضوی، شکل ۱، تولید گردید. میانگین، انحراف از معیار و دیگر محاسبات آماری دمای سطح زمین محاسبه شده برای هر اقلیم در جدول ۱ و جدول ۲ نمایش داده شده است.

در بررسی روند دمای روز هنگام مشخص می‌شود که اغلب مناطق در محدوده استان روند افزایشی را تجربه کرده‌اند. همان‌طور که در جدول ۱ قابل مشاهده است، در دو اقلیم خشک و نیمه‌خشک که بیشترین مساحت استان را پوشش داده‌اند، در حدود ۹۰ درصد، به ترتیب ۹۹/۳۴ و ۹۹/۸۶ درصد از نقاط روند افزایشی داشته‌اند، در صورتی که در سایر اقلیم‌ها تمام مساحت به نقاط با روند افزایشی اختصاص یافته است.

جدول ۱ نتایج آماری روند دمای روز هنگام سطح زمین در اقلیم‌های مختلف استان خراسان رضوی

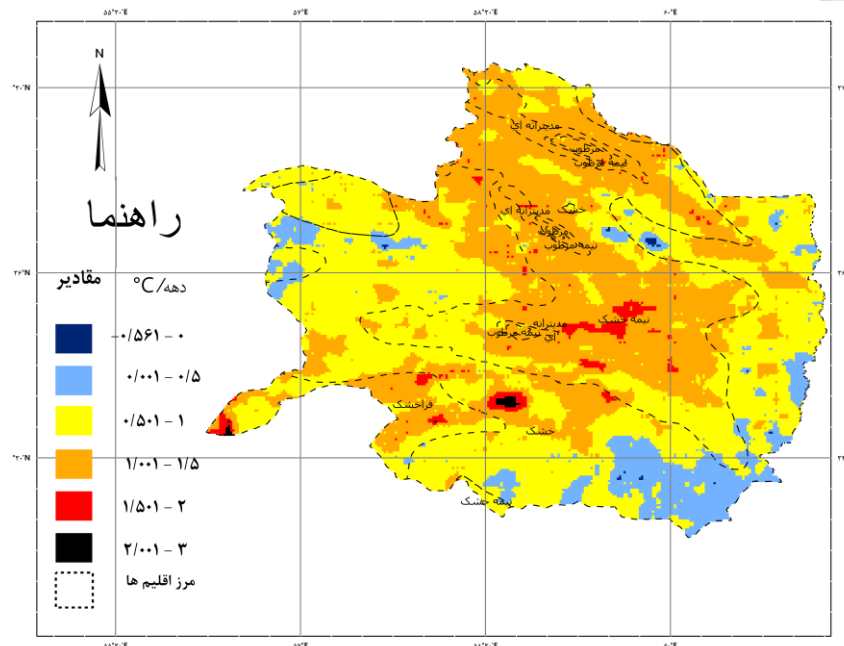
نام اقلیم	درصد از کل	درصد افزایشی	درصد کاهشی	میانگین نقاط کاهشی (دهه/□)	میانگین نقاط افزایشی (دهه/□)	انحراف معیار	میانگین کل (دهه/□)	کمترین (دهه/□)	بیشترین (دهه/□)
خشک	۵۱/۷۳	۹۹/۳۴	۰/۶۶	-۰/۱۷	۰/۸۱	۰±/۳۳	۰/۸۰	-۰/۶۴	۲/۴۸

^۱ Java Script

^۲ Arcgis pro

۲/۰۲	-۰/۳۱	۱/۰۷	۰±/۲۷	۱/۰۷	-۰/۱۱	۰/۱۴	۹۹/۸۶	۳۷/۹۵	نیمه خشک
۲/۷۸	۰/۰۶	۱	۰±/۳۶	۱	۰	۰	۱۰۰	۶/۶۰	فرا خشک
۱/۴۵	۰/۸۷	۱/۲۵	۰±/۱۶	۱/۲۵	۰	۰	۱۰۰	۰/۳۷	مرطوب
۱/۵۹	۰/۹۵	۱/۱۹	۰±/۱۵	۱/۱۹	۰	۰	۱۰۰	۰/۵۰	نیمه مرطوب
۱/۶۲	۰/۸۱	۱/۲۳	۰±/۱۷	۱/۲۳	۰	۰	۱۰۰	۰/۸۵	مدیترانه‌ای

با نگاهی جزئی‌تر به جدول ۱، مشاهده می‌شود که اقلیم خشک به عنوان گسترده‌ترین اقلیم، بیشترین تعداد نقاط روند کاهشی را در خود جای داده است. به نحوی که میانگین روند در این نقاط $-۰/۱۷$ سانتی‌گراد بوده و کمترین دمای محاسبه شده در این روند $-۰/۶۴$ سانتی‌گراد است. این نقاط که با رنگ آبی تیره در شکل ۲ قابل مشاهده هستند در جنوب شرقی شهر مشهد واقع شده‌اند که مربوط به کاربری کشاورزی است و در اغلب طول سال زیر کشت قرار دارد. به نظر می‌رسد که وجود پوشش گیاهی در این منطقه به صورت متمرکز دلیل روند کاهشی در این منطقه بوده است.



شکل ۲ طبقه‌بندی روند (شیب تغییرات) دمای روز هنگام سطح زمین بر اساس اقلیم‌های مختلف در استان خراسان رضوی از ابتدای سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۲۳

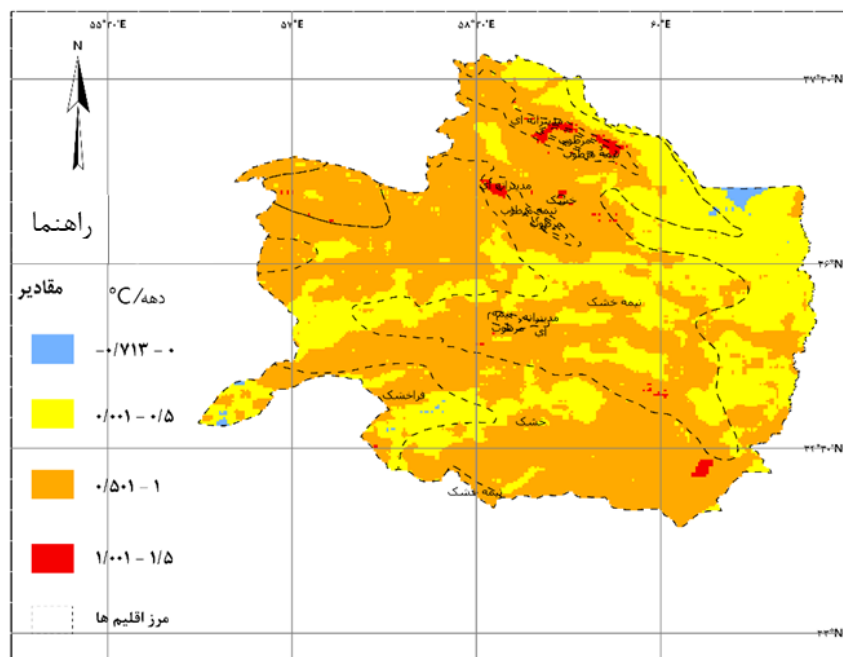
از طرف دیگر، بادقت در شکل ۲ مشاهده می‌شود که بخش عمده‌ای از مساحت استان متعلق به روند افزایشی است، جایی که تنها $۰/۴۵$ درصد از کل مساحت خراسان رضوی به پیکسل‌های با روند افزایشی تعلق دارد. بررسی اقلیم‌ها در جدول ۱ نشان می‌دهد که اقلیم‌های مرطوب و مدیترانه‌ای بیشترین مقدار روند را داشته‌اند، به ترتیب $۱/۲۵$ و $۱/۲۳$ سانتی‌گراد. در صورتی که، کمترین مقدار روند افزایشی مربوط به اقلیم خشک با $۰/۸۱$ سانتی‌گراد بوده است. با در نظر گرفتن توامان نقاط افزایشی و کاهش، میانگین روند کل برای هر اقلیم به این صورت است که کمترین افزایش معادل $۰/۸۰$ مربوط به اقلیم خشک و بیش‌ترین افزایش دما در اقلیم مرطوب با $۱/۲۵$ رخ داده است. همچنین، گرم‌ترین نقاط روند روز هنگام در روند ۲۰ ساله در اقلیم خشک متمرکز هستند که با رنگ مشکی نمایش داده شده‌اند. بررسی این منطقه که مربوط به شهرستان بجستان است نشان می‌دهد که پوشش گیاهی در این دوره تضعیف شده و کاهش یافته است.

بررسی روند شب‌هنگام (جدول ۲) نشان می‌دهد که استان خراسان رضوی در عمده مساحت خود شاهد افزایش دمای سطح طی دوره مطالعه این پژوهش بوده است.

جدول ۲ نتایج آماری روند دمای شب‌هنگام سطح زمین در اقلیم‌های مختلف استان خراسان رضوی

نام اقلیم	درصد از کل	درصد افزایشی	درصد کاهش	میانگین نقاط کاهشی (□/دهه)	میانگین نقاط افزایشی (□/دهه)	انحراف معیار	میانگین کل (□/دهه)	کمترین (□/دهه)	بیشترین (□/دهه)
خشک	۵۱/۷۳	۹۹/۳۰	۰/۷۰	-۰/۰۷	۰/۵۵	±۰/۱۸	۰/۵۵	-۰/۱۶	۱/۳۰
نیمه‌خشک	۳۷/۹۵	۹۹/۸۱	۰/۱۹	-۰/۰۶	۰/۵۹	±۰/۲۱	۰/۵۹	-۰/۱۳	۱/۳۸
فراخشک	۶/۶۰	۹۶/۴۷	۳/۵۳	-۰/۲۲	۰/۵۰	±۰/۲۱	۰/۴۸	-۰/۷۹	۱/۳۰
مرطوب	۰/۳۷	۱۰۰	.	.	۰/۸۲	±۰/۱۱	۰/۸۲	۰/۶۶	۱/۰۸
نیمه‌مرطوب	۰/۵۰	۱۰۰	.	.	۰/۸۹	±۰/۰۹	۰/۸۹	۰/۷۲	۱/۱۱
مدیترانه‌ای	۰/۸۵	۱۰۰	.	.	۰/۸۷	±۰/۱۴	۰/۸۷	۰/۳۴	۱/۱۷

در جدول ۲ مشاهده می‌شود که در سه اقلیم مرطوب، نیمه مرطوب و مدیترانه‌ای، ۱۰۰ درصد مساحت را نقاط افزایشی تشکیل داده‌اند و میانگین روند در این نقاط بین ۰/۸ الی ۰/۹ سانتی‌گراد بوده که از میانگین روند در سه اقلیم دیگر بالاتر است. سه اقلیم خشک، نیمه خشک و فراخشک، در حدود ۹۶ درصد از مساحت استان، تمامی نقاط با روند کاهشی را در خود جای داده‌اند. در این بین، اقلیم فراخشک پایین‌ترین مقدار، -۰/۲۲ سانتی‌گراد، را در میانگین روند نقاط کاهشی را نسبت به دو اقلیم خشک و نیمه‌خشک، به ترتیب -۰/۰۷ و -۰/۰۶ سانتی‌گراد داشته است. در حالی که، میانگین نقاط افزایشی در این سه اقلیم در حدود ۰/۶۰ سانتی‌گراد بوده است. علاوه بر این، کمترین کاهش دمای سطح زمین در اقلیم فراخشک (-۰/۷۹ سانتی‌گراد) و بیشترین افزایش دمای سطح زمین در اقلیم نیمه خشک، ۱/۳۸ سانتی‌گراد، بدست آمده است. به طریق مشابه محاسبات و پردازش‌ها برای روند شب نیز انجام شد که در شکل ۳ قابل مشاهده است.

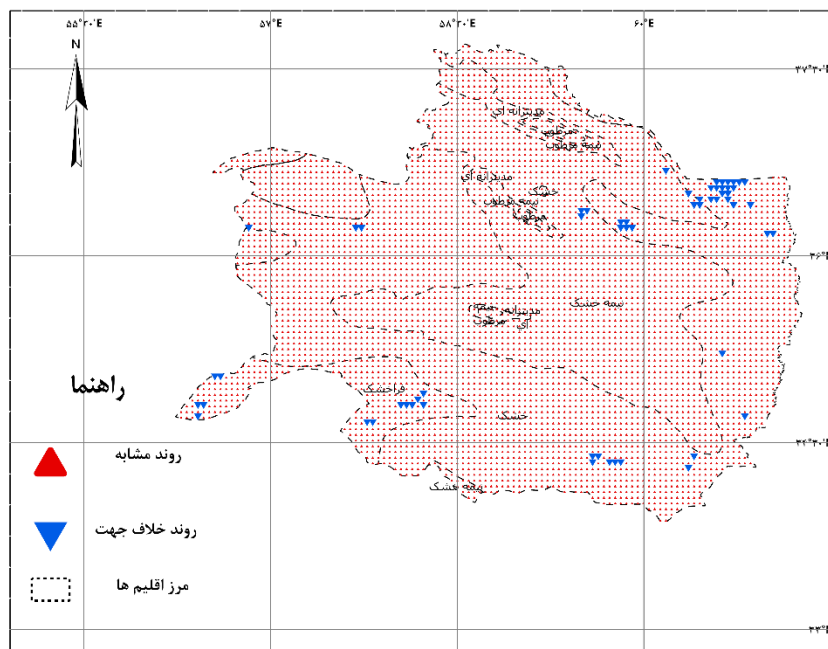


شکل ۳ طبقه‌بندی روند (شیب تغییرات) دمای شب‌هنگام سطح زمین بر اساس اقلیم‌های مختلف در استان خراسان رضوی از ابتدای سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۲۳

با نگاهی دقیق‌تر به شکل ۳، مشاهده می‌شود که در شمال شرق استان و در منطقه خوانگیران، نقاط کاهشی تجمع دارند. بر خلاف روند روزهنگام که نقاط با روند کاهشی عمدتاً در مناطق با پوشش گیاهی دیده می‌شود، این منطقه کوهستانی بوده و از پوشش گیاهی غنی‌ای بهره نمی‌برد. به طور مشابه در جنوب غربی استان، مناطقی با روند کاهشی دما قابل مشاهده هستند که از عاری از پوشش گیاهی است. به نظر می‌رسد که بر خلاف روند روزهنگام، پوشش گیاهی در روند کاهشی دمای سطح در شب‌هنگام اثر گذار نبوده است.

از سوی دیگر، بیش‌ترین افزایش دمای سطح شب‌هنگام که با رنگ قرمز نمایش داده شده مربوط به بخش‌های محدودی از اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک در جنوب استان بوده و بخشی دیگر مربوط به اقلیم‌های مدیترانه‌ای و نیمه‌خشک در شمال خراسان رضوی است.

از بررسی شکل ۲ و ۳ مشخص می‌شود که در تعدادی از نقاط جهت روند دمای سطح زمین در روزهنگام و شب‌هنگام کاملاً متفاوت است. به همین جهت این نقاط به صورت تفکیک شده در شکل ۴ آمده‌اند.



شکل ۴ نقشه همبستگی جهت روند (شیب تغییرات) دمای سطح در روز هنگام و شب هنگام

باتوجه به شکل ۴ مشاهده می‌شود که ۹۸/۴۱ درصد از نقاط که با مثلث‌های قرمز رنگ مشخص شده‌اند، روند روز هنگام و شب هنگام هم‌جهت است؛ دمای سطح زمین طی دوره در یک نقطه برای روز هنگام و شب هنگام هر دو افزایشی یا کاهش‌ی بوده است. در صورتی که تنها در ۱/۵۹ درصد (مثلث‌های آبی‌رنگ) از نقاط استان در دوره مطالعه روند معکوس داشتند که به معنی افزایش دمای سطح زمین در روز هنگام و کاهش آن در شب هنگام، یا بلعکس بوده است.

بحث و بررسی

باتوجه به نتایج و اطلاعات مربوط به اقلیم و پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه مشخص می‌شود که نقاط که روند معکوس در شکل ۴ مربوط به مناطق متفاوتی هستند؛ این نقاط بیش‌تر در منطقه خوانگیران در شمال شرقی استان قرار گرفته‌اند. با بررسی سایر نقاط معلوم گردید که غیر جنوب غربی استان و جنوب شهر مشهد، نقاط با روند معکوس دارای پوشش گیاهی از نوع جنگل، مرتع‌های محلی و یا کاربری کشاورزی بوده‌اند. پوشش گیاهی در طول روز در عمل فتوسنتز و دی‌اکسید کربن را جذب و اکسیژن آزاد می‌کند و در عین حال آب را نیز تعرق می‌کند. این فرآیند می‌تواند یک اثر خنک‌کننده در نواحی اطراف داشته باشد. در شب، بدون نور خورشید برای فتوسنتز، پوشش گیاهی معمولاً این فرآیندها را متوقف می‌کند و منجر به پویایی در تبادل حرارت می‌شود. به عبارتی، گیاهان به طور قابل توجهی بر تعادل دمای سطح زمین تأثیر می‌گذارند، به طوری که دما در روز و شب به طرز متفاوتی تحت تأثیر قرار می‌گیرند [۳۱] و می‌توان گفت که پوشش گیاهی در این نقاط سهم و اثر زیادی در شاخص دمای سطح زمین داشته است. در مطالعه‌ای که توسط منصورمقدم و همکاران در سال ۲۰۲۳ انجام شد، مشخص گردید که توسعه کمربند سبز شهر یزد تأثیر قابل توجهی در کاهش دمای سطح زمین در این منطقه داشت. به طوری که، افزایش ۲۰۸ هکتاری فضای سبز، کاهش ۸ درصدی میانگین LST را در پی داشته است [۳۲]. مطالعه دیگری که توسط پانتا^۱ و همکاران در سال ۲۰۲۴ انجام شد دریافتند که در مناطقی که

^۱ Pantha et al

کاربری کشاورزی و پوشش گیاهی کاهش یافته، LST افزایش داشته است [۳۳]. با مقایسه نتایج تحقیق حاضر با مطالعات دیگر محققین نتیجه می‌شود که LST به صورت معکوس با حضور پوشش گیاهی سطحی مرتبط است.

از طرفی، از بررسی شکل‌ها و جدول‌ها مشخص می‌شود که کاربری کشاورزی تأثیر چندانی در حفظ دمای شبانه سطح زمین ندارد. ژنگ^۱ و همکاران در سال ۲۰۲۱ با بررسی شاخص NDVI و دمای روز هنگام و شب هنگام متوجه دریافتند که تأثیر پوشش گیاهی بیشتر متأثر از دمای روز هنگام است تا شب هنگام است. [۳۴]. به این ترتیب نتیجه می‌شود تأثیر پوشش گیاهی مقدار LST شبانه کمتر بوده است. در مطالعه‌ای دیگر، منگجاو^۲ و همکاران در سال ۲۰۲۴ به بررسی عوامل مؤثر بر دمای سطح زمین پرداختند و نتایج نشان داد که چهار عامل محرک میزان ابر، پوشش گیاهی، پوشش برف و بارندگی عمدتاً دارای همبستگی‌های جزئی منفی در طول روز و همبستگی‌های جزئی مثبت در طول شب هستند [۳۵]. در نهایت، از مقایسه نتایج این مطالعه با سایرین نتیجه می‌شود که پوشش گیاهی و کاربری کشاورزی تأثیر چندانی در کاهش یا متعادل کردن دمای سطح زمین در شب هنگام ندارد. علاوه بر این، به طور کلی نتیجه می‌شود که اقلیم‌های محلی نمی‌تواند به عنوان یک عامل تعیین کننده بر دمای سطح زمین شناخته شود.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق، اثرات زمانی و مکانی تغییرات دماهای روز هنگام و شب هنگام سطح زمین بر اقلیم‌های شش‌گانه استان خراسان رضوی در دوره زمانی ۲۰۰۳ تا ۲۰۲۳ بررسی گردید. نتایج نشان داد که تغییرات در پوشش زمین، به‌ویژه در مناطق کشاورزی (منطقه خوان‌گیران در شمال شرقی، بخش‌هایی از ضلع جنوبی استان و جنوب دشت مشهد)، تأثیر قابل توجهی بر دماهای روز هنگام سطح زمین دارد، به طوری که افزایش مساحت این نوع از کاربری‌ها در طول دوره باعث کاهش محسوس دما در این مناطق شده است. همچنین پوشش گیاهی و کاربری کشاورزی تأثیر مستقیمی در کاهش دمای شب هنگام ندارد و به عبارتی پوشش گیاهی بیشتر از آنکه بر LST شب هنگام تأثیر داشته باشد، بر مقدار آن برای روز مؤثر است. در نهایت، بررسی و اجماع تمام نتایج نشان می‌دهد که اقلیم‌های محلی نمی‌تواند به‌عنوان عامل مؤثر و اصلی در توصیف دمای سطح زمین در روز و شب شناخته شود و لازم است تا در مطالعات بعدی نقش و تأثیر سایر عوامل از جمله انواع کاربری‌های زمین و تنوع پوشش گیاهی به طور جداگانه بررسی شود تا قبل از شروع عواقب جدی این تغییرات در متغیرهای اقلیمی با اجرای برنامه‌ها و استراتژی‌های مناسب توسط تصمیم‌گیران و برنامه‌ریزان از عواقب ناگوار آن جلوگیری کرد.

واژه‌نامه

LST	دمای سطح زمین
MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer)	مودیس (طیف رادیومتر تصویربرداری با وضوح متوسط)
NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)	شاخص تفاوت نرمال شده گیاهی
NDWI (Normalized Difference Water Index)	شاخص تفاوت نرمال شده آبی

^۱ Zheng et al

^۲ Mengjiao et al

در نهایت، مایلم از استاد ارجمندم، دکتر حسین اعتماد فرد، همچنین از نشریه «عمرانی فردوسی» و سردبیر محترم آن، دکتر محمدرضا اصفهانی، به دلیل کمک‌های صبورانه و سخاوتمندانه‌شان در انتشار این مقاله صمیمانه تشکر کنم و از خدا بخواهم که در ادامه کار نیز حامی من باشد.

منابع

- [1] N. Siabi, S. H. Sanaeinejad, and B. Ghahraman, "Evaluation of the SPA Algorithm and the Feasibility of using MM5 Model Output to Estimate the Cloud Gaps in MODIS LST Images," (in Fa), *Journal of Geography and Environmental Hazards*, vol. 8, no. 30, pp. 133-147, 2019. [Online]. Available: <https://www.magiran.com/paper/2091086>. (In Persian)
- [2] H. Etemadfard, N. Aldirawi, and H. Kharaghani, "Risk Assessment of the Shatt Al-Arab Overflow in Basra," (in Fa), *Journal of Civil Engineering Ferdowsi*, vol. 35, no. 2, pp. 49-61, 2022. [Online]. Available: <https://www.magiran.com/paper/2492511>. (In Persian)
- [3] A. Rezaee, A. Mosaedi, A. A. Beheshti, and A. Zarrin, "Analysis of the time trend and periodicity of rainfall, temperature and evaporation and transpiration variables in the range of several stations with different climates," presented at the The third international conference and the sixth national conference on protection of natural resources and environment, 2022. [Online]. Available: <https://civilica.com/doc/1549220>. (In Persian)
- [4] M. Shabani, S. Darvishan, and K. Solaimani, "Investigating the Effects of Land Use Change on Spatiotemporal Patterns of Land Surface Temperature and Thermal Islands (Case Study: Saqqez County)," (in Fa), *Geography and Environmental Planning*, vol. 30, no. 1, pp. 37-54, 2019. [Online]. Available: <https://www.magiran.com/paper/2030864>. (In Persian)
- [5] B. Feizizadeh, K. Didehban, and K. Gholamnia, "Extraction of Land Surface Temperature (LST) based on landsat satellite images and split window algorithm Study area: Mahabad Catchment," (in Fa), *Journal of of Geographical Data (SEPEHR)*, vol. 25, no. 98, pp. 171-181, 2016. [Online]. Available: <https://www.magiran.com/paper/1591320>. (In Persian)
- [6] M. SalimiFard, H. S. Nejad, M. J. Noghabi, and L. S. Dizavandi, "Detecting the effect of climate change on extreme temperature events in Khorasan Razavi province Case study: 1990-2015," (in Fa), *Journal of Climate Research*, vol. 8, no. 29, pp. 111-124, 2017. [Online]. Available: <https://www.magiran.com/paper/1832430>. (In Persian)
- [7] B. S. Mousavi, A. A. Kakroodi, and S. Arvandi, "The Effect of Climatic Conditions on Spatio-Temporal Changes and biophysical Characteristics of cities Using Satellite Images (Case study: Kashan, Shirgah, Bandar Anzali cities, Iran)," (in Fa), *Motaleate Shahri*, vol. 12, no. 48, pp. 99-112, 2023. [Online]. Available: <https://www.magiran.com/paper/2636349>. (In Persian)
- [8] Y. G. Rahimi, "An Analysis of Super Heat wave Climatic Hazard Occurred in 2010 Summer in Khuzestan Province," (in Fa), *Journal of Geography and Planning*, vol. 19, no. 51, pp. 289-309, 2015. [Online]. Available: <https://www.magiran.com/paper/1395415>. (In Persian)

- [9] D. A. Mazidi and F. F. Zadeh, "Study the Process of Annual Soil Temperature in Yazd Station," (in Fa), *Geography and Development Iranian Journal*, vol. 9, no. 24, pp. 39-, 2011. [Online]. Available: <https://www.magiran.com/paper/906487>. (In Persian)
- [10] R. Khojeen, Alireza, K. Zarkesh, M. Masood, D. Arasteh, and Peyman, "Calculating and Calibrating Land Surface Temperature Using Landsat8 Thermal bands," (in Fa), *Iranian Journal of Remote Sensing & GIS*, vol. 7, no. 3, pp. 49-64, 2015. [Online]. Available: <https://www.magiran.com/paper/1735690>. (In Persian)
- [11] A. Arvin, "An Investigation of the Relationship between Urban Heat Island and Air Pollution in the City of Isfahan," (in Fa), *Journal of Geography and Environmental Hazards*, vol. 7, no. 25, pp. 115-129, 2018. [Online]. Available: <https://www.magiran.com/paper/1888182>. (In Persian)
- [12] Z. Faraji and A. Kaviani, "Spatial Downscaling of Land Surface Temperature (LST) of MODIS in Irrigated Areas by TOTRAM and OPTRAM Soil Moisture Estimation Models," (in Fa), *Iranian Journal of Irrigation & Drainage*, vol. 17, no. 3, pp. 585-596, 2023. [Online]. Available: <https://www.magiran.com/paper/2608408>. (In Persian)
- [13] M. Fakhar and A. Kaviani, "Evaluation and Monitoring of Drought in Qazvin Plain Using MODIS Based Indicators in Google Earth Engine," (in Fa), *Iranian Journal of Irrigation & Drainage*, vol. 17, no. 6, pp. 1089-1103, 2024. [Online]. Available: <https://www.magiran.com/paper/2699847>. (In Persian)
- [14] D. X. Tran, F. Pla, P. Latorre-Carmona, S. W. Myint, M. Caetano, and H. V. Kieu, "Characterizing the relationship between land use land cover change and land surface temperature," *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, vol. 124, pp. 119-132, 2017.
- [15] Z.-L. Li *et al.*, "Satellite-derived land surface temperature: Current status and perspectives," *Remote sensing of environment*, vol. 131, pp. 14-37, 2013.
- [16] A. Rajabi, "spatial -Temporal analysis of climate changes using tensors in the period from 2003 to 2022 (Study case: Gilan province)," Master Of Science, Remote Sensing, Ferdowsi, Mashhad, 2024.
- [17] A. Tariq *et al.*, "Land surface temperature relation with normalized satellite indices for the estimation of spatio-temporal trends in temperature among various land use land cover classes of an arid Potohar region using Landsat data," *Environmental Earth Sciences*, vol. 79, pp. 1-15, 2020.
- [18] B. Abad, B. Salahi, K. Raispour, and M. Moradi, "Combined Estimation of Nighttime Land Surface Temperature in Jazmourian Drainage Basin Using MODIS Sensor Data of Terra/Aqua Satellites," (in Fa), *Journal of the Earth and Space Physics*, vol. 48, no. 1, pp. 93-111, 2022. [Online]. Available: <https://www.magiran.com/paper/2430028>. (In Persian)
- [19] M. Moradi, B. Salahi, and S. A. Masoodian, "Analysis the slope of land surface temperature of Iran using MODIS data," (in Fa), *Physical Geography Research Quarterly*, vol. 48, no. 98, pp. 517-532, 2017. [Online]. Available: <https://www.magiran.com/paper/1666646>. (In Persian)
- [20] M. Zolfaghari, B. Rayegani, B. N. Balouchi, H. Goshtasb, and A. Jahani, "Analyzing the Trend of The Temperature Parameters Related to The Central Plateau of Iran Using a Time Series of Satellite Data," (in Fa), *Desert Management*, vol. 11, no. 27, pp. 17-36, 2023. [Online]. Available: <https://www.magiran.com/paper/2671655>. (In Persian)

- [21] M. Tahani Yazdali, Hosseini, S. M., Khormabadi, F., & Mohtaram, M. , " Investigation of monthly changes in urban heat islands of Isfahan County in the past two decades using MODIS multi-temporal data," 2023.
- [22] H. Bondar, M. M. Baygi, and B. Ghahraman, "Evaluation and Separation between Urban Heat Island and Global Warming in Mashhad Region," (in Fa), *Journal of water and soil*, vol. 35, no. 1, pp. 137-151, 2021. [Online]. Available: <https://www.magiran.com/paper/2257626>. (In Persian)
- [23] W. EME El-Ashram, S. A Ibrahim, and R. I Mostafa, "Statistical Measurement of the Impact of Climate and Environmental Variables on Egyptian Agricultural Output Indicators," *Alexandria Science Exchange Journal*, vol. 45, no. 3, pp. 749-768, 2024.
- [24] A. Ziyae, A. Karimi, A. Lakzian, and H. Khademi, "Dust Deposition Rate and its Relationship to Some Climatic Parameters in Khorasan Razavi Province," (in Fa), *Journal of Geography and Environmental Hazards*, vol. 7, no. 26, pp. 95-113, 2018. [Online]. Available: <https://www.magiran.com/paper/1917209>. (In Persian)
- [25] V. Salomonson, B. Guenther, and E. Masuoka, "A summary of the status of the EOS Terra Mission Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) and attendant data product development after one year of on-orbit performance," in *IGARSS 2001. Scanning the Present and Resolving the Future. Proceedings. IEEE 2001 International Geoscience and Remote Sensing Symposium (Cat. No. 01CH37217)*, 2001, vol. 3: IEEE, pp. 1197-1199.
- [26] NASA. "MODIS - Missions and Measurements." <https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov/missions-and-measurements/modis/> [accessed August 25, 2024].
- [27] G. E. Engine. "MODIS/061/MOD11A1 - Terra Land Surface Temperature and Emissivity." https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/MODIS_061_MOD11A1 [accessed August 25, 2024].
- [28] S. Kamyabi, "Implementing climate classification system architectureIn Khorasan Razavi," (in Fa), *Territory*, vol. 13, no. 50, pp. 91-105, 2016. [Online]. Available: <https://www.magiran.com/paper/2264287>. (In Persian)
- [29] M. Ahmadi, Z. S. Mirzaei, and A. Dadashiroudbari, "Investigation of seasonal distribution and abnormal trend of day and night surface temperature in Iran using MODIS sensor data," (in Fa), *Physical Geography Research Quarterly*, vol. 53, no. 117, pp. 351-364, 2021. [Online]. Available: <https://www.magiran.com/paper/2367460>. (In Persian)
- [30] M. Ahmadi, H. Ahmadi, and A. Dadashi, "Monitoring of the Night Time land Surface Temperature in Iran Based on Output of the MODIS," (in Fa), *Geographical Research*, vol. 33, no. 1, pp. 174-190, 2018. [Online]. Available: <https://www.magiran.com/paper/1844106>. (In Persian)
- [31] J. Xie, X. Li, L. C. H. Chung, and C. J. Webster, "Effects of land surface temperatures on vegetation phenology along urban–rural local climate zone gradients," *Landscape Ecology*, vol. 39, no. 3, pp. 1-22, 2024.
- [32] M. Mansourmoghaddam, N. Naghipur, I. Rousta, S. K. Alavipanah, H. Olafsson, and A. A. Ali, "Quantifying the effects of green-town development on land surface temperatures (LST)(A case study at Karizland (Karizboom), Yazd, Iran)," *Land*, vol. 12, no. 4, p. 885, 2023.
- [33] K. Pantha, B. Aryal, and A. Shrestha, "Urban Climate Change in Populated Kathmandu Valley, Nepal: A Case Study," *Himalayan Review*, pp. 88-113, 2024.

- [34] Z. Zheng, Y. Zhang, J. Zhu, and N. Cong, "Daytime temperature contributes more than nighttime temperature to the weakened relationship between climate warming and vegetation growth in the extratropical Northern Hemisphere," *Ecological indicators*, vol. 131, p. 108203, 2021.
- [35] Y. Mengjiao, Z. Wei, Z. Qiqi, X. M. Ya ZHANG, C. Junfei, and Y. Yujia, "Quantitative study on driving factors of land surface temperature trends on the Qinghai-Tibet Plateau from 2003 to 2020 based on partial correlation analysis," *Acta Geodaetica et Cartographica Sinica*, vol. 53, no. 5, p. 848, 2024.

نسخه
پیش
انتشار