

صص ۸۱-۶۳

پایش ماهواره‌ای دمای روز هنگام سطح زمین حوضه آبریز جازموریان با استفاده از داده‌های سنجنده مودیس

بهروز آباد

دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی، دانشکده علوم اجتماعی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

برومند صلاحی*

استاد اقلیم‌شناسی، دانشکده علوم اجتماعی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

کوهزاد رئیس پور

استادیار اقلیم‌شناسی، دانشکده علوم انسانی، گروه جغرافیا، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

مسعود مرادی

دکترای اقلیم‌شناسی، دانشکده علوم اجتماعی، گروه جغرافیا، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۵/۲۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۲۸

چکیده

دمای سطح زمین (LST) از جمله مهم‌ترین متغیرهایی است که اطلاعات مهمی در رابطه با خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌کره، هواکره و آب‌کره فراهم می‌نماید. از آن جایی که این متغیر اولین واکنش حرارتی را در مقابل تغییرات محیطی نشان می‌دهد، بنابراین واکاوی آن می‌تواند اطلاعات ارزشمندی را در اختیار پژوهشگران علوم محیطی قرار دهد. طی سال‌های اخیر تصاویر سنجنده مودیس برای تخمین دمای سطح زمین کاربرد فراوانی پیدا نموده است. در پژوهش حاضر نیز از داده‌های سنجنده مودیس (MOD11C3 & MYD11C3) برای واکاوی LST روز هنگام در حوضه آبریز جازموریان (۲۰۱۹-۲۰۲۳) استفاده گردید. داده‌های مربوطه پس از کنترل کیفی و پردازش‌های لازم برای برآورد LST روز هنگام به کار گرفته شد. بر اساس نتایج؛ مقادیر LST در حوضه آبریز جازموریان از $۲۰-۵۵^{\circ}\text{C}$ متغیر بوده و به روشنی از ارتفاعات و عرض جغرافیایی تبعیت می‌نماید. واکاوی فصلی از توزیع فضایی LST، فصول زمستان و تابستان را به ترتیب با دامنه‌ای از $۵-۴۰^{\circ}\text{C}$ و $۳۵-۶۵^{\circ}\text{C}$ به‌عنوان سردترین و گرم‌ترین فصول نشان داده است. همچنین در بررسی توزیع فضایی LST ماهانه، ژانویه و فوریه از کم‌ترین و ژوئن و جولای از بیش‌ترین مقدار LST برخوردار بودند. روند سری زمانی آنومالی LST بیان‌گر افزایش حدود $۰/۵^{\circ}\text{C}$ در دوره مورد مطالعه می‌باشد. همچنین توزیع فضایی LST نشان‌دهنده بیشینه آنومالی مثبت در بخش‌های جنوب غربی و مرکزی و کمینه آنومالی مثبت در شرق حوضه است.

واژگان کلیدی: دمای سطح زمین، روز هنگام، مودیس، آنومالی، حوضه آبریز جازموریان.

مقدمه

دمای هوا یکی از مهم‌ترین فرا سنج‌های شناسایی وضعیت آب‌وهوایی و محیطی هر منطقه محسوب می‌شود. به‌طور معمول اندازه‌گیری دما در ایستگاه‌های هواشناسی و در ارتفاع دو متری از سطح زمین انجام می‌گیرد. اما در بسیاری از موارد، سنجش دمای سطح زمین ۱ (دمای رویه زمین) ضروری است. دمای سطح زمین (LST) به‌عنوان یکی از متغیرهای اساسی، نمایش دهنده ارتباط بین اتمسفر و زمین می‌باشد (سکرتکین و بونافونی، ۲۰۲۰). متغیر مذکور از لحاظ میکروکلیمایی و تشعشع انتقالی داخل جو، یکی از معیارهای مهم در برنامه‌ریزی ناحیه‌ای و منطقه‌ای است. از این‌رو نقش مهمی در کنترل فرایندهای بیوفیزیکی و شیمیایی زمین دارد. در همین راستا تخمین دقیق‌تر از دمای روزانه سطح زمین دارای کاربردهای مهمی در بررسی اثرات جزیره گرمایی شهر، مبادلات انرژی زمین - جو و تغییرات آب‌وهوایی جهانی می‌باشد (ژینگ و همکاران، ۲۰۲۱). علم مدرن روش‌های نوینی از آگاهی، ارزیابی و واکاوی داده‌های محیطی معرفی کرده است؛ به‌طوری که امروزه پایش تغییرات محیطی با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و با دامنه وسیعی از پارامترها برای هر یک از نمایه‌های محیطی انجام می‌شود (نتلر، ۲۰۱۰). با توجه به محدودیت ایستگاه‌های هواشناسی، امروزه سنجش از دور به‌عنوان پایه و اساس بسیاری از داده‌های هواشناسی مورد استفاده قرار گرفته (فیضی زاده و همکاران، ۱۳۹۵، ۸۷) و به‌عنوان یک منبع مهم اطلاعاتی برای پژوهش‌های تغییر اقلیم در حال گسترش است. توسعه روزافزون شبکه‌های ماهواره‌ای بستر لازم را برای آماده‌سازی فرآورده‌های مکانی با تفکیک بالا فراهم نموده است. با این وجود هنوز هم نواحی پراکنده‌ای وجود دارند که داده‌های سنجش از دور تنها منبع اطلاعاتی آن‌ها می‌باشد (السدورف و همکاران، ۲۰۰۷، سون، ۲۰۱۳). قابلیت‌های فرآورده‌های ماهواره‌ای با امکان پایش پدیده‌های زمینی سبب شده است تا دانشمندان و محققان با گسترش این رشته فعالیت‌ها در پژوهش‌های خود، تغییرات آب‌وهوایی و زیست‌محیطی را مورد واکاوی قرار دهند (علوی پناه، ۱۳۹۵، ۲۲). یکی از مهم‌ترین جنبه‌های کاربردی فرآورده‌های ماهواره‌ای در مطالعات اقلیمی، پایش دمای سطح زمین به‌عنوان یک متغیر کلیدی در کنش زمین- اتمسفر می‌باشد (شکیبا و همکاران، ۱۳۸۸). استخراج دمای سطح زمین با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و با تفکیک مکانی و زمانی مناسب، اطلاعات جدیدی را در مورد ترازمندی انرژی سطح زمین، ترازمندی چرخه آب و انرژی، پیش‌بینی هوا، تغییر اقلیم و گرمایش جهانی آشکار نموده (کایت و همکاران، ۲۰۱۶) و کاربردهای این متغیر نیز در زمینه‌های هواشناسی، اقلیم‌شناسی (تام لینسون و همکاران، ۲۰۱۱) و مطالعه تأثیرات جزیره گرمایی شهری در حال گسترش است (ایمهورف و همکاران، ۲۰۱۰). امروزه داده‌های مادون قرمز حرارتی بدون تماس فیزیکی با اشیاء و سطح به برآورد دمای سطح زمین به‌صورت شبانه‌روزی می‌پردازند (فریتاس و همکاران، ۲۰۱۳؛ کویمین پلات، ۲۰۱۴؛ سویرین و روماگورا، ۲۰۰۴، سون و پیکر، ۲۰۰۳، اینامدار و همکاران، ۲۰۰۸، وو و همکاران، ۲۰۱۵). این متغیر ضمن اشاره به دمای تابشی پوسته زمین، می‌تواند به‌عنوان گرمای احساسی قابل لمس در یک مکان خاص در سطح زمین بیان شود. همچنین دمای سطح زمین اگرچه در معنای ظاهری و میانگین‌های اندازه‌گیری با دمای هوا فرق دارد اما با این متغیر همبستگی بالایی داشته و تنها بر اساس

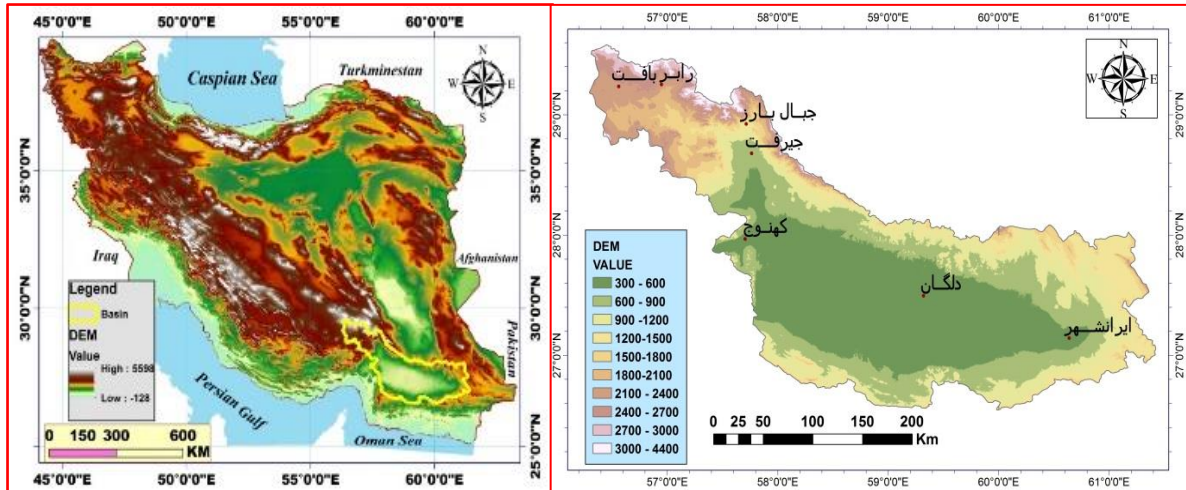
پوشش زمین و شرایط آسمان می‌تواند اختلاف داشته باشد (جین و دیکسون، ۲۰۱۰). دمای سطح زمین نقش مهمی در انتقال گرما به هواسپهر و لایه‌های زیرین خاک داشته و می‌تواند ترازمندی انرژی گرمایی زمین را در مقیاس منطقه‌ای نشان دهد (مرادی، ۱۳۹۵)؛ به طوری که مشاهدات این متغیر در حوالی نیمروز که مقادیر آن به بیشینه می‌رسد اطلاعات بیش‌تری در مورد توزیع شار گرمایی دارد. این ویژگی به دلیل نقش کلیدی بیشینه دمای سطحی در توصیف چرخه روزانه آن رخ می‌دهد (ژو و همکاران، ۲۰۱۹). استمرار افزایش دمای جهانی (استون و همکاران، ۲۰۱۲) امکان دارد تا حدودی به دلیل تغییر پوشش زمین باشد (ستو و همکاران، ۲۰۱۰). افزایش دمای سطح زمین که نشان‌دهنده حساسیت سطح زمین به تابش خورشیدی است؛ می‌تواند از منظر گرمایش جهانی و تغییر اقلیم نگران‌کننده باشد. ترکیبات بیوفیزیکی سطح زمین که منجر به بروز شرایط دمایی گوناگون می‌شود، عامل مهمی در تعیین نوع اکوسیستم، اختلالات و دگرگونی آب‌وهوایی (اسچیمل و همکاران، ۲۰۱۵)، تأثیرات قوی بر چرخه بیوشیمیایی گیاهان (اولینجر و اسمیت، ۲۰۰۵)، نرخ فتوسنتز (روباکوسکی و بیلینیس، ۲۰۱۱) و راندمان مصرف آب (اسچر و همکاران، ۲۰۱۱) است. بر همین اساس پایش دقیق دمای سطح زمین اهمیت فزاینده‌ای می‌یابد. نظر به اهمیت موضوع، طی سال‌های اخیر مطالعات پرشماری در جهان و ایران با استفاده از فرآورده‌های دمایی سنجنده مودیس انجام شده است که اغلب محققان بر دقت بالای آن‌ها در برآورد دمای رویه زمین تأکید داشته‌اند. از جمله مطالعات خارجی مبتنی بر فرآورده‌های دمای سطحی زمین می‌توان به آشکارسازی جزایر گرمایی شهر (استاتوپولو و کارتالیس، ۲۰۰۹؛ عفت و حسن، ۲۰۱۴)، پایش دمای سطح زمین منطقه جنوبگان (می‌یر و همکاران، ۲۰۱۶)، تخمین دمای روز هنگام سطح زمین در کلان‌شهر بارسلون (لموس-کانوواس و همکاران، ۲۰۲۰)، توزیع زمانی - مکانی نوسانات دمای سطح دریاچه‌های واقع در فلات تبت (سنگ و همکاران، ۲۰۱۶)، دمای سطح زمین در چین (لی و همکاران، ۲۰۱۳)، واکاوی دمای سطحی روز هنگام در کوه‌های آند در آمریکای جنوبی (لوم و همکاران، ۲۰۱۹)، برآورد تغییرات فصلی دمای سطحی روز هنگام در چین (چن و همکاران، ۲۰۲۱) و داخلی نیز می‌توان؛ به بررسی دمای سطح زمین در محدوده شهر تهران (هاشمی و همکاران، ۱۳۹۲)، برآورد دمای روز هنگام سطح زمین ایران (احمدی و همکاران، ۱۳۹۷)، واکاوی دمای سطح زمین در ارتباط با کاربری اراضی (احمدی و همکاران، ۱۳۹۴)، آشکارسازی رابطه بین دمای سطح با ویژگی‌های جغرافیایی و بیوفیزیکی (عباسعلی و همکاران، ۱۳۹۸) و کمی سازی تأثیر پارامترهای سطحی و شرایط اقلیمی بر دمای سطح زمین توسط میجانی و همکاران (۱۳۹۸) اشاره نمود. امروزه نقش و اهمیت داده‌های ماهواره‌ای در برنامه‌ریزی و مدیریت محیط از اهمیت بالایی برخوردار است. نظر به اهمیت دانش سنجش از دور و کاربرد آن در پایش‌های محیطی و آب و هواشناسی، بررسی دمای سطح زمین به‌عنوان یکی از موضوعات پرکاربرد در زمینه‌های مختلف زیست‌محیطی، کشاورزی، هیدرولوژیکی، مدیریت منابع آب و همچنین گرمایش جهانی و تغییر اقلیم ضرورت می‌یابد. حوضه آبریز جازموریان (یکی از زیر حوضه‌های واقع در جنوب شرق ایران) به دلیل شرایط خاص زیست‌محیطی و پتانسیل‌های بسیار خوب کشاورزی از اهمیت بالایی برخوردار است. نیمه شمالی

این حوضه، به دلیل وجود ارتفاعات بلند و برخورداری از آب‌وهوای مطبوع در گرمای طاقت‌فرسای تابستان، از توانمندی بالایی در موضوع گردشگری برخوردار است. از سوی دیگر نیمه جنوبی این حوضه نیز، به دلیل کشت چهار فصل محصولات کشاورزی به شدت از تغییرات حرارتی سطح زمین اثر می‌پذیرد. بر همین اساس، مطالعه دمای سطح زمین به‌عنوان یکی از فاکتورهای محیطی مؤثر بر اکوسیستم این حوضه، ضروری به نظر می‌رسد.

داده‌ها و روش‌ها

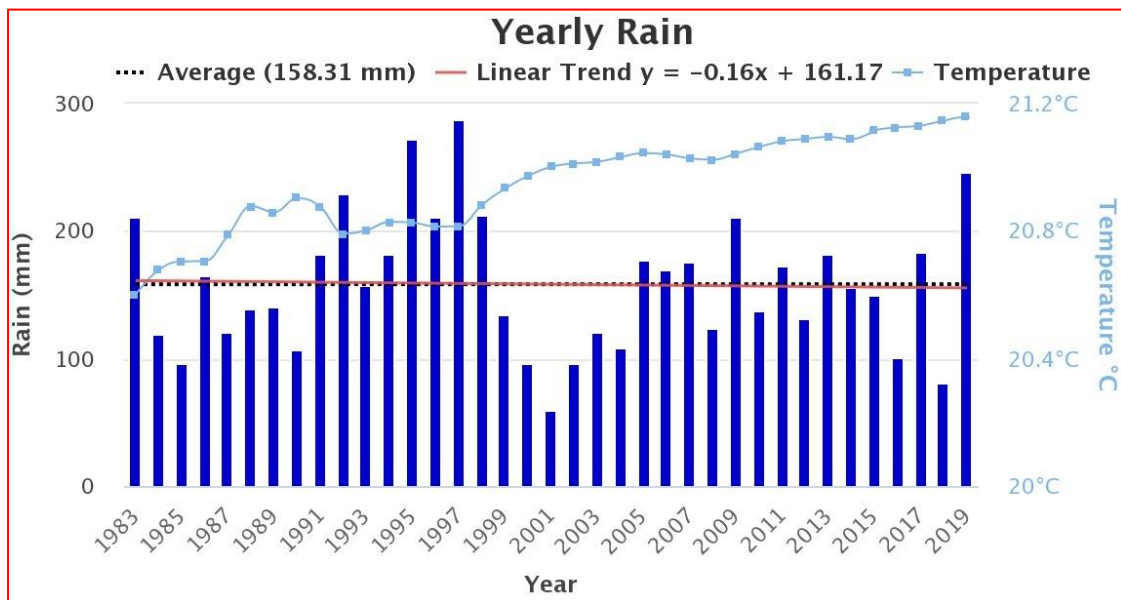
منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز جازموریان به‌عنوان یکی از زیر حوضه‌های آبریز جنوب شرق، با وسعتی حدود ۶۹/۶۰۰ کیلومترمربع در مختصات ۲۶ درجه و ۳۵ دقیقه تا ۲۹ درجه و ۳۵ دقیقه عرض شمالی و ۵۶ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۶۱ درجه و ۲۵ دقیقه طول شرقی واقع شده است. حوضه مورد مطالعه با امتداد شمال غربی - جنوب شرقی از جنوب استان کرمان تا جنوب غرب استان سیستان و بلوچستان گسترش یافته است (شکل ۱). این حوضه از شمال توسط کوه‌های لاله‌زار، جبال بارز و شهسواران از حوضه آبریز کویر لوت، و از جنوب به‌وسیله رشته‌کوه زاگرس (کوه‌های مکران) از حوضه آبریز دریای عمان و خلیج فارس جدا می‌گردد (صمدزاده، ۱۳۹۸). دشت‌های حاصلخیز جیرفت و رودبار در استان کرمان و دشت‌های ایران‌شهر، بمپور و دلگان در استان سیستان و بلوچستان در محدوده این حوضه آبریز قرار دارند (جهانشاهی و همکاران، ۱۳۹۸). بعضی از این دشت‌ها (دشت جیرفت) از مساعدترین نقاط فلات ایران برای کشت گیاهان گرمسیری به شمار آمده و از تراکم بالایی جمعیت (بیش از ۵۰۰ هزار نفر) برخوردار است. در این حوضه ۹۱ رودخانه کوچک و بزرگ وجود دارد که هلیل‌رود بزرگ‌ترین آن‌هاست و آب همه آن‌ها به دریاچه جازموریان می‌ریزد (موسوی راد و همکاران، ۱۳۹۸). ارتفاع پست‌ترین بخش حوضه (دریاچه جازموریان) از سطح دریای آزاد ۳۵۰ متر و بلندترین نقطه آن که در شمال حوضه واقع است، حدود ۴۴۰۰ متر است (میلان و نعمتی، ۱۳۹۷). در بخش جنوبی این حوضه بر ارتفاع اراضی افزوده شده و به ارتفاعات مکران ختم می‌شود. اقلیم حاکم بر حوضه آبریز جازموریان از نوع بیابانی بوده و مقدار بارش سالانه در ناحیه کوهستانی شمال حوضه حدود ۳۵۰ میلی‌متر و در ناحیه جنوبی کم‌تر از ۱۰۰ میلی‌متر است (شکل ۲).



مأخذ: نگارندگان

شکل ۱: محدوده منطقه مورد مطالعه و موقعیت آن در گستره جغرافیایی ایران



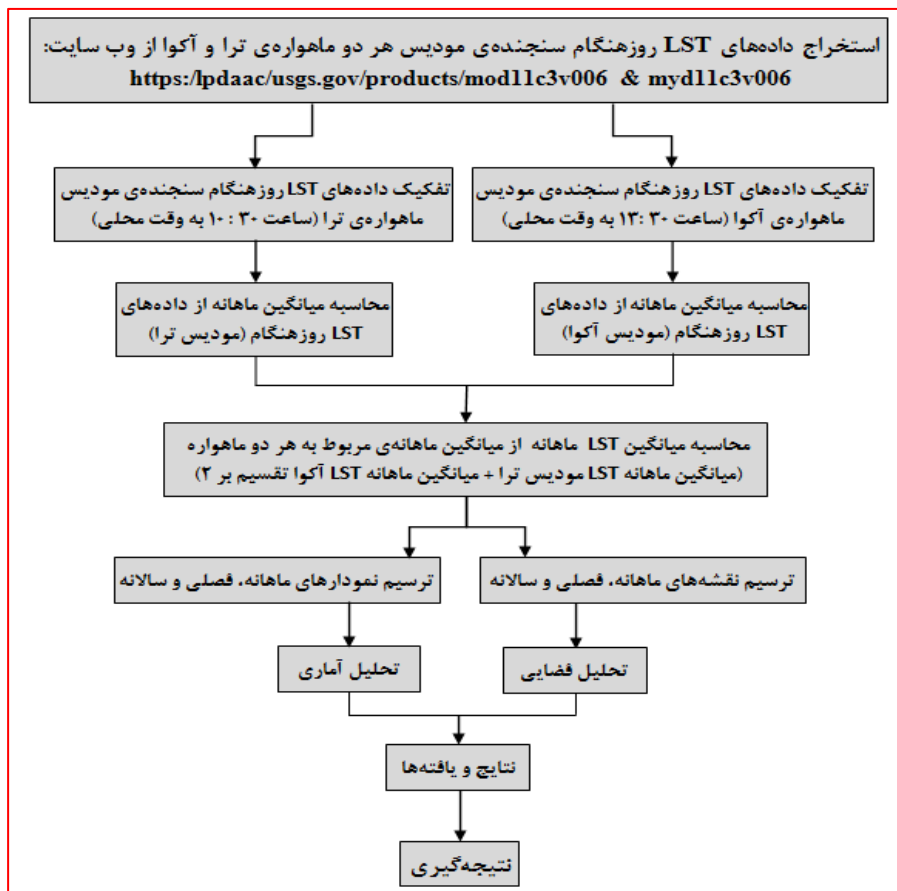
مأخذ: نگارندگان

شکل ۲: نمودار میانگین بلندمدت بارش و دما در حوضه آبریز جازموریان (۱۹۸۳ - ۲۰۱۹)

روش پژوهش

سنجنده مودیس مستقر بر روی دو ماهواره ترا و آکوا، از سراسر سطح کره زمین داده‌هایی را در ۳۶ باند طیفی در محدوده ۰/۱۴-۴/۴ میکرومتر از طیف الکترومغناطیس برداشت می‌نماید. داده‌های این سنجنده به دلیل ارائه اطلاعاتی جامع از طیف وسیعی از متغیرهای محیطی از جمله؛ پوشش زمین، نمایه‌های پوشش گیاهی، متغیرهای هیدرولوژیکی (تبخیر و تعرق) و متغیرهای اقلیمی (دمای سطح زمین و تابش) به‌طور گسترده‌ای استفاده می‌شود (فنگ و لکشمی، ۲۰۱۴، جاستیس و همکاران، ۲۰۰۲). استفاده از فرآورده‌های سنجنده مودیس برآوردهای خوبی از دمای سطح زمین در تفکیک

مکانی ۵ کیلومتری فراهم نموده؛ به طوری که در بررسی این متغیر مشخص شده است که خروجی‌های این سنجنده توان تفکیک بالاتری نسبت به سایر سنجنده‌های مشابه دارد (وان و همکاران، ۲۰۰۴). در این پژوهش نیز جهت برآورد دمای سطح زمین در حوضه آبریز جازموریان، از فرآورده‌های هر دو سنجنده مودیس ترا (MOD11C3) و آکوا (MYD11C3) با قدرت تفکیک مکانی ۵ کیلومتر که از تارنمای <https://lpdaac.usgs.gov/products/mod11c3v006> & <https://lpdaac.usgs.gov/products/myd11c3v006> قابل دریافت است، برای دوره آماری ۲۰۱۹-۲۰۰۳ استفاده گردید. زمان گذر ماهواره ترا از شمال به جنوب در قبل از ظهر (ساعت ۱۰:۳۰ صبح) و زمان گذر ماهواره آکوا در بعد از ظهر (ساعت ۱۳:۳۰) و از جنوب به شمال است. در این پژوهش دمای سطح زمین برآورد شده، حاصل میانگین دمای هر دو برداشت سنجنده مودیس ماهواره‌های ترا و آکوا به وقت محلی می‌باشد (شکل ۳). دلیل استفاده از دو برداشت روز هنگام این سنجنده، میانگین‌گیری از آن‌ها برای دستیابی به برآورد دقیق‌تری از دمای روز هنگام سطح زمین است. زیرا برداشت صبح هنگام مقادیر کم‌تر و برداشت ظهر هنگام مقادیر بیش‌تری از شرایط میانگین را نشان داده و هر کدام به تنهایی نمی‌تواند بیان‌گر دمای واقعی روز هنگام باشد. بر همین اساس، اقدام به میانگین‌گیری از دمای حاصل از هر دو برداشت نموده تا نتایج دقیق‌تری از شرایط دمای سطح زمین ارائه شود. پس از دریافت داده‌های مورد نیاز در قالب فرمت‌های NC و CSV، عملیات کنترل کیفی و پیش‌پردازش بر روی آن‌ها جهت ورود به محیط نرم‌افزارهای GIS و Excel اعمال گردید. در گام بعدی محاسبات بر روی دو ماتریس؛ یکی ماهانه به ابعاد 2784×204 (۲۰۴ معرف تعداد مشاهدات در ماه‌های پیاپی از ۱۷ سال مورد مطالعه 12×17) و 2784 معرف تعداد نقاط شبکه‌بندی شده (پیکسل) با قدرت تفکیک مکانی افقی 5×5 کیلومتر در پهنه حوضه آبریز جازموریان) و دیگری ماتریس فصلی به ابعاد 2784×68 (۶۸ معرف تعداد مشاهدات در فصول پیاپی 4×17) است. به عبارتی دیگر، میانگین دمای سطح زمین ماهانه از میانگین LST روز هنگام متعلق به هر ماه و میانگین فصلی از میانگین روز هنگام سه ماه مربوط به هر فصل برای دمای سطح زمین در حوضه آبریز جازموریان استخراج گردید. به لحاظ مکانی نیز، مقادیر هر پیکسل شرایط میانگین LST مربوط به هر سری زمانی (ماهانه، فصلی و بلند مدت) در طول دوره آماری است. در مرحله نهایی جهت درک هر چه بهتر رفتار زمانی- مکانی LST در حوضه آبریز جازموریان، نتایج به صورت نقشه، گراف و نمودار ارائه شد و به تحلیل یافته‌ها برای دستیابی به هدف پژوهش پرداخته شد.



مأخذ: نگارندگان

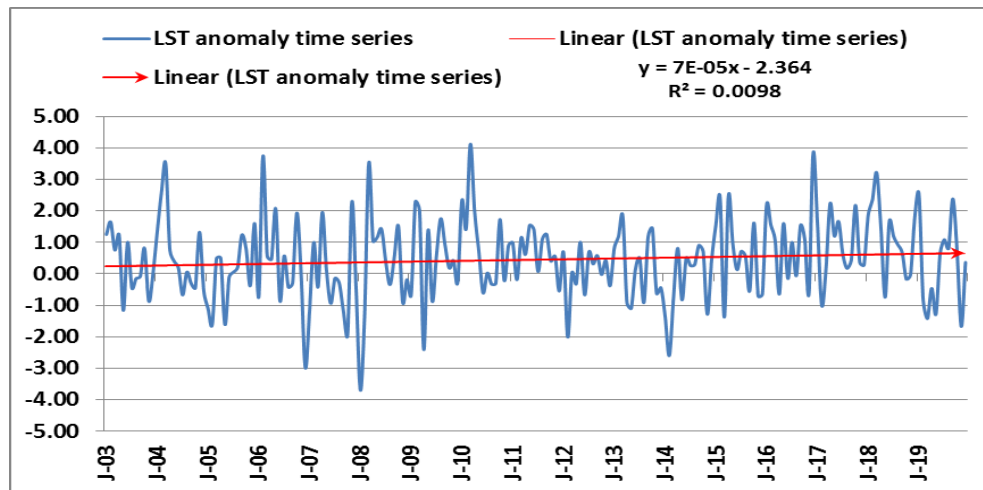
شکل ۳: روند نمای مراحل انجام پژوهش

یافته‌ها

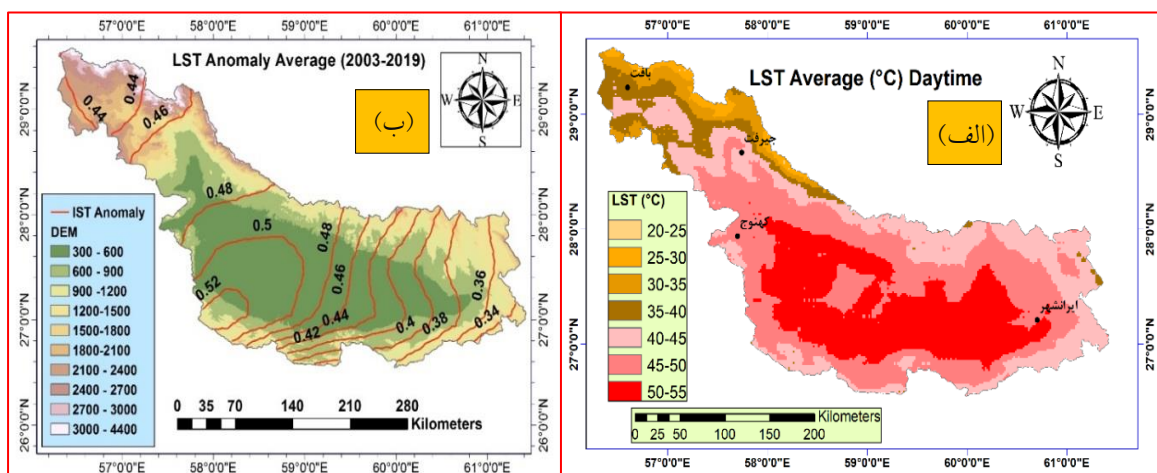
برآورد بلند مدت LST

نمودار سری زمانی آنومالی و همچنین برآورد فضایی بلند مدت LST روز هنگام حوضه آبریز جازموریان (۲۰۰۳-۲۰۱۹) در شکل‌های ۴ و ۵ آمده است. روند بلند مدت آنومالی LST روز هنگام حاکی از افزایش تدریجی آن به خصوص در سال‌های آخر دوره آماری می‌باشد؛ به طوری که شیب افزایشی آن در خط روند کاملاً مشهود است. در این میان بیشینه آنومالی مثبت ($4/12^{\circ}\text{C}$) و منفی ($-3/7^{\circ}\text{C}$) به ترتیب مربوط به ماه‌های می سال ۲۰۱۰ و ژانویه سال ۲۰۰۸ است (شکل ۴). بر اساس نقشه توزیع فضایی بلند مدت LST روز هنگام در حوضه آبریز جازموریان، مقدار LST در دامنه‌ای از ۲۰ تا ۵۵ درجه سلسیوس متغیر می‌باشد. تفاوت مکانی بالای LST (35°C)، به روشنی اثر بارز ارتفاعات و عرض جغرافیایی را بر مقادیر LST حوضه نشان می‌دهد. به طوری که از شمالی‌ترین و مرتفع‌ترین بخش حوضه (حوالی بافت) به سمت جنوبی‌ترین و پست‌ترین بخش حوضه (حوالی ایرانشهر)، بر مقدار LST افزوده می‌شود. به طور کلی، دماهای بیشینه روز هنگام در بخش‌های پست مرکزی و جنوبی حوضه و دماهای کمینه با گستره مکانی محدود تنها در ارتفاعات شمالی

دیده می‌شود (شکل ۵ الف). از سوی دیگر، آنومالی LST روز هنگام بیان‌گر بیشینه آنومالی مثبت در بخش‌های جنوب غربی و مرکز حوضه می‌باشد. علت این امر را می‌توان به ضعیف بودن پوشش گیاهی، افت شدید سطح آب دریاچه جازموریان و متعاقباً خشک و عریان شدن سطح زمین بر اثر خشک‌سالی‌های مکرر در طول دوره آماری مورد مطالعه نسبت داد. علاوه بر این؛ میزان آنومالی مثبت در ارتفاعات نیمه شمالی نیز قابل توجه است که در توجیه آن می‌توان به کاهش پوشش برف و تغییر در موازنه انرژی تابشی ناشی از تغییر آلبیدو اشاره نمود. همچنین، کمترین آنومالی مثبت LST نیز در منتهی‌الیه شرق حوضه رخ داده است. این بخش از حوضه در انتهای هامون جازموریان واقع شده و آخرین نقطه تمرکز آب‌ها در دوره مرطوب سال است. بنابراین بالا بودن سطح سفره آب زیرزمینی ناشی از شرایط مذکور، منجر به رخداد کمترین مقدار آنومالی LST در این بخش از حوضه شده است (شکل ۵ ب).



شکل ۴: نمودار سری زمانی و روند آنومالی دمای سطح زمین در حوضه آبریز جازموریان (۲۰۱۹-۲۰۰۳)



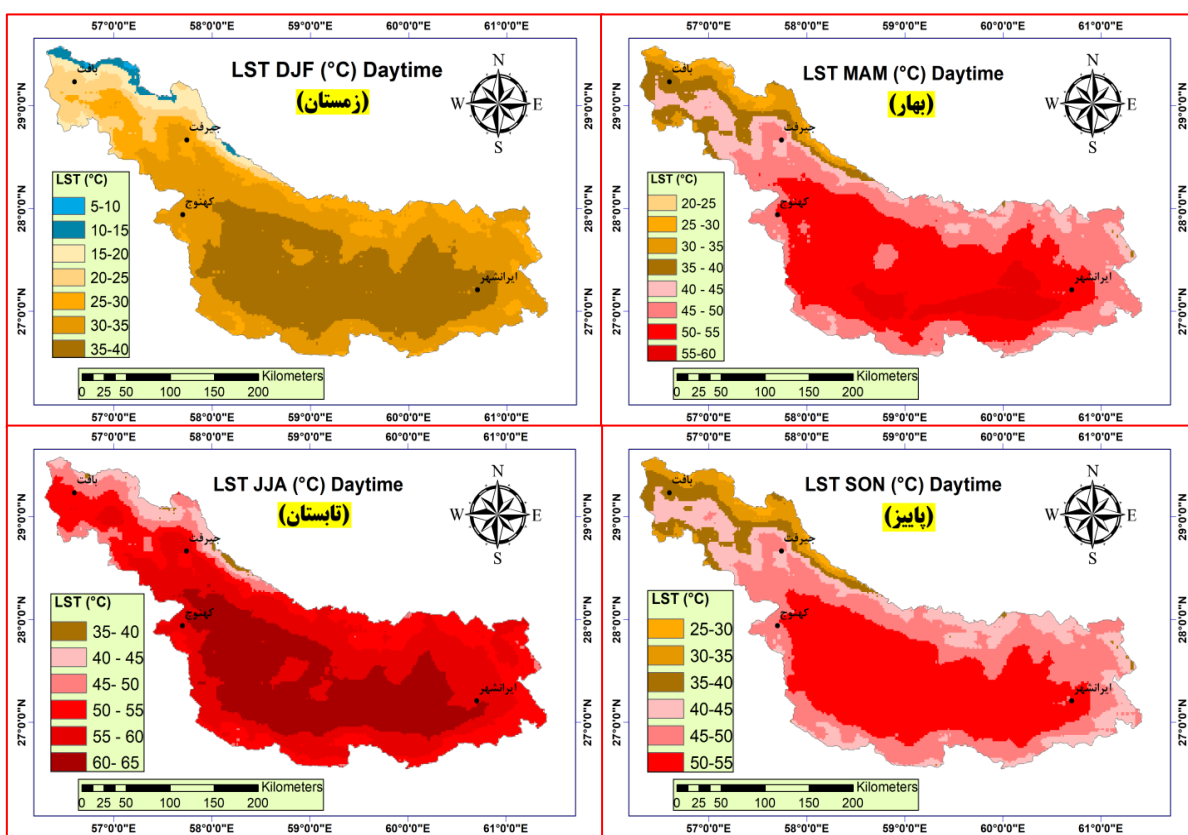
مآخذ: نگارندگان

شکل ۵: نقشه میانگین (الف) و آنومالی (ب) LST روز هنگام در حوضه آبریز جازموریان (۲۰۱۹-۲۰۰۳)

برآورد فضایی LST فصلی

در این پژوهش فصل زمستان شامل ماه‌های دسامبر، ژانویه و فوریه (DJF)، بهار شامل ماه‌های مارس، آوریل و می (MAM)، تابستان شامل ماه‌های ژوئن، جولای و اگوست (JJA) و پاییز شامل ماه‌های سپتامبر، اکتبر و نوامبر (SON) است. بر اساس نتایج به دست آمده، میانگین LST روز هنگام در فصل زمستان (DJF) از 40°C - ۵ در نوسان بوده است؛ به طوری که کم‌ترین مقادیر دما منطبق بر نوار کوهستانی شمال حوضه و بیش‌ترین آن نیز در بخش کم ارتفاع و بسته داخلی برآورد شده است. در مورد دماهای کمینه فصل زمستان، علاوه بر نقش انکارناپذیر ارتفاعات و عرض جغرافیایی، می‌توان به نفوذ الگوی آب‌وهوایی سرد و خشک سیبری از سمت شرق حوضه نیز اشاره کرد. الگوی مذکور در مواجهه با زمین‌های خشک و عاری از پوشش گیاهی منطقه، سبب افت بیش‌تر دما در این حوضه می‌شود. نکته قابل‌توجه دیگر، رخداد دمای سطحی 40°C در این فصل از سال است که این امر از یک‌سو به دلیل پستی منطقه و از دیگر سو به دلیل عرض جغرافیایی پایین و متعاقباً عدم تأثیرپذیری آن از الگوهای آب‌وهوایی زمستانه است. زیرا سامانه‌های آب‌وهوایی غالب دوره سرد سال، حتی در این فصل به‌ندرت فرصت نفوذ به منطقه را پیدا می‌کنند. علاوه بر این، شاید بتوان وجود کشاورزی و پوشش گیاهی منطقه را به‌عنوان مانعی دیگر در کاهش محسوس LST فصل زمستان قلمداد نمود. در فصل بهار (MAM) کم‌ترین میزان دمای برآورد شده در قله مرتفع ناحیه کوهستانی و بیش‌ترین آن نیز در نقاط پست جنوب حوضه اتفاق افتاده است. در این فصل دمای سطحی تا 60°C برآورد شده است. وقوع دمای مذکور متأثر از عرض جغرافیایی پایین نیمه جنوبی حوضه و نزدیکی آن به گستره تحت سیطره الگوی آب‌وهوایی جنب حاره می‌باشد. حاکمیت زودهنگام الگوی مذکور و اثرات گرمایشی آن در این فصل از سال، منجر به کوتاه شدن فصل بهار و طولانی شدن فصل تابستان می‌شود. به طوری که در بخش‌های جنوبی حوضه، شروع تابستان واقعی را می‌توان از اواخر اردیبهشت و اوایل خرداد تجربه کرد. به‌طور کلی، فصول بهار و پاییز به‌عنوان فصول گذار آب‌وهوایی، از لحاظ دمایی شرایط نسبتاً مشابهی دارند. تنها با این تفاوت که دماهای بیشینه فصل بهار به دلیل پیوستگی به فصل تابستان، از گستره و شدت بیش‌تری برخوردار است. برآورد دمای سطحی روز هنگام در فصل تابستان (JJA) بیان‌گر گسترش بیشینه دمای سطحی و تشدید آن در اغلب بخش‌های حوضه است. به طوری که در این فصل گستره قابل‌توجهی از حوضه، دمای 65°C - ۶۰ را نشان داده و بیش از ۷۰ درصد از گستره حوضه از دمای سطحی بالای 50°C برخوردار است. در این فصل، حاکمیت الگوی آب‌وهوایی گرم و خشک پرفشار جنب حاره (پرفشار آزور) در عرض‌های جغرافیایی پایین، تابش شدید خورشید و همچنین وجود گستره قابل‌توجهی از نقاط کم ارتفاع و پست، سبب رخداد دماهای بیشینه در بخش وسیعی از حوضه شده است. توزیع فضایی LST روز هنگام در فصل پاییز (SON)، کاهش چشم‌گیری را نسبت به فصل تابستان نشان می‌دهد. این شرایط به دلیل تضعیف عوامل کنترل‌کننده آب و هوای تابستان می‌باشد؛ به طوری که در این فصل با پس‌روی الگوهای تابستانه به سمت عرض‌های جنوبی‌تر و همچنین کاهش میزان تابش آفتاب، از شدت LST روز هنگام کاسته می‌شود. در مورد علت کاهش گستره LST بیشینه نسبت به گستره کمینه، می‌توان به نفوذ الگوی سرد

و خشک سبیری از طرف شرق حوضه اشاره نمود که در این فصل، بیش‌ترین رخداد را بعد از فصل زمستان دارد. به‌طور کلی، در فصل پاییز توزیع فضایی LST روز هنگام همانند سایر فصول از توپوگرافی سطح زمین تبعیت می‌کند. به‌طوری که کم‌ترین میزان LST در نواحی مرتفع شمالی و بیش‌ترین آن نیز در بخش‌های پست داخلی حوضه مشاهده می‌شود (شکل ۶).



مأخذ: نگارندگان

شکل ۶: توزیع فضایی LST روز هنگام فصلی در حوضه آبریز جازموریان (۲۰۰۳-۲۰۱۹)

برآورد زمانی فصلی LST

برآورد میانگین فصلی LST روز هنگام در حوضه آبریز جازموریان، از شرایط کاملاً متفاوتی در فصول مختلف سال برخوردار است. به‌طوری که میانگین LST در فصل زمستان (DJF) با $27/63^{\circ}\text{C}$ از کم‌ترین مقدار و در مقابل فصل تابستان (JJA) با میانگین $52/59^{\circ}\text{C}$ از بیش‌ترین مقدار برخوردار بوده است. بعد از فصل تابستان، فصل بهار (MAM) با میانگین $44/18^{\circ}\text{C}$ LST بالاتری را نسبت به فصل پاییز (SON) نشان می‌دهد. همچنین بررسی انحراف معیار به‌عنوان یکی از مهم‌ترین شاخص‌های پراکندگی نشان داده است، فصل بهار با $(1/64^{\circ}\text{C})$ و فصل پاییز $(0/51^{\circ}\text{C})$ به ترتیب از بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار انحراف معیار LST در میان فصول چهارگانه سال برخوردار بوده‌اند (جدول ۱).

جدول ۱: مقادیر میانگین ($^{\circ}\text{C}$) و انحراف معیار LST روز هنگام فصلی (۲۰۰۳-۲۰۱۹)

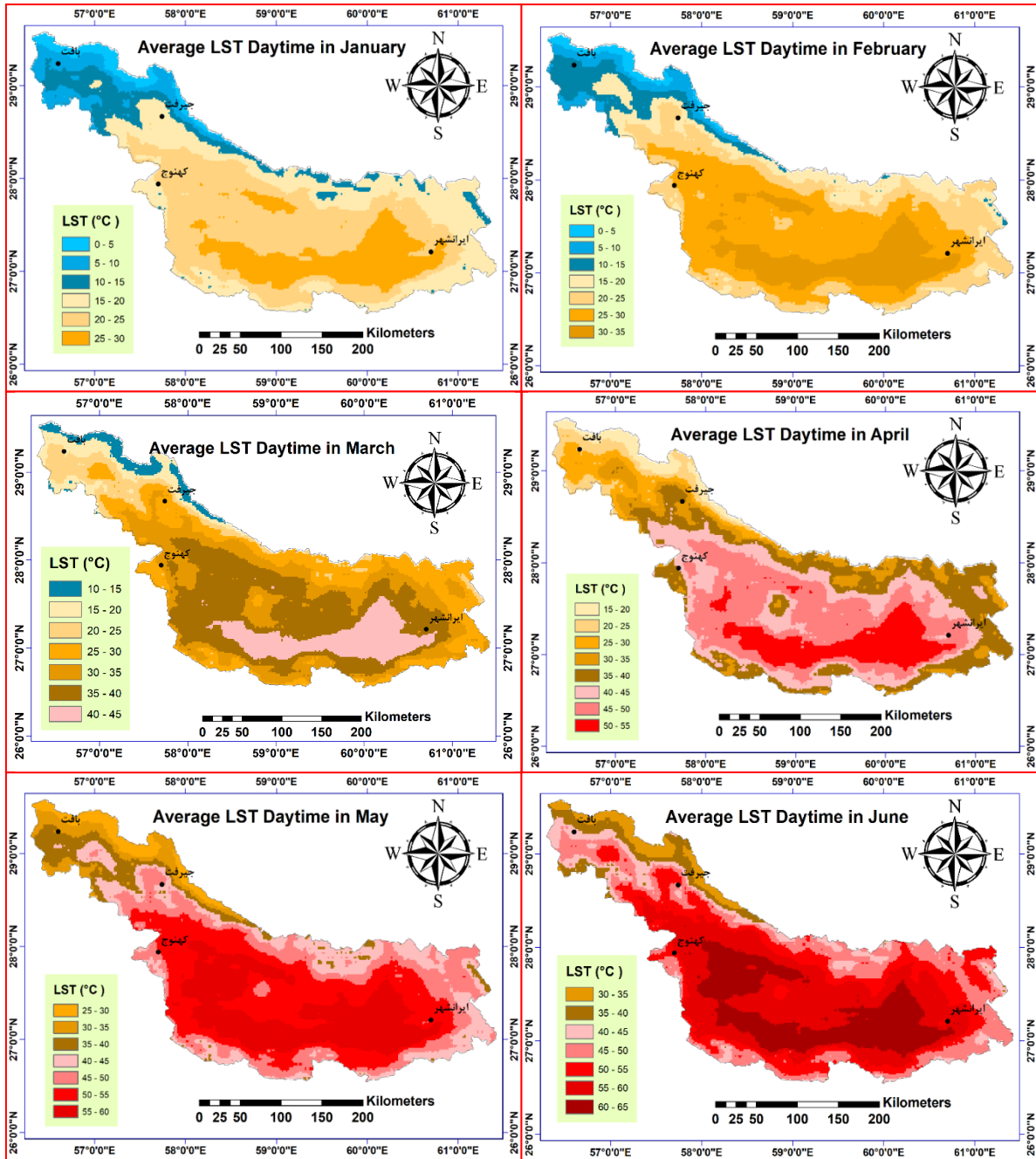
فصول	میانگین LST	انحراف معیار
زمستان (DJF)	۲۷/۶۳	۱/۴۶
بهار (MAM)	۴۴/۱۸	۱/۶۴
تابستان (JJA)	۵۲/۵۹	۰/۵۹
پاییز (SON)	۴۳/۴۵	۰/۵۱

ماخذ: نگارندگان

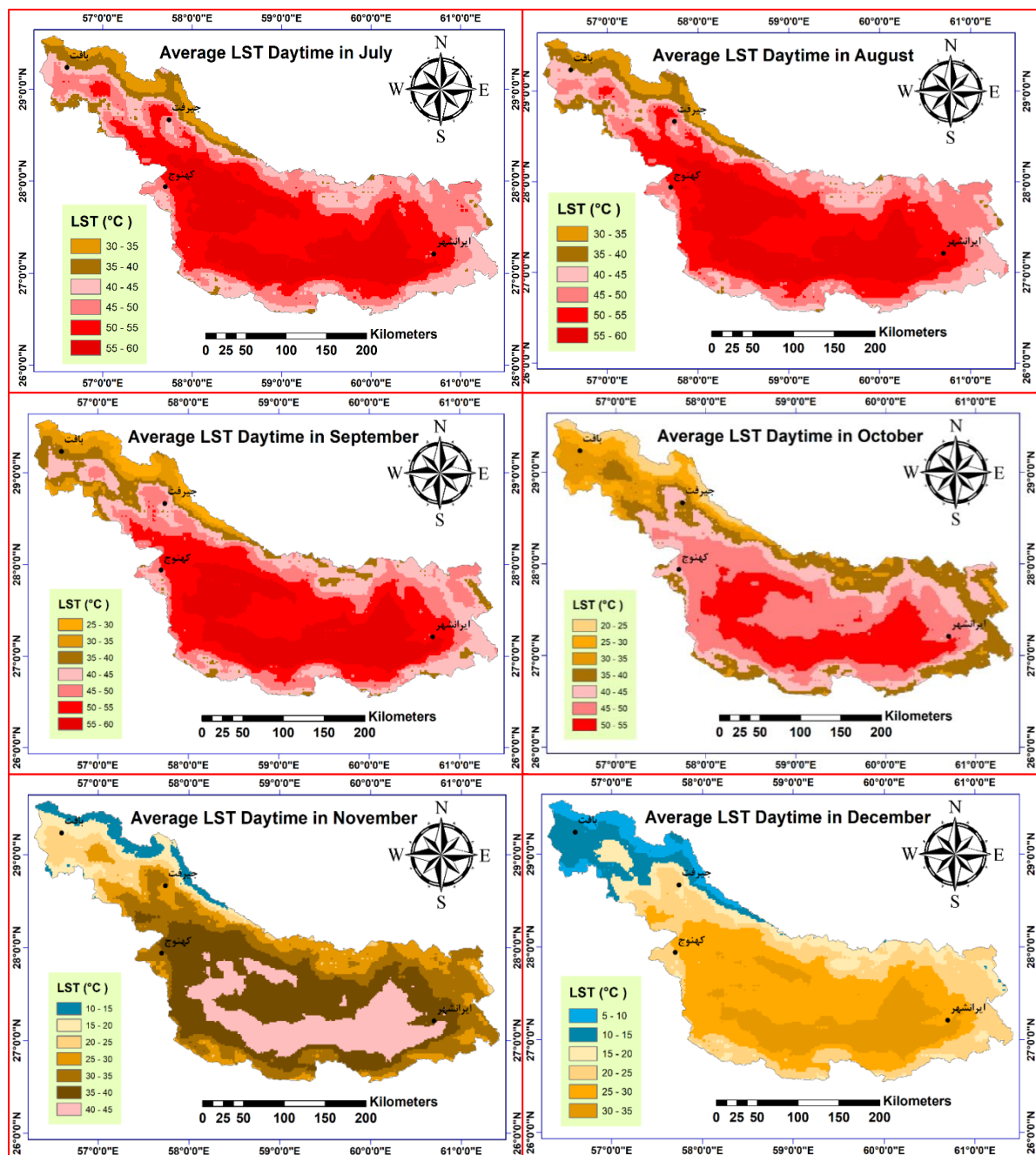
برآورد فضایی LST ماهانه

توزیع فضایی LST روز هنگام ماهانه، اطلاعات بیش‌تری را درباره نوسانات این متغیر در طول سال نشان می‌دهد. به‌عنوان مثال می‌توان سردترین و گرم‌ترین ماه‌های سال و همچنین ماه‌های با شرایط دمایی معتدل را مشخص نمود (شکل‌های ۷ و ۸). مقایسه نقشه‌های توزیع فضایی LST ماهانه، به‌طور آشکاری ماه ژانویه را به‌عنوان سردترین ماه سال نشان می‌دهد. در ماه ژانویه ارتفاعات بلند شمال حوضه به دلیل عرض جغرافیایی بالاتر و تأثیرپذیری بیش‌تر از الگوهای غالب زمستانه ورودی به منطقه از یک‌سو و وجود پوشش برف از سوی دیگر، LST از مقادیر پایینی برخوردار است. در بخش‌های پست مرکز و جنوب حوضه نیز، به دلیل کاهش زاویه تابش خورشید و کاهش طول روز در این موقع از سال، کاهش LST بارز است. در ماه فوریه (دومین ماه سرد سال بعد از ژانویه)، همچنان مقادیر LST حاکمیت شرایط دمایی نسبتاً سردی را در گستره حوضه نشان می‌دهد. تفاوت قابل‌توجه LST این ماه نسبت به ژانویه، افزایش گستره و شدت بیشینه آن و به‌طور خاص پهنه دمایی $^{\circ}\text{C} 30-25$ است که تقریباً ۵۰ درصد از وسعت حوضه را پوشش می‌دهد. علت افزایش دمای این ماه را می‌توان به اثرپذیری این ماه از الگوهای آب‌وهوایی زودرس فصل بهار نسبت داد. توزیع فضایی LST روز هنگام ماه مارس، متفاوت از دو ماه سرد ژانویه و فوریه بوده و سیر افزایشی دما مشهود است. در این ماه، بیشینه LST به لحاظ گستردگی و شدت افزایش چشم‌گیری یافته به نحوی که بیشینه آن به مرز $^{\circ}\text{C} 45$ رسیده است. همچنین کمینه LST روز هنگام ماه مذکور نسبت به ماه‌های ژانویه و فوریه افزایش یافته است. به‌طور کلی، به نظر می‌رسد در توزیع فضایی LST ماه مارس، الگوهای آب‌وهوایی معتدل بهار غلبه بیش‌تری نسبت به الگوهای سرد زمستانه دارند. بررسی توزیع فضایی LST ماه آوریل بیان‌گر دو ویژگی مهم می‌باشد. اول اینکه؛ الگوی آب و هوای زمستانه در بخش وسیعی از حوضه مذکور (به‌جز ناحیه مرتفع شمال حوضه) تضعیف شده است. این ویژگی را می‌توان از افزایش چشم‌گیر کمینه LST نسبت به ماه‌های قبل استنباط نمود. ویژگی دوم افزایش شدید بیشینه LST می‌باشد که بر اساس نتایج به مرز $^{\circ}\text{C} 55$ رسیده است. به‌طور کلی مقادیر بالای LST در این موقع از سال را می‌توان به‌عنوان نشانه‌هایی آشکار از نفوذ تدریجی و زودرس موج‌های گرمایی تابستانه در بخش‌های مرکزی و جنوبی حوضه قلمداد کرد. نقشه LST مربوط به ماه می، بیانگر غلبه تدریجی الگوهای آب‌وهوایی تابستانه در این حوضه است. زیرا از یک‌طرف حدود نیمی از وسعت حوضه دارای دمای $^{\circ}\text{C} 50$ است و از طرف دیگر کمینه آن حتی در ارتفاعات شمال حوضه، به‌ندرت

از 25°C پایین‌تر آمده است. تداوم این روند منجر به حاکمیت بالاترین مقادیر LST روز هنگام در ماه ژوئن گردیده؛ به‌گونه‌ای که این ماه به‌عنوان گرم‌ترین ماه سال در حوضه آبریز جازموریان نمایان شده است. به عبارت دیگر، در این ماه الگوهای تابستانه به‌طور کامل در این حوضه گسترش یافته و مقادیر LST با دامنه 40°C – 65°C ، نزدیک به ۹۰ درصد از وسعت حوضه (به‌جز ارتفاعات شمالی) را پوشش داده است. علت اصلی مقادیر بالای LST این ماه را می‌توان به حاکمیت الگوهای گرم و خشک تابستانه (پرفشار جنب حاره) نسبت داد. تداوم هوای گرم و خشک در ماه جولای همانند ماه ژوئن کاملاً مشهود است. با این تفاوت که در ماه جولای اندکی از شدت LST کاسته شده و از 65°C به مرز 60°C رسیده است. از جمله دلایل کاهش دما در این ماه می‌توان به نفوذ سامانه‌های موسمی تابستانه از اقیانوس هند و همچنین شکل‌گیری همرفت‌های محلی در نواحی کوهستانی حوضه اشاره کرد. این شرایط سبب افزایش رطوبت، ابرناکی، بارندگی و به دنبال آن کاهش نسبی LST می‌شود. توزیع مکانی مقادیر کمینه و بیشینه LST در ماه اگوست، شرایطی مشابه با ماه جولای دارد. همان‌طور که از میان ماه‌های سرد سال، ژانویه و فوریه بیش‌ترین تشابه را از نظر توزیع فضایی LST با یکدیگر دارند، در بین ماه‌های گرم سال نیز دو ماه جولای و اگوست از چنین شرایطی برخوردار هستند. در ماه سپتامبر توزیع فضایی LST کماکان نشان‌دهنده حاکمیت الگوهای آب‌وهوایی تابستانه و رخداد مقادیر بالای LST می‌باشد. با این تفاوت که در ناحیه مرتفع شمال و تا حدودی شرق حوضه، مقادیر کمینه LST از 30°C به 25°C کاهش یافته است. دلیل این رخداد را می‌توان به عرض جغرافیایی بالاتر و همچنین اثرگذاری ارتفاعات این نواحی نسبت داد که به‌تدریج با نزدیکی به فصل پاییز، زودتر از سایر مناطق حوضه روند سرمایشی را آغاز می‌نمایند. با بررسی توزیع فضایی LST مربوط به ماه اکتبر، می‌توان به نشانه‌هایی از اثرات دمایی فصل پاییز پی برد. زیرا نه‌تنها از شدت و گستره مقادیر بیشینه LST به طرز چشم‌گیری کاسته شده است بلکه مقادیر کمینه نیز محدوده وسیع‌تری را در بر گرفته است. توزیع فضایی LST ماه نوامبر، حاکمیت کامل الگوی آب‌وهوایی پاییزی را نشان می‌دهد که سیطره آن در ناحیه مرتفع شمال حوضه بیش از سایر نواحی است. در ماه دسامبر، مقادیر LST افت قابل ملاحظه‌ای نسبت به ماه نوامبر پیدا کرده؛ به‌طوری که در سراسر ارتفاعات ناحیه شمالی غلبه با مقادیر LST کم‌تر از 15°C بوده و در بیش از ۸۰ درصد از وسعت حوضه (بخش‌های مرکزی و جنوبی) نیز بیشینه LST از 30°C فراتر نرفته است.



شکل ۷: توزیع فضایی LST روز هنگام ماهانه در حوضه آبریز جازموریان (۲۰۱۹-۲۰۰۳)



شکل ۸: توزیع فضایی LST روز هنگام ماهانه در حوضه آبریز جازموریان (۲۰۱۹-۲۰۰۳)

برآورد زمانی LST ماهانه

بررسی زمانی LST روز هنگام ماهانه در طی دوره آماری (۲۰۱۹-۲۰۰۳) در جدول ۲ آمده است. همان‌طوری که این جدول نشان می‌دهد؛ ماه‌های ژانویه، دسامبر و فوریه به ترتیب از کم‌ترین مقدار LST و ماه‌های ژوئن، جولای و اگوست به ترتیب از بیش‌ترین مقدار LST برخوردار بودند. میانگین LST در سردترین ماه سال (ژانویه) $25/78^{\circ}\text{C}$ و در گرم‌ترین ماه سال (ژوئن) $53/63^{\circ}\text{C}$ بوده است. علی‌رغم اینکه بخش‌هایی از حوضه دارای نواحی مرتفع و کوهستانی می‌باشد، بالا

بودن مقادیر LST در ماه ژوئن، بیان گر حاکمیت گرمای بسیار بالا در منطقه مورد مطالعه است. در بررسی انحراف معیار LST مربوط به ماه‌های سال، ماه‌های مارس (۳/۱۴) و سپتامبر (۰/۳۹) به ترتیب از بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار انحراف معیار در میان تمامی ماه‌ها برخوردار بوده‌اند.

جدول ۲: مقادیر میانگین (C°) و انحراف معیار LST روز هنگام ماهانه (۲۰۱۹-۲۰۰۳)

ماه	میانگین LST	انحراف معیار
ژانویه	۲۵/۷۸	۲/۳۲
فوریه	۲۹/۲۷	۲/۵۷
مارس	۳۷/۱۹	۳/۱۴
آوریل	۴۴/۴۸	۲/۳۴
می	۵۰/۸۷	۱/۶۳
ژوئن	۵۳/۶۳	۱/۱۶
ژوئلی	۵۲/۸۷	-۰/۵۵
اوت	۵۲/۳۶	-۰/۵۴
سپتامبر	۵۰/۵۹	-۰/۳۹
اکتبر	۴۴/۶۸	-۰/۷۰
نوامبر	۳۵/۱۱	-۰/۶۶
دسامبر	۲۷/۷۹	۱/۱۹

مأخذ: نگارندگان

نتیجه‌گیری

دمای سطح زمین (LST) که حاصل اندرکنش عناصر آب‌وهوایی- محیطی است، می‌تواند اطلاعات ارزشمندی از تغییرات عناصر جوی و فرایندهای محیطی فراهم نماید. در پژوهش حاضر، توزیع فضایی- زمانی مقادیر LST روز هنگام با استفاده از تلفیق فرآورده‌های LST سنجنده مودیس هر دو ماهواره ترا و آکوا (۲۰۱۹-۲۰۰۳) در حوضه آبریز جازموریان مورد واکاوی قرار گرفت. یافته‌ها نشان داد؛ میانگین LST در طی سال‌های ۲۰۱۹-۲۰۰۳ در دامنه گسترده‌ای از C° -۲۰-۵۵ متغیر بوده است. واکاوی فصلی از توزیع فضایی LST، فصول زمستان و تابستان را به ترتیب با دامنه‌ای از C° -۴۰-۵ و C° -۳۵-۶۵ به‌عنوان سردترین و گرم‌ترین فصول نشان داده است. همچنین در بررسی توزیع فضایی LST ماهانه، ژانویه و فوریه از کم‌ترین و ژوئن و جولای از بیش‌ترین مقدار LST برخوردار بودند. از سوی دیگر در همه ماه‌ها و فصول، کمینه LST در ناحیه مرتفع شمال و تا حدی شرق حوضه و بیشینه آن نیز در بخش‌های پست و کم ارتفاع مرکز و جنوب تمرکز داشته است. به‌طور کلی پژوهش مذکور منجر به آشکارسازی دو یافته مهم شده است. اول اینکه؛ LST روز هنگام تابع عوامل فضایی نظیر ماهیت فیزیکی مکان، عرض جغرافیایی و ارتفاع می‌باشد. انطباق کمینه LST بر عرض‌های جغرافیایی بالا و ناحیه مرتفع شمال حوضه و انطباق بیشینه آن بر عرض‌های جغرافیایی پایین و زمین‌های پست و کم ارتفاع بیان‌گر این وضعیت است. نکته دوم، تغییرپذیری زمانی و مکانی LST در طول سری زمانی می‌باشد که عواملی از قبیل تغییرات شدت تابش آفتاب و طول روز (ساعات آفتابی) منجر به چنین شرایطی می‌شود. این ویژگی

در مقایسه LST فصلی و ماهانه مشهود است. به‌عنوان مثال در فصل زمستان هم‌زمان با رخداد LST با مقدار 5°C در قله مرتفع شمال حوضه، مقدار LST در بخش‌های کم ارتفاع مرکزی و جنوبی 4°C برآورد شده است. در اوج تابستان نیز بیشینه LST در برخی از نواحی حوضه تا 65°C افزایش می‌یابد. با توجه به حاکمیت چنین شرایطی می‌توان گفت؛ حوضه آبریز جازموریان با دامنه گسترده‌ای از مقادیر LST در طول زمان، می‌تواند به‌عنوان ناحیه‌ای با الگوی آب‌وهوایی قاره‌ای شناخته شود. همچنین می‌توان گفت؛ در سازوکار اقلیم این حوضه، عوامل محیطی و محلی غلبه بیش‌تری نسبت به عوامل بیرونی و سیاره‌ای دارند. از این منظر، نتایج پژوهش حاضر با یافته‌های احمدی و همکاران (۱۳۹۷) و همچنین مرادی و همکاران (۲۰۱۸) کاملاً منطبق است. چرا که آنان نیز به نقش بارز ارتفاعات و عرض جغرافیایی در تغییرات دمای سطح زمین اشاره کردند. به دلایلی از قبیل؛ پراکنش نامناسب و کمبود ایستگاه‌های هواشناسی، وسعت زیاد، تنوع توپوگرافی و همچنین خلأ پژوهش‌های اقلیمی و محیطی در حوضه آبریز جازموریان، استفاده از داده‌های ماهواره‌ای با تفکیک زمانی - مکانی مناسب، ابزاری مؤثر در راستای برآورد دمای سطح زمین (LST) است. به‌طور کلی، با توجه به رخداد بحران‌های محیطی نظیر خشک‌سالی‌های مداوم و فراگیر، کاهش پوشش گیاهی و وقوع طوفان‌های گردوغبار در این حوضه، پیشنهاد می‌شود پژوهشگران با ارتباط سنجی میان LST با فرا سنج‌های متنوع اقلیمی و محیطی، بتوانند به درک جامع‌تری از اثرات این متغیرها بر روی LST دست یابند.

منابع

- ۱- احمدی، بهروز؛ قربانی، اردوان؛ صفر راد، طاهر؛ سبحانی، بهروز (۱۳۹۴): بررسی دمای سطح زمین در رابطه با کاربری و پوشش اراضی با استفاده از داده‌های سنجنش از دور. سنجنش از دور در منابع طبیعی، ۱، ۶۱-۷۸.
- ۲- احمدی، محمود؛ داداشی رودباری، عباسعلی؛ احمدی، حمزه (۱۳۹۷): واکنش دمای روز هنگام سطح زمین ایران مبتنی بر برون داد سنجنده MODIS. فصل‌نامه علوم محیطی، شماره ۱، ۶۸-۴۷.
- ۳- احمدی، محمود؛ داداشی رودباری، عباسعلی؛ احمدی، حمزه (۱۳۹۷): پایش دمای شب‌هنگام رویه زمین در گستره ایران مبتنی بر برون‌داد سنجنده مودیس. فصل‌نامه تحقیقات جغرافیایی، ۳۳(۱)، ۱۷۴-۱۹۰.
- ۴- جهانشاهی، افشین؛ شاهدی، کاکا؛ سلیمانی، کریم؛ مقدم نیا، علیرضا (۱۳۹۸): تعیین مناطق همگن هیدرولوژیکی در غرب حوضه هامون-جازموریان. تحقیقات منابع آب ایران، ۱۵(۱)، ۲۲۳-۲۳۵.
- ۵- شکیبا، علیرضا؛ ضیائی‌ان فیروزآبادی، پرویز؛ عاشورلو، داوود؛ نامداری، سودابه (۱۳۸۸): تحلیل رابطه کاربری و پوشش اراضی و جزایر حرارتی شهر تهران. با استفاده از داده‌های ETM+. فصل‌نامه سنجنش از دور ایران، شماره ۱، ۵۶-۳۹.
- ۶- عباسعلی، ولی؛ رنجبر، ابوالفضل؛ مکرم، مرضیه؛ تازی پناه، فریده (۱۳۹۸): بررسی رابطه بین دمای سطح، ویژگی‌های جغرافیایی و محیطی و شاخص‌های بیوفیزیکی با استفاده از تصاویر لندست. سنجنش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۳، ۵۸-۳۵.
- ۷- علوی پناه، سید کاظم (۱۳۹۵): کاربرد سنجنش از دور در علوم زمین (علوم خاک). انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ایران.

- ۸- فیضی زاده، بختیار؛ دیده بان، خلیل؛ غلام نیا، خلیل (۱۳۹۵): برآورد دمای رویه زمین با استفاده از تصاویر لندست ۸ و الگوریتم پنجره مجزا، مطالعه موردی: حوضه آبریز مهاباد. فصل نامه علمی-پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، ۲۵(۹۸)، ۱۷۱-۱۸۲.
- ۹- صمدزاده، رسول، (۱۳۹۸): ژئومورفولوژی ایران، انتشارات سمت.
- ۱۰- مرادی، مسعود (۱۳۹۵): بررسی آب و هواشناختی دمای سطح زمین در گستره ایران با بهره‌گیری از داده‌های مودیس. اساتید راهنما: برومند صلاحی- سید ابوالفضل مسعودیان، پایان نامه دکتری رشته اقلیم‌شناسی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
- ۱۱- موسوی راد، سید مرتضی؛ انوری، صدیقه؛ خالقی، فرشته؛ مرادی، حجت اله (۱۳۹۸): بررسی میزان تبخیر و رسوب در حوضه آبریز تالاب جازموریان- هامون. پانزدهمین همایش ملی آبیاری و کاهش تبخیر، کرمان، <https://civilica.com/doc/954788>.
- ۱۲- میجانی، نعیم؛ حمزه، سعید؛ کریمی فیروزجانی، محمد (۱۳۹۸): کمی سازی تأثیر پارامترهای سطحی و شرایط اقلیمی بر دمای سطح زمین با استفاده از داده‌های انعکاسی و حرارتی سنجش از دور. سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۱، ۵۹-۳۶.
- ۱۳- میلان، فاطمه؛ نعمتی، مجید (۱۳۹۷): شاخص‌های زمین‌ریخت‌شناسی، زمین‌ساخت جنبی و لرزه‌خیزی حوضه‌های لوت و جازموریان (استان کرمان). فصل نامه زمین‌شناسی محیط‌زیست، شماره ۴۲، ۴۵-۳۳.
- ۱۴- هاشمی، سید محمود؛ علوی پناه، سید کاظم؛ دیناروندی، مرتضی (۱۳۹۲): ارزیابی توزیع مکانی دمای سطح زمین در محیط‌زیست شهری تهران با کاربرد سنجش از دور حرارتی. محیط‌شناسی، شماره ۱، ۹۲-۸۱.

- 15- Aguilar-Lome, J. Espinoza-Villar, R. Espinoza, J. C. Rojas-Acuña, J. Willems, B. L. And Leyva-Molina, W. M. (2019): Elevation-Dependent Warming Of Land Surface Temperatures In The Andes Assessed Using MODIS LST Time Field (2000–2017). *International Journal Of Applied Earth Observation And Geoinformation*, 77, 119-128.
- 16- Alsdorf, D.E., Rodriguez, E. And Lettenmaier, D.P. (2007): Measuring Surface Water From Space. *Rev. Geophys.* 45:1–24. <https://doi.org/10.1029/2006RG000197>.
- 17- Chen, L., Wang, X., Cai, X., Yang, C., And Lu, X. (2021). Seasonal Variations Of Daytime Land Surface Temperature And Their Underlying Drivers Over Wuhan, China. *Remote Sensing*, 13(2), 323.
- 18- Comyn-Platt, E. M. (2014). Land Surface Temperature: A Comparison Of Products From Polar Orbiting And Geostationary Satellites (Doctoral Dissertation, University Of Leicester).
- 19- Effat, H.A. And Hassan, O.A.K. (2014): Change Detection Of Urban Heat Islands And Some Related Parameters Using Multi-Temporal Landsat Images; A Case Study For Cairo City, Egypt. *Urban Climate*. 10, 171-188.
- 20- Fang, B., & Lakshmi, V. (2014). Soil Moisture At Watershed Scale: Remote Sensing Techniques. *Journal Of Hydrology*, 516, 258-272.
- 21- Freitas, S. C., I. F. Trigo, J. Macedo, C. Barroso, R. Silva, And R. Perdigão, 2013: Land Surface Temperature From Multiple Geostationary Satellites. *Int. J. Remote Sens.*, 34, 3051–3068, [Doi:10.1080/01431161.2012.716925](https://doi.org/10.1080/01431161.2012.716925).
- 22- Jin, M. Dickinson, R.E. (2010): Land Surface Skin Temperature Climatology: Benefitting From The Strengths Of Satellite Observations. *Environ. Res. Lett.* 5, 44004.
- 23- Justice, C. O., Townshend, J. R. G., Vermote, E. F., Masuoka, E., Wolfe, R. E., Saleous, N., ... & Morisette, J. T. (2002). An Overview Of MODIS Land Data Processing And Product Status. *Remote Sensing Of Environment*, 83(1-2), 3-15.
- 24- Imhoff, M.L. Zhang, P. Wolfe, R. E. And Bounoua, L. (2010): Remote Sensing Of The Urban Heat Island Effect Across Biomes In The Continental USA. *Remote Sens. Environ.*, 114, 504–513, [Doi:10.1016/J.Rse.2009.10.008](https://doi.org/10.1016/J.Rse.2009.10.008).

- 25- Inamdar, A. K., French, A., Hook, S., Vaughan, G., & Lucket, W. (2008). Land Surface Temperature Retrieval At High Spatial And Temporal Resolutions Over The Southwestern United States. *Journal Of Geophysical Research: Atmospheres*, 113(D7).
- 26- Kayet, N. Pathak, K. Chakrabarty, A. And Sahoo, S. (2016): Spatial Impact Of Land Use/Land Cover Change On Surface Temperature Distribution In Saranda Forest, Jharkhand. *Modeling Earth Systems And Environment*, 2(3), 127. DOI 10.1007/S40808-016-0159-X.
- 27- Lemus-Canovas, M., Martin-Vide, J., Moreno-Garcia, M. C., And Lopez-Bustins, J. A. (2020). Estimating Barcelona's Metropolitan Daytime Hot And Cold Poles Using Landsat-8 Land Surface Temperature. *Science Of The Total Environment*, 699, 134307.
- 28- Li, Z.L., Tang, B.H., Wu, H., Ren, H., Yan, G., Wan, Z. And Sobrino, J.A. (2013). Satellite-Derived Land Surface Temperature: Current Status And Perspectives. *Remote Sensing Of Environment*. 131, 14-37.
- 29- Meyer, H., Katurji, M., Appelhans, T., Müller, M.U., Nauss, T., Roudier, P. And Zawar-Reza, P. (2016): Mapping Daily Air Temperature For Antarctica Based On MODIS LST. *Remote Sensing*. 8(9), 732.
- 30- Moradi, M., Salahi, B., & Masoodian, S. A. (2018). On The Relationship Between MODIS Land Surface Temperature And Topography In Iran. *Physical Geography*, 39(4), 354-367.
- 31- Neteler, M. (2010): Estimating Daily Land Surface Temperatures In Mountainous Environments By Reconstructed MODIS LST Data. *Remote Sens.* 2:333-351. <https://doi.org/10.3390/Rs1020333>.
- 32- Ollinger, S.V. And Smith, M.L. (2005): Net Primary Production And Canopy Nitrogen In A Temperate Forest Landscape: An Analysis Using Imaging Spectroscopy, Modeling And Field Data. *Ecosystems*, 8(7), 760-778.
- 33- Robakowski, P., & Bielini, E. (2011): COMPETITION BETWEEN SESSILE OAK(QUERCUS PETRAEA) AND BLACK CHERRY(PADUS SEROTINA): DYNAMICS OF SEEDLINGS GROWTH. *Polish Journal Of Ecology*, 59(2), 297-306.
- 34- Scherrer, D. Bader, M. K. F. And Körner, C. (2011): Drought-Sensitivity Ranking Of Deciduous Tree Species Based On Thermal Imaging Of Forest Canopies. *Agricultural And Forest Meteorology*, 151(12), 1632-1640.
- 35- Schimel, D. Pavlick, R. Fisher, J. B. Asner, G. P. Saatchi, S. Townsend, P. And Cox, P. (2015): Observing Terrestrial Ecosystems And The Carbon Cycle From Space. *Global Change Biology*, 21(5), 1762-1776.
- 36- Sekertekin, A., And Bonafoni, S. (2020). Sensitivity Analysis And Validation Of Daytime And Nighttime Land Surface Temperature Retrievals From Landsat 8 Using Different Algorithms And Emissivity Models. *Remote Sensing*, 12(17), 2776.
- 37- Seto, K. C. Sánchez-Rodríguez, R. And Fragkias, M. (2010). The New Geography Of Contemporary Urbanization And The Environment. *Annual Review Of Environment And Resources*, 35.
- 38- Sobrin, J. A. And Romaguera, M. (2004): Land Surface Temperature Retrieval From MSG1-SEVIRI Data. *Remote Sens. Environ.*, 92, 247-254, [Doi:10.1016/J.Rse.2004.06.009](https://doi.org/10.1016/J.Rse.2004.06.009).
- 39- Song, K. Wang, M. Du, J. Yuan, Y. Ma, J. Wang, M. And Mu, G. (2016). Spatiotemporal Variations Of Lake Surface Temperature Across The Tibetan Plateau Using MODIS LST Product. *Remote Sensing*, 8(10), 854.
- 40- Stathopoulou, M. And Cartalis, C. (2009). Downscaling AVHRR Land Surface Temperatures For Improved Surface Urban Heat Island Intensity Estimation. *Remote Sensing Of Environment*. 113(12), 2592-2605.
- 41- Stone, B. Vargo, J. And Habeeb, D. (2012). Managing Climate Change In Cities: Will Climate Action Plans Work? *Landscape And Urban Planning*, 107(3), 263-271.
- 42- Sun, A.Y. (2013): Predicting Groundwater Level Changes Using GRACE Data. *Water Resour. Res.* 49:5900-5912. <https://doi.org/10.1002/Wrcr.20421>.

- 43- Sun, D. And Pinker, R. T. (2003): Estimation Of Land Surface Temperature From A Geostationary Operational Environmental Satellite (GOES-8). *Journal Of Geophysical Research: Atmospheres*, 108(D11).
- 44- Tomlinson, C. J. Chapman, L. Thornes, J. E. And Baker, C. (2011): Remote Sensing Land Surface Temperature For Meteorology And Climatology: A Review. *Meteorological Applications*, 18(3), 296-306.
- 45- Wan, Z., Zhang, Y., Zhang, Q., & Li, Z. L. (2004). Quality Assessment And Validation Of The MODIS Global Land Surface Temperature. *International Journal Of Remote Sensing*, 25(1), 261-274.
- 46- Wu, P. H, Shen. L, Zhang. And F.M, Göttsche. (2015): Integrated Fusion Of Multi-Scale Polar-Orbiting And Geostationary Satellite Observations For The Mapping Of High Spatial And Temporal Resolution Land Surface Temperature. *Remote Sens. Environ.*, 156, 169–181, Doi:10.1016/J.Rse.2014.09.013.
- 47- Xing, Z., Li, Z. L., Duan, S. B., Liu, X., Zheng, X., Leng, P., And Shang, G. (2021). Estimation Of Daily Mean Land Surface Temperature At Global Scale Using Pairs Of Daytime And Nighttime MODIS Instantaneous Observations. *ISPRS Journal Of Photogrammetry And Remote Sensing*, 178, 51-67.
- 48- Xu, T. He, X. Bateni, S.M. Auligne, T. Liu, S. Xu, Z. And Mao, K. (2019): Mapping Regional Turbulent Heat Fluxes Via Variational Assimilation Of Land Surface Temperature Data From Polar Orbiting Satellites. *Remote Sensing Of Environment*, 221, 444 - 461.