



## تحلیل فضایی-زمانی تغییرات فصلی جزایر حرارتی در شهرستان ملایر با استفاده از داده‌های سنجنش ازدور

الهه خانقلی<sup>۱</sup>، کامران شایسته\*<sup>۱</sup>، محمدرضا گیلی<sup>۱</sup>، بهناز عطائیان<sup>۲</sup>

\*۱- گروه علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران

۲- گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران

نوع مقاله:	چکیده
پژوهشی	<b>مقدمه:</b> توسعه شتابان شهرنشینی در سطح جهانی موجب افزایش سطوح غیرقابل نفوذ، تراکم جمعیتی، تشدید فعالیت‌های عمرانی و افزایش مصرف انرژی شده است؛ عواملی که به‌طور هم‌افزا در تقویت پدیده جزیره حرارتی شهری (UHI) مؤثرند، به‌طور خاص این پدیده از جایگزینی پوشش‌های گیاهی طبیعی با سطوح مصنوعی نفوذناپذیر، تمرکز فعالیت‌های انسان‌ساخت، افزایش تقاضای انرژی و تضعیف مکانیسم‌های طبیعی خنک‌سازی نظیر ترقق-تبخیر ناشی می‌شود. به دلیل نیاز به داده‌های مکانی و زمانی گسترده برای برآورد دمای سطح زمین (LST)، پیشرفت‌های فناوری سنجنش از دور در سال‌های اخیر بینش‌های مهمی در زمینه پویایی مکانی-زمانی جزایر حرارتی را ارائه کرده است. تاکنون مطالعات مختلفی در زمینه تأثیر و ارتباط بین تغییر کاربری، تراکم ساخت‌وساز، پارامترهای بیوفیزیکی شهری و پوشش گیاهی با دمای سطحی و جزایر حرارتی انجام شده و آثار اجتماعی و محیط‌زیستی افزایش دمای سطحی، از جمله افزایش مصرف انرژی، تنش‌های گرمایی و تأثیر بر سلامت انسان مورد بررسی قرار گرفته ولی بیشتر این مطالعات بر مقیاس شهری تمرکز کرده‌اند.
تاریخچه مقاله:	<b>مواد و روش‌ها:</b> در این مطالعه، تغییرات فصلی جزایر حرارتی در شهرستان ملایر با استفاده از داده‌های دمای سطح زمین حاصل از سنجنده MODIS ماهواره Terra و سنجنده TIRS ماهواره Landsat 8 در بازه‌ی زمانی ۲۰۱۹ تا ۲۰۲۴ با توجه به متغیرهای بیوفیزیکی سطحی منتخب مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. همچنین به‌منظور مقایسه بهتر میان تصاویر مختلف، مقادیر LST بین حداقل و حداکثر مقدار موجود در هر تصویر نرمال‌سازی شدند. برای مقایسه دمای سطح زمین در کاربری‌های مختلف، پوشش زمین با استفاده از روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال در محیط Google Earth Engine به پنج کلاس شامل باغات و زمین‌های زراعی، اراضی بایر، مراتع، مناطق آبی و مناطق شهری تقسیم‌بندی شد. این طبقه‌بندی بر پایه ترکیب همه تصاویر ماهواره‌ای لندست OLI مربوط به سال ۲۰۲۳ به‌عنوان نماینده سال‌های مورد مطالعه صورت گرفت. برای محاسبه ضریب همبستگی بین ویژگی‌های سطح زمین در نرم‌افزار گوگل ارث انجین، شاخص اختلاف پوشش گیاهی نرمال شده (NDVI)، پوشش کسری گیاهی (FVC) و آلبدو محاسبه شد.
دریافت:	<b>نتایج:</b> نتایج نشان داد که بالاترین دمای سطح زمین روزانه و شبانه در ماه اوت، و کمترین دما برای هر دو LST روز و شب در ماه ژانویه مشاهده می‌شود. ضریب همبستگی بین میانگین آلبدو و NDVI ماهانه ۰/۶۰۳- است. همچنین FVC در ماه‌هایی از سال که پوشش گیاهی فراوان‌تر است، با NLST همبستگی منفی دارد. به طوری که در ماه‌های آوریل، می و ژانویه به خصوص در مراتع ضریب همبستگی به ۰/۶۵- نیز هم می‌رسد.
پذیرش:	<b>بحث:</b> شدت شکل‌گیری جزایر حرارتی سطحی بسته به نوع کاربری اراضی (مانند کشاورزی یا آبی) تغییر
۱۴۰۴/۰۵/۰۶	دمای سطح زمین، متغیرهای بیوفیزیکی، پوشش گیاهی، سنجنش ازدور، شهرستان ملایر
۱۴۰۴/۰۷/۲۱	کلمات کلیدی:

می‌کند و تغییرات آن در دو بازه زمانی روز و شب به‌وضوح قابل مشاهده است. در طول روز، باغات، پوشش‌های گیاهی نسبتاً متراکم و نواحی مرتفع نسبت به مناطق اطراف، دمای کمتری داشته و خنک‌تر هستند. از طرف دیگر در شب، مرکز شهر به‌عنوان گرم‌ترین ناحیه شناسایی شد، در حالی که نواحی روستایی، زمین‌های کشاورزی و باغات اطراف، دمای پایین‌تری داشتند. علاوه بر این، مناطق مرتفع به‌ویژه ارتفاعات شمال‌غربی شهرستان در اغلب فصول سردترین نواحی شهرستان بودند. این نتایج می‌توانند در برنامه‌ریزی و مدیریت منطقه‌ای در زمینه کشاورزی، محیط‌زیست، اقلیم‌شناسی، برنامه‌ریزی شهری و روستایی، رفاه اجتماعی و حوزه سلامت مورد استفاده قرار گیرند.

## مقدمه

شرایط زندگی انسان با شهرنشینی بهبود یافته‌است (Mathew & Arunab, 2025) اما رشد سریع شهرنشینی منجر به افزایش سطوح نفوذناپذیر، گسترش جمعیت شهری، تشدید فعالیت‌های ساختمانی و مصرف بیشتر انرژی شده‌است که همگی در تقویت پدیده جزیره حرارتی شهری<sup>۱</sup> (UHI) نقش دارند (Na et al., 2023). UHI پدیده‌ای است که در آن دمای مناطق انسان‌ساخت افزایش یافته و جزیره‌ای گرم‌تر در میان مناطق خنک‌تر اطراف شکل می‌گیرد (Khatiri et al., 2025). جزایر حرارتی شهری، مدت و درجه ناآسودگی حرارتی را افزایش می‌دهند (Almusaed, 2011)، موجب افزایش مصرف انرژی می‌شوند (Akbari, 2005)، و همچنین با افزایش تولید ازن در نزدیکی زمین آلودگی هوا را افزایش می‌دهند (Rosenfeld et al., 1998). جزایر حرارتی شهری سطحی<sup>۲</sup> (SUHIs) که با استفاده از دمای سطح اندازه‌گیری می‌شوند با عرض جغرافیایی، آب و هوا، توپوگرافی و شرایط هواشناسی تغییر می‌کنند (Haashemi et al., 2016). اگرچه پویایی SUHI عموماً با گسترش شهرها، تغییرات پوشش و کاربری زمین، افزایش فعالیت‌های انسانی و شهری مرتبط است، اما در آب و هوای نیمه‌خشک، فصلی بودن و چرخه روزانه می‌تواند اثرات متفاوتی بر آن ایجاد کند (Mohammad et al., 2019). دمای سطح زمین<sup>۳</sup> (LST) نیز یکی از کمیت‌های فیزیکی کلیدی در تعادل انرژی سطحی به‌شمار می‌رود و جایگزینی پوشش طبیعی زمین با ساختمان‌ها، آسفالت و سایر سازه‌های شهری، تعادل انرژی سطح را تغییر می‌دهد (Wang et al., 2023).

از آنجایی که برای تخمین LST داده‌های مکانی و زمانی کافی در مقیاس بزرگ مورد نیاز است، در سال‌های اخیر، پیشرفت‌ها در فناوری سنجنش‌ازدور، بینش‌های ارزشمندی را در مورد پویایی مکانی- زمانی UHIs ارائه کرده است (Khatiri et al., 2025). زیرا سنجنش‌ازدور یکی از ابزارهای کارآمد برای تولید لایه‌های اطلاعاتی مرتبط با ویژگی‌های سطح زمین است (Javan et al., 2020). از سوی دیگر تحقیقات در مورد تغییر کاربری و پوشش زمین<sup>۴</sup> (LULC) به درک شیوه‌های گذشته و پیش‌بینی روند آینده آن کمک می‌کند (Moharir et al., 2025). برای مثال Chen و همکاران (۲۰۰۶) با استفاده از تصاویر سنجنش‌ازدور رابطه بین جزیره گرمایی شهری و تغییرات کاربری/پوشش‌زمین را بررسی کردند. همچنین Weng و همکاران (۲۰۱۱) با استفاده از تصاویر ASTER نشان دادند که شدت جزایر حرارتی شهری با شاخص‌های سبزیگی و نفوذناپذیری سطوح همبستگی بالایی دارد. Urişescu و Grigoras (۲۰۱۹) تحلیل کردند که افزایش مناطق ساخته‌شده و کاهش اراضی زراعی و جنگلی، موجب افزایش دمای سطح و گسترش جزایر حرارتی می‌شود. Ullah و همکاران (۲۰۲۳) با بررسی رابطه بین LST، LULC و شاخص اختلاف پوشش گیاهی نرمال شده<sup>۵</sup> (NDVI) با عناصر توپوگرافی، دریافتند که همبستگی بین NDVI و LST برای همه انواع کاربری به جز بدنه آبی منفی است. همچنین Singh و همکاران (۲۰۲۴) تأثیر متقابل پیچیده بین LULC، NDVI و LST را بررسی و بر اهمیت حیاتی شیوه‌های استفاده متعادل از زمین برای حفظ یکپارچگی اکولوژیکی و کاهش اثرات نامطلوب شهرنشینی و تغییرات آب‌وهوایی تأکید نمودند. در ایران نیز Haashemi و همکاران (۲۰۱۶) تغییرات

<sup>1</sup> Urban Heat Island

<sup>2</sup> Surface Urban Heat Island

<sup>3</sup> Land Surface Temperature

<sup>4</sup> Land use/Land cover

<sup>5</sup> Normalized Difference Vegetation Index

پژوهش تحلیل داده‌های سنسور از دور و انجام تحلیل‌های مکانی برای بررسی نقش شاخص‌های بیوفیزیکی و پوشش‌سطحی در تعدیل دمای زمین در منطقه مورد مطالعه است که می‌تواند در توسعه راهبردهای مؤثر جهت بهبود کیفیت محیط‌زیستی شهرستان سهم بسزایی داشته باشد.

## مواد و روش‌ها

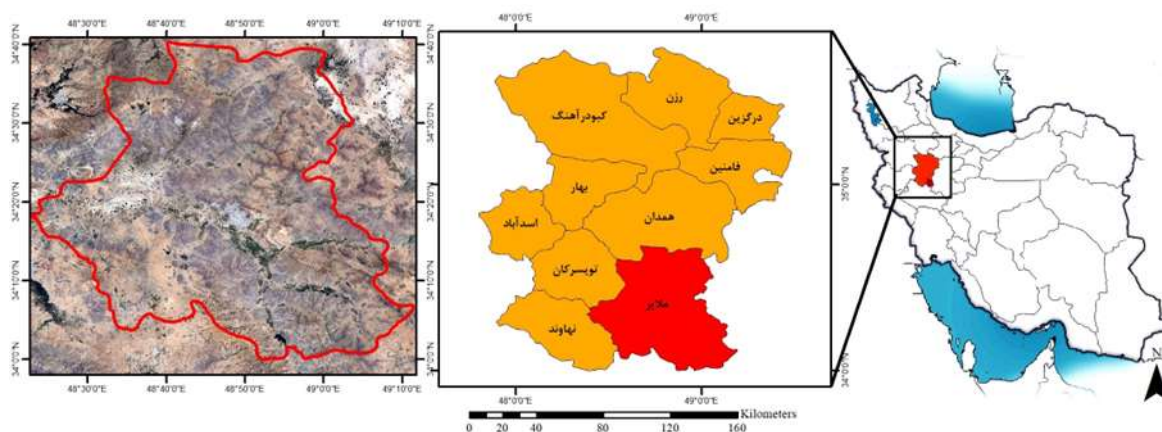
**منطقه مورد مطالعه:** شهرستان ملایر در استان همدان بین مدار ۳۴ درجه و ۱۶ دقیقه، و ۳۴ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی و ۴۸ درجه و ۵۱ دقیقه و ۴۸ درجه و ۴۶ دقیقه شرقی قرار دارد. ارتفاع ملایر از سطح دریا حدود ۱۷۸۰ متر، میانگین دمای سالانه ۱۳/۴۴ درجه سانتی‌گراد، متوسط رطوبت نسبی حدود ۶۲/۶ درصد و میانگین بارندگی سالانه حدود ۳۰۰ میلی‌متر است. از نظر اقلیمی، در ناحیه مرزی بین آب و هوای معتدل کوهستانی و نیمه‌بیابانی ایران قرار دارد و ویژگی‌های هر دو را دارا می‌باشد (Naseri et al., 2020). موقعیت جغرافیایی منطقه مطالعه در شکل ۱ نشان داده شده است.

**منابع داده:** در این بررسی از داده‌های MOD11\_A2، یعنی داده‌های هشت‌روزه LST سنجنده MODIS روی ماهواره ترا (Terra) به منظور تحلیل دمای سطح زمین در شب و روز و همچنین از داده‌های سنجنده‌های OLI و TIRS<sup>۶</sup> ماهواره لندست ۸ به دلیل قابلیت تفکیک مکانی مناسب، در بازه زمانی سال ۲۰۱۹ تا ۲۰۲۴ استفاده شد. داده‌های MOD11\_A2 شامل برداشت‌های روزانه و شبانه هستند و مقدار نهایی داده‌ها میانگین دمای سطح زمین در شرایط آسمان صاف طی یک دوره هشت‌روزه است. محصولات دمای سطح زمین/گسیلندگی MODIS/Terra در بازه‌های زمانی و مکان‌های مختلف، از طریق تلاش‌های میدانی و اعتبارسنجی‌های متعدد مورد ارزیابی و تأیید قرار گرفته‌اند (Zhao et al., 2019). داده‌های بازتاب سطحی لندست ۸ از الگوریتم بازتاب سطحی Landsat 8 (L8SR) تولید شده‌اند و در این مطالعه برای استخراج ویژگی‌های پوشش‌زمین و سطح زمین استفاده شده است. همچنین داده‌های TIRS برای استخراج دمای سطح زمین در طول روز به کار گرفته شدند (Haashemi et al., 2016).

فصلی جزیره گرمایی سطحی شهری در شهر تهران را تحلیل کردند. در مطالعه دیگر، Teimouri و همکاران (۲۰۲۳) تأثیر مورفولوژی شهر تبریز را بر شدت جزایر حرارتی شهری بررسی کردند و دریافتند که توزیع این جزایر به صورت خوشه‌ای است. همچنین Zandi و Shahriyar (۲۰۲۵) با بررسی ارتباط تغییرات کاربری اراضی و دمای سطح زمین در یزد، نشان دادند که حداقل و حداکثر دما در این منطقه به مرور زمان تغییر می‌کند.

با توجه به مطالعات پیشین، عمده پژوهش‌ها در حوزه دمای سطح‌زمین بر کلان‌شهرها و مناطق شهری بزرگ و پرجمعیت متمرکز بوده‌اند، در حالی که پژوهش حاضر به بررسی دمای سطح زمین در مقیاس شهرستان می‌پردازد. از آنجایی که عواملی مانند وضعیت پوشش گیاهی، الگوی کاربری و پوشش‌زمین و توپوگرافی، همگی بر دمای سطحی و به دنبال آن بر شرایط اقلیمی چه در سطح محلی و چه در سطوح بالاتر تأثیرگذار هستند (Weng et al., 2004)، مطالعه جزایر حرارتی در سطح شهرستان می‌تواند در بررسی وضعیت پوشش گیاهی با هدف پررنگ کردن ارزش فضای سبز و پوشش گیاهی در تنظیم اقلیم منطقه کمک کند. در سال‌های اخیر، شهرستان ملایر شاهد رشد و توسعه قابل توجهی بوده است. رشد سریع جمعیت در مناطق شهری فشار زیادی بر منابع طبیعی وارد می‌آورد و باعث تخریب محیط‌زیست و اکوسیستم‌ها، و در نهایت بروز اثرات منفی بر محیط‌های انسان‌ساخت، از جمله تغییرات آب و هوایی، گرمای شدید شهری و بارندگی‌های سنگین می‌شود. مرکز شهرستان ملایر، شهری کوهستانی و نسبتاً کوچک است که ویژگی‌های اقلیمی و توپوگرافی متفاوتی نسبت به کلان‌شهرها دارد بنابراین بررسی هم‌زمان نقش ارتفاع و پوشش‌سطحی می‌تواند به درک عمیق‌تری از تغییرات دمایی منجر شده و مبنایی مؤثر برای برنامه‌ریزی پایدار شهری در مواجهه با تغییرات اقلیمی آینده فراهم آورد. با توجه به تشدید پدیده جزایر حرارتی، که نگرانی‌ها درباره گرمایش جهانی را افزایش می‌دهد (Haashemi et al., 2016)، بررسی جزایر حرارتی شهرستان ملایر می‌تواند در ارائه راهکارهایی برای مدیریت بهینه محیط‌های شهری و روستایی، حفظ منابع طبیعی و همچنین مدیریت پایدار سرزمین مؤثر باشد. با فرض وجود رابطه معنادار میان کاربری اراضی، ارتفاع و دمای سطح‌زمین، هدف این

<sup>6</sup> Thermal InfraRed Sensor



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

$$SUHI_1 = LST_{Urban} - LST_{soil} \quad (2)$$

$$SUHI_2 = LST_{Urban} - LST_{Vegetation} \quad (3)$$

$$SUHI_3 = LST_{Urban} - LST_{Water} \quad (4)$$

که در آن  $LST_{Urban}$ ،  $LST_{soil}$ ،  $LST_{Vegetation}$  و  $LST_{Water}$  به ترتیب میانگین دمای ماهانه برای مناطق شهری، خاک بایر، کشاورزی و آبی هستند.

**استخراج متغیرهای بیوفیزیکی سطح زمین:** به منظور مقایسه دمای سطح زمین در کاربری‌های مختلف، انواع پوشش زمین با استفاده از طبقه‌بندی حداکثر احتمال<sup>۷</sup> به پنج کلاس باغات و زمین‌های زراعی، زمین بایر، مرتع، مناطق آبی و مناطق شهری در محیط گوگل ارث‌انجین با استفاده از ترکیب همه تصاویر ماهواره‌ای OLI لندست موجود در سال ۲۰۲۳ (به عنوان نماینده سال‌های مورد مطالعه) که درصد پوشش ابر کمتر از ۱۰ درصد داشتند، طبقه‌بندی شدند (Overall Accuracy نقشه کاربری اراضی ۰/۹۴ است) (شکل ۲، الف). سپس میانگین دمای ماهانه بر اساس هر کلاس محاسبه شد. علاوه بر این، برای بررسی رابطه بین  $LST$  و ویژگی‌های بیوفیزیکی سطح زمین، از چهار توصیفگر بیوفیزیکی و فیزیکی سطح زمین: آلبدو سطحی، شاخص NDVI و مدل رقومی ارتفاع به‌دلیل کوهستانی بودن منطقه (شکل ۲، ب) و پوشش کسری گیاهی<sup>۸</sup> (FVC) استفاده شد.

**محاسبه دمای سطح زمین:** داده‌های سنجنده حرارتی لندست، از طریق پردازش‌های استاندارد که توسط Google Earth Engine در دسترس قرار دارد، تهیه شد. به منظور مقایسه بهتر میان تصاویر مختلف، مقادیر  $LST$  بین کمینه و بیشینه مقدار موجود در هر تصویر (طبق رابطه ۱) نرمال‌سازی شدند (Haashemi et al., 2016).

(۱)

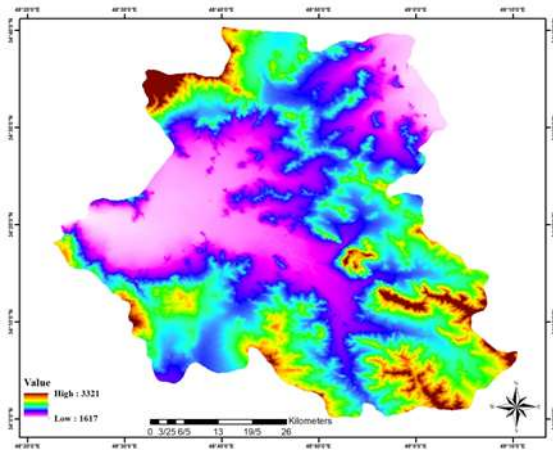
$$NLST = \frac{(LST - LST_{min})}{(LST_{max} - LST_{min})}$$

که  $NLST$  دمای نرمال شده سطح زمین است،  $LST$  دمای سطح زمین برای یک پیکسل معین،  $LST_{min}$  حداقل و  $LST_{max}$  حداکثر مقدار  $LST$  در یک تصویر است.

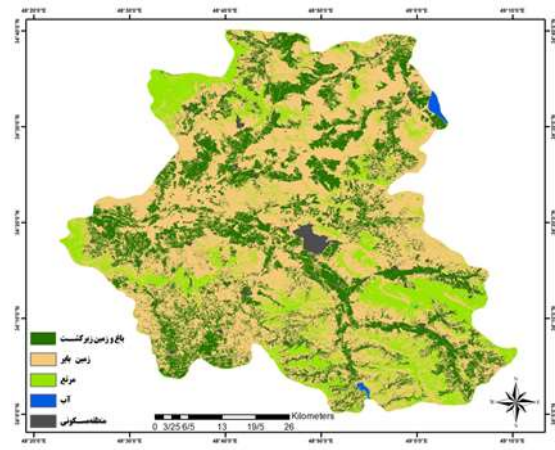
**تجزیه و تحلیل جزایر حرارتی شهری:** میانگین  $LST$  ۸ روزه MODIS در وضوح ۱ کیلومتری شبانه به مقادیر ماهانه در دوره مطالعه از ۲۰۱۹ تا ۲۰۲۴ بازنمونه‌برداری شد.  $LST$  از landsat-8 TIRS نیز برای هر ماه با همگام‌سازی زمانی با  $LST$ های MODIS میانگین‌گیری شد. سپس تفاوت مناطق شهری و روستایی در روش میانگین دمای پیشنهاد شده توسط Oke و Voogt (۲۰۰۳) (رابطه ۲) برای شناسایی تغییرات  $SUHI$  اقتباس شد. علاوه بر این، روش تفاوت مناطق شهری-کشاورزی (رابطه ۳) و روش تفاوت شهر-آب (رابطه ۴) نیز به منظور مقایسه اقتباس شدند (Chen et al., 2006).

<sup>7</sup> Maximum Likelihood Classifier

<sup>8</sup> Fractional Vegetation Cover



ب



الف

شکل ۲- الف: نقشه کاربری اراضی و ب: مدل رقومی ارتفاع منطقه مورد مطالعه

## نتایج

LST لندست ۸ TIRS برای فصول مختلف در شکل ۳ نشان داده شده است. در مناطق باغی و فضای سبز منطقه مورد مطالعه دمای سطح زمین در تابستان و بهار به دلیل پوشش گیاهی نسبتاً متراکم نسبت به سایر مناطق پایین‌تر است اما ارتفاعات بالاتر (قسمت شمال غربی منطقه) در تمام فصول سال دمای کمتری را نشان می‌دهد (شکل ۳).

**تجزیه و تحلیل دمای سطح زمین:** شکل ۴ نمودار جعبه‌ای داده‌های دمای سطح زمین و دمای سطح زمین نرمال شده در روز و شب را در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد. در دمای سطح زمین روزانه و شبانه بالاترین دما در ماه اوت، و کمترین دما در ماه ژانویه مشاهده شد. به طور کلی میانگین دمای ماهانه در روز بیشتر از میانگین دما در طی شب بود. میزان دمای سطح زمین نرمال شده در ماه‌هایی از سال که پوشش گیاهی در کمترین حد خود هستند در شب بیشتر از روز است و طبق نمودار جعبه‌ای منطقه وسیعی از پوشش‌های ساخته شده با مقادیر پایین و بالای دمای سطح زمین نرمال شده به ترتیب در روز و شب هم‌خوانی دارد.

سپس شاخص تفاضلی نرمال شده پوشش گیاهی (NDVI) که بر اساس تفاوت بازتابش نور در طیف قرمز و مادون قرمز نزدیک برآورد می‌شود و پوشش گیاهی کسری (FVC) که به عنوان درصد پوشش گیاهی که یک واحد سطح را اشغال می‌کند تعریف می‌شود (Liu *et al.*, 2012)، در محیط گوگل ارث انجین طبق رابطه ۵ و ۶ محاسبه شد (Haashemi *et al.*, 2016):

$$NDVI = \frac{PNIR - PRED}{PNIR + PRED} \quad (5)$$

$$FVC = \left[ \frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \right]^2 \quad (6)$$

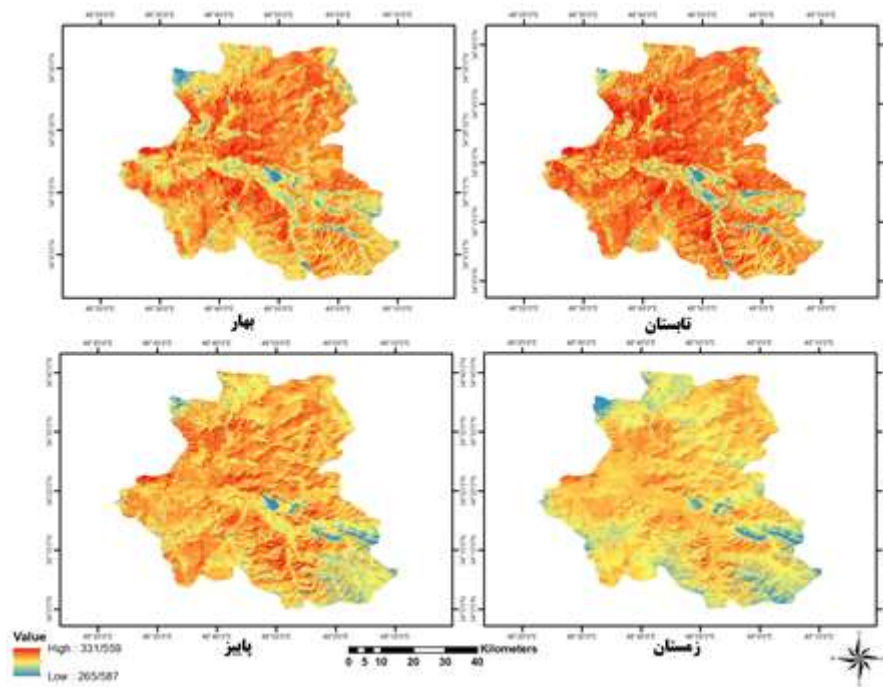
که در آن  $\rho_{NIR}$  و  $\rho_{RED}$  بازتاب باندهای قرمز و NIR هستند.

مطالعات نشان داده‌اند که استفاده از مواد با آلبدو بالا باعث کاهش جذب تابش خورشیدی و کاهش دمای سطح زمین (LST) می‌شود (Mackey *et al.*, 2012). بنابراین در این بررسی با تطبیق باندهای مربوطه، از الگوریتم TM/ETM+ برای استخراج آلبدو با استفاده از باندهای OLI استفاده گردید (رابطه ۷):

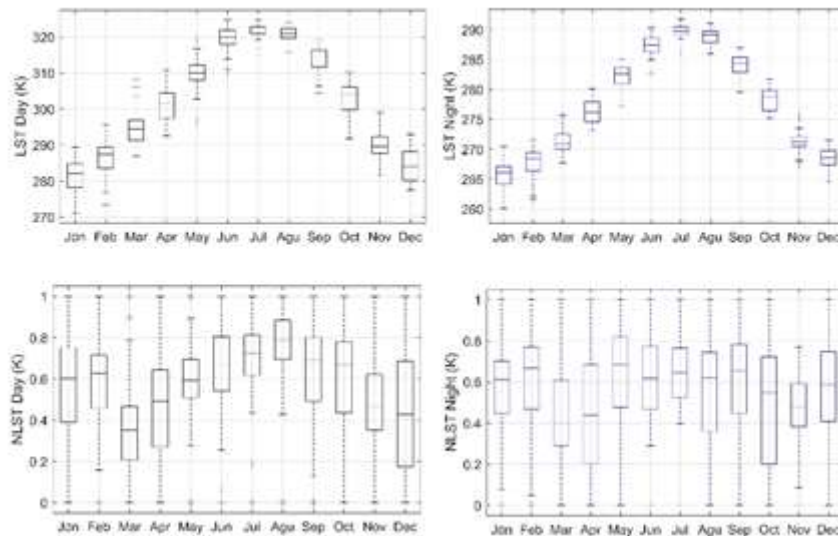
$$(7)$$

$$\alpha_{short} = 0.365\alpha_2 + 0.130\alpha_4 + 0.373\alpha_5 + 0.085\alpha_6 + 0.072\alpha_7 - 0.0018$$

که در آن  $\alpha_{short}$  آلبدو کلی امواج کوتاه است و باندهای  $\alpha_2$ ،  $\alpha_4$ ،  $\alpha_5$ ،  $\alpha_6$ ،  $\alpha_7$  OLI باند ۲، باند ۴، باند ۵، باند ۶ و باند ۷ هستند.



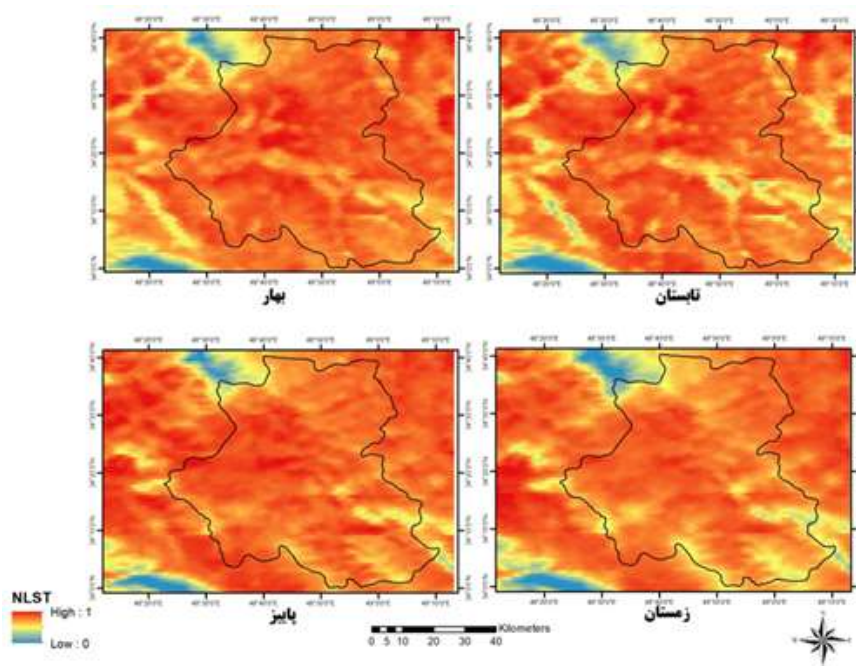
شکل ۳- توزیع فضایی دمای سطح زمین در روز لندست



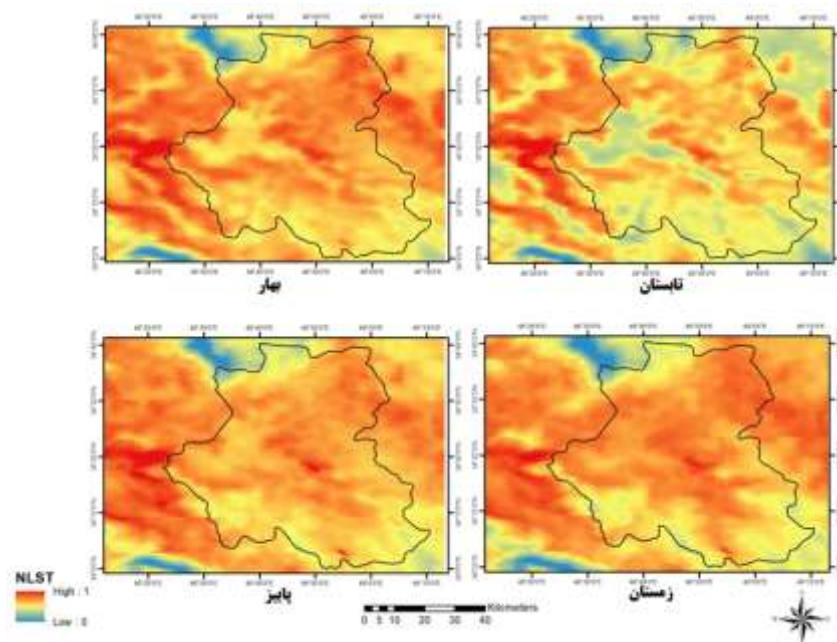
شکل ۴- نمودار جعبه‌ای از LST روز و شب و داده‌های LST نرمال شده: (الف) LST در طول روز. (ب) شبانه؛ (ج) LST نرمال شده در طول روز (NLST) و (د) NLST شبانه

بودند. با تغییراتی در الگوی فضایی فصول مختلف در شب، نواحی مرکزی شهر ملایر گرمترین نقاط شدند و مناطق روستایی اطراف، زمین‌های کشاورزی و باغات، خاک بایر و ارتفاعات سردکوه و همچنین ارتفاعات شمال غرب که دارای مراتع درجه یک هستند، با تغییراتی در الگوی فضایی در فصول مختلف سردترین بخش شهرستان بودند.

توزیع‌های مکانی دمای سطح زمین نرمال شده روز و شب در شکل‌های ۵ و ۶ نشان داده شده‌اند که بیانگر تفاوت دمای هر نقطه با مناطق پیرامونی خود هستند. در شهرستان ملایر باغات و پوشش‌های گیاهی نسبتاً متراکم‌تر به خصوص در فصل تابستان و همچنین ارتفاعات در فصول مختلف، خنک‌تر از مناطق اطراف



شکل ۵- توزیع فضایی دمای سطح زمین نرمال شده در روز



شکل ۶- توزیع فضایی دمای سطح زمین نرمال شده در شب

شاخص‌های مورد بررسی در فصول مختلف در جدول ۱ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که در منطقه مورد مطالعه بیشینه دمای سطح زمین در شب مربوط به مناطق شهری و کمینه آن مربوط به نواحی دارای پوشش گیاهی است، درحالی‌که بالاترین مقادیر NDVI در مناطق با پوشش گیاهی متراکم مشاهده شد.

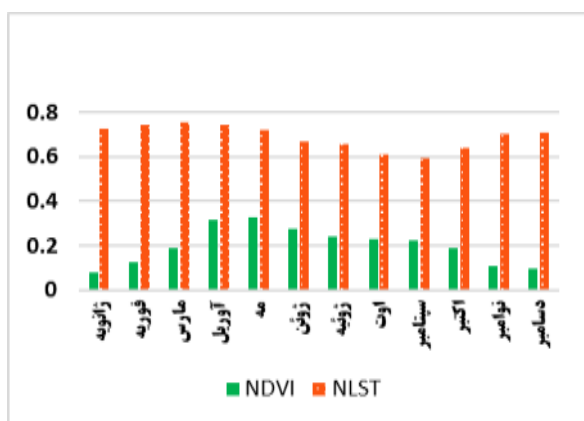
رابطه بین دمای سطح زمین و ویژگی‌های سطحی: برای محاسبه ضریب همبستگی بین ویژگی‌های سطح زمین در نرم افزار گوگل ارث انجین، NDVI، FVC و آلبدو محاسبه شد. سپس مقادیر شاخص‌های مورد بررسی و مقدار میانگین ماهانه برای هر شاخص با استفاده از نرم افزار ArcGIS10.4 محاسبه شد. حداقل و حداکثر

جدول ۱- مقدار عددی شاخص‌های مورد مطالعه در فصول مختلف

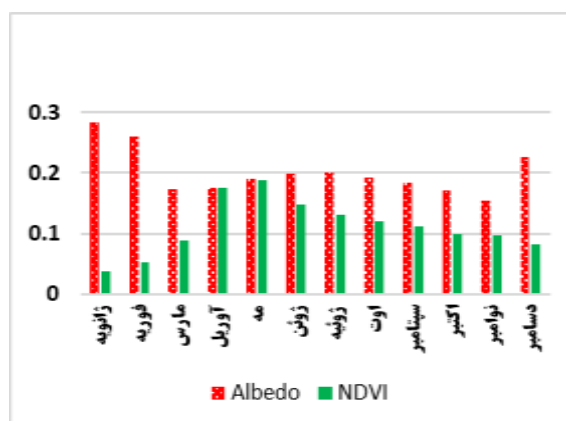
فصل / مقدار	بهار	تابستان	پاییز	زمستان
حداکثر LST روز	۳۱۶/۲۱۲	۳۲۴/۷۴۶	۲۹۸/۵۶۴	۲۹۴/۹۳۸
حداقل LST روز	۲۹۰/۰۳۹	۳۰۲/۲۷۷	۲۷۵/۵۰۷	۲۶۸/۲۶۶
حداکثر LST شب	۲۸۵/۵۳۱	۲۹۱/۹۹۰	۲۷۷/۲۲۵	۲۷۱/۹۴۸
حداقل LST شب	۲۷۱/۹۳۴	۲۷۸/۳۰۷	۲۶۴/۳۵۶	۲۵۸/۶۰۶
حداکثر NDVI	۰/۷۹۱	۰/۷۹۴	۰/۷۸۴	۰/۷۵۹
حداقل NDVI	-۰/۳۲۶	-۰/۴۶۸	-۰/۵۶۹	-۰/۹۸۱
حداکثر آلبدو	۰/۷۷۷	۰/۷۵۴	۰/۸۳۷	۰/۸۸۶
حداقل آلبدو	۰/۰۲۶	۰/۰۱۸	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۱۱

همانطور که اشاره شد به کارگیری پوشش‌های سطحی با آلبدوی بالا موجب بازتاب بیشتر تابش خورشیدی و در نتیجه کاهش جذب انرژی و کاهش دمای سطح زمین می‌گردد (Liang, 2001) که در منطقه مورد مطالعه به

وضوح مشهود است. همچنین ضریب همبستگی بین میانگین آلبدوی ماهانه و NDVI معادل ۰/۶۰۳- محاسبه شد (شکل ۷).



ب



الف

شکل ۷- نمودار میله‌ای مقایسه‌ای، الف: آلبدو و شاخص پوشش گیاهی ب: شاخص پوشش گیاهی و دمای سطح زمین نرمال شده

شاخص پوشش گیاهی کسری در ماه‌هایی که پوشش گیاهی از فراوانی مناسبی برخوردار است، با دمای سطح زمین نرمال شده همبستگی منفی داشت و در ماه‌های آوریل، می و ژانویه به خصوص در مراتع همبستگی منفی

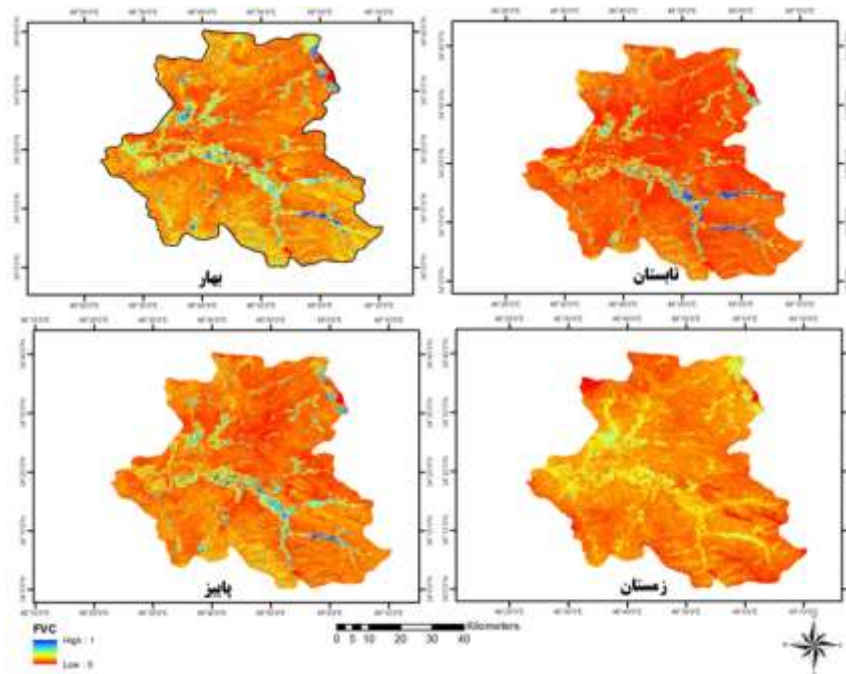
به ۰/۶۵ نیز رسید. همچنین با افزایش ارتفاع از سطح دریا، دما به صورت معناداری کاهش می‌یابد، به گونه‌ای که بیشترین همبستگی منفی میان ارتفاع و دما، با ضریب ۰/۸۷- در فصل بهار مشاهده شد (جدول ۳).

جدول ۳- ارتباط بین متغیرهای سطحی در منطقه مورد مطالعه

همبستگی / فصل	بهار	تابستان	پاییز	زمستان
همبستگی آلبدو- FVC	-۰/۶۰	-۰/۶۸	-۰/۵۱	-۰/۳۶
همبستگی ارتفاع و دما	-۰/۸۷	-۰/۸۳	-۰/۷۱	-۰/۸۶

منطقه متفاوت است و این پوشش گیاهی به خصوص در ماه‌های گرم سال نقش مهمی را در کاهش دمای محیط ایفا می‌کند.

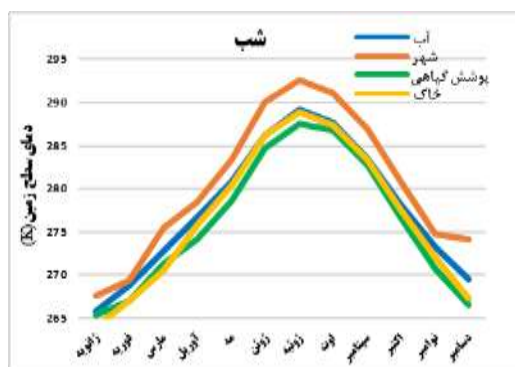
در مورد متغیرهای سطحی بین آلبدو و پوشش گیاهی کسری و همچنین ارتفاع و دما در تمامی فصول همبستگی منفی وجود دارد. توزیع فضایی FVC (شکل ۸) در فصول مختلف به دلیل تنوع در میزان پوشش گیاهی



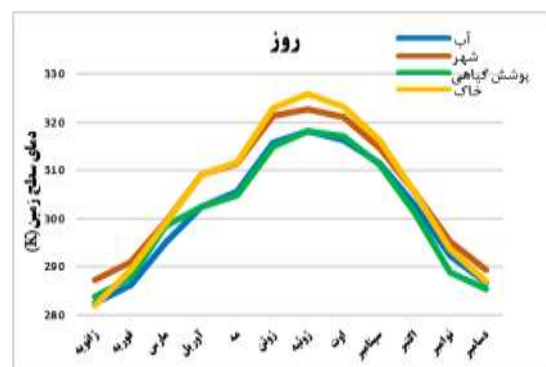
شکل ۸- توزیع فضایی پوشش گیاهی کسری (FVC) در فصول مختلف

پوشش گیاهی متراکم‌تر میزان دمای سطح زمین پایین‌تری را نشان می‌دهند و گرم‌ترین ماه سال معمولاً ماه ژوئیه می‌باشد (شکل ۹).

تجزیه و تحلیل جزایر حرارتی شهری: بررسی دمای روزانه و شبانه سطح زمین نشان می‌دهد که در فصول مختلف سال به خصوص در فصل‌های گرم مناطق با



ب



الف

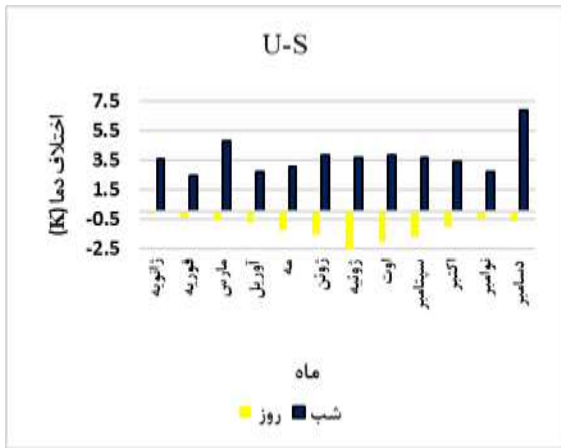
شکل ۹- نمودار سالانه میانگین دمای ماهانه بر اساس پوشش زمین: (الف) در طول روز و (ب) شب

دمای سطح شهر معمولاً بالاتر از دمای مناطق با پوشش گیاهی است و این اختلاف دما در فصل‌های گرم سال شدت بیشتری پیدا می‌کند (شکل ۱۰- الف). شدت شبانه جزایر حرارتی سطحی شهری حاصل از همین روش

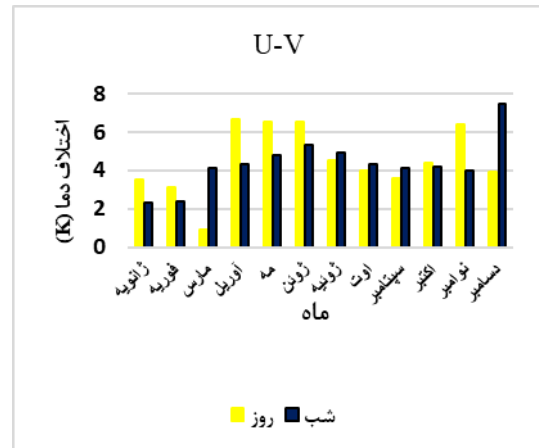
نمودار اختلاف دمای مناطق مسکونی شهری با سایر کاربری‌ها نیز می‌تواند برای تحلیل راحت‌تر دمای سطح زمین کمک‌کننده باشد. همان‌طور که انتظار می‌رود به دلیل ویژگی‌های فیزیکی سطوح شهری، به طور کلی

اختلاف دمای بین مناطق شهری و آبی بود که نشان داد در طول روز شدت جزایر حرارتی سطحی شهری بالا و در شب پایین تر بود. این پدیده نیز ناشی از تفاوت دمایی قابل توجه میان سطح آب و مناطق ساخته شده در روز و تفاوت دمایی کم تر آن ها در شب بود (شکل ۱۰-ج).

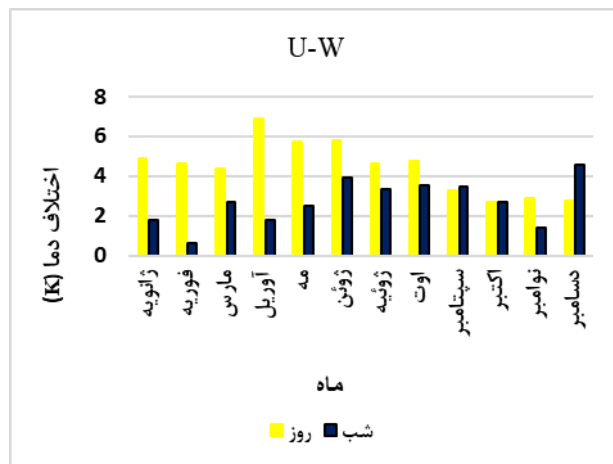
اختلاف دمای شهری-روستایی (خاک)، مقادیر مثبتی را نشان داد. به عبارت دیگر، در روز شهر به دلیل سایه ساختمان ها و فضای سبز خنک تر است ولی در شب گرمای بیشتری را حفظ می کند (شکل ۱۰-ب). سومین روش بررسی شده برای جزیره گرمای سطحی شهری،



ب



الف



ج

شکل ۱۰- میانگین ماهانه شدت جزیره حرارتی شهری سطحی در شهرستان ملایر: (ب) روش تفاوت شهری و پوشش گیاهی. (ب) روش تفاوت شهر و خاک و (ج) روش تفاضل شهر و آب

مربوط به ماه مارس و ژانویه می باشد. جدول ۴ و ۵ اختلاف دمای منطقه شهری را با پوشش گیاهی، خاک و آب در شب و روز نشان می دهد.

محاسبه ی تفاوت دمای شهر با سایر کاربری ها نشان داد که بیشترین اختلاف دما در روش اختلاف دمای شهری و پوشش گیاهی در روز در ماه آوریل و در شب در ماه ژانویه ثبت شده است و کمترین آن در روز و شب به ترتیب

جدول ۴ - اختلاف میانگین دمای ماهانه در روز: شهر و خاک (U-S)، شهر و پوشش گیاهی (U-V) و شهر و آب (U-W)

اختلاف	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	مه	ژوئن	ژوئیه	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
U-S	-۰/۱۲	-۰/۴۱	-۰/۵۶	-۰/۷۳	-۱/۳۰	-۱/۵۱	-۳/۱۴	-۲/۰۷	-۱/۷۱	-۱/۰۴	-۰/۴۸	-۰/۶۳
U-V	۳/۵۴	۳/۱۴	۰/۸۹	۶/۶۵	۶/۵۴	۶/۵۲	۴/۵۰	۳/۹۷	۳/۵۸	۴/۴۰	۶/۴۰	۳/۹۴
U-W	۴/۴۸	۴/۶۵	۴/۴۱	۶/۸۷	۵/۷۳	۵/۷۷	۴/۶۶	۴/۷۸	۳/۲۵	۲/۶۷	۲/۹۱	۲/۷۵

دارد. همچنین به دلیل تبخیر و تعرق گیاهان و بازتاب بیشتر نور، دمای سطح مناطق دارای پوشش گیاهی معمولاً کمتر از دمای مناطق شهری است (جدول ۵).

به دلیل ظرفیت گرمایی بالای آب، دمای آن نسبت به خشکی دیرتر تغییر می‌کند، از این رو اختلاف دمای شب و روز در پهنه‌های آبی، کمتر از مناطق دور از آب نوسان

جدول ۵ - اختلاف دمای ماهانه در شب: شهر و خاک (U-S)، شهر و پوشش گیاهی (U-V) و شهر و آب (U-W)

اختلاف	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	مه	ژوئن	ژوئیه	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
U-S	۳/۵۸	۲/۴۷	۴/۸۲	۲/۶۸	۳/۰۲	۳/۸۳	۳/۶۷	۳/۸۱	۳/۶۸	۳/۳۹	۲/۶۷	۶/۸۹
U-V	۲/۳۰	۲/۴۲	۴/۱۴	۴/۳	۴/۷۸	۵/۳۲	۴/۹۴	۴/۳۳	۴/۱۵	۴/۲۱	۳/۹۸	۷/۴۹
U-W	۱/۷۸	۰/۶۵	۲/۶۷	۱/۷۹	۲/۵۳	۳/۹۵	۳/۳۵	۳/۵۲	۳/۴۹	۲/۶۸	۱/۴۱	۴/۵۴

## بحث

مشاهده گردید، چرا که پوشش گیاهی معمولاً انرژی را جذب کرده و با افزایش پوشش درختی، آلبدو کاهش می‌یابد (Loranty et al., 2014).

علاوه بر این با افزایش ارتفاع از سطح دریا، دمای هوا به‌طور محسوس کاهش می‌یابد و رابطه‌ای معکوس و همبستگی منفی میان ارتفاع و دمای سطح زمین دیده می‌شود. این همبستگی در بهار قوی‌تر است، زیرا پوشش گیاهی مرتعی در ارتفاعات غنی‌تر بوده و زاویه تابش به اندازه‌ای نیست که بتواند سطح زمین را بسیار گرم کند. اما در پاییز، این رابطه به کمترین میزان می‌رسد. بنابراین با توجه به کوهستانی بودن شهرستان ملایر، ارتفاع نقش مهمی در تعدیل دما دارد و حتی بدون پوشش گیاهی نیز اثر خنک‌کنندگی آن محسوس است. همچنین شدت جزایر حرارتی شهری در طول روز و شب بسته به نوع کاربری اراضی (مانند کشاورزی یا آبی) تغییر می‌کند و تغییرات آن در روز نسبت به شب متفاوت است. بنابراین همبستگی بین دمای سطح زمین و شاخص‌های بیوفیزیکی مانند FVC، آلبدو و ارتفاع، پیچیده و وابسته به فصل است، که استفاده از آن‌ها را در مدل‌سازی جزایر حرارتی شهری محدود می‌کند.

به‌طور خاص، در فصل تابستان، همبستگی منفی میان دمای سطح زمین و FVC به‌طور بارزی مشاهده می‌شود، در حالی که در روزهای سرد، به دلیل پایداری حرارتی بالای پوشش گیاهی، این رابطه ممکن است به‌طور موقت مثبت شود. به عبارت دیگر این همبستگی مثبت ممکن است به یخ‌زدگی سایر پوشش‌های زمین در مقایسه با پوشش گیاهی در این فصول نسبت داده شود، زیرا محتوای آب در پوشش گیاهی گرما را ذخیره کرده و گیاه را در برابر سرما و یخ‌زدگی حفظ می‌کند (Haashemi et

یافته‌ها نشان می‌دهند که در طول روز، باغات، پوشش‌های گیاهی نسبتاً متراکم و نواحی مرتفع در مقایسه با مناطق پیرامونی، دمای کمتری داشته و خنک‌تر هستند. در این پژوهش، پدیده جزیره خنک شهری سطحی نیز مشاهده شد، چرا که نواحی روستایی اطراف، به‌دلیل پوشش ضعیف و خاک‌های برهنه، در روز دمای بالاتری نسبت به مناطق شهری داشتند. در مقابل، طی شب، شهر ملایر گرم‌ترین ناحیه و زمین‌های کشاورزی و باغ‌های اطراف، به‌عنوان خنک‌ترین نواحی ثبت شدند. همچنین، مناطق مرتفع به‌ویژه ارتفاعات شمال‌غربی با پوشش مراتع درجه‌یک، در اغلب فصول سردترین بخش‌های شهرستان بودند. الگوهای فضایی دمای شبانه نیز، بسته به فصول مختلف، نوسانات قابل توجهی نشان دادند. همبستگی میان پوشش گیاهی مراتع و باغات نیز در طول سال متغیر است. مراتع بیشترین تراکم را در بهار دارند و با افزایش دما، از تراکم آن‌ها کاسته می‌شود، در حالی که باغات و اراضی زراعی به‌واسطه‌ی کشت‌های بهاری و درختان میوه، در اوایل تابستان به اوج سبزیگی می‌رسند. از این‌رو، در تابستان بیشترین همبستگی منفی میان پوشش گیاهی این مناطق و آلبدو مشاهده می‌شود. منطقه‌ی مورد مطالعه با بهره‌گیری از کشت‌هایی همچون کلزا، گندم زمستانه و در برخی نواحی یونجه، در فصول سرد سال نیز پوشش سبز قابل توجهی را حفظ می‌کند. این ویژگی سبب می‌شود که FVC در پاییز و زمستان نیز همبستگی منفی معناداری با آلبدو در این مناطق داشته باشد. همچنین از آن‌جا که افزایش آلبدو موجب کاهش انرژی تابشی جذب‌شده در سطح زمین می‌شود (Liang, 2001)، یک همبستگی منفی (۰/۶-) میان شاخص NDVI و آلبدو نیز

زمین‌شناسی و سایر حوزه‌ها داشته باشد. به دلیل این‌که جزایر حرارتی از پدیده‌های مهم و مؤثر بر محیط‌زیست است (Esmaeeli, 2022). از این رو آگاهی مفسران از مسائلی مانند دما و نقش کاربری و پوشش‌زمین در تغییرات دمای روزانه پدیده‌های مختلف ضروری است و همچنین این بررسی‌ها برای تصمیم‌گیرندگان جهت تدوین سیاست‌های رشد شهری که هدف آن‌ها به حداقل رساندن اثرات منفی احتمالی جزایر حرارتی است، بسیار مهم می‌باشند (Zhou et al., 2018). از سوی دیگر در صورتی که در مطالعات آینده، پایش و تحلیل تغییرات دمای سطح زمین در بازه‌های زمانی بلندمدت در منطقه مورد مطالعه انجام گیرد، می‌توان روند گسترش جزایر حرارتی را شناسایی نمود و از نتایج آن در مدیریت کلان و توسعه پایدار شهری بهره گرفت.

## منابع

1. Akbari, H., 2005. Energy saving potentials and air quality benefits of urban heat Island Mitigation; Lawrence Berkeley National Laboratory: Berkeley, CA, USA.
2. Almusaed, A., 2011. The urban heat island phenomenon upon urban components. Biophilic and Bioclimatic Architecture: Analytical Therapy for the Next Generation of Passive Sustainable Architecture, 139-150.
3. Chen, X.L., Zhao, H.M., Li, P.X. and Yin, Z.Y., 2006. Remote sensing image-based analysis of the relationship between urban heat island and land use/cover changes. Remote sensing of environment, 104(2), 133-146.
4. Esmaeili, S., 2022. The application of thermal remote sensing and GIS in the assessment of the spatial distribution of land surface temperature in urban environments (The case of study of Tabriz city), Remote Sensing and GIS Applications in Environmental Sciences, 2(3), pp. 1-23. (In Persian with English abstract).
5. Grigoraş, G. and Urişescu, B., 2019. Land use/land cover changes dynamics and their effects on surface urban heat island in Bucharest, Romania. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 80, 115-126.
6. Guo, G., Wu, Z., Xiao, R., Chen, Y., Liu, X. and Zhang, X., 2015. Impacts of urban biophysical composition on land

(al., 2016). علاوه بر این سطح کم برگ درختان برگریز، گیاهان یک‌ساله و کاهش فتوسنتز می‌تواند تا حد زیادی همبستگی مثبت بین دمای سطح زمین روزانه و FVC را در ماه‌های با پوشش گیاهی کم توضیح دهد. بر اساس نتایج مطالعه‌ی Guo و همکاران (۲۰۱۵)، رابطه‌ای منفی میان شاخص NDVI و دمای سطح زمین شناسایی شده‌است، که یافته‌های این تحقیق نیز همان رابطه را تأیید می‌کند. همچنین در فصل بهار، شاخص FVC نسبت به NDVI، همبستگی منفی قوی‌تری با دمای سطح زمین را نشان می‌دهد، نتیجه‌ای که پیش از این Weng و همکاران (۲۰۰۴) نیز بدان دست یافته بودند. به عبارت دیگر در ماه‌های خاصی از سال، زمانی که پوشش گیاهی به فراوانی مناسبی می‌رسد، FVC با دمای سطح زمین نرمال‌شده همبستگی منفی نشان می‌دهد. این همبستگی منفی به ویژه در ماه‌های آوریل، مه و ژانویه بیشتر مشهود است، به طوری که در مناطق مرتعی در این ماه‌ها این همبستگی منفی به ۰/۶۵- نیز می‌رسد.

در شهر ملایر با توجه به پایین بودن نسبی تراکم جمعیت و داشتن فضای سبز نسبتاً مناسب، اختلاف دمای مرکز شهر و مناطق اطراف زیاد نیست. از سوی دیگر اگرچه زمین‌های صنعتی بالاترین دمای سطح زمین را دارند (Li et al., 2011)، اما به دلیل گسترش مکانی کوچک در شهرستان ملایر، سهم محدودی در جزایر حرارتی سطحی کلی دارند. همچنین در مناطقی با پوشش گیاهی غیریکنواخت، تفسیر دما با پیچیدگی‌هایی همراه است و مشکلاتی در تفسیر دما برای تاج‌پوشش‌های گیاهی پراکنده وجود دارد زیرا اندازه‌گیری‌های دمای خاک و دمای گیاهان در یک سلول ترکیب می‌شوند و این ترکیب‌ها اغلب غیرخطی هستند (Weng et al., 2004).

اگرچه بهره‌گیری از داده‌های سنجش‌ازدور در مطالعات جزایر حرارتی شهری با چالش‌هایی همراه است، اما در مقایسه با داده‌های درون‌محیطی، از نظر صرفه‌جویی در زمان و هزینه گزینه‌ای مناسب‌تر محسوب می‌شود. با این وجود، برخی مسائل چالش‌برانگیز در این مطالعات مطرح می‌باشد که در صورت برطرف شدن آن‌ها و دستیابی دقیق به ارتباط بین دمای سطح‌زمین، کاربری اراضی، توپوگرافی و شاخص پوشش گیاهی، نتایج این مطالعات می‌تواند کاربردهای گسترده‌تری در زمینه‌های کشاورزی، محیط‌زیست، اقلیم‌شناسی، برنامه‌ریزی شهری و روستایی،

- multi-sensor/source data. *Sensors*, 19(17), 3701.
17. **Moharir, K.N., Pande, C.B., Gautam, V.K., Dash, S.S., Mishra, A.P., Yadav, K.K., ... and Elshahi, M., 2025.** Estimation of land surface temperature and LULC changes impact on groundwater resources in the semi-arid region of Madhya Pradesh, India. *Advances in Space Research*, 75(1), 233-247.
  18. **Na, N., Xu, D., Fang, W., Pu, Y., Liu, Y. and Wang, H., 2023.** Automatic detection and dynamic analysis of urban heat islands based on landsat images. *Remote Sensing*, 15(16), 4006.
  19. **Naseri, S., Shayesteh, K. and Ildoromi, A., 2020.** Land Use Change Analysis of Malayer County Using Landscape Metrics. *Journal of Environmental Sciences Studies*. 4(4): 2114-2122. (In Persian with English abstract).
  20. **Rosenfeld, A.H., Akbari, H., Romm, J.J. and Pomerantz, M., 1998.** Cool communities: strategies for heat island mitigation and smog reduction. *Energy and buildings*, 28(1), 51-62.
  21. **Singh, S., Kumar, P., Parijat, R., Gonengcil, B. and Rai, A., 2024.** Establishing the relationship between land use land cover, normalized difference vegetation index and land surface temperature: A case of Lower Son River Basin, India. *Geography and Sustainability*, 5(2), 265-275.
  22. **Taimouri, T., Iraj, I., Asghari Zamani, A.Z., Akbar, A., Moharram Pour, M.P. and Erfan, E., 2023.** The effect of urban morphology on the intensity of urban heat islands; Case study: Tabriz, Sephr, 32(126), 183-195. (In Persian with English abstract).
  23. **Ullah, W., Ahmad, K., Ullah, S., Tahir, A.A., Javed, M.F., Nazir, A., ... and Mohamed, A., 2023.** Analysis of the relationship among land surface temperature (LST), land use land cover (LULC), and normalized difference vegetation index (NDVI) with topographic elements in the lower Himalayan region. *Heliyon*, 9(2).
  24. **Voogt, J.A. and Oke, T.R., 2003.** Thermal remote sensing of urban climates. *Remote sensing of environment*, 86(3), 370-384.
  25. **Wang, J., Tang, R., Jiang, Y., Liu, M. and Li, Z.L., 2023.** A practical method for angular normalization of global MODIS land surface temperature over vegetated surfaces. *ISPRS Journal of surface temperature in urban heat island clusters. Landscape and Urban Planning*, 135, 1-10.
  7. **Haashemi, S., Weng, Q., Darvishi, A. and Alavipanah, S.K., 2016.** Seasonal variations of the surface urban heat island in a semi-arid city. *Remote sensing*, 8(4), 352.
  8. **Javan, F., Hasani Moghaddam, H. and Torabi, H., 2020.** Evaluation of deforestation process using Artificial neural networks algorithm (Case Study: Namin County Hazelnut Forests). *Environment and Interdisciplinary Development*, 5(69), 63-74. (In Persian with English abstract).
  9. **Khatrri, B., Kharel, B., Dhakal, P., Acharya, S. and Thapa, U., 2025.** Spatio-temporal dynamics of urban heat island using Google Earth Engine: Assessment and prediction—A case study of Kathmandu Valley, Nepal. *Climate Services*, 38, 100560.
  10. **Li, J., Song, C., Cao, L., Zhu, F., Meng, X. and Wu, J., 2011.** Impacts of landscape structure on surface urban heat islands: A case study of Shanghai, China. *Remote sensing of environment*, 115(12), 3249-3263.
  11. **Liang, S., 2001.** Narrowband to broadband conversions of land surface albedo I: Algorithms. *Remote sensing of environment*, 76(2), 213-238.
  12. **Liu, Y., Mu, X., Wang, H. and Yan, G., 2012.** A novel method for extracting green fractional vegetation cover from digital images. *Journal of Vegetation Science*, 23(3), 406-418.
  13. **Loranty, M.M., Berner, L.T., Goetz, S.J., Jin, Y. and Randerson, J.T., 2014.** Vegetation controls on northern high latitude snow-albedo feedback: observations and CMIP 5 model simulations. *Global change biology*, 20(2), 594-606.
  14. **Mackey, C.W., Lee, X. and Smith, R.B., 2012.** Remotely sensing the cooling effects of city scale efforts to reduce urban heat island. *Building and Environment*, 49, 348-358.
  15. **Mathew, A. and Arunab, K.S., 2025.** Urban Heat Island and Pollutant Correlations in Bangalore, India using Geospatial Techniques. *Solar Compass*, 100108.
  16. **Mohammad, P., Goswami, A. and Bonafoni, S., 2019.** The impact of the land cover dynamics on surface urban heat island variations in semi-arid cities: a case study in Ahmedabad City, India, using

- temperature in desert cities (case study: Yazd city). *Journal of Geography and Planning*, 29(91). (In Persian with English abstract).
29. **Zhao, W., Wu, H., Yin, G. and Duan, S.B., 2019.** Normalization of the temporal effect on the MODIS land surface temperature product using random forest regression. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 152, 109-118.
30. **Zhou, D., Xiao, J., Bonafoni, S., Berger, C., Deilami, K., Zhou, Y., ... and Sobrino, J.A., 2018.** Satellite remote sensing of surface urban heat islands: Progress, challenges, and perspectives. *Remote Sensing*, 11(1), 48.
- Photogrammetry and Remote Sensing, 199, 289-304.
26. **Weng, Q., Lu, D. and Schubring, J., 2004.** Estimation of land surface temperature-vegetation abundance relationship for urban heat island studies. *Remote sensing of Environment*, 89(4), 467-483.
27. **Weng, Q., Rajasekar, U. and Hu, X., 2011.** Modeling urban heat islands and their relationship with impervious surface and vegetation abundance by using ASTER images. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 49(10), 4080-4089.
28. **Zandi, R. and Shahriyar, F., 2025.** Evaluation of time series relationship between land use changes and land surface





## Spatio-Temporal Assessment of Seasonal Variations in Heat Island Intensity in Malayer County Using Remote Sensing Data

Elaheh Khangholi<sup>1</sup>, Kamran Shayesteh<sup>\*1</sup>, Mohammad Reza Gili<sup>1</sup>, Behnaz Attaeian<sup>2</sup>

1\*- Department of Environmental Sciences and Engineering, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Iran

2- Department of Nature Engineering, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Iran

### Original Article

**Received:**  
2025.07.28

**Accepted:**  
2025.10.13

**Keywords:**  
Land Surface Temperature,  
Biophysical Variables,  
Vegetation,  
Remote Sensing,  
Malayer County

### Abstract

**Introduction:** The accelerated pace of urbanization across the globe has resulted in a marked increase in impervious surface coverage, population density, intensified construction activities, and elevated energy consumption. These factors collectively contribute to the amplification of the Urban Heat Island (UHI) phenomenon. Specifically, the substitution of natural vegetation with artificial, impermeable surfaces, the spatial concentration of anthropogenic activities, rising energy demands, and the disruption of natural cooling processes are among the primary drivers intensifying this effect. Given the necessity for comprehensive spatial and temporal datasets in estimating Land Surface Temperature (LST), recent advancements in remote sensing technologies have significantly enhanced our understanding of the spatiotemporal dynamics of urban heat islands. Numerous studies to date have investigated the relationships between land use/land cover changes, construction density, urban biophysical characteristics, and vegetation cover with surface temperature patterns and the intensity of heat islands. Additionally, the broader socio-environmental implications of elevated surface temperatures—such as increased energy consumption, heightened heat stress, and adverse effects on human health—have been extensively explored. Despite the valuable insights provided by previous research, the majority of studies have primarily concentrated on the urban scale.

**Materials and Methods:** In the present study, seasonal variations in heat island intensity across Malayer County were analyzed using Land Surface Temperature (LST) data derived from the MODIS sensor aboard the Terra satellite and the TIRS sensor on Landsat 8, covering the period from 2019 to 2024. Selected surface biophysical parameters were used to guide the analysis. To facilitate meaningful comparison across different images, LST values were normalized between their respective minimum and maximum values. For the purpose of comparing LST across various land use types, land cover was categorized into five classes—orchards and croplands, wastelands, rangelands, water bodies, and urban areas—through the Maximum Likelihood Classification (MLC) method implemented in Google Earth Engine. This classification was based on a composite of all available Landsat OLI images from the year 2023, representing the broader study period. Furthermore, to assess the relationships between surface characteristics and LST, key biophysical indicators including the Normalized Difference Vegetation Index

(NDVI), Fractional Vegetation Cover (FVC), and surface albedo were calculated within the Google Earth Engine platform.

**Results:** The results indicated that the highest land surface temperatures, both during the day and at night, occurred in August, while the lowest values for both temporal intervals were recorded in January. A statistically significant negative correlation ( $r = -0.603$ ) was observed between mean surface albedo and monthly NDVI, suggesting an inverse relationship between vegetation greenness and surface reflectivity. Moreover, the Fractional Vegetation Cover (FVC) demonstrated a negative correlation with nighttime land surface temperature (NLST), particularly during months characterized by greater vegetation abundance. Notably, in April, May, and January—especially within rangelands—the correlation coefficient between FVC and NLST reached as low as  $-0.65$ , underscoring the cooling effect of vegetative cover on surface temperatures.

**Discussion:** The intensity of surface heat island formation is influenced by land use type, such as agricultural practices or irrigation, and exhibits distinct spatial and temporal variations between daytime and nighttime periods. During the daytime, areas characterized by orchards, relatively dense vegetation, and higher elevations exhibit lower surface temperatures, functioning as local cooling zones in contrast to their surrounding environments. Conversely, nighttime observations revealed that the urban core represents the warmest region, whereas rural settlements, adjacent agricultural lands, and orchards maintain comparatively lower temperatures. Additionally, elevated terrains—particularly those located in the northwestern part of the region—consistently emerged as the coldest zones across most seasons. These findings have practical implications for regional planning and management, offering valuable insights for sectors such as agriculture, environmental conservation, climatology, urban and rural development, public health, and social welfare.