

ارزیابی توزیع مکانی دمای سطح زمین شهرستان بهبهان در سال‌های ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۲ با کاربرد سنجش از دور حرارتی

حسین اقدر- کارشناس ارشد سنجش از دور و GIS، دانشکده علوم دانشگاه شهید چمران اهواز
کامران شایسته- استادیار گروه محیط زیست، دانشکده محیط زیست و منابع طبیعی، دانشگاه ملایر
فاطمه محمدیاری*- دانشجوی دکتری آمایش محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست دانشگاه ملایر
کاظم رنگزن- دانشیار گروه سنجش از دور و GIS دانشگاه شهید چمران اهواز

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۲۷

تاریخ ارسال: ۱۳۹۶/۰۴/۰۵

چکیده

در عصر حاضر، گرم‌تر شدن محیط زیست شهری یکی از آثار ناآگاهانه توسعه شهری ناپایدار است که با کاهش پوشش گیاهی در ارتباط است. بنابراین، آگاهی از درجه حرارت سطح زمین برای اجرای مطالعات علوم زمین، از قبیل تغییرات محیط زیست جهانی و مخصوصاً آب و هوای شهری، ضروری است. بدین منظور، توزیع مکانی و تغییرات دمای سطح با توجه به نقشه‌های کاربری اراضی و شاخص پوشش گیاهی در شهرستان بهبهان تجزیه و تحلیل شده است. بدین منظور، از تصاویر ماهواره لندست سنجنده‌های ETM+ و OLI استفاده شد. پس از تصحیحات هندسی و اتمسفری، تصاویر با استفاده از الگوریتم حداکثر احتمال طبقه‌بندی شد. همچنین، تغییرات دما با مدل LCM ارزیابی شد. نتایج نشان داد طبقه یک دمایی (دمای کمتر از ۱۳ درجه سانتی‌گراد)، که خنک‌ترین پهنه‌هاست، در دو بخش کوهستانی شمالی و جنوبی بیشترین گسترش را دارد. در هسته شهرنشینی، طبقه یک دمایی در سال ۱۳۷۸ به صورت لکه‌هایی پراکنده منطبق بر پارک‌های شهری گسترده شده است و در سال ۱۳۹۲، برخلاف انتظار، با توجه به کاهش چشم‌گیر دما نسبت به سال‌های گذشته نواحی شهری در طبقه اول قرار گرفته است. روی هم‌گذاری نقشه هر کدام از طبقات دما به کل طبقات با نقشه‌های کاربری اراضی نشان داد مرکز شهر، بخش‌هایی از اراضی لخت، و بخش‌هایی از اراضی کشاورزی در غرب منطقه در طبقه اول قرار گرفته‌اند. همچنین، بیشتر اراضی لخت و کشاورزی و بخش‌های اندکی از مراتع در طبقه دوم، بیشتر اراضی مرتعی در طبقه سوم، و بخش‌های کمی از این اراضی در طبقه چهارم‌اند.

کلیدواژه‌ها: ارزیابی تغییرات، دمای سطح، NDVI، سنجش از دور حرارتی، شهرستان بهبهان.

مقدمه

اثرهای شهرنشینی در تغییرات قابل توجه آب و هوای محلی و اقلیم به خوبی شناخته شده است (لندسبرج، ۱۹۸۱: ۸۵). آشناترین این عوارض جزیره گرمایی شهری^۱ است (استراکتر، ۲۰۰۲: ۲۵۹۷) که نمود مستقیم تخریب محیط زیست است (لیو و همکاران، ۲۰۰۹: ۳). در عصر حاضر توسعه جزیره گرمایی شهری به‌طور عمده در توزیع فضایی دمای سطح زمین (LST) ظاهر شده که تحت تأثیر شهرنشینی است (دوسست و گورملن، ۲۰۰۳: ۴۶؛ سان و همکاران، ۲۰۱۰: ۲۰۴۹). یکی از آثار ناخواسته و منفی توسعه شهری افزایش دمای محیط زیست شهری است. شهرها نسبت به پیرامون خود دمای بیشتری دارند و این پدیده جزیره حرارتی شهری شناخته می‌شود (ایکساو، ۲۰۰۷: ۲۵۱). انتشار حرارت ناشی از فعالیت کارخانه‌ها، سیستم‌های تهویه مطبوع، و وسایل نقلیه موتوری که در مناطق شهری در همه جا حاضرند به تشکیل جزیره گرمایی شهری کمک می‌کنند (گوتهکرتا و گوهر، ۲۰۰۷: ۳۱۹؛ خان و سیمپسون، ۲۰۰۱: ۴۸۹). با ورود فناوری سنسجش از دور حرارتی، بررسی جزایر حرارتی شهری به‌صورت غیرمستقیم با استفاده از سکوه‌های ماهواره‌ای و هواپیمایی در مقیاس‌های قاره‌ای و جهانی امکان‌پذیر شد (ونگ و اسپورینگ، ۲۰۰۴: ۴۷۳؛ ووگت و اوکی، ۲۰۰۳: ۳۷۵). خلیل ولی‌زاده و همکاران (۱۳۹۶) برآورد دمای سطح زمین و استخراج جزایر حرارتی با استفاده از الگوریتم پنجره مجزا و تحلیل رگرسیون چندمتغیره در شهر زنجان را برآورد کردند. نتایج نشان داد تراکم و وجود پوشش گیاهی تأثیر کاملاً متفاوتی در دمای سطحی دارند؛ چنان‌که محدوده‌های کم‌تراکم دمای بسیار بالا در تابستان و برعکس دمای بسیار پایین را در زمستان دارا بودند. اما، مناطق با کاربری باغی و جنگلی حاشیه جنوبی شهر زنجان در فصل زمستان دمای بیشتری را به خود اختصاص می‌دهد. درحالی‌که در فصل تابستان با توجه به نتایج به‌دست‌آمده یکی از مناطق خنک محسوب می‌شوند. هاشمی و همکاران (۱۳۹۲) توزیع مکانی دمای سطح زمین در شهر تهران را با استفاده از داده‌های دور حرارتی بررسی کردند. در این مطالعه، توزیع مکانی و گرادینت تغییرات دمای سطح و همچنین پوشش گیاهی^۲ در منطقه شهری تهران با استفاده از تصویر ماهواره لندست سنجنده⁺ ETM تجزیه و تحلیل شده است. نتایج نشان می‌دهد، برخلاف انتظار، حداکثرهای دمایی سطح در پهنه‌های متراکم شهری حضور گسترده‌ای ندارند و در پهنه‌های کوهستانی ارتباط بین دما^۳ و پوشش گیاهی پایین است و به‌طور کلی گرادینت توزیع دمایی در منطقه شهری تهران از شمال شرق به جنوب غرب کاهش می‌یابد. ملک‌پور و همکاران (۱۳۸۹) درجه حرارت سطح زمین و ارتباط آن با کلاس‌های پوشش کاربری زمین در شهر تهران را با استفاده از داده سنجنده⁺ ETM بررسی کردند. نتایج حاصل از بررسی‌ها نشان‌دهنده وابستگی شدید بین درجه حرارت سطح و مقادیر شاخص پوشش گیاهی برای انواع پوشش کاربری زمین است. شکبیا و همکاران (۱۳۸۸) رابطه کاربری و پوشش گیاهی و جزایر حرارتی شهر تهران را با استفاده از داده‌های⁺ ETM تجزیه و تحلیل کردند. هدف از اجرای این تحقیق استخراج جزایر حرارتی در مناطق شهری با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و تعیین اثر نوع پوشش و کاربری زمین در دمای سطح زمین بود. نتایج نشان داد سطوح نفوذناپذیر از طریق جذب و ذخیره انرژی خورشیدی اثر گرمایشی دارند. درحالی‌که پوشش گیاهی از طریق ایجاد توازن گرمایی به‌وسیله تبخیر و تعرق و تولید سایه دارای اثر خنک‌کننده‌اند. زانا و همکاران (۲۰۱۵) در مطالعه‌ای روابط بین دمای سطح زمین شهری، نسبت پوشش زمین، و تراکم حجم ساخت و ساز در منطقه شهری ووهان چین را بررسی کردند. تحلیل‌ها نشان داد بین دمای سطح زمین و نسبت پوشش زمین رابطه خطی قوی وجود دارد. مایاماتینینگ و همکاران (۲۰۱۴) اثر الگوی فضایی فضای سبز در درجه حرارت

1. Urban Heat Island
2. Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)
3. Land Surface Temperature (LST)

سطح زمین در شهرستان اکسو در شمال غرب چین را بررسی کردند. نتایج نشان داد چشم‌انداز فضای سبز مهم‌ترین متغیری است که در درجه حرارت تأثیر می‌گذارد. تان و چرکار (۲۰۱۳) در تحقیق خود به بررسی تغییرات دما در شمال غربی اقیانوس آرام با استفاده از سنجش از دور پرداختند. نتایج نشان داد افزایش شهرنشینی افزایش دما و کاهش تنوع پوشش گیاهی را به دنبال داشته است. سنایاک و همکاران (۲۰۱۳) سنجش دمای شهرستان کلمبوی سریلانکا را با استفاده از تصاویر ماهواره لندست سنجنده⁺ ETM در سه دوره زمانی تجزیه و تحلیل کردند. با استفاده از NDVI پوشش گیاهی به دست آمد و به بررسی رابطه آن با دما پرداختند. لیو و ژانگ (۲۰۱۱) تحلیل جزیره گرمایی شهری هنگ کنگ را با استفاده از تصاویر ماهواره لندست (TM) و ماهواره ASTER بررسی کردند. در این مطالعه برای ارزیابی دمای سطح زمین در سال ۲۰۰۵ به بررسی ارتباط LST با شاخص پوشش گیاهی و ساخت و سازها پرداخته شد. نتایج نشان داد بین LST و NDVI همبستگی منفی و بین LST و NDBI همبستگی مثبت وجود دارد؛ به گونه‌ای که اثر جزیره گرمایی شهر در مناطق مسکونی و تجاری تشدید می‌یابد. هدف از اجرای این تحقیق ارزیابی روند تغییرات دمایی شهرستان بهبهان در یک بازه زمانی چهارده ساله (سال ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۲) و بررسی دلایل این تغییرات به کمک تکنیک‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی است. تاکنون چنین تحقیقی در این شهرستان انجام نگرفته است. بنابراین، ضرورت اجرای آن را بیش از پیش آشکار می‌کند. نوآوری تحقیق حاضر استفاده از تصاویر لندست ۸ و ارزیابی تغییرات دما در دو دوره زمانی با استفاده از مدل LCM است. همچنین، استفاده از نقشه‌های کاربری اراضی و روی هم گذاری هر کدام از طبقات نقشه دمای تهیه شده با این نقشه از دیگر نوآوری‌های این مطالعه است. نتایج حاصل از این مطالعه می‌تواند به اهمیت رابطه بین LST و ترکیب پوشش گیاهی خیابان‌ها تأکید کند و به ارائه بینش برای برنامه‌ریزان شهری در مدیریت تغییر آب و هوا و تدوین برنامه‌های پیشگیرانه مانند ایجاد پوشش گیاهی، که نتیجه آن کاهش دماست، کمک کند. همچنین، در راستای کاهش اثرهای پدیده جزیره حرارتی شهری به مدیران شهری کمک می‌کند در گسترش شهرها، جهت گسترش شهر را با توجه به دمای سطح زمین در اراضی اطراف شهر در نظر گیرند و شهر را در جهتی توسعه دهند که قبل از توسعه دمای سطحی آن محل پایین‌تر باشد. در واقع، با اجرای این تحقیق و نتایج آن، مدیران شهری می‌توانند تدابیر و راهکارهای لازم را برای اماکن و نقاطی که در سطح شهرستان بهبهان از دمای بیشتری برخوردارند و همچنین مکان‌یابی بهینه کاربری‌ها مانند صنایع آلاینده اتخاذ کنند.

مبانی نظری

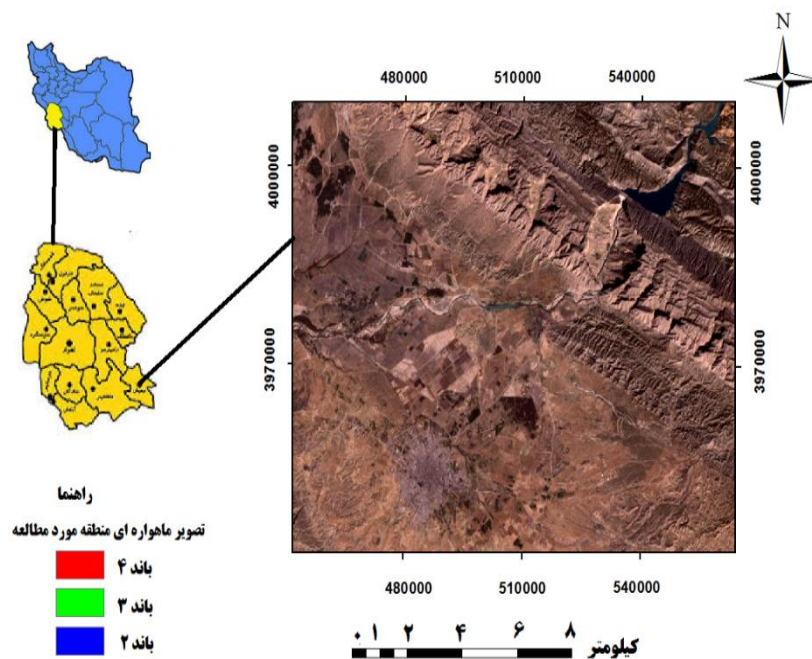
دمای سطح زمین یکی از پارامترهای کلیدی در کنترل فیزیکی، شیمیایی، و بیولوژیکی در پروسه‌های زمین و عامل مهمی برای مطالعه آب و هوای شهری محسوب می‌شود (خاندلوال و همکاران، ۲۰۱۷: ۴۳). افزایش دما در نتیجه پدیده جزیره حرارتی باعث بروز فرایندهای شیمیایی می‌شود که تشکیل مولکول‌های ازن را تشدید می‌کند و تهدیدی جدی برای سلامت انسان است. ازن سطح زمین ارتباط تنگاتنگی با جزیره حرارتی شهری دارد (یواس‌ا، ۲۰۰۷: ۳۱). در پهنه‌هایی که جزیره حرارتی شدت بیشتری دارد، کمبود شدید پوشش گیاهی و افزایش سطوح نفوذناپذیر انسان ساخت مشاهده می‌شود که در واقع نقاط مشکل‌آفرین شهر را نشان می‌دهد (هاشمی و همکاران، ۱۳۹۲: ۱۸۳). بنابراین، در پژوهش‌های انجام گرفته در زمینه تغییرات محیط زیست شهری یکی از کلیدی‌ترین شیوه‌های تحقیقاتی شناسایی روند تغییرات پوشش گیاهی و کاربری اراضی ذکر شده است (جست و لامبین، ۲۰۰۱: ۵۳؛ لامبین، ۲۰۰۰: ۲۱). بنابراین، مطالعه تغییرات زمانی پوشش گیاهی و درجه حرارت در مناطق شهری به‌عنوان شاخص نشان‌دهنده شرایط زیست‌محیطی حاکم بر آن‌ها از

اهمیت خاصی برخوردار است. پوشش گیاهی در مناطق شهری از این جهت حائز اهمیت است که می‌تواند شرایط محیطی و تبادل انرژی را به وسیله انعکاس انتخابی و جذب تشعشعات خورشیدی کنترل کند (گوارد و همکاران، ۱۹۹۵: ۱۳۹؛ روس و همکاران، ۱۹۸۹: ۴۲؛ گالو، ۱۹۹۳: ۲۲۲۴) و به‌عنوان عاملی مؤثر در کنترل آلودگی هوا و تأثیرگذار بر سلامت انسان معرفی شود (واگرووسکی و هیتس، ۱۹۹۷: ۲۱). همچنین، فراوانی پوشش گیاهی، به‌ویژه در مناطق شهری، یکی از عوامل تأثیرگذار در مبادله انرژی و شکل‌گیری جزایر حرارتی شناخته شده است (اوکی، ۱۹۸۲: ۲۲؛ هارینگتون، ۱۹۷۷: ۶۴).

روش پژوهش

معرفی منطقه مورد مطالعه

شهرستان بهبهان بین طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۹ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۲۵ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۳۰ درجه و ۳۲ دقیقه شمالی در استان خوزستان قرار دارد. حداکثر و حداقل متوسط دمای ماهانه در بهبهان به ترتیب ۴۵ و ۷/۱۳ درجه سانتی‌گراد در ماه‌های مرداد و دی است. میانگین حداقل دمای سالانه ۱۸/۱ درجه سانتی‌گراد و میانگین حداکثر دمای سالانه ۳۲/۳۷ درجه سانتی‌گراد است. اقلیم منطقه براساس روش دومارتن خشک است (شکل ۱). تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده در این پژوهش سنجنده‌های ETM⁺ و OLI ماهواره لندست، گذر ۱۶۴، و ردیف ۰۳۹ است (جدول ۱).

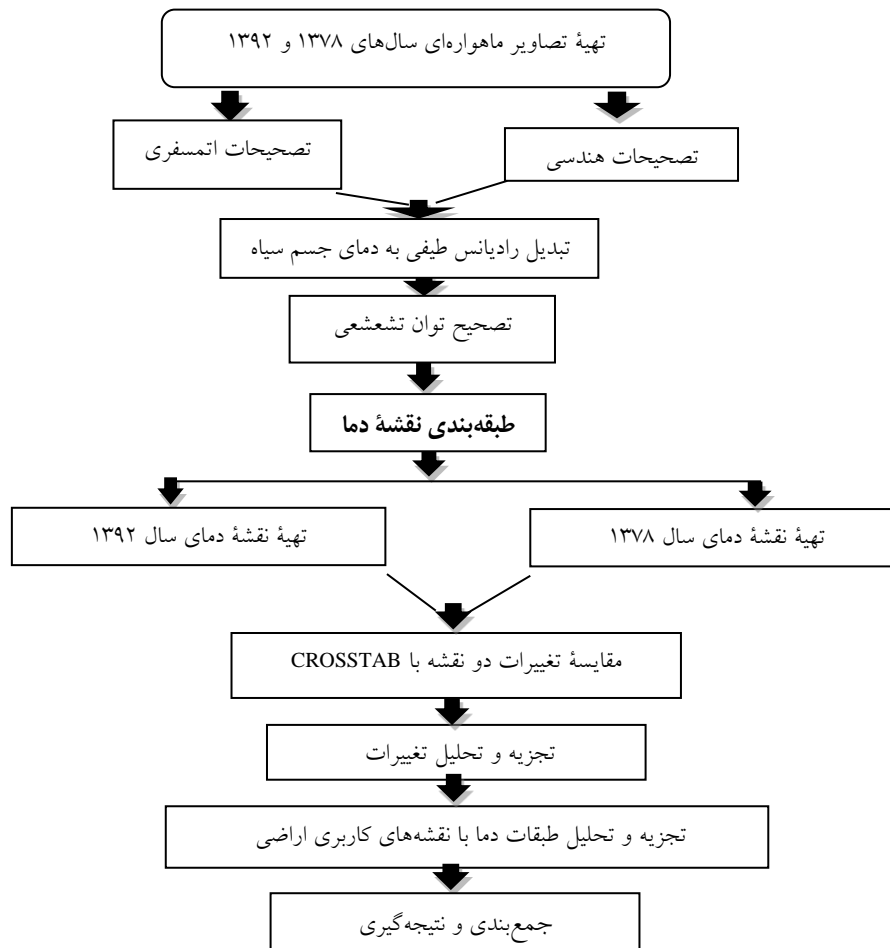


شکل ۱. موقعیت منطقه مطالعاتی (شهرستان بهبهان در استان خوزستان)

جدول ۱. ویژگی‌های تصویر ماهواره‌ای مورد استفاده در تحقیق حاضر

سنجنده	تاریخ اخذ تصویر	تاریخ شمسی	ساعت	تعداد باندها	زاویه ارتفاع خورشیدی	زاویه آزیموت خورشیدی
ETM ⁺	۲۰۰۰/۱/۲۴	۱۳۷۸/۱۱/۴	۷:۰۲	۸	۳۳/۹۹	۱۴۸/۹۹
OLI	۲۰۱۴/۰۱/۲۲	۱۳۹۲/۱۱/۲	۷:۱۰	۱۱	۳۴/۸۰	۱۵۱/۳۶

لایه DEM منطقه از کدهای سازمان نقشه‌برداری با مقیاس ۱/۲۵۰۰۰ به‌دست آمد. همچنین، برای اجرای این تحقیق از نرم‌افزارهای ۱۰/۳ ArcGIS، Google Earth، ۱۶/۳ IDRISI Tigris، ۴/۸ ENVI، و ۱۱ Surfer استفاده شده است. روند تحقیق در شکل ۲ آمده است.



شکل ۲. روند اجرای تحقیق

آماده‌سازی داده‌ها برای پردازش

به‌دلیل جدا بودن فایل‌های مربوط به باندهای انعکاسی و باند حرارتی (باند ۶ سنجنده ETM و باند ۱۰ و ۱۱ سنجنده OLI) و تفاوت در توان تفکیک مکانی و سطر و ستون تصاویر، قبل از اجرای تصحیح هندسی، باند حرارتی به ابعاد باندهای انعکاسی با روش نزدیک‌ترین همسایه تبدیل شده (از ۶۰ متر به ۳۰ متر برای سنجنده ETM و از ۱۰۰ متر به ۳۰ متر برای سنجنده OLI) و پس از تغییر فرمت در مجموعه داده‌ها براساس موقعیت گوشه‌های تصویر افزوده شد (عملیات Layer Stacking). تصحیحات هندسی و اتمسفری نیز بر روی تصاویر اعمال شد.

بازیابی دمای سطح زمین (LST)

برای استخراج دمای سطح، سه مرحله انجام شد:

الف) تبدیل عدد رقومی (DN) به تابش طیفی

در تبدیل عدد رقومی به تابش طیفی برای سنجنده ETM از فرمول ۱ استفاده شد:

$$L = LMIN + \frac{LMAX - LMIN}{QCALMAX - QCALMIN} QCAL - QCALMIN \quad (1)$$

که در آن QCALMIN کمترین مقدار عدد رقومی (۱)، QCALMAX بیشترین مقدار عدد رقومی (۲۵۵)، QCAL = عدد رقومی در محل پیکسل مورد نظر، LMIN = ارزش تابش طیفی باند ۶ در مقدار DN صفر ($W m^{-2} sr^{-2} \mu m^{-1}$)، LMAX = ارزش تابش طیفی باند ۶ در مقدار DN ۲۵۵ ($W m^{-2} sr^{-2} \mu m^{-1}$) است. مقادیر LMIN (۲/۲۰۰) و LMAX (۱۰/۵۵) است.

تصحیح اتمسفری تصویر ماهواره‌ای Landsat 8 نیز به صورت فرمول‌های ۲ و ۳ است:

$$\rho\lambda = \frac{\rho\lambda'}{\cos(\theta SZ)} = \frac{\rho\lambda'}{\sin(\theta SE)} \quad (2)$$

$$\rho\lambda' = M\rho Qcal + Ap \quad (3)$$

که $\rho\lambda$: بازتاب‌های سیاره‌ای در اتمسفر فوقانی است؛

$\rho\lambda'$: انعکاس‌های اتمسفر فوقانی؛

Mp: فاکتور تغییر اندازه REFLECTANCE MULT BAND که مقدار آن برای همه باندها $10^{-5} * 2$ است؛

Ap: فاکتور تغییر اندازه REFLECTANCE ADD BAND که مقدار آن برای همه باندها ۰/۱ است؛

Qcal: مقدار پیکسل (DN)؛

θSE : زاویه محلی ارتفاع خورشید که برابر با $34/8$ است. همه مقادیر از فایل هدر^۱ تصویر استخراج شد؛

ب) تبدیل رادیانس طیفی به دمای جسم سیاه

داده‌های باندهای حرارتی با استفاده از رابطه پلانک از تابش طیفی به دمای جسم سیاه (TB) که در آن توان تشعشعی یک فرض می‌گردد تبدیل می‌شود.

$$T_B = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{L} + 1\right)} \quad (4)$$

که TB دمای مؤثر در ماهواره بر حسب کلونین ($^{\circ}K$)؛ $K1 =$ ثابت کالیبراسیون اول معادل $666,09 (W m^{-2} sr^{-2} \mu m^{-1})$ ؛ $K2 =$ ثابت کالیبراسیون اول معادل $1282,71$ و L رادیانس طیفی سنجنده ($W m^{-2} sr^{-2} \mu m^{-1}$) است که مقادیر آن در جدول ۳ آمده است.

ج) تصحیح توان تشعشعی

تصحیح توان تشعشعی بر بازتابی صحیح دمای سطحی و همچنین بر کیفیت اطلاعات حاصل از داده‌های مادون قرمز حرارتی مؤثر است (علوی‌پناه، ۱۳۸۵: ۳۹). در تصحیح توان تشعشعی برای تبدیل دمای جسم سیاه به دمای سطح زمین (LST) از روش آستانه NDVI استفاده شد که بر این اساس توان تشعشعی سطحی به سه طبقه براساس مقادیر NDVI تقسیم شد (سوبرینو و همکاران، ۲۰۰۴: ۴۳۵):

۱. $NDVI < 0,2$ که حاکی از خاک لخت است و توان تشعشعی خاک لخت لحاظ می‌شود ($\epsilon_{Soil} = 0,97$)؛

۲. $NDVI < 0.5$ که نشان‌دهنده پهنه‌هایی با پوشش گیاهی فراوان است و توان تشعشعی پوشش گیاهی برای آن فرض می‌شود $\varepsilon_{Veg} = 0.99$ ؛

۳. $0.5 \leq NDVI < 0.7$ که در این مورد پیکسل‌ها مخلوطی از خاک و پوشش گیاهی است و توان تشعشعی ε بر این اساس محاسبه می‌شود:

$$\varepsilon = \varepsilon_v p_v + \varepsilon_s (1 - p_v) + d\varepsilon \quad (5)$$

ε_v گسیلمندی پوشش گیاهی، ε_s گسیلمندی خاک، p_v شاخص گیاهی تفریقی نرمال شده که از پُرکاربردترین شاخص‌های فراوانی پوشش گیاهی است و از طریق نسبت‌گیری باندهای قرمز و مادون قرمز نزدیک به دست می‌آید (علوی‌پناه، ۱۳۸۵: ۷۲).

$$NDVI = \frac{\text{باند قرمز} - \text{باند مادون قرمز}}{\text{باند قرمز} + \text{باند مادون قرمز}} \quad (6)$$

که برای سنجنده ETM باند مادون قرمز چهار باند و باند قرمز باند سه و برای سنجنده OLI باند مادون قرمز باند پنج و باند قرمز باند چهار است.

$d\varepsilon$ اثر توزیع هندسی سطوح طبیعی است که به صورت تقریبی با استفاده از رابطه ۷ به دست می‌آید.

$$d\varepsilon = (1 - \varepsilon_s)(1 - p_v) f\varepsilon_v \quad (7)$$

که f ضریب شکل (سوبرینو و همکاران، ۱۹۹۰) است که مقدار میانگین آن با فرض توزیع هندسی متفاوت سطوح 0.55 است. سرانجام، پس از اجرای تصحیحات بر روی تصویر حرارتی و محاسبه گسیلمندی، دمای سطح زمین با استفاده از فرمول ۸ محاسبه می‌شود.

$$LST = \frac{TB}{1 + [(\lambda * (TB/p))] * Ln\varepsilon} \quad (8)$$

که TB دمای روشنایی؛ λ طول موج رادیانس ساطع شده؛ $(11.5 \mu m)$ ، $p = k/hc$ که در آن h ثابت پلانک (6.626×10^{-34} j.sec)؛ c سرعت نور 3×10^8 m/sec؛ k ثابت استفان بولتزمن 5.67×10^{-8} j/k و ε گسیلمندی است. در مرحله پایانی تبدیل داده‌ها، تغییر واحد از درجه کلوین به درجه سانتی‌گراد است که به طریق فرمول ۹ اعمال می‌شود.

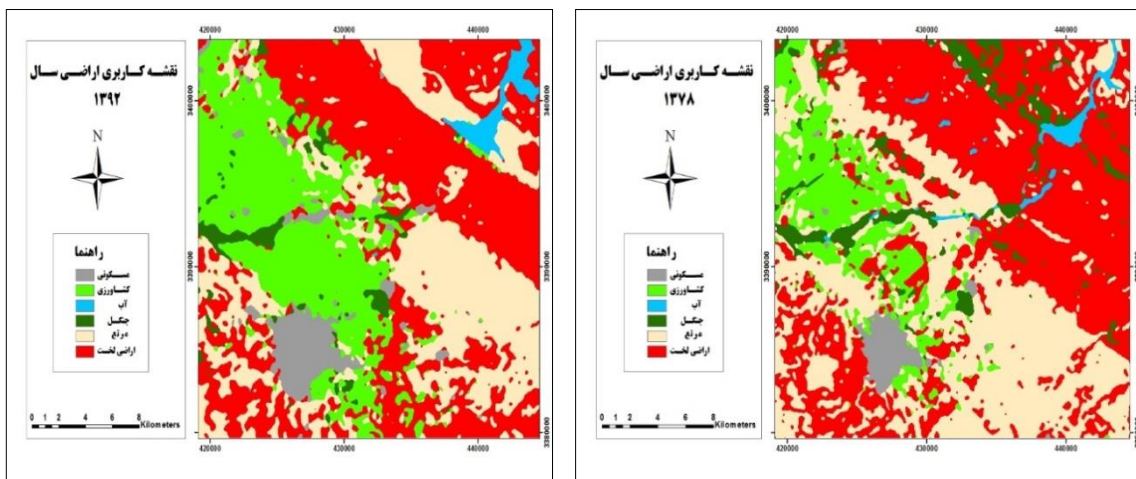
$$\text{Celsius} = \text{Kelvin} - 273.15 \quad (9)$$

بحث و یافته‌ها

تصاویر چندزمانه استفاده شده در این تحقیق پس از تصحیح هندسی، اتمسفری، و پیش‌پردازش‌های اولیه، همچنین نمونه‌های تعلیمی، در نرم‌افزار IDRISI 16.3 با استفاده از الگوریتم حداکثر احتمال طبقه‌بندی شد و نقشه‌های کاربری اراضی سال‌های ۱۳۷۸ و ۱۳۹۲ به دست آمد (شکل ۳ و جدول ۲). تعداد کلاس‌ها نیز، با توجه به تصاویر و نقشه‌های موجود، شرایط منطقه مورد مطالعه، و کلاس‌های مورد نیاز برای نقشه پوشش زمین انتخاب شد و تفکیک شش کلاس به این شرح مورد توجه قرار گرفت: ۱. مناطق مسکونی؛ ۲. اراضی کشاورزی؛ ۳. آب؛ ۴. جنگل؛ ۵. مرتع؛ ۶. اراضی لخت.

پس از نسبت‌گیری باندهای قرمز و مادون قرمز نزدیک نقشه پوشش گیاهی به دست آمد (شکل ۴).

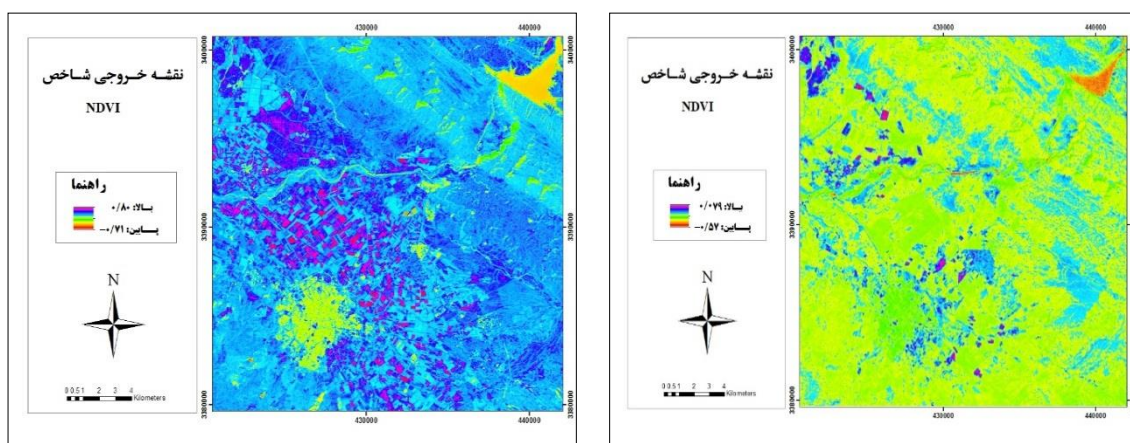
پس از اجرای تصحیحات بر روی تصویر حرارتی و محاسبه گسیلمندی، دمای سطح زمین با اعمال فرمول دما روی باندهای حرارتی تهیه شد (شکل ۵).



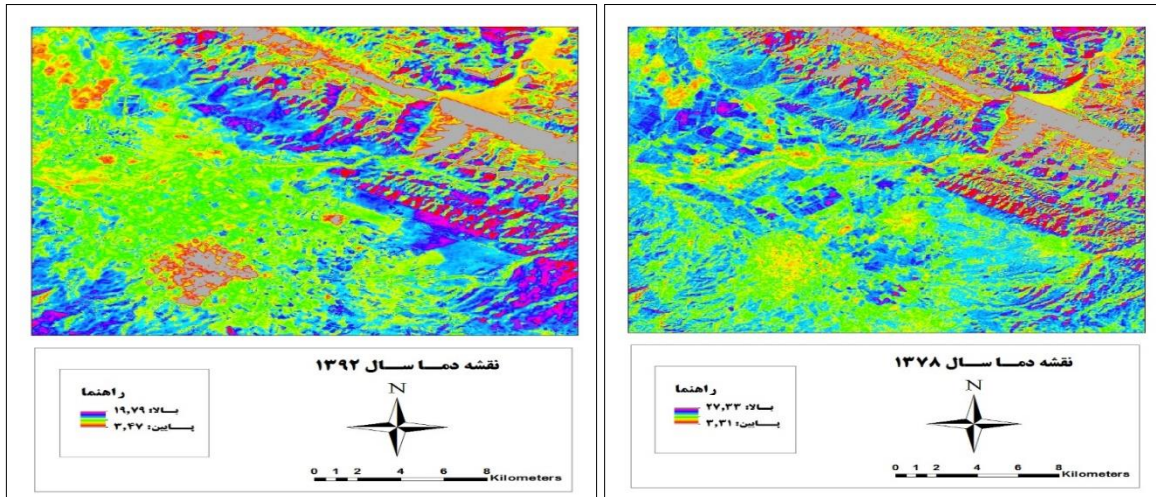
شکل ۳. نقشه کاربری اراضی شهر بهبهان

جدول ۲. مساحت کاربری‌های شهر بهبهان

کاربری	سال ۱۳۷۸		سال ۱۳۹۲	
	مساحت (KM ^۲)	مساحت (%)	مساحت (KM ^۲)	مساحت (%)
مسکونی	۱۶,۰۵۹۶	۳	۳۱,۵۷۸۳	۵
کشاورزی	۶۹,۹۴۴۴	۱۱	۱۵۰,۳۰۴۵	۲۴
آب	۸,۵۳۲۹	۱	۱۱,۴۰۹۳	۲
جنگل	۳۶,۵۴۹۹	۶	۱۵,۷۳۲۹	۳
مرتع	۲۲۰,۰۵۷۲	۳۶	۱۷۴,۴۵۳۳	۲۸
اراضی لخت	۲۶۴,۴۵۶	۴۳	۲۳۲,۱۲۱۷	۳۸
مجموع	۶۱۵,۶۰	۱۰۰	۶۱۵,۶۰	۱۰۰



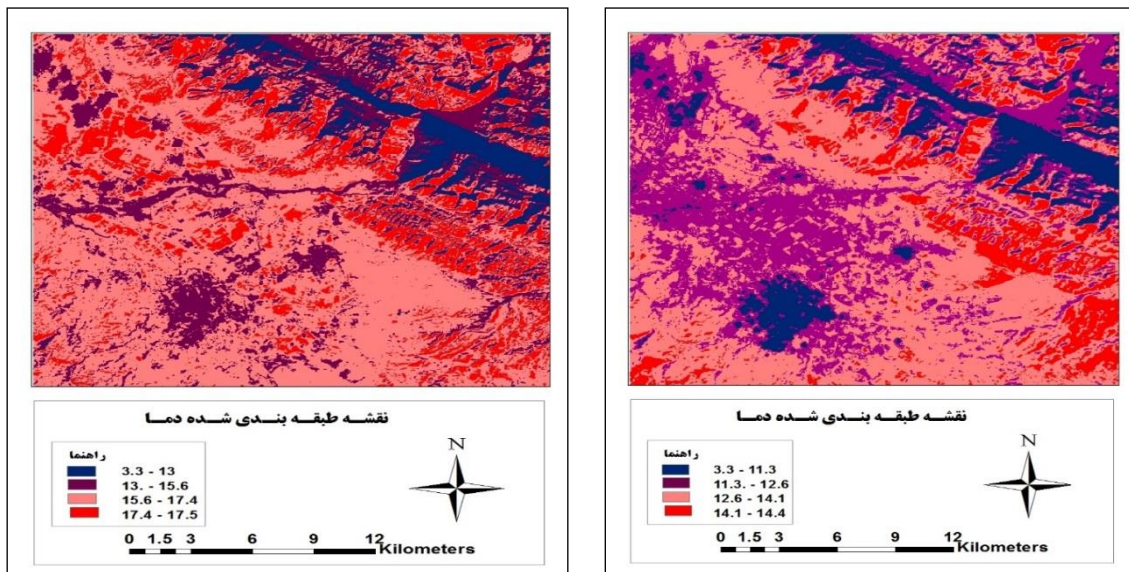
شکل ۴. نقشه خروجی NDVI شهرستان بهبهان راست: سال ۱۳۷۸؛ چپ: سال ۱۳۹۲



شکل ۵. نقشه‌های توزیع دما

توزیع دمای سطح در شهرستان بهبهان

برای بررسی توزیع دمای سطح، نقشه دما به چهار طبقه براساس میانگین و انحراف معیار تقسیم شد (هاشمی و همکاران، ۱۳۹۲) (شکل ۶ و جدول ۳). طبقه ۱: مقادیر کوچک‌تر از میانگین منهای انحراف معیار؛ طبقه ۲: میانگین منهای انحراف معیار تا میانگین؛ طبقه ۳: میانگین تا میانگین افزون بر انحراف معیار؛ طبقه ۴: مقادیر بزرگ‌تر از میانگین افزون بر انحراف معیار.



شکل ۶. نقشه‌های طبقه‌بندی شده توزیع دما راست: ۱۳۷۸؛ چپ: ۱۳۹۲

جدول ۳. ویژگی‌های طبقات دمایی

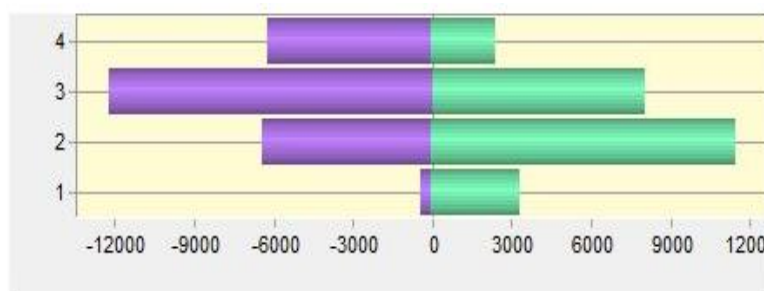
سال ۱۳۹۲		سال ۱۳۷۸		طبقات
مساحت به درصد	دما (درجه سانتی‌گراد)	مساحت به درصد	دما (درجه سانتی‌گراد)	
۱۲	< ۱۱	۸	< ۱۳	طبقه اول
۳۱	۱۱ - ۱۲٫۶	۲۳	۱۳ - ۱۵٫۶	طبقه دوم
۴۵	۱۲٫۶ - ۱۴٫۱	۵۱	۱۵٫۶ - ۱۷٫۴	طبقه سوم
۱۲	> ۱۴٫۱	۱۸	> ۱۷٫۴	طبقه چهارم

در کل، منطقه شهری بهبهان در سال ۱۳۷۸، دارای میانگین LST ۱۵/۵، انحراف معیار ۲/۴۰، و حداقل و حداکثر دما به ترتیب ۳/۳ و ۲۷/۳ درجه سانتی‌گراد و در سال ۱۳۹۲ میانگین LST ۲/۵، انحراف معیار ۰/۸۵، و حداقل و حداکثر دما به ترتیب ۳/۴ و ۱۹/۷ درجه سانتی‌گراد است. طبقه ۱ دمایی، که نشان‌دهنده خنک‌ترین پهنه‌هاست، در دو بخش کوهستانی شمالی و جنوبی بیشترین گسترش را دارد. در هسته شهرنشینی (بخش مرکزی تصویر با حداکثر ساخت و ساز)، طبقه ۱ دمایی در سال ۱۳۷۸ به صورت لکه‌هایی پراکنده، منطبق بر پارک‌های شهری، گسترده شده است و در سال ۱۳۹۲ با توجه به کاهش چشم‌گیر دما نسبت به سال‌های گذشته نواحی شهری در طبقه اول قرار گرفته است. همچنین، در این سال پهنه‌های کشاورزی جنوبی طبقه ۱ توزیع نسبتاً پیوسته‌ای دارد که منطبق بر اراضی زراعی پوشیده از گیاه است. طبقه ۲ دمایی در سال ۱۳۷۸ بیشتر در نواحی شهری، پیرامون هسته قدیمی شهر به سمت بیرون، قرار گرفته است و در سال ۱۳۹۲ بیشتر پهنه‌های کشاورزی و بخش‌های شمال و شمال شرقی از پهنه کوهستانی در این طبقه قرار گرفتند. طبقه ۳ دمایی در هر دو نقشه بیشتر در نواحی غربی تا جنوب غربی به صورت متراکم و پیوسته واقع شده است. طبقه ۴ دمایی نیز بیشتر در پهنه کوهستانی شرق و جنوب شرقی و بخش‌هایی از اراضی لخت منطقه واقع شده که جالب توجه به نظر می‌آید. برای نشان‌دادن بهتر رابطه NDVI و LST معادله رگرسیون این دو پارامتر به دست آمد. با توجه به مقادیر متفاوت دو شاخص دما و پوشش گیاهی در سال‌های ۱۳۷۸ و ۱۳۹۲ معادله رگرسیون سال اول در فرمول ۱۰ و معادله رگرسیون سال دوم در فرمول ۱۱ آورده شده است.

$$LST = 14,886 - 1,070 \cdot NDVI \quad (10)$$

$$LST = 12,143 - 1,789 \cdot NDVI \quad (11)$$

با توجه به معادله با افزایش NDVI (یک‌دست‌تر شدن پوشش زمین)، LST نیز کاهش می‌یابد. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد سطوح پوشیده از گیاه دمای سطح کمتری دارد و پوشش گیاهی آثار خنک‌کنندگی بر پیرامون دارد. شاخص NDVI نشان‌دهنده ویژگی‌های بیوفیزیکی پوشش گیاهی مانند شاخص سطح برگ، ظرفیت فتوسنتزی (میزان کلروفیل)، و فراوانی پوشش گیاهی است (ونگ و اسچابرینگ، ۲۰۰۴: ۴۷۱). این شاخص اولین بار در سال ۱۹۷۳ مطرح شد (روس و همکاران، ۱۹۷۳: ۳۱۵) و فراگیرترین شاخصی است که تاکنون در مطالعات زیادی از آن استفاده شده است. پس از تهیه نقشه دما، به آشکارسازی تغییرات و بررسی تغییرات رخ داده در طی دوره زمانی مورد مطالعه با مدل LCM، که به صورت اکستنشن در نرم‌افزار IDRISI TIGRIS قرار دارد، اقدام شد. این تغییرات شامل کاهش‌ها، افزایش‌ها، و تغییرات خالص برای هر طبقه و انتقال از یک طبقه به طبقه دیگر است. در طی بازه زمانی ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۲، منطقه مورد مطالعه دست‌خوش نوسانات دمایی زیادی بوده است (شکل ۷).



شکل ۷. کاهش و افزایش مساحت طبقات دما بر حسب هکتار

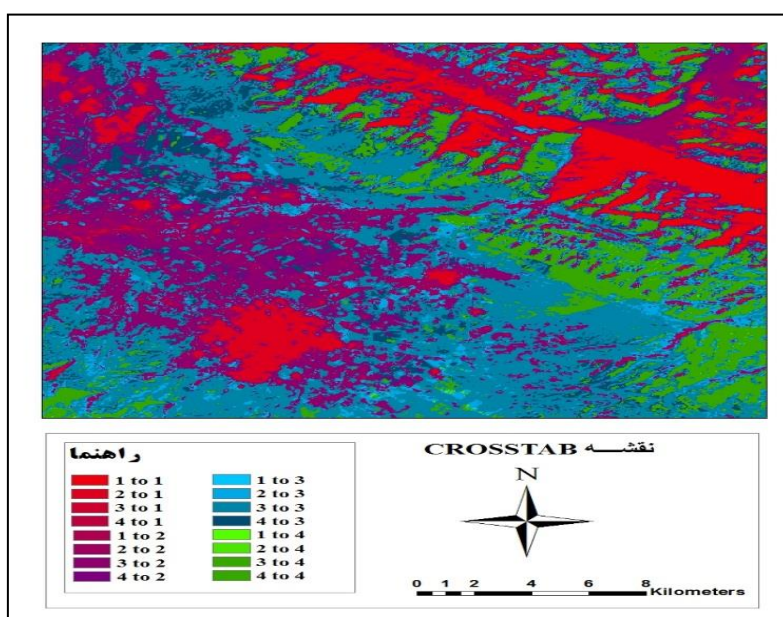
بیشترین کاهش تغییرات دمایی در طبقه سوم با دمای متوسط ۱۶ درجه سانتی‌گراد و بیشترین افزایش مساحت در طبقه دوم با متوسط دمای ۱۴ درجه سانتی‌گراد دیده شد. به این معنی که در سال ۱۳۹۲ در نواحی غربی منطقه (طبقه سوم) از گرمای هوا کاسته شده و طبعاً مساحت این طبقه نسبت به سال ۱۳۷۸ کمتر شده و مساحت کاسته شده طبق شکل ۷ و نتایج به طبقه دوم دمایی اضافه شده است. درواقع، جابه‌جایی مساحت بین طبقات دمایی دوم و سوم رخ داده است و در مجموع دما نسبت به سال ۱۳۷۸ خنک‌تر شده است.

روی هم‌گذاری نقشه هر کدام از طبقات به کل طبقات با نقشه‌های کاربری اراضی نشان می‌دهد مرکز شهر بخش‌هایی از اراضی لخت و بخش‌هایی از اراضی کشاورزی در غرب منطقه در طبقه اول قرار گرفته‌اند. همچنین، بیشتر اراضی لخت و کشاورزی و بخش‌های اندکی از مراتع در طبقه دوم، بیشتر اراضی مرتعی در طبقه سوم، و بخش‌های کمی از این اراضی در طبقه چهارم‌اند. نتایج حاصل از این بررسی از چند نظر قابل بحث است:

برخلاف انتظار، مناطق ساختمانی در طبقه اول، که دارای کمترین درجه حرارت‌اند، قرار گرفتند که دلیل این امر بارش‌های بیشتر، افزایش روزهای سرد، و در نتیجه کاهش دما در سال ۱۳۹۲ در شهر بهبهان نسبت به سال‌های گذشته است.

اراضی و زمین‌های کشاورزی و باغات در طبقه دوم با درجه حرارت کم است. سه دلیل عمده را می‌توان در توضیح این مسئله بیان کرد: این اراضی دائماً آبیاری می‌شوند. بنابراین، میزان رطوبت در این مناطق به‌طور قابل ملاحظه‌ای بالاتر است. علاوه بر این، به دلیل فعالیت‌های زیستی پوشش گیاهی این اراضی دمای پایین‌تری دارند و رفتار طیفی پوشش گیاهی در مقایسه با خاک بایر کاملاً متفاوت است.

از آنجا که مناطق دارای پوشش گیاهی (از جمله کلاس زمین کشاورزی زراعی، پارک، و فضای سبز) از درجه حرارت سطح پایین‌تری برخوردارند و با توجه به مطالب گفته‌شده به‌روشنی می‌توان به تأثیر پوشش گیاهی در کاهش دمای سطح این کلاس‌ها پی برد، در نرم‌افزار ادریسی و در محیط LCM دو نقشه طبقه‌بندی‌شده دما با استفاده از روش CROSSTAB با هم مقایسه شد و نوع تغییرات دمایی در کلاس‌ها از سال ۱۳۷۸ نسبت به سال ۱۳۹۲ مشخص گردید (شکل ۸ و جدول ۴).



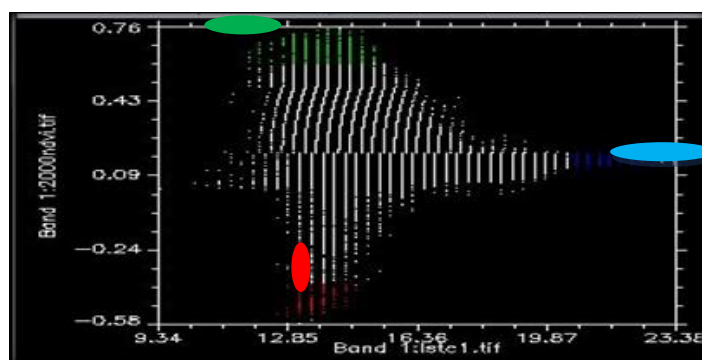
شکل ۸. نقشه بررسی تغییرات بین نقشه‌های LST سال‌های ۱۳۷۸ و ۱۳۹۲

جدول ۴. جدول بندی افقی بین نقشه‌های LST سال‌های ۱۳۷۸ (افقی) و ۱۳۹۲ (عمودی) (هکتار)

طبقات	طبقه اول	طبقه دوم	طبقه سوم	طبقه چهارم	مجموع
طبقه اول	۴۲۳۴/۳۲	۴۶۶/۴۷	۱۲/۶۹	۰/۱۸	۴۷۱۳/۶۶
طبقه دوم	۲۹۹۵/۲۹	۷۶۰۶/۸۲	۳۳۳۰/۹۹	۸۷/۳۹	۱۴۰۲۰/۴۱
طبقه سوم	۳۶۲/۷۹	۹۵۱۸/۹۴	۱۹۴۳۵/۹۵	۲۳۴۱/۸۱	۳۱۶۵۸/۶۴
طبقه چهارم	۵/۵۸	۱۵۳۸/۳۷	۴۶۷۹/۱۰	۴۹۴۳/۳۴	۱۱۱۶۶/۳۹
مجموع	۷۵۹۷/۹۸	۱۹۱۳۰/۶	۲۷۴۵۸/۷۳	۷۳۷۲/۷۲	۶۱۵۶۰

تجزیه و تحلیل Scatter Plots

برای درک شفاف‌تری از گرادینت‌های محیط زیستی، از تجزیه و تحلیل Scatter Plots استفاده شد تا تغییرات LST و NDVI در طول ترانسکت به صورت دقیق‌تری بررسی شود (شکل ۹).



شکل ۹. تغییرات LST و NDVI در طول ترانسکت

محور x ترانسکت LST و محور y، NDVI را نشان می‌دهد. با توجه به شکل قسمت قرمز رنگ پوشش گیاهی کم و دمای کمی نیز دارد. قسمت آبی رنگ دما زیاد و پوشش گیاهی کم است و قسمت سبز رنگ دما کم و پوشش گیاهی بالایی دارد. با توجه به تحلیل ترانسکت میزان دقت نتیجه به دست آمده در این تحقیق مشخص می‌شود؛ به طوری که قسمت قرمز رنگ تصویر نشان دهنده مناطق آبی و قسمت آبی رنگ اراضی لخت و سنگی را نشان می‌دهد و قسمت سبز رنگ نشان دهنده اراضی کشاورزی است. تجزیه و تحلیل گرادینت یکی از فنون متداولی است که برای بررسی تغییرات الگوهای مکانی و فرایندهای بوم‌شناسی در پهنه سیمای سرزمین مورد استفاده قرار می‌گیرد (مک دونل و پیکت، ۱۹۹۰: ۱۲۳۵). این فن برای بررسی آثار شهرنشینی بر روی جوامع بی‌مهرگان (مسینتری، ۲۰۰۱: ۵۵)، ترکیب و تولید مثل پرندگان (کروکس و همکاران، ۲۰۰۴: ۴۵۸)، تجزیه لاشبرگ گیاهان و چرخه مواد غذایی (مک دونل، ۱۹۹۷: ۳۴؛ پویات و همکاران، ۱۹۹۵: ۵۳۲)، آلودگی (گینگریج و دیاموند، ۲۰۰۱: ۴۰۳۲)، و کیفیت آب (ویبر و همکاران، ۱۹۹۸: ۶۳۰) مورد استفاده قرار گرفته است.

نتیجه‌گیری

برای داشتن شهری با توانایی زیست‌پذیری بالا باید مسائلی مانند عوامل اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی را در نظر گرفت. در میان این عوامل، بُعد محیط زیستی مهم‌تر از سایر عوامل است. بنابراین، در این پژوهش به یکی از خطرهای محیط زیستی شهری با عنوان جزیره حرارتی شهری توجه شده است. بر این اساس، توزیع مکانی دمای سطح زمین در شهرستان بهبهان بررسی شد. با توجه به شکل ۵، حداکثر دمای شهر بهبهان در چهارم بهمن سال ۱۳۸۷، ۲۷ و حداقل

دما ۳ درجه سانتی‌گراد و در دوم بهمن سال ۱۳۹۲، ۱۹ و حداقل دما ۳ درجه سانتی‌گراد است که این ارقام با داده‌های ایستگاه هم‌دیدگی شهر بهبهان مطابقت دارد که حاکی از درستی نتایج این تحقیق است. شاخص NDVI نشان‌دهنده ویژگی‌های بیوفیزیکی پوشش گیاهی مانند شاخص سطح برگ، ظرفیت فتوسنتزی (میزان کلروفیل)، و فراوانی پوشش گیاهی است. افزایش NDVI به معنی افزایش فراوانی پوشش گیاهی و همگن‌تر و یک‌دست‌شدن پوشش زمین است. اما کاهش NDVI معرف پدیده‌های متنوع‌تر (آب، فضای باز، خاک لخت، ساخت و ساز، و ...) و ناهمگن‌تر شدن موزاییک سرزمین است. با افزایش NDVI (یک‌دست‌تر شدن پوشش زمین) همبستگی LST-NDVI نیز قوی‌تر می‌شود. همچنین، براساس نتایج تجزیه و تحلیل Scatter Plots در مناطق مسکونی، به دلیل وجود کاربری‌ها و عواملی مانند سطوح غیر قابل نفوذ مانند آسفالت، بتن، پوشش گیاهی کم، گرمای ناشی از سوخت‌های فسیلی، و افزایش آلودگی جزایر حرارتی ایجاد شده است. همچنین، مناطق بایر حاشیه شهر به دلیل فقدان پوشش گیاهی، ظرفیت بالای جذب گرما توسط خاک لخت، و ظرفیت هدایتی پایین خاک دمای سطحی زمین آستانه‌های دمایی بالایی را نشان می‌دهند. بنابراین، ضروری است این نوع از اراضی با مدیریت مناسب تغییر کاربری داده شوند و با توجه به کم‌بودن پوشش گیاهی در سطح چنین شهرهایی در این اراضی درخت‌کاری شود و پارک‌های جنگلی و فضای سبز احداث شود. در همین راستا، به دلیل وجود همبستگی بین دمای سطح زمین و شاخص پوشش گیاهی، لزوم و اهمیت حفاظت کاربری پوشش گیاهی و فضای سبز، به‌ویژه در محیط‌های شهری، به‌عنوان یک متغیر بسیار مهم جهت تعدیل شرایط آب و هوایی برای نهادهای مسئول در مدیریت شهری ضروری به‌نظر می‌رسد. همچنین، مدیران و برنامه‌ریزان شهری باید در برنامه‌ریزی‌های آتی به نقش و اهمیت ایجاد فضاهای سبز شهری و گسترش آن توجه ویژه‌ای کنند؛ به‌طوری‌که در حین مطالعه مشخص شد دمای سطحی در بخش‌های پُرتراکم و بایر شهری بیشتر از بقیه مناطق بود.

منابع

۱. خلیل ولی‌زاده، کامران؛ غلام‌نیا، خلیل؛ عینالی، گلزار و موسوی، سید محمد، ۱۳۹۶. برآورد دمای سطح زمین و استخراج جزایر حرارتی با استفاده از الگوریتم پنجره مجزا و تحلیل رگرسیون چندمتغیره (مطالعه موردی شهر زنجان)، نشریه پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، س ۸، ش ۳۰، صص ۳۵-۵۰.
۲. شکیبیا، علیرضا؛ ضیائی‌ان فیروزآبادی، پرویز؛ عاشورلو، داوود و نامداری، سودابه، ۱۳۸۸، تحلیل رابطه کاربری و پوشش اراضی و جزایر حرارتی شهر تهران، مجله سنجش از دور و GIS/ایران، س ۱، ش ۱، صص ۳۹-۵۶.
۳. علوی‌پناه، کاظم، ۱۳۸۵، سنجش از دور حرارتی و کاربرد آن در علوم زمین، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
۴. ملک‌پور، پیمان؛ طالعی، محمد؛ رضایی، یوسف و خوش‌گفتار، مهدی، ۱۳۸۹، بررسی درجه حرارت سطح زمین و ارتباط آن با کلاس‌های پوشش - کاربری زمین شهری با استفاده از داده سنجنده ETM⁺ مطالعه موردی (شهر تهران)، همایش ملی ژئوماتیک.
۵. هاشمی، محمود؛ علوی‌پناه، کاظم و دیناروندی، مرتضی، ۱۳۹۲، ارزیابی توزیع مکانی دمای سطح زمین در محیط زیست شهری با کاربرد سنجش از دور حرارتی، مجله محیط‌شناسی، س ۳۹، ش ۱، صص ۸۱-۹۹.
6. AlaviPanah, K., 2005, *Thermal Detection and Application in Earth Sciences*, Tehran University Press, (in Persian).
7. Crooks, K.R.; Suarez, A.V. and Bolger, D.T., 2004, Avian assemblages along a gradient of urbanization in a highly fragmented landscape, *Biological Conservation*, Vol. 115, PP. 451-462.
8. Dousset, B. and Gourmelon, F., 2003, Satellite multi-sensor data analysis of urban surface temperatures and landcover. *ISPRS J. Photogram. Remote Sens*, Vol. 58, PP. 43-54.
9. Forman, R.T. and Godron, T.M., 1986, *Landscape Ecology*, Wiley, New York, NY, 619 pp.
10. Gallo, K.P., 1993, The use of a vegetation index for assessment of the urban heat island effect, *International Journal of Remote Sensing*, Vol.14, No. 11, PP. 2223-2230.
11. Geist, H. and Lambin, E.F., 2001, What drives tropical deforestation? LUCR Report Series No.4, *LUCR International Project office*, University of Louvain.
12. Gingrich, S.E. and Diamond, M.L., 2001, Atmospherically derived organic surface films along an urban-rural gradient. *Environ. Sci. Tech.* Vol. 35, PP.4031-4037.
13. Goward, S.N.; Cruickshanks, G.D. and Hope, A.S., 1985, Observed relation between thermal emission and reflected spectral radiance of a complex vegetated landscape, *Remote Sensing of Environment*, Vol. 18, PP.137-146.
14. Guhathakurta, S. and Gober, P., 2007, The impact of the Phoenix urban heat island on residential water use. *Journal of the American Planning Association*, Vol.73, No. 3, PP. 317-329.
15. Hahs, A. K. and McDonnell, M.J., 2006, Selecting independent measures to quantify Melbourne's urban-rural gradient. *Landscape Urban Plan.* Vol. 78, No. 4, PP. 435-448.
16. Harrington, L. P., 1977, *The role of urban forests in reducing urban energy consumption*, edited by Proceedings of the Society of American Foresters, pp 60-66.
17. Hashemi, M.; Alavi panah, K. and Dinarvandi, M., 2013, Evaluation of spatial distribution of surface temperature in urban environment Application of Thermal Detection, *Journal of Environmental Studies*, Vol. 39, No. 1, PP. 81-99 (in Persian).
18. Huang, Y. J., 1987, The potential of vegetation in reducing summer cooling loads in residential buildings, *Journal of Climate and Applied Meteorology*, Vol. 26, PP. 1103-1116.
19. Khalil Valizadeh, K.; Gholamnia, Kh.; Einali, G. and Mosavi, S.M., 2017, Estimation of ground temperature and thermal islands extraction using a separate window algorithm and multivariate

- regression analysis (case study of Zanjan city), *Journal Urban research and planning*, V. 8, NO. 30, pp: 35-50 (in Persian).
20. Khan, S.M. and Simpson, R.W., 2001, Effect of a heat island on the meteorology of a complex urban airshed, *Boundary-Layer Meteorology*, Vol. 100, No. 3, PP. 487-506.
 21. Khandelwal, S.; Goyal, R.; Kaul, N. and Mathew, A., 2017, Assessment of land surface temperature variation due to change in elevation of area surrounding Jaipur, India. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*.
 22. Lambin, E. F., 2000, Land cover assessment and monitoring, in WILEY, J.: *Encyclopedia of Analytical Chemistry*.
 23. Landsberg, H. E., 1981, *The Urban Climate*; Academic Press: New York, NY, USA, PP. 84-89.
 24. Liu, L. and Zhang, Y., 2011, Urban Heat Island Analysis Using the Landsat TM Data and ASTER Data: A Case Study in Hong Kong. *Journal Remote Sens* Vol. 3, PP. 1535-1552.
 25. Lu, Y.; Feng, P.; Shen, C. and Sun, J., 2009, Urban Heat Island in Summer of Nanjing Based on TM Data. In *Proceedings of 2009 Joint Urban Remote Sensing Event*, Shanghai, China, 20–22 May , PP. 1-5.
 26. Maimaitiyiming, M.; Ghulam, A.; Tiyip, T.; Pla, F.; Latorre-Carmona, P.; Halik, M.; Sawut, M. and Caetano, M., 2014, Effects of green space spatial pattern on land surface temperature: Implications for sustainable urban planning and climate change adaptation. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. 89, PP. 59-66.
 27. Malekpour, P., Taleai, M., Rezaee, Y. and Khoshgoftar, M., 2010, Survey of Ground Surface Temperature and its Relationship with Classes of Usable Land Coverage Using Sensor Data ETM⁺ (Case study: Tehran), *Geomatics National Conference (in Persian)*.
 28. Mcdonnell, M. J. and Pickett, S.T.A., 1990, Ecosystem structure and function along urban–rural gradients: an unexploited opportunity for ecology. *Ecology*, Vol. 71, PP. 1232-1237.
 29. Mcdonnell, M. J., 1997, Ecosystem processes along an urban-to-rural gradient. *Urban Ecosys*. Vol.1, PP. 21-36.
 30. McIntyre, N. E., 2001, Ground arthropod community structure in a heterogeneous urban environment. *Landsc. Urban Plann*, PP. 52-57.
 31. Oke, T. R., 1982, The energetic basis of the urban heat island, *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, Vol.108, PP. 1-24.
 32. Pouyat, R.V.; Mcdonnell, M. J. and Pickett, S.T.A., 1995, Soil characteristics in oak stands along an urban– rural land-use gradient. *J. Environ. Qual.* Vol. 24, PP. 516-526.
 33. Roth, M.; Oke, T. R., and Emery, W. J., 1989, Satellite derived urban heat islands from three coastal cities and the utilization of such data in urban climatology, *International Journal of Remote Sensing*.
 34. Rouse, J. W.; Haas, R. H.; Schell, J. A. and Deering, D.W, 1973, Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS, Third ERTS Symposium, NASA SP-351 I, PP. 309-317.
 35. Senanayake, I. P.; Welivitiya, W.P. and Nadeeka, P.M., 2013, Remote sensing based analysis of urban heat islands with vegetation cover in Colombo city, Sri Lanka using Landsat-7 ETM⁺ data. *Journal Urban Climate*, PP. 19-35.
 36. Shakiba, A.; Zieaian Firouzabadi, P.; Ashorlo, D. and Namdari, S., 2010 Analysis of the relationship between land use and land cover and thermal islands in Tehran, *Iranian Remote Sensing&GIS*, Vol. 1, No. 1, PP. 39-56 (in Persian).
 37. Sobrino, J. A.; Caselles, V. and Becker, F., 1990, *Significance of the Remotely Sensed Thermal Infrared Measurements Obtained Over a Citrus Orchard*, ISPRS.

38. Sobrino, J.A.; Jiménez, M. and Paolinib, C. J., 2004, Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM5, *Remote Sensing of Environment*, Vol. 90, PP. 434-440.
39. Streutker, D. R. A., 2002, Remote sensing study of the urban heat island of Houston, Texas, *Int. J. Remote Sens*, Vol. 23, PP. 2595-2608.
40. Sun, Q.; Tan, J. and Xu, Y., 2010, An ERDAS image processing method for retrieving LST and describing urban heat evolution: A case study in the Pearl River Delta Region in South China, *Environ. Earth Sci.* Vol. 59, PP. 1047-1055.
41. Tan, J. and Cherkauer, Keith A., 2013, Assessing stream temperature variation in the Pacific Northwest using airborne thermal infrared remote sensing, *Journal of Environmental Management*, Vol. 115, PP. 206-216.
42. U.S. EPA, 2007, Basic Information about Heat Island. Available online from following website: <http://www.epa.gov/heatisland/about/index.html>.
43. Voogt, J.A. and Oke, T. R., 2003, Thermal remote sensing of urban climates, *Remote sensing of environment*. Vol. 86, No. 3, PP. 370-384.
44. Wagrowski, D. M., and Hites, R., 1997, Polycyclic aromatic hydrocarbon accumulation in urban, suburban and rural vegetation, *Environmental Science & Technology*, Vol. 31, No. 1, pp. 279-282.
45. Wear, D.; Turner, M. and Naiman, R., 1998, Land cover along an urban-rural gradient: Implications for water quality. *Ecol. Appl.* Vol. 8, PP. 619-630.
46. Weng, Q. and Schubring, j., .2004, Estimation of land surface temperature-vegetation abundance relationship for urban heat island studies. *Remote Sensing of Environment*. Vol. 89, pp. 467-483.
47. Xian, G. and Crane, M., 2006, An analysis of urban thermal characteristics and associated land cover in Tampa Bay and Las Vegas using Landsat satellite data, *Remote Sensing of Environment*, Vol. 104, No. 2, PP. 147-156.
48. Xiao, R., 2007, Spatial Pattern of impervious surfaces and their impacts on land surface temperature in Beijing, China, *Journal of Environ. Science*, Vol.19, PP. 250-256.
49. Zhan, Q.; Meng, F. and Xiao, Y., 2015, Exploring the relationships of between land surface temperature, ground coverage ratio and building volume density in an urbanized environment. The International Archives of Photogrammetry, *Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. 40, No. 7, PP. 255.