

مطالعه نقش پوشش گیاهی بر شکل‌گیری جزایر حرارتی در شهر تهران (منطقه ۶)

آرین زرفشانی^۱، محمد حسین جهانگیر^۲، فراز علیجانی^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده علوم و فنون نوین دانشگاه تهران

۲- دکترای تخصصی، استادیار، عضو هیأت علمی دانشگاه تهران و مدیر گروه انرژی‌های نو و محیط زیست،

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، تهران.

چکیده

پدیده‌ی جزایر حرارتی شهری را می‌توان یکی از مهم‌ترین مشکلات جامعه شهری دانست. این پدیده مخصوصاً در فصل‌های گرم سال موجب مصرف بیشتر انرژی می‌شود و همچنین اثرات زیان‌باری بر کیفیت زندگی جامعه شهری می‌گذارد. در این مطالعه، ابتدا تصاویر ماهواره‌ای مربوط به فصول مختلف استخراج شدند و به دلیل بیشتر بودن وسعت جزایر حرارتی در فصل تابستان، این فصل مورد مطالعه واقع شده‌است. به منظور پردازش تصاویر ماهواره‌ای برای محاسبه‌ی دمای واقعی و شناسایی جزایر حرارتی در این منطقه از نرم‌افزارهای GIS و ENVI استفاده شده‌است و با داده‌های دمایی ایستگاه ژئوفیزیک مقایسه شده‌اند. به منظور بررسی دقیق‌تر، منطقه‌ی ۶ به ۲۳ بخش که تقریباً مربع‌هایی برابر هم و برابر یک کیلومتر مربع هستند تقسیم شده‌است. براساس نتایج به‌دست‌آمده، مساحت کل جزایر حرارتی موجود در منطقه‌ی مورد مطالعه برابر ۱۲۲۱۳۰۰ مترمربع است، مساحت کل پوشش گیاهی موجود در منطقه مورد مطالعه، ۷۲۳۰۶۰۰ مترمربع بوده‌است. براساس یافته‌های این مطالعه، در مناطقی که پوشش گیاهی متراکم‌تری وجود دارد، دما پایین‌تر از مناطقی است که از پوشش گیاهی ضعیفی برخوردار هستند و از این‌رو می‌توان برای کاهش شدت جزایر حرارتی و متعادل کردن دمای محیط شهری از گیاهان استفاده کرد. استفاده از پوشش گیاهی در مقیاس کلان حتی می‌تواند با تأثیر بر کاهش دمای محیط، مخصوصاً در روزهای گرم، به تدریج باعث تغییر در وضعیت آب‌وهوایی محیط خواهد شد.

کلید واژه‌ها: انرژی، کیفیت زندگی، تصاویر ماهواره‌ای، محاسبه‌ی دما، تابستان.

مقدمه

با یک بررسی ساده در محیط پیرامون می توان دریافت که در طی دو الی سه دهه گذشته شهرها در دو جهت افقی و عمودی گسترش بسیاری داشته اند. این پدیده مشکل آفرین باعث شده است مناطقی که تا گذشته ای نه چندان دور سرشار از گیاهان گوناگون و انبوه رستنی ها بوده است، امروزه از بتن و اسفالت تیره رنگ پوشیده شده باشد. این مطلب تأثیر شگرف و بسزایی بر روی هوای مناطق گوناگون شهر، از دیدگاه خرد هواشناسی (هواشناسی در مقیاس کوچک)، می گذارد. یکی از پیامدهای آشکار آن افزایش درجه حرارت در نقاطی است که به ویژه ساختمان های بیشتر و متراکم تر دارد و پوشش گیاهی از تراکم کمی برخوردار است. توسعه جزایر حرارتی شهری زمانی رخ می دهد که بخش بزرگی از پوشش گیاهی طبیعی زمین در یک منطقه جای خود را به سطوح ساخت و ساز شده بدهد در نتیجه رطوبت کم ناشی از نبود پوشش گیاهی و سطوح نفوذناپذیر حجم زیادی از تابش خورشیدی در طول روز جذب شده و سپس در طول شب بازتاب می شود. در یک شهر، دمای هوا، اغلب به اندازه ی ۳ تا ۴ درجه ی سانتی گراد بالاتر از سایر مناطق غیرشهری است (Oke, 1982). به اختلاف دمای جزایر حرارتی و محیط پیرامون شدت جزایر حرارتی گفته می شود به طوری که هرچه دمای جزایر حرارتی بیشتر از محیط باشد، شدت جزایر حرارتی بیشتر است، شدت جزایر حرارتی شهری بسته به فصل، تابش خورشید و ویژگی های شهر می تواند بین ۰ تا ۷ درجه ی سانتی گراد تغییر کند. در یک روز داغ تابستانی، خورشید، سطوح بی پناه و خشک مانند پشت بام ها و سطوح سخت خیابان ها را گاهی تا ۲۰ تا ۵۰ درجه ی سلسیوس نسبت به محیط گرم تر می کند و این در حالی است که سطوح سایه یا مرطوب اغلب در حومه های شهر، دمایی در حدود دمای هوا دارند. جزایر حرارتی شهری در طول روز و شب وجود دارند اما در روز وقتی که خورشید می تابد شدیدتر هستند (Ghobadi et al., 2018). جزایر حرارتی شهری منبع گردش بادهای شهری نیز است. این جریان در نتیجه ی گرما و فشار سطوح شیب دار افقی پدید می آید. در نتیجه، هوای گرم تر در بالای شهر تشکیل شده و گردش محلی آن همراه با هوای سردتر از محیط های روستایی که به سمت مرکز شهر حرکت می کند آغاز می شود. شهرها همواره تحت تأثیر نیروها و عوامل گوناگونی شکل گرفته و گسترش می یابند و از لحاظ کالبد

بزرگتر و از لحاظ ساخت پیچیده تر می شوند (Hidalgo et al., 2010). این تغییرات اثرات متفاوتی بر آب و هوا در مقیاس محلی و جهانی ایجاد کرده و موجبات تغییر اقلیم در شهرها را فراهم آورده است. امروزه موضوع تغییر اقلیم به دلیل پیامدهای زیست محیطی، اقتصادی، اجتماعی و حتی سیاسی به یکی از مباحث مهم برای آشکارسازی نمودهای مختلف این پدیده تبدیل شده است. دو دسته مجزا از جزایر حرارتی شهری اغلب تعریف می شود؛ جزایر حرارتی شهری اتمسفری که از طریق اندازه گیری دما در لایه ی تاج پوشش شهر از طریق زمینی، هوا برد و حسگرهای نصب شده در برج های بلند برای لایه مرزی در مناطق شهری تعیین می شود، دسته دوم جزایر حرارتی شهری سطحی است و مبنی بر داده های حرارتی سنجش از دور است. جزایر حرارتی شهری سطحی اغلب در طول روز و شب نمایان می شوند، اما در طول روز تابش آفتاب آن را تشدید می کند. بسته به فصل، همان طور که پوشش زمین و هوا تغییر می کند، شدت جزایر حرارتی شهری سطح نیز متغیر است. گرم تر بودن هوا در برخی مناطق شهری، در مقایسه با دیگر مناطق شهری، جزایر حرارتی اتمسفری نامیده می شود. تعریف ساده ای از «جزیره حرارتی شهری» به این صورت است که هر محدوده ای که انسان در آن به ساخت و ساز پرداخته و دمای آن منطقه در مقایسه با مناطق پیرامونی اش به طور قابل ملاحظه ای بالاتر است را جزایر حرارتی گویند. تفاوت میان درجه ی حرارت شهر و حومه را شدت جزیره حرارتی می نامند (Moreno-garcia, 1994). دما مهم ترین خصوصیت اقلیم شهری محسوب می شود بررسی های دمایی نشان داده است که خطوط هم دمای شهری مانند خطوط هم دمای یک جزیره قابل ترسیم است که سبب شده به آن جزایر حرارتی گفته شود. گرم تر شدن محیط شهری یکی از آثار ناآگاهانه توسعه شهری ناپایدار است که جزیره حرارتی نامیده می شود. جزایر حرارتی شهری از دویست سال پیش، شناخته شده بودند. لوک هاوارد در ۱۸۱۳ این پدیده و علل عمده ی آن را شناسایی کرد. باوجود جزیره حرارتی تعداد روزهای گرم در سال نیز افزایش می یابد. حتی شهرهای کوچک تر و شهرک ها نیز جزایر حرارتی تولید می کنند، هرچند این تأثیر اغلب با کوچک شدن اندازه شهر کاهش می یابد. موضوع توسعه یافتن شهرها و ارتباط آن با جزیره حرارتی شهری موضوع بسیار مهمی است که باید ابتدا درک و سپس کنترل شود و در روند توسعه ی شهرها

برنامه‌ریزی گردد (Weng et al, ۲۰۰۴). ارتباط قوی‌ای بین جزیره‌حرارتی شهری و مناطقی با میزان پراکنش کم گیاهی وجود دارد. کمبود فضاهای سبز و آبی (پارک، بلوار و میدان سبز، پهنه‌های آبی و رود و...) در شهر مانع از جذب و اتلاف انرژی توسط ساختارهای شبه طبیعی در فرایندهایی مانند تبخیر و تعرق شده و در نتیجه، درجه حرارت شهر را رو به افزایش می‌گذارد. حرکت آب از لایه‌های سطحی و زیرسطحی به اتمسفر فاکتور مهمی برای کنترل جزایرحرارتی شهری است، زیرا بخشی از انرژی تابشی خورشید که توسط سطح جذب می‌شود را به گرمای نهان تبدیل می‌کند. پوشش گیاهی ارتباط مستقیمی با خصوصیات رطوبتی، حرارتی و تابشی دارد. پوشش گیاهی به نوبت از اقلیم محلی و ناحیه‌ای که متأثر از ویژگی‌های فیزیکی سطح زمین است، نیز تأثیر می‌پذیرد (Givoni, ۱۹۹۱). برای مواجهه با مسئله جزایرحرارتی شهری بسیاری از دانشمندان راهکارهایی از قبیل افزایش بازتاب شهری و افزایش پوشش گیاهی شهری را پیشنهاد داده‌اند. با افزایش بازتاب از سطوح شهری، هدف به‌سوی حذف تابش خورشیدی است که در غیر این صورت انرژی خورشیدی به گرما تبدیل می‌شود. در حالت دوم، با افزایش پوشش گیاهی، تبخیر و تعرق افزایش یافته و امکان تبدیل تابش خورشیدی جذب شده به گرمای نهان را فراهم می‌کند. این گرمای نهانی تبخیر، موجب تغییر حالت آب از مایع به بخار می‌گردد، وجود این روند، دمای مناطق غیرمسکونی را افزایش نمی‌دهد، اما شهرها برخلاف مناطق غیرشهری، خاک و گیاه کمتری دارند، در نتیجه مقدار زیادی از انرژی ورودی خورشید، مستقیم موجب گرمای خیابان‌ها و ساختمان‌ها می‌گردد، این روند موجب افزایش سریع‌تر دمای هوای شهرها می‌شود. در طی شب، گرمای ذخیره شده در خیابان‌ها و ساختمان‌ها به‌آهستگی به هوا گسیل می‌شود که روند کاهش دما را کند می‌کند. این اثر موجب گرم‌تر شدن محدوده‌ی شهری می‌شود. ساختمان‌های بلندتر، گرمای بیشتری را در خود ذخیره کرده و روند خنک شدن هوا را کندتر می‌کنند. اهمیت پوشش گیاهی در مناطق شهری در جذب و انعکاس تشعشعات خورشیدی است. پوشش گیاهی در مناطق شهری ازاین‌جهت حائز اهمیت است که می‌تواند شرایط محیطی و تبادلات انرژی را به‌وسیله‌ی انعکاس انتخابی و جذب تشعشعات خورشیدی کنترل نماید. پوشش گیاهی و سایه‌اندازی درختان و تغییر مصالح کف، می‌توانند راهبردهای اصولی جهت بهبود

بخشیدن به شرایط آسایش محیطی عابران پیاده در ماه‌های گرم سال نیز باشند. در حالت کلی پوشش گیاهی می‌تواند باعث افزایش کیفیت فضایی محیط گردد. سطوح گیاهان به طور قابل‌توجهی خنک‌تر باقی می‌مانند، پس جرم حرارتی سطوح شهری می‌تواند تأثیر قابل‌توجهی در ذخیره حرارت داشته و خرد اقلیم مجموعه را تحت تأثیر خود قرار دهد. پوشش گیاهی شامل درخت‌ها، بوته، درختچه، بالارونده‌ها و علف‌ها می‌شود. اثر سایه و نرخ تبخیر و تعرق درختان بستگی به ارتفاع، هندسه‌ی تاج درختان و شاخص سطح شاخ و برگ‌ها و شکل بالغ درختان نیز دارد (Turner et al, ۱۹۹۹). در ابتدا در سال ۱۸۱۳ هاورد اولین فعالیت خود را تحت عنوان اقلیم لندن بر پایه‌ی مشاهدات هواشناسی در سال ۱۸۱۳ منتشر کرد، زمانی که لوک هاورد اقلیم شهر لندن را برای کشاورزی‌اش مطالعه می‌کرد؛ یک گرمای مصنوعی قابل‌توجه را در این شهر در مقایسه با میانگین دمایی دیگر نقاط کشور متوجه شد (۲۰۰۹، Jones & Lister). پس از او، حدود ۳۰ سال بعد، چندلرز مطالعاتی را تحت عنوان اقلیم لندن منتشر کرد و به شناسایی جزایرحرارتی پرداخت. امیلین رنو چنین مشاهداتی را برای شهر پاریس در نیمه دوم قرن ۱۹ ثبت کرده‌است (۲۰۰۸، Gaffin et al). اوک در سال ۱۹۷۳، با در نظر گرفتن جمعیت به‌عنوان پارامتر مشخص‌کننده‌اندازه شهر، رابطه‌ی لگاریتمی بین پیشینه‌ی تغییرات شدت جزایرحرارتی و جمعیت را به دست آورد. بر اساس نظر وی، پیشینه‌ی تغییرات شدت جزایرحرارتی با تغییرات جمعیت دارای رابطه‌ای مستقیم است (Oke, ۱۹۷۳). سندبرگ در سال ۱۹۵۴، ارتباط شدت جزیره‌ی حرارتی را با عناصر هواشناسی نظیر ابرناکی، باد، دما و رطوبت با استفاده از مدل رگرسیونی چندگانه بررسی کرد، او نشان داد که پارامترهای ابرناکی و سرعت باد به طور منفی با شدت جزیره‌ی حرارتی سازگاری دارد (Goward, ۱۹۸۱). وانگ و همکاران در مطالعه‌ای بیان کردند که ژانگ چائو و چو شوژنه در سال ۱۹۸۲ به مطالعه‌ی جزایرحرارتی پرداختند و در نتیجه جزایرحرارتی هونگ‌کونگ شناسایی شد و در سال ۱۹۸۸، تأثیرات جزایرحرارتی شهری در تیانجین را بررسی کردند (Wang et al, ۲۰۱۶). مطالعه‌ی جزایرحرارتی در گذشته با استفاده از اندازه‌گیری دما در ایستگاه‌های هواشناسی و اتومبیل‌های مخصوص ثبت دما انجام می‌شد (۲۰۰۳، Streutker). گالو و همکارانش در سال ۱۹۹۳ نیز بیان نمودند که شاخص‌های گیاهی، رابطه خطی با تفاوت دمای شهر و

تغییرات اقلیم محلی می‌شود (Atkinson, ۲۰۰۳). گوپتا در سال ۲۰۰۳ در تحقیقی نشان داد؛ شدت جزایر حرارتی با شار حرارتی، قابلیت تابش، ضریب دید آسمان، مقاومت سطحی برابر تبخیر و اینرسی گرمایی دارای ارتباط است (Gupta, ۲۰۰۳). در سال ۲۰۰۵، ونگ و یو در تحقیقی نشان دادند که روزها در اثر تابش آفتاب، کفپوش معابر گرم شده و با بالا رفتن دمای سطح، گرمای اضافی را به محیط بازتابش می‌کنند. شب‌ها به دلیل خاصیت انتشار سطح کفپوش، گرمای سطح به‌سوی آسمان سرد شب تابش کرده و موجب خنک شدن هوای اطراف و سرد شدن جزیره‌ی حرارتی زیر لایه‌ی تاج شهر می‌شود (Wong & Yu, ۲۰۰۵). کوتلر و وینرت در سال ۲۰۰۵، با استفاده از رابطه‌ی لگاریتمی و شاخص‌های جمعیت، شرایط آب هوایی شامل سرعت باد و پوشش ابر به ارزیابی جزایر حرارتی پرداختند. نتایج نشان‌دهنده‌ی اثر مستقیم جمعیت بر جزایر حرارتی و اثر معکوس سرعت باد و پوشش ابر بر این پدیده است (Kuttler & Wienert, ۲۰۰۵). در تحقیقات بتیان و همکارانش در سال ۲۰۰۵، نیز نشان داده شد که شدت جزایر حرارتی در مناطق با سرعت شهرنشینی بالا بسیار بیشتر از سایر مناطق بوده است (Bottyán et al, ۲۰۰۵). رنجبر در سال ۲۰۰۵، اختلاف دمای نقاط منتخب را با انتخاب یک و یا چند ایستگاه اندازه‌گیری دما به‌عنوان نماینده‌ی نواحی توسعه‌یافته و کمتر توسعه‌یافته‌ی شهری (یا روستایی)، بررسی نموده و به این نتیجه دست یافت که دما در مناطق توسعه نیافته کمتر از مناطق توسعه یافته است (Ranjbar, ۲۰۰۵). علیجانی و صفوی در ۱۳۸۵، در مورد دمای تهران بیان کرد که اقلیم تهران در طول دوره‌ی زمانی مورد مطالعه‌اش مرتب در حال گرم‌تر شدن بوده است. وی نتیجه گرفته است که میانگین دمای تهران در طول این دوره افزایش داشته است و شب‌های تهران نسبت به سال‌های گذشته گرم‌تر شده است. درحالی‌که دماهای کمینه‌ی تهران افزایش معناداری داشته و تعداد و شمار و روزهای یخبندان در طول این دوره، افزایش چشمگیری داشته است (۱۳۸۵، علیجانی و صفوی). نظریان و همکاران در سال ۱۳۸۶، با استفاده از روشی جدید که مبتنی بر داده‌های اپتیکی و حرارتی سنجش‌ازدور بود، نقشه‌ی درجه حرارت سطح شهر تهران و توزیع آلاینده‌ها را بر روی این شهر تهیه کردند و شرایط مورفولوژیکی مؤثر در کیفیت هوای شهر را مطالعه نمودند و نتایج نشان داد که در مکان‌هایی که آلاینده‌ها بیشتر هستند، دما نیز بیشتر است (۱۳۸۶، نظریان و همکاران).

روستا دارد (Gallo et al, ۱۹۹۳). اوک در سال ۱۹۹۵ دریافت که معمولاً جزیره‌ی حرارتی تحت شرایط پایدار جوی، تشکیل و توسعه می‌یابد. در بیشتر شهرهای بزرگ و صنعتی، شهرنشینی تغییرات قابل ملاحظه‌ای در شاخص‌های جوی و ویژگی‌های سطح زمین به وجود آورده و در نتیجه سبب تغییرات وضع هوا و اقلیم محلی شده است (Oke, ۱۹۹۵). در سال ۱۹۹۸، مطالعات سنول توسط گالی و اکسلویی انجام شد و با استفاده از داده‌های دمایی چشم‌انداز حرارتی شهری مطالعه شد، مبنای این مطالعات، سنجش دما در یک محیط شهری گسترده بر اساس داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی بود. اما توزیع یکنواخت و تعداد اندک این ایستگاه‌ها سبب شد تا این داده‌ها آن‌طور که باید برای نمایش پراکندگی‌ها در سرتاسر یک منطقه مورد اعتماد نباشند (Gartland, ۲۰۱۲). کامریه در سال ۲۰۰۰ میلادی، در خصوص جزیره‌ی حرارتی شهرهای آریزونا و تاکسون امریکا نشان می‌دهد که بادهای محلی ترازهای پایین جو، به طور چشم‌گیری اثر جزیره‌ی حرارتی را از بین می‌برد و ریزش هوای سرد از دره‌های مجاور نیز امکان به وجود آمدن جزیره‌ی حرارتی را نمی‌دهد، نتایج حاصل از شبیه‌سازی نشان می‌دهد که در زمان استقرار توده هوای سرد، جزیره‌ی حرارتی به خوبی تشکیل می‌شود و از شدت بیشتری برخوردار است. درحالی‌که در زمان استقرار توده هوای گرم، امکان تشکیل و توسعه‌ی جزایر حرارتی در ساعات شب به خوبی فراهم نمی‌شود و در نتیجه جزایر حرارتی از شدت ضعیفی برخوردار است (Comrie, ۲۰۰۰). توروک و همکاران در سال ۲۰۰۱ دریافت که در الگوی جزیره‌ی حرارتی معمولاً از لگاریتم جمعیت شهری، می‌توان برای بررسی شدت جزیره‌ی حرارتی استفاده کرد (Torok et al, ۲۰۰۱). براساس مطالعاتی که روی شهر سنول در سال ۲۰۰۲ توسط کیم و بایک انجام شد مشخص شد که بیشترین مقدار شدت جزیره‌ی حرارتی در پاییز و زمستان و کمترین مقدار در بهار و تابستان رخ می‌دهد (Kim & Baik, ۲۰۰۲). آنکینسون در سال ۲۰۰۳ بیان داشت که آثار محیط‌های شهری روی جو و لایه‌ی مرزی آن بیشتر به‌صورت جزیره‌های حرارتی ظاهر می‌شوند از مهم‌ترین منابع تزریق گرما به لایه‌های زیرین جو در محیط‌های شهری، گسیل گرما به موجب فعالیت‌های انسانی گرمایش مسکونی، واحدهای صنعتی، وسایل موتوری است، به‌طورکلی توسعه شهری علاوه بر تغییرات دما، روی بارش و رطوبت و کیفیت هوا نیز آثار قابل‌توجهی داشته و در طولانی مدت، سبب

برای تجزیه و تحلیل سایت شهری کلمبو عنوان پژوهش‌های دیگری است که همین نویسندگان انجام داده‌اند، این پژوهشگران به این نتیجه دست یافتند که بندر کلمبو کمترین پوشش گیاهی و بیشترین مراقبت را داراست (۲۰۱۳، Senanayake et al). نتایج تحقیقی در سال ۲۰۱۴ توسط روزنستی و همکاران اینگونه بیان شد که دمای سطح زمین پارامتر مهمی است که می‌تواند نشان‌دهنده تغییرات در سطح زمین باشد که اخیراً در بسیاری از مطالعات منطقه‌ای، از قبیل تغییر جهانی آب و هوا، فرآیندهای هیدرولوژیکی و کشاورزی، و کاربری و پوشش زمین شهری و بررسی رطوبت خاک به عنوان یک عامل مهم مطرح شده است (۲۰۱۴، Rozenstein et al). علوی پناه و همکاران در سال ۲۰۱۵ بیان داشتند، افزایش دمای سطح زمین و شکل‌گیری جزایر حرارتی در مناطقی که بدون برنامه‌ریزی قبلی به شهر یا کلان‌شهر تبدیل شده‌اند، یکی از مشکلات زیست‌محیطی اساسی است (۲۰۱۵، Alavipannah et al). طی مطالعه‌ای، علیجانی و همکاران در سال ۱۳۹۵ به محاسبه شدت جزیره حرارتی بر اساس هندسه شهری پرداختند. بر اساس نتایج به دست آمده شبیه‌سازی و محاسبه حداکثر شدت جزیره حرارتی با بناهای بلندمرتبه و عرض کم معابر دارای ارتباط مستقیم است (۱۳۹۵، علیجانی و همکاران). طبق مطالعه‌ای خندلوال و همکاران در سال ۲۰۱۷، دمای سطح زمین یکی از پارامترهای کلیدی در کنترل فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی در پروسه‌های زمین و عامل مهمی برای مطالعه آب‌وهوای شهری محسوب می‌شود (۲۰۱۷، Khandelwal et al). تسو و همکاران در سال ۲۰۱۷ دریافتند، هر چند علل جزیره‌ای حرارتی می‌تواند متنوع باشد، از جمله عوامل طبیعی و عوامل انسانی که علت اصلی آن تغییر در استفاده از زمین است؛ علاوه بر این، عواملی مانند پیکربندی شهری، انتشار گرما از منبع گرمای انسانی، آلودگی هوا، موقعیت جغرافیایی و آب‌وهوا نیز بر روی آن تأثیر می‌گذارد (۲۰۱۷، Tsou et al). هارت و فلدمن در سال ۲۰۱۸ دریافتند که فعالیت‌های بشر، وضعیت جوی کره زمین را تغییر می‌دهد و باعث بروز تحولات مخربی بر روی خشکسالی، رشد و نمو گیاهان، تنوع زیستی، خصوصیات خاک، جنگل‌ها و آب‌های زیرزمینی و در نتیجه تغییر اقلیم می‌شود (۲۰۱۸، Hart & Feldman). شیروانی مقدم و سعیدی مفرد در پژوهشی در سال ۱۳۹۷، با استفاده از مدل‌های ریاضی و آماری جهت بررسی نحوه‌ی

در سال ۲۰۰۹ فری و دیگران با مطالعه جزایر حرارتی به این نتیجه رسیدند که مناطق ساخته شده‌ی شهری که در آب‌وهوای خشک و نیمه خشک قرار گرفته‌اند، دمای سطحی کمتری را نسبت به محیط اطراف خشک غیر شهری خود دارند که با عنوان جزایر سرمایشی شناخته می‌شوند و نقطه مقابل جزایر حرارتی هستند (۲۰۰۹، Frey et al). در سال ۲۰۱۰ تن و همکاران دریافتند که تأثیر بر کیفیت آب شهری، ناهنجاری‌های دمایی، امواج گرمای تولید شده، الگوهای آب‌وهوایی مانند ویژگی‌های بارش باران و باد، سایر آثار سوء جزایر حرارتی شهری هستند (۲۰۱۰، Tan et al). دوانتان‌ها در سال ۲۰۱۱ دریافتند، جزایر حرارتی باعث می‌شوند، تولید گازهای آلاینده، فشارهای روانی بر شهروندان و فرآیند افزایش هزینه تولید انرژی را در سطح شهر افزایش یابد (۲۰۱۱، Devanathan & Devanathan). در سال ۱۳۸۹، رضانی و دخت محمد، جزیره حرارتی شهر رشت را با استفاده از آمار روزانه ایستگاه‌های سینوپتیک مستقر در شهر و حومه‌ی شهر مطالعه کردند که نتایج حاصل از مقایسه داده‌ها نشان داد که در شرایط کمینه، دمای بین و مرکز جزیره حرارتی و نواحی اطراف اختلاف دمایی معادل ۲ الی ۵/۵ درجه‌ی سانتی‌گراد دارند. در شرایط بیشینه‌ی دما این اختلاف بین ۳ تا ۶/۵ درجه‌ی سانتی‌گراد متغیر است (۱۳۸۹، رضانی و دخت محمد). در سال ۲۰۱۰، جیانگ و تیان در پژوهشی با استفاده از شاخص‌های گیاهی، اثرهای زیانبار تغییرات پوشش و کاربری سطح زمین روی دمای سطح زمین را از سه تصویر سنجنده‌های لندست ۷ و لندست ۸ بررسی کردند. برای این کار شاخص پوشش گیاهی را از تصاویر به دست آوردند. نتایج آنان نشان داد که تغییر کاربری زمین، عامل مهمی برای افزایش دمای سطح زمین است. همچنین نتایج این بررسی نشان‌دهنده‌ی درجه حرارت بالا در مناطق با پوشش گیاهی پراکنده و درجه حرارت پایین در مناطق با پوشش گیاهی متراکم بود (۲۰۱۰، Jiang & Tian). سینانیک و همکاران در سال ۲۰۱۳ در ارزیابی جزایر حرارتی شهری با بهره‌گیری از پوشش گیاهی در شهر کلمبو سریلانکا بر اساس سنجنش دمای سطح زمین و شاخص قیاسی بین دمای سطح زمین و شاخص نرمال پوشش گیاهی، به این نتیجه رسیدند که مناطق ساحلی و بندرکلمبو، حساس‌ترین مناطق زیست‌محیطی جزایر حرارتی شهری هستند. تجزیه و تحلیل فضای سبز شهری برای برنامه‌ریزی توسعه در کلمبو و بررسی فضای سبز مورد نیاز

منفی بین آنها وجود دارد و زمانی که سطوح نفوذناپذیر افزایش یابد داده‌های مادون‌قرمز حرارتی کاهش می‌یابد (Xian, ۲۰۰۶). Amiri & Crane). امیری و همکاران در سال ۲۰۰۹، به بررسی تغییرپذیری فضایی زمانی حرارت در زمینه‌ی کاربری اراضی شهر تبریز پرداختند و نتیجه گرفتند که کاربری مسکونی گرم‌ترین کلاس کاربری در سال ۱۳۷۷ بوده‌است درحالی‌که در سال‌های ۱۳۶۸ و ۱۳۸۰ زمین‌های بایر گرم‌ترین کلاس کاربری بوده‌اند (Amiri et al, ۲۰۰۹). شکبیا و همکاران (۱۳۸۸) نیز بیان نمودند که سطوح نفوذناپذیر از طریق جذب و ذخیره‌ی انرژی خورشیدی اثر گرمایش دارند، درحالی‌که پوشش گیاهی از طریق ایجاد توازن گرمایی به‌وسیله‌ی تبخیر و تعرق و تولید سایه دارای اثر خنک‌کننده‌اند (۱۳۸۸، شکبیا و همکاران). ملک‌پور و طالعی در سال ۱۳۹۰ مشاهده نمودند که وابستگی شدید بین درجه حرارت سطح و مقادیر شاخص نرمال پوشش گیاهی برای کلاس‌های مناطق ساختمانی کم تراکم، پوشش گیاهی تنک و زمین کشاورزی کشت شده وجود دارد (۱۳۹۰، ملک‌پور و طالعی). کامارزamy و همکاران در سال ۲۰۱۰، دریافتند که اختلاف بین پوشش سطوح در مناطق شهری و غیر شهری از لحاظ ساختار سه بعدی مناطق ساخته شده از یک سو و جذب حرارت مصالح ساختمانی به کار برده شده، بازتاب سطح و مقدار پوشش گیاهی از سوی دیگر، تغییرات بنیادینی را در ماهیت منطقه‌ی ساخته شده‌ی شهری به وجود می‌آورد (Comarazamy et al, ۲۰۱۰). این لیو و یوانژی ژانگ در سال ۲۰۱۱ تحلیل کردند که همبستگی منفی میان دمای سطح زمین و پوشش گیاهی وجود دارد (۲۰۱۱، Liu & Zhang). خسروی و قبادی در سال ۱۳۹۰، جایگاه سامانه‌ی بام سبز را در تعدیل جزیره‌حرارتی شهری کرج تبیین کرده‌اند، یافته‌های آنان نشان داد کاهش چشمگیری در ظرفیت حرارتی وجود دارد. این نویسندگان پیشنهاد دادند برنامه‌ریزان، جزیره‌حرارتی کلان‌شهر کرج را با توسعه‌ی بام سبز کاهش دهند (۱۳۹۰، خسروی و قبادی). فیضی زاده و بلاشکه در سال ۲۰۱۳، یک اتحاد از تحلیل ترکیب طیفی و شاخص سنجش‌ازدور عضو نهایی برای استخراج دمای سطح زمین را و برای شناسایی جزایر حرارتی شهری و به‌منظور بررسی رابطه‌ی کاربری زمین پوشش زمین و آلودگی هوا در شهرستان تبریز، ارائه کردند، نتایج نشان داد که دمای سطح زمین به شدت توسط کاربری و پوشش زمین تحت تأثیر قرار می‌گیرد و اینکه جزایر حرارتی شهر به دمای سطح زمین با کاربری و

استقرار جمعیت و تغییرات در فاصله‌ی زمانی ده‌ساله، دو سرشماری ۱۳۷۵ و ۱۳۸۵ صورت گرفته و تأثیر آن بر عملکرد جزیره‌حرارتی نواحی شهری در محدوده‌ی جغرافیایی استان مشهد بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که بین نوسانات آنتروپی جمعیت و شدت جزیره‌حرارتی در شهرها همبستگی مثبتی حاصل گشت. بدین صورت که شهرهایی که جمعیت بیشتری دارند، گرمای مصنوعی بیشتری نیز تولید می‌کنند و هرچه میزان افت دما در مناطق حومه و اطراف شهرها بیشتر شود، شدت جزیره‌حرارتی افزایش می‌یابد و حرارت کرج ۳ تا ۵ درجه بیشتر از حومه خود است و همچنین تغییرات جمعیت از کلان‌شهر به شهرهای میانی در ارتباط با تغییر آستانه‌ی باد نیز روند کاهشی را نشان می‌دهد (۱۳۹۷، شیروانی مقدم و سعیدی مفرد). گالو و همکارانش در سال ۱۹۹۳ نیز بیان نمودند که شاخص‌های گیاهی، دارای رابطه‌ی خطی با تفاوت دمای شهر و روستا است (Gallo et al, ۱۹۹۳). اکبری در سال ۲۰۰۱، نشان داد که کاربری‌های متفاوت دارای میانگین حرارتی متفاوت هستند و بر اساس نتایج در مناطقی که پوشش گیاهی وجود دارد، دما کاهش داشته‌است و کاربری مسکونی دارای بیشترین دما بوده‌است (Akbari et al, ۲۰۰۱). ونگ در سال ۲۰۰۱ به این نتیجه دست یافت که یکی از عمده‌ترین دلایل آثار نامطلوب زیست‌محیطی، حذف و جایگزینی پوشش گیاهی با ساختمان‌هاست که این امر به فروپاشی چرخه‌ی زیست‌محیطی منجر می‌شود و همچنین نقش عمده‌ای در شکل‌گیری جزایر حرارتی شهری خواهد داشت (Weng, ۲۰۰۱). در مطالعه‌ی استراوتکر در سال ۲۰۰۳ که با هدف دانستن ظرفیت‌های ذخیره حرارتی سطوح و تأثیرات آن بر روی دمای لایه‌ی هوای شهر در هوستون امریکا صورت پذیرفت، قدرت تفکیک مکانی تا ۱۶۰ متر افزایش یافت که فقط برای تهیه‌ی نقشه‌ی بزرگ مقیاس هر شهر مناسب بود. نگرش اصلی در این مطالعه، بررسی محیط حرارتی شهری در ارتباط با ویژگی‌های پوشش سبزی‌نگی سطح زمین بود (Streutker, ۲۰۰۳). لوالیوس در سال ۲۰۰۵ با بررسی سطوح تشکیل دهنده‌ی محیط شهری در تعادل حرارتی شهرها، سطوح بام را رابط کلیدی در تبادل حجمی انرژی یافت و سامانه تعادل را در مدل‌سازی خرداقلیم محلی بام سبز به کار برد (Levallius, ۲۰۰۵). در سال ۲۰۰۶، شیان و کرین به بررسی ارتباط میان داده‌های مادون‌قرمز حرارتی با پوشش سطوح نفوذناپذیر پرداختند و دریافتند که رابطه‌ای

پوشش زمین مرتبط است (Feizizadeh & Blaschke, ۲۰۱۳). تغییرات زمانی - مکانی جزایر حرارتی شهری کلان‌شهر کانو در نیجریه، عنوان پژوهشی است که اومار و کومار در سال ۲۰۱۴ انجام دادند؛ آنها با استفاده از شاخص قیاسی وضع بحرانی زیست‌محیطی، دریافتند شدت جزایر حرارتی شهری با پوشش گیاهی رابطه‌ی منفی دارد و فرودگاه بین‌المللی شهر کانو بزرگ‌ترین جزایر حرارتی شهری را به خود اختصاص داده که در دوره‌ی گرم سال، طاقت فرساست (Umar & Kumar, ۲۰۱۴). بررسی گائو و همکاران در سال ۲۰۱۵ در گوانگژو مرکز استان گوانگدونگ چین نشان داد فقر پوشش گیاهی و تمرکز مناطق ساخت شهری، مهم‌ترین عوامل بیوفیزیکی شهری هستند که بیشترین تأثیر را بر خوشه‌ای شدن جزایر حرارتی شهری داشته و مناطق غربی بیشترین ویرانی زیست‌محیطی را دارند (Guo et al, ۲۰۱۵). نتایج مطالعه گنسامو و همکاران در سال ۲۰۱۶ نشان‌دهنده‌ی ارتباط خشکسالی و کاهش سبزی‌نگی بر دمای سطح و هم بر دمای هواست و یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر دمای هوا سایه‌اندازی‌ها و ضریب آسمان قابل رؤیت بر پایه محصوریت کالبدی و فضای سبز است (Gonsamo et al, ۲۰۱۶).

مواد و روش‌ها

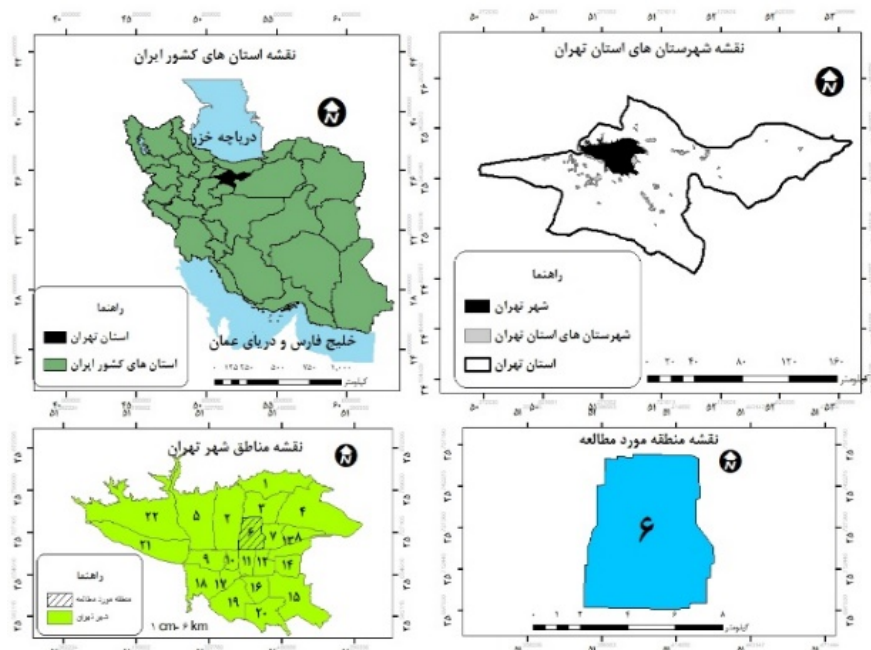
منطقه مورد مطالعه

استان تهران به مرکزیت شهر تهران، با وسعتی حدود ۱۲۹۸۱ کیلومتر مربع، بین ۳۴ تا ۳۶٫۵ درجه‌ی عرض شمالی و ۵۰ تا ۵۳ درجه‌ی طول شرقی واقع شده‌است. این استان از شمال به استان مازندران، از جنوب به استان قم، از جنوب‌غربی به استان مرکزی، از غرب به استان البرز و از شرق به استان سمنان محدود است. جمعیت این استان طبق سرشماری سال ۱۳۹۵ بالغ بر ۱۳۲۶۷۶۳۷ نفر بوده‌است که ۱۲۴۵۲۲۳۰ در نقاط شهری و ۸۱۴۶۹۸ در نقاط روستایی ساکن هستند. مرکز این

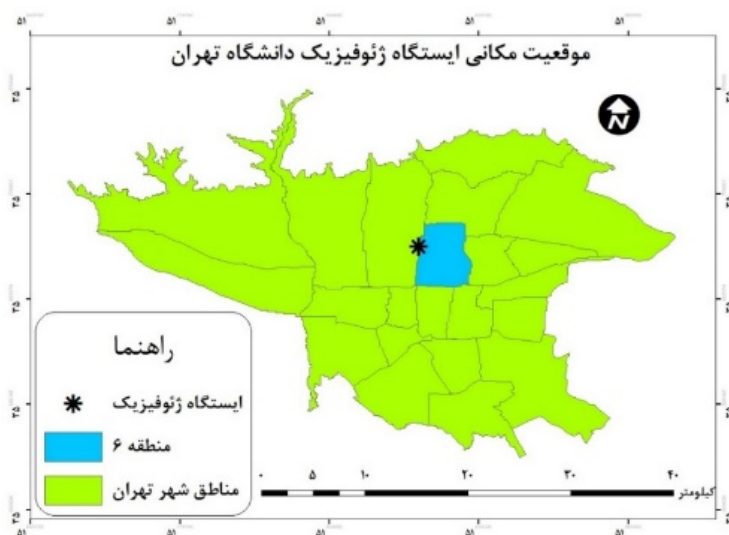
استان شهر تهران است. شهر تهران پایتخت کشور ایران نیز به شمار می‌رود. ارتفاع کنونی تهران از سطح دریا در حدود ۹۰۰ تا ۱۸۰۰ متر است. منطقه‌ی ۶ شهر تهران یکی از مناطق نسبتاً قدیمی شهر تهران است که از نظر موقعیت جغرافیایی در حوزه‌ی مرکزی شهر تهران واقع شده‌است. این منطقه با جمعیتی بالغ بر ۲۵۱۳۸۴ نفر، طبق آمار ۱۳۹۵، وسعت ۲۱۳۷/۹ هکتار از چهار جهت غرب، شرق، شمال، و جنوب به ترتیب به وسیله‌ی بزرگراه‌های چمران، مدرس، همت، و محور انقلاب- آزادی محاط شده‌است. همچنین، این منطقه با سطحی معادل ۳ درصد مساحت شهر تهران و ۲/۹ درصد کل جمعیت آن، در حال حاضر، بیش از ۳۰ درصد ساختمان‌های حکومتی - دولتی، نهادها، و بانک‌های دولتی و خصوصی و ارگان‌های اصلی کشوری را در خود جای داده‌است. منطقه‌ی ۶ به‌عنوان یکی از پرتراکم‌ترین مناطق شهر تهران است. تراکم مسکونی این منطقه ۷۵ درصد بوده که ۲۷ درصد به شبکه‌های حمل و نقل اختصاص دارد. بدین ترتیب، از نظر رده‌بندی تراکم بنای مسکونی در رتبه‌ی اول شهر تهران قرار دارد و این عوامل اثرهای مهمی بر حرارت محیط و دمای این منطقه برجای گذاشته‌است. در شکل (۱) نقشه‌ی منطقه مطالعاتی که شامل منطقه‌ی ۶ شهر تهران می‌باشد، آورده شده‌است (۱۳۸۳، قاسمی و همکاران). همچنین در شکل (۲) موقعیت مکانی ایستگاه ژئوفیزیک قابل مشاهده‌است.

به‌منظور صحت سنجی اطلاعات به‌دست‌آمده از این مطالعه، داده‌های به‌دست‌آمده با داده‌های ایستگاه سینوپتیک ژئوفیزیک دانشگاه تهران مقایسه شده‌است، این ایستگاه بسیار به منطقه‌ی مورد مطالعه نزدیک بوده و دلیل انتخاب آن نیز همین است. مشخصات این ایستگاه در جدول ۱، ارائه شده‌است.

این مطالعه با استفاده از تصاویر سنجنده OLI/TIRS ماهواره لندست ۸ انجام گرفته‌است و در جدول ۲، تاریخ برداشت تصویر از ماهواره‌ی لندست ۸ به همراه ساعت تصویربرداری آورده شده‌است که بتوان مقایسه‌ای بین دمای به‌دست‌آمده از آن و داده‌های به‌دست‌آمده از ایستگاه ژئوفیزیک، انجام داد.



شکل ۱ نقشه‌ی منطقه مطالعاتی



شکل ۲ موقعیت جغرافیایی ایستگاه سینوپتیک ژئوفیزیک دانشگاه تهران

جدول ۱ مشخصات ایستگاه ژئوفیزیک

نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع
ژئوفیزیک	۳۵/۷۳۳	۵۱/۳۸۳	۱۴۱۸/۶

جدول ۲ تاریخ برداشت تصاویر ماهواره‌ی لندست در فصول مختلف

فصول مختلف	تاریخ برداشت تصاویر ماهواره‌ی لندست ۸	ساعت برداشت تصویر
پاییز	۲۰۱۹/۱۱/۰۶	از ساعت ۱۴/۲۰ تا ۱۴/۵۲
زمستان	۲۰۲۰/۰۲/۰۴	از ساعت ۱۳/۴۶ تا ۱۴/۱۸
بهار	۲۰۲۰/۰۴/۰۳	از ساعت ۱۴/۲ تا ۱۴/۳۴
تابستان	۲۰۲۰/۰۸/۰۵	از ساعت ۱۴/۷ تا ۱۴/۳۹

محاسبه دمای سطح

حرارت سطح زمین را می‌توان به‌عنوان؛ احساس حرارت در هنگامی که سطح زمین از طریق دست یا پوست لمس می‌گردد، تعریف نمود. حرارت سطح زمین یکی از عوامل اصلی تعیین تابش سطح و تبادل انرژی و کنترل توزیع گرما بین سطوح شهر و اتمسفر است. حرارت سطح زمین متغیر کلیدی برای کنترل ارتباط بین شار حرارت تابشی، نهفته و محسوس می‌باشد. دمای سطح زمین پارامتر فیزیکی قابل محاسبه از تصاویر سنجش‌ازدور حرارتی است. دمای سطح زمین در نهایت به وسیله رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود (۱۹۸۲، Artis & Carnahan).

$$T_s = \frac{TB}{1 + (\lambda \times \frac{TB}{\rho}) \ln \epsilon} \quad (۱)$$

در این رابطه، T_s دمای تصحیح شده‌ی سطح زمین برحسب کلوین، TB دمای روشنایی برحسب کلوین، λ طول موج رادیانس گسیل شده ($11/5 \mu m$) و ρ برابر با (10^{-8} mK) $1/438$ ، ϵ گسیلندگی سطح است.

تبدیل واحد کلوین به سانتی‌گراد به کمک رابطه‌ی (۲) به‌صورت زیر انجام می‌شود.

$$T(c) = T(k) - 273/15 \quad (۲)$$

برای تبدیل تابش طیفی به دمای جسم سیاه از معکوس رابطه پلانک استفاده شده‌است (۱۹۸۵، Schott & Volchok).

$$TB = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_\lambda} + 1\right)} \quad (۳)$$

که در این رابطه؛ TB دمای روشنایی سنجنده برحسب کلوین، $k_1 = 774/89$ و $k_2 = 1321/08$ و L_λ نیز تابش طیفی می‌باشد.

تصحیحات رادیومتریکی برای کاهش یا حذف دو نوع خطای عمده اتمسفری و دستگاهی به کار می‌رود. تبدیل DN به تابش طیفی با استفاده از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود (۲۰۱۴، Rajeshwari & Mani).

$$L_\lambda = gain * DN + offset \quad (۴)$$

که در آن L_λ تابش طیفی حسگر برحسب $W/M^2 \text{ sard } \mu m$ است و $gain$ افزایش گسیلندگی نیروی سیگنال‌ها از یک نقطه به نقطه دیگر است که برابر ($0/003342$) در نظر گرفته شده است و $offset$ اختلاف بین حداقل سیگنال واقعی و دریافت شده توسط سنجنده است که برابر ($0/1$) در نظر گرفته شده‌است، مقدار DN نیز برابر ارزش دیجیتال هر پیکسل است که توسط سنجنده دریافت می‌شود.

گسیلندگی سطحی (ϵ) به‌صورت نسبت انرژی گرمایی تابش شده به وسیله‌ی سطح به انرژی گرمایی تابش شده به وسیله جسم سیاه در همان دما تعریف می‌شود. در جدول ۳، محاسبه‌ی گسیلندگی توسط شاخص سطح برگ آورده شده‌است که طبق آن، در صورت وجود پوشش گیاهی، با توجه با اینکه شاخص سطح برگ بزرگ‌تر یا کوچک‌تر از ۳ باشد گسیلندگی‌های متفاوتی ارائه شده‌است و ϵ بیانگر گسیلندگی و LAI هم بیانگر شاخص سطح برگ است (Allen et al، ۲۰۰۵).

جدول ۳ محاسبه گسیلندگی توسط LAI و $NDVI$

$\epsilon = 0.97 + 0.0033 \times LAI$	برای $LAI < 3$	زمانی که $NDVI > 0$
$\epsilon = 0.98$	برای $LAI > 3$	

در نظر گرفته شده‌است که برابر میانگین پیکسل‌های به‌دست‌آمده از منطقه‌ی ۶ شهر تهران است. همچنین مقدار LAI نیز $1/516$ در نظر گرفته شده‌است.

به دلیل اینکه درعمل، گسیلندگی سطح زمین را نمی‌توان به طور مستقیم با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای تعیین کرد، اما باتوجه‌به اینکه مقدار گسیلندگی تابعی از تراکم پوشش گیاهی است، می‌توان مقدار آن را به طور غیرمستقیم با تعیین شاخص‌های پوشش گیاهی از اطلاعات ماهواره‌ای برآورد

سطح برگ گیاهان به سطح زمینی که توسط آن اشغال شده‌است را شاخص سطح برگ می‌گویند. در سال ۲۰۰۳ طبق مطالعه‌ای، محاسبه‌ی این شاخص به طور میانگین، توسط شاخص $NDVI$ پیشنهاد شد که به شرح زیر است (۲۰۰۳، Tewari et al).

$$LAI = 0.57 \times \exp(2.33 \times NDVI) \quad (۵)$$

در این فرمول LAI شاخص سطح برگ و $NDVI$ شاخص پوشش گیاهی است. مقدار $NDVI$ در این فرمول برابر $0/42$

شده است، همچنین مناطق سبز رنگ نشان دهنده دماهای کمتر از ۲۷/۵ درجه سانتی گراد هستند، میانگین دما در فصل تابستان برابر با ۲۸/۳۶ و میانگین دمای جزایر حرارتی در فصل تابستان برابر با ۳۰/۲۴ درجه سانتی گراد و میانگین شدت جزایر حرارتی ۱/۸۸ درجه سانتی گراد اندازه گیری شده است.

شکل (۴)، نقشه ی پوشش گیاهی و جزایر حرارتی موجود در منطقه است و بیانگر وجود جزایر حرارتی بیشتر، در مناطقی است که با پوشش گیاهی کمی دارند و یا از پوشش گیاهی فاصله دارند، در قسمت های بالایی منطقه ی ۶ شهر تهران که پوشش گیاهی بیشتری وجود دارد مقدار جزایر حرارتی کمتر است و در مناطق پایینی منطقه که پوشش گیاهی کمتری دارد، جزایر حرارتی نیز بیشتر است. با توجه به نقشه ی دمایی و نقشه پوشش گیاهی می توان دریافت که مناطقی که دمای کمتری دارند با مناطقی که در آنها پوشش گیاهی موجود است هم پوشانی دارند و بدین معنا که پوشش گیاهی باعث کاهش دما در آن مناطق شده است.

در شکل (۵)، به منظور رسیدن به نتیجه بهتر و دقیق تر، منطقه ی ۶ به ۲۳ مربع تقریباً برابر (یک کیلومتر مربع) تقسیم شده است، (بعضی از مربع ها به دلیل هندسه ی منطقه، بزرگ تر یا کوچک تر از مربع های دیگر هستند)، هدف از این عمل بیان بهتر و واضح تر مدل سازی و چگونگی آن است که در ادامه به شرح نقشه های تهیه شده در هر مربع به صورت مجزا پرداخته شده است.

در شکل (۶)، پوشش گیاهی موجود در این بخش به همراه جزایر حرارتی این بخش در پس زمینه ی نقشه ی دمایی آورده شده است و بیانگر صحت و درستی محاسبات انجام شده است و می توان مشاهده کرد که مناطقی که دارای دمای کمتری هستند با مناطق دارای پوشش گیاهی هم پوشانی دارند و نتیجه می شود که بین کاهش دما و پوشش گیاهی رابطه ی مستقیم برقرار است، مساحت پوشش گیاهی موجود در این بخش ۲۷۹۹۰۰ مترمربع محاسبه شده است. با توجه به این شکل، هرچه از مناطق دارای پوشش گیاهی فاصله گرفته شده است، دمای محیط نیز افزایش پیدا کرده است.

شکل (۷)، در نقشه ی دمایی، پوشش گیاهی به همراه جزایر حرارتی را نشان می دهد، همانطور که مشاهده می شود

کرد. از جمله شاخص های گیاهی، شاخص تفاضل پوشش گیاهی نرمال شده است که به وسیله ی باندهای مرئی و مادون قرمز نزدیک برآورد می شود. جهت سنجش و بررسی وضعیت سبزیگی شهر می توان از شاخص نرمال پوشش گیاهی، شاخصی که به شکل گسترده ای در پژوهش های شهری به کار می رود، استفاده کرد، دامنه ی اعدادی که این شاخص داراست بین صفر که بیانگر کمبود پوشش گیاهی شدید و یک است که بیانگر تراکم پوشش گیاهی است، این شاخص پوشش گیاهی دارای جذب قوی در باند قرمز و بازتاب قوی از تابش در باند مادون قرمز است که رابطه ی آن به صورت زیر است (Xu & Guo, ۲۰۱۴).

(۶)

$NDVI = (P(NIR) - P(RED)) / (P(NIR) + P(RED))$
 $P(RED)$ و $P(NIR)$ به ترتیب بازتاب طیفی باندهای ۳ و ۴ ماهواره لندست هستند.

دمایی که تا به حال از آن صحبت شد، دمای سطح زمین بود و برای اینکه بتوان دمای محیط را به دست آورد و همچنین بتوان مقادیر به دست آمده از مطالعه را صحت سنجی کرد، ابتدا لازم است که با استفاده از رابطه ی (۷) دمای سطح به دمای هوا تبدیل شود (۱۳۹۳، عقیلی نسب و همکاران).

$$Ta = 0/14 + 6/44 \times LST \quad (۷)$$

نتایج و بحث

به منظور درستی محاسبات انجام شده در جدول (۴) به مقایسه ی نتایج به دست آمده از مطالعه و داده های ایستگاه ژئوفیزیک دانشگاه تهران پرداخته شده است.

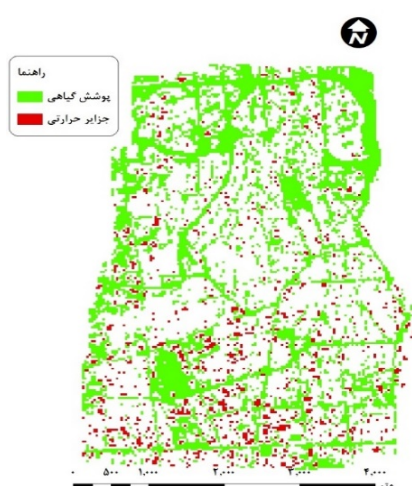
با توجه به جدول (۴) مشاهده می شود؛ مقادیر به دست آمده، مقادیر قابل قبولی هستند و تقریباً دمای محاسبه شده برابر با دمای ارائه شده توسط ایستگاه سینوپتیک ژئوفیزیک دانشگاه تهران است، بنابراین می توان از صحت اطلاعات به دست آمده در این مطالعه اطمینان حاصل کرد. دماهای موجود در این جدول مربوط به دمای هوا می باشند و به طور میانگین می توان گفت مربوط به ساعت ۱۴ یک روز مشخص اندازه گیری شده اند که روزهای مورد نظر در جدول (۲)، آورده شده است. شکل (۳)، نقشه دمایی در فصل تابستان را نشان می دهد، این نقشه در ۵ سطح دمایی طبقه بندی شده است و دماهای بالاتر از ۳۰ درجه سانتی گراد به عنوان جزایر حرارتی شناسایی

است، زیرا پراکنش جزایر حرارتی مناسب است و پوشش گیاهی وسیع و متراکم باعث شده است دمای این بخش متعادل باشد و از شدت جزایر حرارتی کاسته است.

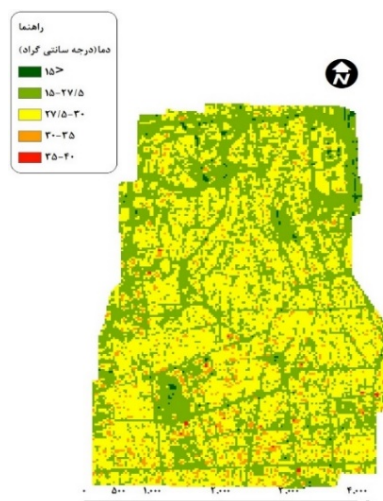
در قسمت‌هایی که پوشش گیاهی خوب و متراکمی وجود دارد، دما نیز پایین‌تر است و علت دماهای پایین نقشه‌ی دمایی، وجود پوشش گیاهی است، در این بخش بیشتر از سایر بخش‌ها تأثیر پوشش گیاهی بر جزایر حرارتی ملموس

جدول ۴ صحت سنجی اطلاعات به‌دست‌آمده

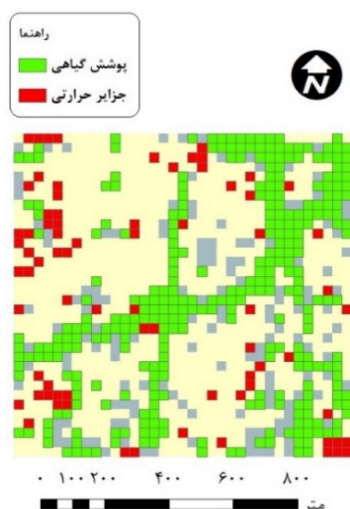
فصول مختلف	دمای هوای ایستگاه ژئوفیزیک (°C)	دمای هوای به‌دست‌آمده (°C)	اختلاف دما (°C)
پاییز	۸/۶	۱۱/۲	۲/۶
زمستان	۵/۲	۴/۱۸	۱/۰۲
بهار	۱۸/۳	۱۵/۲	۳/۱
تابستان	۳۰/۱۱	۲۸/۷۴	۱/۳۷



شکل ۴ نقشه پوشش گیاهی و جزایر حرارتی منطقه‌ی ۶ شهر تهران



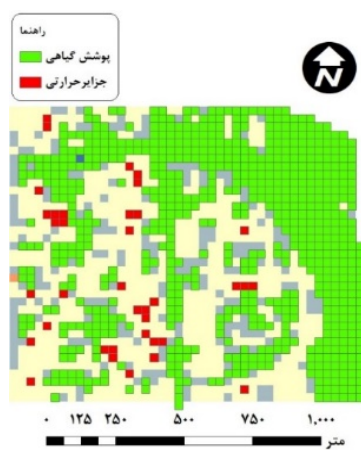
شکل ۳ نقشه دمایی منطقه‌ی ۶ شهر تهران



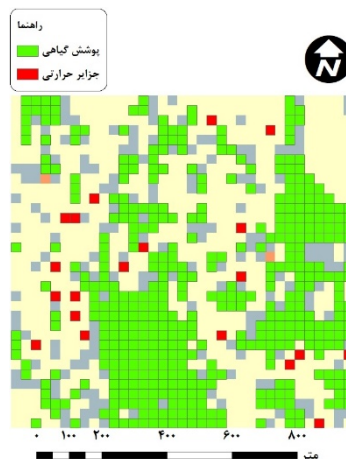
شکل ۶ نقشه پوشش گیاهی و جزایر حرارتی بخش ۷



شکل ۵ تقسیم منطقه ۶ شهر تهران



شکل ۸ نقشه پوشش گیاهی و جزایر حرارتی بخش ۲۳



شکل ۷ نقشه پوشش گیاهی و جزایر حرارتی بخش ۱۹

تا دمای محیط به مقداری مشخص برسد و تغییراتی همچون اضافه کردن پوشش گیاهی نمی‌تواند کمکی به از بین بردن جزایر حرارتی داشته باشد. اگر پراکنش گیاهان این بخش یکنواخت بود احتمالاً اصلاً دماهای غیر متعادل در این بخش دیده نمی‌شد و جزایر حرارتی وجود نداشتند.

شکل (۸)، نسبت پوشش گیاهی این منطقه به جزایر حرارتی را نشان می‌دهد و همچنین مشخص است که نواحی که دمای پایین‌تری دارند، پوشش گیاهی متراکم‌تری وجود دارد، بنابراین گیاهان باعث پایداری دمای مساعد محیطی خواهند شد، وجود پوشش گیاهی متراکم در این بخش باعث شده‌است

جدول ۵ خلاصه نتایج به‌دست‌آمده

بخش	مساحت جزایر حرارتی (مترمربع)	مساحت پوشش گیاهی (مترمربع)	میانگین دما (°C)
بخش ۱	۹۹۰۰۰	۱۴۸۵۰۰	۳۰/۷۶
بخش ۲	۱۱۹۷۰۰	۲۶۱۹۰۰	۲۶/۱۵
بخش ۳	۱۴۴۹۰۰	۲۷۱۸۰۰	۲۵/۸۸
بخش ۴	۸۱۰۰۰	۲۹۲۵۰۰	۲۵/۳۸
بخش ۵	۶۳۰۰۰	۲۹۰۷۰۰	۲۵/۳۱
بخش ۶	۹۶۳۰۰	۴۶۷۱۰۰	۲۵/۸۶
بخش ۷	۶۷۵۰۰	۲۷۹۹۰۰	۲۵/۲۲
بخش ۸	۷۸۳۰۰	۳۳۷۵۰۰	۲۵/۲۳
بخش ۹	۴۴۱۰۰	۲۸۹۸۰۰	۲۳/۶۵
بخش ۱۰	۴۲۳۰۰	۱۹۵۳۰۰	۲۵/۰۴
بخش ۱۱	۵۴۰۰۰	۱۹۰۸۰۰	۲۵
بخش ۱۲	۵۶۷۰۰	۲۰۶۱۰۰	۲۵/۰۶
بخش ۱۳	۴۸۶۰۰	۲۶۴۶۰۰	۲۵/۱۷
بخش ۱۴	۲۲۵۰۰	۲۲۵۹۰۰	۲۴/۸۴
بخش ۱۵	۳۱۵۰۰	۲۵۶۵۰۰	۲۴/۸۳
بخش ۱۶	۱۷۱۰۰	۱۸۶۳۰۰	۲۴/۷۶
بخش ۱۷	۲۳۴۰۰	۳۷۶۲۰۰	۲۴/۸۴
بخش ۱۸	۲۰۷۰۰	۳۴۲۰۰۰	۲۴/۷۵
بخش ۱۹	۱۸۰۰۰	۳۹۳۳۰۰	۲۴/۷۶
بخش ۲۰	۱۳۵۰۰	۲۸۹۸۰۰	۲۵/۰۵
بخش ۲۱	۲۸۸۰۰	۴۲۲۱۰۰	۲۴/۸۱
بخش ۲۲	۱۷۱۰۰	۵۹۱۳۰۰	۲۴/۶۳
بخش ۲۳	۳۳۳۰۰	۶۵۰۷۰۰	۲۴/۸۶

مصرف انرژی نیز کاهش می‌یابد و انرژی کمتری بابت رساندن دمای محیط به دمای آسایش صرف خواهد شد.

منابع

1. Aghili Nasab, Z., Mohammadzad, M., Salman Mahini, A., Zarei, Hossein., (2014), Analysis of urban heat islands using remote sensing and its relationship with environmentally friendly development, environment And Development, 4 (8), 79-88.
2. Akbari, H., Pomerantz, M., & Taha, H. (2001). Cool surfaces and shade trees to reduce energy use and improve air quality in urban areas. Solar energy, 70(3), 295-310.
3. Alavipanah, S. K., Darrehbadami, S. H., & Kazemzadeh, A. (2015). Spatial-Temporal Analysis of Urban Heat-Island of Mashhad City due to Land Use/Cover Change and Expansion. Geogr Urban Plan Res, 3(1), 1-27.
4. Alijani, B., Safavid, Y. (2006), A Study of Geographical Factors of Air Pollution in Tehran, Journal of Geographical Research, No. 38 (58), 112-99.
5. Alijani, B., Tulaeinejad, M., Sayadi, F. 1396, Calculation of thermal island intensity based on the studied urban geometry: Bagh alley neighborhood of Tabriz. Scientific Journals System, 4 (3): 99-112
6. Allen, R. G., Tasumi, M., Morse, A., & Trezza, R. (2005). A Landsat-based energy balance and evapotranspiration model in Western US water rights regulation and planning. Irrigation and Drainage systems, 19(3-4), 251-268.
7. Amiri, R., Weng, Q., Alimohammadi, A., & Alavipanah, S. K. (2009). Spatial-temporal dynamics of land surface temperature in relation to fractional vegetation cover and land use/cover in the Tabriz urban area, Iran. Remote sensing of environment, 113(12), 2606-2617.
8. Artis, D. A., & Carnahan, W. H. (1982). Survey of emissivity variability in thermography of urban areas. Remote sensing of Environment, 12(4), 313-329.
9. Atkinson, B. W. (2003). Numerical modelling of urban heat-island intensity. Boundary-Layer Meteorology, 109(3), 285-310.
10. Bottyán, Z., Kircsi, A., Szegedi, S., & Unger, J. (2005). The relationship between built-up areas and the spatial development of the mean maximum urban heat island in Debrecen, Hungary. International journal of climatology, 25(3), 405-418.

در این جدول تمامی نتایج حاصل شده از این مطالعه آورده شده است که با مشاهده آن می‌توان دریافت، بیشترین مساحت جزایر حرارتی در بخش ۳ وجود داشته‌است و مقدار آن برابر ۱۴۴۹۰۰ مترمربع بوده‌است و همچنین کمترین مساحت جزایر حرارتی در بخش ۲۰ وجود داشته‌است و مقداری برابر با ۱۳۵۰۰ مترمربع را تشکیل داده‌است، بخش ۲۳ بیشترین میزان پوشش گیاهی به مقدار ۶۵۰۷۰۰ مترمربع را در میان سایر بخش‌ها دارا می‌باشد و پوشش گیاهی در تراکم و پراکنش مناسب تا حد امکان تأثیر خود را بر دمای محیط اطراف این بخش گذاشته‌است. بخش ۱ از کمترین مساحت پوشش گیاهی نسبت به سایر بخش‌ها برخوردار است، همانطور که مشاهده می‌شود بخش ۱، بیشترین میانگین دما را نسبت به سایرین داراست که می‌توان دلیل این میانگین دمای بالا را به اینکه این بخش از کمترین مساحت پوشش گیاهی برخوردار است، مرتبط دانست. بخش ۹، دارای کمترین دمای میانگین، برابر ۲۳/۶۵ درجه‌ی سانتی‌گراد است.

نتیجه‌گیری

براساس نتایج به‌دست‌آمده از این مطالعه به طور خلاصه می‌توان دریافت که یکی از علل اصلی متعادل بودن دما در یک محیط وجود پوشش گیاهی است و در صورت فقدان آن دمای محیط افزایش پیدا خواهد کرد و با استفاده از پوشش گیاهی در مناطقی که شدت جزایر حرارتی در آن‌ها زیاد و روبه افزایش است، می‌توان کمک شایانی در راستای کاهش دما داشت. علت این امر را می‌توان به‌صورت خلاصه بدین شکل بیان داشت؛ با تغییر جنس سطوح شهری و افزایش نفوذ پذیری آب و رطوبت که همگی به وسیله جایگزینی این سطوح با گیاهان حاصل می‌شود، گیاهان مدت زمان بیشتری به نسبت سطوح نفوذناپذیری همچون آسفالت و بتن صرف خواهند تا دمای آنها افزایش یابد، به عبارتی افزایش دما در گیاهان طولانی‌تر از سطوح نفوذناپذیر است، از طرفی سطوح نفوذناپذیر علاوه بر اینکه زودتر افزایش دما پیدا می‌کنند، مقدار بیشتری از انرژی خورشیدی را که دریافت می‌کنند به محیط منعکس خواهند کرد که در نتیجه دمای محیط افزایش می‌یابد. از یافته‌های مطالعه می‌توان این نتیجه را نیز گرفت که؛ با کاهش دمای محیط به ویژه در فصول گرم،

- response to climatic oscillations during the satellite era. *Global change biology*, 22(10), 3414-3426.
22. Goward, S. N. (1981). Thermal behavior of urban landscapes and the urban heat island. *Physical Geography*, 2(1), 19-33.
 23. Guo, G., Wu, Z., Xiao, R., Chen, Y., Liu, X., & Zhang, X. (2015). Impacts of urban biophysical composition on land surface temperature in urban heat island clusters. *Landscape and Urban Planning*, 135, 1-10.
 24. Gupta, R. P. (2003). Interpretation of data in the thermal infrared region. In *Remote Sensing Geology* (pp. 183-216). Springer, Berlin, Heidelberg.
 25. Hart, P. S., & Feldman, L. (2018). Would it be better to not talk about climate change? The impact of climate change and air pollution frames on support for regulating power plant emissions. *Journal of Environmental Psychology*, 60, 1-8.
 26. Hidalgo, J., Masson, V., & Gimeno, L. (2010). Scaling the daytime urban heat island and urban-breeze circulation. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 49(5), 889-901.
 27. Jiang, J., & Tian, G. (2010). Analysis of the impact of land use/land cover change on land surface temperature with remote sensing. *Procedia environmental sciences*, 2, 571-575.
 28. Jones, P. D., & Lister, D. H. (2009). The urban heat island in Central London and urban-related warming trends in Central London since 1900. *Weather*, 64(12), 323-327.
 29. Khandelwal, S., Goyal, R., Kaul, N., & Mathew, A. (2018). 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*, 21(1), 87-94.
 30. Khosravi, M., Ghobadi, A. (1390). Explaining the Position of Green Roof System in Urban Thermal Island Modulation (Case Study: Karaj), *Bi-Quarterly Journal of Urban Ecology Research*, 2 (4), 67-78
 31. Kim, Y. H., & Baik, J. J. (2002). Maximum urban heat island intensity in Seoul. *Journal of applied meteorology*, 41(6), 651-659.
 32. Kuttler, W., & Wienert, U. (2005). The dependence of the urban heat island intensity on latitude-A statistical approach.
 33. Levallius, J. (2005). Green roofs on municipal buildings in Lund: Modeling potential environmental benefits. *Lunds universitets Naturgeografiska institution-Seminarieuppsatser*.
 11. Comarazamy, D. E., González, J. E., Luvall, J. C., Rickman, D. L., & Mulero, P. J. (2010). A land-atmospheric interaction study in the coastal tropical city of San Juan, Puerto Rico. *Earth Interactions*, 14(16), 1-24.
 12. Comrie, A. C. (2000). Mapping a wind-modified urban heat island in Tucson, Arizona (with comments on integrating research and undergraduate learning). *Bulletin of the American Meteorological Society*, 81(10), 2417-2432.
 13. Devanathan, P., & Devanathan, K. (2011). Heat island effects. In *Green building with concrete: sustainable design and construction* (pp. 175-226). CRC Press Boca Raton, FL.
 14. Feizizadeh, B., & Blaschke, T. (2013). Examining urban heat island relations to land use and air pollution: Multiple endmember spectral mixture analysis for thermal remote sensing. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 6(3), 1749-1756.
 15. Frey, C. M., Rigo, G., & Parlow, E. (2009). Investigation of the daily Urban Cooling Island (UCI) in two coastal cities in an arid environment: Dubai and Abu Dhabi (UAE). *City*, 81(2.06).
 16. Gaffin, S. R., Rosenzweig, C., Khanbilvardi, R., Parshall, L., Mahani, S., Glickman, H., ... & Hillel, D. (2008). Variations in New York city's urban heat island strength over time and space. *Theoretical and applied climatology*, 94(1-2), 1-11.
 17. Gallo, K. P., McNab, A. L., Karl, T. R., Brown, J. F., Hood, J. J., & Tarpley, J. D. (1993). The use of a vegetation index for assessment of the urban heat island effect. *Remote Sensing*, 14(11), 2223-2230.
 18. Gartland, L. M. (2012). *Heat islands: understanding and mitigating heat in urban areas*. Routledge.
 19. Ghasemi, H., Artidar, R., Mahmoudian, A. A., Hooshmandifini, Gh. (2005), *A Look at Tehran from the Beginning to the Present*, Tehran: Institute of Geography and Cartography of Geology, First Edition.
 1. Ghobadi, A., Khosravi, M., & Tavousi, T. (2018). Surveying of heat waves impact on the urban heat islands: Case study, the Karaj City in Iran. *Urban climate*, 24, 600-615.
 20. Givoni, B. (1991). Impact of planted areas on urban environmental quality: a review. *Atmospheric Environment. Part B. Urban Atmosphere*, 25(3), 289-299.
 21. Gonsamo, A., Chen, J. M., & Lombardoizzi, D. (2016). Global vegetation productivity

46. Shakiba, A., Ziaiean Firoozabadi, P., Ashourloo, D., Namdari, S. (2009), Analysis of land use relationship and land cover and heat islands in Tehran using ETM + data. *Remote Sensing and GIS Iran*, 1 (1), 39-56.
47. Shirvani Moghadam, S., Saeedi Mofrad, S. 1397, Measuring the Effect of Spatial Distribution of Population on Urban Climate Change with Emphasis on Thermal Islands, 6 (1), 79-88.
48. Streutker, D. R. (2003). Satellite-measured growth of the urban heat island of Houston, Texas. *Remote Sensing of Environment*, 85(3), 282-289.
49. Tan, J., Zheng, Y., Tang, X., Guo, C., Li, L., Song, G., ... & Chen, H. (2010). The urban heat island and its impact on heat waves and human health in Shanghai. *International journal of biometeorology*, 54(1), 75-84.
50. Tewari, S., Kulhavy, J., Rock, B. N., & Hadas, P. (2003). Remote monitoring of forest response to changed soil moisture regime due to river regulation. *Journal of forest science*, 49(9), 429-438.
51. Torok, S. J., Morris, C. J., Skinner, C., & Plummer, N. (2001). Urban heat island features of southeast Australian towns. *Australian Meteorological Magazine*, 50(1), 1-13.
52. Tsou, J., Zhuang, J., Li, Y., & Zhang, Y. (2017). Urban heat island assessment using the Landsat 8 data: a case study in Shenzhen and Hong Kong. *Urban Science*, 1(1), 10.
53. Turner, D. P., Cohen, W. B., Kennedy, R. E., Fassnacht, K. S., & Briggs, J. M. (1999). Relationships between leaf area index and Landsat TM spectral vegetation indices across three temperate zone sites. *Remote sensing of environment*, 70(1), 52-68.
54. Umar, U. M., & Kumar, J. S. (2014). Spatial and temporal changes of urban heat island in Kano Metropolis, Nigeria. *Int J Res Eng Sci Technol*, 1, 1-9.
55. Wang, J., Huang, B., Fu, D., Atkinson, P. M., & Zhang, X. (2016). Response of urban heat island to future urban expansion over the Beijing–Tianjin–Hebei metropolitan area. *Applied Geography*, 70, 26-36.
56. Weng, Q. (2001). A remote sensing? GIS evaluation of urban expansion and its impact on surface temperature in the Zhujiang Delta, China. *International journal of remote sensing*, 22(10), 1999-2014.
57. Weng, Q., Lu, D., & Schubring, J. (2004). Estimation of land surface temperature–vegetation abundance relationship for urban heat island studies. *Remote sensing of Environment*, 89(4), 467-483.
34. Liu, L., & Zhang, Y. (2011). Urban heat island analysis using the Landsat TM data and ASTER data: A case study in Hong Kong. *Remote Sensing*, 3(7), 1535-1552.
35. Malekpour, P., Talei, M. (2011), modeling the relationship between land use-land cover and surface temperature, using ASTER sensor data. 37 (58), 29-42.
36. Moreno-garcia, M. C. (1994). Intensity and form of the urban heat island in Barcelona. *International Journal of Climatology*, 14(6), 705-710.
37. Nazarian, A., Ziaian, A., Firoozabadi, P., Jangi, A. 2007, Investigation of the role of location and morphology in the quality of Tehran's air city using GIS RS satellite data, *Geographical Research*, No. 61.
38. Oke, T. R. (1973). City size and the urban heat island. *Atmospheric Environment* (1967), 7(8), 769-779.
2. Oke, T. R. (1982). The energetic basis of the urban heat island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 108(455), 1-24
39. Oke, T. R. (1995). The heat island of the urban boundary layer: characteristics, causes and effects. In *Wind climate in cities* (pp. 81-107). Springer, Dordrecht.
40. Rajeshwari, A., & Mani, N. D. (2014). Estimation of land surface temperature of Dindigul district using Landsat 8 data. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 3(5), 122-126.
41. Ramezani, B., daughter of Mohammad, M. 2010, Recognition of the Middle Range of Heat Island Formation in Rasht, Zagros Vision *Geographical Quarterly*, Second Year, No. 1.
42. Ranjbar Saadat abadi, A. (2005), A Case Study of Tehran Heat Island and Its Numerical Simulation, *Earth and Space Physics Journal*, Volume 1, Issue 31, pp. 63-78.
43. Rozenstein, O., Qin, Z., Derimian, Y., & Karnieli, A. (2014). Derivation of land surface temperature for Landsat-8 TIRS using a split window algorithm. *Sensors*, 14(4), 5768-5780.
44. Schott, J. R., & Volchok, W. J. (1985). Thematic Mapper thermal infrared calibration. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 51(9), 1351-1357.
45. Senanayake, I. P., Welivitiya, W. D. D. P., & Nadeeka, P. M. (2013). Urban green spaces analysis for development planning in Colombo, Sri Lanka, utilizing THEOS satellite imagery–A remote sensing and GIS approach. *Urban forestry & urban greening*, 12(3), 307-314.

- Vegas using Landsat satellite data. Remote Sensing of environment, 104(2), 147-156.
60. Xu, D., & Guo, X. (2014). Compare NDVI extracted from Landsat 8 imagery with that from Landsat 7 imagery. American Journal of Remote Sensing, 2(2), 10-14.
58. Wong, N. H., & Yu, C. (2005). Study of green areas and urban heat island in a tropical city. Habitat international, 29(3), 547-558.
59. Xian, G., & Crane, M. (2006). An analysis of urban thermal characteristics and associated land cover in Tampa Bay and Las