مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره نهم، شماره بیست و چهارم، تابستان ۱۳۹۹

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۱۰/۲۳

تاریخ بازنگری نهایی مقاله: ۱۳۹۸/۰۷/۰۴

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۱۰/۰۷

صفحات: ۴۶ - ۳۵

رفتار زمانی – مکانی جزیره ی گرمایی کلانشهر اصفهان

سیدابوالفضل مسعودیان[۱]*، مجید منتظری[۲]

چکیده

جمعیت شهر اصفهان در طی شش دهه ی گذشته ده برابر شده است. بزرگ شدن شهر اصفهان پیامدهای محیطی بزرگی در پی داشته است. در همین دوره ی زمانی خشکاندن زاینده رود، افزایش دما و وردش بارش شرایط محیطی را وخیم تر کرده است. پیدایش جزیره ی گرمایی تنها یکی از پیامدهای تغییرات محیطی دهه های گذشته است. جزیره ی گرمایی برای تندرستی و مصرف آب و انرژی شهروندان پیامدهایی دارد. در این پژوهش داده های دمای رویه ی زمین سنجنده ی مودیس از ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۵ برای گذر شب و روز به کار گرفته شد. به کمک این داده ها آب و هوای پس زمینه ی کلانشهر اصفهان با شگرد نمودار دورسو شناسایی شد. سپس یاخته ی نماینده ی شهر و یاخته ی نماینده ی آب و هوای پس زمینه شناسایی و نمایه ی جزیره ی گرمایی کلانشهر اصفهان محاسبه شد. بررسی ها نشان داد کلانشهر اصفهان در هنگام روز از پیرامون خود سردتر و در هنگام شب حدود دو درجه ی سلسیوس گرم تر از پیرامون خود است. شدت جزیره ی گرمایی در دی ماه بیشینه است و در تابستان ضعیف تر می شود. با توجه به رفتار زمانی و مکانی جزیره ی گرمایی کلانشهر اصفهان به نظر می رسد تغییراتی که شهر در رطوبت، سپیدایی و ترکیب جو ایجاد کرده نقش مهمی در پیدایش جزیره ی گرمایی داشته است. از آنجا که آب یکی از عوامل اثرگذار بر شدت جزیره گرمایی شهر اصفهان است زاینده رود در تعدیل دمای رویه ی زمین در محدوده ی کلانشهر اصفهان نقش بزرگی داشته است و خشکاندن آن پیامدهای زیست محیطی داشته است.

واژگان کلیدی: جزیره ی گرمایی، دمای رویه ی زمین، کلانشهر اصفهان.

[۱]- استاد، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه اصفهان s.a.masoodian@geo.ui.ac.ir

[۲]- استادیار، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه اصفهان m.montazeri@geo.ui.ac.ir

مقدمه

در طی شصت سالی که از طرح مفهوم جزیره ی گرمایی گذشته پژوهشگران تعاریف گوناگونی از جزیره ی گرمایی ارائه داده اند. گر چه گوهر اصلی همه ی این تعاریف یکی است و بر اساس تفاوت دمای شهر و روستا استوار است اما با توجه به پیشرفت های فناوری و داده های نوین، تعاریف جزیره ی گرمایی از بُعد فنی دستخوش دگردیسی شده و گذشته از دما فراسنج های دیگری نیز در تعریف و شناسایی جزیره ی گرمایی به کار گرفته شده است (به نظر می‌رسد نیاز به منبع که این چنین تعریف داده اند می باشد.).

در واژه نامه ی تخصصی انجمن هواشناسی ایالات متحده آمریکا، جزیره ی گرمایی این گونه تعریف شده است: جزیره ی گرمایی شهری (جزیره ی گرمایی) در برگیرنده ی خطوط همدمای بسته ای است که نماینده ی پهنه ای گرم است، به ویژه پهنه ایی که بشر وضع طبیعی زمین را بر هم زده باشد (مانند شهرها و شهرک ها). دلیل این نامگذاری، شباهت خطوط همدما در این پهنه ها با خطوط تراز ارتفاعی جزایر بر روی نقشه های توپوگرافی بوده است. شیو دمای جزایر گرمایی در محل برخورد شهر – پیراشهر بسیار زیاد است و اوج دما در هسته ی متراکم شهر دیده می شود. میانگین دمای سالانه ی شهرهای بزرگ (با بیش از یک میلیون نفر جمعیت) یکی دو درجه ی سلسیوس بیش از دمای پیش از گسترش شهر است. در شب های آرام و صاف دمای شهر ممکن است تا دوازده درجه ی سلسیوس گرم تر باشد. گرما در راستای عمودی بر فراز شهر گسترش می یابد؛ آنگاه اگر هوا آرام باشد گنبد گرمایی و اگر باد بوزد زبانه ی گرمایی پدید می آید (واژه نامه ی هواشناسی انجمن هواشناسی ایالات متحده آمریکا،۲۰۱۵). در ادبیات آب و هوشناسی شهری نیز طیف گسترده‌ای از تعاریف برای جزیره‌ی گرمایی شهری ارائه شده است.

دگرگونی های چشمگیری که در چهره ی جغرافیای انسانی و طبیعی ایران در چند دهه ی گذشته رخ داده است جزایر گرمایی شهری را در فهرست بلندی از مخاطرات محیطی قرار داده که رسیدگی به آن ها در قلمرو دانش آب و هواشناسی است. میانگین دمای ایران (۱۸ درجه‌ی سلسیوس) سه درجه‌ی سلسیوس از میانگین جهانی دما بالاتر و آهنگ افزایش دمای ایران (۲ درجه‌ی سلسیوس در صدسال) دست کم دوبرابر آهنگ جهانی افزایش دما است (مسعودیان ۱۳۸۴). از این گذشته در طی شش دهه‌ی گذشته جمعیت ایران چهار برابر و نسبت شهرنشینی دو و نیم برابر شده است. جمعیت شهر اصفهان در شش دهه‌ی گذشته ده برابر شده است (گلستان نژاد و همکاران ۱۳۹۴). در این شرایط پرسش‌های زیادی سربرمی‌آورند: کدام شهرهای ایران جزیره‌ی گرمایی پیدا کرده‌اند؟ ویژگی‌های آب و هوایی این جزایر گرمایی چیست؟ پیامدهای این جزایر گرمایی شهری برای تندرستی شهروندان، الگوی مصرف آب و انرژی چیست؟ پیامدهای جزایر گرمایی برای مدیریت شهری چیست؟ آب و هواشناسان می‌توانند برخی از این پرسش‌ها را پاسخ دهند و از این راه به بهبودی شیوه‌ی زندگی شهروندان کمک کنند.

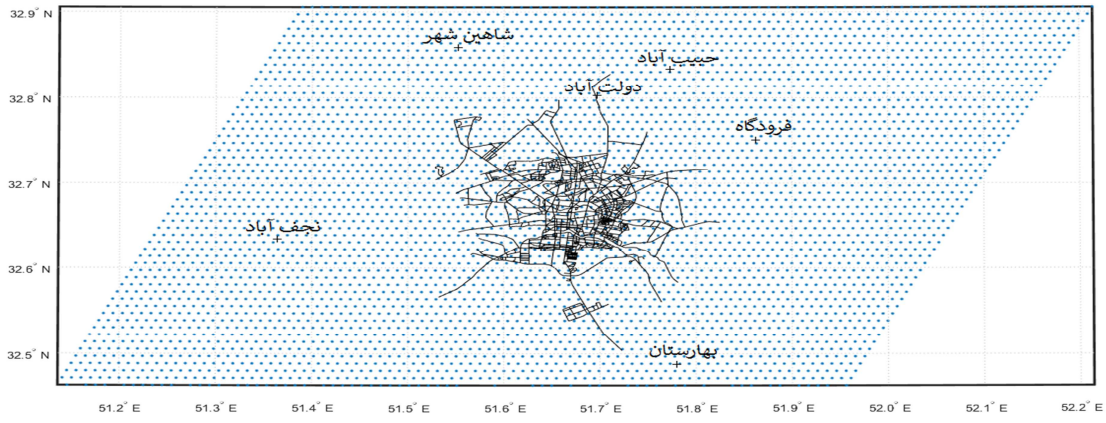
داده‌ها و روش‌ها

در این پژوهش از داده های دمای رویه ی زمین مودیس بهره بردیم. سنجنده ی مودیس بر روی دو ماهواره ی تررا و آکوا نصب است. ناسا ماهواره ی تررا را در تاریخ ۱۳۷۸/۹/۲۷ به فضا پرتاب کرد و از تاریخ ۱۳۷۸/۱۲/۵ برداشت داده

ها آغاز شد. سنجنده ی مودیس که بر روی این ماهواره نصب است فرآورده های گوناگونی در تفکیک های زمانی و مکانی مختلف دارد. این ماهواره یک بار بین ساعت ۱۰:۰۰ تا ۱۲:۰۰ (گذر روزهنگام) و یک بار بین ساعت ۲۱:۰۰ تا ۲۳:۳۰ (گذر شب-هنگام) از فراز ایران گذر می کند. ماهواره ی آکوا در تاریخ ۱۳۸۱/۲/۱۴ به فضا پرتاب شد و از تاریخ ۱۳۸۱/۴/۱ برداشت داده ها را آغاز کرد. سنجنده ی مودیس که بر روی این ماهواره نصب شده دارای فرآورده های گوناگونی در تفکیک های زمانی و مکانی مختلف می باشد. این ماهواره یک بار بین ساعت ۱۲:۰۰ تا ۱۴:۰۰ (گذر روزهنگام) و یک بار بین ساعت ۱:۰۰ تا ۳:۰۰ (گذر شب هنگام) از فراز ایران گذر می کند.

از میان فرآورده ی دمایی گوناگون مودیس فرآورده های MOD11A1 و MYD11A1 برای انجام این پژوهش برگزیده شدند. سیستم تصویر این فرآورده، سینوسی هم مساحت است. این داده ها به صورت کاشی هایی به ابعاد ۱۰ درجه ی قوسی (۱۲۰۰×۱۲۰۰ یاخته) با فرمت HDF فراهم شده اند. شش تا از این کاشی ها سراسر ایران را پوشش می دهند ($h21v05$ و $h22v05$ و $h23v05$ و $h21v06$ و $h22v06$ و $h23v06$). تفکیک مکانی اسمی این فرآورده ۱۰۰۰ متر و تفکیک مکانی واقعی آن ۹۲۶/۸۸۲۹ متر است (وان ۱۹۹۹).

چون هدف این پژوهش ارزیابی جزیره ی گرمایی کلانشهر اصفهان است از کل پایگاه داده محدوده ای به ابعاد ۵۴×۸۴ یاخته (۷۷۸۵۸/۱۶×۵۰۰۵۱/۶۸ متر) به مرکزیت کلانشهر اصفهان استخراج گردید (شکل ۱). با این حال هر جا لازم بوده بخش بزرگ تری از داده ها را هم به کار گرفته ایم.



شکل ۱: یاخته های قلمرو بررسی

بررسی جزیره‌ی گرمایی به کمک داده‌های دورسنجی تقریباً با پژوهش‌های رائو در سال ۱۳۵۱ خورشیدی آغاز شد. وی در مقاله‌ای (رائو،۱۹۷۲) با عنوان بررسی جزایر گرمایی به کمک داده‌های یک ماهواره‌ی محیطی، این باب را گشود(ماژکفسکا و همکاران،۲۰۱۶). پنج سال بعد متسون در پنجشنبه شب ششم امرداد ۱۳۵۶ به کمک تصویر فروسرخ ماهواره‌ی نوا پنج توانست جزیره‌ی گرمایی پنجاه شهر ایالات متحده را در شبی که آسمان صاف و بی‌ابر بود، بنمایاند. در این شب دمای این شهرها بین ۲/۶ تا ۶/۵ درجه‌ی سلسیوس گرم‌تر از پیرامون آن‌ها بود (متسون و همکاران،۱۹۷۸). از این جا بود که کاربرد داده های ماهواره ای در بررسی جزیره ی گرمایی آشکار گردید. داده‌های ماهواره ای گستره‌های بزرگی را پوشش می‌دهند و تفکیک مکانی بسیار زیادتری هم دارند پس ابزار بهتری برای

تعریف شدت جزیره‌ی گرمایی شهری هستند (جین،۲۰۱۲). جزیره ی گرمایی که به کمک داده های دمای رویه ی زمین حاصل از دورسنجی تعریف شده باشد را جزیره ی گرمایی رویه پایه می نامیم. بر این اساس شدت جزیره‌ی گرمایی شهری عبارت است از تفاوت میانگین مکانی دمای پهنه‌های شهری و پهنه‌های پیرامون‌شهر یا پهنه‌های روستایی(رضوان و همکاران،۲۰۰۸). از آن جا که رفتار دمای هوا با رفتار دمای رویه ی زمین تفاوت دارد زمان برداشت دما و رویکردی که برای محاسبه ی نمایه‌ی جزیره ی گرمایی برمی‌گزینیم هر دو بر ویژگی‌های جزیره‌ی گرمایی حاصله مؤثرند(شوارتز و همکاران،۲۰۱۱). در این صورت جزیره‌ی گرمایی شهری رویه‌پایه بازتاب دهنده ی تفاوت الگوهای دمای رویه‌ی زمین در مناطق مختلف شهری است(شوارتز و همکاران،۲۰۱۱).

پیشرفت هایی که در دو دهه ی گذشته به دست آمده نشان می دهد که جزیره ی گرمایی شهری بسیار متنوع تر از آن است که پیش از این تصور می شد. بسته به این که دمای کجا (هوا یا رویه ی زمین) را و با چه ابزاری (سنجنده یا ایستگاه زمینی) اندازه می گیریم جزیره ی گرمایی حاصله ویژگی های متفاوتی را نشان خواهد داد (آرنفیلد،۲۰۰۳). در شرایط آسمان صاف هر چه دمای رویه بیش تر باشد دمای هوا هم بیش تر خواهد بود و لایه ی مرزی شهر ستبرتر می شود. از آنجا که دامنه ی نوسان روزانه ی دمای رویه بیش از دمای هوا است و بین آنها زمان تأخیر وجود دارد جزیره ی گرمایی رویه پایه از جزیره ی گرمایی هواپایه نیرومندتر و دامنه ی نوسان آن بیش تر است (پنگ و همکاران،۲۰۱۲). گرچه دمای رویه ی زمین که توسط ماهواره‌ها اندازه‌گیری می‌شود با دمای هوا که در ایستگاه‌های هواشناسی اندازه‌گیری می‌شود وابسته به یکدیگرند اما وردش‌های فصلی و روزانه‌ی آن‌ها الزاماً یکسان نیست؛ چرا که دمای رویه‌ی زمین به فرایندهای تبادل انرژی در رویه‌ی زمین گره خورده است و وابستگی چندانی به ستون هوای فراز خود ندارد. در نتیجه جزایر گرمایی متکی به دمای رویه‌ی زمین هم در شب و هم در روز نمود قوی تر دارند اما جزایر گرمایی متکی به دمای هوا تنها در هنگام شب، نیرومند ظاهر می‌شوند (جین،۲۰۰۵). با این حال جزیره ی گرمایی رویه پایه نیز همانند جزیره ی گرمایی هواپایه بر تفاوت دما در شهر و پیراشهر استوار است.

رشد شهرها در همسایگی یکدیگر که به پیدایش خوشه‌شهرها می‌انجامد یا رشد نواری شهرها و پیوستن آن‌ها به یکدیگر که دالانه های شهری را پدید می‌آورد سبب می‌شود اثر شهر بر آب و هوا از مقیاس محلی به مقیاس منطقه‌ای گسترش پیدا کند. همانندسازی جزیره‌ی گرمایی در دالانه ی شهری میان واشنگتن تا بالتیمور نشان می‌دهد ساخت و سازهایی که در پیش‌باد شهرها انجام می‌شود از راه فرایند فرارفت بر جزیره‌ی گرمایی شهری اثر می‌گذارد. اگر ساخت و سازهای بین بالتیمور تا واشنگتن نبود جزیره‌ی گرمایی بالتیمور ۲۵ درصد ضعیف‌تر و ستبرای لایه‌ی مرزی سیاره‌ای بر فراز شهر ۲۰۰ متر کم‌تر می‌بود (ژنگ و همکاران،۲۰۱۱). در چنین شرایطی جزیره‌ی گرمایی می‌تواند از همه سو در مکان گسترش یابد. بررسی جزیره‌ی گرمایی پورتوریکو آشکار ساخت که جزیره‌ی گرمایی می‌تواند خود را تا پای دامنه‌ی کوه نیز برساند (مورفی و همکاران،۲۰۱۱).

پیوند گرمایش جهانی با جزیره‌ی گرمایی از دو دیدگاه قابل بررسی است. یکی این که با گرمایش جهانی شدت جزیره‌ی گرمایی شهری نیز نیرومندتر خواهد شد یا خیر؛ و دیگری این که گسترش شهرها و پیدایش و تقویت جزیره‌ی گرمایی چه سهمی از روند افزایشی دما در شهرها را به خود اختصاص داده است. به بیان دیگر چه سهمی از گرمایش جهانی را باید به جای گرم شدن سراسری زمین به افزایش محلی دما به دلیل پیدایش و تقویت جزیره‌ی

گرمایی در شهرها نسبت داد. بررسی‌ها نشان داده است که اثر گسترش شهرنشینی بر سری زمانی دمای ایالات متحده به ۰/۰۵ درجه‌ی سلسیوس در صد سال نمی‌رسد(پترسون و اوون،۲۰۰۵). در این صورت اثر گسترش شهرنشینی بر سری زمانی دمای زمین بر خلاف ادعاهای پیشین ۰/۵ درجه‌ی سلسیوس در صد سال نیست بلکه دست بالا یک مرتبه‌ی بزرگی کوچک‌تر است(جونز و همکاران،۱۹۹۰). همانندسازی‌ها نشان می‌دهد که اثر گرمایش جهانی بر تقویت جزایر گـرمایی شهری در مناطق خشکی مانند خاورمیانه زیادتر خواهد بود(مک‌کارتی و همکاران،۲۰۱۰).

برای اندازه گیری جزیره ی گرمایی نمایه های گوناگونی پیشنهاد شده است. مثلاً نمایه ی جزیره ی گرمایی رویه پایه از تفاوت دمای رویه ی شهر با دمای رویه ی بیرون شهر، حاصل می شود (پنگ و همکاران،۲۰۱۲). جین شدت جزیره‌ی گرمایی شهری را به کمک داده‌های دمای رویه‌ی زمین این چنین تعریف می کند:

$$UHI_{LST} = LST_u - LST_r^{LC} \quad (۱)$$

در این تعریف داریم: UHI_{LST} جزیره‌ی گرمایی شهری رویه‌پایه، LST_u دمای رویه‌ی زمین پهنه‌های شهری، LST_r^{LC} دمای رویه‌ی زمین پهنه‌های روستایی که رویه‌ی آن از نوع LC باشد. چون پوشش رویه‌ی زمین در بیرون از شهر متنوع است برای هماهنگی با تعریف سنتی جزیره‌ی گرمایی دمای رویه‌ی زمین را برای کشتزار در نظر می‌گیرند. با این حال اگر چنین پوششی در بیرون شهر وجود نداشته باشد باید مشخص کرد که دمای پهنه‌ی روستایی برای چه نوع رویه‌ای محاسبه شده است (جین،۲۰۱۲). نمایه‌ای که به کمک داده‌های دمای رویه‌ی زمین مودیس برای شدت جزیره‌ی گرمایی تعریف شده وردش‌های روزانه و فصلی آشکاری دارد. این نمایه نشان می‌دهد که هنگام روز و در تابستان شدت جزیره‌ی گرمایی زیادتر است. گرچه این نمایه امکان محاسبه‌ی شدت جزیره‌ی گرمایی به روشی یکدست را برای سراسر جهان فراهم می‌آورد اما اعتبار این روش را در مورد شهرهای بیابانی باید بررسی نمود (جین،۲۰۱۲).

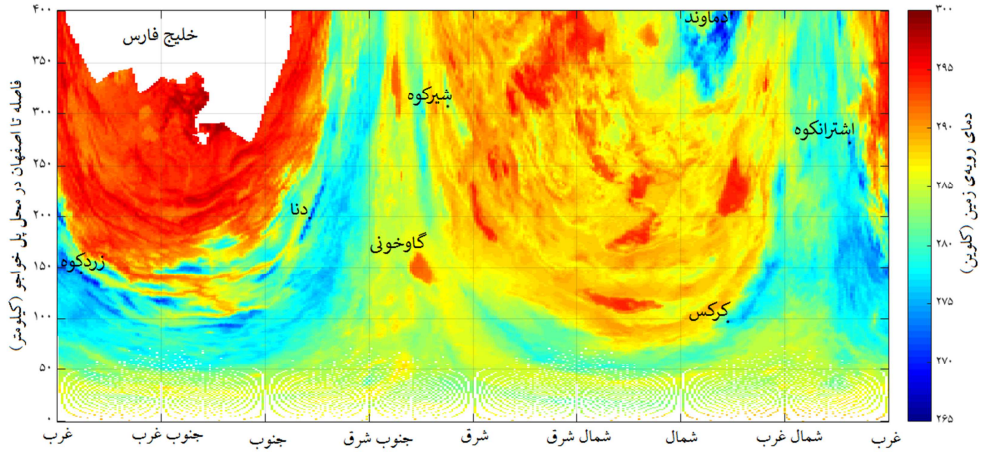
در این پژوهش نمایه ی جزیره ی گرمایی بر حسب تفاوت دمای یاخته ی نماینده ی شهر با یاخته ی نماینده ی منطقه (پس زمینه) تعریف شده است. برای شناسایی یاخته های نماینده روش همبستگی را به کار گرفته ایم.

یافته‌های تحقیق

شهر اصفهان در گرانیگاه آب و هوایی استان اصفهان جا گرفته است. به این معنا که شهر اصفهان معدل آب و هوایی کوهستان های سرد و بارشمند جنوب غربی و دشت های گرم و کم بارش شمال شرقی خود است. گر چه اصفهان بر دشت نهاده شده و اساساً باید آب و هوایی همچون دشت های شمال شرقی داشته باشد اما اثر تعدیلی رودخانه بر آب و هوا سبب شده تا آب و هوای آن حد واسط آب و هوای سرد و بارشمند کوهستانی و آب و هوای گرم و کم بارش دشتی باشد. از این رو شهر اصفهان بدون رودخانه و شهر اصفهان با رودخانه به دو گروه آب و هوایی متفاوت تعلق دارند.

ویژگی های جزیره ی گرمایی، وابسته به نوع آب و هوایی است که شهر در آن برپا شده است (آب و هوای پس زمینه). از این رو در اینجا شگردی برای شناسایی آب و هوای پس زمینه معرفی می کنیم. این شگرد بر سمت (سو) و فاصله (دوری و نزدیکی) تا شهر متکی است و از این رو آن را شگرد دورسو مینامیم. در این شگرد یک نقطه در درون شهر را مبنا قرار داده و میانگین دمای رویه ی زمین را برای همه ی نقاطی که در سمت جغرافیایی معین (مثلاً ۹۰ درجه که معادل جهت جغرافیایی شرق است) و فاصله ی معینی (مثلاً ۱۰ کیلومتر) از این نقطه ی مبنا قرار دارند را محاسبه می کنیم. در این مورد برای شهر اصفهان نقطه ی مبنا را مرکز پل خواجو در نظر گرفتیم. سمت را از صفر تا ۳۶۰ درجه با گام های یک درجه و فاصله را از صفر تا ۴۰۰ کیلومتر با گام یک کیلومتر در نظر گرفتیم.

بررسی دورسوی دمایی اصفهان دو گونه ی آب و هوایی را در پس زمینه نشان می دهد (شکل ۲). گونه ی غالب، آب و هوای گرمی است که با دمای ۲۹۰ کلوین تقریباً در همه ی سرزمین های هموار و کم ارتفاع پیرامون اصفهان گسترش یافته است. گونه ی دوم نوارهای باریک معتدلی است که کوهستان های برآمده از میان دشت ها را شامل می شود. آنچه از نمودار دورسوی اصفهان برمی آید این است که شهر اصفهان بر روی پهنه ای با آب و هوای پس زمینه ی گرم و خشک ساخته شده و نوارهایی کوهستانی از شمال غرب تا جنوب شرق یکدستی این آب و هوای پس زمینه را برهم می زند. دشتهای شرق اصفهان در هنگام شب از لحاظ دمایی با جلگه ی خوزستان برابری می کند.

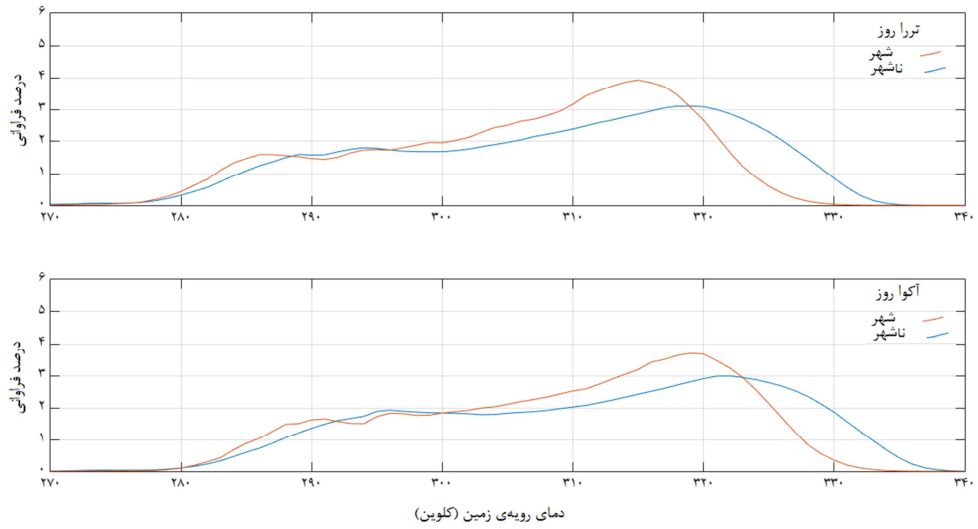


شکل ۲: دورسوی دمایی اصفهان بر پایه‌ی داده‌های میانگین بلندمدت دمای رویه‌ی زمین مودیس ترا برای گذر شبانه

در هنگام شب دست کم هشت لکه ی داغ در پیرامون اصفهان دیده می شود. این لکه های داغ در هنگام روز به اندازه ی پیرامون خود گرم نمی شوند و در هنگام شب از پیرامون خود گرمای بیش تری گسیل می کنند(شکل ۲). از این رو نقش آب های سطحی و زیرسطحی در پیدایش این لکه ها مطرح می شود. گرمای ویژه ی آب زیاد است و بخش بزرگی از انرژی تابشی دریافتی را در خود انباشته می کند بدون آن که دمای آن افزایش زیادی پیدا کند. بر این اساس پهنه هایی که دارای آب سطحی یا زیرسطحی هستند مانند پیل گرمایی انرژی تابشی روزهنگام را در خود انبار کرده و در هنگام شب انرژی گرمایی انبار شده را گسیل می کنند. هر چه مقدار آبی که در این سازوکار فعال است بیش تر باشد تفاوت دمای شب و روز کم تر می شود. در استان اصفهان سه پهنه ی متفاوت از این لحاظ

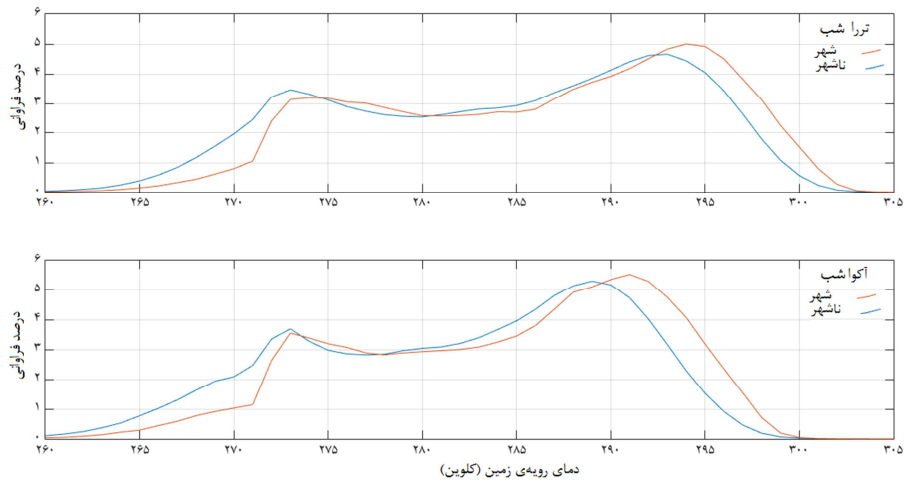
می‌توان شناسایی کرد. در بخش های غربی و ارتفاعات، پوشش برفی در فراهم آوردن رطوبت خاک و امکان انبارش گرما در هنگام روز نقش بازی می کند. در بخش های شرقی آب های زیرسطحی در کف چاله ها این نقش را بازی می کند و در سراسر مسیر زاینده رود، رودخانه نقش دارد. برخی از چاله‌هایی که نقش پیل‌های گرمایی استان اصفهان را بازی می‌کنند عبارتند از تالاب گاوخونی، دریاچه‌ی نمک در مرنجاب، ریگ جن، دق سرخ، کویر شتران و دشت کویر. در محل این پیل‌ها گرما در طی روز انبار و در طی شب آزاد می‌شود. از این رو تفاوت دمای شب و روز در این مناطق نسبت به پیرامون کم‌تر است.

در هنگام روز شهر از ناشهر خنک‌تر است(شکل ۳). از آنجا که آب و هوای پس‌زمینه در اصفهان گرم و خشک است و سرزمین‌های بیابانی و بی‌آب در پس‌زمینه غلبه دارند خنک‌تر بودن شهر در قیاس با ناشهر در هنگام روز نشانگر آن است که در شهر بخشی از انرژی خورشیدی دریافتی، به گرمای نهان تبدیل می‌شود و از سهم گرمای محسوس می کاهد. در مقابل در ناشهر یعنی سرزمین‌های خشک پیرامون شهر انرژی تابشی دریافتی عمدتاً به گرمای محسوس تبدیل می‌شود.



شکل۳: توزیع فراوانی دما در شهر و ناشهر در هنگام روز

در هنگام شب شهر از ناشهر گرم‌تر است(شکل ۳). صرف نظر از عواملی که سبب شده‌اند در اصفهان شب‌های شهر از پیرامون آن گرم‌تر و روزهای شهر از پیرامون آن خنک‌تر باشد به نظر می‌رسد تغییر کاربری زمین به دلیل ساخت شهر، توزیع فراوانی دمای رویه‌ی زمین را تغییر داده است. بر اثر ساخت شهر دمای روز هنگام آن اندازه که در سرزمین‌های خشک پیرامون شهر افزایش می‌یابد بالا نمی‌رود و در هنگام شب، شهر گرمای خود را نگه می‌دارد و آن اندازه که بیابان‌های پیرامون شهر سرد می‌شوند شهر سرد نمی‌شود. در نتیجه دامنه‌ی روزانه‌ی دما در شهر کوچک‌تر از ناشهر است(شکل ۴). این همان ویژگی است که در چاله‌های استان که مصب مسیل‌های بزرگ هستند هم دیده می‌شود(شکل ۲). از این رو باز باید بر نقش آب در رفتار دمای رویه‌ی زمین تأکید بورزیم.

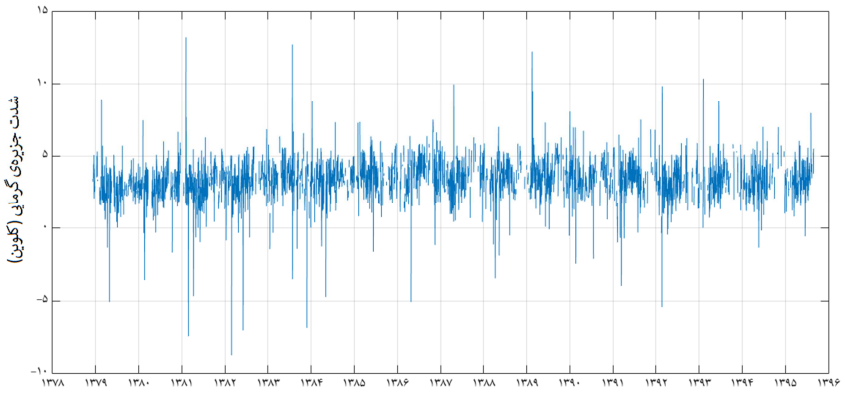


شکل ۴: توزیع فراوانی دما در شهر و ناشهر در هنگام شب

با توجه به آب و هوای پس‌زمینه در محدوده‌ی کلانشهر اصفهان که آب و هوایی گرم و خشک است و بدنبال آن اثر سرمایشی شهر در هنگام روز و اثر گرمایشی شهر در هنگام شب به نظر می‌رسد بررسی دامنه‌ی دمای روزانه (تفاوت دمای شب و روز) نمایانده‌ی شایسته‌ای برای شناخت اثرات آب و هوایی (دمایی) شهر باشد. تفاوت دمای شب و روز در شهر بسیار کم‌تر از ناشهر است.

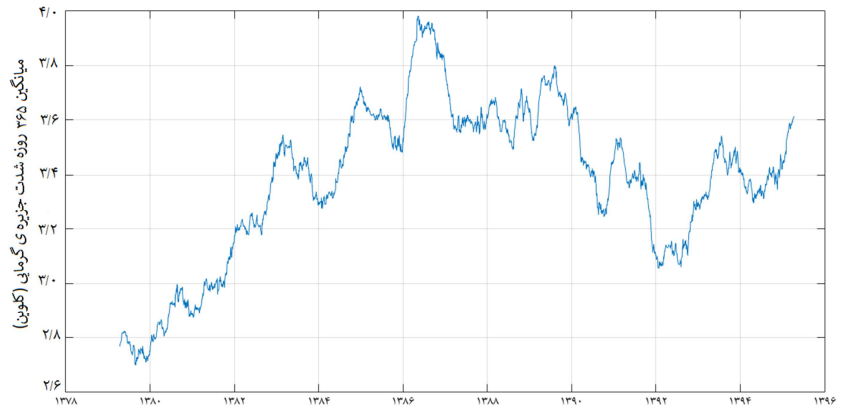
نتایج و بحث

نمایه های گوناگون جزیره ی گرمایی، هر یک وجهی از وجوه اختلافات ویژگی های دما بر روی شهر و پیراشهر را نمایندگی می کنند. تفاوت دما، تفاوت دامنه ی دما، تفاوت توزیع فراوانی دما، تفاوت توزیع فراوانی دامنه ی دما از جمله راه هایی هستند که می توانند برای نشان دادن اثر شهر بر آب و هوا در نظر گرفت. در مورد شهر اصفهان هر یک از این راه ها ارزش بررسی را دارند چون اصفهان بر هر یک از این ویژگی های دمایی اثر ویژه ای داشته است. اینک برای بررسی جزیره ی گرمایی شهر اصفهان نمایه ی جزیره ی گرمایی را چنین تعریف می کنیم. تفاوت دمای شب هنگام بین نقطه ی نماینده ی شهر و نقطه ی نماینده ی آب و هوای پس زمینه. هر چند گاه پیش می آید که دمای شهر در هنگام شب از دمای پس زمینه کم تر باشد اما جزیره ی گرمایی شبانه تقریباً ویژگی غالب کلانشهر اصفهان است. به بیان دیگر در بیش از ۹۸ درصد موارد دمای شهر در هنگام شب بیش از دمای پس زمینه است. در سال ۱۳۸۶ شدت جزیره ی گرمایی شبانه بیشینه بوده است. با توجه به این که زمستان سال ۱۳۸۶ سالی سرد و برفی بوده است (کیخسروی کیانی،۱۳۹۵) نیرومندتر شدن جزیره ی گرمایی شبانه در این سال از یک سو نقش سپیدایی و از سوی دیگر به صورت غیر مستقیم نقش چشمه های گرمایی مردمزاد در پیدایش جزیره ی گرمایی را آشکار می سازد.



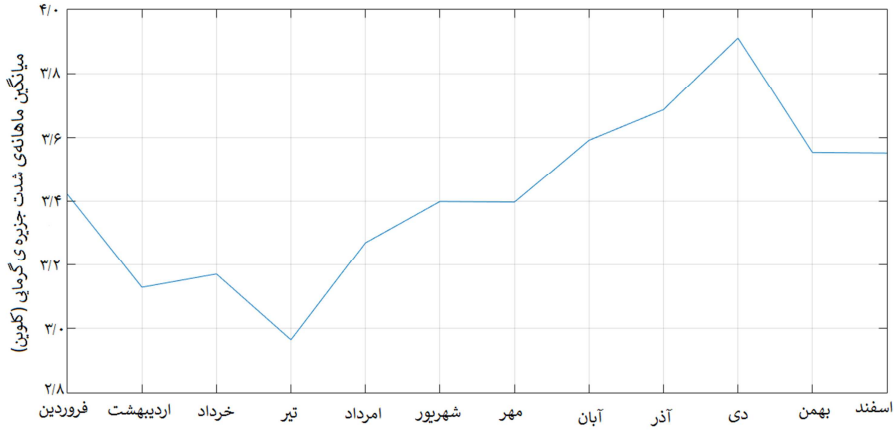
شکل ۵: نمایه‌ی جزیره‌ی گرمایی کلانشهر اصفهان

بررسی سری زمانی نمایه ی جزیره ی گرمایی شهر نشان می دهد که گذشته از رطوبت و ساختار شهر سپیدایی نیز در پیدایش جزیره ی گرمایی شبانه نقش دارد. بررسی سال ۱۳۸۶ که نمایه ی جزیره ی گرمایی در آن بیشینه بوده (شکل ۶) نمونه ای از اثر سپیدایی بر جزیره ی گرمایی شبانه است. چنان که پیداست در سال ۱۳۸۶ که پوشش برفی زیاد بوده است به سبب افزایش سپیدایی درصد بیش تری از تابش های خورشیدی در هنگام روز بازتاب شده و دمای رویه ی زمین کم تر شده است. در نتیجه دمای شب هنگام نیز در پیرامون شهر کمتر شده است. از سوی دیگر در مناطق شهری به دلیل ماندگاری کم تر پوشش برفی تفاوت چندانی در انرژی دریافتی ایجاد نشده است. از این رو دمای شهر نسبت به پیراشهر بیش از مقدار معمول بوده است. در طی دوره ی بررسی میانگین دمای رویه زمین کلانشهر اصفهان ۱۸/۲ درجه سلسیوس بوده است. در همین دوره میانگین شناور ۳۶۵ روزه ی نمایه ی جزیره ی گرمایی شبانه ی کلانشهر اصفهان بین ۲/۵ تا ۴/۰ کلوین در نوسان بوده است. از سوی دیگر اثر فصلی در سری زمانی جزیره ی گرمایی کاملاً آشکار است(شکل ۵). مشاهده ی اثر فصلی از یک سو و افزایش پراش نمایه در سال های اخیر از سوی دیگر نشانگر آن است که گذشته از متغیرهای شهری، متغیرهای آب و هوایی نیز نقش برجسته ای در پیدایش جزیره ی گرمایی شبانه بازی می کنند.



شکل ۶: میانگین شناور ۳۶۵ روزه‌ی نمایه‌ی جزیره‌ی گرمایی کلانشهر اصفهان

میانگین بلندمدت ماهانه ی نمایه ی جزیره ی گرمایی شبانه (شکل۷) نشان می دهد که اثر فصلی یاد شده به معنی تضعیف جزیره ی گرمایی شبانه در دوره ی گرم سال و نیرومند شدن آن در دوره ی سرد سال است. شاید بتوان گذشته از عوامل آب و هوایی افزایش مصرف انرژی در شهر را با این ویژگی فصلی در پیوند دانست.



شکل ۷: میانگین ماهانه‌ی نمایه‌ی جزیره‌ی گرمایی کلانشهر اصفهان

نتیجه‌گیری

گرمایش جهانی با نیرومندتر شدن جزایر گرمایی بر روی کلانشهرها همراه خواهد بود. اصفهان در طی چند دهه ی گذشته رشد شتابناکی را تجربه کرده است که همچنان نیز ادامه دارد. تغییرات کاربری زمین و بر هم خوردن ترازمندی آب در پهنه ی شهری به پیدایش جزیره ی گرمایی شبانه بر روی اصفهان انجامیده است. این بدان معنا است که متغیرهای اثرگذار بر تابش خروجی تغییر کرده اند. نتیجه آن که دمای شهر اصفهان در هنگام شب دو درجه سلسیوس از پیرامون خود گرم تر است. به نظر می رسد تغییر ترکیب جو و تغییر محتوای رطوبتی جو در پیدایش جزیره گرمایی شبانه بر روی شهر اصفهان اثرگذار بوده اند.

تقدیر و تشکر

نویسندگان از معاونت شهرسازی شهرداری اصفهان برای پشتیبانی مالی از این پژوهش سپاسگزاری می نماییم. نویسنده اول از معاونت پژوهشی دانشگاه اصفهان برای پشتیبانی مالی و ستادی از انجام فرصت مطالعاتی در دانشگاه سسکچوان کانادا سپاسگزاری می نماید.

منابع

کیخسروی کیانی محمدصادق، آب و هواشناسی پوشش برف در ایران با بهره گیری از داده های دورسنجی، پایان نامه دکتری، گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه اصفهان، ۱۳۹۵، ص ۶۵.

گلستان نژاد ابوالقاسم، اعظم راشدی پور، عبدالمجید باباصفری، مائده خلیلیان، سیدرسول موسوی، اعظم نصری (۱۳۹۴). اطلس کلانشهر اصفهان، انتشارات همصدا، صص ۳۴۸-۱، ص ۷۸

مسعودیان سیدابوالفضل (۱۳۸۴). بررسی روند دمای ایران در نیم سده گذشته ، پژوهش های جغرافیای طبیعی، شماره ۵۴، صص ۴۵-۲۹، ص ۳۰.

Arnfield, A. J. (2003). Two decades of urban climate research: a review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island. International journal of climatology, 23(1), 1-26. P 10.

Jin, M., Dickinson, R. E., & Zhang, D. A. (2005). The footprint of urban areas on global climate as characterized by MODIS. Journal of Climate, 18(10), 1551-1565. P 1570.

Jin, M. S. (2012). Developing an index to measure urban heat island effect using satellite land skin temperature and land cover observations. Journal of Climate, 25(18), 6193-6201. P 6195.

Jones, P. D., Groisman, P. Y., Coughlan, M., Plummer, N., Wang, W. C., & Karl, T. R. (1990). Assessment of urbanization effects in time series of surface air temperature over land. Nature, 347(6289), 169-172. P 170.

Majkowska, A., Kolendowicz, L., Półrolniczak, M., Hauke, J., & Czernecki, B. (2016). The urban heat island in the city of Poznań as derived from Landsat 5 TM. Theoretical and Applied Climatology, 1-15.P 12.

Matson, M., Mcclain, E. P., McGinnis Jr, D. F., & Pritchard, J. A. (1978). Satellite detection of urban heat islands. Monthly Weather Review, 106(12), 1725-1734.P 1730.

McCarthy, M. P., Best, M. J., & Betts, R. A. (2010). Climate change in cities due to global warming and urban effects. Geophysical Research Letters, 37(9).P 17.

Murphy, D. J., Hall, M. H., Hall, C. A., Heisler, G. M., Stehman, S. V., & Anselmi-Molina, C. (2011). The relationship between land cover and the urban heat island in northeastern Puerto Rico. International Journal of Climatology, 31(8), 1222-1239.P 1230.

Peng, S., Piao, S., Ciais, P., Friedlingstein, P., Ottle, C., Bréon, F. M., & Myneni, R. B. (2012). Surface urban heat island across 419 global big cities. Environmental science & technology, 46(2), 696-703.P 698.

Peterson, T. C., & Owen, T. W. (2005). Urban heat island assessment: Metadata are important. Journal of Climate, 18(14), 2637-2646.P 2638.

Rao, P. K. (1972). Remote sensing of urban heat islands from an environmental satellite. Bulletin of the American meteorological society, 53(7), 647.P 15.

Rizwan, A. M., Dennis, L. Y., & Chunho, L. I. U. (2008). A review on the generation, determination, and mitigation of Urban Heat Island. Journal of Environmental Sciences, 20(1), 120-128.P 122.

Schwarz, N., Lautenbach, S., & Seppelt, R. (2011). Exploring indicators for quantifying surface urban heat islands of European cities with MODIS land surface temperatures. Remote Sensing of Environment, 115(12), 3175-3186. P 3175.

Zhang, D. L., Shou, Y. X., Dickerson, R. R., & Chen, F. (2011). Impact of upstream urbanization on the urban heat island effects along the Washington-Baltimore corridor. Journal of Applied Meteorology and Climatology, 50(10), 2012-2029. P 2015.

Wan, ZHENGMING (1999). MODIS Land-Surface Temperature Algorithm Theoretical Basis Document (LST ATBD). NASA, pp. 1-77.P 36.

Research Article

Tempo-spatial behavior of Surface Urban Heat Island of Isfahan Metropolitan Area

S.A. Maoodian*[1], M. Montazeri[2]

Received: 13-01-2019 Revised: 26-09-2019 Accepted: 28-12-2019

Abstract

The population of Isfahan has increased ten times over the past six decades. The rapid urbanization of the historical city of Isfahan has had a great environmental impact. At the same time, drying of Zayandeh Rood, increasing the air temperature, decreasing rain has brought the city to a critical environmental situation. The emergence of the urban heat island is only one of the consequences of the environmental changes of the past decades. Urban heat island has consequences for the health of citizens and it affects the consumption of water and energy. In this study, MODIS Aqua/LST data was used for night and day from 1379 to 1395. By using this data, the background climate of the metropolis of Isfahan was identified with the distance-azimuth (DA) charts. Then the representative pixel within the city and the representative pixel of the background climate were identified. Based on the time series of LST over these two pixels SUHI index of Isfahan metropolis was calculated. Studies show that the Isfahan metropolitan area is colder than the suburbs during the day and it is warmer than its surroundings during the night. The magnitude of the SUHI is maximal in January and is weaker in the summer. Regarding the temporal and spatial behavior of the SUHI, it seems that the changes made by the city in humidity, albedo, and composition of the atmosphere have played an important role in the emergence of the SUHI. Zayandeh Rood has played a major role in modulating the land surface temperature in the metropolitan area of Isfahan, and its drying has had environmental consequences.

Keywords: Urban heat island, Land surface temperature, Isfahan metropolis.

[1]*- Prof. of Climatology, Department of Physical Geography, University of Isfahan, Isfahan, Iran Email: s.a.masoodian@geo.ui.ac.ir
[2]- Assistant Prof. of Climatology, Department of Physical Geography, University of Isfahan, Isfahan, Iran

References

References (in Persian)

Golestannejad, A., Rashedipoor, A., Babasafari, A., Khalilian, M., Moosavi, S.R., Nasri, A., (2015), Atlas of Isfahan Metropolis, Hamseda Publications, pp. 348-1. [In Persian]

Keikhosravi, M. S., Climatology of Snow Cover in Iran Using Remote Sensing Data, PhD Thesis in Climatology, Department of Physical Geography, University of Isfahan, 2016. [In Persian]

Masoodian, S.A., (2005), Trend Analysis of Temperature in Iran in The Last Half Century, Researches in Physical Geography, No. 54, pp. 45-29. [In Persian]

References (in English)

Arnfield, A. J. (2003). Two decades of urban climate research: a review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island. International journal of climatology, 23(1), 1-26. P 10.

Jin, M., Dickinson, R. E., & Zhang, D. A. (2005). The footprint of urban areas on global climate as characterized by MODIS. Journal of Climate, 18(10), 1551-1565. P 1570.

Jin, M. S. (2012). Developing an index to measure urban heat island effect using satellite land skin temperature and land cover observations. Journal of Climate, 25(18), 6193-6201. P 6195.

Jones, P. D., Groisman, P. Y., Coughlan, M., Plummer, N., Wang, W. C., & Karl, T. R. (1990). Assessment of urbanization effects in time series of surface air temperature over land. Nature, 347(6289), 169-172. P 170.

Majkowska, A., Kolendowicz, L., Półrolniczak, M., Hauke, J., & Czernecki, B. (2016). The urban heat island in the city of Poznań as derived from Landsat 5 TM. Theoretical and Applied Climatology, 1-15.P 12.

Matson, M., Mcclain, E. P., McGinnis Jr, D. F., & Pritchard, J. A. (1978). Satellite detection of urban heat islands. Monthly Weather Review, 106(12), 1725-1734.P 1730.

McCarthy, M. P., Best, M. J., & Betts, R. A. (2010). Climate change in cities due to global warming and urban effects. Geophysical Research Letters, 37(9).P 17.

Murphy, D. J., Hall, M. H., Hall, C. A., Heisler, G. M., Stehman, S. V., & Anselmi-Molina, C. (2011). The relationship between land cover and the urban heat island in northeastern Puerto Rico. International Journal of Climatology, 31(8), 1222-1239.P 1230.

Peng, S., Piao, S., Ciais, P., Friedlingstein, P., Ottle, C., Bréon, F. M., & Myneni, R. B. (2012). Surface urban heat island across 419 global big cities. Environmental science & technology, 46(2), 696-703.P 698.

Peterson, T. C., & Owen, T. W. (2005). Urban heat island assessment: Metadata are important. Journal of Climate, 18(14), 2637-2646.P 2638.

Rao, P. K. (1972). Remote sensing of urban heat islands from an environmental satellite. Bulletin of the American meteorological society, 53(7), 647.P 15.

Rizwan, A. M., Dennis, L. Y., & Chunho, L. I. U. (2008). A review on the generation, determination, and mitigation of Urban Heat Island. Journal of Environmental Sciences, 20(1), 120-128.P 122.

Schwarz, N., Lautenbach, S., & Seppelt, R. (2011). Exploring indicators for quantifying surface urban heat islands of European cities with MODIS land surface temperatures. Remote Sensing of Environment, 115(12), 3175-3186. P 3175.

Zhang, D. L., Shou, Y. X., Dickerson, R. R., & Chen, F. (2011). Impact of upstream urbanization on the urban heat island effects along the Washington-Baltimore corridor. Journal of Applied Meteorology and Climatology, 50(10), 2012-2029. P 2015.

Wan, ZHENGMING (1999). MODIS Land-Surface Temperature Algorithm Theoretical Basis Document (LST ATBD). NASA, pp. 1-77.P 36.