جغرافیا (فصلنامه علمی ـ پژوهشی و بین المللی انجمن جغرافیایی ایران)
سال هفدهم، شماره 63، زمستان 1398

اثر تغییرات کاربری و کاهش فضای سبز شهری بر تشدید جزیره گرمایی و آلودگی شهرتهران (مطالعه موردی: منطقه یک)

سحر منصوری[1]، شهریار خالدی[2]، رضا برنا[3]، فریده اسدیان[4]

چکیده

این مقاله به بررسی نقش میکروکلیمایی ساخت‌وسازهای بی‌رویه در یک دهه اخیر برافزایش دمای سطحی و تشدید جزیره گرمایی در منطقه یک تهران می‌پردازد. از داده‌های ایستگاه شمیرانات و داده‌های سنجش آلودگی هوای اقدسیه در دوره آماری 12 ساله استفاده شد. برای آشکارسازی نقش کاهش پوشش گیاهی بر دمای سطحی از تصاویر ماهواره لندست 8 استفاده گردید. نتایج نشان داد که در منطقه 1 به دلیل ساخت‌وسازهای غیراصولی و بدون ضابطه در چند دهه اخیر، پوشش گیاهی از بین رفته، درختان منطقه قطع‌شده یا در توسعه فضای سبز استاندارد لازم رعایت نشده است. دو ناحیه گرم یا همان جزیره گرمایی با دمای سطحی بالا در حال شکل‌گیری و توسعه بر روی سایر بخش‌های هم‌جوار است. نیمه شرقی منطقه 1 بخصوص بخش جنوب شرقی آن به‌عنوان یک بخش بسیار گرم در تمام فصول خودنمایی می‌کند. در فصول گرم دمای سطحی در این ناحیه بسیار افزایش می‌یابد. درصورتیکه بخش میانی که هنوز توانسته تا حدود زیادی فضای سبز خود را حفظ کند از شرایط بهتری برخوردار است. بااین‌همه به دلیل رشد لجام‌گسیخته ساخت‌وسازها در یک دهه اخیر دماهای حداقل (صبحگاهی) بخصوص در فصول سرد به‌سرعت و با شیب زیادی در حال افزایش است. همچنین، مقادیر ریز گردها بخصوص PM10 و PM2 در منطقه یک در حال افزایش است. تشدید جزیره گرمایی سبب شده است بادهای جنوب غرب تا جنوب و جنوب شرقی در تمام ماه‌های سال تشدید شده و ریز گردها از بخش‌های جنوبی شهر تهران و پهنه‌های بایر اطراف بر روی این منطقه منتقل‌شده و این منطقه را بخصوص در ماه‌های سرد سال جزء مناطق آلوده تهران قرار داده است. هدف این پژوهش بررسی نقش تغییر در کاربری اراضی و قطع درختان و از بین رفتن پوشش گیاهی در تغییر در دمای سطحی و جزیره گرمایی منطقه یک شهری تهران است.

واژگان کلیدی: تغییر کاربری زمین، جزیره گرمایی، آلودگی هوا، منطقه 1 تهران، دمای سطحی.

1 . دانشجوی دکتری تخصصی آب و هواشناسی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
2 . استاد آب و هواشناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.
3 . دانشیار گروه جغرافیا، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.
4 . استادیار گروه جغرافیا، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

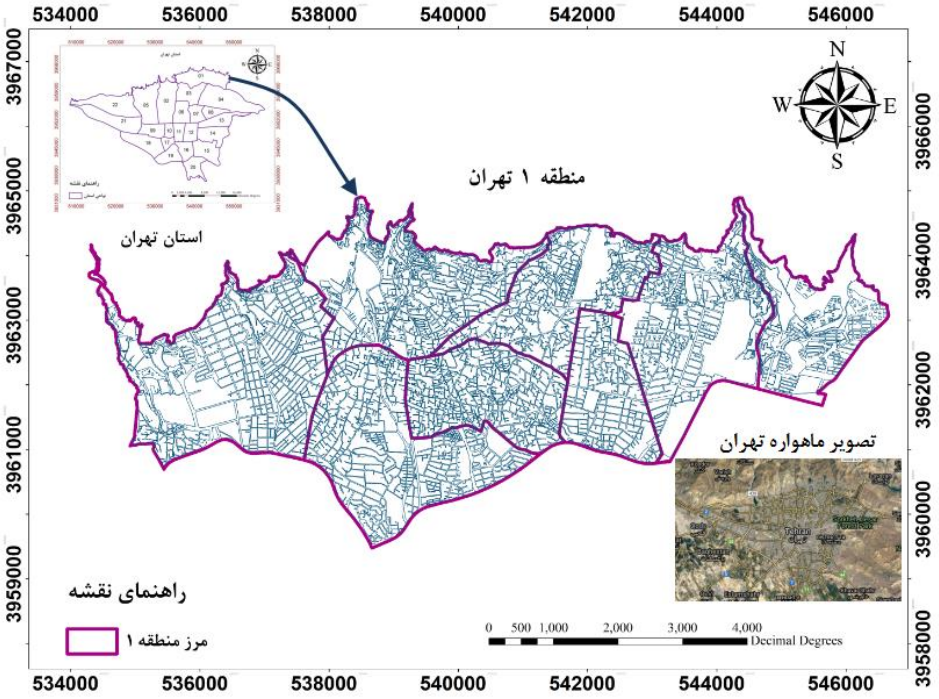
مقدمه

کیفیت هوا می‌تواند نقش بسیار مهمی در رفاه و آسایش ساکنان شهری داشته باشد. امروزه گرمایش جهانی ازیک‌طرف و افزایش دمای ناشی از جزیره حرارتی شهرها آسایش انسان‌ها را در محیط‌های شهری با مشکل مواجه نموده است. درنتیجه، علاوه بر سلب آسایش مردم هزینه زیادی را برای سرمایش و تهویه سکونتگاه‌ها به اقتصاد خانوار تحمیل نموده است. طبق برآوردهای بانک جهانی در مورد خسارت‌های ناشی از آلودگی هوا در ایران خسارت سالانه آلودگی هوا در سال ۲۰۱۶ در ایران به ۱۶ میلیارد دلار رسیده است (قراگزلو،۱۳۹۰: ۱۵۸). بر اساس گزارش توسعه انسانی سازمان ملل (۲۰۱۳) بار بیماری ناشی از آلودگی هوا برای مردم در کشورهای فقیر مخصوصاً برای گروه‌های محروم بیشتر است. افرادی که در اثر آلودگی هوا جان خود را از دست می‌دهند در کشورهای با شاخص توسعه انسانی کمتر،۱۰ برابر بیشتر از سایر کشورها هستند (فتاحی و همکاران، ۱۳۹۳: ۵). با توجه به‌عنوان تحقیق که اثرات میکروکلیمایی بام سبز در جهت کاهش جزیره گرمایی و آلودگی هوا. در منطقه ۱ تهران می‌باشد تمرکز پیشینه تحقیق بر روی کلمات کلیدی این عنوان که شامل میکروکلیما، بام سبز، جزیره گرمایی و آلودگی هوا می‌باشد. یکی از شاخص‌های مهم تأثیرگذار آب‌وهوایی در نواحی شهری، فرایندهای دمایی است. دما را بنا به تعریف، می‌توان همان انرژی خورشیدی جذب‌شده به‌وسیله مواد که تبدیل به انرژی گرمایی می‌شود تعریف کرد (جلال‌زاده و همکاران، ۱۳۸۷، ۱۱۰). مطالعه جزیره حرارتی شهری نخست با استفاده از اندازه‌گیری دمای هوا توسط ایستگاه‌های سیار و ثابت شهری انجام می‌گرفت و بر پایه داده‌های زمینی استوار بود اما استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور برای برآورد دمای سطح زمین روش نسبتاً جدیدی به شمار می‌آید که هزینه‌های تخمین دما به روش کلاسیک را به‌طور چشمگیری کاهش می‌دهد (میریعقوب‌زاده و همکاران، ۱۳۸۸، ۷۲۴). با توجه به محدودیت اطلاعاتی که درراه تأمین داده‌ها به‌ویژه در وسعت زیاد با مشکلات و موانع فراوان همراه است و از طرفی دست‌یابی به آن در زمان واقعی سخت و یا غیرممکن است، بنابراین لزوم استفاده از فن‌آوری سنجش‌ازدور با شرایط زمانی مورداشاره، همراه با ویژگی پیوستگی و داده‌برداری در محدوده‌های گسترده برای نیل به هدف بالا، بسیار می‌تواند کارا باشد (جلیلی و همکاران، ۱۳۸۷، ۱۳۹). در بسیاری از مطالعات صورت گرفته از طریق مدل‌های خرد اقلیم، عناصر اقلیمی مؤثر برآسایش به شکل جداگانه یا در اثرپذیری از عناصر طبیعی شهری مانند پوشش‌های گیاهی موردتوجه قرارگرفته‌اند که می‌توان از تحقیقات (لی و همکاران،۲۰۰۴: ۱؛ لی و همکاران،۲۰۰۴: ۷۲؛ وانگ و یا،۲۰۰۵: ۵۴۷) در این زمینه نامبرد که براثر مثبت پوشش گیاهی شهری در کاهش محلی دما از طریق ایجاد سایه و افزایش تبخیر و تعرق در کنار فواید زیبایی آن اشاره‌کرده‌اند. در بیشتر کشورهای صنعتی ازجمله ایتالیا، انتشار ذرات ریز توسط قوانین شدید محیط‌زیست به دلیل تنظیم مه دودهای شدید می‌تواند یک کشور و ساکنان آنجا را تحت تأثیر قرار دهد. چندین مطالعات انجام‌شده در U.S.A و اروپا به خطرات سرطان ریه اشاره می‌کند (ونیوز و همکاران،۲۰۰۶) از دیگر مطالعات در زمینه آلودگی در سال‌های اخیر می‌توان به کارهای چون (دانسر و همکاران،۲۰۱۹: ۱۱۸؛ نسترن و همکاران،۲۰۱۹: ۳۳؛ باساگانا،۲۰۱۹؛ ماهینگ و همکاران،۲۰۱۹: ۱۵۱؛ زیترو همکاران،۲۰۱۹: ۷۵۷۵ و یو و زانگ،۲۰۱۹: ۷۸۷) اشاره کرد. انصافی مقدم، به بررسی آلودگی هوای تهران در رابطه با پایداری و وارونگی دمای جو پرداخته و نتیجه گرفت در زمان‌هایی که تعداد اینورژن زیاد و ضخامت لایه کم باشد میزان آلودگی افزایش می‌یابد و بیشترین اینورژن ها در پاییز و زمستان اتفاق می‌افتد (انصافی مقدم،۱۳۷۲: ۱۵۱). لشکری و هدایت، به بررسی الگوی سینوپتیکی اینورژن های شدید شهر تهران پرداختند. در این پژوهش به این نتیجه رسیدند که درمجموع چهار الگوی سینوپتیکی باعث ایجاد اینورژن های شدید در شهر تهران می‌شود (لشکری و هدایت،۱۳۸۵: ۱). صفوی و علیجانی، در پژوهشی به بررسی عوامل جغرافیایی در آلودگی هوای تهران پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که ویژگی‌های طبیعی شهر اثر بسیار زیاد در آلودگی آن دارد.

وارونگی‌های دمایی از ویژگی‌های دوره سرد آن است که به همراه استقرار آنتی سیکلون با هوای پایدار ایجاد می‌کنند. درنهایت به این نتیجه رسیدند به‌منظور سازگاری با این شرایط جغرافیایی مدیران و برنامه ریزان شهر باید از سنگینی صنایع و فعالیت‌های آلاینده بکاهند و با برنامه‌های تشویقی در مردم و متولیان شهر احساس مسئولیت ایجاد نمایند (صفوی و همکاران،۱۳۸۵: ۹۹). آمار مربوط به شاخص کیفیت هوای شهر تهران نشان می‌دهد که اغلب بیشترین روزهای ناسالم در طی ماه‌های ژوئیه، اوت، سپتامبر، اکتبر، نوامبر، دسامبر رخ می‌دهد. بنابراین تکرار و تداوم و استقرار سامانه‌های همدیدی با ویژگی‌های بارزی که می‌توانند سبب افزایش پتانسیل آلودگی هوای شهر تهران شوند، در طی این ماه‌ها زیادتر است (سعادت‌آبادی و همکاران،۱۳۸۹: ۴۱). یاوری و همکاران در تحقیقی تحت عنوان سطوح وارونگی در آلودگی‌های هوای شهر تهران طی سال‌های ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۷ به این نتیجه رسیدند که بین ۷۳ تا ۸۵/۵ درصد میزان آلودگی در ایستگاه‌های سطح شهر تهران ناشی از وارونگی دمایی بوده است. همچنین نتایج آن‌ها نشان داد که وارونگی‌های دمایی متأثر از سامانه‌های فشار و تشعشع زیاد سطح زمین بوده است (یاوری و همکاران،۱۳۹۰: ۸۹). ازجمله مطالعات در زمینه آلودگی نیز می‌توان به کارهای (احمدی مقدم و همکاران،۱۳۹۰: ۳۳؛ بیات و ترکیان،۱۳۸۳: ۱؛ رنجبر و میرزائی،۱۳۹۰: ۴۰؛ بیدختی و بنی‌هاشم،۱۳۸۳؛ شمسی‌پور وهمکاران،۱۳۹۱: ۱۲۲) اشاره کرد. کیخسروی و لشکری در تحقیقی تحت عنوان تحلیل رابطه بین ضخامت و ارتفاع وارونگی و شدت آلودگی هوا در شهر تهران (۱۳۹۳)، به بررسی عوامل آلودگی شهر تهران پرداخته و نتایج کار آن‌ها نشان داد که علاوه بر عوامل جغرافیایی عوامل اقلیمی مانند پایداری هوا و بادهای آرام و وارونگی هوا در تشدید آلودگی هوای شهر تهران مؤثر است و زمانی که ارتفاع اینورژن به سطح زمین نزدیک شده است برشدت آلودگی هوا افزوده‌شده است (کیخسروی و همکاران،۱۳۹۳: ۲۳۱). در تحقیقی کریمیان به تحلیل همدیدی ضخامت لایه وارونگی دمایی در آلودگی‌های شدید تهران پرداخته‌شده که به بررسی میزان غلظت آلاینده‌ها و تعیین نقشه پهنه‌بندی روزهای خطرناک انجامید و موجب شد مناطق آلوده شهر تهران بر اساس شاخص AQI مشخص شود (کریمیان،۱۳۹۷: ۲). منطقه ۱ شهر تهران تا دو دهه اخیر یکی از مناطق بسیار مطبوع و سرسبز شهر تهران قلمداد می‌شد. در سال‌های اخیر به دلیل ورود روزافزون جمعیت شهری و افزایش نابهنجار قیمت زمین در این منطقه ییلاقی تهران سبب شده بسیاری از باغ ویلاها که از فضای سبز قابل‌توجهی برخوردار بوده‌اند تخریب‌شده و به برج‌ها و آسمان‌خراش‌های بزرگ تبدیل گردند. این تغییر در کاربری اراضی علاوه بر تغییر در دمای شهری به دلیل از بین رفت سطوح سبز و تبدیل آن به سطوح آسفالت و بتن باقدرت جذب‌کنندگی بالا تشعشعات خورشیدی، باعث افزایش آلودگی هوا نیز گردید. هدف از تحقیق بررسی جزیره گرمایی منطقه ۱ و تأثیر این وضعیت برآلودگی هوا می‌باشد.

منطقه موردمطالعه

به لحاظ موقعیت ریاضی، تهران حدوداً در ۵۱ درجه و ۱۷ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۳۳ دقیقه طول جغرافیایی شرقی و ۳۵ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۴۹ دقیقه عرض جغرافیایی شمالی واقع‌شده است. استان تهران از شمال به استان مازندران، از شمال غرب به استان قزوین، از جنوب غرب به استان مرکزی، از جنوب به استان قم و از شرق به استان سمنان محدود می‌شود. شکل ۱ کلان‌شهر تهران با مساحت حدود ۷۳۳ کیلومترمربع یکی از بزرگ‌ترین شهرهای جهان امروزی است، در دامنهٔ جنوبی رشته‌کوه‌های مرتفع البرز واقع‌شده است و فاصله آن با ارتفاعات ۴۰۰۰ متری نزدیک به ۲۰ کیلومتر است. ارتفاع نقاط مختلف شهر تهران بسیار متفاوت است و از شمال به جنوب کاهش می‌یابد. رشته‌کوه البرز با قلل مرتفع دماوند با ارتفاع ۵۶۲۸ متر و توچال با ارتفاع ۳۹۳۳ متر در شمال آن واقع‌شده است. ارتفاعات شمیرانات حدود ۱۶۰۰ متر و ارتفاع نقاط مرکزی حدود ۱۲۰۰ متر و بالاخره ارتفاع نقاط جنوب و جنوب شرقی نیز با ارتفاع حدود ۲۰۰۰ متر از سطح دریا می‌باشد (سید مجدالدین میرحسینی، مهدی کاری،۱۳۷۴).



شکل ۱: موقعیت استان تهران و منطقه ۱ تهران منبع: نگارندگان

منطقه یک شهرداری تهران با مساحت ۳۶۰۴/۸۹۴۴ هکتار شمالی‌ترین منطقه تهران به شمار می‌رود به‌طوری‌که مرز شمالی آن بر مرز شمال تهران (خطوط ارتفاعی ۱۸۰۰ متر) منطبق است. این منطقه از غرب توسط رود – درکه که با منطقه ۲، از جنوب توسط بزرگراه چمران، مدرس، صدر با منطقه ۳ و از جنوب شرقی توسط بزرگراه ازگل با منطقه ۴ شهرداری هم‌مرز است (شکل ۱).

روش تحقیق

روش تحقیق در این بخش به دو قسمت تقسیم‌بندی شده است ابتدا به بررسی آلودگی هوا پرداخته‌شده و در مرحله دوم با توجه به‌عنوان تحقیق به محاسبه جزیره گرمایی در منطقه ۱ تهران پرداخته‌شده است. که در ادامه توضیحات مربوط به هر بخش ارائه‌شده است.

سنجش آلودگی هوا

در این تحقیق برای مطالعه و سنجش آلودگی جوی از داده‌های ایستگاه سنجش آلودگی اقدسیه استفاده‌شده است. به همین منظور داده‌های روزانه ایستگاه آلوده سنجی اقدسیه برای دوره زمانی ۱۳۸۷–۱۳۹۶ که شامل آلاینده‌های: ذرات معلق هوا (PM2/5)، (PM10)، ازن (O۳)، دی‌اکسید گوگرد (SO۲)، دی‌اکسید نیتروژن (NO۲)، بود با شاخص AQI مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت همچنین از داده‌های ایستگاه همدیدی شمیرانات نیز استفاده شد.

جدول ۱: ایستگاه‌های سنجش آلودگی و ایستگاه همدید منطقه ۱

ایستگاه		منطقه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	سال تأسیس
۱	اقدسیه	۱	۵۱/۴۸	۳۵/۷۹	۱۳۷۹/۰۱/۰۱
منبع: شرکت کنترل کیفیت هوا					
ایستگاه		**منطقه**	**طول جغرافیایی**	**عرض جغرافیایی**	**سال تأسیس**

۲	شمیرانات	۵۱/۴۸	۳۵/۷۹	۱۵۴۸/۲	۱۳۶۷
منبع: سازمان هواشناسی کشور					

برای تحلیل جزیره گرمایی و اثرات ساخت‌وساز شهری بر تشدید این پدیده از داده‌های ماهواره‌ای لندست ۸ و محاسبه دمای سطح زمین (LST) استفاده شد. این داده‌ها برای چهار ماه از سال به‌عنوان نماینده چهارفصل سال از سایت (https://earthexplorer.usgs.gov) دریافت شد. برای انجام –تصحیحات تصحیحت اتمسفری و رادیو متریک از روش زیر استفاده گردیده است.

ابتدا مقدار تابش سطح زمین برای هر یاخته محاسبه گردید. مقدار تابش هر تصویر با رابطه زیر محاسبه گردید.

$$L_\lambda = \frac{(LMAX_\lambda - LMIN_\lambda)}{QCALMAX - QCALMIN} \times (DN - QCALMIN) + LMIN_\lambda$$

در این رابطه L_λ بیانگر تابش طیفی در روزنه سنسور و LMIM حداقل تابش طیفی و LMAX بیانگر حداکثر تابش طیفی برای هر باند است. QCALMAX بیانگر حداکثر مقدار هر یاخته واسنجی شده در واحد DN و QCALMIN بیانگر حداقل مقدار هر یاخته واسنجی شده در واحد DN است. DN مقدار عددی هر یاخته است و λ بیانگر طول‌موج است. این مقادیر به همراه هر تصویر ماهواره‌ای در فایل Metadata موجود است (حلبیان و موحدی،۱۳۹۸: ۲۰۱).

همچنین برای محاسبه دمای سطح زمین از رابطه:

$$T = \frac{K_2}{In\left(\frac{K_1}{K_\lambda} + 1\right)}$$

استفاده‌شده است. که در این رابطه k1 و k 2 ضریبی هستند که توسط طول‌موج مؤثر دریافت شده از حسگر ماهواره محاسبه می‌شوند (ویلیامز،۲۰۰۰).

این محاسبات در نرم‌افزار ArcGIS و نرم‌افزار ENVI با ابزار Raster Calculator محاسبه می‌گردد.

نتایج و بحث

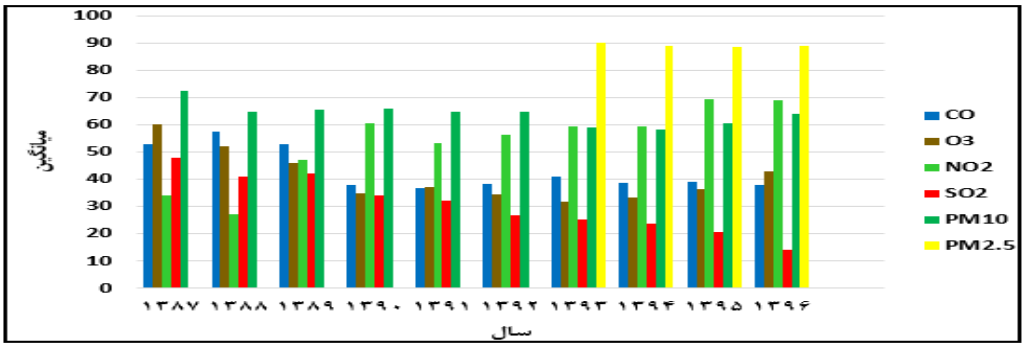
آلودگی هوا در منطقه ۱ تهران

روند تغییرات سالانه غلظت آلاینده‌ها در دوره آماری پژوهش (۱۳۹۶-۱۳۸۶) نشان داد که مقدار PM ۱۰ به نسبت سایر آلاینده‌ها بیشترین میزان غلظت را دارد و بعدازآن آلاینده NO۲ فراتر از حد استاندارد بوده و باعث شرایط نامطلوبی شده است. به دلیل نقص داده‌ها برای آلاینده PM۲/۵، این آلاینده از سال ۱۳۹۳ در دسترس بوده و از سال ۱۳۹۳ به بعد این آلاینده به نسبت سایر آلاینده‌ها بیشترین میزان غلظت را دارد و می‌توان گفت که شرایط نامطلوب و فراتر از حد استاندار را برای اقلیم شهر تهران و خصوصاً منطقه ۱ به وجود آورده است. طبق گزارش سالنامه کنترل کیفیت هوای تهران در سال ۱۳۹۶ میزان غلظت آلاینده PM۲/۵ بالا رفته و بیشترین روزهای سال ۱۳۹۶ را به‌عنوان آلاینده شاخص هوا در شهر تهران درگیر کرده است که توصیه‌های بهداشتی ناشی از مواجهه با این آلاینده مذکور در جدول ۳ آمده است. بعدازاین آلاینده، آلاینده PM۱۰ بیشترین مقدار را دارا است در برخی از سال‌های که برای این دوره آماری در نظر گرفته‌شده میزان غلظت آلاینده NO۲ با آلاینده PM۱۰ برابری می‌کند، اما در سال ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ میزان آلاینده NO۲ از میزان آلاینده PM۱۰ هم بیشتر است و در این سال‌ها در رتبه بعد از آلاینده PM۲/۵ قرار دارد. در این سال‌ها میزان غلظت آلاینده SO۲ روندی کاهشی داشته است و بیشترین مقدار آن در ۱۳۸۷ و کمترین مقدار آن در سال ۱۳۹۶ ثبت شده است.

جدول ۲ : میانگین سالانه روند تغییرات غلظت آلاینده‌ها

سال	CO	O3	NO2	SO2	PM10	PM2/5
۱۳۸۷	۵۲/۹	۶۰	۳۴/۱	۴۷/۸۱	۷۲/۴	-
۱۳۸۸	۵۷/۳۷	۵۲	۲۷/۰۵	۴۱/۰۸	۶۴/۹	-
۱۳۸۹	۵۲/۷۹	۴۵/۹	۴۷/۰۴	۴۲/۰۴	۶۵/۶	-
۱۳۹۰	۳۷/۸۱	۳۴/۹	۶۰/۷۵	۳۴/۲۵	۶۶/۱۲	-
۱۳۹۱	۳۶/۹۶	۳۷/۰۷	۵۳/۱۶	۳۲/۲۲	۶۴/۷۵	-
۱۳۹۲	۳۸/۲۶	۳۴/۳	۵۶/۴۹	۲۶/۹۷	۶۴/۸۷	-
۱۳۹۳	۴۰/۹۱	۳۱/۶۷	۵۹/۴	۲۵/۲۸	۵۸/۹۶	۹۰/۲۷
۱۳۹۴	۳۸/۷۸	۳۳/۳۷	۵۹/۵۸	۲۳/۶۱	۵۸/۲۲	۸۸/۹۵
۱۳۹۵	۳۹/۱۷	۳۶/۴۵	۶۹/۲۱	۲۰/۶۳	۶۰/۶۴	۸۸/۶۴
۱۳۹۶	۳۸/۰۱	۴۲/۹	۶۹/۱۸	۱۴/۰۱	۶۴/۱۳	۸۸/۹۱

منبع: (نگارنده)



شکل۲: میانگین سالانه روند تغییرات غلظت آلاینده‌ها در دوره آماری (۱۳۹۶-۱۳۸۶)، منبع: (نگارنده)

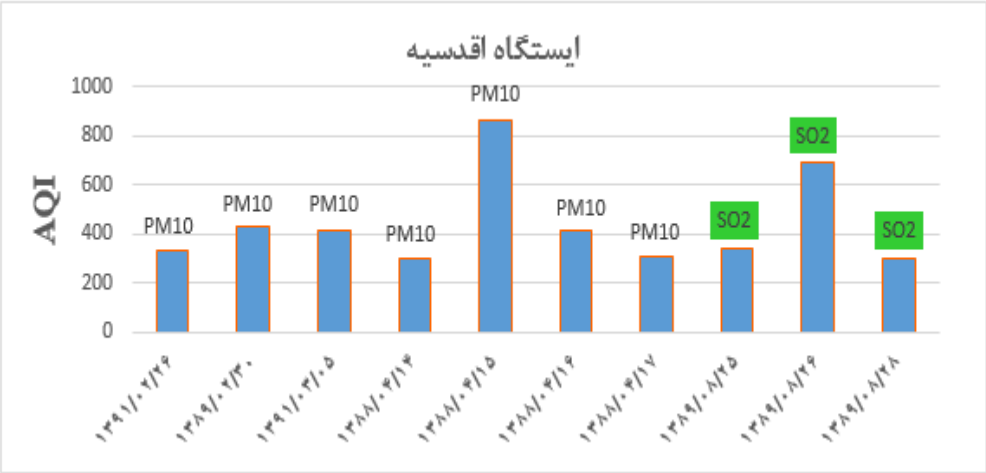
روند تغییرات غلظت آلاینده‌های مؤثر در ایستگاه آلودگی سنجی منطقه ۱ در روزهای خطرناک طی دوره آماری (۱۳۹۶-۱۳۸۶) منبع: سالنامه کنترل کیفیت هوای شهر تهران سال ۱۳۹۶

در ایستگاه اقدسیه در کنار بالا رفتن غلظت آلاینده PM10 با بالا رفتن غلظت آلاینده SO2 موجب شده که روزهای خطرناک در این ایستگاه ثبت شود که در جدول ۴ به‌خوبی مشخص شده است.

جدول ۴: بررسی روند غلظت آلاینده غالب در روزهای خطرناک ایستگاه منطقه ۱ طی دوره آماری (۱۳۹۶-۱۳۸۶)،

اقدسیه	۲۶/۰۲/۱۳۹۱	۳۰/۰۲/۱۳۸۹	۰۵/۰۳/۱۳۹۱	۱۴/۰۴/۱۳۸۸	۱۵/۰۴/۱۳۸۸	۱۶/۰۴/۱۳۸۸	۱۷/۰۴/۱۳۸۸	۲۵/۰۸/۱۳۸۹	۲۶/۰۸/۱۳۸۹	۲۸/۰۸/۱۳۸۹
AQI	۳۳۰	۴۳۴	۴۱۳	۳۰۱	۸۵۹	۴۱۷	۳۱۱	۳۴۰	۶۸۹	۳۰۱
علت	PM 10	PM 10	PM 10	PM 10	PM 10	PM 10	PM 10	SO 2	SO 2	SO 2

منبع: نگارنده

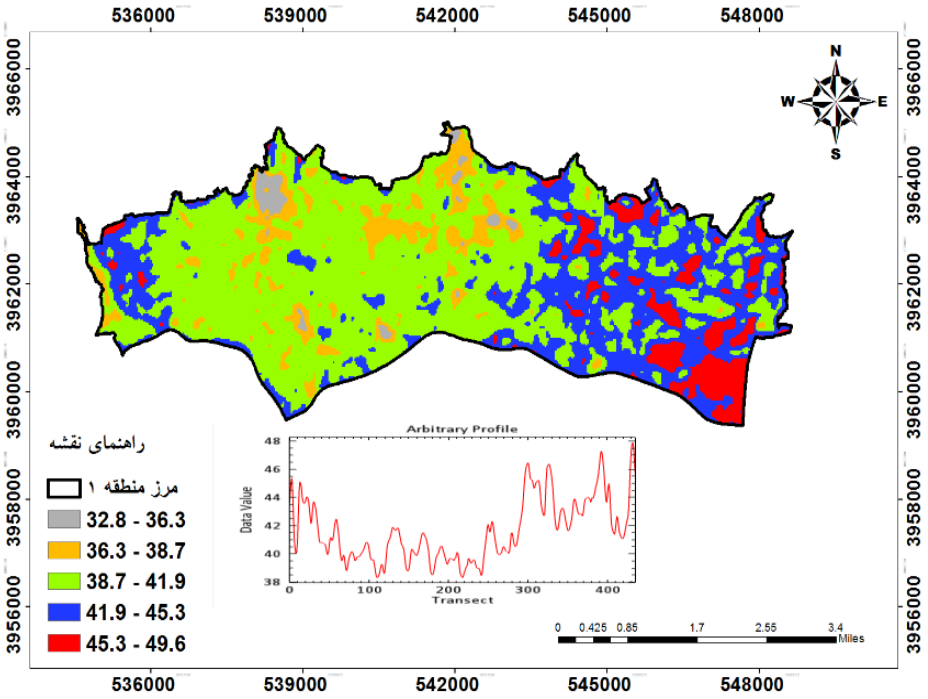


شکل ۳: روند غلظت آلاینده غالب در روزهای خطرناک ایستگاه اقدسیه دوره آماری (۱۳۹۶-۱۳۸۶)، منبع: نگارنده

جزیره گرمایی منطقه یک تهران

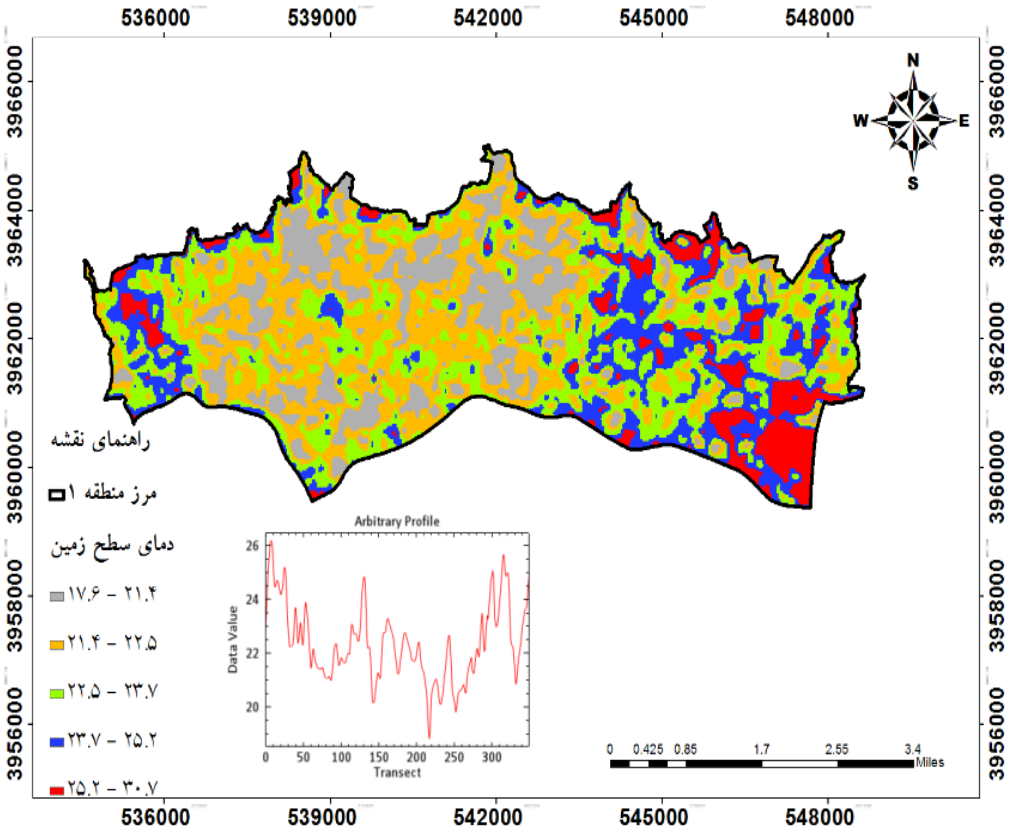
برای بررسی و تحلیل پوشش گیاهی بر کاهش یا افزایش آلودگی جوی و جزیره حرارتی در منطقه یک تهران از داده‌های ماهواره‌ای استفاده‌شده است. چراکه استفاده از داده‌های ماهواره‌ای به دلیل دید فراگیر بر روی منطقه تحلیل دقیق‌تری را از اثر تغییرات کاربری زمین‌بر دمای سطحی و تأثیر آن بر تشدید یا تعدیل جزیره گرمایی ارائه می‌نماید. به همین منظور برای آشکارسازی پوشش گیاهی و پوشش سبز بر تغییر دمایی سطحی و بازتابش حرارتی سطوح مختلف چهار تصویر از چهار ماه از هر یک از فصول سال انتخاب و موردبررسی و تحلیل قرارگرفته است. در این بخش از تحقیق از داده‌های ماهواره لندست استفاده‌شده است. برای این منظور در مرحله اول پس از گرفتن تصاویر ماهواره لند ست ۸ و محاسبات آن در نرم‌افزار ENVI و QGIS درنهایت نقشه دمای سطحی (LST) تهیه گردید. اشکال ۴ تا ۷ نقشه دمای سطحی منطقه یک شهرداری تهران را در چهار ماه نمونه به‌عنوان نماینده چهارفصل سال نشان می‌دهد. شکل ۵ نقشه دمای سطحی منطقه یک را در ژوئن به‌عنوان نماینده فصل گرم نشان می‌دهد. در این ماه در محدوده جغرافیایی منطقه یک تغییرات دمای سطحی بین ۳۲ درجه سانتی‌گراد در محدوده کاخ نیاوران تا ۴۹٫۶ درجه سانتی‌گراد در محدوده خانه‌های سازمانی ارتش در حال تغییر است. در این ماه نیمه شرقی منطقه یک دارای بالاترین دمای سطحی و به‌تبع بالاترین بازتابش سطحی را نیز خواهد داشت. به‌جز محدوده‌های کوچکی از این بخش از منطقه یک که پارک جنگلی لویزان را در برمی‌گیرد در سایر بخش‌ها دما به‌شدت بالا بوده و در محدوده ۵۰ تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد در نوسان می‌باشد. بخش مرکزی منطقه یک در این ماه در مناسب‌ترین شرایط نسبت به سایر بخش‌های منطقه قرار دارد. وجود ساختمان‌های ویلایی با پوشش درختی مناسب عامل مهمی در کاهش دمای سطحی و بازتابش سطحی شده است. غرب منطقه یک نیز به‌جز بخش‌هایی در محدوده غربی آن‌که شامل محدوده دانشگاه شهید بهشتی و مراکز سکونتگاهی شمال آن در شرایط مناسبی قرار دارند. ساخت‌وسازهای بی‌رویه در بخش شمالی ولنجک و اوین بشدت در شرایط حرارتی این محدوده اثر گذاشته و سطوح بتونی در حال گسترش در این ناحیه از شهر بشدت دمای سطحی را افزایش داده است. به‌طوری‌که دمای سطحی در این ماه تا ۴۵ درجه سانتی‌گراد نیز می‌رسد. همان‌طور که قبلاً نیز بیان‌شده کمترین مقدار دمای سطحی در این ماه از محدوده کاخ گلستان دیده می‌شود. بعدازاین محدوده خنک‌ترین بخش‌ها به پارک‌های مرکزی و شمالی منطقه یک همچون بوستان جمشیدیه، دربند و گلاب دره و دارآباد مربوط می‌شود. شکل ۳ برش دمایی منطقه یک را بین غرب و شرق منطقه نشان می‌دهد. این نیمرخ نیز تغییرات دمایی

در عرض منطقه یک را در ماه ژوئن و اثر پوشش گیاهی و سازه‌های بتنی را بر دمای سطحی و بازتابش آن به‌خوبی نشان می‌دهد.



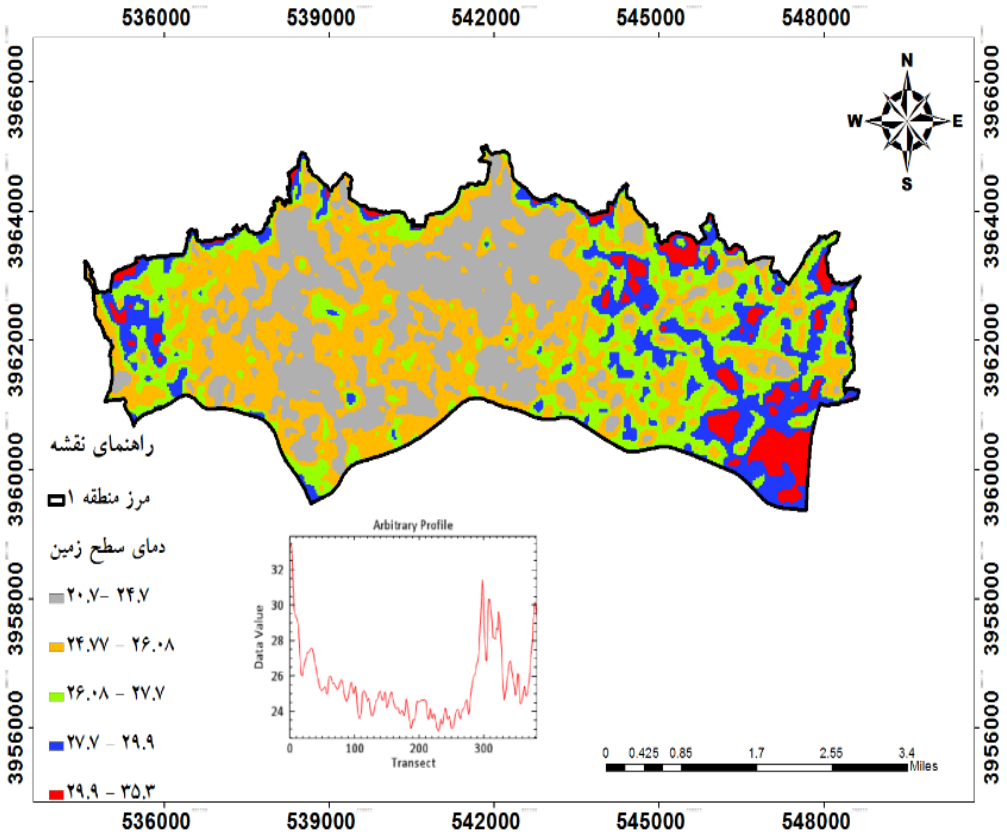
شکل ۴: دمای رویه سطح زمین (LST) و پروفایل دمایی از غرب به شرق منطقه ۱(روز ۳۱ ژوئن ۲۰۱۸). منبع: (نگارنده)

شکل ۵ نقشه دمای سطحی منطقه یک را در روزهای آغازین بهار (۱۴ فروردین) نشان می‌دهد. با توجه به شرایط دمایی منطقه هنوز برک دهی درختان شروع نشده و فقط پوشش گیاهی بدون خزان منطقه همانند درختان کاج و سرو دارای سبزی می‌باشد. همان‌طور که دیده می‌شود همچنان بخشی در غرب منطقه و بخش بزرگ‌تری در شرق و جنوب شرق منطقه دمای بالایی را نشان می‌دهد. همچنان منطقه جنوب شرق که با شهرک‌های ارتش و پادگان‌های نظامی و درمجموع شرق بزرگراه امام علی منطبق است بالاترین دما را نشان می‌دهد. به‌طوری‌که دمای سطحی تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد نیز می‌رسد. و در قسمت‌های متعددی نیز در همین بخش دماهای ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد بچشم می‌خورد. همچنان در این ماه نیز به‌طرف مرکز دمای سطحی کاهش چشمگیر را نشان می‌دهد. به‌جز لکه‌های کوچکی در محدوده مرکزی منطقه یک در سایر بخش‌ها دمای سطحی زیر ۲۳ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. در محدوده بوستان‌ها و موزه‌های کاخ سعدآباد و نیاوران کمترین دمای سطحی بچشم می‌خورد. به‌طرف غرب در بخش انتهایی منطقه یک دوباره شرایط دمایی شبیه شرایط نیمه شرقی منطقه است و دماها بالاتر از حد معمول دیده می‌شود. این محدوده با شهرک‌های تازه‌ساز شمال دانشگاه شهید بهشتی منطبق می‌باشد. ملاحظه می‌شود تغییر کاربری اراضی و به هم زدن فضای طبیعی اولیه و عدم رعایت فضای سبز مورد لزوم بشدت بر دمای سطحی منطقه اثر گذاشته و یک منطقه گرم و نامتجانس را در این بخش از شهر رقم‌زده است. برش دمایی نیز در امتداد غرب به شرق منطقه این نوسانات دمایی را در عبور از سطوح بتنی و فضاهای سبز به‌خوبی نمایان می‌سازد.



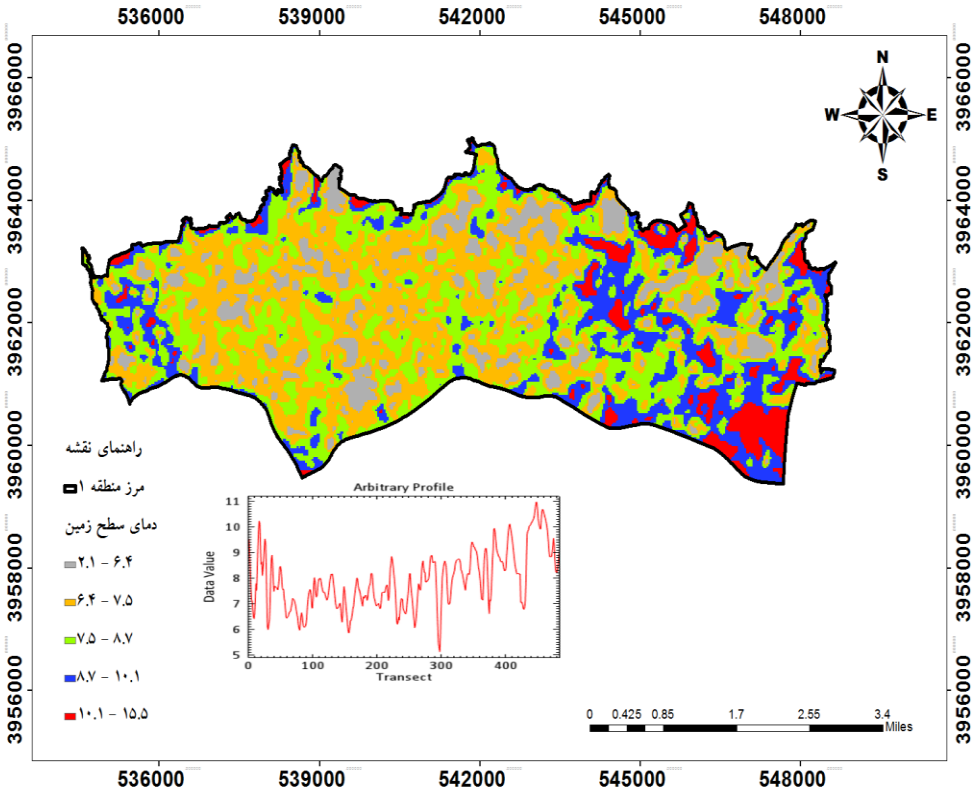
شکل ۵: دمای رویه سطح زمین (LST) و پروفایل دمایی از غرب به شرق منطقه ۱(روز ۲۷ مارس ۲۰۱۴) منبع: (نگارنده)

شکل ۶ نقشه دمایی منطقه یک را در ماه اکتبر (۲۷ مهرماه) نشان می‌دهد. الگوی دمایی در این ماه نیز شباهت زیادی با ماه‌های قبل دارد. همچنان بخش گرم و با دمای سطحی بالا در جنوب شرق منطقه قرار دارد. همچنان سطوح بتونی و ساختمان‌های فشرده این بخش بالاترین دمای سطحی را به نمایش می‌گذارند. دمای سطحی در این بخش بین ۲۵ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد در تغییر است و همچنان جنوب شرق رکورددار دمای بالا و به‌عنوان جزیره حرارتی منطقه یک تلقی می‌شود. تا محدوده شرق بزرگراه امام علی همچنان لکه‌هایی با دمای بالای ۳۰ درجه سانتی‌گراد در همین بخش به چشم می‌خورد. ملاحظه می‌شود ساخت‌وسازهای غیراصولی و عدم رعایت سرانه سبز و افزایش نامتعارف سطوح سنگی و بتونی در این بخش از شهر بر دمای این منطقه تأثیر گذاشته و به‌عنوان هسته‌های جذب و انتشار گرما به‌تدریج اقلیم منطقه را تغییر خواهد داد. همین شرایط در بخش کوچکی از شمال غرب منطقه یک در محدوده ولنجک و شمال دانشگاه شهید بهشتی نیز اتفاق افتاده است. بخش مرکزی منطقه در محدوده بزرگراه امام علی در شرق تا محدوده خیابان ولیعصر در غرب شرایط دمایی همچنان در کمترین مقدار خود قرار دارد. در بخش اعظم این محدوده دمای سطحی زیر ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار دارد. در محدوده بوستان‌ها و فضاهای با پوشش درختی مناسب همچنان دما در زیر ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار دارد. درنتیجه اثر پوشش سبز بر اتلاف انرژی تابشی خورشید از طریق انعکاس و تبخیر و تعرق را به‌خوبی نشان می‌دهد.



شکل ۶: دمای رویه سطح زمین (LST) و پروفایل دمایی از غرب به شرق منطقه ۱(روز ۱۹ اکتبر ۲۰۱۹) منبع: (نگارنده)

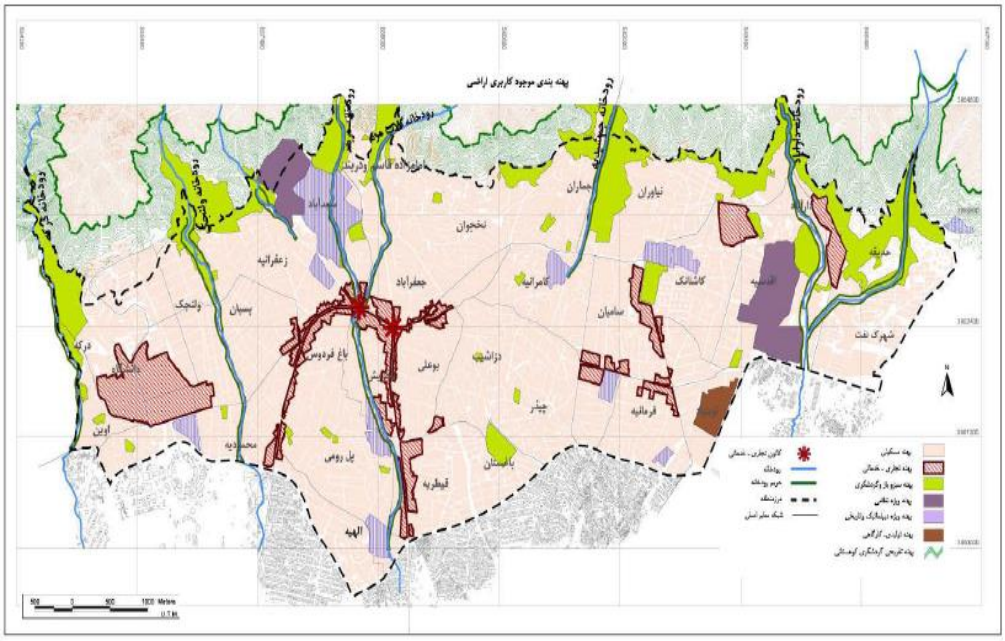
شکل ۸ تصویر ماهواره‌ای دمای سطحی زمین را در منطقه یک تهران برای روز ۵ فوریه (۱۶ بهمن) نشان می‌دهد. باوجوداینکه در این تصویر ما در یک ماه زمستانی قرار داریم و تقریباً در اکثر بخش‌ها پوشش درختی فاقد برگ و سبزینه می‌باشد ولی همچنان بخش جنوب شرقی از دمای سطحی بالاتری نسبت به سایر بخش‌های منطقه برخوردار است. دمای سطحی در این بخش به بیش از ۱۵ درجه سانتی‌گراد نیز می‌رسد.



شکل ۷: دمای رویه سطح زمین (LST) و پروفایل دمایی از غرب به شرق منطقه ۱(روز ۵ فوریه ۲۰۱۹) منبع: (نگارنده)

همچنان نیمه شرقی منطقه ۱ بالاترین دماهای سطحی رادارند. و بخش میانی منطقه همچنان خنک‌تر و دمای سطحی پایین‌تری را نشان می‌دهد. دمای سطحی در این بخش در محدوده ۸ تا ۲ درجه سانتی‌گراد در نوسان است. بااین‌همه دمای ۶ تا ۷ درجه سانتی‌گراد پدیده غالب این بخش از منطقه یک است. در منتهی الیِ غربی منطقه نیز که با همان شهرک‌های تازه ساخته منطبق است دوباره به دلیل غلبه سازه‌های بتنی نسبت به سایر سازه‌ها و فضای سبز دمای سطحی افزایشمی یابد. برش دمایی که در امتداد غرب به شرق منطقه یک و از میانه آن زده‌شده است (نمودار زیر شکل ۷) تغییرات دمای سطحی را در عرض منطقه نشان می‌دهد. پدیده جالب در این نمودار نسبت به نمودارهای ماه‌های قبل نوسانات کم در نمودار می‌باشد. و درواقع به دلیل ریزش برگ درختان و کاهش فضای دارای سبزی نسبت به ماه‌های دیگر نوسان دمایی در غرب و شرق نسبت به مرکز منطقه کمتر شده است. و نمودار نوسانات دمایی زیادی را همانند ماه‌های دیگر که بوستان‌ها و موزه‌ها دارای سبزینه زیادی هستند نشان نمی‌دهد. این پدیده به‌خوبی نقش پوشش گیاهی را در تعدیل دمای سطحی و برعکس تشدید دمای سطحی به‌وسیله سطوح بتنی و آسفالت نشان می‌دهد.

ازجمله یافته‌های تحقیق می‌توان به شناسایی دو بخش با گرمایش بالا در منطقه ۱ اشاره کرد که با رشد لجام‌گسیخته ساخت‌وسازها در یک دهه اخیر دماهای حداقل (صبحگاهی) بخصوص در فصول سرد به‌سرعت و با شیب زیادی در حال افزایش است.



شکل۸: نقشه تغییرات کاربری اراضی منبع: مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران

تغییرات کاربری اراضی

نتیجه‌گیری

هدف این پژوهش بررسی نقش تغییر در کاربری اراضی و قطع درختان و از بین رفتن پوشش گیاهی در تغییر در دمای سطحی و جزیره گرمایی منطقه یک شهری تهران بود. منطقه یک شهری تهران از گذشته به‌عنوان یک منطقه سرسبز و ییلاقی شهر تهران بوده است. و شهرستان شمیرانات به‌عنوان یک باغ شهر در شهر تهران تلقی می‌شده است. ساخت‌وسازهای بی‌رویه در دو دهه اخیر و هجوم بی‌رویه از مناطق دیگر و مهاجرت از شهرهای دیگر و سیاست‌های غلط در صدور مجوزهای بلندمرتبه‌سازی چه از طرف نهادهای دولتی و بخش خصوصی این منطقه را به یک منطقه بی‌قواره ازلحاظ تنوع ساختمان‌ها ازلحاظ ارتفاع و دسترسی‌ها تبدیل کرده است. قطع بی‌رویه درختان و کاهش سطح پوشش فضای سبز سبب شده است دمای سطحی به‌صورت نابهنجاری در برخی نواحی این منطقه افزایش یابد.

برای بررسی تغییر در دمای سطحی و نقش بلندمرتبه‌سازی‌ها و قطع بی‌رویه درختان و عدم جایگزینی در جزیره حرارتی از داده‌های ماهواره‌ای استفاده گردید. لذا برای آشکارسازی نقش پوشش گیاهی و فضاهای شهری بر جزیره گرمایی و آلودگی‌های جوی از تصاویر ماهواره لندست ۸ برای چهار مقطع زمانی مختلف (با پوشش گیاهی و سبزینگی انبوه، پوشش گیاهی و سبزینگی متوسط و فاقد سبزینگی) استفاده گردید. در مرحله بعد داده‌های ایستگاه‌های سنجش آلودگی منطقه از تنها ایستگاه سنجش آلودگی با دوره آماری طولانی منطقه یک به نام ایستگاه شمیرانات استفاده‌شده است. همین‌طور برای بررسی شرایط جوی منطقه از داده‌های ایستگاه سینوپتیک اقدسیه استفاده‌شده است. در ادامه روزهای همراه با آلودگی در منطقه شناسایی گردید.

نتایج این تحقیق نشان داد که در دو بخش از منطقه یک به دلیل ساخت‌وسازهای غیراصولی پوشش گیاهی و درختان منطقه قطع‌شده و یا در کاشت درخت استاندارد لازم رعایت نشده است. لذا در این دو ناحیه یک هسته گرمایی یا جزیره حرارتی در حال شکل‌گیری و توسعه بر روی سایر بخش‌های هم‌جوار است. بخش اول در نیمه شرقی منطقه یک بخصوص بخش جنوب شرقی قرار دارد. این هسته بسیار گرم در تمام چهار فصول خودنمایی می‌کند. به‌طوری‌که در فصول گرم دمای سطحی بسیار بالا رفته و گاه به بالای ۵۰ درجه سانتی‌گراد نیز می‌رسد. درصورتی‌که بخش میانی

که هنوز توانسته تا حدود زیادی فضای سبز خود را حفظ کند از شرایط بهتری برخوردار است. ناحیه دوم در شرق و شمال شرق منطقه یک قرار دارد که این ناحیه نیز در یک دهه اخیر بشدت تحت تأثیر رشد بی‌رویه شهری قرارگرفته و مراتع و جنگل‌های طبیعی آن مورد تخریب قرارگرفته و به‌سرعت با بلندمرتبه‌سازی اشغال‌شده است. بررسی روند دمایی صبحگاهی و ظهر گاهی ایستگاه اقدسیه نیز بیانگر افزایش قابل‌توجه دما هم در دماهای حداقل (صبحگاهی) و هم در دماهای ظهر گاهی می‌باشد. دماهای صبح گاهی بخصوص در فصول سرد به‌سرعت و با شیب زیادی در حال افزایش است. در دماهای حداکثر (ظهر گاهی نیز) دماها در تمام ماه‌ها در حال افزایش است. یافته ویژه این تحقیق شناسایی دو هسته یا جزیره گرمایی در منطقه یک می‌باشد؛ که این دو هسته در دو دهه اخیر به‌تدریج شکل‌گرفته و در حال گسترش است. تداوم این شرایط سبب خواهد شد که شرایط میکروکلیمایی منطقه تغییر پیداکرده و این پدیده بر زیست و فعالیت ساکنان تأثیر خواهد گذاشت. افزایش دما هزینه‌های سرمایش منازل را افزایش داده و علاوه بر آن شرایط آسایش را کاهش خواهد داد.

این تحقیق همچنین نشان داد به دلیل حاکمیت بادهای جنوب غرب تا جنوب و جنوب شرقی در تمام ماه‌های سال ریز گردها از بخش‌های جنوبی شهر تهران و بیابان‌های اطراف بر روی این منطقه منتقل‌شده و این منطقه را بخصوص در ماه‌های سرد سال جزء مناطق آلوده تهران قرار داده است مطالعه حاضربا مطالعات عزیزی وعلی قنبری،۱۳۸۹، کریمیان،۱۳۹۷، شرعی پور و بیدختی، ۱۳۹۳همخوانی دارد. با توجه به شکل‌گیری دو هسته گرمایی در شرق و غرب منطقه سبب خواهد شد با شیو حرارتی که در طول شب و روز بین این منطقه و مناطق جنوبی تهران اتفاق خواهد افتاد با تشدید جریانات جنوبی آلاینده‌های جوی، چه آلودگی‌های شهری و چه ریز گردها را از جنوب غرب و جنوب شرق تهران بر روی منطقه یک منتقل خواهد کرد و تداوم این شرایط را در آینده بدتر نیز خواهد نمود؛ بنابراین توصیه می‌شود برنامه‌ریزی جدی چه به‌صورت عمومی از طرف نهادهای دولتی و مهم‌تر از آن با مشارکت مردم برای توسعه فضای سبز در این منطقه انجام گردد.

افزایش دمای سطحی نیز برشدت این بادها افزوده است. نیمرخ‌های عرضی ترسیم‌شده بر روی نقشه دمایی حاصل از تصاویر ماهواره به‌خوبی اثر پوشش گیاهی را در کاهش دمای سطحی نشان داد. درنتیجه تشویق و فرهنگ‌سازی کشت درخت با گونه‌های مناسب برای بام‌های تهران باید با پدیده جزیره گرمایی در حال شکل‌گیری بر روی منطقه یک مبارزه کرد تا با روند افزایش دمای فعلی این منطقه نیز که به‌عنوان منطقه خوش آب‌وهوای تهران تلقی می‌شود به یک منطقه غیرقابل‌سکونت تبدیل نگردد.

پیشنهادها

۱- با توجه به این‌که فقط یک ایستگاه سنجش آلودگی که دارای آمار کافی و جامع در منطقه یک قرار دارد توصیه می‌شود برای رصد بهتر روند آلودگی‌ها در منطقه در شرق منطقه نیز ایستگاه سنجش آلودگی احداث گردد.

۲- پیشنهاد می شود ایستگاه هواشناسی واقع در دانشگاه شهید بهشتی به عنوان یک ایستگاه همدیدی معرفی شود تا در مطالعات آینده از قابلیت های این ایستگاه در منطقه ۱ برای رصد بهتر وضعیت آب و هوا استفاده گردد. این ایستگاه تنها ایستگاه استان تهران می باشد که در ارتفاع بالا قرار دارد.

۳- برای کاهش آلودگی ناشی از سرب در بین پهن برگان شاه‌بلوط هندی و چنار (که به سایر آلاینده‌ها نیز مقاوم‌اند، در تابستان و ماگنولیا که همیشه‌سبز بوده، در تمام فصول مناسب ترند.

۴- مسئله جزیره گرمایی بخش جنوب شرق منطقه با دقت مورد رصد و بررسی مسئولین شهری قرار گیرد این جزیره گرمایی در حال گسترش در صورت معالجه نکردن به‌تدریج به مناطق اطراف نیز گسترش خواهد

یافت. لذا با توسعه فضای سبز و بخصوص با کاشت درختان بادوام مسئله گرمای سطحی بسیار بالای آن را بخصوص در فصل گرم کاهش و یا تعدیل نمایند.

۵- با توجه به بودن زمین در این منطقه و اجبار به بلندمرتبه‌سازی لازم است شهرداری با تصویب و اجرایی کردن قوانینی سازندگان این برج‌ها را ملزم به احداث و کاشت درخت در حواشی و بام این برج‌ها نمایند تا از مقدار فضای سبز منطقه کم نشود.

منابع

۱. احمدی مقدم، مهدی، محمودی، پرویز، (۱۳۹۰)،" تحلیل داده‌های آلودگی هوای تهران در دهه اخیر ۱۳۷۹ –۱۳۸۸"، مجله سلامت و محیط، فصلنامه علمی پژوهشی انجمن علمی بهداشت محیط ایران، دوره ششم، شماره اول، ۴۴-۳۳.

۲. انصافی مقدم، طاهره، (۱۳۷۲)،" بررسی آلودگی هوای تهران در رابطه با پایداری و وارونگی دمای جو (اینورژن)"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

۳. بیات، رضا، ترکیان، ایوب، (۱۳۸۳)، "سهم بندی منابع آلودگی هوای شهر تهران"، پایان نامه کارشناسی ارشد، گرایش محیطزیست، دانشگاه صنعتی شریف، دانشکده مهندسی عمران،۳۲-۱.

۴. بیدختی، علی اکبر، بنی هاشم، تاج الدین، (۱۳۸۳)،" لایه آمیخته شهری و آلودگی هوا"، مجله محیط شناسی دانشگاه تهران، شماره ۲۰.

۵. جلال زاده، زهره، ترابی، مسعود، دالکی، احمد، (۱۳۸۷)،"مقایسه دمای سطحی حاصل از داده‌های میدانی و ماهواره‌ای در خزر جنوبی"، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۶۵، ۱۲۱-۱۱۰.

۶. جلیلی، شیدا، مرید، سعید، ضیاییان فیروزآبادی، پرویز، (۱۳۸۷)،"مقایسه عملکرد شاخص‌های ماهواره‌ای و هواشناسی در پایش خشکسالی"، تحقیقات آب و خاک ایران، شماره ۱، ۱۳۹-۱۴۹.

۷. حلبیان، امیرحسین، سلطانیان، محمود، (۱۳۹۸)،"کاربردسنجش از دور در علوم محیطی (روش‌های پردازش تصاویر ماهواره‌ای در ENVI)"،۱-۳۲۱.

۸. رنجبرسعادت آبادی، عباس، میرزایی، ابراهیم، (۱۳۹۰)،" مطالعه همدیدی الگوهای جوی حاکم بر روی تهران در روزهای با آلودگی بسیار شدید هوا"، پژوهش‌های اقلیم شناسی،۵۶-۴۰.

۹. شرعی پور، زهرا، علی اکبری بیدختی، عباسعلی، (۱۳۹۳)،" بررسی توزیع مکانی زمانی آلاینده های هوا در شهر تهران برای ماه های سرد سال های ۲۰۱۳-۲۰۱۱"، فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، ویژه نامه شماره ۱, ۱۴۹-۱۶۶.

۱۰. شمسی پور، علی اکبر، حسین پور، زینب، نجیب زاده، فهیمه، (۱۳۹۱)،" مدل سازی ترمودینامیکی و واکاوی همدید آلودگی هوای شهر تهران (ذرات معلق)"، پژوهش‌های اقلیم شناسی، سال سوم، شماره دوازدهم.

۱۱. صفوی، سید یحیی، علیجانی، بهلول، (۱۳۸۵)،" بررسی عوامل جغرافیایی در آلودگی هوای تهران"، مجله پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۵۸، ۹۹-۱۲۲.

۱۲. عزیزی، قاسم، قنبری، حسین‌علی، (۱۳۸۹)،" شبیه‌سازی عددی رفتار آلودگی هوای تهران براساس الگوی باد"، پژوهشهای جغرافیای طبیعی، شماره ۶۸ دوره ۴۱.

۱۳. فتاحی، مریم، صادقی، حسین، اصغرپور، حسین، (۱۳۹۳)،"تأثیر آلودگی هوا بر هزینه‌های عمومی و خصوصی سلامت"، رساله دکتری رشته اقتصاد، گرایش اقتصاد سلامت، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده مدیریت و اقتصاد، ۲۶-۴.

۱۴. قراگوزلو، علیرضا، آل شیخ، علی اصغر، سجادیان، مهیار، (۱۳۹۶)،"واکاوی نگرش‌های عمده کنترل آلودگی هوای ناشی از ترافیک در مدیریت شکل گیری به منظور ارائه چارچوبی منطبق بر پارادایم پایداری در تأمین مالی شهرداری‌ها (منطقه مورد مطالعه :تهران)"، فصل نامه جغرافیا و برنامه ریزی شهری چشم انداز زاگرس، سال سوم، شماره ۹.

۱۵. کریمیان، ندا، (۱۳۹۷)،"تحلیل همدیدی ضخامت لایه وارونگی دمایی در آلودگی های شدید تهران"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی،۱.
۱۶. کیخسروی، قاسم، لشکری، حسن، (۱۳۹۳)،"تحلیل رابطه بین ضخامت و ارتفاع وارونگی و شدت آلودگی هوا در شهر تهران"، نشریه جغرافیا و برنامه ریزی،۲۵۷-۲۳۱.
۱۷. میریعقوب زاده، میر حسین و محمدرضا قنبرپور، (۱۳۸۸)،"بکارگیری داده‌های سنجش از دور در برآورد دمای سطح اراضی (مطالعه موردی حوزه آبخیز وردین، آذربایجان خاوری)"، مجله علمی پژوهشی مرتع، سال سوم، شماره ۴، ۷۲۳-۷۳۴.
۱۸. هدایت، پریسا، لشکری، حسن، (۱۳۸۵)،" تحلیل الگوی سککینوپتیکی اینورژن های شدید تهران"، پایان نامه دانشگاه شهیدبهشتی تهران، دانشکده علوم زمین.
۱۹. یاوری، حسین، سلیقه، محمد، (۱۳۹۰)،" سطوح وارونگی در آلودگی‌های شهرتهران"، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، دوره ۱۷، شماره ۲۰، ۱۰۵-۸۹.

20.Basagaña, X. (2019)," Heat islands/temperature in cities: Urban and transport planning determinants and health in cities". In Integrating Human Health into Urban and Transport Planning (pp. 483-497). Springer, Cham.
21.Duncan, J. M. A., Boruff, B., Saunders, A., Sun, Q. Hurley, J. & Amati, M. (2019),« Turning down the heat: An enhanced understanding of the relationship between urban vegetation and surface temperature at the city scale", Science of the Total Environment, 656, 118-128.
22.Li, Y. M. Guo, J. & Feng, J. Y. (2004)," Urban green space and its effect on urban heat island effect". Urban Environment & Urban Ecology, 17(1), 1-4.
23.Li, Y. M. Zhang, J. H. & Gu, R. Z. (2004)," Research on the Relationship between Urban Greening and the Effect of Urban Heat Island [J]". Journal of Chinese Landscape Architecture, 1, 72-75.
24.Maheng, D. Ducton, I. Lauwaet, D. Zevenbergen, C. & Pathirana, A. (2019)," The Sensitivity of Urban Heat Island to Urban Green Space A Model-Based Study of City of Colombo", Sri Lanka. Atmosphere, 10(3), 151.
25.Nastran, M., Kobal, M., & Eler, K. (2019)," Urban heat islands in relation to green land use in European cities, Urban forestry & urban greening, 37, 33-41.
26.Vineis, P., Hoek, G., Krzyzanowski, M., Vigna-Taglianti, F., Veglia, F., Airoldi, L., & Malaveille, C. (2006)," Air pollution and risk of lung cancer in a prospective study in Europe", International journal of cancer, 119(1), 169-174.
27.Wong, N. H., & Yu, C. (2005)," Study of green areas and urban heat island in a tropical city,Habitat international, 29(3), 547-558.
28.Wu, Z., & Zhang, Y. (2019)," Water Bodies' Cooling Effects on Urban Land Daytime Surface Temperature: Ecosystem Service Reducing Heat Island Effect" Sustainability, 11(3), 787.
29.Ziter, C. D., Pedersen, E. J., Kucharik, C. J., & Turner, M. G. (2019)," Scale-dependent interactions between tree canopy cover and impervious surfaces reduce daytime urban heat during summer", Proceedings of the National Academy of Sciences, 116(15), 7575-7580.