

واکاوی تغییرات مکانی هسته‌ی جزیره‌ی گرمایی شهر تهران

علی اکبر شمسی پور* - استادیار اقلیم‌شناسی، دانشکده‌ی جغرافیا، دانشگاه تهران
مجتبی مهدیان ماهفروزی - دانشجوی کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی، دانشکده‌ی جغرافیا، دانشگاه تهران
زینب حسین پور - دانشجوی کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی، دانشکده‌ی جغرافیا، دانشگاه تهران

پذیرش مقاله: ۱۳۹۰/۱۰/۱۲ تأیید نهایی: ۱۳۹۱/۰۳/۲۴

چکیده

جزیره‌ی گرمایی شهر که امروزه به مسأله‌ای بسیار با اهمیت در اقلیم‌شناسی شهری تبدیل شده است، به‌طور کلی به‌افزایش دمای محیط شهر در مقایسه با حومه اشاره دارد. این پدیده که از پیامدهای شهرنشینی و شهرسازی است، در کشورهای رو به پیشرفت که با رشد سریع و بدون برنامه‌ریزی شهرها روبه‌رو هستند، پیامدهای اساسی به‌همراه دارد. تهران، پایتخت و پرجمعیت‌ترین شهر ایران، به‌دلایل مختلف، مانند ساخت‌وساز ناهمگون و شرایط خاص جغرافیایی، از این پیامدهای بی‌بهره نمانده است. در این پژوهش با هدف ردیابی تغییرات مکانی هسته‌ی جزیره‌ی گرمایی شهر تهران، ۲۴ روز از سال ۲۰۰۶ بررسی شده و با تلفیق میدان دمای به‌دست‌آمده از داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی و میدان یاد حاصل از مدل آلودگی هوا (TAPM)، وضعیت جزیره‌ی گرمایی واکاوی شده است. داده‌های عناصر جوی ۲۲ ایستگاه هواشناسی در محدوده‌ی استان تهران دریافت شد. تغییرات موقعیت مکانی جزیره‌ی گرمایی شهر با استفاده از منحنی‌های هم‌دما در هر روز با فواصل زمانی سه ساعته، در نرم‌افزار ArcGIS درون‌یابی و ترسیم شدند. نتایج به‌دست‌آمده از محاسبه‌ی اختلاف میانگین دمای محدوده‌ی شهری با حومه آن، نشان داد که در تمامی روزها، میانگین دمای محدوده‌ی شهر تهران بیشتر از دمای ثبت‌شده در حومه‌ی آن است. در تحلیل عوامل مؤثر در شکل‌گیری جزیره‌ی گرمایی، سرعت و جهت باد از بیشترین میزان تأثیرگذاری برخوردار بودند؛ به‌گونه‌ای که گستره‌ی مکانی جزیره‌ی گرمایی توسط این دو عامل کنترل می‌شود. همچنین ارتباط معناداری میان فشار هوا و شدت جزیره‌ی گرمایی دیده نشد. تغییرات مکانی هسته‌ی جزیره‌ی گرمایی نیز در ماه‌های مختلف در محدوده‌های حد فاصل ایستگاه‌های دوشان‌تپه، فاطمی، مهرآباد و بهمن صورت می‌گیرد که در بیشتر روزها، ایستگاه‌های آزادی، بهمن و بازار، مراکز گرمایی این محدوده هستند.

کلیدواژه‌ها: جزیره‌ی گرمایی شهری، تغییرات مکانی، میدان باد، TAPM، تهران.

مقدمه

اثر جزیره‌ی گرمایی شهری به‌افزایش دمای هر محدوده‌ی انسان - ساخت در مقابل سطوح اطراف اشاره دارد. در نواحی شهری این پدیده، به‌افزایش دمای شهرها در مقابل نواحی روستایی و حومه‌ی شهری اشاره می‌کند (یاماماتو^۱، ۲۰۰۶: ۶۵). در بسیاری از شهرها همواره، دمای مناطق شهری نسبت به حومه بیشتر است که این مقدار در ارتباط با زمان و مکان تغییر می‌کند. در بسیاری از شهرها نیز طی ساعات شب، جزایر حرارتی روی شهرها شکل می‌گیرند که البته موارد استثنا هم در این زمینه وجود دارد. همچنین در برخی از شهرها نیز، در زمان‌های خاصی جزایر گرمایی شکل می‌گیرد. به‌طور کلی برای شهری که تراکم جمعیت و ساختمان‌های آن به‌طور شعاعی از مرکز به حومه کاهش می‌یابد، انتظار می‌رود که ۳ تا ۵ ساعت پس از غروب خورشید، شدت جزیره‌ی گرمایی (ΔT_{U-R}) به بیشینه‌ی خود و ۳ تا ۵ ساعت پس از طلوع آفتاب، به کمینه‌ی خود برسد (چن و دیگران^۲، ۲۰۰۸: ۱۷۲۳ و یاماماتو، ۲۰۰۶: ۶۶). بررسی‌ها نشان می‌دهد که این اختلاف دمای شهر و روستا یا به‌گفته‌ای، شدت جزیره‌ی گرمایی در دماهای کمینه، نمود بارزتری پیدا می‌کند. به‌گونه‌ای که ممکن است، میانگین دما در شهرها ۰/۳ تا ۰/۴ درجه‌ی سلسیوس بیشتر از روستا باشد، ولی میانگین کمینه‌ی دما از ۱/۲ تا ۱/۷ درجه‌ی سلسیوس هم بالاتر باشد (عزیزی، ۱۳۸۳: ۳۳۹). گزیده‌ی علل این اختلاف دما عبارت است از: افزایش گرمای انسان‌ساخت آزاد شده (ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی)، تغییر در پوشش سطحی اراضی (که با از بین بردن پوشش گیاهی و ایجاد سطوح غیرقابل نفوذ و استفاده از مصالحی مانند، آسفالت و بتن که ظرفیت گرمایی بالایی دارند، سبب کاهش تبخیر، تعرق و آزادسازی آرام انرژی جذب شده می‌شوند)، هندسه‌ی شهری (که با ایجاد ساختار سه‌بعدی خاص توسط ساختمان‌های بلند، منجر به سکون هوا یا کاهش سرعت باد شده و در نتیجه ورود هوای سرد را به داخل شهرها کمتر می‌کنند)، افزایش مساحت شهری و لایه‌ی آلودگی روی شهر که با جذب قسمتی از تابش موج بلند ساطع شده از سطح شهر و انتشار دوباره‌ی قسمتی از آن به سطح زمین جزیره‌ی گرمایی را تقویت می‌کنند (یاماماتو، ۲۰۰۶: ۶۶؛ عزیزی، ۱۳۸۳: ۳-۲۴۲).

وجود جزیره‌ی گرمایی، افزون‌بر تغییرات دمایی، سبب تغییرات در فرایندهای زمینی مانند، شکفتن زودتر گیاهان شهری و طولانی‌تر شدن فصل رشد نیز می‌شود (کاوایانی، ۱۳۸۷: ۲۳۹). علاوه‌بر آن، جزایر گرمایی الگوهای باد را در شهرها و اطراف دچار تغییر می‌کنند. نسیم حومه در شهرهایی که در سرزمین هموار قرار گرفته‌اند، پدیده‌ای غالب است (علوی پناه، ۱۳۸۷: ۲۸۶). این تغییرات در الگوی بادهای، سبب پیامدهای بسیار مهم و خطرناکی از جمله، انتقال آلودگی هوا و ذرات پراکنده‌ی سمی از شهرها به حومه‌ها و برهم‌زدن آسایش افراد درون شهر است (فرومکین^۳، ۲۰۰۲: ۲۰۱). به‌همین دلیل جزایر گرمایی، هم‌اکنون از عوامل ایجاد نگرانی در مورد سلامت افراد به‌شمار می‌روند (یاماماتو، ۲۰۰۶: ۶۷).

مباحث مربوط به جزیره‌ی گرمایی شهر، از دیرباز مورد توجه اقلیم‌شناسان، شهرسازان و مدیران شهری بوده است. در این میان برخی از پژوهشگران، تنها با استفاده از داده‌های ایستگاه‌های زمینی به بررسی این پدیده پرداخته‌اند (شیگتا^۴،

1. Yamamoto
2. Chen et al.
3. Frumkin
4. Shigeta

۲۰۰۹؛ صومقی^۱، ۲۰۰۴؛ رنجبر و دیگران، ۲۰۰۶؛ موسوی بیگی و دیگران، ۲۰۱۰). برخی از پژوهشگران با استفاده از داده‌های اندازه‌گیری شده توسط وسایل نقلیه‌ی متحرک، جزیره گرمایی را مورد بررسی قرار داده‌اند (سانچز و دیگران^۲، ۲۰۰۳). تعدادی از پژوهشگران از مدل‌های آماری خطی چند متغیره (بوتیان و اونگر^۳، ۲۰۰۳) یا مدل‌های دو و سه‌بُعدی (ساویجاروی^۴، ۱۹۸۵؛ آگاروال و تاندون^۵، ۲۰۱۰) برای بررسی این پدیده استفاده کردند. برخی با استفاده از مدل‌های دینامیک سیالات (سینفا و دیگران^۶، ۲۰۱۱) یا مدل‌های میان‌مقیاس جوئی، مانند MM5 (رنجبر و دیگران، ۲۰۰۵؛ تاها^۷، ۲۰۰۸) و مدل آلودگی هوا (لای و چنگ^۸، ۲۰۰۹) به شبیه‌سازی این پدیده پرداخته‌اند. با توسعه‌ی سنجش از دور و افزایش توان سنجنده‌ها، استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به امری رایج در بررسی جزیره گرمایی تبدیل شد و بسیاری از پژوهشگران با استفاده از داده‌های گرمایی و انعکاسی سنجنده‌های TM و ETM+ به بررسی جزیره گرمایی پرداختند (امبری و دیگران، ۱۳۸۹؛ اسمیت و دیگران^۹، ۲۰۰۳؛ ونگ^{۱۰}، ۲۰۰۱؛ مالیک و دیگران^{۱۱}، ۲۰۰۸؛ مندونکا^{۱۲}، ۲۰۰۹؛ لی و دیگران^{۱۳}، ۲۰۰۹). برخی از پژوهشگران نیز از سنجنده‌هایی نظیر ASTER (چن و دیگران، ۲۰۰۸؛ بویانتویف و وو^{۱۴}، ۲۰۱۰؛ لیو و ونگ^{۱۵}، ۲۰۰۸)، ATLAS (گوانزالز و دیگران^{۱۶}، ۲۰۰۵؛ استون و نورمن^{۱۷}، ۲۰۰۶) یا IKONOS (کاو و دیگران^{۱۸}، ۲۰۱۰) برای این کار استفاده کردند.

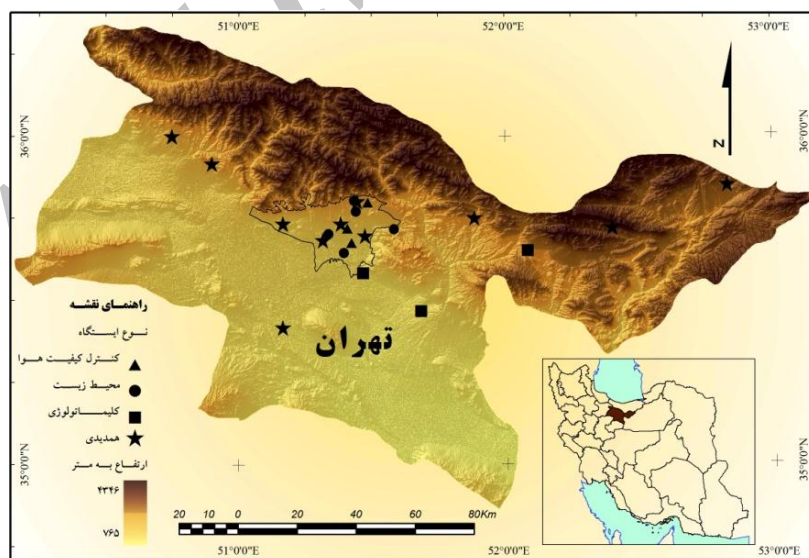
در این مطالعه جزیره گرمایی شهر تهران با تلفیقی از روش‌های مطالعه‌ی آماری و مدل‌سازی اقلیمی میان‌مقیاس، بر مبنای شرایط مختلف دمایی و در مقیاس ساعتی در طول کل ماه‌های سال مورد توجه و ااکاوی قرار می‌گیرد.

مواد و روش‌ها

برای مطالعه‌ی الگوی تغییرپذیری مکانی و زمانی جزیره گرمایی شهر تهران، با توجه به مطالعات انجام گرفته‌ی پیشین و بنا بر داده‌های جوئی همدید مقیاس در دسترس مدل جوئی منطقه‌ای TAPM، ۲۴ روز از سال ۲۰۰۶ انتخاب شد. برای بررسی تأثیر الگوهای فشار بر شدت و شکل جزیره گرمایی، در هر ماه دو روز (یک روز با شرایط کم‌فشار و

1. Sümeghy
2. Sanchez et al.
3. Bottyán and Unger
4. Savijärvi
5. Agarwal and Tandon
6. Synnefa et al.
7. Taha
8. Lai and Cheng
9. Smith et al.
10. Weng
11. Mallick et al.
12. Mendonca
13. Li et al.
14. Buyantuyev and Wu
15. Liu and Weng
16. González et al.
17. Stone and Norman
18. Cao et al.

یک روز با شرایط پُرفشار در محدوده‌ی شهری) مورد بررسی قرار گرفت. سپس داده‌های هواشناسی شامل متغیرهای فشار، دما، سرعت و جهت باد و میزان ابرناکی، از ۲۲ ایستگاه (شامل ۱۱ ایستگاه همدید، ۳ ایستگاه کیماتولوژی، ۳ ایستگاه پایش آلودگی هوا وابسته به شرکت کنترل کیفیت هوا^۱ و ۵ ایستگاه سنجش آلودگی هوا وابسته به سازمان محیط زیست تهران)، در سراسر استان تهران گردآوری شد. موقعیت و توزیع فضایی ایستگاه‌های نام‌برده در شکل شماره‌ی ۱ نمایش داده شده است. پس از پالایش داده‌ها و انجام اصلاحات لازم (مانند اصلاح داده‌ها و تبدیل زمان بین‌المللی^۲ مورد استفاده در ایستگاه‌های همدید به زمان محلی^۳)، داده‌ها به سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی (GIS) وارد شده و با استفاده از توابع درون‌یابی، توزیع مکانی جزیره‌ی گرمایی (با فواصل زمانی ۳ ساعته) بر محدوده‌ی شهری ترسیم شد که در این مرحله ۲۱۶ نقشه تولید شد. همچنین برای محاسبه‌ی شدت جزیره‌ی گرمایی، در تمامی ساعات روزهای مورد بررسی، میانگین دمای محدوده شهری (TU) و میانگین دمای محدوده‌ی روستایی (TR) و تفاضل $(\Delta TU-TR)$ آنها در محیط Excel محاسبه شدند (در این مرحله داده‌های ایستگاه هواشناسی همدیدی آلودگی فیروزکوه، به دلیل ارتفاع زیاد و نمایش مقادیر با انحراف معیار بالا و ایستگاه هواشناسی همدیدی فیروزکوه به دلیل فاصله‌ی زیاد از شهر تهران از محاسبات حذف شدند). در مرحله‌ی بعد برای درک بهتر میدان باد، در تمامی روزها و ساعت‌ها با به‌کارگیری مدل آلودگی هوا^۴، میدان باد در سراسر محدوده مدل‌سازی شد. سپس برای شباهت بیشتر به شرایط واقعی، بُردار سرعت و جهت باد با قدرت تفکیک افقی ۱۰ کیلومتری و در شرایط همدیدی محاسبه و ترسیم شدند و در نهایت، تلفیق اطلاعات و نتایج به‌دست‌آمده در محیط ArcGIS9.3 انجام شد.



شکل ۱. پراکنش ایستگاه‌های مورد استفاده در پژوهش

1. Air Quality Control Company (AQCC)
2. Greenwich Mean Time
3. Local Time
4. The Air Pollution Model (TAPM)

یافته‌های تحقیق

امکان سنجی شکل‌گیری جزیره گرمایی شهری

شکل‌گیری جزیره گرمایی شهری، به‌میزان زیادی متأثر از سرعت وزش باد است. با افزایش سرعت باد، میزان اختلاط هوای سرد با هوای گرم افزایش می‌یابد، در نتیجه از شدت جزیره گرمایی کاسته شده و تشکیل آن با دشواری روبه‌رو می‌شود. سرعتی از باد که شرایط تشکیل جزیره گرمایی در آن، به دلیل اثر اختلاط ممکن نیست را، سرعت باد آستانه می‌گویند. سرعت باد آستانه که به جمعیت هر منطقه وابسته است، با رابطه‌ی شماره‌ی ۱ محاسبه می‌شود (لندزبرگ^۱، ۱۹۸۱: ۱۱۷).

$$U_c = 3.4 \log_{10} P - 11.6 \quad \text{رابطه‌ی (۱)}$$

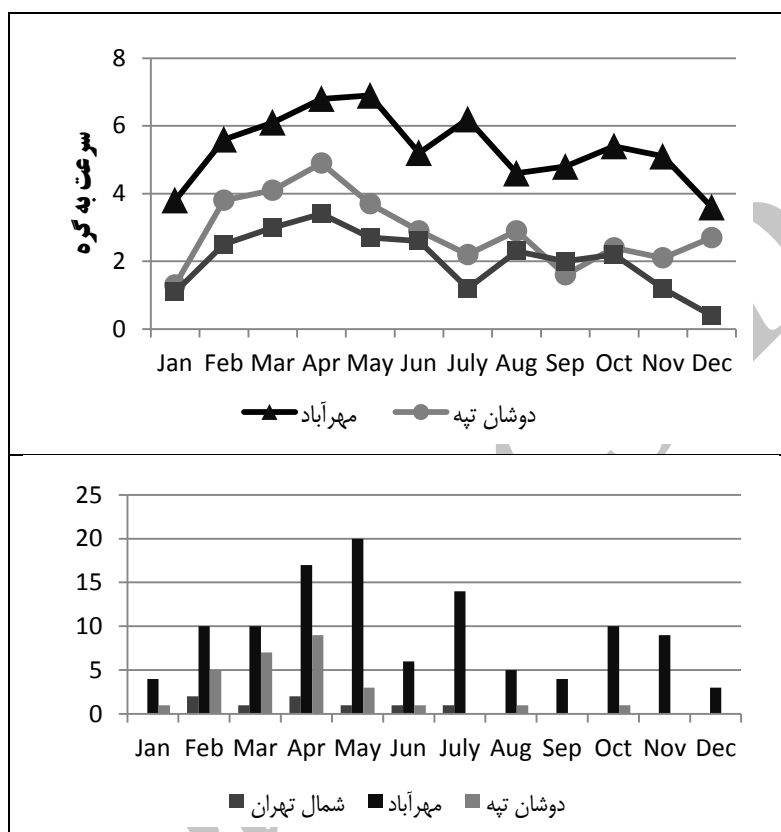
که در آن: U_c سرعت باد آستانه بر حسب متر بر ثانیه و P جمعیت منطقه‌ی مورد مطالعه است.

با در نظر گرفتن جمعیت هشت میلیون نفر برای شهر تهران، سرعت باد حدی برابر ۱۱/۸۷ متر بر ثانیه (۲۳ گره) محاسبه می‌شود. اما چنین سرعتی در شهر تهران به‌ندرت رخ می‌دهد. با توجه به پژوهش‌های انجام‌شده‌ی پیشین (قنبری و عزیز، ۲۰۰۹)، بادهایی با سرعت بیش از ۵ متر بر ثانیه (حدود ۱۰ گره) را می‌توان به‌عنوان باد آستانه در نظر گرفت. با توجه به مطلب بالا و مطابق با یافته‌های اکه و هانل (۱۹۷۰)^۲، برای شهرهای با جمعیت بیش از ۸ میلیون نفر، بادهای با شدت بیش از ۴ گره (در حدود ۲ متر بر ثانیه) به‌عنوان آغاز اثر کاهندگی باد و با شدت بیش از ۶ گره (در حدود ۳ متر بر ثانیه) اثر کاهندگی نسبتاً شدید باد مورد توجه قرار گرفت.

بدین ترتیب می‌توان با در نظر گرفتن سرعت باد، شرایط تشکیل جزیره گرمایی را سنجید و ساعت‌های تشکیل جزیره گرمایی را برآورد کرد. شکل شماره‌ی ۲، میانگین سرعت باد و تعداد روزهایی که میانگین سرعت باد بیش از سرعت‌های نام‌برده بوده است، برای سه ایستگاه دوشان‌تپه، مهرآباد و شمال تهران را در ماه‌های مختلف نمایش می‌دهد. بر اساس این نمودار، سرعت باد در ایستگاه مهرآباد به‌میزان قابل توجهی بیش از دو ایستگاه دیگر است و کمترین مقادیر سرعت باد، در ایستگاه شمال تهران به ثبت رسیده‌اند. افزون‌بر آن، مشاهده می‌شود که از ماه فوریه تا می، سرعت باد در هر سه ایستگاه افزایش می‌یابد و پس از آن کمتر می‌شود. نکته‌ی قابل توجه در این است که در ماه جولای در ایستگاه مهرآباد سرعت باد افزایش یافته، اما در دو ایستگاه دیگر به روند کاهشی خود ادامه می‌دهد. میانگین سرعت باد در ایستگاه‌های نام‌برده دارای همبستگی معناداری با تعداد روزهای با سرعت باد بیش از حد آستانه است (ضریب همبستگی برای ایستگاه مهرآباد ۰/۹۱۳، برای ایستگاه دوشان‌تپه ۰/۸۹۳، و برای ایستگاه شمال تهران برابر ۰/۶۳۹ است که در سطح ۹۹٪ معنادار هستند). بدین ترتیب می‌توان نتیجه گرفت که سرعت باد در غرب شهر تهران بیشتر است، اما با ورود به محدوده‌ی شهری، بر اثر ساختار و هندسه‌ی پیچیده شهر و اصطکاک زیاد هوا با سطوح شهری، از سرعت باد کاسته شده، به‌طوری که در شرق و شمال شهر تهران، سرعت باد همواره کمتر از غرب تهران است. با توجه به تأثیرات ارتفاع

1. Landsberg
2. Oke and Hannell

بر دمای هوا در ایستگاه شمال تهران، می‌توان نتیجه گرفت که احتمال تشکیل هسته‌ی اصلی جزیره‌ی گرمایی در مناطق مرکزی، شرقی و جنوبی بیشتر از مناطق دیگر است.



شکل ۲. میانگین ماهانه‌ی سرعت باد (نمودار اول) و تعداد روزهای با سرعت باد بیش از حد آستانه (۶ گره در ساعت) (نمودار دوم)

به دلیل اینکه تشکیل جزیره‌ی گرمایی تابع شرایط روزانه است، استفاده از داده‌های میانگین ماهانه برای واکاوی دقیق این پدیده مناسب نیست. به همین دلیل، میانگین ساعتی سرعت باد در ایستگاه‌های نامبرده برای سال ۲۰۰۶ مورد محاسبه قرار گرفتند (جدول شماره‌ی ۱). در این جدول سرعت باد بیشتر از حد آستانه با رنگ خاکستری تیره و مقادیر بیش از ۴ گره (برای محاسبه‌ی اثر کاهندگی باد) با رنگ خاکستری کم‌رنگ نمایش داده شده‌اند.

بنا بر جدول شماره‌ی ۱، میانگین سرعت باد در ایستگاه مهرآباد در تمامی ساعات بیش از ایستگاه‌های دیگر است. ایستگاه شمال تهران نیز دارای کمترین مقادیر ثبت شده است. نکته‌ی مهم اینکه در هر سه ایستگاه سرعت باد در ساعات ۰۹:۳۰ تا ۱۵:۳۰ افزایش می‌یابد. همچنین در ایستگاه مهرآباد، کمابیش در تمامی ماه‌ها (به جز دسامبر)، در ساعات ۰۹:۳۰ و ۱۲:۳۰ سرعت باد از حد آستانه تجاوز کرده است. در ساعات ۰۶:۳۰، ۱۸:۳۰ و ۲۱:۳۰ نیز، سرعت نسبتاً بالای باد، موجب کاهش شدت و اختلال در تشکیل جزیره‌ی گرمایی می‌شود. بدین ترتیب به نظر می‌رسد، بهترین زمان برای تشکیل جزیره‌ی گرمایی در محدوده‌ی غرب تهران، ساعات ۰۰:۳۰ تا ۰۳:۳۰ باشد.

جدول ۱. میانگین ساعتی سرعت باد (گره) در ایستگاه‌های دوشان تپه، مهرآباد و شمال تهران در سال ۲۰۰۶

دوشان تپه	۲۱:۳۰	۱۸:۳۰	۱۵:۳۰	۱۲:۳۰	۰۹:۳۰	۰۶:۳۰	۰۳:۳۰	۰۰:۳۰
ژانویه	۱/۲	۱/۲	۱/۲	۲/۵	۱/۹	۱	۰/۸	۱/۱
فوریه	۳/۳	۴/۱	۳/۴	۵/۹	۴/۱	۲/۹	۳/۲	۳/۴
مارس	۳	۳/۹	۵/۶	۷/۸	۵/۱	۲	۲/۱	۲/۹
آوریل	۴/۷	۵/۳	۶	۷/۴	۶/۴	۳/۴	۲/۸	۲/۹
می	۲/۳	۳/۵	۶/۳	۶/۴	۵/۱	۱/۵	۲/۱	۲/۲
ژوئن	۳/۳	۲/۳	۲	۵/۴	۴/۷	۲/۶	۰/۹	۱/۹
جولای	۱/۶	۱	۱/۶	۴/۵	۳/۷	۲/۷	۰/۹	۱/۷
اگوست	۲/۹	۲/۶	۱/۲	۳/۷	۴/۷	۱/۲	۰/۹	۰/۵
سپتامبر	۱/۸	۱/۲	۰/۴	۳/۱	۳/۹	۰/۶	۱	۰/۵
اکتبر	۳	۳/۲	۱/۳	۴/۳	۳/۲	۰/۸	۱/۴	۲/۲
نوامبر	۱/۹	۲	۱/۵	۴/۷	۳/۷	۰/۸	۰/۵	۱/۷
دسامبر	۲/۱	۱/۳	۱/۵	۲/۹	۳	۰/۶	۰/۷	۱/۳
مهرآباد	۲۱:۳۰	۱۸:۳۰	۱۵:۳۰	۱۲:۳۰	۰۹:۳۰	۰۶:۳۰	۰۳:۳۰	۰۰:۳۰
ژانویه	۲/۷	۲/۸	۴/۳	۷/۲	۵/۳	۳/۷	۱/۹	۲/۵
فوریه	۴/۴	۵/۲	۵/۴	۹/۱	۷/۴	۵/۴	۴/۹	۳/۴
مارس	۴/۷	۵	۷	۹/۶	۹	۷/۴	۳/۴	۲/۵
آوریل	۶	۵/۵	۷/۴	۱۰/۲	۱۰/۴	۷/۷	۳	۴/۲
می	۵/۴	۶/۵	۱۰/۲	۱۱	۸/۸	۶/۲	۳/۶	۳/۱
ژوئن	۴/۴	۴/۵	۶/۴	۷/۴	۶/۵	۶/۳	۳/۳	۲/۹
جولای	۵/۴	۵/۵	۷/۴	۷/۶	۸	۶/۸	۳/۶	۵/۴
اگوست	۲/۴	۲/۴	۶/۵	۷/۱	۷/۱	۵/۷	۲/۶	۳/۱
سپتامبر	۳/۱	۳/۴	۵/۳	۸/۱	۸/۳	۵/۱	۲/۳	۲/۷
اکتبر	۳/۵	۵/۴	۵	۹/۵	۷/۹	۴/۶	۲/۴	۴/۶
نوامبر	۳/۸	۴/۵	۴/۹	۹/۸	۷/۸	۴/۴	۲/۹	۳/۱
دسامبر	۲/۲	۳/۳	۳/۸	۵/۸	۵/۷	۳/۱	۲/۸	۲/۳
شمال تهران	۲۱:۳۰	۱۸:۳۰	۱۵:۳۰	۱۲:۳۰	۰۹:۳۰	۰۶:۳۰	۰۳:۳۰	۰۰:۳۰
ژانویه	۰/۶	۰/۸	۰/۸	۱/۶	۲/۸	۱/۳	۰/۸	۰/۳
فوریه	۱/۸	۲/۲	۳/۱	۴	۳/۸	۲/۹	۱/۴	۰/۸
مارس	۱/۱	۳/۵	۲/۵	۶/۹	۵/۴	۱/۷	۱/۳	۱/۴
آوریل	۱/۲	۴/۲	۳/۲	۶/۳	۶/۴	۳	۱/۱	۱/۱
می	۱/۵	۱/۴	۳/۳	۵/۷	۵/۸	۲/۷	۰/۴	۰/۶
ژوئن	۱/۱	۱/۸	۲/۱	۴/۶	۶/۴	۳	۰/۸	۱/۱
جولای	۰/۹	۰/۵	۰/۶	۲/۶	۱/۷	۱/۷	۰/۳	۰/۹
اگوست	۲/۱	۱/۹	۱/۱	۴/۹	۴/۵	۱/۶	۰/۷	۱/۳
سپتامبر	۰/۹	۱/۲	۰/۴	۴/۳	۵/۱	۱/۵	۱/۱	۱/۵
اکتبر	۱/۲	۱/۹	۱/۴	۴/۵	۴/۵	۱/۵	۱/۹	۰/۹
نوامبر	۰/۷	۰/۵	۰/۸	۳/۲	۳/۳	۰/۵	۰/۳	۰
دسامبر	۰/۳	۰/۱	۰/۳	۰/۳	۱/۱	۰/۶	۰	۰/۳

منبع: سازمان هواشناسی

خانه‌های با رنگ خاکستری تیره و روشن، به ترتیب نمایانگر شرایط وزش باد بالای آستانه‌های شکل‌گیری جزیره‌ی گرمایی هستند.

در ایستگاه دوشان‌تپه و شمال تهران نیز در ساعات میانی روز سرعت باد افزایش می‌یابد؛ اما این افزایش تنها در فصل بهار از حد آستانه تجاوز می‌کند، در تابستان نیز سرعت باد در ساعات میانی به مقادیر بالایی می‌رسد، به طوری که ممکن است تشکیل جزیره‌ی گرمایی را با مشکل روبه‌رو کند، اما در ماه‌های دیگر شرایط تشکیل جزیره‌ی گرمایی از نظر سرعت باد فراهم است.

محاسبه‌ی شدت جزیره‌ی گرمایی

برای بیشتر شهرها و مناطق مسکونی، ارتباطی میان جمعیت و شدت جزیره‌ی گرمایی وجود دارد، روابط متعددی برای آن ارائه شده است. با محاسبه و آزمون چندین رابطه، تعیین شدت جزیره‌ی گرمایی برای شرایط تهران و واسنجی آنها با داده‌های واقعی به دست آمده از ایستگاه‌های هواشناسی محدوده‌ی مورد مطالعه، رابطه‌ای که در پژوهش اُکه^۱ در ارتباط با شهرهای عرض‌های میانی پیشنهاد شده بود، به دلیل نمایش کمترین واریانس (۷۴٪) و خطای استاندارد ± 0.9 درجه‌ی سلسیوس (رابطه‌ی شماره ۲) مورد استفاده قرار گرفت (لندزبرگ، ۱۹۸۱: ۹۷، و محمدی، ۱۳۹۰: ۹۳).

$$\Delta T_{(U-R)max} = 2.01 \log_{10} P - 4.06 \quad \text{رابطه‌ی ۲}$$

که در این رابطه:

ΔT : بیانگر بیشینه اختلاف دمای میان محدوده شهری (T_U) با محدوده‌ی حومه یا روستایی (T_R) است؛

P : جمعیت ساکن در محدوده شهری است.

بنابراین، با فرض جمعیت هشت میلیونی تهران، بیشینه‌ی اختلاف دمای محدوده‌ی شهری با حومه (شدت جزیره‌ی گرمایی) برابر $9/8^\circ$ سلسیوس خواهد بود. بدین ترتیب، برای واکاوی بهتر تغییرات زمانی شدت جزیره‌ی گرمایی شهر تهران، با بهره‌گیری از داده‌های آماری تمام ایستگاه‌های هواشناسی مورد استناد در استان، مقادیر میانگین دمای هوا در محدوده‌های شهری و روستایی، برای هر ساعت و هر روز، به روش میانگین وزنی و با استفاده از چند ضلعی تیسن محاسبه شدند (جدول شماره ۲).

نکته‌ی قابل توجه در مورد شدت جزیره‌ی گرمایی، ساعت‌های رخداد مقادیر کمینه و بیشینه‌ی آن است. مطابق با جدول شماره ۲، برخلاف تصور مشاهده می‌شود که کمینه‌ی شدت جزیره‌ی گرمایی (به جز برای روزهای ۱۵ فوریه و ۲۸ دسامبر) در ساعت‌های ۱۲:۳۰ تا ۱۸:۳۰ رخ داده و بیشینه‌ی شدت جزیره‌ی گرمایی (به جز برای روزهای ۹ آوریل و ۳۱ اکتبر) در ساعت‌های ۰۰:۳۰ تا ۰۹:۳۰ به وقوع پیوسته است (در نیمی از روزهای مورد واکاوی، مقادیر بیشینه در ساعت ۰۹:۳۰ رخ داده است). به نظر می‌رسد از عوامل مؤثر در افزایش شدت جزیره‌ی گرمایی در ساعت‌های صبحگاهی، پایین بودن شدت باد در محدوده‌ی شهری و بالا بودن نسبی آن در خارج از محدوده‌ی شهر است. همچنین عکس این حالت در ساعت‌های ظهر تا عصر دیده می‌شود.

جدول ۲. مقادیر بیشینه و کمینه شدت جزیره گرمایی و ساعات رخداد آنها در ماه‌های سال ۲۰۰۶

ماه	روز	شرایط فشار	ساعت کمینه شدت جزیره گرمایی	کمینه شدت جزیره گرمایی (°C)	ساعت بیشینه شدت جزیره گرمایی	بیشینه شدت جزیره گرمایی (°C)	$\Delta T_{max} - \Delta T_{min}$
ژانویه	۴	H ^۱	۱۵:۳۰	۱/۱	۳:۳۰	۵/۱	۴
ژانویه	۸	L ^۲	۱۲:۳۰	۲/۱	۳:۳۰	۳/۸	۱/۷
فوریه	۲	H	۱۵:۳۰	۳/۱	۹:۳۰	۶/۶	۳/۵
فوریه	۱۵	L	۰۹:۳۰ *	۱/۹	۰:۳۰	۴	۲/۱
مارس	۱۳	H	۱۲:۳۰	۲/۱	۳:۳۰	۴/۶	۲/۵
مارس	۱۰	L	۱۲:۳۰	۳/۲	۳:۳۰	۵/۷	۲/۵
آوریل	۹	H	۱۸:۳۰	۱/۹	۲۱:۳۰ *	۵	۳/۱
آوریل	۲۵	L	۱۲:۳۰	۲/۸	۳:۳۰	۷/۴	۴/۶
می	۴	H	۱۲:۳۰	۲/۹	۰:۳۰	۶/۱	۳/۲
می	۱۵	L	۱۵:۳۰	۳/۱	۹:۳۰	۶/۱	۳
ژوئن	۶	H	۱۲:۳۰	۱/۸	۹:۳۰	۵/۵	۳/۷
ژوئن	۲۹	L	۱۸:۳۰	۲/۴	۹:۳۰	۸/۱	۵/۷
جولای	۱۳	H	۱۸:۳۰	۲	۰:۳۰	۶/۸	۴/۸
جولای	۲۹	L	۱۸:۳۰	۲/۵	۹:۳۰	۸/۹	۶/۴
اگوست	۲۰	H	۱۸:۳۰	۱/۴	۰:۳۰	۵/۲	۳/۸
اگوست	۲	L	۱۸:۳۰	۱/۹	۹:۳۰	۷/۴	۵/۵
سپتامبر	۱۹	H	۱۸:۳۰	۲/۴	۰:۳۰	۷/۳	۴/۹
سپتامبر	۱۶	L	۱۵:۳۰	۲/۵	۹:۳۰	۷	۴/۵
اکتبر	۳۱	H	۱۲:۳۰	۳	۲۱:۳۰ *	۵/۴	۲/۴
اکتبر	۷	L	۱۵:۳۰	۳/۱	۹:۳۰	۷/۱	۴
نوامبر	۲۲	H	۱۵:۳۰	۲/۶	۹:۳۰	۵/۸	۳/۲
نوامبر	۱۵	L	۱۵:۳۰	۳/۹	۹:۳۰	۵/۵	۱/۶
دسامبر	۱۶	H	۱۵:۳۰	۳/۷	۹:۳۰	۶/۱	۲/۴
دسامبر	۲۸	L	۰۰:۳۰ *	۳/۵	۹:۳۰	۷	۳/۵

منبع: محاسبات نگارندگان

۱. روزهایی پر فشار.

۲. روزهایی کم فشار.

در فصل زمستان بیشینه‌ی شدت جزیره‌ی گرمایی بین ساعات ۰۳:۳۰ تا ۰۹:۳۰ (در بیش از نیمی از موارد ساعت رخداد بیشینه ۰۳:۳۰ بوده است) و مقادیر کمینه‌ی آن به‌طور عمده (به جز ۱۵ فوریه) بین ساعات ۱۲:۳۰ تا ۱۵:۳۰ (در بیش از نیمی از موارد ۱۲:۳۰) رخ داده است. در بهار، ساعات بیشینه مانند زمستان است (به جز روز ۹ آوریل)، اما ساعات رخداد کمینه‌ی شدت جزیره‌ی گرمایی از ۱۲:۳۰ تا ۱۸:۳۰ نوسان می‌کند. در تابستان ساعات بیشینه‌ی شدت جزیره‌ی گرمایی ۰۰:۳۰ یا ۰۹:۳۰ بوده است، اما ساعت کمینه‌ی شدت جزیره‌ی گرمایی (به جز روز ۱۶ سپتامبر) ۱۸:۳۰ بوده است. این نکته شایان توجه است که در تابستان، میان فشار هوا و ساعات بیشینه‌ی شدت جزیره‌ی گرمایی ارتباط معناداری دیده می‌شود. به این ترتیب که در تمامی روزهای پرفشار، بیشینه‌ی شدت جزیره‌ی گرمایی در ساعت ۰۰:۳۰ و در روزهای کم‌فشار، بیشینه‌ی شدت در ساعت ۰۹:۳۰ رخ داده است. در فصل پاییز نیز (به جز ۳۱ اکتبر) در تمامی روزها بیشینه‌ی شدت جزیره‌ی گرمایی در ساعت ۰۹:۳۰ رخ داده است و کمینه‌ی شدت جزیره‌ی گرمایی (به جز برای ۲۸ دسامبر) در تمامی روزها در ساعت ۱۵:۳۰ به وقوع پیوسته است.

بنابراین، به نظر نمی‌رسد ارتباط معناداری میان فشار هوا و شدت جزیره‌ی گرمایی وجود داشته باشد. همچنین، میان مقادیر بیشینه و کمینه‌ی شدت جزیره‌ی گرمایی با ساعات طلوع و غروب خورشید نیز ارتباط معناداری وجود ندارد؛ هرچند به نظر می‌رسد که مقادیر کمینه‌ی شدت جزیره‌ی گرمایی حدود ۳ تا ۵ ساعت قبل از غروب آفتاب، و مقادیر بیشینه ۳ تا ۵ ساعت قبل از طلوع آفتاب (کمابیش در نیمی از موارد) یا ۳ تا ۵ ساعت بعد از طلوع آفتاب (در نیمی از موارد) به وقوع پیوسته است. درنهایت می‌توان بیان کرد که بیشینه‌ی شدت جزیره‌ی گرمایی شهر تهران با طلوع آفتاب و کمینه‌ی آن با غروب آفتاب مرتبط است.

میدان باد، دما و گستره‌ی فضای جزیره‌ی گرمایی شهری

با توجه به واکاوی آماری سرعت باد، سرعت وزش باد، به جز در مناطق غربی و جز در محدودی از زمان‌ها، از حد آستانه‌ی تعیین شده (۵ متر بر ثانیه) تجاوز نمی‌کند. بدین ترتیب با استناد به بُدراهای شدت باد و منحنی‌های هم‌دما، می‌توان نتیجه گرفت که جزیره‌ی گرمایی شهر تهران، کمابیش دائمی است و تنها شدت و گستره‌ی فضای آن تغییر می‌کند. همچنین می‌توان فرض کرد که بیشینه‌ی گسترش فضای این پدیده تا محدوده‌ای است که سرعت باد از حد آستانه کمتر باشد. برای تعیین تغییرات مکانی هسته‌ی جزیره‌ی گرمایی شهر تهران در روزهای مورد بررسی، نقشه‌های تلفیقی میدان باد با کنتورهای دما، برای نمایش گستره‌ی فضای جزیره‌ی گرمایی در ساعت‌هایی که شدت جزیره‌ی گرمایی بیشینه بود، برای فصول زمستان (شکل شماره‌ی ۳)، بهار (شکل شماره‌ی ۴)، تابستان (شکل شماره‌ی ۵) و پاییز (شکل شماره‌ی ۶) تهیه شدند.

با توجه به شکل شماره‌ی ۳، در روز ۴ ژانویه، با توجه به میدان باد و پیچیدگی جهت باد، فرصت تشکیل جزیره‌ی گرمایی فراهم نیست. مشاهده می‌شود که پنج مرکز دمایی در شهر وجود دارد، اما نیمه‌ی جنوبی شهر تهران به‌طور نسبی گرم‌تر است و با توجه به سرعت بیشتر باد شمالی، جزیره‌ی گرمایی تمایل نسبی به سمت جنوب دارد. در حالی که در روز ۸ ژانویه، سرعت باد به‌مراتب کمتر بوده و همچنین از پیچیدگی کمتری برخوردار است. این آرامش نسبی هوا سبب

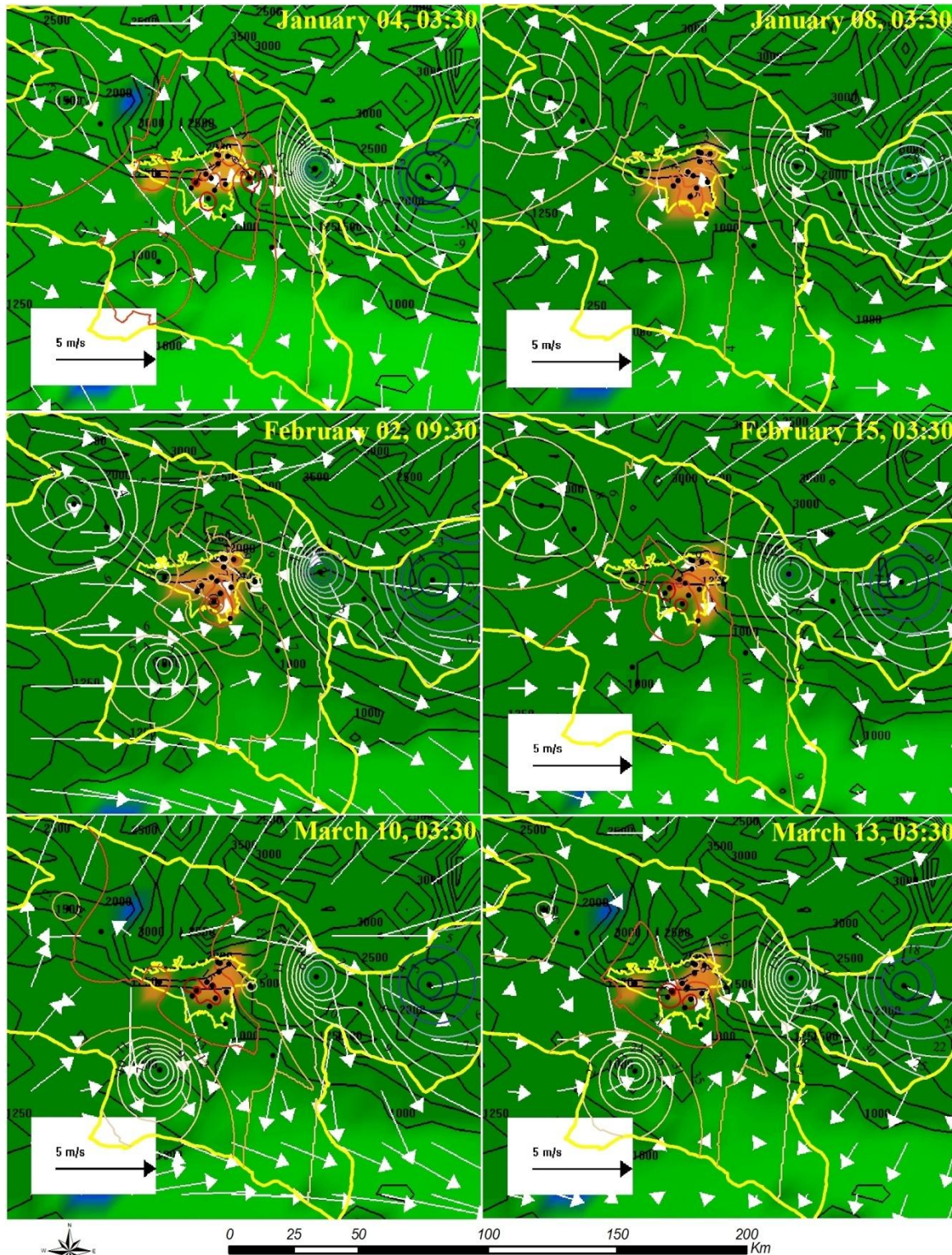
تشکیل یک هسته جزیره گرمایی در نیمه جنوبی شهر شده است که مرکز اصلی آن در حوالی میدان بهمن بوده، اما زبان‌هایی از آن تا میدان آزادی کشیده شده‌اند. در روز ۲ فوریه، شدت وزش باد زیاد بوده و جهت آن در محدوده شهری، تقریباً شمال غربی و در سایر مناطق غربی به‌دست‌آمده است، بنابر نتایج، هسته جزیره گرمایی باز هم در حوالی ایستگاه بهمن مستقر است. منطبق با جهت وزش باد در محدوده شهری، موقعیت هسته جزیره گرمایی در امتداد شمال غربی - جنوب شرقی (که سرعت باد در آن کمتر است) کشیده شده است. در روز ۱۵ فوریه، سرعت باد به‌میزان قابل چشمگیری کاهش نشان می‌دهد. دو مرکز گرمایی در نیمه جنوبی شهر استقرار دارند و جهت کلی جزیره گرمایی با توجه به جهت شمالی باد، در امتداد شمالی - جنوبی کشیدگی بیشتری دارد. هم‌زمان دو مرکز برودتی، یکی در ایستگاه تجریش و دیگری در ایستگاه چیتگر، دیده می‌شوند. در روز دهم مارس با وجود شدت بالای وزش باد (در حدود سرعت آستانه)، جهت باد در محدوده شهری سبب کشیدگی جزیره گرمایی در راستای شمال غرب - جنوب شرق شده است. همچنین هسته جزیره گرمایی، برخلاف ماه‌های گذشته، در حد فاصل ایستگاه‌های بازار، فاطمی و آزادی قرار دارد. در روز ۱۳ مارس، سرعت باد در محدوده جنوبی و غربی شهر تهران کاهش چشمگیری داشته است. به‌همین دلیل جزیره گرمایی کمی به سمت جنوب و غرب متمایل شده است. وزش بادهای هم‌سوی به مرکز شهر از شمال غرب و جنوب غرب در محدوده شهری، باعث جدایی هسته اصلی جزیره گرمایی به دو قسمت مجزا شده است. قسمت اصلی در محدوده ایستگاه آزادی و مهرآباد و قسمت کوچکتر جزیره گرمایی در حد فاصل ایستگاه‌های بازار تا میدان بهمن قرار دارد (شکل شماره ۳).

با توجه به شکل شماره ۴، در روز ۹ آوریل در محدوده شهری باد در جهت‌های مختلفی می‌وزد. در بخش‌های شمال و غرب شهر تهران باد از جهت شمالی می‌وزد؛ در محدوده جنوبی آن، جهت باد شرقی و جنوب‌شرقی و در بخش‌های غربی، جهت باد شمال شرقی است. چنین الگویی از وزش بادهای مرکز سو در شهر تهران، می‌تواند گویای وجود جزیره گرمایی باشد که البته در آن روز، سبب گسترش و کشیدگی جزیره گرمایی به سمت جنوب و غرب شده است. هسته اصلی جزیره گرمایی با جهت شمال غربی - جنوب شرقی در حد فاصل ایستگاه‌های بهمن تا آزادی قرار دارد که به‌دلیل وزش باد در جهت مخالف آن (باد با جهت شمال غربی در شرق تهران) به شکل دو هسته مجزا دیده می‌شود که با هم ارتباط اندکی دارند. در روز ۲۵ آوریل، در مقایسه با روز نهم، سرعت باد افزایش یافته است. جهت باد در سرتاسر محدوده شهری، شمالی است؛ ولی به‌طور نسبی، سرعت باد در شرق محدوده شهری کمتر از غرب آن است. در نتیجه این الگوی وزش محدوده جزیره گرمایی به سمت جنوب و جنوب شرقی متمرکز می‌شود. در درون شهر، گرم‌ترین مناطق در حد فاصل ایستگاه‌های بهمن، بازار، آزادی و مهرآباد قرار دارد. اما بالاترین دما، در ایستگاه میدان بهمن به ثبت رسیده است. در روز چهارم می، به‌دلیل آرامش هوا، جزیره گرمایی به‌خوبی شکل گرفته است. به‌دلیل جهت شمال غربی باد در غرب تهران و باد غربی در جنوب شهر، امتداد جزیره گرمایی اندکی به سمت جنوب شرق کشیده شده است. همچنین گرم‌ترین مراکز دمایی عبارتند از، حد فاصل ایستگاه بهمن تا بازار و میدان آزادی. در روز ۱۵ می، در شمال شهر شاهد سکون نسبی هوا هستیم، در غرب محدوده شهری جهت وزش باد، تقریباً شمالی است و در سایر مناطق باد با جهت شرقی می‌وزد. گستره جزیره گرمایی در محدوده ایستگاه‌های امین‌آباد تا فاطمی است، اما

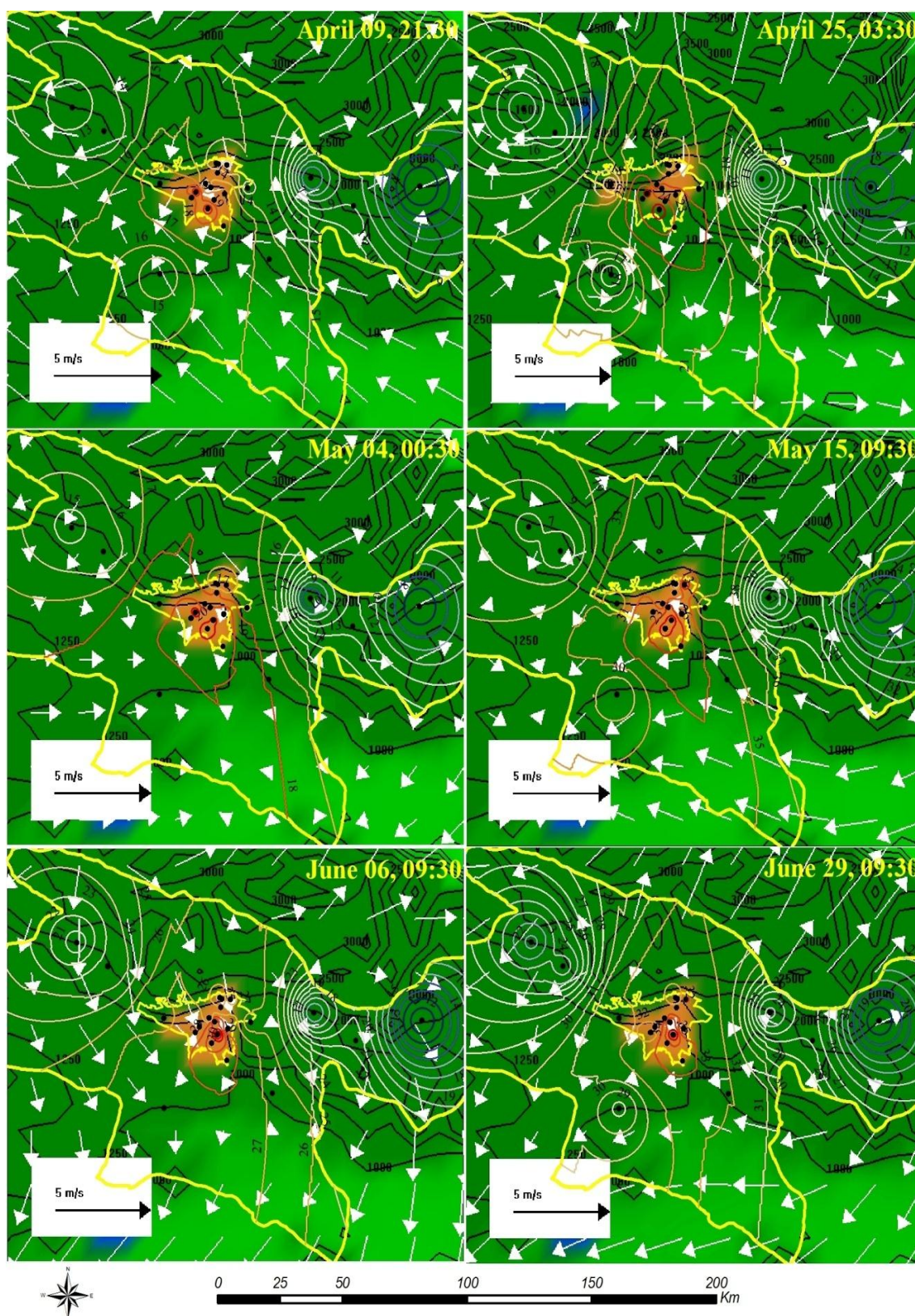
هسته‌ی اصلی آن در حدّ فاصل ایستگاه‌های بهمن تا فاطمی دیده می‌شود. ضمن آنکه احتمالاً به دلیل سکون هوا در شمال شهر، یک مرکز گرمایی در اطراف ایستگاه اقدسیّه به ثبت رسیده است. در روز ششم ژوئن، باد در محدوده‌ی غربی و جنوب‌شرقی شهر سرعت بسیار کمی دارد. اما در محدوده‌ی شهری (هم در شمال و هم در غرب) جهت باد شمالی است. این جهت وزش باد، سبب کشیدگی هرچه بیشتر گستره‌ی جزیره‌ی گرمایی به سمت جنوب و غرب می‌شود. هسته‌ی اصلی جزیره‌ی گرمایی با اختلاف دمای نسبتاً زیادی در مقایسه با مناطق اطراف، در محدوده‌ی ایستگاه بازار مستقر است. در روز ۲۹ ژوئن سرعت باد در منطقه شهری نسبتاً پایین است. در غرب منطقه‌ی شهری جهت باد شمالی است. در جنوب و شرق شهر نیز جهت باد شرقی است. این الگوی وزش باد سبب عقب‌نشینی گستره‌ی جزیره‌ی گرمایی (در مقایسه با روز ششم ژوئن) به سمت مناطق شمالی شده است. ضمن اینکه گسترش جزیره‌ی گرمایی در غرب با مشکل روبه‌روست، جهت باد در شرق شهر نیز سبب کاهش محدوده‌ی گسترش آن شده است. همانند روز ششم ژوئن هسته‌ی اصلی جزیره‌ی گرمایی با اختلافی معنادار در ایستگاه بازار مستقر شده است.

با توجه به شکل شماره‌ی ۵، در روز ۱۳ جولای با وجود سرعت زیاد باد و جهت شمالی باد، هم جزیره‌ی گرمایی تشکیل شده است و هم گستره‌ی آن در مناطق مرکزی است. به نظر می‌رسد که سرعت باد، به دلیل مقدار انرژی آزاد شده توسط گرمای انسان ساخت اثر چندانی بر جزیره‌ی گرمایی ندارد. در این روز هسته‌ی اصلی جزیره‌ی گرمایی در ایستگاه آزادی استقرار دارد؛ ولی محدوده‌ی جزیره‌ی گرمایی از ایستگاه مهرآباد در غرب محدوده‌ی شهری تا ایستگاه دوشان‌تپه در شرق گسترش یافته است. در ۲۹ جولای، ضمن افزایش نسبی سرعت باد، جهت آن نیز منظم می‌شود، به طوری که کمابیش در تمامی منطقه‌ی شهری و حومه باد با جهت شرقی می‌وزد. در این روز به طور نسبی دمای مناطق شرقی تهران بیش از مناطق غربی است. دو مرکز دمایی، یکی در حدّ فاصل ایستگاه فاطمی تا امین‌آباد و دیگری در شمال تهران (حوالی ایستگاه اقدسیّه) قابل مشاهده است. هسته‌ی اصلی جزیره‌ی گرمایی نیز در اطراف ایستگاه بازار استقرار دارد. در دوم آگوست در جنوب و شرق محدوده‌ی شهری جهت وزش باد شرقی است. در غرب تهران نیز باد با جهت شمال شرقی می‌وزد. جهت وزش باد سبب انتقال گستره‌ی جزیره‌ی گرمایی به سمت مناطق غربی و جنوب غربی می‌شود، به گونه‌ای که هسته‌ی اصلی آن، در حدّ فاصل بین ایستگاه‌های بهمن تا آزادی قرار دارد که بالاترین دما مربوط به ایستگاه آزادی است. در ۲۰ آگوست با توجه به جهت شمالی باد در محدوده‌ی شهری و جهت شرقی باد در جنوب شهر تهران، گستره‌ی جزیره‌ی گرمایی به سمت جنوب غرب است. هسته‌ی اصلی جزیره‌ی گرمایی نیز در اطراف ایستگاه آزادی استقرار دارد و نکته‌ی شایان توجه اینکه محدوده‌ی بسیار کوچکی را در بر می‌گیرد. در ۱۶ سپتامبر، جهت وزش باد شمال غربی قسمت‌های شمالی، غربی و جنوب غربی شهر تهران غلبه دارد. اما در شرق تهران و جنوب شرق، جهت وزش باد شمال شرقی است. بیشترین گسترش جزیره‌ی گرمایی در جهت جنوب غربی دیده می‌شود، اما هسته‌ی اصلی آن در امتداد شمال غربی - جنوب شرقی از آزادی تا بازار کشیده شده است که ایستگاه آزادی در حدود یک درجه از ایستگاه بازار گرم‌تر است. در ۱۹ سپتامبر در محدوده‌ی شهری جهت وزش باد از جهت عمومی شمال است. محدوده‌ی جزیره‌ی گرمایی نیز کمابیش سراسر نیمه‌ی جنوبی شهر را دربر گرفته است. گستره‌ی جزیره‌ی گرمایی در جنوب تا مرز وزش باد

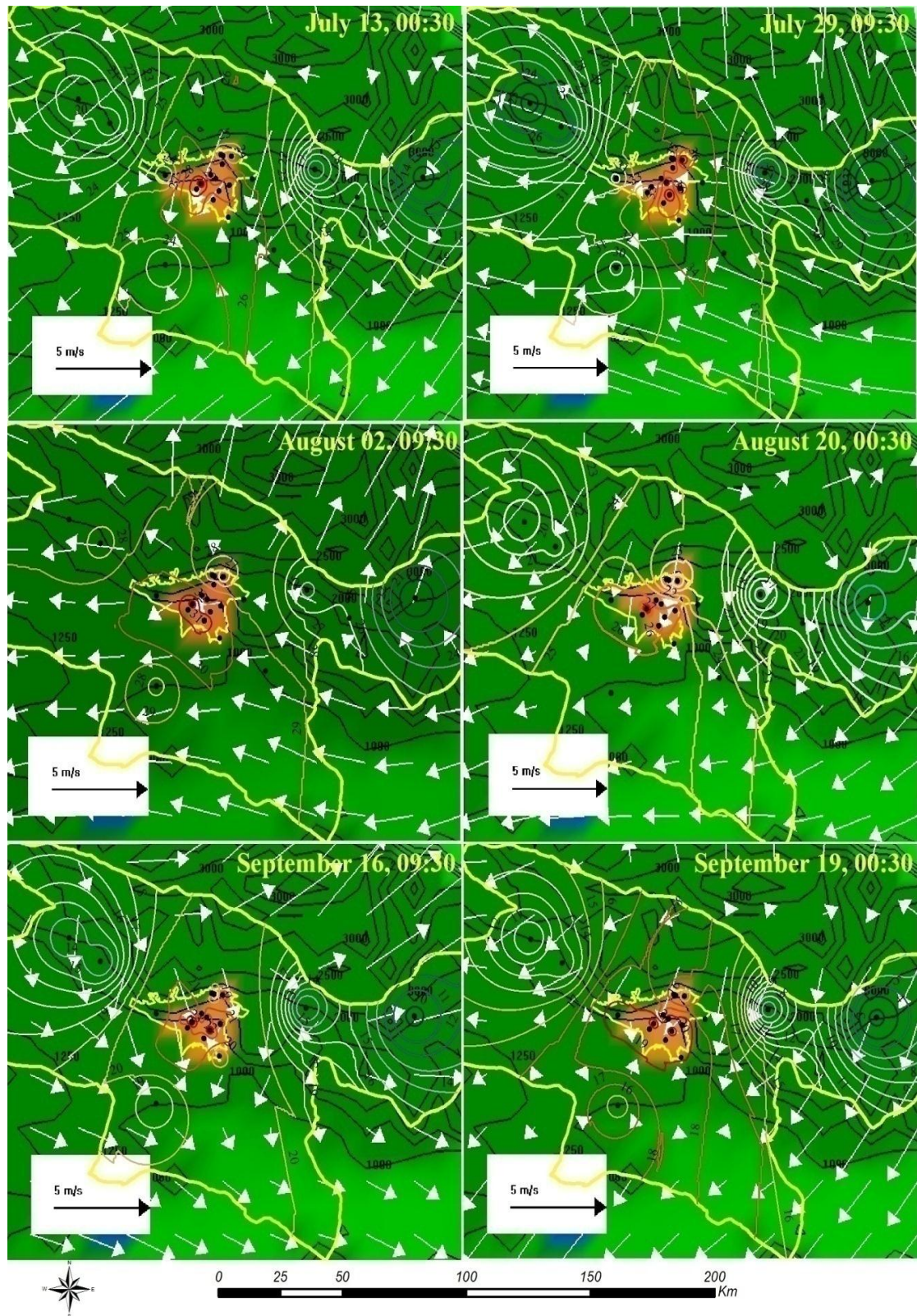
با جهت مخالف پیش می‌رود و در منطقه‌ی وزش باد جنوبی پیشینه‌ی پیشرفت آن استقرار دارد. ایستگاه‌های بازار و آزادی دو مرکز گرمایی محدوده هستند.



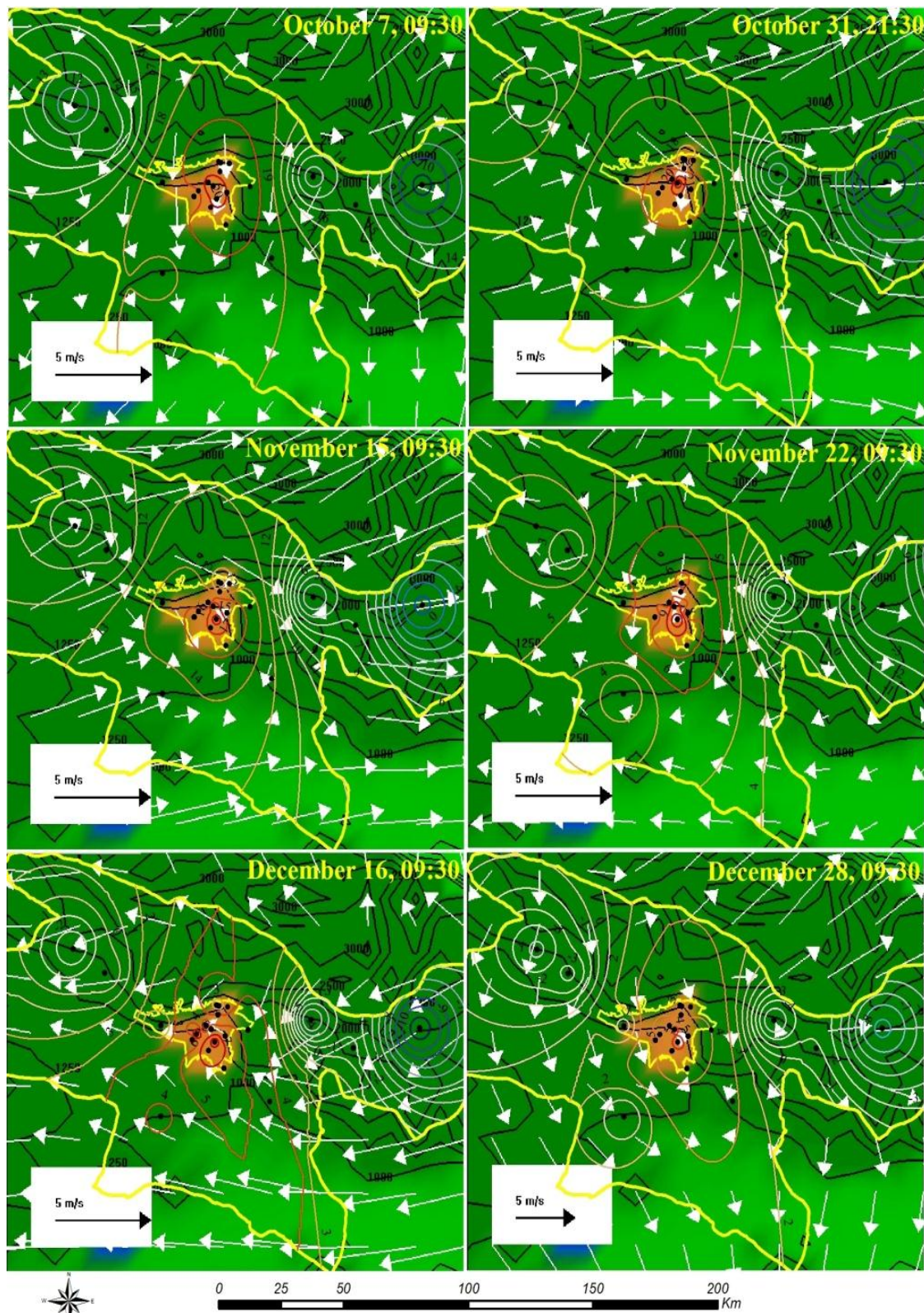
شکل ۳. گستره‌ی مکانی جزیره گرمایی شهری در پیشینه‌ی شدت آن در فصل زمستان



شکل ۴. گستره‌ی مکانی جزیره‌ی گرمایی شهری در بیشینه‌ی شدت آن در فصل بهار



شکل ۵. گستره‌ی مکانی جزیره گرمایی شهری در بیشینه‌ی شدت آن در فصل تابستان



شکل ۶. گستره مکانی جزیره‌ی گرمایی شهری در بیشینه‌ی شدت آن در فصل پاییز

در شکل شماره ۶، در روز ۷ اکتبر، در سرتاسر منطقه‌ی شهری جهت وزش باد شمالی است. همچنین سرعت وزش باد در غرب بیشتر از شرق است. بیشینه‌ی گسترش گستره‌ی جزیره گرمایی در غرب نیز با جهت و سرعت باد آن منطقه ارتباط دارد. در این روز هسته‌ی اصلی جزیره گرمایی در حد فاصل ایستگاه‌های بازار، دوشان تپه و ژئوفیزیک قرار دارد. در ۳۱ اکتبر جهت باد در شمال و غرب، شمال غربی و در شرق تهران شمالی است. گستره‌ی جزیره گرمایی در شمال و غرب به محدوده‌ی وزش باد منطبق می‌شود. جهت وزش باد در شرق تهران نیز، سبب می‌شود تا جزیره گرمایی در مناطق جنوبی شهر استقرار یابد. همچنین هسته‌ی اصلی آن نیز در حد فاصل ایستگاه‌های بازار تا فاطمی استقرار دارد. در ۱۵ نوامبر جهت وزش باد در شمال و غرب تهران شمال غربی است. مشاهده می‌شود که مرزهای گستره‌ی جزیره گرمایی در شمال، غرب و جنوب کاملاً با جهت وزش باد انطباق دارد؛ به گونه‌ای که مرزهای جزیره گرمایی تا محدوده‌ی وزش باد با جهت مخالف گسترش یافته‌اند. هسته‌ی اصلی جزیره گرمایی نیز در حد فاصل ایستگاه‌های بهمن تا فاطمی استقرار دارد که در این میان، ایستگاه بازار بیشترین مقادیر دما را به ثبت رسانیده است. در روز ۲۲ نوامبر، سرعت باد کاهش چشمگیری یافته است و جهت آن نیز در محدوده‌ی شهری شمالی است. این الگو سبب کشیدگی جزیره گرمایی شهری در امتداد شمال - جنوب شده است، اما محدوده‌ی اصلی آن در مقایسه با روز ۱۵ نوامبر تغییر چندانی نداشته است، به طوری که هسته‌ی اصلی در حد فاصل ایستگاه‌های بازار تا فاطمی قرار دارد. همچنین ایستگاه بازار می‌تواند به عنوان مرکز اصلی در نظر گرفته شود. در روز ۱۶ دسامبر، جهت باد در شمال، شمال شرقی است. در غرب و جنوب باد با جهت جنوب شرقی می‌وزد و در غرب نیز جهت باد شرقی است. الگوی وزش باد در این روز سبب امتداد شمال غربی - جنوب شرقی محدوده‌ی شهری می‌شود. هسته‌ی اصلی جزیره گرمایی نیز در محدوده‌ی ایستگاه‌های امین‌آباد تا دوشان تپه قرار دارد که مرکز دمایی آن ایستگاه بازار است. همچنین یک مرکز گرمایی در اطراف آزادی به چشم می‌خورد. در ۲۸ دسامبر باد در غرب و شمال از جهت شمال می‌وزد. در جنوب شهر نیز باد با جهت غربی می‌وزد. کاهش سرعت باد در شمال و جنوب شهر، سبب گسترش محدوده‌ی جزیره گرمایی به سمت اطراف شده است، به طوری که گستره‌ی جزیره گرمایی در این روز در حد فاصل ایستگاه امین‌آباد در جنوب، سرخه حصار در شرق، مهرآباد در غرب و قلعهک در شمال می‌رسد. هسته‌ی اصلی جزیره گرمایی نیز در اطراف ایستگاه بازار مستقر شده است.

بحث و نتیجه گیری

در این پژوهش تلاش بر به کارگیری روشی تلفیقی برای شناسایی الگوی تغییرات مکانی جزیره گرمایی شهر تهران بود. با توجه به اینکه عامل باد موثرترین مانع در برابر تشکیل جزیره گرمایی است، میدان باد با استفاده از مدل TAPM ترسیم شد. تلفیق میدان باد با الگوی تغییرات مکانی جزیره گرمایی، نتایج قابل توجهی را به نمایش می‌گذارد که دلیلی بر تأثیر زیاد باد بر کیفیت شکل‌گیری جزیره گرمایی است. نتایج نشان می‌دهند، نخست اینکه با مشاهده وضعیت جزیره گرمایی در روز ۱۳ مارس (شکل شماره ۳) تجاوز سرعت باد از حد آستانه‌ی محاسبه شده، دلیلی بر نبود جزیره گرمایی شهری تهران نیست. همچنین وزش بادهای ملایم پایین‌تر از حد آستانه، بر شکل و جابه‌جایی مکانی جزیره گرمایی اثرگذارند؛ به گونه‌ای که گستره و موقعیت بیشینه‌ی شدت جزیره گرمایی توسط سرعت باد

آستانه کنترل می‌شود. به‌علاوه اینکه مکان‌گزینی جزیره‌ی گرمایی تمایل بیشتری به کشیدگی به سمت مناطق با سرعت باد پایین نشان می‌دهد. البته این نکته قابل‌توجه است که اگرچه سرعت باد بیش از حد آستانه، مانعی در شکل‌گیری جزیره‌ی گرمایی است، اما در تمامی روزهای مورد بررسی اختلاف دمای میان نقاط شهری و حومه، همواره مثبت بوده است، یا به‌گفته‌ای بیانگر وجود یک جزیره‌ی گرمایی دائمی در تهران است. همچنین به نظر نمی‌رسد که فشار هوا دارای تأثیر قابل‌توجهی بر شدت یا شکل‌گیری جزیره‌ی گرمایی باشد؛ چرا که اولاً شدت جزیره‌ی گرمایی در بهار و پاییز بیش از زمستان و تابستان است و ثانیاً با آگاهی از این که شرط شکل‌گیری جزیره‌ی گرمایی حاکمیت سامانه‌ی پایدار جوئی است، ولی در ماه‌های مختلف شدت جزیره‌ی گرمایی ارتباط معناداری با میزان فشار هوای سطح زمین نشان نداد. البته به نظر می‌رسد که الگوی فشار می‌تواند بر ساعت‌های رخداد بیشینه یا کمینه‌ی شدت جزیره‌ی گرمایی مؤثر باشد. این نکته شایان توجه است که تنها در فصل تابستان، بیشینه‌ی شدت جزیره‌ی گرمایی در روزهای با فشار سطحی بالاتر از میانگین فشار ماهانه در ساعت ۰۰:۳۰ و در روزهای با فشار پایین‌تر از میانگین ماهانه در ساعت ۰۹:۳۰ رخ داده است؛ ولی در سایر فصول، ارتباط معناداری میان شدت جزیره‌ی گرمایی و میزان فشار هوای سطحی دیده نمی‌شود.

به لحاظ گستره‌ی فضایی، جزیره‌ی گرمایی سه منطقه‌ی اصلی را می‌توان در شهر تهران شناسایی کرد که تغییرات مکانی هسته‌ی جزیره‌ی گرمایی در آنها یا در حد فاصل آنها صورت می‌گیرد. این سه منطقه عبارتند از: ایستگاه بهمن، ایستگاه آزادی و ایستگاه بازار. البته در برخی از روزها مشاهده می‌شود که ایستگاه‌های مهرآباد و فاطمی نیز در منطقه‌ی کانونی جزیره‌ی گرمایی واقع می‌شوند، اما به‌طور کل و در صورت تلفیق لایه‌های اطلاعاتی، هسته‌ی اصلی جزیره‌ی گرمایی، در حد فاصل ایستگاه‌های بازار، آزادی و بهمن قرار می‌گیرد که می‌تواند بر حسب عوامل مختلفی همچون، سرعت و جهت باد طی ساعت‌های شبانه‌روز به جهت‌های مختلفی گسترش یافته یا تغییر مکان دهد. از جمله در روزهای مورد مطالعه مشاهده می‌شود که در بعضی از روزهای با حاکمیت بادهای غربی، موقعیت هسته‌ی اصلی جزیره‌ی گرمایی در پیرامون ایستگاه دوشان‌تپه (و گاهی سرخه‌حصار) در شرق تهران، یا در شرایط غلبه باد جنوبی، هسته‌ی اصلی در محدوده‌ی ایستگاه‌های ژئوفیزیک و فاطمی در مناطق مرکزی شهر تشکیل می‌شود. این نشان‌دهنده‌ی آن است که بادهای غالب منطقه‌ای در حواشی شهر، به‌عنوان مانعی در شکل‌گیری جزیره‌ی گرمایی به‌شمار می‌روند که با کاهش شدت باد متأثر از هندسه‌ی شهری، فرصتی برای شکل‌گیری جزیره‌ی گرمایی در سوی دیگری از شهر فراهم می‌شود. در پایان، این مطلب قابل توجه است که در شکل‌گیری جزیره‌ی گرمایی شهر عوامل متعددی، از جمله محاسبه‌ی گرمای آنتروپوژنیک (انسان‌ساخت)، زاویه و مدت تابش دریافتی و موقعیت هسته‌های فعالیت شهری، می‌توانند نقش داشته باشند.

منابع

- امیری، رضا؛ علی محمدی، عباس و علوی پناه، سیدکاظم (۱۳۸۶)، *مطالعه‌ی تغییرپذیری فضایی - زمانی حرارت در ارتباط با کاربری / پوشش زمین در منطقه‌ی شهری تبریز با استفاده از داده‌های حرارتی و انعکاسی TM و ETM+* لندست، محیط شناسی؛ سال ۴۳، شماره‌ی ۳۳، صص. ۱۰۷-۱۲۰.
- رنجبر سعادت‌آبادی، عباس؛ آزادی، مجید؛ علی اکبری بیدختی، عباس‌علی، و صادقی حسینی، سیدعلیرضا (۱۳۸۴)، *مطالعه‌ی موردی جزیره گرمایی تهران و شبیه‌سازی عددی آن*، مجله‌ی فیزیک زمین و فضا، سال ۳۱، شماره‌ی ۱، صص. ۶۳-۷۸.
- رنجبر سعادت‌آبادی، عباس؛ علی اکبری بیدختی، عباس‌علی و صادقی حسینی، سیدعلیرضا (۱۳۸۵)، *آثار جزیره گرمایی و شهرنشینی روی وضع هوا و اقلیم محلی در کلان‌شهر تهران بر اساس داده‌های مهرآباد و ورامین*، محیط‌شناسی، سال ۳۹، شماره‌ی ۳۲، صص. ۶۸-۵۹.
- عزیزی، قاسم (۱۳۸۳)، *تغییر اقلیم*، چاپ اول، نشر قومس، تهران.
- علوی‌پناه، سید کاظم (۱۳۸۵)، *سنجش از دور حرارتی و کاربرد آن در علوم زمین*، چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.
- قنبری، حسینعلی و عزیزی، قاسم (۱۳۸۸)، *شبیه‌سازی عددی آلودگی هوا در تهران بر اساس الگوهای باد به‌وسیله‌ی TAPM*. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی. شماره‌ی ۶۸، صص. ۳۲-۱۵.
- کاوایی، محمدرضا (۱۳۸۶)، *میکروکلیماتولوژی*، چاپ اول، انتشارات سمت، تهران.
- محمدی، حسین (۱۳۹۰)، *آب و هواشناسی شهری*، چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.
- موسوی بایگی، سید محمد؛ اشرف، بتول و میان‌آبادی، آمنه (۱۳۸۹)، *بررسی مدل‌های مختلف برآورد تابش خورشیدی به‌منظور معرفی مناسب‌ترین مدل در یک اقلیم نیمه‌خشک*. آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، سال ۲۴، شماره‌ی ۴، صص. ۸۳۶-۸۴۴.
- Agarwal, M., Tandon, A., 2010, **Modeling of the Urban Heat Island in the form of Mesoscale Wind and of Its Effect on Air Pollution Dispersal**, Applied Mathematical Modeling, Vol. 34, PP. 2520-2530.
- Alavipanah, S. K., 2006, **Thermal Remote Sensing and its Application in the Earth Sciences**, University of Tehran Press, Tehran.
- Amiri, R., Ali-Mohammadi, A., Alavipanah, S. K., 2007, **Studying Spatial and Temporal Variability of Heat Related with LULC in Urban Region- using TM and ETM+ Data**, Environmental Study, Vol. 43, PP. 107-120.
- Asmat, A., Mansor, S., Tai Hong, W., 2003, **Rule Based Classification for Urban Heat Island Mapping**, 2nd FIG Regional Conference Marrakech, December 2-5, Morocco.
- Azizi, Gh., 2004, **Climate Change**, Ghoomes Publication, Tehran.
- Bottyán, Z., Unger, J., 2003, **A Multiple Linear Statistical Model for Estimating the Mean Maximum Urban Heat Island**, Theoretical and Applied Climatology, Vol. 75, PP. 233-243.

- Brandsma, T., Können, G. P., Wessels, H. R. A., 2003, **Empirical Estimation of the Effect of Urban Heat Advection on the Temperature Series of De Bilt (The Netherlands)**, International Journal of Climatology, Vol. 23, PP. 829-845.
- Buyantuyev, A., Wu, J., 2010, **Urban Heat Islands and Landscape Heterogeneity: Linking Spatiotemporal Variations in Surface Temperatures to Land-cover and Socioeconomic Patterns**, Landscape Ecology, Vol. 25, PP. 17-33.
- Cao, X., Onishi, A., Chen, J., Imura, H., 2010, **Quantifying the Cool Island Intensity of Urban Parks Using ASTER and IKONOS Data**, Landscape and Urban Planning, Vol. 96, PP. 224-231.
- Chen, Y., Du, M., Dong, R., 2008, **Correlation between Urban Heat Island Effect and Thermal Inertia Using ASTER Data in Beijing, China**, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XXXVII, Part B7.
- Frumkin, H., 2002, **Urban Sprawl and Public Health**, Public Health Report, Department of Environmental and Occupational Health, Rollins School of Public Health of Emory University, Atlanta.
- Ghanbari, H. A., Azizi, Gh., 2009, **Numerical Simulation of Air Pollutants in Tehran, Based on Wind Patterns by TAPM**, Physical Geography Researches, Vol. 68, PP. 15-32.
- González, J., E., Luvall, J. C., Comarazamy, D., Picón, A. J., Harmsen, E. W., Parsiani, H., Ramírez, N., Vásquez, R. E., Williams, R., Waide, R. B., Tepley, C. A., 2005, **Urban Heat Islands Developing in Coastal Tropical Cities**, EOS, Transaction, American Geophysical Union, Vol. 86, No. 42, PP. 397-412.
- Kaviani, M., 2007, **Microclimatology**, Samt Publishing, Tehran.
- Lai, L., Cheng, W., 2009, **Air Quality Influenced by Urban Heat Island Coupled with Synoptic Weather Patterns**, Science of Total Environment, Vol. 407, PP. 2724-2733.
- Landsberg Helmut, E., 1981, **The Urban Climate**, International Geophysics Series, Vol. 28.
- Li, K., Lin, B., Jiang, D., 2009, **Remote Sensing Approach for Urban Planning Based on Heat Island Study**, 2nd International Conference on Countermeasures to Urban Heat Islands, Sep. 21-23, Berkeley, California, USA.
- Liu, H., Weng, Q.H., 2008, **Seasonal Variations in the Relationship between Landscape Pattern and Land Surface Temperature in Indianapolis**, Environmental Monitoring and Assessment, Vol. 144, No.1-3, PP.199-219.
- Mallick, J., Kant, Y., Bharath, B., D., 2008, **Estimation of Land Surface Temperature over Delhi using Landsat-7 ETM+**, Journal of Indian Geophysics Union, Vol. 12, No.3, PP. 131-140.
- Mendonca, F., 2009, **Urban Heat and Urban Cool Islands: Influences of Vegetation and Soil Surface in Some Cities, Southern Brazil**, the 7th International Conference on Urban Climate, 29 June - 3 July, Yokohama, Japan.
- Mohammadi, Hosein, 2011, **Urban climatology**, University of Tehran Press, Tehran.

- Mousavi-Baygi, M., Ashraf, B., Miyanabady, A., 2010, **The Investigation of Tehran's Heat Island by using the Surface Ozone and Temperature Data**, International Journal of Applied Environmental Sciences, Vol. 5, No. 2, PP. 189-200.
- Oke, T.R., and Hannell, F.G. 1970, **The form of the Urban Heat Island in Hamilton, Canada III Urban Climates**, WMO TC, No. 108, PP. 113-126.
- Ranjbar-Saadatabadi, A., Azadi, M., Aliakbari Bidokhti, A. A. and Sadeghi Hosseini, S. A. R., 2005, **Case Study of Tehran Heat Island and its Numerical Simulation**, Journal of the Earth & Space Physics, Vol. 31, PP. 63-78.
- Ranjbar-Saadatabadi, Aliakbari-Bidokhti, A., A., and Sadeghi-Hosseini, S. A., 2006, **Effects of Urban Heat Island and Urbanization on Weather and Local Climate of Tehran Greater Area (Based on Mehrabad and Varamin Observation)**, Journal of Environmental Studies, Vol. 32, PP. 59- 68.
- Savijärvi, H., 1985, **The Sea Breeze and Urban Heat Island Circulation in a Numerical Model**, Geophysica, Vol. 21, No. 2, PP. 115-126.
- Saz Sánchez, M., A., Vicente Serrano, S., M., Cuadrat Prats J., M., 2002, **Spatial Patterns Estimation of Urban Heat Island of Zaragoza (Spain) Using GIS**, Project Report: Caracterización Espacio-temporal de Las Sequías en el Valle Medio del Ebro e Identificación de Sus Impactos (BSO2002-02743) Financed by the CICYT, "Clima y calidad ambiental en la ciudad de Zaragoza" financed by the Zaragoza Council, and the "Programa de grupos de Investigación consolidados" Financed by the Aragon Government.
- Shigeta, Y., Ohashi, Y., Tsukamoto, O., 2009, **Urban Cool Island in Daytime**, The 7th International Conference on Urban Climate, 29 June - 3 July, Yokohama, Japan.
- Smith, C., Levermore, G., 2008, **Designing Urban Spaces and Buildings to Improve Sustainability and Quality of Life in a Warmer World**, Energy Policy, Vol. 36, PP.4558-4562.
- Stone, B., Norman, J. M., 2006, **Land Use Planning and Surface Heat Island Formation: A Parcel-based Radiation Flux Approach**, Atmospheric Environment, Vol. 4, PP. 3561-3573.
- Sümeğhy, Z, 2004, **Evaluation and Mapping of Spatial and Temporal Distribution of the Urban Heat Island in Szeged**, Ph.D. Dissertation Theses; Supervisors: Dr. János Unger and János Györfy; University of Szeged.
- Synnefa, A., Karlessi, T., Gaitanis, N., Santamouris, M., Assimakopoulos, D.N., Papakatsikas C., 2011, **Experimental Testing of Cool Colored Thin Layer Asphalt and Estimation of Its Potential to Improve the Urban Microclimate**, Building and Environment, Vol.46, PP. 38-44.
- Taha, H., 2008, **Meso-urban Meteorological and Photochemical Modeling of Heat Island Mitigation**, Atmospheric Environment, Vol. 42, PP. 8795-8809.

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, Vol. 22, No. 10, PP. 1999-2014.

Yamamoto, Y., 2006, **Measures to Mitigate Urban Heat Islands**, Quarterly Review, Vol.18, PP.65-83.

Archive of SID

Analysis of the Urban Heat Island Spatial Variability over Tehran

Shamsipour A.A.*

Assistant Prof., Faculty of Geography, University of Tehran

Mahdian Mahforouzi M.

MSc. Student of Climatology, Faculty of Geography, University of Tehran

Hosseinpour Z.

MSc. Student of Climatology, Faculty of Geography, University of Tehran

Received: 02/01/2012

Accepted: 13/06/2012

Extended Abstract

Introduction

The Urban Heat Island (UHI) effect refers to the temperature rise of any man-made area. It is a phenomenon in which cities become warmer than the surrounding suburbs. In other words, there is a temperature difference between the cities and the area surrounding them. Generally, the UHI effect could be a result of excessive and unplanned growth of urbanization. The behavior of artificial urban texture in terms of absorption of short-wave and long-wave radiation, transpiration, releasing of anthropogenic heat, and blocking prevalent wind is significantly different from that of the rudimentary nature. Surface geometry on the other hand, decreases wind speed in urban regions which plays a great role in formation of UHI. As the energy balance inside a city alters, UHI intensity varies. This means that UHI intensity is not spatially and temporally similar in different cities. Also it must be noticed that UHI formation in a city usually has diurnal or seasonal patterns which are mostly affected by synoptic weather conditions. There are three main synoptic and local climatology parameters affecting UHI formation: air pressure systems, cloudiness, and wind speed. Under stationary high-pressure system conditions temperature differences between urban and rural areas become large. UHI intensity is largest in calm air and cloudless sky conditions and tends to disappear in cloudy and windy weather.

The urban heat island can lead to urban temperatures being 2–5 °C higher than those in rural surroundings. Studies have shown the difference in temperature between urban and rural regions (UHI Intensity: ΔT_{U-R}) is revealed in minimum temperatures rather than maximums. The Maximum UHI intensity usually occurs 3–4 hours after sunset in the urban area. Other impacts of the UHI could be intensifying pollutant concentration over urban areas, altering local wind patterns, increasing humidity, forming cloud and fog, and changing the precipitation rate over a city.

*E-mail: shamsipr@ut.ac.ir

Methodology

In this study, the urban heat island over Tehran was analyzed. Tehran is the largest and the most populated city of Iran, with an approximate area of 750 Km² and a population of 8 Million during night time. The city lies almost in the middle of the Tehran province (1882 Km² of area) in the southern side of the Alburz Mountain and is limited to the highlands in northern and eastern parts. On the southern and western parts, it is connected to the flat plains of Varamin, Shahriar and Karaj.

To investigate the spatial and temporal patterns of the UHI over Tehran, after studying the literature reviews and earlier studies, 24 days from the year 2006 were chosen; two days of each month, one day with the highest and the other with the lowest air pressure over the urban area were chosen. Then, the climatologic data (including temperature, cloudiness, air pressure, wind direction and wind speed) for each day were gathered from different data sources: 1- Iran Meteorology Organization stations including synoptic and climatology stations, 2- Air quality measuring stations including Air Quality Control Company¹ and Department of Environment² stations. After data refinement, in order to choose the sample days for UHI illustration, primary maps were drawn using ArcGIS 9.3, then 216 maps were drawn (9 maps with 3 hours interval for each day); also, for a better perception of the temporal patterns of the UHI, the measuring times were transformed from Greenwich Mean Time (GMT) to the Local Time (LT) by adding 3:30. The difference between the average temperature of the urban district (T_U) and the rural area (T_R) was calculated by MS Excel 2007 for collecting the UHI intensity during different seasons and months and for all 24 days at each measurement hour. In the next step, due to primary results four typical days were chosen to represent each season. Aside from the obtained data from the surface measurement stations, the Air Pollution Model (TAPM) was employed to compensate the lack of data on the rest of the study area by modelling the wind field (i.e. wind direction and speed) over the study area. Therefore, all hours in chosen days were modeled with a 10 kilometers resolution with synoptic that shows the actual wind condition. Finally, integrated maps were drawn which the final analysis were based on.

Results and Discussion

Results show that an increase in the wind speed causes a reduction in the UHI intensity, also in high-speed winds (4 knot and up) the formation of the UHI tends to disappear. Moreover, no significant correlation was found between the air pressure and the UHI intensity and formation. Only in summer, and in the high pressure conditions, maximum intensity has occurred at 00:30, and in the low pressure condition the minimum intensity occurred at 09:30. Also, the summertime UHI intensity is much higher than the wintertime intensity. The spatial variation of the UHI does not seem to have a regular pattern, because it varies in different seasons and months. Totally, the spatial extent of the UHI is limited by the wind direction and velocity.

1. AQCC

2- DOE

Conclusion

The spatial variation of the UHI seems to be significantly affected by the wind velocity. Hence, in order to determine the main thermal core of the UHI, the wind field must be considered. The results have shown that the distribution of the heat island main cores during the year, is mostly dependant on the wind velocity. However, it could be concluded that the main core of the UHI is usually located somewhere between Mehrabad, Fatemi, Bahman, and DoushanTappeh Stations. Also during different months, Bazaar, Bahman and Azadi Stations mostly show a higher temperature in comparison to their surroundings.

Keywords: *Urban Heat Island, Spatial Variation, Wind Field, Tehran.*

Archive of SID