

واکاوی رفتار روزانه جزیره گرمایی شهر تهران

علی اکبر شمسی پور*^۱، مجتبی مهدیان ماهفروزی^۲، هانیه اخوان^۳، زینب حسین پور^۴

۱-استادیار اقلیم شناسی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

۲-دانشجوی کارشناس ارشد اقلیم شناسی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

۳-دانشجوی کارشناسی ارشد ژئومرفولوژی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

۴- کارشناس ارشد اقلیم شناسی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: ۹۱/۲/۲۷ تاریخ پذیرش: ۹۱/۶/۱۸

چکیده

جزیره گرمایی شهر به افزایش دمای فضای انسان ساخت شهری در مقایسه با حومه طبیعی آن اشاره دارد. این پدیده که از پیامدهای گسترش شهرنشینی و شهرسازی است، و امروزه به مسئله‌ای بسیار با اهمیت در اقلیم‌شناسی شهری تبدیل شده است. رشد سریع و عدم توجه کافی به عناصر طبیعی مؤثر در فرایند برنامه‌ریزی و اجرای طرحهای شهری، پیامدهای زیست محیطی متعددی به همراه دارند که از جمله آنها پدیده جزیره گرمایی است که از تمرکز فعالیت‌های انسانی و نیز از تغییر نوع پوشش سطحی ناشی می‌شود. در این پژوهش به منظور واکاوی رفتار روزانه جزیره گرمایی شهر تهران با بررسی ۸ روز از سال ۲۰۰۶ و با استفاده از پهناوندی میدان وزش باد و دما، رفتار روزانه جزیره گرمایی واکاوی شد. داده‌های جوی از ۱۴ ایستگاه هواشناسی استخراج شد. همچنین میدان باد با استفاده از مدل آلودگی هوا مدل‌سازی شد. شکل فضایی جزیره گرمایی در هر روز با فواصل زمانی سه ساعته در نرم افزار ArcGIS ترسیم شدند. محاسبات آماری، از جمله شدت جزیره گرمایی محاسبه شد. نتایج واکاوی داده‌های ایستگاهی و خروجی مدل نشان می‌دهند که با وجود رسیدن باد به حد آستانه محاسبه شده، شدت جزیره گرمایی همواره مثبت است. به علاوه سرعت و جهت باد بیشترین نقش را در الگوی فضایی و شدت جزیره گرمایی دارد و میان الگوهای فشار با جزیره گرمایی ارتباط خوبی وجود ندارد. مرکز اصلی جزیره گرمایی در حفاصل ایستگاههای بهمن، بازار و آزادی قرار دارد و در ضمن هسته اصلی بروندی شهر تهران در اطراف ایستگاههای شمال تهران، اقدسیه و تجریش به دست آمد.

کلید واژه

جزیره گرمایی شهری، سرعت باد آستانه، الگوی روزانه، TAPM، تهران

سر آغاز

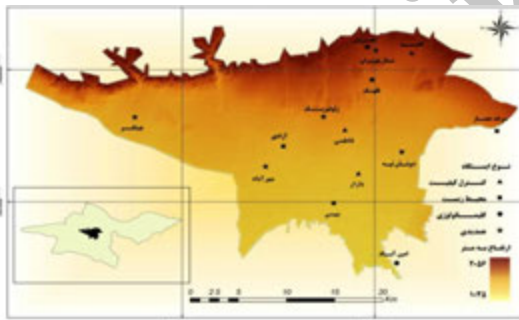
شهرها در مقابل نواحی روستایی و حومه طبیعی شهر اشاره می‌کند (Yamamoto, 2006). در حقیقت اگر منحنی‌های همدمای شهر و حومه آن رسم شود، خطوط منحنی شبیه به جزیره‌ای محصور در آب دیده می‌شود. به طور کل برای شهری که تراکم جمعیت و ساختمان‌های آن به طور شعاعی از مرکز به حومه کاهش می‌یابد، پیش‌بینی می‌شود که ۳ تا ۵ ساعت پس از غروب خورشید شدت جزیره گرمایی (ΔT_{U-R}) به بیشینه خود و ۳ تا ۵ ساعت پس از طلوع آفتاب به کمینه خود برسد (Chen, et al., 2008; Yamamoto, 2006). وجود جزیره گرمایی، افزون بر تغییرات دمایی سبب تغییراتی نظیر گل دهی زودتر گیاهان شهری و طولانی‌تر شدن فصل رشد می‌شود (کاوایانی، ۱۳۸۷). علاوه بر آن جزایر گرمایی الگوهای باد را در شهرها و اطراف دچار تغییر می‌کنند (علوی پناه، ۱۳۸۷). این تغییرات در الگوی بادها سبب پیامدهای

رشد شهرنشینی در نیم قرن اخیر روندی بسیار شتابناک را در پی داشته است. از سویی دیگر افزایش جمعیت کره زمین سبب رشد فضایی سکونتگاهها شده است. ساخت و سازهای انبوه شهری 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 و تعرق و آزادسازی آرام انرژی جذب شده می‌شوند. از طرفی هندسه شهری با ایجاد ساختار سه بعدی خاص به وسیله ساختمان‌های مرتفع سبب سکون هوا و کاهش سرعت باد در محدوده شهری می‌شوند (عزیزی، ۱۳۸۳).

افزایش بدون برنامه‌ریزی محدوده شهری پیامدهای اقلیمی نامطلوبی را در بر دارد که از جمله آنها می‌توان به جزیره گرمایی شهر اشاره کرد. پدیده جزیره گرمایی شهری به افزایش دمای

داده‌ها و روش‌شناسی

به‌منظور واکاوی رفتار روزانه جزیره گرمایی شهر تهران، پس از جمع‌آوری داده‌های پایه نظری از روش اسنادی و کتابخانه‌ای، با هدف بررسی مبانی نظری مرتبط با تحقیق، به انتخاب روزهای نمونه از آمار و اطلاعات ایستگاههای هواشناسی اقدام شد. در سال ۲۰۰۶ بر اساس معیار الگوی فشار هوا، برای هر ماه دو روز (شامل روزهای با بیشینه و کمینه فشار هوا) انتخاب شدند. در مرحله بعد، به منظور مقایسه وضعیت تشکیل جزیره گرمایی در روزهای پرفشار و کم فشار، ماههایی که روزهای کم فشار و پرفشار آنها کمینه فاصله زمانی را دارا بودند، انتخاب شدند که در پایان در این مرحله هشت روز، در ماههای ژانویه، مارس، سپتامبر و نوامبر (دو روز در هر ماه) به‌عنوان مطالعه موردی نهایی مورد واکاوی قرار گرفتند. پس از آن، داده‌های مربوط به دمای هوا، فشار، سرعت و جهت باد از ۱۴ ایستگاه (یک ایستگاه اقلیم‌شناسی، پنج ایستگاه هواشناسی همدمیدی، سه ایستگاه سنجش کیفیت هوا وابسته به شرکت کنترل کیفیت هوا، و پنج ایستگاه سنجش کیفیت هوا وابسته به سازمان محیط زیست) استخراج شدند. شکل شماره (۱) موقعیت نسبی ایستگاهها را در شهر تهران نمایش می‌دهد.



شکل شماره (۱): موقعیت نسبی ایستگاههای هواشناسی

مورد استفاده در پژوهش

پس از پالایش داده‌ها و انجام تصحیحات اولیه (همچون تبدیل زمانی داده‌ها از ساعت جهانی گرینویچ به ساعت محلی تهران) داده‌های ایستگاهی دمای هوا به‌عنوان پایگاه داده‌های نقطه‌ای با مکان به سامانه اطلاعات جغرافیایی وارد شده و برای تبدیل به اطلاعات سطحی از روش واسطه‌یابی وزن‌دهی فاصله معکوس (IDW)^۱ استفاده شد. بنابر این پهنه‌بندی دمایی شهر تهران با فواصل زمانی سه ساعته انجام شد که در نتیجه آن توزیع مکانی جزیره گرمایی در شهر تهران به‌دست آمد. همچنین برای محاسبه شدت جزیره گرمایی، در تمامی ساعات روزهای مورد

بسیار مهم و خطرناکی از جمله انتقال آلودگی هوا و ذرات معلق سمی از شهرها به حومه‌ها و بر هم زدن آسایش افراد درون شهر است (Frumkin, 2002). به همین دلیل جزایر گرمایی در حال حاضر از عوامل ایجاد نگرانی در مورد سلامت افراد به شمار می‌روند (Yamamoto, 2006). مباحث مربوط به جزیره گرمایی شهر از دیرباز مورد اقبال اقلیم‌شناسان شهری بوده است. در این میان برخی از محققان فقط با استفاده از داده‌های ایستگاههای زمینی به بررسی این پدیده پرداخته‌اند (Sümeğhy, 2004؛ رنجبر و دیگران، ۱۳۸۴؛ O'Neill, et al., 2009؛ Erell and Williamson, 2007؛ Mousavi-Baygi, et al., Shigeta and Tsukamoto, 2009). برخی از محققان با استفاده از داده‌های اندازه‌گیری شده توسط خودروهای در حال حرکت، جزیره گرمایی را مورد بررسی قرار داده‌اند (Sanchez, et al., 2002). تعدادی از محققان از مدل‌های آماری خطی چندمتغیره (Bottyan and Unger, 2003) و یا مدل‌های دو و سه بعدی (Agarwal and Savijärvi, 1985؛ Tandon, 2010) برای بررسی این پدیده استفاده کرده‌اند. بعضی با استفاده از مدل‌های دینامیک شاره‌ها (Synnefa, et al., 2011) و یا مدل‌های میان‌مقیاس جوی نظیر MM5 (رنجبر و دیگران، ۱۳۸۴؛ Taha, 2008) و مدل آلودگی هوا (Coutts, et al., 2008). Lai and Cheng, 2009) به شبیه‌سازی این پدیده پرداخته‌اند. بسیاری از محققان نیز به ارائه راهکارهایی برای کاهش شدت جزیره حرارتی پرداخته‌اند (Suomi and K`ayhk`o, 2010) که در این میان پاره‌ای استفاده از پوشش‌های سطحی رنگی را پیشنهاد داده‌اند (Synnefa, et al., 2011؛ Karlessi, et al., 2010). برخی افزایش فضاهای سبز از جمله سقف‌های سبز را توصیه کرده‌اند (Onishi, et al., 2010). بسیاری از محققان نیز با استفاده از داده‌های سنجنده‌های مختلف به مدل‌سازی آثار جزیره حرارتی پرداخته‌اند که از جمله آنها می‌توان به پژوهش‌های صورت گرفته با داده‌های سنجنده‌های TM و ETM+ (امیری و دیگران، ۱۳۸۹؛ Li, et al., 2009؛ Smith and Levermore, 2008؛ Buyantuyev and Wu, Chen, et al., 2008) ASTER (2010) ATLAS (Stone and Norman, 2006)، و یا IKONOS (Cao, et al., 2010) اشاره کرد. در این مطالعه جزیره گرمایی شهر تهران با تلفیقی از روشهای مطالعه آماری و مدل‌سازی اقلیمی میان‌مقیاس بر مبنای شرایط مختلف دمایی و در مقیاس ساعتی در طول چهار ماه سال ۲۰۰۶ مورد واکاوی قرار می‌گیرد.

در پایان تلفیق اطلاعات و نتایج به دست آمده در محیط ArcGIS 9.3 انجام پذیرفت.

بحث و یافته‌های تحقیق

با توجه به مبانی نظری تحقیق، پیش‌بینی می‌شود که جزیره گرمایی شهر تهران در شرایط حاکمیت پرفشار شدت بیشتری داشته باشد و به لحاظ الگوی فضایی نیز توزیع منظم‌تری در محدوده شهری نشان دهد. به منظور بررسی این مسئله برای روزهای مورد مطالعه بیشینه و کمینه شدت جزیره گرمایی و ساعات وقوع آن و همچنین شرایط ابرناکی و سرعت متوسط باد (میانگین سرعت باد ایستگاههای مورد مطالعه) در محدوده شهری در ساعات مورد نظر محاسبه شدند (جدول شماره ۱).

جدول شماره (۱): شدت بیشینه و کمینه جزیره گرمایی و سرعت متوسط باد در روزهای مورد مطالعه

ماه	روز	شرایط فشار	ساعت کمینه شدت جزیره گرمایی	کمینه شدت جزیره گرمایی (C)	سرعت متوسط باد (گره)	ساعت بیشینه شدت جزیره گرمایی	بیشینه شدت جزیره گرمایی (C)	سرعت متوسط باد (گره)
ژانویه	۴	H	۱۵:۳۰	۱/۱	۵/۳	۳:۳۰	۵/۱	۰
ژانویه	۸	L	۱۲:۳۰	۲/۱	۶/۳	۳:۳۰	۳/۸	۲
مارس	۱۰	L	۱۲:۳۰	۳/۲	۱۳	۳:۳۰	۵/۷	۳
مارس	۱۸	H	۱۲:۳۰	۲/۱	۸/۷	۳:۳۰	۴/۶	۲
سپتامبر	۱۶	L	۱۵:۳۰	۲/۵	۱۷/۵	۶:۳۰	۷	۳
سپتامبر	۱۹	H	۱۵:۳۰	۲/۴	۴	۰:۳۰	۷/۳	۲
نوامبر	۱۵	L	۱۵:۳۰	۳/۹	۶	۹:۳۰	۵/۵	۲
نوامبر	۲۲	H	۱۵:۳۰	۲/۶	۳	۹:۳۰	۵/۸	۲

بیشینه شدت جزیره گرمایی ۰۳:۳۰ بامداد است، در حالی که در ماههای سپتامبر و نوامبر در ساعاتهای مختلفی رخ داده است. به لحاظ بیشینه شدت جزیره گرمایی، فقط الگوی قابل مشاهده این است که در ماههای ژانویه و نوامبر، در روزهای پرفشار بیشینه شدت جزیره گرمایی بیش از روزهای کم فشار است؛ در حالی که در ماههای مارس و سپتامبر عکس این قضیه صادق است. به این ترتیب، به لحاظ زمان وقوع بیشینه و کمینه جزیره گرمایی، به نظر نمی‌رسد که الگوهای فشار تاثیرگذاری چندانی داشته باشند (با توجه به این مطلب که فشار هوا بطور متوسط در ماه نوامبر بیش‌تر از ماه مارس است). اما به لحاظ شدت جزیره گرمایی به نظر می‌رسد که کمینه شدت جزیره گرمایی در شرایط کم فشاری بیش از شرایط پرفشاری است؛ به عبارتی دیگر در شرایط کم فشاری شهر تهران گرمتر از حومه‌ها (در مقایسه با شرایط پرفشاری) است. همچنین به نظر می‌رسد که بیشینه شدت جزیره گرمایی در ماههای سرد سال در شرایط پرفشاری بیشتر از شرایط کم فشاری است و عکس این

بررسی میانگین دمای محدوده شهری (TU)^۲ و میانگین دمای محدوده روستایی (TR)^۳ و تفاضل (ΔTU-TR)^۴ آنها در محیط Excel محاسبه شدند. در مرحله بعد برای درک بهتر میدان باد، در تمامی روزها و ساعتها با استفاده از مدل آلودگی هوا، میدان باد برای محدوده فراگیر شهر تهران مدل‌سازی شدند. سپس برای شباهت بیشتر به شرایط واقعی بردار، سرعت و جهت باد با قدرت تفکیک افقی ۲ کیلومتر و در شرایط همدید محاسبه و ترسیم شدند. انتخاب سال ۲۰۰۶ برای انجام پژوهش به دلیل محدودیت دسترسی به داده‌های مدل جوی مورد استفاده (TAPM)^۵ برای شبیه‌سازی بود (فقط داده‌های سالهای ۲۰۰۳ و ۲۰۰۶ برای ایران موجود است).

بر اساس جدول شماره (۱)، در تمامی روزهای مورد مطالعه کمینه شدت جزیره گرمایی بین ساعات ۱۲:۳۰ تا ۱۸:۳۰ رخ داده است. از لحاظ زمان وقوع، کمینه شدت جزیره گرمایی الگوی خاصی بین روزهای کم فشار و پرفشار دیده نمی‌شود. فقط می‌توان به این مساله اشاره کرد که در ماههای ژانویه و مارس کمینه شدت جزیره گرمایی معمولاً در ساعت ۱۲:۳۰ رخ داده است. ولی در ماههای سپتامبر و نوامبر در ساعت ۱۵:۳۰ رخ داده است. همچنین با توجه به جدول شماره (۱) مشاهده می‌شود که کمینه شدت جزیره گرمایی معادل ۱/۱ درجه سلسیوس محاسبه شده است که به این معنی است که شهر تهران دست کم ۱/۱ درجه از اطراف گرمتر است. نکته قابل توجه این که در روزهای مورد مطالعه کمینه شدت جزیره گرمایی در تمامی روزهای پرفشار کم‌تر از روزهای کم فشار است. به لحاظ ساعاتهای رخداد بیشینه جزیره گرمایی نیز الگوی خاصی میان روزهای کم فشار و پرفشار دیده نمی‌شود؛ تنها نکته قابل توجه این است که در ماههای ژانویه و مارس مورد بررسی ساعت رخداد

ویژگی‌های گسترش کالبدی را نشان دهد وابسته است که از طریق رابطه (۱) قابل محاسبه است.

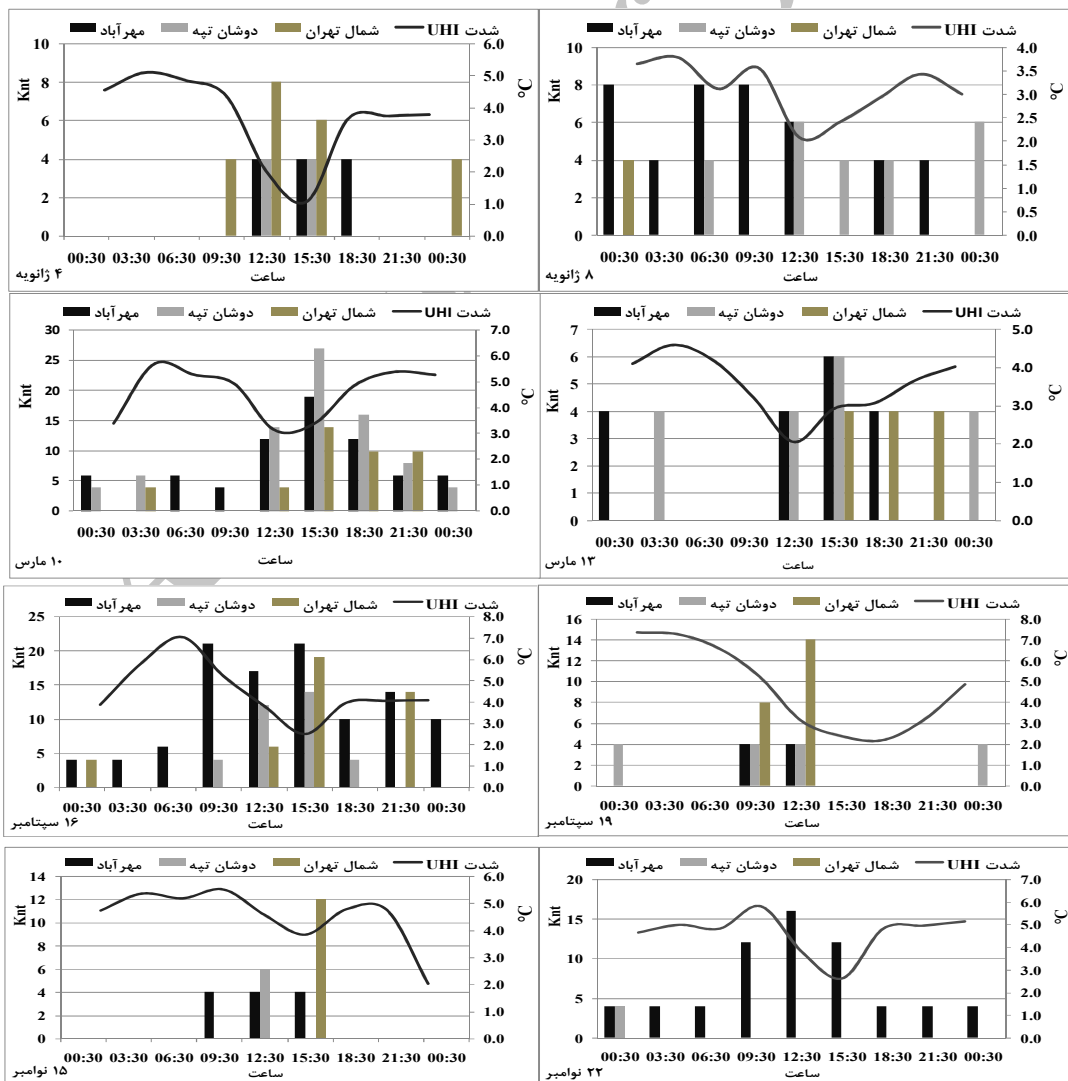
$$U_C = 3.4 \log_{10} P - 11.6 \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن U_C سرعت باد حدی بر حسب متر بر ثانیه و P جمعیت منطقه مورد مطالعه است (قنبری و عزیز، ۱۳۸۸). با در نظر گرفتن جمعیت هشت میلیون نفر برای شهر تهران سرعت باد حدی برای تهران برابر $11/87$ متر بر ثانیه (۲۳ گره) محاسبه می‌شود. برای بررسی بهتر ارتباط میان سرعت وزش باد با تشکیل شدت جزیره گرمایی، نمودار ترکیبی شدت جزیره گرمایی و سرعت وزش باد در ایستگاههای مهرآباد، دوشان تپه و شمال تهران به صورت ساعتی و برای هر روز تهیه شدند (شکل شماره ۲).

قضیه در ماههای گرم سال صادق است. نکته مهم در جدول شماره (۱) این است که در تمامی ساعات‌های کمینه شدت جزیره گرمایی، سرعت باد به مراتب بیشتر از ساعات‌های بیشینه شدت جزیره گرمایی است؛ بنابر این به نظر می‌رسد باد از عوامل اصلی محدود کننده شدت جزیره گرمایی باد است.

سرعت باد آستانه

تشکیل جزیره گرمایی و شدت آن ارتباط مستقیمی با سرعت و جهت باد دارد. سرعتی از باد که شرایط تشکیل جزیره گرمایی در آن به دلیل اثر اختلاط ممکن نیست را سرعت باد آستانه می‌گویند. روشهای مختلفی برای محاسبه سرعت باد حدی می‌تواند منظور شود که یکی از آنها به جمعیت ساکن شهر که به نوعی می‌تواند



شکل شماره (۲): نمودار ترکیبی شدت جزیره گرمایی و سرعت وزش باد در ایستگاههای مهرآباد، دوشان تپه و شمال تهران

حکمفرماست. با افزایش سرعت باد در نیمروز شدت جزیره گرمایی نیز کاهش می‌یابد به گونه‌ای که کمینه شدت جزیره گرمایی در ساعتی رخ داده (۱۵:۳۰) که در هر سه ایستگاه هواشناسی مورد مطالعه شدت وزش باد با قابل توجه است. نکته جالب توجه این که با وجود نزدیک شدن به سرعت باد حدی در این روز، شدت جزیره گرمایی به صفر نمی‌رسد که می‌تواند نشان‌دهنده وجود جزیره گرمایی دایمی بر فراز تهران باشد. در ۱۹ سپتامبر وضعیت هوا نسبتاً آرام است.

در این روز بیشینه شدت جزیره گرمایی در ساعت ۰۰:۳۰ بامداد رخ داده است. مطابق معمول کمینه شدت جزیره گرمایی نیز در بعدازظهر و ساعت ۱۸:۳۰ مشاهده می‌شود.

در ۱۹ سپتامبر همچنین در طول ساعات‌های میانی روز شدت جزیره گرمایی تعدیل شده و افزون بر این که منطبق با زمان بیشینه دمایی روزانه است، به نظر می‌رسد وزش باد نیز در کاهش شدت جزیره گرمایی ساعت‌های ۰۹:۳۰ و ۱۲:۳۰ مؤثر باشد.

در روز ۱۵ نوامبر بیشینه شدت جزیره گرمایی در ۰۹:۳۰ بامداد رخ داده است، همزمان با افزایش سرعت باد شدت جزیره گرمایی کاهش پیدا کرده، به طوری که در ساعت ۱۵:۳۰ که سرعت باد در ایستگاه‌های مهرآباد و شمال تهران بیشینه است شدت جزیره گرمایی به کمینه مقدار خود می‌رسد.

در روز ۲۲ نوامبر شدت جزیره گرمایی طی روز تقریباً ثابت است؛ فقط تغییر آن در ساعات ۰۹:۳۰ تا ۱۵:۳۰ است که از حد بیشینه به حد کمینه خود می‌رسد. پس از ساعت ۱۵:۳۰ نیز روندی افزایشی را طی می‌کند و از ۱۸:۳۰ به بعد روند آن تقریباً ثابت می‌شود.

از بررسی شکل شماره (۲) می‌توان نتیجه گرفت که ارتباط معنی‌داری میان سرعت باد و شدت جزیره گرمایی وجود دارد که با توجه به کاهش شدت جزیره گرمایی همزمان با افزایش سرعت باد، این ارتباط وارونه (همبستگی معکوس) است.

نکته مهم این که وزش باد (هرچند با سرعت بالا) در یک ایستگاه نمی‌تواند به اندازه وزش باد در دو یا هر سه ایستگاه (با سرعت وزش متوسط) بر کاهش جزیره گرمایی مؤثر باشد، زیرا جزیره گرمایی یک پدیده پهنه‌ای است و شدت آن زمانی کم می‌شود که در کل محدوده شهری (و نه در یک منطقه) اثر کاهندگی باد مشاهده شود که در نتیجه آن اختلاف دمایی شهر با حومه کاهش می‌یابد.

در این نمودارها شدت جزیره گرمایی به صورت خطی نمایش داده شده است و محور سمت راست مربوط به آن است. سرعت باد ایستگاهها نیز به شکل میله‌ای نمایش داده شده است (ایستگاه مهرآباد به رنگ سیاه، ایستگاه دوشان تپه به رنگ خاکستری روشن و ایستگاه شمال تهران به رنگ خاکستری تیره).

کستره فضایی جزیره گرمایی شهری و میدان باد

با توجه به شکل ۲، در روز ۴ ژانویه، شدت جزیره گرمایی تا ساعت ۰۹:۳۰ در شرایط هوای آرام به بیش از ۴ درجه سلسیوس رسیده و بعد از آن به واسطه وزش باد، شدت جزیره گرمایی به حدود ۱ درجه سلسیوس در ساعت ۱۵:۳۰ کاهش یافته است. پس از آن دوباره روند افزایشی داشته و از ساعت ۱۸:۳۰ تا نیمه شب روندی یکنواخت را دنبال می‌کند. در روز ۸ ژانویه سرعت کمینه باد در ایستگاههای مهرآباد و دوشان تپه چهار گره است. بیشینه شدت جزیره گرمایی در این روز در ساعت ۰۳:۳۰ رخ داده است که در این ساعت فقط در ایستگاه مهرآباد وزش باد ثبت شده است. در ساعت ۰۶:۳۰ با شدت گرفتن سرعت باد در مهرآباد و دوشان تپه شدت جزیره گرمایی کاهش یافته و پس از آن در ساعت ۰۹:۳۰ همزمان با حاکمیت هوای آرام در ایستگاه دوشان تپه شدت جزیره گرمایی افزایش می‌یابد.

در ساعت ۱۲:۳۰ سرعت باد در هر دو ایستگاه مهرآباد و دوشان تپه به شش گره افزایش یافته؛ این افزایش سرعت همزمان سبب کاهش شدت جزیره گرمایی به کمینه مقدار خود شده است. پس از آن نیز تا ساعت ۲۱:۳۰ روند افزایشی داشته و از ساعت ۲۱:۳۰ دوباره کاهش می‌یابد.

در روز ۱۰ مارس از ساعت ۰۰:۳۰ تا ۰۶:۳۰ شرایط هوای آرام ثبت شده که در ساعت ۰۳:۳۰ بیشینه شدت جزیره گرمایی بدست آمد. پس از آن از ساعت ۰۹:۳۰ شدت جزیره گرمایی روندی کاهشی یافته تا این که در ۱۲:۳۰ به مقدار کمینه می‌رسد. تا ساعت ۱۵:۳۰ شرایط همچنان ثابت است و پس از آن با کاهش سرعت باد شدت جزیره گرمایی افزایش می‌یابد.

در روز ۱۳ مارس، در ساعت ۰۳:۳۰، بیشینه شدت جزیره گرمایی رخ داده است. در این ساعت فقط در ایستگاه دوشان تپه باد می‌وزد. کمینه شدت جزیره گرمایی نیز در ساعت ۱۲:۳۰ رخ داده است. پس از ساعت ۱۲:۳۰ نیز شدت جزیره گرمایی روندی افزایشی را طی می‌کند. در روز ۱۶ سپتامبر، بیشینه شدت جزیره گرمایی در ساعت ۰۶:۳۰ رخ داده است که در این ساعت شرایط به نسبت آرامی

کستره فضایی جزیره گرمایی شهری و میدان باد

به منظور بررسی بهتر ارتباط سرعت و جهت باد با تشکیل جزیره گرمایی شهری، نقشه‌های ترکیبی الگوی فضایی جزیره گرمایی با میدان باد برای ساعت‌های بیشینه و کمینه جزیره گرمایی در روزهای مورد مطالعه تهیه شدند (شکل‌های شماره ۳ و ۴). با توجه به شکل شماره (۳)، مشاهده می‌شود که در روزهای ۴ و ۸ ژانویه، رخداد بیشینه جزیره گرمایی در ساعت ۰۳:۳۰ بوده است. در هر دو روز مورد مطالعه در این ساعت، الگوی فضایی جزیره گرمایی شکل نسبتاً یکسانی به خود گرفته است. مرکز اصلی دمایی در ایستگاه بهمن مستقر شده است و دومین مرکز گرمایی در ایستگاه آزادی به ثبت رسیده است. یک هسته‌ی سرمای در ایستگاه اقدسیه و یکی هم در ایستگاه چیتگر مشاهده می‌شود. جهت باد در بخش‌های جنوبی شهر، جنوب غربی و در شمال آن با جهت شمال غربی مشخص می‌شود. سرعت باد نیز در بخش جنوبی محدوده شهری به مراتب بیش از محدوده شمالی است.

فقط نکته قابل توجه در این دو روز تفاوت دمایی آنها است؛ بطوری که در این ساعت در روز ۴ ژانویه کمینه دما در حدود ۳- و بیشینه دما در حدود ۱/۵ درجه سلسیوس است. در حالی که کمینه دما در همان ساعت در روز ۸ ژانویه ۲/۵ و بیشینه آن ۶ درجه سلسیوس است.

در هنگام رخداد کمینه شدت جزیره گرمایی (ساعت ۱۵:۳۰ در روز ۴ ژانویه و ساعت ۱۲:۳۰ در روز ۸ ژانویه) نیز الگوی تشکیل جزیره گرمایی بسیار مشابه هم است. در این ساعت‌ها جهت باد در هر دو روز در غرب محدوده شهری غربی است که با ورود به محدوده شهر به جنوب غربی و در قسمت‌های شمالی شهر به جنوبی تغییر مسیر می‌دهد (البته در روز ۸ ژانویه در شمال غرب شهر جهت باد غرب-شمال غربی است).

همچنین به نظر می‌رسد در روز ۴ ژانویه یک سامانه چرخندی در غرب محدوده شهری مستقر شده است. در این ساعت مرکز جزیره گرمایی در ایستگاه بهمن مستقر است که نسبت به اطراف اختلاف دمایی بسیار بیشتری دارد. بر اثر وزش باد از دمای ایستگاه آزادی نیز به میزان زیادی کاسته شده است.

نکته قابل توجه در این دو روز اختلاف کم دمایی آنهاست. در هر دو روز کمینه دما در ایستگاه اقدسیه به ثبت رسیده که معادل ۴ درجه سلسیوس است. بیشینه دما نیز که در ایستگاه بهمن به ثبت

رسیده در روز ۴ ژانویه ۱۰ درجه و در روز ۸ ژانویه ۹/۵ درجه سلسیوس است.

در روزهای ۱۰ و ۱۳ مارس ساعت رخداد کمینه و بیشینه یکی است (بیشینه شدت جزیره گرمایی در ساعت ۰۳:۳۰ و کمینه آن در ساعت ۱۲:۳۰ رخ داده است). جهت باد در روز ۱۰ مارس شمال غربی است و سرعت آن نیز بمراتب شدیدتر از ۱۳ مارس است. شایان توجه است که سنجش شدت باد در ارتفاع ۱۰ متری زمین انجام می‌شود، بنابراین مشاهده جزیره گرمایی شهری در شرایط وزش شدید باد می‌تواند در فضای شهری با موانع کالبدی شدید (توپوگرافی پیچیده) توجیه شود. بر مبنای نقشه به دست آمده از پهنه بندی دمایی شهر تهران در روز ۱۰ مارس، مرکز جزیره گرمایی در محدوده ایستگاه آزادی مستقر است و زبانه‌های تضعیف شده آن تا ایستگاه بازار می‌رسند. مراکز سرمای نیز عبارتند از ایستگاه اقدسیه و سرخه حصار. در حالی که در روز ۱۳ مارس شرایط جوی نسبتاً آرام با جهت باد جنوب غربی در محدوده شهری حاکم است، سرعت اندک باد سبب شده تا دو مرکز گرمایی مجزا در ایستگاه‌های آزادی و بازار تشکیل شوند. به نظر می‌رسد که وزش باد در روز ۱۰ مارس سبب پیوستگی این مراکز به یکدیگر شده باشد. در روزهای ۱۰ و ۱۳ مارس الگوی کاملاً متفاوتی از وزش باد در ساعت رخداد کمینه شدت جزیره گرمایی تجربه می‌شود.

سرعت وزش باد در روز ۱۰ مارس بمراتب بیشتر بوده و جهت آن نیز کاملاً غربی است. مرکز اصلی جزیره گرمایی ایستگاه بهمن است که زبانه‌های گرمایی آن در اثر وزش باد به سمت شمال غرب گرایش یافته است. مرکز اصلی سرمای نیز ایستگاه تجریش است. در روز ۱۳ مارس، جهت وزش باد در محدوده شهری کاملاً جنوبی است. سرعت کمتر باد و جهت آن سبب شده است تا زبانه‌های گرمایی از ایستگاه بازار (که در این ساعت مرکز اصلی گرمایی است) به سمت شمال کشیده شود؛ به گونه‌ای که تا ایستگاه فاطمی کشیده می‌شود. مرکز بروندی اصلی همچنان ایستگاه تجریش است، هر چند که یک مرکز سرمای نیز در ایستگاه ژئوفیزیک به ثبت رسیده است.

با توجه به شکل شماره (۴)، روزهای ۱۶ و ۱۹ سپتامبر به لحاظ الگوی وزش باد و همچنین به علت ساعات رخداد کمینه و بیشینه جزیره گرمایی کاملاً با هم متفاوتند. در روز ۱۶ سپتامبر بیشینه شدت جزیره گرمایی در ساعت ۰۶:۳۰ رخ داده است. سرعت باد در محدوده شهری بسیار اندک و جهت آن در نواحی مختلف

شهری بسیار بیشتر از محدوده شرقی و جنوبی است. سرعت زیادتر و جهت باد سبب شده است تا هسته جزیره گرمایی به سمت شرق گسترش یابد (بر محدوده سرعت کم باد منطبق است). با وجود جهت باد، الگوی گسترش جزیره گرمایی بیشتر شمالی- جنوبی است. هسته سرمایی نیز در اطراف ایستگاه اقدسیه مستقر شده است. در روز ۲۲ نوامبر، سرعت باد در ساعت ۰۹:۳۰ در مقایسه به روز ۲۲ کاهش چشمگیری یافته است. جهت باد نیز در نقاط مختلف شهر متفاوت است.

الگوی میدان باد سبب گسترش بیشتر جزیره گرمایی به سمت شمال و شمال غرب و گسترش بیشتر هسته سرمایی به سمت جنوب شده است. یک مرکز سرمایی در ایستگاه دوشان تپه دیده می شود که شایان توجه است. در ساعت رخداد کمینه شدت جزیره گرمایی (۱۵:۳۰) در روز ۱۵ نوامبر جهت باد با روند منظمی غربی است و سرعت آن نیز نسبتاً زیاد است. پیچیده ترین الگوی جزیره گرمایی در این ساعت دیده می شود.

دو مرکز گرمایی، یکی در ایستگاه بازار و دیگری در ایستگاه مهرآباد، دیده می شوند که با زبانه مرکز سرمایی ایستگاه ژئوفیزیک از یکدیگر جدا شده اند. قوی ترین مرکز سرمایی نیز در ایستگاه اقدسیه دیده می شود. در روز ۲۲ نوامبر در ساعت کمینه شدت جزیره گرمایی سرعت باد به مراتب کمتر است. جهت باد در محدوده شهری جنوبی است ولی پس از ورود به شهر، در شمال غرب به جنوب شرقی تغییر پیدا می کند. مرکز اصلی گرمایی ایستگاه دوشان تپه و پس از آن بازار است.

برای وزش باد سبب انتقال حرارت به شمال شهر می شود به گونه ای که زبانه جزیره گرمایی نه فقط سبب از بین رفتن مرکز سرمایی ایستگاه ژئوفیزیک شده است، بلکه این زبانه تا هسته سرمایی شمال تهران نفوذ کرده و آن را فشرده ساخته است. در این ساعت مرکز سرمایی دیگری در ایستگاه چیتگر شکل گرفته است.

نتیجه گیری

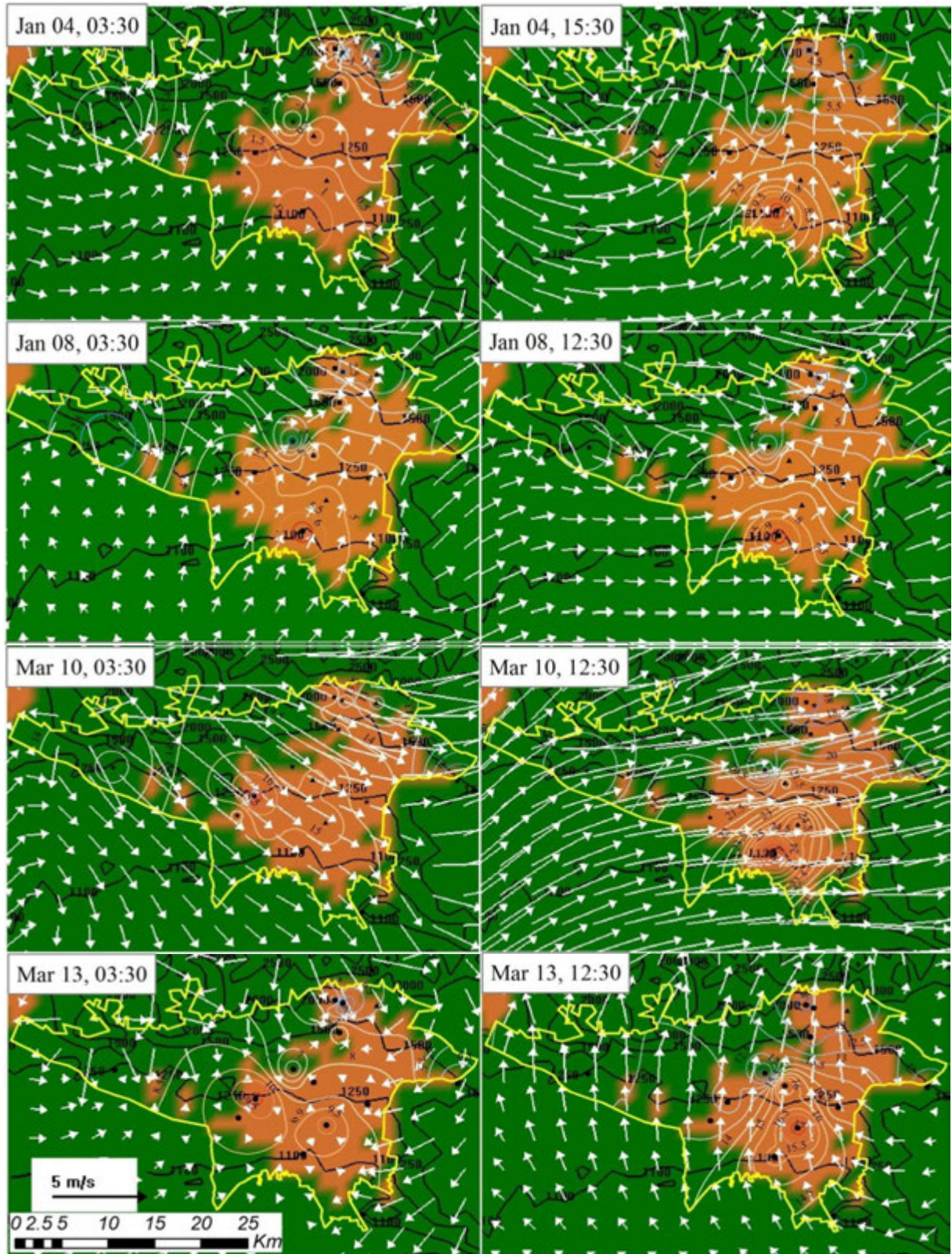
در این پژوهش با استفاده از روشی ترکیبی، رفتار روزانه جزیره گرمایی مورد واکاوی قرار گرفت. با توجه به ارتباط بسیار قوی باد با جزیره گرمایی، با استفاده از مدل آلودگی هوا میدان باد نیز ترسیم شد. نتایج نشان می دهند که سرعت باد آستانه شهر تهران بیش از سرعت برآورد شده با فرمول است هر چند در سرعت برآورد شده شدت جزیره گرمایی به مقدار بسیار کمی می رسد

شهر متفاوت است. البته در محدوده شهری جهت غالب باد، جنوبی است. جهت وزش باد باعث شده تا جزیره گرمایی در جهت شمالی دچار کشیدگی شود. در این ساعت دو مرکز گرمایی دیده می شود که یکی در ایستگاه بازار و دیگری در ایستگاه فاطمی مستقر است. مرکز اصلی سرمایی نیز در ایستگاه دوشان تپه مستقر شده است و جهت باد موجب کاهش محدوده هسته سرمایی در شمال شهر شده است. در روز ۱۹ سپتامبر جهت باد در شرق محدوده شهری شرقی است و با ورود به محدوده شهری به شمال شرقی تغییر می کند. در همین زمان در شمال شهر، باد با جهت شمالی و با سرعت بیش تری می وزد. دو مرکز گرمایی مجزا در ایستگاههای آزادی و بازار دیده می شود. نکته جالب اینجاست که جهت باد شمالی در شمال شهر سبب کشیدگی مراکز سرمایی شمال تهران و ژئوفیزیک شده است؛ به طوری که مشاهده می شود که گسترش زبانه سرمایی ایستگاه ژئوفیزیک سبب قطع ارتباط مراکز جزیره گرمایی آزادی و بازار و تبدیل آنها به دو مرکز گرمایی مجزا شده است.

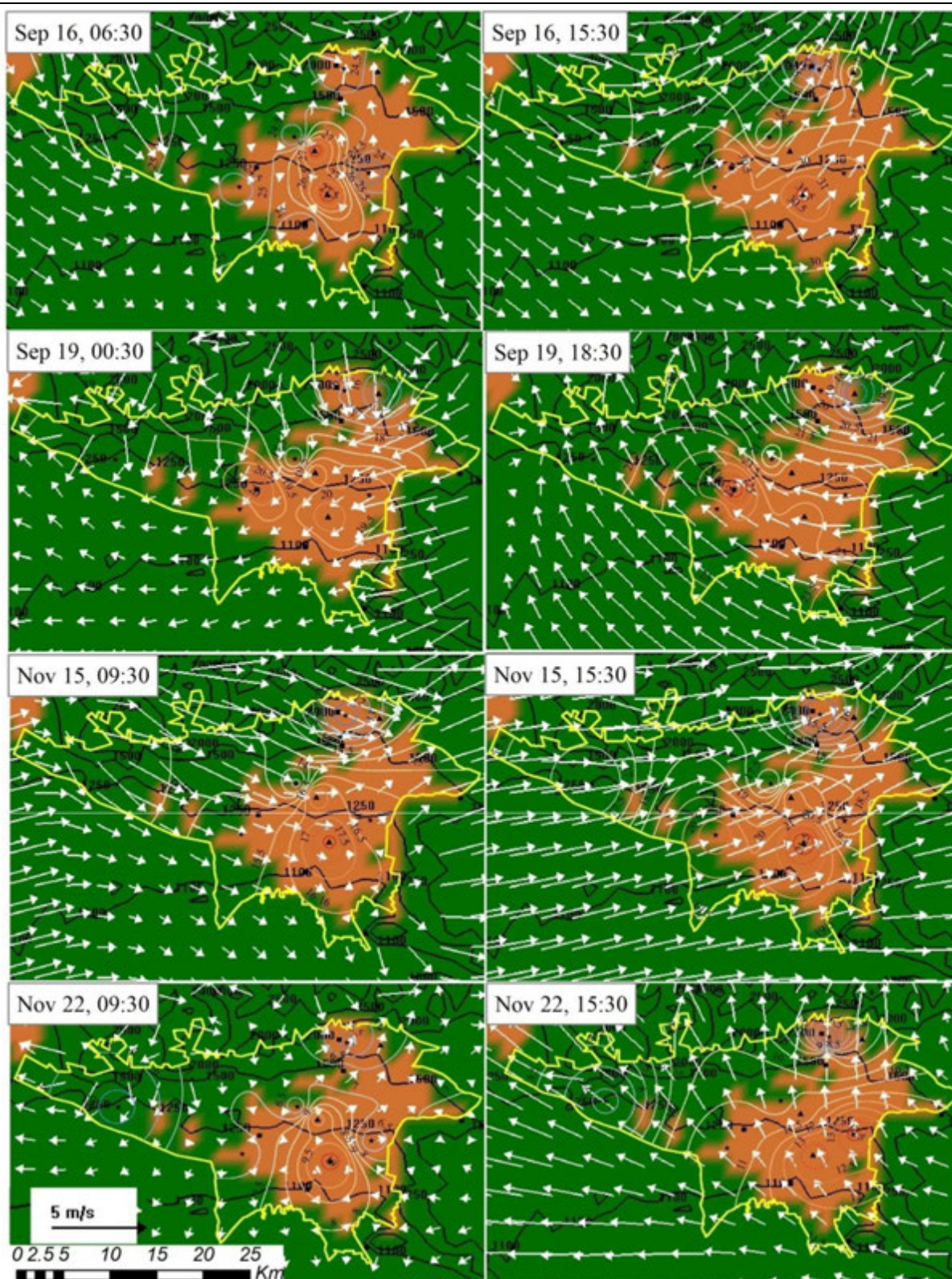
در ساعت کمینه شدت جزیره گرمایی (۱۵:۳۰) در روز ۱۶ سپتامبر، جهت باد تقریباً غربی است. پس از ورود باد به محدوده شهری جهت وزش آن به جنوب غربی تغییر می کند. سرعت باد نیز در محدوده شمالی بیش از محدوده جنوبی است. در ساعت ۱۵:۳۰، هسته جزیره گرمایی از ایستگاه آزادی تا محدوده بازار کشیده شده و زبانه هایی از آن به شمال شرق گسترش دارد. باد جنوب غربی در شمال شهر (ایستگاه تجریش) باعث محدود شدن هسته سرمایی شده است.

در روز ۱۹ سپتامبر در ساعت رخداد کمینه شدت جزیره گرمایی (۱۸:۳۰) جهت باد شرقی و جنوب شرقی است. به نظر می رسد که در این روز یک سامانه واچرخندی در شمال غرب تهران مستقر شده است. کاهش سرعت باد با ورود به محدوده شهری سبب شده است تا یگانه هسته گرمایی این ساعت ایستگاه آزادی باشد که دارای امتدادی جنوب شرقی- شمال غربی است. نکته قابل توجه این است که خطوط همدم با جهت بردارهای باد انطباق بسیار خوبی نشان می دهند. تنها هسته سرمایی در این ساعت نیز در ایستگاه اقدسیه قابل مشاهده است که به نظر می رسد در مرکز سامانه واچرخندی قرار گرفته است.

در روزهای ۱۵ و ۲۲ نوامبر، با وجود شدت و الگوی متفاوت وزش باد، ساعات رخداد کمینه (۱۵:۳۰) و بیشینه (۰۹:۳۰) یکی است. در روز ۱۵ نوامبر سرعت باد در شمال غرب و غرب محدوده



شکل شماره (۳)؛ نقشه ترکیبی توزیع فضایی شدت جزیره گرمایی شهر تهران در زمان حاکمیت سامانه‌های پرفشار و کم فشار در ماههای ژانویه و مارس ۲۰۰۶



شکل شماره (۴)؛ نقشه ترکیبی توزیع فضایی شدت جزیره گرمایی شهر تهران در زمان حاکمیت سامانه‌های پرفشار و کم فشار در ماههای سپتامبر و نوامبر ۲۰۰۶

این که به نظر نمی‌رسد میزان فشار به خودی خود بر الگوی فضایی جزیره حرارتی موثر باشد. نکته قابل توجه در این مورد این است که شدت کمینه جزیره گرمایی در روزهای کم فشاری بیش از روزهای پرفشاری است. مسئله بسیار مهم در مورد تاثیر فشار هوا بر الگوی فضایی جزیره گرمایی استقرار سامانه‌های فشاری است. به نظر می‌رسد که در زمان استقرار چرخندها یا واچرخندها به دلیل افزایش سرعت باد الگوی جزیره گرمایی دستخوش تغییر می‌شود. بنابراین عامل مؤثر بر شدت و الگوی فضایی جزیره گرمایی فشار هوا نیست، بلکه سرعت و جهت باد است. گواه این مطلب کاهش شدت جزیره گرمایی در ساعاتی است که باد سرعت بیشتری دارد؛ به گونه‌ای که مشاهده می‌شود کمینه شدت جزیره گرمایی بین ساعات ۱۲:۳۰ تا ۱۸:۳۰ رخ داده است. عکس این قضیه نیز صادق است. یعنی بیشینه شدت جزیره گرمایی منطبق بر ساعات کمینه سرعت باد است. بیشینه شدت جزیره گرمایی بین ساعات ۰۰:۳۰ تا ۰۹:۳۰ رخ داده است.

یادداشت

- 1- Inverse Distance weighting (IDW)
- 2- Temperature Urban (TU)
- 3- Temperature Rural (TR)
- 4- Difference Temperature Urban- Temperature Rural ($\Delta TU-TR$)
- 5- The Air Pollution Model (TAPM)

نکته مهم این که جهت باد تاثیرگذاری بسیاری بر الگوی فضایی جزیره گرمایی دارد. به این صورت که کشیدگی جزیره گرمایی در جهت باد در روزهای مورد مطالعه کاملاً مشهود است. به طوری که مشاهده شد، با جهت جنوبی باد، مرکز سرمای شمال تهران کمترین گسترش فضایی و با جهت شمالی باد این مرکز بیشینه گسترش خود را داراست.

همچنین مشاهده شد که در جهت باد شمالی، زبانه سرمای ایستگاه ژئوفیزیک به حد فاصل مرکز گرمایی آزادی تا بازار نفوذ کرده و ارتباط آن دو را قطع می‌کند؛ در عوض با جهت باد جنوبی زبانه گرمایی هسته اصلی جزیره گرمایی تا نیمه‌های مرکز سرمای نیز می‌رسد. مسئله قابل توجه درباره شدت جزیره گرمایی این است که دامنه دما در محدوده شهری در ساعات بیشینه شدت جزیره گرمایی کاهش می‌یابد. به عبارتی اختلاف دمای ایستگاهها در ساعات کمینه شدت بیشتر است. افزون بر این، در ساعات بیشینه هسته مرکزی جزیره گرمایی که در حدفاصل ایستگاههای بهمن، بازار و آزادی مستقر است (البته گاهی به سمت فاطمی یا دوشان تپه نیز تغییر مسیر می‌دهد) به علت کاهش شدید باد در این ساعت بیشترین گسترش را داراست در حالی که در ساعت کمینه، مرکز گرمایی به کمترین گسترش خود می‌رسد و در مقابل مرکز سرمای که مستقر در اطراف ایستگاههای شمالی (اقدسیه، شمال تهران و تجریش) است، گسترش می‌یابد. در این ساعت که شدت باد بسیار زیادتر است جزیره گرمایی بیشتر حول یک ایستگاه و با شیب دمایی بسیار زیادی نسبت به سایر ایستگاهها دیده می‌شود. نکته دیگر

منابع مورد استفاده

- امیری، ر.، علیمحمدی، ع.، علوی پناه، س.ک. ۱۳۸۶. مطالعه تغییر پذیری فضایی - زمانی حرارت در ارتباط با کاربری/ پوشش زمین در منطقه شهری تبریز با استفاده از داده‌های لندست ETM+ و TM حرارتی و انعکاسی، محیط شناسی، سال سی و سوم، شماره ۴۳، پاییز ۱۳۸۶، صص ۱۰۷ تا ۱۲۰
- رنجبر سعادت آبادی، ع.، علی اکبری بیدختی، ع.، صادقی حسینی، س.ع. ۱۳۸۴. آثار جزیره گرمایی و شهرنشینی روی وضع هوا و اقلیم محلی در کلان شهر تهران بر اساس داده‌های مهرآباد و ورامین، مجله محیط شناسی، شماره ۳۹، صص ۵۹ تا ۸۴
- رنجبر سعادت آبادی، ع. و همکاران. ۱۳۸۴. مطالعه موردی جزیره گرمایی تهران و شبیه سازی عددی آن، مجله فیزیک زمین و فضا، جلد ۳۱، شماره ۱، صص ۶۳ تا ۷۸
- عزیزی، ق. ۱۳۸۴. تغییر اقلیم، تهران: انتشارات قومس.
- علوی پناه، س.ک. ۱۳۸۶. سنجش از دور حرارتی و کاربرد آن در علوم زمین، انتشارات دانشگاه تهران.
- قنبری، ح.ع.، عزیزی، ق. ۱۳۸۸. شبیه سازی عددی رفتار آلودگی هوای تهران براساس الگوی باد، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۶۸، صص ۳۳ تا ۳۵.

- Agarwal, M., A., Tandon . 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.
- Bottyán, Z., J., Unger. 2003. A multiple linear statistical model for estimating the mean maximum urban heat island, *Theoretical and Applied Climatology*, vol. 75, pp. 233-243.
- Buyantuyev, A., J., Wu . 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., et al . 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., M., Du, R., Dong . 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.
- Coutts, A.M., J., Beringer, N.J., Tapper . 2008. Investigating the climatic impact of urban planning strategies through the use of regional climate modelling: a case study for Melbourne, Australia, *International Journal of Climatology*, vol. 28, pp. 1943-1957.
- Erell, E., T., Williamson. 2007. Intra-urban differences in canopy layer air temperature at a mid-latitude city, *International Journal of Climatology*, vol. 27, pp. 1243-1255.
- 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, GA. Vol. 117.
- Karlessi, T., et al. 2010. Development and testing of PCM doped cool colored coatings to mitigate urban heat island and cool buildings, *Building and Environment*, pp. 1-7.
- Lai, L., W., Cheng . 2009. Air quality influenced by urban heat island coupled with synoptic weather patterns, *Science of Total Environment*, vol. 407, pp. 2724-2733.
- Li, K., B., Lin, D., Jiang . 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.
- Mousavi-Baygi, M., 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.
- O'Neill, M.S., et al. 2009. Preventing heat-related morbidity and mortality: New approaches in a changing climate, *Maturitas*, vol. 64, pp. 98-103.
- Onishi, A., et al. 2010. Evaluating the potential for urban heat-island mitigation by greening parking lots, *Urban Forestry & Urban Greening*, pp. 1-10.

Savijärvi, H. 1985. The sea breeze and urban heat island circulation in a numerical model, *Geophysica*, vol. 21, 2, pp. 115-126.

Saz Sánchez, M., et al. 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., Y., Ohashi, O., Tsukamoto .2009. Urban Cool Island in Daytime, The seventh International Conference on Urban Climate, 29 June - 3 July, Yokohama, Japan.

Smith, C., G., Levermore .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., J.M., Norman .2006. Land use planning and surface heat island formation: A parcel-based radiation flux approach, *Atmospheric Environment*, vol. 4, pp. 3561–3573.

Suomi, J., J., Kayhko .2010. The impact of environmental factors on urban temperature variability in the coastal city of Turku, SW Finland, *International Journal of Climatology*, DOI: 10.1002/joc.2277.

Sümeğhy, Z. 2004. Evaluation and Mapping of Spatial and Temporal Distribution of the Urban Heat Island in Szeged, PhD Dissertation Theses; Supervisors: Dr. János Unger and János Györfy; University of Szeged.

Synnefa, A., et al .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.

Yamamoto, Y. 2006. Measures to Mitigate Urban Heat Islands, *Quarterly Review*, vol. 18.