مدیریت آب و آبیاری

دوره ۳ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۲

صفحه‌های ۱۰۹-۹۷

بررسی اثر نوع پوشش سطح بر میانگین، بیشینه و کمینهٔ دمای هوا در شهر اصفهان

الهام شفیعیون[۱]، مهدی قیصری*[۲]، محمدمهدی مجیدی[۳]، جهانگیر عابدی کوپایی[۴]، سید فرهاد موسوی[۵]، سعید اسلامیان[۶]

۱. دانشجوی سابق کارشناس‌ارشد گروه مهندسی آب، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان – ایران

۲. استادیار گروه مهندسی آب، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان – ایران

۳. دانشیار گروه اصلاح نباتات، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان – ایران

۴. استاد گروه مهندسی آب، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان – ایران

۵. استاد بازنشستهٔ گروه مهندسی آب، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان – ایران

۶. استاد گروه مهندسی آب، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان – ایران

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۲/۰۱/۱۴ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۲/۲۱

چکیده

پوشش گیاهی به‌همراه کاربری‌های مختلف اراضی در نقاط مختلف شهر، سبب گوناگونی مکانی در جریان گرمایی شهر می‌شود و چارچوب اصلی خرداقلیم شهری را تشکیل می‌دهد. هدف این تحقیق، بررسی اثر نوع پوشش سطح بر تغییر دمای هوا در شهر اصفهان بود. پنج منطقه با درصد پوشش سطح متفاوت در سطح شهر اصفهان انتخاب و در هر منطقه، یک ایستگاه هواشناسی خودکار برای اندازه‌گیری دمای هوا نصب شد. دمای هوا در بازهٔ زمانی پنج دقیقه در طول یک سال اندازه‌گیری و سپس متوسط یک‌ساعتهٔ دمای هوا محاسبه شد و بر اساس داده‌های ساعتی، تجزیه‌وتحلیل انجام گرفت. بنابر نتایج، اختلاف معناداری بین دمای هوا در نقاط مختلف شهر تحت تأثیر نوع و وسعت پوشش سطح زمین وجود دارد. بیشترین اختلاف بیشینهٔ دمای هوا در ماه آبان برابر با ۳/۵۱ درجهٔ سانتی‌گراد بین ایستگاه‌های ۲ و مبنا، و بیشترین اختلاف کمینهٔ دمای هوا در ماه تیر برابر با ۸/۱۵ درجهٔ سانتی‌گراد بین ایستگاه‌های ۱ و مبنا رخ داد. در تمام فصل‌های سال به‌ویژه بهار و تابستان، دمای هوای شهر تفاوت معناداری ($P\leq ۰/۰۱$) با دمای هوای اندازه‌گیری‌شده در ایستگاه مبنا دارد. همچنین دمای هوای شهر به‌شدت تحت تأثیر نوع پوشش سطح و وسعت پوشش گیاهی است. از این‌رو اندازه‌گیری دمای هوای شهر برای مدیریت آبیاری، بیماری و آفت‌ها ضرورت دارد.

کلیدواژه‌ها: آبیاری فضای سبز، جزیرهٔ گرمایی شهر، خرداقلیم شهری، کاربری اراضی.

* نویسنده مسئول

Email: gheisari@yahoo.com

مقدمه

فعالیت‌های انسان به تغییر کاربری اراضی و ضریب آلبیدو سطح منجر شده است (۲۰). گسترش شهرها و شهرنشینی به‌شدت موجب تغییر نوع پوشش سطح و مقدار انرژی دریافتی در سطح می‌شود (۵ ، ۱۶ ، ۲۳). مقدار انرژی دریافتی در سطح، تابع ضریب بازتابش سطح (آلبیدو) است. فاکتورهای مؤثر بر ضریب آلبیدو عبارتند از سطوح طبیعی زاویهٔ تابش خورشید، فصل، پوشش گیاهی، زبری سطح، نوع خاک و رطوبت خاک. از بین عوامل مذکور، پوشش گیاهی، زبری سطح و رطوبت خاک در اثر فعالیت‌های انسانی تغییر می‌کنند و موجب تغییر ضریب آلبیدو می‌شوند(۱۵، ۲۰ ، ۲۴). از مهم‌ترین ویژگی‌های آب‌وهوای حاکم بر شهرها می‌توان به زیاد بودن دمای هوا و سطح، تغییر در تعادل تابش ورودی، رطوبت نسبی کم و اتمسفر محصور، که موجب تجمع انواع آلاینده می‌شود اشاره کرد (۱۷). آب‌وهوای شهر ترکیبی از خرداقلیم‌هایی است که هر کدام تحت تأثیر ویژگی‌های محیطی آن خرداقلیم قرار دارد. دمای هوا در سطح شهر به‌طور معمول از نواحی اطراف آن بیشتر است. شدت گرمای بیش از حد هوا در شهر به‌سبب اثر عوامل متفاوت بر تعادل انرژی و حرکت هوا در شهر و نواحی اطراف آن است. گرمای بیش از حد هوا، پدیدهٔ جزیرهٔ گرمایی شهر[1] نامیده می‌شود که بیان‌کنندهٔ اختلاف دمای افقی بین سطح شهر و نواحی اطراف آن است (۱۸). پدیدهٔ جزیرهٔ گرمایی شهر شامل دو قسمت لایهٔ مرزی و لایهٔ تاج پوشش شهر است (۱۹).

در تحقیقات پیشین، اثر درختان و فضای سبز بر دمای هوا گزارش شده است. درختان موجب کاهش دمای هوای اطراف در مقایسه با دمای هوا در فضاهای باز بدون درخت می‌شوند. بیشترین اختلاف روزانهٔ دمای هوا بین فضاهای باز و مناطق دارای پوشش درخت در ارتفاع ۱/۵ تا ۲ متری از سطح زمین از ۳ تا ٦ درجهٔ سانتی‌گراد و بیشتر گزارش شده است (۸، ۱۰، ۱۱، ۱٤، ۲۲ ، ۲۵). در شب، دمای هوا در نواحی جنگلی به‌طور معمول ۱ درجهٔ سانتی‌گراد بیشتر از فضای باز گزارش شده است (۱۱ ، ۲۲). دمای هوای نزدیک به سطح خاک در نواحی جنگلی در طول روز از ۱۰ تا ۱۵ درجهٔ سانتی‌گراد کمتر و در شب ۱ تا ۲ درجهٔ سانتی‌گراد بیشتر از فضای باز گزارش شده است (۸، ۱۱، ۱۳ ، ۲۲).

در تحقیقی، به‌منظور بررسی اثر خرداقلیم شهری، دما و رطوبت نسبی هوا در ساعت‌های ۹، ۱۲، ۱۵ و ۱۸ در ارتفاع ۱/۵ متری از سطح زمین در طول یک ماه اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری‌ها در هشت نقطهٔ بخش مرکزی شهر ماسایو با خصوصیات متفاوت از نظر پوشش سطح زمین، نوع کاربری اراضی، فضای سبز، ساختمان‌ها و توپوگرافی انجام گرفت. به‌منظور شناسایی و تأکید بر تفاوت‌های حرارتی بین حومهٔ شهر و مناطق شهری، ارتباط پارامترهای اندازه‌گیری‌شده با داده‌های ایستگاه هواشناسی مرجع در یک فرودگاه محلی بررسی شد. بنابر نتایج، مناطق دارای پوشش گیاهی زیاد، در مقایسه با دیگر نقاط، متوسط دمای کمتر و متوسط رطوبت نسبی بیشتری داشتند. در مناطق فاقد پوشش گیاهی با ساختمان‌های بزرگ و سطوح آسفالت ، بیشترین مقدار دما به‌دلیل ذخیره‌سازی دما در طول روز و رهاسازی آن در بعدازظهر ایجاد شده بود. دمای هوا در تمام زمان‌های اندازه‌گیری‌شده در ایستگاه هواشناسی مرجع کمتر از سایر نقاط بود که نشان‌دهندهٔ تأثیر زیاد محیط شهری بر پارامترهای هواشناسی است. در این تحقیق، اهمیت سایه در فضاهای شهری و استفاده از اثر خنک‌کنندگی پوشش گیاهی به‌ویژه در نواحی گرمسیر و مرطوب برای ایجاد خرداقلیم مناسب تأیید شد (۷).

1. Urban Heat Island

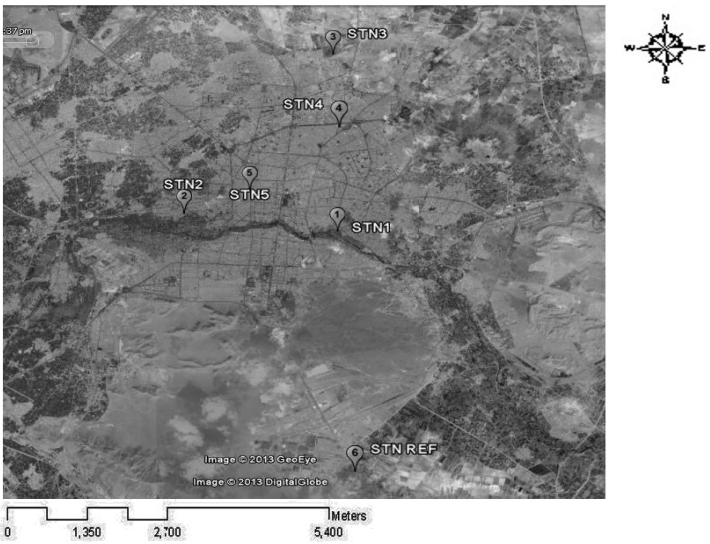
رابطهٔ پوشش گیاهی و دمای سطح با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و سنجش از دور بررسی شد. محققان گزارش کردند که با افزایش تراکم پوشش گیاهی دمای سطح به‌صورت خطی کاهش یافت. همچنین ارتفاع و زاویهٔ سطح با خورشید، دو عامل مهم کنترل‌کنندهٔ دمای سطح معرفی شدند (۲۱).

همان طور که تحقیقات نشان می‌دهد، نوع پوشش سطح بر شرایط آب‌وهوا و خرداقلیم شهر تأثیر زیادی دارد. آگاهی از اثر نوع پوشش سطح بر دما در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌تواند راهنمای مفیدی در تصمیم‌گیری‌های کلان در بخش توسعهٔ فضای سبز شهری و تخمین و تأمین آب مورد نیاز آن به‌منظور مدیریت منابع آب فضای سبز شهری باشد. نوع پوشش سطح در شهر اصفهان بسیار متنوع است، به‌طوری‌که بخشی از شهر اصفهان در حاشیهٔ زاینده‌رود واقع شده و دارای پوشش گیاهی گسترده‌ای است و در مقابل، شمال اصفهان پوشش گیاهی کمی دارد. از طرفی تراکم ساختمان‌ها، نوع پوشش سطح، آبراهه‌های سطح شهر (مادی‌ها) و پوشش گیاهی در مناطق مختلف بسیار متفاوت است. بنابراین انتظار می‌رود شرایط دما در نقاط مختلف شهر تحت تأثیر نوع پوشش سطح و کاربری اراضی، متفاوت باشد. با توجه به تنوع پوشش سطح در شهر اصفهان، بررسی اثر سطوح بر شرایط آب‌وهوا و به‌ویژه دما به‌منظور مدیریت آب در فضای سبز شهر در شرایط بحران کمبود منابع آب ضرورت دارد. هدف این تحقیق بررسی اثر نوع پوشش سطح بر دما در شهر اصفهان و مقایسهٔ دمای هوای سطح شهر با دمای هوای بیرون از شهر است.

مواد و روش‌ها

شهر اصفهان بین ۳۱ درجه و ۲۹ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۱ دقیقهٔ عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۳۱ دقیقهٔ تا ۵۳ درجه و ۱۲ دقیقهٔ طول شرقی واقع شده است. ارتفاع متوسط شهر از سطح دریای آزاد حدود ۱۵۷۰ متر است. مساحت شهر اصفهان بالغ بر ٤٨٢ کیلومترمربع بوده و جمعیت آن در سال ۱۳۸۹ برابر با ۱۷۹۱۰٦۹ نفر گزارش شده است. محدودهٔ شهر اصفهان از نظر شهرداری به چهارده منطقه تقسیم می‌شود (۲). متوسط بارش سالانه در شهر اصفهان ۱۲۰/۳ میلی‌متر است (٤). اقلیم شهر اصفهان بر اساس روش دومارتن، خشک محسوب می‌شود (۳). آب‌وهوای اصفهان از قسمت غرب و جنوب تحت تأثیر رشته‌کوه زاگرس است و در شمال و شرق از منطقهٔ کویری و در جنوب از کوه صفه تأثیر می‌گیرد.

به‌منظور بررسی اثر پوشش سطح بر دما با استفاده از نقشهٔ GIS شهر اصفهان، پنج منطقه در شهر که از نظر نوع پوشش سطح با یکدیگر متفاوت بودند، شناسایی شدند. برای اندازه‌گیری دما در پنج منطقهٔ شناسایی‌شده پناهگاه هواشناسی نصب شد و از دستگاه ثبات اندازه‌گیری دما (مدل AZ instrument Temp.& RH (8808) استفاده شد. برای توجیه دستگاه‌های نصب‌شده در شهر و مقایسهٔ دمای هوای سطح شهر با دمای هوای بیرون، یک دستگاه ثبات نیز در پناهگاه ایستگاه هواشناسی اصفهان (ایستگاه مبنا) قرار داده شد. در شکل ۱ جانمایی ایستگاه‌های هواشناسی طرح در سطح شهر اصفهان نشان داده شده است. باتوجه به تأثیر عوامل طبیعی بر سرعت باد و همچنین پیچیدگی عوارض در سطح شهر اصفهان، عوارض دسته‌بندی نشدند. همچنین، سرعت و جهت باد و تابش خورشیدی به‌دلیل افزایش هزینه، در این تحقیق اندازه‌گیری نشدند.



شکل ۱. نقشهٔ جانمایی ایستگاه‌های هواشناسی طرح در سطح شهر اصفهان

جدول ۱ . درصد مساحت سطوح مختلف تا فاصلهٔ ۱۵۰ متری از ایستگاه‌های نصب‌شده

ایستگاه	سطح معابر	سطح آب	سطح باغات	سطح اراضی کشاورزی	سطح تاج پوشش درختان	سطح چمن	سطح ساختمان ها	سطح اراضی بایر	مجموع سطوح
STN1	۲۱/۳	٤/۲	–	–	۲۱/۲	٤۲/٦	۱۰/۷	–	۱۰۰
STN2	۲۷/۹	–	٤/۱	۸/۸	۱۸/٤	۲/۱	۳۸/۷	–	۱۰۰
STN3	۱۱/۳	–	–	–	۷۱/۱	–	۸/٤	۹/۲	۱۰۰
STN4	۲۲	۰/۳	–	–	۱٤/۳	۱/٤	٥٤/۲	۷/۸	۱۰۰
STN5	۲٤/۹	–	–	–	۱۲/۲	–	٦۲/۹	–	۱۰۰
STN_{REF}	۱۹/۸	–	–	۳۱/۱	۱/٦	–	٤/۲	٤۳/۳	۱۰۰

درصد سطوح فضای سبز، معابر، اراضی مسکونی و ساختمان‌ها، اراضی کشاورزی، اراضی بایر، باغات و سطوح آب در دایره‌ای به مرکز ایستگاه و شعاع ۱۵۰ متری از محل نصب پناهگاه‌های هواشناسی در جدول ۱ ارائه شده است. داده‌های دمای هوا با فاصلهٔ زمانی پنج دقیقه به‌مدت یک سال از فروردین ۱۳۹۰ تا اسفند ۱۳۹۰ اندازه‌گیری شد. به‌منظور حذف تغییرات لحظه‌ای دما، از داده‌های پنج‌دقیقه‌ای در هر ساعت میانگین‌گیری شد و داده‌های ساعتی به‌دست آمد. سپس بیشینه، متوسط و کمینهٔ روزانهٔ دمای هوا بر اساس داده‌های ساعتی برای تجزیه‌وتحلیل استفاده شد. پناهگاه هواشناسی ایستگاه ۳ به‌دلیل مسائل امنیتی و حفاظتی به‌وسیلهٔ نرده‌های فلزی محصور شد. این امر سبب شد حسگر دستگاه تحت تأثیر اثر گرمایشی فلز قرار گیرد. از این‌رو از داده‌های دمای هوای ایستگاه ۳ در تحلیل نتایج استفاده نشد.

برای تجزیه‌وتحلیل داده‌های ثبت‌شده از آزمون مقایسهٔ میانگین‌ها در نرم‌افزار آماری SPSS استفاده شد (۱). بیشینه، متوسط و کمینهٔ روزانهٔ دمای هوای ثبت‌شده در چهار ایستگاه سطح شهر با بیشینه، متوسط و کمینهٔ روزانهٔ ثبت‌شده در ایستگاه هواشناسی اصفهان (ایستگاه مبنا)، با استفاده از آزمون مقایسهٔ میانگین‌ها (T-Test) دو به دو مقایسه شدند. به‌منظور بررسی اثر نوع پوشش سطح بر دما، اختلاف بیشینه، متوسط و کمینهٔ دمای هوای روزانه در ایستگاه‌های سطح شهر با ایستگاه مبنا به‌صورت دو به دو به‌کمک روابط ۱ تا ۳ محاسبه شد.

$$DT_{MAX(i)} = T_{MAX(i)} - T_{MAX(REF)} \quad [۱]$$

$$DT_{AVG(i)} = T_{AVG(i)} - T_{AVG(REF)} \quad [۲]$$

$$DT_{MIN(i)} = T_{MIN(i)} - T_{MIN(REF)} \quad [۳]$$

در این رابطه‌ها، $DT_{MAX(i)}$، $DT_{AVG(i)}$ و $DT_{MIN(i)}$ به‌ترتیب اختلاف بیشینه، متوسط و کمینهٔ دمای هوای روزانهٔ ایستگاه i با ایستگاه مبنا، T_{MAX}، T_{AVG} و T_{MIN} به‌ترتیب بیشینه، متوسط و کمینهٔ دمای هوای روزانهٔ ایستگاه، REF ایستگاه مبنا و i شمارهٔ ایستگاه است. برای مقایسهٔ اختلاف‌ها از نمودار Box plot در نرم‌افزار آماری IBM SPSS Statistics 19 استفاده شد. نمودار تغییرات دمای هوا در ایستگاه‌های سطح شهر در برابر دمای هوای ایستگاه مبنا به‌صورت دو به دو در نرم‌افزار SigmaPlot 12.0 رسم شد. سپس بهترین خط انطباق بر داده‌ها برازش داده شد و ضریب تبیین محاسبه شد.

نتایج و بحث

نتایج آزمون مقایسهٔ میانگین‌ها برای متوسط دمای هوای روزانه نشان داد که برای تمام ایستگاه‌ها در بیشتر ماه‌های سال اختلاف معناداری (در فاصلهٔ اطمینان ۹۹ یا ۹۵ درصد) بین مشاهدات در ایستگاه مبنا و ایستگاه‌های سطح شهر وجود دارد، اما در بعضی از ماه‌های سال تفاوت‌ها معنادار نیست (جدول ۲). همان طور که مشاهده می‌شود، متوسط دمای هوای روزانه در ایستگاه‌های ۱ و۲ در فصل‌های بهار، تابستان و پاییز تفاوت معناداری با ایستگاه مبنا دارد، اما در فصل زمستان تفاوت‌ها معنادار نیست. دلیل آن ممکن است اثر سطح فضای سبز باشد، زیرا در ایستگاه‌های ۱ و ۲، سطح پوشش فضای سبز زیاد بود. برای ایستگاه شمارهٔ ٤ در شش ماه سال تفاوت‌ها معنادار نبود، که ممکن است تحت تأثیر گستردگی سطح نفوذناپذیر در این ایستگاه باشد.

جدول ۲. مقایسهٔ میانگین متوسط دمای هوای روزانه در ایستگاه‌های سطح شهر با ایستگاه مبنا

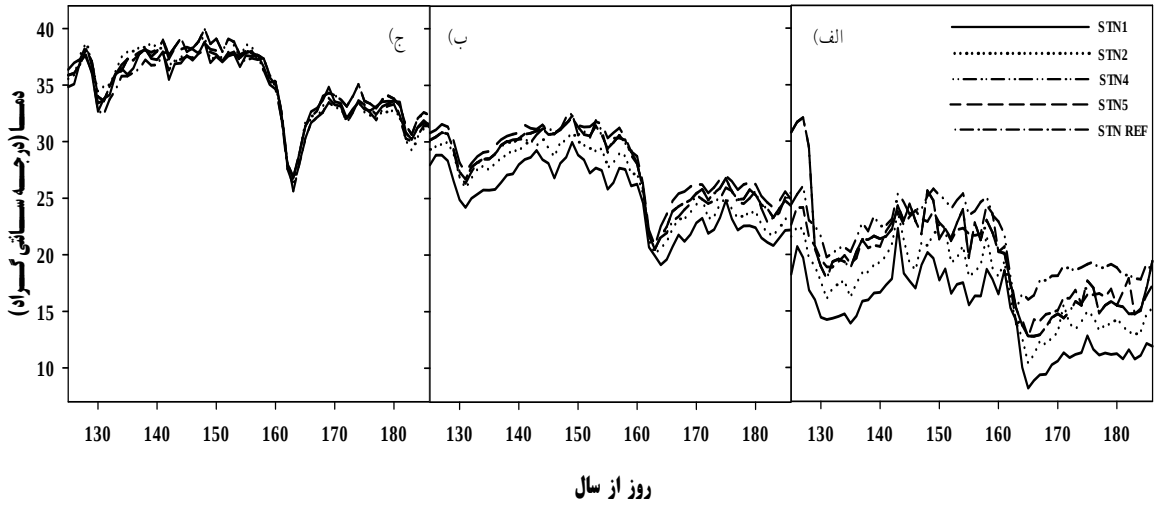
ایستگاه	ماه از سال											
	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
$STN1-STN_{REF}$	$-۱/۲۷^{**}$	$-۱/۷٦^{**}$	$-٥/۲٤^{**}$	$-۳/۳٥^{**}$	$-۲/٥٦^{**}$	$-۲/۳۰^{**}$	$-۲/٤۰^{**}$	$-۱/۱۲^{**}$	$-۰/٥٥^{**}$	$-۰/۰٦^{ns}$	$-۰/۰۷^{ns}$	$-۰/۲٥^{ns}$
$STN2-STN_{REF}$	$-./٥٥^{**}$	$-۱/۱۷^{**}$	$-./۹^{**}$	$-۱/۹۱^{**}$	$-۰/۹۲^{**}$	$-۱/۱۳^{**}$	$-۱/۸^{**}$	$-۱/۲٥^{**}$	$-۰/۳۷^{**}$	$۰/۱٥^{ns}$	$۰/۰٤^{ns}$	$-۰/۲۲^{ns}$
$STN4-STN_{REF}$	$۰/۳۳^{**}$	$-۰/۰٤^{ns}$	$۰/۱۳^{ns}$	$-۰/۸٥^{*}$	$۰/۱۳^{ns}$	$۰/۲٦^{**}$	$۰/۱^{ns}$	$۰/۲۲^{ns}$	$۰/٦۷^{**}$	$۱/۳٦^{**}$	$۰/۷٦^{**}$	$۰/۲٥^{ns}$
$STN5-STN_{REF}$	$۰/٦۸^{**}$	$۰/٤^{**}$	$۰/۸^{**}$	$-۰/۲۱^{**}$	$۰/٦٥^{**}$	$۰/۹۸^{**}$	$۱/۰۷^{**}$	$۰/۹۷^{**}$	$۱/۸۳^{**}$	$۲/۳۱^{**}$	$۱/٥^{**}$	$۰/۸۸^{**}$

**: اختلاف معنادار در فاصلهٔ اطمینان ۹۹٪، *: اختلاف معنادار در فاصلهٔ اطمینان ۹۵٪، ns: اختلاف معنادار نیست

روند تغییرات بیشینه، متوسط و کمینهٔ دمای هوا در ماه‌های مرداد و شهریور در شکل ۲ نشان داده شده است. روند کلی تغییرات دما در تمام ایستگاه‌ها یکسان بود. اختلاف بین کمینهٔ دمای هوای روزانه بیشتر از اختلاف بین بیشینهٔ دمای هوای روزانه بود. یافتهٔ این تحقیق با نتایج پژوهش‌های دیگر محققان که بیشترین اختلاف دما بین نقاط مختلف شهر را در شب گزارش کردند، همخوانی دارد (۱۶). در تحقیقی نشان داده شد که جزیرهٔ گرمایی شهر در طول شب شدیدتر از روز است (۶).

مقادیر بیشینه، متوسط و کمینهٔ دمای هوای ماهانه در جدول ۳ ارائه شده است. بیشترین مقدار بیشینهٔ دمای هوای ماهانه برابر با ۴۱/۲۳ درجهٔ سانتی‌گراد در تیرماه و مربوط به ایستگاه ۲ بود . در آن روز، بیشینهٔ دمای هوا در ایستگاه مبنا ۳۹/۷۸ درجهٔ سانتی‌گراد بود. کمترین مقدار کمینهٔ دمای هوای ماهانه برابر با ۷/۵- درجهٔ سانتی‌گراد در دی‌ماه و مربوط به ایستگاه ۱ بود. در آن روز کمینهٔ دمای هوا در ایستگاه مبنا ۶/۵۸- درجهٔ سانتی‌گراد ثبت شد.

بیشترین مقدار DT_{MAX} در ماه‌های فروردین و اردیبهشت به‌ترتیب برابر با ۲/۱۲ و ۲/۱۶ درجهٔ سانتی‌گراد بین ایستگاه‌های ۴ و مبنا، در ماه‌های خرداد و تیر به‌ترتیب برابر با ۲/۵۷ و ۱/۷۶درجهٔ سانتی‌گراد بین ایستگاه‌های ۵ و مبنا، در ماه مرداد برابر با ۲/۴۶ درجهٔ سانتی‌گراد بین ایستگاه‌های ۲ و مبنا، در ماه‌های شهریور و مهر به‌ترتیب برابر با ۱/۵۴ و ۲/۴۷ درجهٔ سانتی‌گراد بین ایستگاه‌های ۴ و مبنا، در ماه آبان برابر با ۳/۵۱- درجهٔ سانتی‌گراد بین ایستگاه‌های ۲ و مبنا، در ماه‌های آذر، دی و اسفند به‌ترتیب برابر با ۲/۳۹، ۲/۱۰ و ۲/۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد بین ایستگاه‌های ۵ و مبنا و در ماه بهمن برابر با ۲/۲۲ درجهٔ سانتی‌گراد بین ایستگاه‌های ۴ و مبنا مشاهده شد (شکل ۳- الف).



شکل ۲. روند تغییرات بیشینه، متوسط و کمینهٔ دمای هوای روزانه در ماه‌های مرداد و شهریور: الف) بیشینهٔ دمای هوای روزانه، ب) متوسط دمای هوای روزانه ، ج) کمینهٔ دمای هوای روزانه در پنج ایستگاه

جدول ۳. مقادیر بیشینه، متوسط و کمینهٔ دمای هوای ماهانه

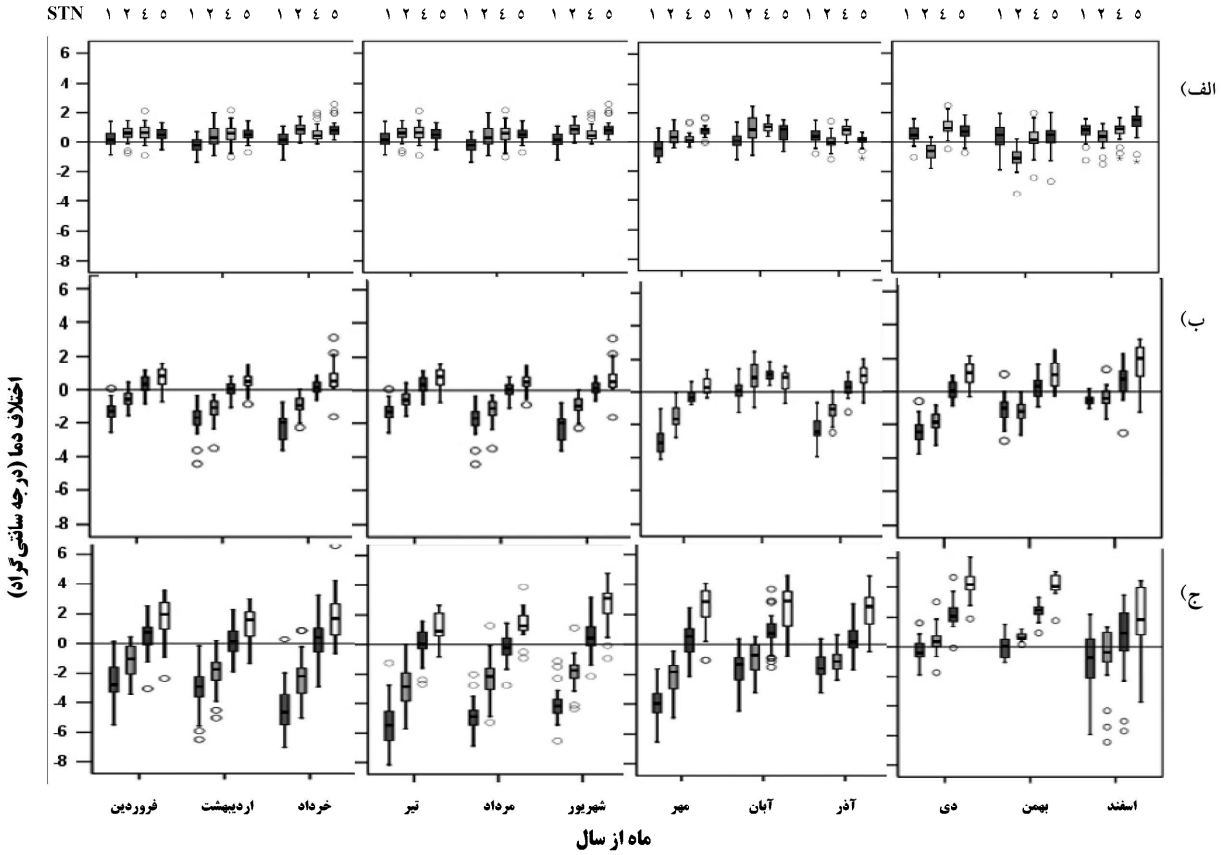
ماه	بیشینه					متوسط					کمینه				
	STN1	STN2	STN4	STN5	STN REF	STN1	STN2	STN4	STN5	STN REF	STN1	STN2	STN4	STN5	STN REF
۱	۲۷/۱۲					۱۳/۷٤	۱٤/٤٦	۱۵/۳٤	۱۵/٦۹	۱۵/۰۱		۱/٤۱			
۲			۳۵/۸٤			۱۹/۵۹	۲۰/۱۸	۲۱/۳۱	۲۱/۷۵	۲۱/۳۵	٦/۵۹				
۳	۳۸/۷۸					۲۲/۵۵	۲٦/۸۹	۲۷/۹۲	۲۸/۵۹	۲۷/۷۹	۱۱/۸۸				
٤	٤۱/۲۳					۲۸/۱۷	۲۹/٦۱	۳۰/٦۷	۳۱/۳۱	۳۱/۵۲	۱۳/٤٦				
۵			۳۹/۹۸			۲۷/۳۵	۲۸/۹۹	۳۰/۰٤	۳۰/۵٦	۲۹/۹۱	۱۳/۹۲				
٦	۳۸/۳٤					۲۲/۷۲	۲۳/۸۹	۲۵/۲۸	۲٦/۰۰	۲۵/۰۲	۸/۱۷				
۷			۳٤/۰٤			۱۷/۷۹	۱۸/۳۹	۲۰/۲۹	۲۱/۲٦	۲۰/۱۹	۰/۹۲				
۸	۲۳/۸۷					۱۰/۰۷	۹/۹٤	۱۱/٤۱	۱۲/۱٦	۱۱/۱۹	-۳/۰۷				
۹					۱۵/۵۰	۲/۸٤	۳/۰۲	٤/۰٦	۵/۲۲	۳/۳۹	-۵/٦۹				
۱۰	۱۷/۱٤					۳/۷٤	۳/۹۵	۵/۱٦	٦/۱۱	۳/۸۰	-۷/۵۰				
۱۱	۱۸/۷۷					۳/۸۰	۳/۹۱	٤/٦۳	۵/۳۷	۳/۸۷					-۷/۷۰
۱۲	۲۲/۸٤					۷/۰۲	۷/۰۵	۷/۵۲	۸/۱۵	۷/۲۷		-۷/٤٤			

در فصل‌های بهار، پاییز و زمستان، اختلاف زیادی بین بیشینهٔ دمای هوا در ایستگاه‌های ٤ و ٥ با بیشینهٔ دمای هوا در ایستگاه مبنا مشاهده شد و دمای هوا در ایستگاه‌های ٤ و ٥ بیشتر از ایستگاه مبنا بود. در ایستگاه‌های ٤ و ٥ مانند ایستگاه مبنا، سطح فضای سبز چشمگیر نیست، اما سطوح سخت در ایستگاه ٤ بیش از ٧٤ درصد و در ایستگاه ٥ بیش از ٨٥ درصد است. بنابراین می‌توان گفت به‌دلیل اینکه ایستگاه‌های ٤ و ٥ در مرکز شهر و در مناطق پرجمعیت واقع شده‌اند، در این مناطق انرژی واردشده به محیط در اثر فعالیت‌های انسانی و صنعتی و تردد خودروها، موجب افزایش دمای هوا می‌شود. همچنین به‌دلیل وجود سطح نفوذناپذیر با ضریب آلبیدو کمتر در ایستگاه‌های ٤ و ٥ و نبود آب برای تبخیر در این گونه سطوح، سهم بیشتری از انرژی خالص خورشیدی در فرایند گرم کردن سطح و هوا مصرف می‌شود. این نتیجه با یافته‌های دیگر محققان همخوانی دارد. به گفتهٔ آنان، دمای هوا در همهٔ زمان‌های اندازه‌گیری‌شده در ایستگاه هواشناسی مرجع کمتر از دیگر نقاط شهر بود که نشان‌دهندهٔ تأثیر زیاد محیط شهری بر پارامترهای هواشناسی است (٧).

بیشترین مقدار DT_{AVG} در ماه‌های فروردین و اردیبهشت به‌ترتیب برابر با ٢/٥٥- و ٤/٤٢- درجهٔ سانتی‌گراد بین ایستگاه‌های ١ و مبنا، در ماه خرداد برابر با ٣/٨٩ درجهٔ سانتی‌گراد بین ایستگاه‌های ٥ و مبنا، در ماه‌های تیر، مرداد، شهریور، مهر، آبان و آذر به‌ترتیب برابر با ٤/١٠-، ٤/١٩-، ٣/٩٤-، ٣/٧٦-، ٢/٩٧- و ٣/٤٤- درجهٔ سانتی‌گراد بین ایستگاه‌های ١ و مبنا، در ماه دی برابر با ٣/٢٨ درجهٔ سانتی‌گراد بین ایستگاه‌های ٥ و مبنا و در ماه‌های بهمن و اسفند برابر با ١/٨١- و ١/٩٩- درجهٔ سانتی‌گراد بین ایستگاه‌های ١ و مبنا بود (شکل ٣- ب).

متوسط دمای هوای ماهانه در تمام ماه‌های سال در ایستگاه‌های ٤ و ٥ بیشتر از دیگر ایستگاه‌ها بود. در مقایسهٔ سطح فضای سبز ایستگاه‌های ١، ٢ و ٣ با ایستگاه‌های ٤ و ٥ باید به این نکته توجه داشت که سطح فضای سبز در ایستگاه‌های ٤ و ٥ ناشی از تاج‌پوشش درختان کاشته‌شده در رفیوژهایی به عرض ١ تا ٢ متر در کنار خیابان است که سطح مرطوب کمی دارند. اما در ایستگاه‌های ١، ٢ و ٣ سطوح فضای سبز شامل پارک‌ها و سطوح چمن است. فضای سبز در ایستگاه‌های ٤ و ٥ وجود دارد، اما به‌علت مساحت اندک، موجب کاهش اثر سطوح سخت و کاهش انرژی واردشده به محیط نشده است. درصد فضای سبز در ایستگاه‌های ٤ و ٥ بیشتر از ایستگاه مبناست، اما متوسط دمای هوای ماهانه در ایستگاه‌های ٤ و ٥ در تمام ماه‌های سال از ایستگاه مبنا بیشتر است. این اختلاف ممکن است به‌دلیل پوشش اطراف فضای سبز در ایستگاه‌های ٤ و ٥ باشد. کاربری اراضی زیر تاج‌پوشش درختان در این ایستگاه‌ها، شامل خیابان‌هایی است که خودروها در آن تردد کرده و انرژی حرارتی زیادی را وارد محیط می‌کنند. بنابراین اگرچه فضای سبز، دمای هوا را کاهش می‌دهد، تردد خودروها موجب افزایش دمای هوا می‌شود و در کل، متوسط دمای هوا در ایستگاه‌های ٤ و ٥ بیشتر از متوسط دمای هوا در ایستگاه مبناست. لایه‌بندی حرارتی هوا در داخل فضای سبز (پارک) به‌طور کلی پایدار است یا به‌عبارتی با افزایش ارتفاع دما افزایش می‌یابد. اما در نواحی ساختمانی شرایط ناپایدار یا به‌عبارتی کاهش دما با افزایش ارتفاع حاکم است (١٣).

کمترین مقدار DT_{MIN} در ماه‌های فروردین، اردیبهشت، خرداد، تیر، مرداد، شهریور، مهر و آبان به‌ترتیب برابر با ٥/٥٠-، ٦/٤٨-، ٧/٠٠-، ٨/١٥-، ٦/٨٥-، ٦/٥١-، ٦/٥٢- و ٤/٤٧- درجهٔ سانتی‌گراد بین ایستگاه‌های ١ و مبنا، در ماه‌های آذر، دی و بهمن به‌ترتیب برابر با ٤/٥٩، ٦/٠٦ و ٥/٠٩ درجهٔ سانتی‌گراد بین ایستگاه‌های ٥ و مبنا و در ماه اسفند برابر با ٦/٤٣- درجهٔ سانتی‌گراد بین ایستگاه‌های ٢ و مبنا مشاهده شد (شکل ٣- ج).



شکل ۳. مقایسهٔ اختلاف الف) بیشینه، ب) متوسط ، ج) کمینهٔ دمای هوای روزانه در ایستگاه‌های سطح شهر با ایستگاه مبنا (دمای ایستگاه سطح شهر منهای دمای ایستگاه مبنا)

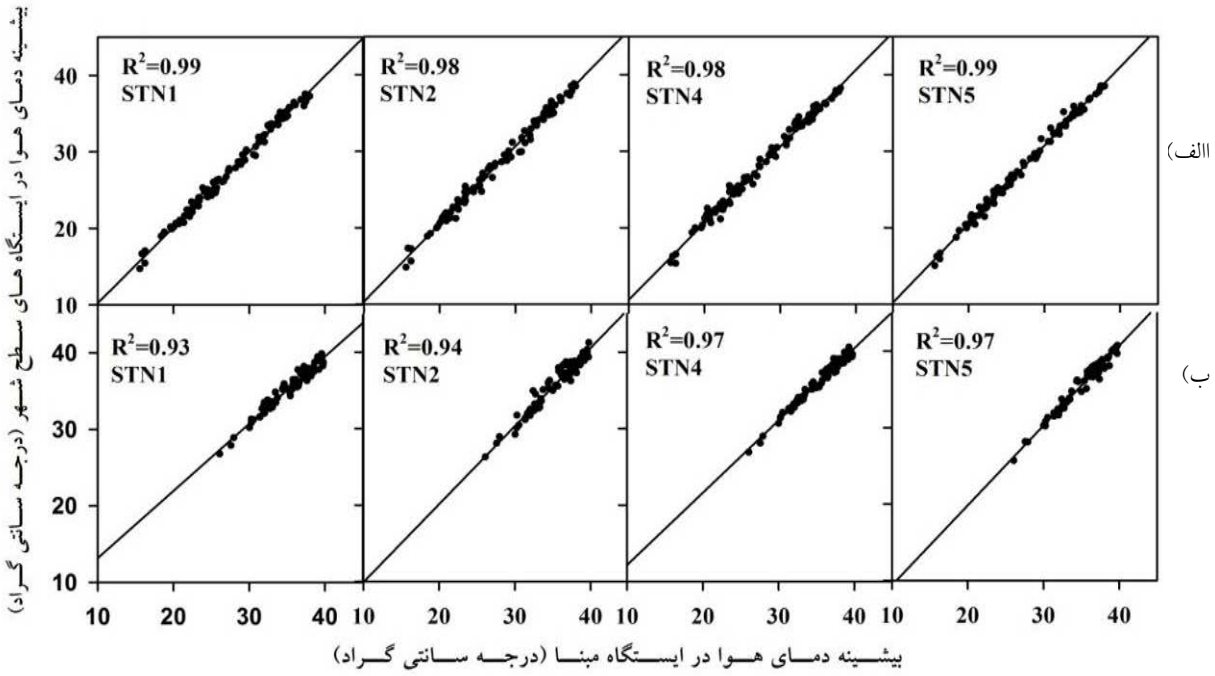
STN: **ایستگاه و شماره‌های ۱، ۲، ٤ و ٥ شمارهٔ ایستگاه است.**

کمینهٔ دمای هوای روزانه در تمام ماه‌های سال به‌جز فروردین، بهمن و اسفند در ایستگاه ۱ ،کمتر از کمینهٔ دمای هوای روزانه در دیگر ایستگاه‌ها بود. مجموع سطح فضای سبز در ایستگاه ۱ بیش از ٦۰ درصد است و به‌دلیل اینکه سطح ساختمان‌ها در این ایستگاه کمتر از ۱۱ درصد است، فاکتور دید آسمان[1] در این ایستگاه بیشتر از دیگر ایستگاه‌هاست و سطح بیشتری نور خورشید را دریافت می‌کند. به‌دلیل سطح زیاد فضای سبز، مقدار بیشتری از تشعشع خالص صرف تبخیر تعرق شده و مقدار کمی در فرایند گرم کردن خاک و هوا مصرف می‌شود. این مسئله موجب کاهش کمینهٔ دمای هوا در طول روز در ایستگاه ۱ نسبت به دیگر ایستگاه‌ها می‌شود. هنگام شب به‌دلیل نبود انرژی خورشیدی، انرژی ورودی با طول موج کوتاه به محیط وجود ندارد و ساطع شدن انرژی تحت تأثیر دمای سطح زمین انجام می‌گیرد. علاوه بر کمتر بودن دمای هوا طی روز در مناطق دارای پوشش گیاهی زیاد در مقایسه با مناطق بدون پوشش، تبخیر شب‌هنگام از سطوح فضای سبز و سطوح مرطوب در مناطق دارای پوشش گیاهی زیاد،

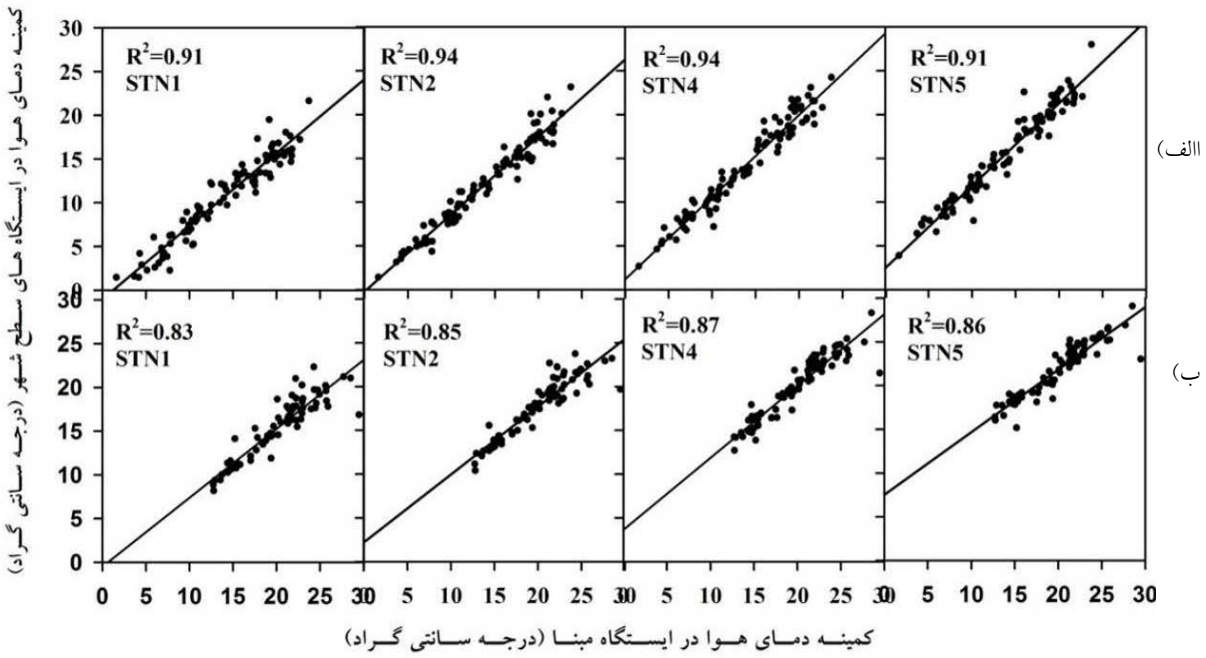
1. Sky View Factor

موجب کاهش بیشتر دما در مقایسه با سطح پوشش گیاهی می‌شود، زیرا در شب تنها عامل انرژی که به گرم شدن هوا منجر می‌شود، انرژی ساطع‌شده از سطح زمین است و انرژی خورشیدی وجود ندارد. انرژی موجود در سطح زمین در مناطق دارای پوشش گیاهی زیاد صرف فرایند تبخیر می‌شود. علاوه بر این، آبیاری فضای سبز در شب دمای هوا را کاهش می‌دهد، درصورتی‌که در مناطق بدون پوشش گیاهی، گرمای سطح به هوای اطراف داده می‌شود. در نتیجه دمای هوا در مناطق دارای پوشش گیاهی در مقایسه با مناطق بدون پوشش گیاهی کمتر است. به همین دلیل کمینهٔ دمای هوای روزانه در ایستگاه ۱ در طول سال کمتر از کمینهٔ دمای هوای روزانه در دیگر ایستگاه‌ها بود. این نتیجه با یافته‌های دیگر محققان که بیان داشتند با افزایش تراکم پوشش گیاهی دمای سطح کاهش می‌یابد، همخوانی دارد (۲۱). در پژوهش‌های دیگر نیز گزارش شده که وجود درختان سبب کاهش دمای هوا در مقایسه با دمای هوا در فضاهای باز می‌شود (۸، ۱۰، ۱۱، ۱٤، ۲۲، ۲۵).

مقدار ضریب تبیین برای بیشینهٔ دمای هوا در فصل‌های بهار و تابستان بیشتر از ۰/۹۳ ($R^2 \geq$ ۰/۹۳) و برای کمینهٔ دمای هوا در این فصل‌ها بیشتر از ۰/۸۳ ($R^2 \geq$ ۰/۸۳) و در فاصلهٔ اطمینان ۹۹٪ معنادار بود (شکل‌های ٤ و ٥). مقدار R^2 برای کمینهٔ دمای هوا کمتر از بیشینهٔ دمای هوا بود، زیرا اختلاف بین کمینهٔ دمای هوای ایستگاه‌های سطح شهر با ایستگاه مبنا بیشتر از اختلاف بین بیشینهٔ دمای هوای ایستگاه‌های سطح شهر با ایستگاه مبنا بود.



شکل ٤. تغییرات بیشینهٔ دمای هوا در ایستگاه‌های سطح شهر در برابر بیشینهٔ دمای هوا در ایستگاه مبنا در فصل الف) بهار ، ب) تابستان



الف)

ب)

شکل ۵ . تغییرات کمینهٔ دمای هوا در ایستگاه‌های سطح شهر در برابر کمینهٔ دمای هوا در ایستگاه مبنا در فصل الف) بهار ، ب) تابستان

نتیجه‌گیری

بر پایهٔ نتایج، اختلاف معناداری بین دمای هوا در نقاط مختلف شهر اصفهان و دمای هوا در ایستگاه هواشناسی اصفهان در تمام ماه‌های سال وجود دارد. این تفاوت تحت تأثیر نوع و وسعت پوشش سطح زمین قرار دارد. مقایسهٔ بیشینه، متوسط و کمینهٔ دمای هوا در ایستگاه‌های سطح شهر با ایستگاه مبنا نشان داد اختلاف بیشینهٔ دمای هوای روزانه در ایستگاه‌ها بین ۰/۰۱ تا ۳/۵۱ درجهٔ سانتی‌گراد، اختلاف متوسط دمای هوای روزانه در ایستگاه‌ها بین ۰/۰۱ تا ٤/٤۲ درجهٔ سانتی‌گراد و اختلاف کمینهٔ دمای هوای روزانه در ایستگاه‌ها بین ۰/۱ تا ۸/۱۵ درجهٔ سانتی‌گراد است. بنابراین داده‌های ایستگاه هواشناسی خارج شهر یا داده‌های یک ایستگاه هواشناسی در سطح شهر دقت لازم رابرای بیان دما در نقاط مختلف شهر ندارد. همچنین به‌دلیل تأثیرگذاری دما بر نیاز آبی، این داده‌ها برای محاسبهٔ تبخیر- تعرق فضای سبز شهر به اندازهٔ کافی دقیق نیستند. بنابراین توصیه می‌شود برای استفادهٔ بهینه از منابع آب در شرایط بحران، دمای نقاط مختلف شهر بر اساس نوع پوشش سطح اندازه‌گیری شده و در برنامه‌ریزی و مدیریت آبیاری فضای سبز شهری استفاده شود. همچنین بهتر است اثر نوع پوشش سطح بر دیگر عوامل مؤثر بر محاسبهٔ تبخیر - تعرق گیاه در سطح شهر بررسی شود.

تشکر و قدردانی

پژوهش حاضر با حمایت مالی شهرداری اصفهان انجام گرفته است که بدین‌وسیله از معاونت برنامه‌ریزی، پژوهشی و فناوری اطلاعات شهرداری اصفهان و سازمان پارک‌ها و فضای سبز شهر اصفهان قدردانی می‌شود.

منابع

۱. اســـلامیان، س؛ ســـلطانی س؛ زارعـــی ع. ر (۱۳۸٤). *کاربرد روش‌های آماری در علـوم زیـستی*، انتـشارات ارکان، اصفهان.

۲. آمارنامهٔ شهر اصفهان (۱۳۸۹). *معاونت برنامـه‌ریـزی، پژوهش و فناوری اطلاعات شهرداری اصـفهان*، نـشر معاونت برنامه‌ریزی استانداری، اصفهان.

۳. شیخ بیگلو، ر؛ محمدی، ج (۱۳۸۹)." تحلیـل عناصـر اقلیمی باد و بارش با تأکید بر طراحی شـهری مطالعـهٔ موردی شهر اصفهان". *جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطـی*. ۳۹(۳) :۸۲-٦۱.

٤. کاویـانی، م. ر؛ عـساکره، ح (۱۳۸٤). بررسـی آمـاری روند بلندمدت بارش سالانهٔ اصفهان. پژوهشی دانشگاه اصفهان (علوم انسانی). ۱۸(۱) :۱٦۲-۱٤۳.

5. Anthes R A (1984) Enhancem ent of convective precipitation by mesoscale variations in vegetative covering in semiarid regions. Journal of Climate and Applied M eteorology. 23(4): 541-554.

6. Arnfield AJ (2003) Two decades of urban clim ate research: a review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island. International Journal of Climatology. 23(1): 1-26.

7. Barbirato G. M., Carnaúba Torres S. and Almeida Lisboa T (2003) Microclim atic conditions of urban public spaces in a tropical city. Fifth International Conference on Urban Climate, Poland.

8. Brosofske KD, Chen J, Naiman RJ. and Franklin JF (1997) Harvesting effects on m icroclimatic gradients from small streams to uplands in western Washington. Ec ological Applications. 7(4): 1188-1200.

9. Budyko MI (1986) The evolution of the biosphere. D. Reidel Publishing Co, Boston, 234p.

10. Cadenasso ML, Traynor MM and Pickett STA (1997) Functional location of forest edges: gradients of multiple physical factors. Canadian Journal of Forest Research. 27(5): 774-782.

11. Chen J, Franklin JF and Spies TA (1995) Growing-Season microclimatic gradients from clearcut edges into old-growth douglas-fir forests. Ecological Applications. 5(1): 74-86.

12. Courel MF, Kandel R S and Rasool SI (1984) Surface albedo and the Sahel drought. Nature. 307(5951): 528-531.

13. Dan Moore R, Spittlehouse DL and Story A (2005) Riparian microclimate and stream temperature response to forest harvesting: A review. Journal of the Am erican Water Resources Association. 41(4): 813-834.

14. Davies-Colley RJ and Pay ne GW (1998) Measuring stream shade. Journal of the North American Benthological Society. 17(2): 250-260.

15. Garratt JR (1993) Sensitivity of clim ate simulations to land-surface and atmospheric boundary-layer treatments-a review. Journal of Climate. 6(3): 419-449.

16. Houet T and Pigeon G (2011) M apping urban climate zones and quantify ing climate behaviors-An application on Toulouse urban area (France). Environmental Pollution. 159(8): 2180-2192.

17. Kuttler, W. 2008. The Urban Climate - Basic and Applied Aspects. Springer, 95: 233-248.

18. Oke TR (1979) Review of Urban Climatology 1973-1976. WMO Publication, Genève, 114 p.

19. Oke TR (1994) Global Change and Urban Climates. Proceeding 13th International Congers on Biometeor, Canada.

20. Ponce VM, Lohani AK and Huston PT (1997) Surface albedo and water resources: hydroclimatological impact of human activities. Journal of Hydrologic Engineering. 2(4): 197-203.

21. Ricotta C and Avena GC (1995) The influence of meteorological conditions and topographic parameters on the beech forest microclimate of Simbruini Mountains, central Italy. International Journal of Remote Sensing. 18(3): 505-516.

22. Spittlehouse DL, Adam s RS and Winkler RD (2004) Forest, edge, and opening microclimate at sicamous creek. University of British Columbia Press, United States, 43 p.

23. Stidd CK (1975) Irrigation increases rainfall?. Science Classic. 188(4185): 279-280.

24. Xue Y and Shukla J (1993) The influence of land surface properties on Sahel climate-part I: desertification. Journal of Climate. 6(12): 2232-2245.

25. Young A and Mitchell N (1994) Microclimate and vegetation edge effects in a fragmented podocarp-broadleaf forest in New Zealand. Biological Conservation. 67(8): 63-72.