Downloaded from jias.kashanu.ac.ir at 14:34 +0330 on Tuesday September 24th 2019

اثر پوشش گیاهی بر تعدیل احساس گرمایی فضای باز منطقهٔ سیستان

جمشید داوطلب*
شهرام پوردیهیمی**
محمدرضا حافظی***
مرتضی ادیب****

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۵/۱۵

علمی پژوهشی

چکیده

آسایش حرارتی در فضای باز، مبحثی است که از حدود ۱۹۷۰ مطرح شده است و با توجه به تفاوت‌هایی که با آسایش حرارتی فضای بسته دارد، باید بر اساس شاخص‌های مناسب خود مورد سنجش قرار گیرد. همچنین ضرورت دارد که آسایش حرارتی فضای باز در هر منطقهٔ جغرافیایی به‌صورت مستقل ارزیابی شود. بنابراین، هدف از این پژوهش به‌طور کلی، مطالعهٔ شاخص‌های اندازه‌گیری آسایش حرارتی در فضای باز و تعیین مناسب‌ترین شاخص، و به‌طور خاص بررسی وضعیت احساس گرمایی در فضای باز در اقلیم گرم و خشک سیستان با توجه به شاخص مناسب و شناخت عوامل ساختاری مؤثر بر تعدیل شرایط آسایش حرارتی فضای باز است. ازاین‌رو برای مطالعه، دو سایت متفاوت از لحاظ نوع و تراکم پوشش گیاهی، تراکم ساختمانی و پوشش کف در منطقهٔ سیستان در نظر گرفته شد. کار میدانی در روزهایی از ماه‌های تیر و مرداد ۱۳۹۵ به‌عنوان نمایندهٔ ایام گرم تابستان و با فاصلهٔ زمانی ۳ ساعت طی روز برای اندازه‌گیری تعیین شد. مطالعه و بررسی پژوهش‌های پیشین در فضای باز نشان داد که شاخص «دمای معادل فیزیولوژیکی» (PET) مناسب‌ترین و متداول‌ترین شاخص برای ارزیابی آسایش حرارتی فضاهای باز به شمار می‌رود. طبق تحلیل توصیفیِ سایت‌های منتخب به‌عنوان نمایندهٔ فضاهای باز منطقهٔ سیستان، میزان شاخص PET سایت شمارهٔ ۱ که صرفاً پوشش گیاهی و فاقد ساختمان است، از سایت شمارهٔ ۲ که ترکیبی از پوشش گیاهی و ابنیه می‌باشد، ۱/۵ درجهٔ سانتی‌گراد کمتر، و سایت شمارهٔ ۱ از شرایط آسایش بهتری برخوردار است. همچنین مشخص شد که به‌طور کلی، احساس گرمایی منطقهٔ سیستان طی تابستان در وضعیت «خیلی داغ» قرار دارد و تنها در نقاطی که پوشش گیاهی سایه‌انداز و متراکم وجود داشته باشد، این وضعیت به احساس گرمایی «داغ» تعدیل می‌یابد. تحلیل استنباطی داده‌ها نیز نشان داد که بین شاخص PET و متغیرهای اقلیمیِ دمای هوا، رطوبت نسبی و میانگین دمای تابشی و عوامل ساختاریِ نوع گونهٔ گیاهی و تراکم پوشش گیاهی رابطهٔ معناداری وجود دارد؛ بدین نحو که در حالتی که پوشش گیاهی وجود ندارد، بیشترین میزان PET، در نقاط دارای پوشش گیاهیِ تُنُک و بوته‌ای PET متوسط و در نقاط دارای پوشش گیاهیِ درختی و متراکم کمترین میزان PET مشاهده شده است.

کلیدواژه‌ها:

آسایش حرارتی در فضای باز، پوشش گیاهی، احساس گرمایی، شاخص PET، منطقهٔ سیستان.

* استادیار، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه زابل، نویسنده مسئول، jdavtalab@uoz.ac.ir
** استاد، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه شهید بهشتی
*** دانشیار، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه شهید بهشتی
**** استادیار، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه شهید بهشتی

Downloaded from jias.kashanu.ac.ir at 14:34 +0330 on Tuesday September 24th 2019

پرسش‌های پژوهش

۱. مناسب‌ترین شاخص ارزیابی آسایش حرارتی در فضای باز کدام است؟
۲. وضعیت آسایش حرارتی در فضای باز منطقهٔ سیستان در طی تابستان به چه صورت است؟
۳. چه عوامل ساختاری در تعدیل احساس گرمایی فضای باز منطقهٔ سیستان مؤثر است؟

مقدمه

فضاهای باز و معابر عرصه‌هایی هستند که زندگی جمعی در آن‌ها جریان دارد؛ ازاین‌رو ایجاد آسایش حرارتی در این فضاها به‌ویژه در اقلیم‌های گرمسیری حائز اهمیت است (اسلامی و دیگران ۱۳۹۵). موضوع آسایش حرارتی در فضای باز نسبت به بحث کلی آسایش حرارتی، مبحث متأخرتری بوده و در ایران کمتر به آن پرداخته شده است؛ بنابراین به مطالعهٔ بیشتر نیاز دارد. آسایش حرارتی در فضای باز پیچیدگی‌های بیشتری نسبت به فضای بسته دارد و این تفاوت‌ها باعث شده است که استانداردهای فضای بسته را نتوان به فضای باز تعمیم داد (Emmanuel 2005). این تفاوت‌ها می‌تواند ناشی از سه دلیل عمدهٔ روان‌شناختی، فیزیولوژی و انرژی باشد. دلیل روان‌شناختی منبعث از تفاوت‌های فضای درونی و خارجی است که باعث شکل‌گیری انتظارات فردی می‌شود. تفاوت‌های فیزیولوژی متأثر از زمان قرارگیری در فضای باز و بسته است؛ بدین معنی که معمولاً زمان صرف‌شده در فضاهای بسته بیش از فضای باز است. افتراق انرژی، ناشی از تفاوت بین دمای متوسط تابشی[۱] و دمای هوا و همچنین افزایش سرعت وزش باد در فضای باز نسبت به فضای داخلی است (Hoppe 2002; Givoni et al. 2003)؛ درحالی‌که این دو دما در فضای بسته تقریباً یکسان در نظر گرفته می‌شوند، در فضای باز و به‌ویژه در شرایط آب‌وهوایی گرم تفاوت معناداری می‌یابند. لذا این پژوهش قبل از پرداختن به مطالعهٔ موردی و برای پاسخ دادن به پرسش اول مقاله، به شناخت متغیرهای اصلی و شاخصه‌های ارزیابی آسایش حرارتی در فضای باز می‌پردازد. نتایج پژوهش‌های آسایش حرارتی فضای باز در اقلیم‌ها و موقعیت‌های مختلف نشان می‌دهد که محدودهٔ آسایش حرارتی با توجه به تفاوت‌های جغرافیایی و شخصیتی، متفاوت است (Lin et al. 2010)؛ بر این اساس ضرورت دارد که آسایش حرارتی فضای باز بر اساس شاخصه‌های استاندارد در هر منطقهٔ جغرافیایی به‌صورت مستقل مورد ارزیابی قرار گیرد. اما دربارهٔ انتخاب منطقهٔ سیستان، اثر خرده‌اقلیم‌ها بر این منطقه بسیار بوده و هست؛ به‌ویژه اینکه با خشک‌شدن دریاچهٔ هامون پیرامون منطقهٔ سیستان، اثر این متغیرها بر اقلیم منطقه بیشتر از قبل نیز شده است. در واقع این خرده‌اقلیم‌ها بوده‌اند که منتج به شهرنشینی در این منطقه شده‌اند و تغییر و دست‌اندازی‌های انسانی اخیر در این منطقه تهدیدی جدّی برای سکونت اهالی به حساب می‌آید. ازاین‌رو هدف از این پژوهش، بررسی شرایط اقلیمی در کنار شرایط خرده‌اقلیم‌های موجود در سایت‌های منتخب به‌عنوان نمایندهٔ منطقه و به‌منظور دریافت بهینه‌ترین حالت خرده‌اقلیمی در آسایش حرارتی فضای باز در اقلیم منطقهٔ سیستان می‌باشد و امید است که بتوان با استفاده از دستاوردهای این پژوهش و طراحی‌های شهری و محیطی غیرفعال، موجبات کاهش اثرات سوء فراهم گردد.

۱. مرور ادبیات و پیشینهٔ تحقیق

آسایش حرارتی در فضای باز مبحثی است که از حدود ۱۹۷۰ میلادی مطرح شده است. این متغیر علاوه بر شرایط اقلیمی، متأثر از محیط ساخته‌شدهٔ اطراف، پوشش سطح زمین، تبخیر و تعرّق گیاهان و سایهٔ ایجادشده توسط عوامل طبیعی و دست‌ساز است (تقی‌زاده ۱۳۵۵؛ طاهباز ۱۳۶۸؛ محمودی و دیگران ۱۳۸۹). متغیرهای اصلی آسایش حرارتی در فضای باز شامل متغیرهای اقلیمی و فردی هستند. متغیرهای اقلیمی مؤثر، دمای هوا، جریان هوا، رطوبت نسبی و دمای تابشی[۲] هستند (Fanger 1972; Givoni 1976) و متغیرهای فردی شامل نرخ لباس و نرخ فعالیت[۳] بوده و بر آسایش حرارتی در فضای باز مؤثرند (Ashrae 2001). از برآیند بررسی مطالعات مختلف، این نتیجه به دست می‌آید که متغیرهایی که بر آسایش حرارتی مؤثرند می‌توانند در دو گروه طبقه‌بندی شوند: ۱. عوامل محیطی: دمای

هوا، جریان هوا، رطوبت و تابش، ۲. عوامل انسانی: فعالیت، وضعیت سلامتی، قابلیت سازگاری، نوع لباس، فرهنگ، غذا و نوشیدنی‌ها، سن و جنسیت (متقی‌پیشه ۱۳۹۳).

در خصوص شاخصه‌های ارزیابی آسایش حرارتی در فضاهای باز، به‌دلیل تنوع فضایی و گسترهٔ وسیع فعالیت‌های افراد در سطح شهر و به‌تبع آن پیچیدگی پارامترهای مؤثر در آسایش فضای خارجی، پژوهش‌هایی در راستای فهم شرایط آسایش فضای باز انجام گرفته است (طاهباز ۱۳۶۸؛ بهزادفر و منعام ۱۳۸۹؛ محمودی و دیگران ۱۳۸۹؛ منعام ۱۳۹۰، طاهباز و دیگران ۱۳۹۱؛ حیدری و منعام ۱۳۹۲؛ رضایی و طاهباز ۱۳۹۵) و گاه به مدل‌های فیزیولوژیکی خالص استناد شده است که خاص مطالعهٔ آسایش حرارتی فضای داخل می‌باشد و مناسب سنجش فضاهای باز شهری نیست. سنجش میزان آسایش فضای باز، نیازمند شاخصه‌هایی برای مقایسه با مجموع شرایط اقلیمی حادث بر فرد است؛ ازاین‌رو تعیین شاخصه‌های مناسب حرارتی ضروری است.

شاخص‌های دمای ادراکی بسیاری تا به امروز معرفی شده که نکات مشترک آن‌ها بسیار است؛ بنابراین می‌توان آن‌ها را به دو دستهٔ تجربی و عقلایی طبقه‌بندی کرد. شاخص‌های گروه اول اکثراً از لحاظ زمانی از اولین شاخص‌های معرفی شده بوده و ترکیبی از دمای هوا، رطوبت و سرعت باد را ملاک عمل قرار داده‌اند (Pandolf et al. 1976). در این دسته، عوامل تأثیرگذاری چون فیزیولوژی انسانی، فعالیت، لباس و سایر اطلاعات شخصی مانند قد، وزن، سن و جنسیت نادیده گرفته شده بود. شاخص‌های عقلایی از نظر زمانی دیرتر معرفی شده و بر پایهٔ محاسبات دقیق کامپیوتری هستند (احمدی ۱۳۹۵).

در میان شاخص‌های متعدد ارزیابی آسایش حرارتی در فضای باز، «دمای معادل فیزیولوژیکی»[۴] از معروف‌ترین و مطرح‌ترین شاخص‌ها به شمار می‌رود (Stathopoulos et al. 2004). در تحقیق مفصّلی که دربارهٔ ارزیابی عوامل آسایش اقلیمی در سال ۲۰۱۰ صورت گرفت، دمای معادل فیزیولوژیک به‌دلیل مزایای زیر روش مناسب ارزیابی آسایش حرارتی معرفی شد:

– این شاخص شامل میزان فعالیت و پوشش لباس می‌شود و با توجه به سن و جنس نیز قابل محاسبه است.
– بازتاب صحیحی از احساس حرارتی انسان‌ها را نشان داده است.
– واحد آن درجهٔ سانتی‌گراد است که واحدی ملموس به شمار می‌رود.
– برای هر دو اقلیم سرد و گرم قابل استناد است (Deb and Ramachandraiah 2010).

همچنین با هدف تعیین رابطهٔ میان شاخصه‌های حرارتی و احساس آسایش حرارتی در فضای باز شهری، حیدری و منعام (۱۳۹۰) پژوهشی را انجام داده‌اند؛ آن‌ها شاخصه‌های حرارتی متداول در پژوهش‌های ارزیابی آسایش حرارتی در فضای داخلی و باز را که شامل «پیش‌بینی متوسط نظر»[۵]، «دمای مؤثر استاندارد»[۶] و «دمای معادل فیزیولوژیکی» بر پایهٔ تعادل انسان تعریف شده‌اند (Honjo 2009)، با انجام تحقیق میدانی و بر اساس نظرسنجی، پرسش‌نامه و برداشت‌های محیطی عوامل جغرافیایی و اقلیمی مورد ارزیابی قرار داده‌اند. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد در مقایسه با سایر شاخص‌های آسایش حرارتی، دمای معادل فیزیولوژیکی دارای دقت بیشتری برای پیش‌بینی میانگین آسایش حرارتی در فضاهای باز است (منعام ۱۳۹۰). به‌علاوه، دمای معادل فیزیولوژیکی، یکی از شاخصه‌های توصیه‌شده در راهبردهای برنامه‌ریزان شهری و منطقه‌ای در آلمان است که به‌منظور پیش‌بینی تغییرات حرارتی بخش‌های اقلیم شهری یا منطقه‌ای به کار برده می‌شود (VDI 1998). این شاخصه در شرایط مختلف اقلیمی در فضای باز شهری در پژوهش‌هایی که به‌منظور اعتبارسنجی آن صورت گرفته، رابطهٔ حداکثری را با احساس آسایش حرارتی نشان داده است (Tseliou et al. 2010) و امکان مقایسهٔ تأثیر کامل مجموعه شرایط حرارتی محیط بیرون با تجربهٔ شخصی را در اختیار فرد می‌گذارد (Lin et al. 2010) و از آنجا که نقش عوامل انسانی بر این شاخصه بسیار ناچیز است، مناسب‌ترین، قابل فهم‌ترین و متداول‌ترین شاخص برای ارزیابی آسایش حرارتی فضاهای باز شهری با حوزهٔ گسترده‌ای از افراد به شمار می‌آید (حیدری و منعام ۱۳۹۰).

علاوه بر موارد فوق، بررسی تعدد شاخص‌های حرارتی مورد استفاده در تحقیقات مرتبط با آسایش حرارتی در فضای باز نشان می‌دهد که شاخص «دمای معادل فیزیولوژیکی» بیشترین سهم را در سنجش آسایش حرارتی دارد؛ بنابراین، مناسب‌ترین شاخص اندازه‌گیری آسایش حرارتی فضای باز است (Johansson et al. 2014).

Downloaded from jias.kashanu.ac.ir at 14:34 +0330 on Tuesday September 24th 2019

Downloaded from jias.kashanu.ac.ir at 14:34 +0330 on Tuesday September 24th 2019

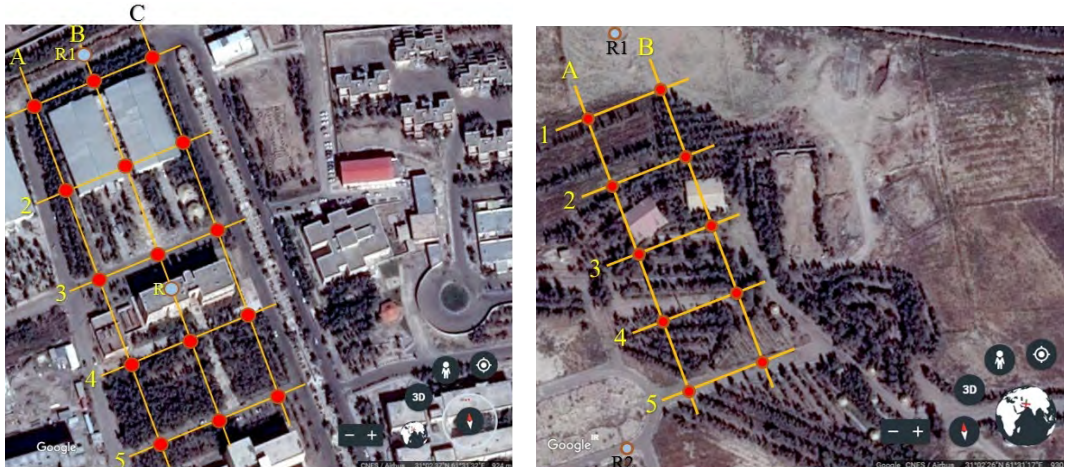
۲. روش و مراحل انجام تحقیق

پس از مطالعهٔ شاخص‌های ارزیابی آسایش حرارتی فضای باز و تعیین مناسب‌ترین شاخص ارزیابی، به‌منظور اجرای پژوهش میدانی و بررسی وضعیت احساس گرمایی فضای باز در منطقهٔ سیستان[۷] از روش اندازه‌گیری میدانی استفاده شده است. به این منظور و با علمِ به اثرات خاص پوشش گیاهی بر آسایش حرارتی، برای مطالعه، دو سایت متفاوت از لحاظ نوع و تراکم پوشش گیاهی، تراکم ساختمانی و پوشش کف در نظر گرفته شده است. بررسی این دو سایت با در نظر گرفتن اقلیم بزرگ‌تر خود، یعنی شهر زابل (مرکز منطقهٔ سیستان)، و میزان تطبیق و بهینه‌سازی اثر محیطی گیاهان در خرده‌اقلیم‌های منتخب انجام شده است. در واقع نمی‌توان شهر را پوشیده از فضای سبز نمود و برعکس شهر نمی‌تواند به‌طور مطلق فقط شامل ساختمان باشد. پس با این فرض، یک سایت با حداکثر میزان فضای سبز و سایتی دیگر ترکیبی از فضای سبز و ساختمان که در محیط‌های شهری واقعیت بیشتری برای وجود و حضور دارد، انتخاب شده‌اند (تصاویر ۱ و ۲).

تصویر ۱: موقعیت مکان مورد مطالعه (دانشگاه زابل) در شمال شرقی زابل

تصویر ۲: سایت‌های فضای باز منتخب در محوطهٔ دانشگاه زابل

Downloaded from jias.kashanu.ac.ir at 14:34 +0330 on Tuesday September 24th 2019



تصویر ۳: نقاط تعیین‌شده برای اندازه‌گیری پارامترهای اقلیمی بر روی یک شبکه در سایت‌های شمارهٔ ۱ (راست) و شمارهٔ ۲ (چپ)

ارزیابی‌های میدانی در ۲۹ نقطهٔ مکانی در دو سایت متفاوت A یا شمارهٔ ۱ (فقط فضای سبز، بدون ابنیه و به مساحت حدود ۱/۵ هکتار) و B یا شمارهٔ ۲ (ترکیبی از فضای سبز و ساختمان‌های معمول سه تا چهار طبقه در شهرستان زابل و به مساحت حدود ۲/۵ هکتار) در نزدیکی یکدیگر در دانشگاه زابل انجام گرفت. مطابق تصویر ۳، ایستگاه‌های اندازه‌گیری داخلی در سایت شمارهٔ ۱، روی یک شبکهٔ شطرنجی به ابعاد ۵۰ ×۵۰ متر و در سایت شمارهٔ ۲، روی یک شبکهٔ ۵۰×۶۰ متر واقع شده‌اند (برگرفته از: تقوایی، طاهباز و متقی‌پیشه ۱۳۹۴). همچنین نقاط مبنای R1 و R2 در خارج سایت و نقطهٔ R برای ثبت اطلاعات اقلیم محلی بر پشت‌بام مرتفع‌ترین ساختمان سایت انتخاب شده‌اند.

برای انجام کار میدانی، روزهای ۱، ۲، ۲۱ و ۲۲ تیرماه و ۵ و ۶ مرداد ۱۳۹۵ به‌عنوان نمایندهٔ روزهای گرم تابستان انتخاب شد. همچنین به‌دلیل محدودیت‌های امنیتی انسانی و ابزاری اندازه‌گیری در شب، ساعات ۹، ۱۲، ۱۵ و ۱۸ با فاصلهٔ زمانی ۳ ساعت به‌علت بیشترین نیاز این ساعات به تعدیل دما، برای اندازه‌گیری و ثبت اطلاعات هواشناسی تعیین شد. پارامترهای دمای هوا، رطوبت نسبی، سرعت جریان باد و دمای کروی[۸] در هریک از ایستگاه‌های تعیین‌شده در ارتفاع ۱/۵ متر[۹] از سطح زمین توسط یک دستگاه هواشناسی Kestrel 4600[۱۰]، دو دستگاه WBGT 8778[۱۱] و دو دستگاه TES 1341[۱۲] که دارای استانداردهای لازم (ISO 7726 1998; WMO-No.8 2008) هستند برداشت و ثبت شد. همچنین متغیر میانگین دمای تابشی بر مبنای متغیرهای دمای هوا، دمای کروی و سرعت باد و به کمک معادلهٔ ۱ برای تمامی نقاط اندازه‌گیری‌شده محاسبه شد.

$$T_{mrt} = \left[(T_g + 273.15)^4 + \frac{1.1 \times 10^8 V_a^{0.6}}{\varepsilon D^{0.4}} \times (T_g - T_a) \right]^{1/4} - 273.15$$

معادلهٔ ۱: محاسبهٔ میانگین دمای تابشی با استفاده از دمای هوا، سرعت باد و دمای کروی (ISO7726 1998)

در معادلهٔ فوق، Va سرعت جریان هوا برحسب متر بر ثانیه، Ta دمای هوا برحسب درجهٔ سانتی‌گراد، D قطر دماسنج کروی، Tg دمای کروی برحسب درجهٔ سانتی‌گراد و ε ضریب تشعشع است. این ضریب برای گوی سیاه‌رنگ مسی ۰/۹۵ است (Ashrae 2001).

پس از انجام کار میدانی، داده‌های برداشت‌شده توسط دستگاه‌های مختلف هواشناسی، به تفکیک روز، ساعت، ایستگاه و متغیر اقلیمی در گام نخست، وارد نرم‌افزار اکسل[۱۳] گردید و با میانگین‌گیری‌های لازم بین داده‌ها در ایام و ساعات مختلف و دسته‌بندی و تنظیم، داده‌ها مناسب تحلیل شدند. در ادامه، برای سنجش میزان آسایش

Downloaded from jias.kashanu.ac.ir at 14:34 +0330 on Tuesday September 24th 2019

حرارتی ایستگاه‌ها، از طریق نرم‌افزار ریمَن[۱۴] میزان دمای معادل فیزیولوژیکی برای هریک از ایستگاه‌ها محاسبه شد. در نهایت، برای فهم و درک یکپارچهٔ داده‌ها و روابط بین آن‌ها، بعد از پردازش توسط نرم‌افزارهای مینی‌تَب[۱۵] و اس‌پی‌اس‌اس[۱۶]، نتایج با استفاده از روش‌های آمار توصیفی و استنباطی روی نمودارهای مختلف به نمایش درآمد و بدین وسیله تفسیر، تحلیل و کشف رابطهٔ بین متغیرها میسر گردید.

۳. بحث و نتایج

در ادامه، بحث و تحلیل داده‌های حاصل از برداشت میدانی برای بررسی وضعیت احساس گرمایی در هریک از دو سایت به‌عنوان نمایندهٔ فضای باز در منطقهٔ سیستان بر اساس شاخص PET انجام گرفته است. برای پاسخ به سؤالات ۲ و ۳ پژوهش (بررسی وضعیت آسایش حرارتی در فضای باز منطقهٔ سیستان در طی تابستان و شناخت عوامل ساختاری مؤثر بر تعدیل احساس گرمایی فضای باز)، داده‌های برداشت‌شدهٔ میدانی باید به دو شیوهٔ آماری توصیفی و استنباطی مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد. اما قبل از هر تحلیلی، بر مبنای مشاهدات عینی و اندازه‌گیری‌های میدانی، اطلاعات مکانی هر ایستگاه به‌عنوان شناسنامهٔ آن نقطه برداشت شد. همچنین تراکم فضای سبز هر ایستگاه، به سه دستهٔ انبوه، نیمه‌انبوه و فاقد پوشش سبز تقسیم شد و نوع پوشش گیاهی، جنس پوشش کف، فاصله از ساختمان و فاصله از منابع آبی به‌عنوان عناصر ساختاری فضای باز سایت‌های مورد مطالعه برداشت شد (جدول ۱).

جدول ۱: مشخصات نقاط برداشت‌شده در سایت‌های شمارهٔ ۱ (راست) و شمارهٔ ۲ (چپ)

نقطه (نام ایستگاه)	نوع پوشش کف		نوع پوشش گیاهی				تراکم پوشش گیاهی	
	سخت	نرم	بدون پوشش	درخت		بوته		
	بستر شنی	خاک		اکالیپتوس	گز	نارَک	نخل	انبوه
R1		*				*		*
A1		*				*		*
B1		*				*		*
A2		*					*	
B2		*					*	
A3					*			*
B3		*		*				
A4		*		*			*	
B4					*			*
A5	*		*					
B5	*		*					
R2	*		*					

نقطه (نام ایستگاه)	نوع پوشش کف				نوع پوشش گیاهی		تراکم پوشش گیاهی		فاصله از بنا			فاصله از منبع آبی		
	سخت		نرم											
	آسفالت	بستر شنی	بتن کف	خاک	چمن	درخت اکالیپتوس	بدون پوشش	نخل	انبوه	تا ۵ متر	۵ تا ۱۰ متر	۱۰ تا ۱۵ متر	تا ۱۰ متر	۱۰ تا ۲۰ متر	بیش از ۲۰ متر
R1	*						*				*				
A1				*		*			*	*				*	
B1		*					*			*				*	
C1				*		*			*	*				*	
A2				*		*		*		*					*
B2			*				*			*					*
C2				*		*		*		*					*
A3	*						*					*			*
B3	*						*					*			*
C3	*						*					*			*
A4					*	*			*		*				*
B4				*		*		*				*			*
C4				*		*		*				*			*
A5	*						*				*				*
B5	*						*					*			*
C5	*						*					*			*

همان طور که در بخش مرور ادبیات و پیشینهٔ پژوهش بیان شد، شاخص PET مناسب‌ترین شاخص ارزیابی آسایش حرارتی در فضای باز است. ازاین‌رو بر پایهٔ داده‌های میدانی و با استفاده از نرم‌افزار Rayman v.1.2، این شاخص برای نقاط مختلف هریک از دو سایت منتخب محاسبه و تحلیل گردید که در ادامه به تفکیک ارائه می‌شود.

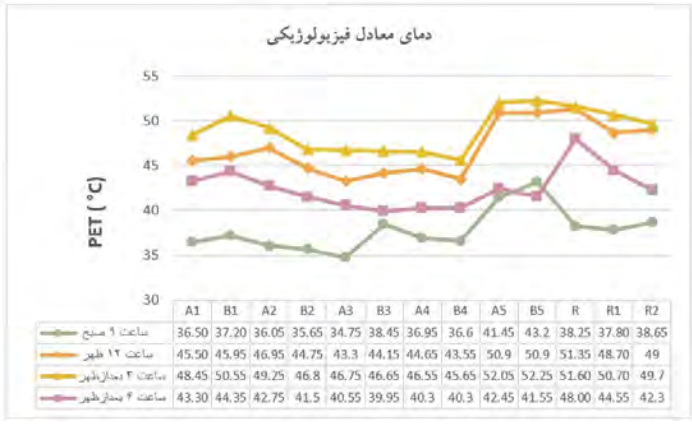
۳. ۱. تحلیل آماریِ توصیفی

۳. ۱. ۱. تحلیل توصیفی شاخص دمای معادل فیزیولوژیکی (PET) سایت شمارهٔ ۱

به‌لحاظ زمانی، طبق نمودار ۱، ساعت ۹ صبح کمترین میزان PET، ساعات ۶ عصر و ۱۲ ظهر حدّ وسط و ساعت ۳ بعدازظهر بیشترین میزان PET در این سایت مشاهده می‌شود. همچنین بر اساس بازهٔ معنایی PET (جدول ۲) وضعیت احساس گرمایی تنها در ساعت ۹ صبح در شرایط داغ (۴۱>PET>۳۵) و در سایر اوقات روز در وضعیت خیلی داغ (PET>۴۱) قرار دارد.

مطالعات معماری ایران
دو فصلنامه معماری ایرانی
شماره ۱۵ ـ بهار و تابستان ۹۸

Downloaded from jias.kashanu.ac.ir at 14:34 +0330 on Tuesday September 24th 2019



	A1	B1	A2	B2	A3	B3	A4	B4	A5	B5	R	R1	R2
ساعت ۹ صبح	36.50	37.20	36.05	35.65	34.75	38.45	36.95	36.6	41.45	43.2	38.25	37.80	38.65
ساعت ۱۲ ظهر	45.50	45.95	46.95	44.75	43.3	44.15	44.65	43.55	50.9	50.9	51.35	48.70	49
ساعت ۳ بعدازظهر	48.45	50.55	49.25	46.8	46.75	46.65	46.55	45.65	52.05	52.25	51.60	50.70	49.7
ساعت ۴ بعدازظهر	43.30	44.35	42.75	41.5	40.55	39.95	40.3	40.3	42.45	41.55	48.00	44.55	42.3

نمودار ۱: میزان دمای معادل فیزیولوژیکی در ایستگاه‌های سایت شمارهٔ ۱ طی ساعات مختلف روز

جدول ۲: دامنهٔ احساس گرمایی بر اساس شاخص دمای معادل فیزیولوژیک (Matzarakis et al. 1999; Honjo, 2009; Esch 2015)

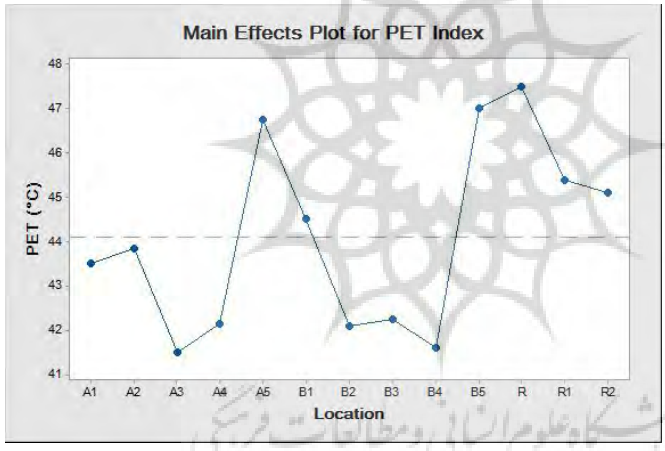
احساس گرمایی	دمای معادل فیزیولوژیک (PET) بر اساس درجهٔ سانتی‌گراد
خیلی سرد	۴
سرد	۸
خنک	۱۳
کمی خنک	۱۸
راحت	۲۳
کمی گرم	۲۹
گرم	۳۵
داغ	۴۱
خیلی داغ	بیش از ۴۱

اما به‌لحاظ مکانی و بر اساس میانگین داده‌های کل روزهای اندازه‌گیری، طبق تصویر ۴ و نمودار ۲، نقاط A5 و B5 به‌دلیل نداشتن پوشش گیاهی و نوع پوشش کف بستر شنی، دارای بیشترین میزان PET و نقاط A3 و B4 به‌دلیل داشتن پوشش گیاهی گز و سایهٔ بیشتر نسبت به سایر نقاط، کمترین میزان PET را دارا هستند. میزان PET سایر نقاط با توجه به مشخصهٔ هر ایستگاه، حدّ وسط این دو قرار دارد. اثر نوع گونهٔ گیاهی نیز بدین شکل است که در حالتی که پوشش گیاهی وجود ندارد، بیشترین میزان PET، در نقاط دارای پوشش گیاهیِ بوته‌ای PET متوسط و در نقاط دارای پوشش گیاهیِ درختی کمترین میزان PET مشاهده می‌شود. همچنین اختلافِ بیشترین و کمترین مقدار PET سایت به‌طور میانگین ۵/۴ درجهٔ سانتی‌گراد است و این میزان تعدیل شاخص آسایش حرارتی در نقاط دارای شرایط مطلوب‌تر، کمک قابل توجهی به بهبود احساس گرمایی در فضای باز خواهد کرد.

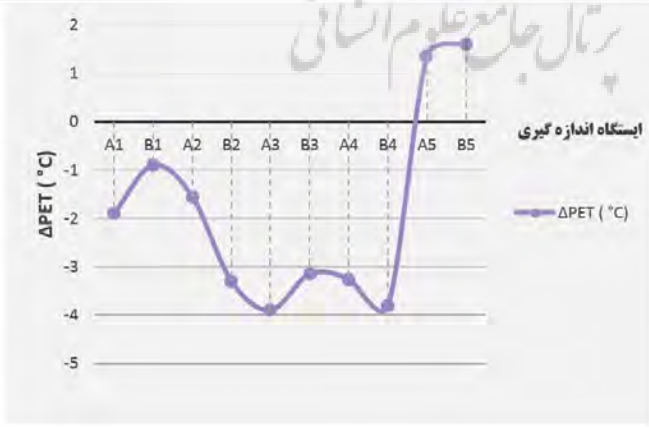
نمودار ۳، اختلاف بین میانگین دمای معادل فیزیولوژیکی هریک از ایستگاه‌های اندازه‌گیری سایت شمارهٔ ۱ را با نقطهٔ مبنای R1 خارج از سایت نشان می‌دهد. طبق این نمودار، میانگین PET نقاط A3 و B4 به‌دلیل داشتن پوشش گیاهی گز و سایهٔ بیشتر نسبت به سایر نقاط، حدود ۴ درجهٔ سانتی‌گراد پایین‌تر از نقطهٔ مبنا و میانگین نقاط A5 و B5 به‌دلیل عدم وجود پوشش گیاهی و نوع پوشش کف بستر شنی، حدود ۱/۵ درجهٔ سانتی‌گراد بالاتر از نقطهٔ مبناست؛ این تفاوت‌ها می‌تواند شرایط احساس گرمایی را طی ساعاتی از روز از وضعیت خیلی داغ به وضعیت داغ تعدیل نماید.

Downloaded from jias.kashanu.ac.ir at 14:34 +0330 on Tuesday September 24th 2019

تصویر ۴: شاخص PET در ایستگاه‌های سایت شمارهٔ ۱ بر اساس میانگین داده‌های کل روزهای اندازه‌گیری



نمودار ۲: میانگین شاخص PET در ایستگاه‌های سایت شمارهٔ ۱ طی روزهای اندازه‌گیری

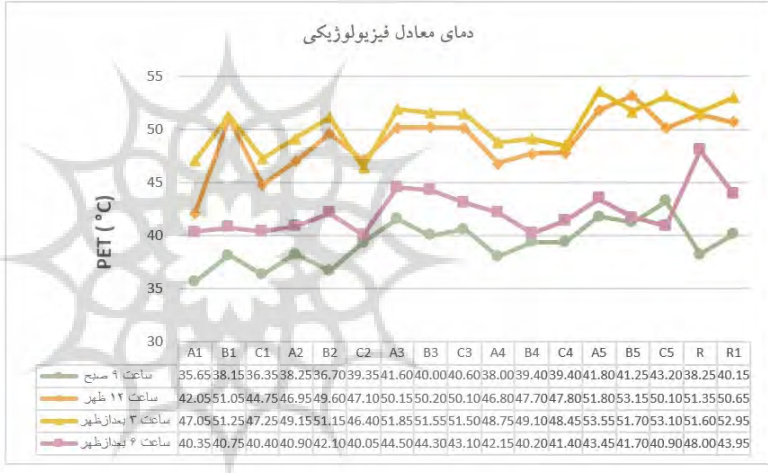


نمودار ۳: تفاوت میانگین دمای معادل فیزیولوژیکی هریک از ایستگاه‌های سایت شمارهٔ ۱ طی ساعات مختلف روز با نقطهٔ مبنای R1

Downloaded from jias.kashanu.ac.ir at 14:34 +0330 on Tuesday September 24th 2019

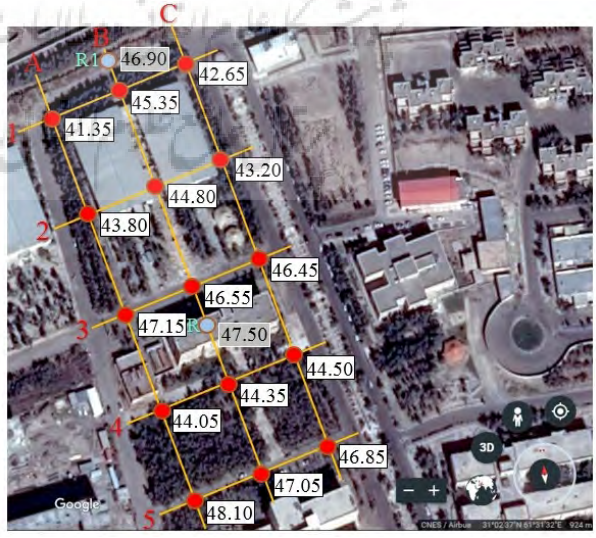
۳. ۱. ۲. تحلیل شاخص دمای معادل فیزیولوژیکی (PET) سایت شمارهٔ ۲

به‌لحاظ زمانی، طبق نمودار ۴، تغییرات میزان PET در سایت شمارهٔ ۲ طی ساعات مختلف مشابه سایت شمارهٔ ۱ می‌باشد؛ با این تفاوت که اختلاف بین میزان PET ساعات ۱۲ ظهر و ۳ بعدازظهر با ساعات ۹ صبح و ۶ عصر در سایت شمارهٔ ۲ نسبت به سایت شمارهٔ ۱ خیلی بیشتر است؛ به نظر می‌رسد این اختلاف حاصل وجود ساختمان در این سایت و تراکم متفاوت پوشش گیاهی دو سایت باشد. همچنین وضعیت احساس گرمایی بر اساس جدول ۲، تنها در ساعت ۹ صبح در شرایط داغ و در سایر اوقات روز در وضعیت خیلی داغ قرار دارد. اما به‌لحاظ مکانی و بر اساس میانگین داده‌های کل روزهای اندازه‌گیری، طبق تصویر ۵ و نمودار ۵، نقاط واقع بر محورهای ۳ و ۵ به‌دلیل نداشتن پوشش گیاهی و نوع پوشش کف آسفالت، دارای بالاترین میزان PET و نقاط A1 و C1 به‌دلیل داشتن پوشش گیاهی انبوه و جنس کف خاک، کمترین میزان PET را دارا هستند. همچنین اختلاف بیشترین و کمترین مقدار PET در این سایت ۷ درجهٔ سانتی‌گراد و بسیار قابل ملاحظه و مؤثر در تعدیل احساس گرمایی است.



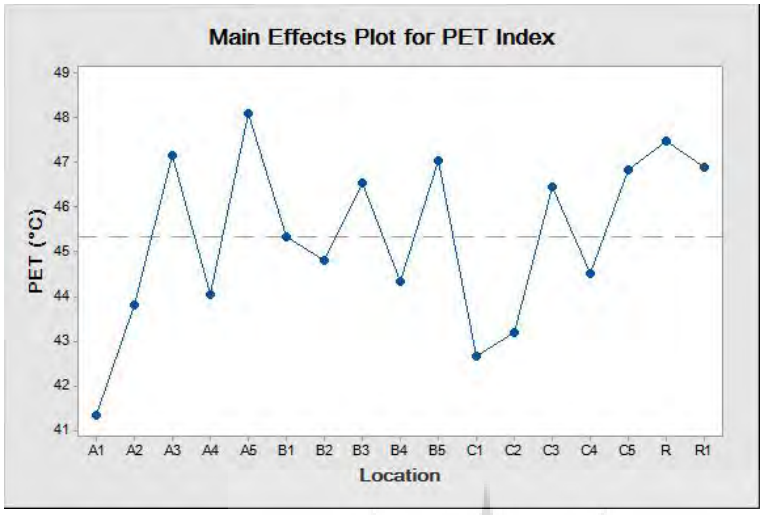
	A1	B1	C1	A2	B2	C2	A3	B3	C3	A4	B4	C4	A5	B5	C5	R	R1
ساعت ۹ صبح	35.65	38.15	36.35	38.25	36.70	39.35	41.60	40.00	40.60	38.00	39.40	39.40	41.80	41.25	43.20	38.25	40.15
ساعت ۱۲ ظهر	42.05	51.05	44.75	46.95	49.60	47.10	50.15	50.20	50.10	46.80	47.70	47.80	51.80	53.15	50.10	51.35	50.65
ساعت ۳ بعدازظهر	47.05	51.25	47.25	49.15	51.15	46.40	51.85	51.55	51.50	48.75	49.10	48.45	53.55	51.70	53.10	51.60	52.95
ساعت ۶ بعدازظهر	40.35	40.75	40.40	40.90	42.10	40.05	44.50	44.30	43.10	42.15	40.20	41.40	43.45	41.70	40.90	48.00	43.95

نمودار ۴: میزان دمای معادل فیزیولوژیکی در ایستگاه‌های سایت شمارهٔ ۲ طی ساعات مختلف روز



تصویر ۵: شاخص PET در ایستگاه‌های سایت شمارهٔ ۲ بر اساس میانگین داده‌های کل روزهای اندازه‌گیری

Downloaded from jias.kashanu.ac.ir at 14:34 +0330 on Tuesday September 24th 2019



نمودار ۵: میانگین شاخص PET در ایستگاه‌های سایت شمارهٔ ۲ طی روزهای اندازه‌گیری

نمودار ۶، اختلاف بین میانگین دمای معادل فیزیولوژیکی هریک از ایستگاه‌های اندازه‌گیری سایت شمارهٔ ۲ را با نقطهٔ مبنای R1 خارج از سایت نشان می‌دهد. طبق این نمودار، میانگین PET نقاط A1، C1 و تا حدودی C2 به‌دلیل داشتن پوشش گیاهی متراکم‌تر و سایهٔ بیشتر نسبت به سایر نقاط، بین ۴ تا ۶ درجهٔ سانتی‌گراد پایین‌تر از نقطهٔ مبنا و میانگین نقاط واقع بر محورهای ۳ و ۵ به‌دلیل نداشتن پوشش گیاهی و پوشش کف آسفالت، حدود ۰/۵ درجهٔ سانتی‌گراد بالاتر از نقطهٔ مبناست؛ این تفاوت‌ها می‌تواند در تعدیل شرایط آسایش حرارتی و احساس گرمایی افراد در ساعاتی از روز مؤثر واقع شود.

نمودار ۶: تفاوت میانگین دمای معادل فیزیولوژیکی هریک از ایستگاه‌های سایت شمارهٔ ۲ طی ساعات مختلف روز با نقطهٔ مبنای R1

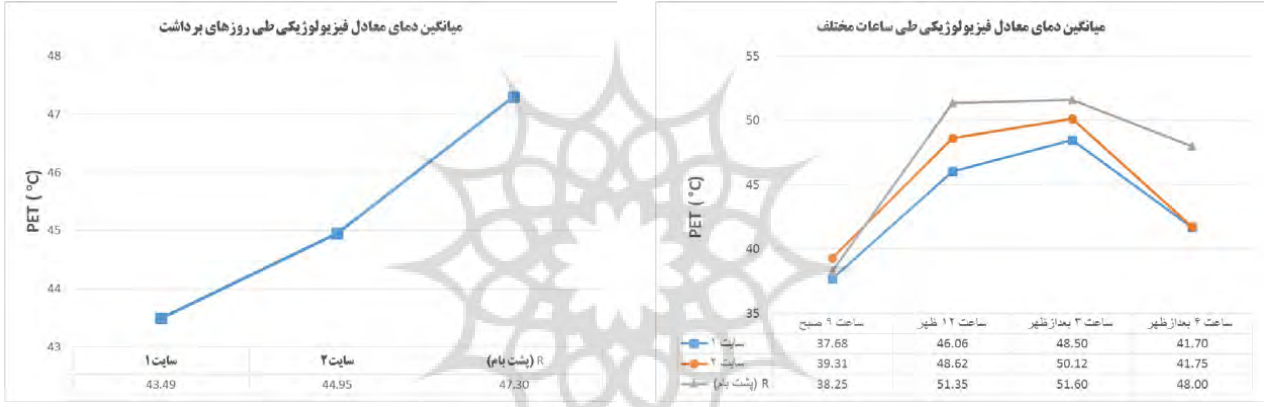
۳. ۱. ۳. مقایسهٔ دمای معادل فیزیولوژیکی (PET) سایت‌های شمارهٔ ۱ و ۲ با یکدیگر و با اقلیم محلی

طبق نمودار ۷ (راست)، در ساعت ۹ صبح میزان PET در سایت‌های ۱ و ۲ و نقطهٔ R واقع در پشت‌بام به‌عنوان نمایندهٔ اقلیم محلی نزدیک به هم هستند و اختلاف کمی با یکدیگر دارند؛ اما با گذشت زمان و نزدیک شدن به میانهٔ روز این

Downloaded from jias.kashanu.ac.ir at 14:34 +0330 on Tuesday September 24th 2019

اختلاف زیاد می‌شود به این نحو که سایت شمارهٔ ۲ به‌دلیل وجود ساختمان در آن و پوشش گیاهی تُنُک‌تر نسبت به سایت شمارهٔ ۱ گرم‌تر است و اقلیم محلی نیز از هر دو سایت وضعیت بدتری دارد. اما با نزدیک شدن به غروب خورشید و وجود سایه در اکثر نقاط، میزان PET در سایت‌های ۱ و ۲ دوباره به یکدیگر نزدیک شده درحالی‌که با اقلیم محلی (پشت‌بام) که همچنان در آفتاب است، تفاوت چشمگیری دارند.

اما نمودار ۷ (چپ) بر اساس میانگین دمای معادل فیزیولوژیکی طی روزهای برداشت نشان می‌دهد که وضعیت سایت شمارهٔ ۱ که صرفاً پوشش گیاهی و فاقد ساختمان است، نسبت به سایت شمارهٔ ۲ که ترکیبی از پوشش گیاهی و ابنیه می‌باشد، از شرایط آسایش بهتری برخوردار است (میزان PET آن ۱/۵ درجهٔ سانتی‌گراد کمتر است) و هریک از این دو سایت نسبت به نقطهٔ R (اقلیم محلی) به مراتب شرایط بهتری دارند (میزان PET سایت ۲، ۲/۳۵ درجه و سایت ۱، ۳/۸ درجهٔ سانتی‌گراد کمتر از نقطهٔ R است). این اختلاف قابل ملاحظه به‌دلیل تفاوت دو سایت در میزان و تراکم پوشش گیاهی، سایه و وجود یا عدم وجود ساختمان است.



نمودار ۷: مقایسهٔ میانگین دمای معادل فیزیولوژیکی سایت‌های شمارهٔ ۱ و ۲ طی ساعات مختلف روز (راست) و طی روزهای برداشت (چپ) با نقطهٔ R (ایستگاه پشت‌بام) به‌عنوان نمایندهٔ اقلیم محلی

۳. ۲. تحلیل آماریِ استنباطی

تحلیل آماری توصیفیِ که تاکنون بیان شد شرط لازم بود؛ اما کفایت تحلیل آماری و کشف روابط بین داده‌ها، تنها از طریق تحلیل آماری استنباطی ممکن می‌شود. ازاین‌رو برای رسیدن به این هدف، روی داده‌های هریک از سایت‌های منتخب آنالیز استنباطی انجام شده و معناداری رابطهٔ هر متغیر با شاخص PET مورد بررسی قرار گرفته است.

۳. ۲. ۱. آنالیز استنباطی داده‌های سایت شمارهٔ ۱

طبق جدول شمارهٔ ۳، آنالیز استنباطی انجام‌شده روی متغیرهای اقلیم خرد (دمای هوا، رطوبت نسبی، سرعت باد و میانگین دمای تابشی) و متغیرهای مکانی خاص سایت شمارهٔ ۱ (نوع گونهٔ گیاهی، تراکم پوشش گیاهی و جنس کف) برای تعیین رابطهٔ PET با این متغیرها، نشان می‌دهد که بین شاخص PET و متغیرهای دمای هوا، رطوبت نسبی، میانگین دمای تابشی و نوع گونهٔ گیاهی رابطهٔ معناداری وجود دارد و سایر متغیرها اثر ناچیزی روی PET دارند؛ البته قابل ذکر است که ضریب معناداری (Sig.) برای متغیر تراکم پوشش گیاهی نزدیک به ۰/۰۵ است و می‌تواند معنادار باشد، اما به‌دلیل اینکه در این سایت علاوه بر پوشش گیاهی درختی، پوشش گیاهی کوتاه و بدون سایه (بوته‌های تاک و ذرت) نیز وجود دارد، لذا تراکم پوشش گیاهی معنادار نشده است؛ بنابراین اگر پوشش گیاهی از گونهٔ بوته‌ای به گونهٔ درختی تغییر کند، می‌توان عامل تراکم پوشش گیاهی را نیز معنادار دانست.

مطابق جدول مذکور، نمودار شمارهٔ ۸ و رابطهٔ همبستگی پیرسون (Pearson Correlation)، دمای هوا و میانگین

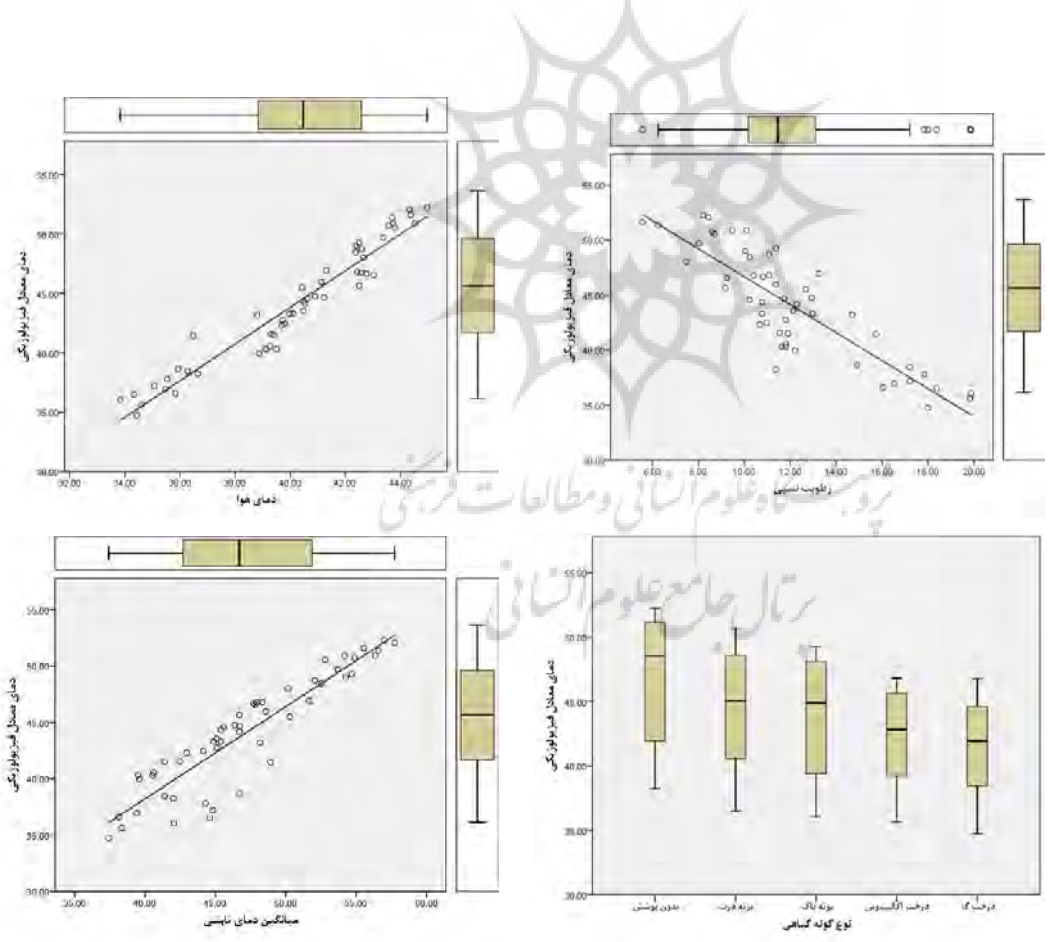
Downloaded from jias.kashanu.ac.ir at 14:34 +0330 on Tuesday September 24th 2019

دمای تابشی اثر مستقیم و زیادی دارند؛ اما رطوبت نسبی علاوه بر اینکه رابطهٔ عکسی با PET دارد (با افزایش میزان این متغیر، میزان PET کاهش می‌یابد و برعکس) میزان اثر آن نیز کمتر از دو متغیر گفته‌شدهٔ دیگر است.

جدول ۳: آنالیز همبستگی بین شاخص PET و متغیرهای اقلیم خرد و متغیرهای مکانی خاص سایت شمارهٔ ۱

		دمای هوا	سرعت باد	رطوبت نسبی	میانگین دمای تابشی	نوع گونهٔ گیاهی	تراکم پوشش گیاهی	جنس کف
دمای معادل فیزیولوژیکی (PET)	Pearson Correlation	.966**	-.019	-.853**	.913**	-.386**	-.258	.076
	(Sig. (2-tailed	.000	.892	.000	.000	.005	.064	.594
	N	52	52	52	52	52	52	52

* Correlation is significant at the 0.05 level (-2 tailed) ** Correlation is significant at the 0.01 level (-2 tailed)



نمودار ۸: آنالیز رگرسیون بین شاخص PET و متغیرهای معنادارِ دمای هوا، رطوبت نسبی، میانگین دمای تابشی و نوع گونهٔ گیاهی در سایتِ شمارهٔ ۱

Downloaded from jias.kashanu.ac.ir at 14:34 +0330 on Tuesday September 24th 2019

۳. ۲. ۲. آنالیز استنباطی داده‌های سایت شمارهٔ ۲

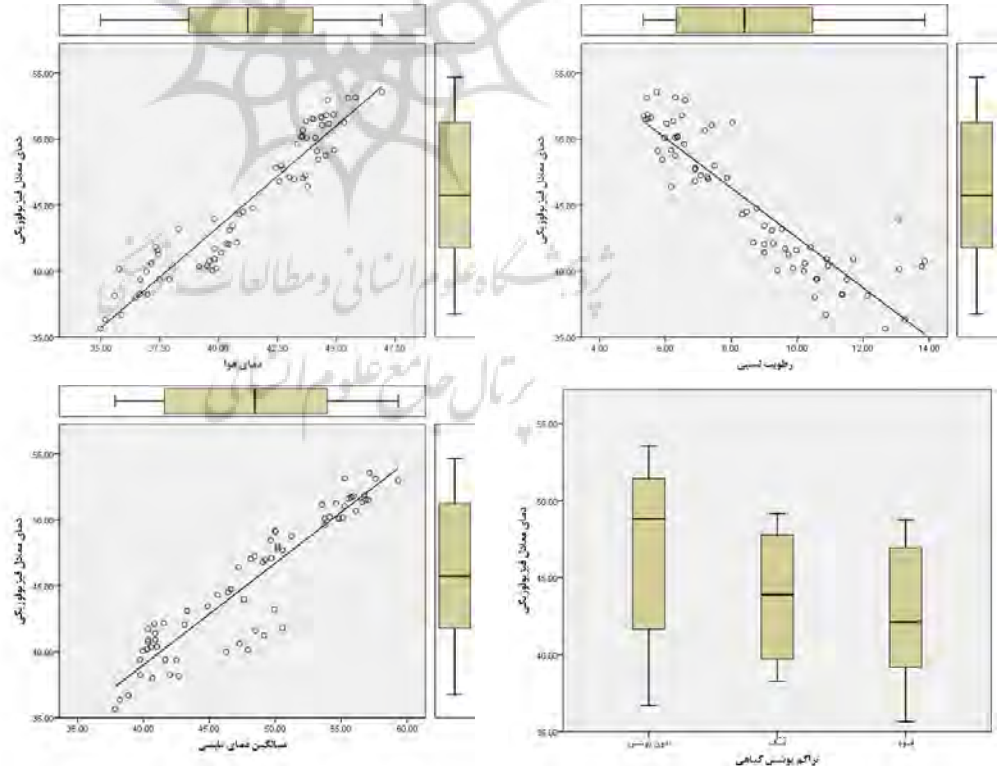
طبق جدول شمارهٔ ۴، آنالیز استنباطی انجام‌شده روی متغیرهای اقلیم خرد (دمای هوا، رطوبت نسبی، سرعت باد و میانگین دمای تابشی) و متغیرهای مکانی خاص سایت شمارهٔ ۲ (تراکم پوشش گیاهی، جنس کف، فاصله از ساختمان و فاصله از منابع آبی) برای تعیین رابطهٔ PET با این متغیرها، نشان می‌دهد که بین شاخص PET و متغیرهای دمای هوا، رطوبت نسبی، میانگین دمای تابشی و تراکم پوشش گیاهی رابطهٔ معناداری وجود دارد و سایر متغیرها اثر ناچیزی روی شاخص PET دارند. همچنین مطابق جدول مذکور، نمودار شمارهٔ ۹ و رابطهٔ همبستگی پیرسون (Pearson Correlation)، دمای هوا و میانگین دمای تابشی اثر مستقیم و زیادی دارند؛ اما رطوبت نسبی و تراکم پوشش گیاهی علاوه بر اینکه رابطهٔ عکسی با PET دارند (با افزایش میزان این متغیرها، میزان PET کاهش می‌یابد و برعکس) میزان اثر آن‌ها نیز کمتر از دو متغیر گفته‌شدهٔ دیگر است.

جدول ۴: آنالیز همبستگی بین شاخص PET و متغیرهای اقلیم خرد و متغیرهای مکانی خاص سایت شمارهٔ ۲

		دمای هوا	سرعت باد	رطوبت نسبی	میانگین دمای تابشی	تراکم پوشش گیاهی	جنس کف	فاصله از بنا	فاصله از منبع آبی
دمای معادل فیزیولوژیکی (PET)	Pearson Correlation	.951**	.020	-.893**	.929**	-.327**	-.186	.178	.069
	(Sig. (2-tailed	.000	.873	.000	.000	.007	.129	.146	.576
	N	68	68	68	68	68	68	68	68

* Correlation is significant at the 0.05 level (-2 tailed)

** Correlation is significant at the 0.01 level (-2 tailed)



نمودار ۹: آنالیز رگرسیون بین شاخص PET و متغیرهای معنادارِ دمای هوا، رطوبت نسبی، میانگین دمای تابشی و تراکم پوشش گیاهی در سایت شمارهٔ ۲

Downloaded from jias.kashanu.ac.ir at 14:34 +0330 on Tuesday September 24th 2019

نتیجه

با توجه به هدف پژوهش حاضر، مبحث آسایش حرارتی در فضای باز و متغیرهای اصلی آن به همراه پیشینه و ادبیات موضوع مربوط، مورد مطالعه و کنکاش قرار گرفت. بر پایهٔ تحقیقات پیشین، «دمای معادل فیزیولوژیکی» بیشترین سهم را در سنجش آسایش حرارتی در فضای باز دارا بوده، دقت بیشتری برای پیش‌بینی میانگین آسایش حرارتی در فضاهای باز داشته و رابطهٔ حداکثری را با احساس آسایش حرارتی نشان داده است. بنابراین مناسب‌ترین، قابل فهم‌ترین و متداول‌ترین شاخص برای ارزیابی آسایش حرارتی فضاهای باز با حوزهٔ گسترده‌ای از افراد به شمار آمده و در این تحقیق به‌عنوان شاخص ارزیابی آسایش حرارتی در فضای باز مورد استفاده قرار گرفته است.

همچنین برای بررسی وضعیت احساس گرمایی در فضای باز منطقهٔ سیستان در طی تابستان و شناخت عوامل ساختاری مؤثر بر شرایط آسایش حرارتی فضای باز، از اندازه‌گیری میدانی استفاده شده است. به این منظور و با علمِ به اثرات خاص پوشش گیاهی بر آسایش حرارتی فضای باز، ارزیابی‌های میدانی در تابستان ۱۳۹۵ در ۲۹ نقطهٔ مکانیِ در دو سایت متفاوت شمارهٔ ۱ (صرفاً فضای سبز و بدون ابنیه) و شمارهٔ ۲ (ترکیبی از فضای سبز و ساختمان) از لحاظ نوع و تراکم پوشش گیاهی، تراکم ساختمانی و پوشش کف در نزدیکی یکدیگر در دانشگاه زابل انجام گرفت.

تحلیل توصیفی این دو سایت به‌عنوان نمایندهٔ فضاهای باز منطقهٔ سیستان، بر اساس شاخص دمای معادل فیزیولوژیکی (PET) نشان داد که در ساعت ۹ صبح، میزان PET در سایت‌های ۱ و ۲ و نقطهٔ R واقع در پشت‌بام به‌عنوان نمایندهٔ اقلیم محلی نزدیک به هم هستند و اختلاف کمی با یکدیگر دارند؛ اما با گذشت زمان و نزدیک شدن به میانهٔ روز این اختلاف زیاد می‌شود؛ به این نحو که سایت شمارهٔ ۲ به‌دلیل وجود ساختمان در آن و پوشش گیاهی تُنُک‌تر نسبت به سایت شمارهٔ ۱ گرم‌تر است و اقلیم محلی نیز نسبت به هر دو سایت، وضعیت بدتری دارد. با نزدیک شدن به غروب خورشید و وجود سایه در اکثر نقاط، میزان PET در سایت‌های ۱ و ۲ دوباره به یکدیگر نزدیک شده درحالی‌که با اقلیم محلی (پشت‌بام) که همچنان در آفتاب است، تفاوت چشمگیری دارد. اما بر اساس میانگین شاخص PET طی روزهای برداشت، وضعیت سایت شمارهٔ ۱ که صرفاً پوشش گیاهی و فاقد ساختمان است، نسبت به سایت شمارهٔ ۲ که ترکیبی از پوشش گیاهی و ابنیه می‌باشد از شرایط آسایش بهتری برخوردار است (میزان PET آن ۱/۵ درجهٔ سانتی‌گراد کمتر است) و هریک از این دو سایت نسبت به نقطهٔ R (اقلیم محلی) به‌مراتب وضعیت بهتری دارند (میزان PET سایت ۲، ۲/۳۵ درجه و سایت ۱، ۳/۸ درجهٔ سانتی‌گراد کمتر از نقطهٔ R می‌باشد). این اختلاف نشان‌دهندهٔ اهمیت پوشش گیاهی و سایه در فضای باز برای تعدیل شرایط آسایش حرارتی است.

همچنین، تحلیل استنباطی انجام‌شده روی متغیرهای اقلیم خرد (دمای هوا، رطوبت نسبی، سرعت باد و میانگین دمای تابشی) و متغیرهای مکانی خاص هریک از دو سایت (نوع گونهٔ گیاهی، تراکم پوشش گیاهی، جنس کف، فاصله از ساختمان و فاصله از منابع آبی) برای تعیین و کشف رابطهٔ PET با این متغیرها، نشان داد که بین شاخص PET و متغیرهای دمای هوا، رطوبت نسبی، میانگین دمای تابشی، نوع گونهٔ گیاهی و تراکم پوشش گیاهی، رابطهٔ معناداری وجود دارد و سایر متغیرها اثر ناچیزی روی PET دارند. نوع این رابطه نیز بدین نحو است که دمای هوا و میانگین دمای تابشی اثر مستقیم و حداکثری و رطوبت نسبی اثر معکوس و حداقلی با PET دارند. اثر نوع گونهٔ گیاهی و تراکم پوشش گیاهی نیز بدین شکل است که در حالتی که پوشش گیاهی وجود ندارد، بیشترین میزان PET، در نقاط دارای پوشش گیاهیِ تُنُک و بوته‌ای PET متوسط و در نقاط دارای پوشش گیاهیِ درختی و متراکم کمترین میزان PET مشاهده می‌شود.

در نهایت، با کنترل عوامل مداخله‌گر و رعایت استانداردهای اندازه‌گیری، نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهشِ میدانی قابل تعمیم به اقلیم‌های مشابه است و می‌توان از نتایج تحقیق علاوه بر تعدیل جزیرهٔ حرارتی شهرها در مقیاس کلان، در مقیاس کوچک معماری نیز با توجه به اهمیت طراحی فضاهای باز، چه به‌لحاظ عملکرد این نوع فضاها و چه به‌لحاظ اثری که بر شرایط محیطی داخل می‌گذارند، در پیاده‌محوری، خنک‌کردن جداره‌های ساختمان‌ها و همچنین کاهش مصرف انرژی درون ساختمان‌ها بهره جست.

Downloaded from jias.kashanu.ac.ir at 14:34 +0330 on Tuesday September 24th 2019

پی‌نوشت‌ها

1. Mean Radiant Temperature

۲. «دمای تابشی» یکی از مهم‌ترین متغیرهای ارزیابی آسایش حرارتی در فضای باز است؛ اما به‌دلیل اینکه اثر دمای تابشی بر انسان چندجانبه است، متغیر «میانگین دمای تابشی» می‌بایست مدنظر باشد. از این قرار، میانگین دمای تابشی عبارت است از مجموع تابش‌های جذب‌شده توسط بدن انسان از سطوح تابشی مختلف (Matzarakis & Mayer 2000; Ashrae 2001). به بیان دیگر، دمای متوسط تابشی نمایندهٔ میزان احساس گرمایی شخص ناشی از تابش محیط پیرامون است.

۳. از عوامل مؤثر بر «نرخ فعالیت»، سن و جنسیت است که سبب می‌شود دامنهٔ آسایش حرارتی برای افراد متفاوت شود (Huang 2007).

4. PET: Physiological Equivalent Temperature

«دمای معادل فیزیولوژیکی» برابر دمای هوایی است که در آن بیلان حرارتی بدن انسان در شرایط فضای داخلی مفروض با دمای پوست در شرایط بیرونی در تعادل باشد (Hoppe 1999)؛ به عبارت دیگر به کمک دمای معادل فیزیولوژیکی فرد قادر به مقایسهٔ تأثیر کامل مجموعه شرایط حرارتی محیط بیرون با تجربهٔ شخصی خود از دماست (Lin et al. 2010).

5. PMV: Predicted Mean Vote

6. SET: Stan. Effective Temperature

7. International Society of Biometeorology

۷. منطقهٔ سیستان به مرکزیت شهرستان زابل در شمال استان سیستان و بلوچستان و بین ۳۰ درجه و ۷ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۲۹ دقیقهٔ عرض شمالی و ۵۹ درجه و ۵۸ دقیقه تا ۶۱ درجه و ۵۰ دقیقهٔ طول شرقی واقع شده است (www.irandeserts.com).

۸. اگر حباب دماسنجی در مرکز یک کرهٔ سیاه با قطر پانزده سانتی‌متر قرار گرفته باشد، دمایی که ثبت می‌کند با عنوان «دمای کروی» شناخته می‌شود. این دما عددی بین دمای هوا و دمای متوسط تشعشعی به دست می‌آید (IHVE 1970).

۹. به توصیهٔ متخصصان هواشناسی، پس از کسب تجربه از طریق اندازه‌گیری‌های بسیار و طولانی در اواخر قرن نوزدهم، و به‌منظور اجتناب از اثر وضعیت زمین و حرکت افراد بر اندازه‌گیری‌ها (پوردیهیمی ۱۳۹۰)، همهٔ متغیرها در ارتفاع ۱/۵ متری از سطح زمین اندازه‌گیری شد؛ که این ارتفاع در بازهٔ تعیین‌شده از طرف سازمان هواشناسی جهانی (WMO) نیز که نصب سنسورها را به‌دلیل کاهش اثر تابش خورشید، بازتابش سطح زمین و اجسام پیرامون در دمای اندازه‌گیری‌شده، در ارتفاع ۱/۲۵ـ۲ متر از سطح زمین مشخص کرده است (CIBSE 2002)، قرار دارد.

10. Ref: Kestrel Weather Catalog: www.Kestrelweather.com

11. Ref: http://www.testequipmentdepot.com/reed/thermometers/8778.htm

12. Ref: https:// http://www.saenco.com/hse/1392-05-01-08-00-12/tes-1341.html

13. Excel

14. Rayman

15. Minitab

16. SPSS

منابع

ـ احمدی ونهری، ارمغان. ۱۳۹۵. *طراحی شهری انرژی کارا بر پایهٔ ساختار سبز شهری*. پایان‌نامهٔ دکتری طراحی شهری. تهران: دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه شهید بهشتی.

ـ اسلامی، محمدامین، احمد نوذری فردوسیه، و منصوره طاهباز. ۱۳۹۵. راهکارهای طراحی اقلیمی معابر فضای باز، مطالعهٔ موردی: پیاده‌راه‌های دانشگاه کاشان. *هویت شهر*. ش. ۲۶: ۳۳ـ۴۶.

ـ بهزادفر، مصطفی، و علیرضا منعام. ۱۳۸۹. تأثیر ضریب دید به آسمان در آسایش حرارتی فضاهای باز شهری. *آرمان‌شهر*. ش. ۵: ۲۳ـ۳۴.

Downloaded from jias.kashanu.ac.ir at 14:34 +0330 on Tuesday September 24th 2019

ـ پوردیهیمی، شهرام. ۱۳۹۰. *زبان اقلیمی در طراحی محیطی پایدار*. تهران: دانشگاه شهید بهشتی.
ـ تقوایی، سید حسن، منصوره طاهباز، و سمانه متقی‌پیشه. ۱۳۹۴. نقش سایه در باغ ایرانی، بررسی وضعیت آسایش اقلیمی در باغ جهان‌نما و باغ دلگشا. *مطالعات معماری ایران*. ش. ۷: ۳۵ـ۵۶.
ـ تقی‌زاده، حبیب. ۱۳۵۵. *محاسبهٔ تبخیر و تعرق پتانسیل در ایران*. تهران: سازمان هواشناسی کشور.
ـ حیدری، شاهین، و علیرضا منعام. ۱۳۹۲. ارزیابی شاخصه‌های آسایش حرارتی در فضای باز. *جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای*. ش. ۲۰: ۱۹۷ـ۲۱۶.
ـ رضایی، ناهیده، و منصوره طاهباز. ۱۳۹۵. ارزیابی کیفیت اقلیمی مسیرهای ارتباطی باز و نیمه‌باز پردیس دانشگاه کاشان. *نامهٔ معماری و شهرسازی*. ش. ۱۶: ۱۶۳ـ۱۸۱.
ـ طاهباز، منصوره. ۱۳۶۸. *آسایش در فضاهای باز و معابر*. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد معماری. تهران: دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه شهید بهشتی.
ـ طاهباز، منصوره، شهربانو جلیلیان، و فاطمه موسوی. ۱۳۹۱. آموزه‌هایی از معماری اقلیمی گذرهای کاشان، تحقیق میدانی در بافت تاریخی شهر. *مطالعات معماری ایران*. ش. ۱: ۵۹ـ۸۳.
ـ متقی‌پیشه، سمانه. ۱۳۹۳. *سایه و آسایش در باغ ایرانی*. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد معماری. تهران: دانشکدهٔ معماری و شهرسازی دانشگاه شهید بهشتی.
ـ محمودی، سید امیر سعید، سیده ندا قاضی‌زاده، و علیرضا منعام. ۱۳۸۹. تأثیر طراحی در آسایش حرارتی فضای باز مجتمع‌های مسکونی، نمونهٔ مورد مطالعه: فاز سه مجتمع مسکونی اکباتان. *هنرهای زیبا ـ معماری و شهرسازی*. ش. ۴۲: ۵۹ـ۷۰.
ـ منعام، علیرضا. ۱۳۹۰. *آسایش محیطی در فضاهای باز شهری*. پایان‌نامهٔ دکتری معماری. تهران: دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه علم و صنعت ایران.
- Ashrae. 2001 .*ASHRAE fundamentals handbook) 2001 SI Edition .(American Society of Heating, Refrigerating and Air -Conditioning Engineers.*
- Deb, Chirag, and Alur Ramachandraiah. 2010. The significance of Phisiological equivalent temperature (PET) in outdoor thermal comfort studies .*International journal of Engineering Science and Technology*. 1 (2): 2825-2828.
- Emmanuel, Rohinton. 2005. Thermal comfort implications of urbanization in a warm-humid city: the Colombo Metropolitan Region) CMR .(Sri Lanka .*Building and Environment* 40. 1591-1601.
- Fanger, Povl Ole. 1972. *Thermal comfort: Analysis and applications in environmental Engineering.* New York: McGraw Hill.
- Givoni, Baruch. 1976. *Man, climate and architecture. London.* Applied Science Publishers.
- Givoni, Baruch, Noguchi Mikiko, Saaroni Hadas, Pochter Oded, Yaacov Yaron, Feller Noa, and Stefan Becker. 2003. Outdoor Comfort Research Issues. *Energy and Buildings* 35: 77-86.
- Honjo, Tsuyoshi. 2009. Thermal comfort in outdoor environment. *Global environmental research*. no. 13: 43-47.
- Hoppe, Peter. 1999. The physiological equivalent temperature: a universal index for the assessment of the thermal environment. *International Journal of Biometeorology* 43 (2): 71-75.
- Hoppe, Peter. 2002. Different aspects of assessing indoor and outdoor thermal comfort. *Energy and Buildings* 34 (6): 661-5.
- Huang, Jianhua. 2007. Prediction of air temperature for thermal comfort of people in outdoor environments. *International Journal of Biometeorology* 51 (5): 375–382.

Downloaded from jias.kashanu.ac.ir at 14:34 +0330 on Tuesday September 24th 2019

- IHVE Guide A. 1970. *The Institution of Heating and Ventilating Engineers*. London.
- ISO, 1998. 7726 *Ergonomics of the thermal environment – Instruments for Measuring Physical Quantities*. International Organization for Standardization. Geneva.
- Johansson, Erik, Thorsson Sofia, Emmanuel Rohinton, and Eduardo Krüger. 2014. Instruments and methods in outdoor thermal comfort studies – the need for standardization. *Urban Clim*. http://dx.doi.org/10.1016/j.uclim.2013.12.002.
- Lin, Tzu-Ping, Matzarakis Andreas, and Ruey-Lung Hwang. 2010. Shading effect on long- term outdoor thermal comfort. *Building and Environment* 45 (1): 213-221.
- Matzarakis, Andreas, and Helmut Mayer. 2000. *Environment and Health*. 11th seminar on environmental protection, Thessaloniki. Greece.
- Matzarakis, Andreas, Mayer Helmut, and Moses Iziomon. 1999. Applications of a universal thermal index: physiological equivalent temperature. *Int. J. Biometeorology* 43 (2): 76e84.
- Pandolf, Kent, Givoni Baruch, and Ron Goldman. 1976. *Predicting energy expenditure with loads while standing or walking very slowly*. Retrieved from telaviv.
- Stathopoulos, Theodore, Wu Hanging, and John Zacharias. 2004. Outdoor human comfort in an urban climate. *Building and environment* 39 (3): 297-305.
- Tseliou, Areti, Tsiros Ioannis X., Lykoudis Spyros & Nikolopoulou Marialena. 2010. An evaluation of three biometeorological indices for human thermal comfort in urban outdoor areas under real climatic conditions. *Building and Environment*. 45: 1346-1352.
- Van Esch, and Marjolein Pijpers. 2015. Designing the Urban Microclimate: A framework for a design-decision support tool for the dissemination of knowledge on the urban microclimate to the urban design process. *A+BE | Architecture and the Built Environment* 5 (6): 1–308.
- VDI. 1998. *Methods for the human-biometerological assessment of climate and air hygiene for urban and regional planning*. Part I: Climate. VDI guideline 3787. Part 2: Beuthen. Berlin.
- WMO-No. 8. 2008. *Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation, seventh ed*. World Meteorological Organization (WMO).
- www.cibse.org/Knowledge/knowledge-items/detail?id=a0q20000008I7o8
- www.irandeserts.com
- www.kestrelweather.com
- www.saenco.com/hse/1392-05-01-08-00-12/tes-1341.html
- www.testequipmentdepot.com/reed/thermometers/8778.htm