خـرد اقلـیم در محـوطه‌های دانشـگاهی

مریم علیزاده گرجی[۱*]، فاطمه مظفری[۲]

۱- دانشجوی دکتری مهندسی معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساری

۲- استادیار دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساری

ma.alizadeh_g@yahoo.com

چکیده

تعداد روزهای گرم در بسیاری از نقاط جهان به دلیل پدیده جزیره گرمایی و تغییرات اقلیمی جهانی افزایش یافته است. درجه حرارت هوا به شدت بر آسایش حرارتی انسان و سلامت عمومی آن ها تاثیر می گذارد؛ بنابر این استفاده از راه حل هایی برای بهبود این شرایط گسترش یافته است. یکی از نقاط مهم شهری که در سال های اخیر مورد توجه قرار گرفته محوطه های دانشگاهی است. این فضاها بدلیل وسعت و تعداد کاربران زیاد، نقش مهمی در خرد اقلیم منطقه اطراف خود دارند. علاوه بر این شرایط محیطی این محوطه ها بر فعالیت و سلامت دانشجویان و اساتید تاثیر گذار است. عوامل متعددی برای کاهش جزیره گرمایی و ایجاد آسایش حرارتی در این محوطه ها نقش دارد. بحث در این مورد به وضوح نشان می دهد که چگونه این دستورالعمل ها می تواند به افزایش آسایش حرارتی در محوطه های دانشگاهی و به حداقل رساندن اثر جزیره گرمایی کمک کند. با این وجود مطالعات گسترده ای در این زمینه انجام نشده و بدین دلیل انجام پژوهشی در این زمینه دارای اهمیت است. هدف از انجام این تحقیق دستیابی به عواملی است که به طراحان کمک کند تا محیطی مناسب برای استفاده دانشجویان و ساکنین پیرامون این محوطه ها فراهم کنند. این پژوهش در کنترل شرایط حرارتی در مرحله طراحی اولیه مفید است.

کلمات کلیدی: آسایش حرارتی، محوطه دانشگاهی، خرده اقلیم، طراحی فضای باز.

۱- مقدمه

به تازگی با توجه به گرمایش جهانی جاری، آسایش حرارتی در فضای باز مورد بررسی قرار گرفته است. گرمای بیش از حد موجب مرگ هزاران نفر در سراسر جهان شده است (Andersona and Bell, 2009:206). امروزه اکثر شهرهای بزرگ حتی اقلیم سردی مانند مسکو با موج گرما روبرو هستند (Lokoshchenko, 2014:550). در تابستان سال ۲۰۰۳، حدود ۳۰۰۰ مرگ و میر مربوط به گرما در هلند گزارش شد (Robine et al., 2008: 174).

رشد سریع جمعیت در مناطق شهری، همراه با افزایش سطوح بتنی نفوذ ناپذیر، آلودگی صنعتی و تخریب زیستگاه های طبیعی، به طور منفی خرد اقلیم شهری را تغییر داده است (Watson and Johnson,1987:195; Akbari et al,2001:301; Grimmond, 2007: 83). این تغییرات روی سلامت انسان تاثیر منفی دارد و توجه بیشتری را به خود معطوف می‌کند (Campbell-Lendrum and Corvalán, 2007: 117; Franck et al., 2013:167).

بنابراین کیفیت استفاده از فضاهای شهری در کنار سایر جنبه ها، به عامل با اهمیت آسایش حرارتی وابسته است. فضای شهری که نتواند شرایط آسایش را فراهم آورد کمتر استفاده شده و حتی از آن اجتناب می شود (Lenzholzer, 2012:48). کرمونا (2007:39) از آسایش به عنوان نیازی پایه ای در فضای عمومی یاد کرده، خاطرنشان می سازد که بدون وجود آسایش، دریافتن اینکه چگونه نیازهای دیگر فضا قابل تأمین شدن هستند مشکل است. علاوه بر این، توجه به تأثیر زیرساخت های سبز شهری بر ادراک حرارتی و خرد اقلیم رو به رشد است (Hwang et al., 2010; Krüger et al., 2011; Lin et al., 2013; Yang et al.,

2013). به طور کلی در مقابل تغییرات اقلیمی جهانی و شهرنشینی سریع، ایجاد یک خرد اقلیم راحت از نظر حرارتی مطلوب است (Giridharan et al., 2007: 3669; Niu et al.,2015: 263)

در این میان محوطه های دانشگاهی به دلیل پوشش وسیع، اندازه جمعیت و فعالیت های پیچیده ای که دارند تاثیرات مستقیم و غیر مستقیمی بر محیط زیست می گذارند و می توانند به عنوان یک شهر کوچک در نظر گرفته شوند. پایداری محوطه ها به عنوان یک نگرانی جهانی برای سیاستگذاران و برنامه ریزان دانشگاهی تبدیل شده است، زیرا آن ها متوجه تاثیر فعالیت ها و عملیات دانشگاهی در محیط زیست شده اند (Geng et al, 2012:15).

همچنین محوطه دانشگاهی یک مکانی ویژه با مناطق کاربردی بسیار و تراکم جمعیت زیاد است. در عین حال، فعالیت های انسانی پیچیده ای دارد (Chen, 2014)، بنابراین محیط حرارتی در فضای باز نقش مهمی در زندگی روزمره دانشجویان و فعالیت های آنان در محوطه دارد (Zhang et al, 2017: 4053). به عنوان مثال در گوانگژو، که یک شهر نیمه گرمسیری معمولی در چین است، بسیاری از دانشجویان در طول تابستان هر سال از گرمازدگی به دلیل گرمای شدید محیط بیرونی در تابستان رنج می برند. در ژوئیه ۲۰۰۷، بیش از ۱۰۰۰ دانشجوی دانشگاه کشاورزی جنوب چین در گوانگژو در طول دوره آموزش فشرده برای دانشجویان، دچار گرمازدگی شده اند (Xi et al, 2012: 162).

مطالعات اندکی در مورد محیط حرارتی و آسایش حرارتی محوطه های دانشگاه وجود دارد. با توجه به اهمیت موضوع در این پژوهش، آخرین مطالعات در مورد اثر عوامل مختلف در خرداقلیم محوطه های دانشگاهی جمع آوری شده است، تا نگاهی کلی به روش های در نظر گرفته شده برای بهبود آسایش حرارتی این محوطه ها شود. در نهایت راهکارهای ضروری برای ایجاد خرد اقلیم مناسب پیشنهاد شده است. هدف از انجام این تحقیق دستیابی به عواملی است که به طراحان کمک کند تا محیطی مناسب برای استفاده دانشجویان و ساکنان پیرامون این محوطه ها فراهم کنند.

۲- تاثیر فضای سبز و آب بر خرد اقلیم

افزایش فضای سبز روش مهمی برای بهبود محیط حرارتی در مناطق شهری است (yoshida et al. 2015: 240; Bowler et al., 2010: 147; Wong et al, 2010:1889). فضای سبز (حتی یک درخت) در یک منطقه شهری محلی به طور قابل توجهی بر محیط زیست و آسایش حرارتی انسان تاثیر می گذارد (wang et al., 2015a,b; Klemm et al., 2015; Uchida et al., 2009; Wong, 2008). استراتژی هایی که ممکن است برای ایجاد فضای سبز استفاده شود، بام سبز و سیستم های سبز عمودی است. (Shooshtarian et al., 2018: 655). همچنین بدنه های آب، به عنوان یک ابزار طراحی توسط برنامه ریزان شهری و معماران برای تنظیم دمای شهری استفاده می شود. مزایای مربوط به خنک کنندگی آن، ناشی از افزایش تبخیر آب در طول روز و ظرفیت گرمایی زیاد آن است (Coutts et al., 2013: 2; Broadbent et al., 2017:23).

تحقیقی در دانشگاه ملی سنگاپور (اقلیم گرم و مرطوب) نشان می دهد که ساختمان های نزدیک یا احاطه شده توسط فضای سبز دارای دمای محیطی پایین تری نسبت به ساختمان هایی هستند که دور از فضای سبزند. همچنین نتایج شبیه سازی توسط نرم افزار TAS[1] در این دانشگاه نشان می دهد که یک باغ روی پشت بام، پتانسیل صرفه جویی در انرژی برای ساختمان های دانشگاه را دارد. در اندازه گیری محوطه این دانشگاه، در یک روز معمولی مشخص شد که حداکثر اختلاف دمای بین منطقه متراکم سبز و محل سکونت دانشجویان در حدود ساعت ۱۳:۰۰ می تواند تا ۴°c باشد. همچنین اثرات خنک کننده فضای سبز در محیط اطراف تحت تاثیر تراکم ساختمان قرار دارد. تراکم ساختمان بالاتر، اثرات خنک کننده بیان شده کمتر خواهد بود. این مساله بیشتر در طول شب مشاهده می شود زمانی که حرارت ذخیره شده در ساختمان ها در طول روز، در شب شروع به آزاد شدن به محیط زیست می کند(Wong et al., 2007: 2968).

در دانشگاه صنعتی جنوب چین در گوانگجو (اقلیم نیمه گرمسیری مرطوب)، سطح میدان پوشیده شده از چمن ۰,۹ ° K سردتر از بلوک های آموزشی در ظهر تابستان است (xi et al., 2012:168). همچنین مطالعه ای در محوطه دانشگاه ساگا ژاپن (اقلیم نیمه گرمسیری مرطوب) نشان داد هنگامی که به مقدار ۲۰ درصد درختان افزایش می یابند حداکثر میانگین دما در اوج تابستان (در ساعت ۱۵:۰۰)، به میزان ۲,۲۷ °c کاهش می یابد (Srivanit and Hokao, 2013: 158).

۱- یک نرم افزار شبیه‌سازی برای مدل‌سازی ساختمان

در محوطه دانشگاه ایالتی پورتلند (اقلیم معتدل)، با مقایسه هفت مکان در محوطه دانشگاه، حداکثر اثر بخشی جزیره سرمایی پارک ۵/۸ °c ثبت شده که بین پارک متراکم محوطه و یک پارکینگی نزدیک آن با پوشش آسفالت است. شبیه سازی حیاط با پوشش گیاهان و حوض آب به ترتیب به میزان ۱,۶ °C و۱,۱° C کاهش دمای هوا را نشان می دهد. همچنین سه ساختمان حیاط در محوطه دانشگاه با ویژگی های مختلف مقایسه شد (یکی با پوشش گیاهی، یکی با بدنه آب و یک حیاط ساختمانی خالی). دمای هوا در حیاط خالی به عنوان بالاترین حد و در حیاط سبز به عنوان پایین ترین حد ثبت شده است. حداکثر تفاوت دما ثبت شده ۴,۷°C (در ۱۶:۳۰ بعد از ظهر) است. این تحقیق نشان می دهد که در آب و هوای معتدل پورتلند، پوشش گیاهی و بدنه های آب می تواند دمای هوا را کاهش داده و به طور قابل توجهی میزان دمای تابشی در محوطه را نیز کم کند (Taleghani et al., 2014: 138).

در دانشگاه پردیس اوزاکا (اقلیم نیمه گرمسیری مرطوب) مقدار تابش خورشیدی در سایبان درختی در مقایسه با مکان های آفتابی بسیار کاهش یافته است ولی رطوبت مطلق تفاوت ندارد. علاوه بر این دمای هوا در سایبان درخت حدود ۱ °c از مکان های آفتابی کمتر است. اثر کاهش دمای هوا زیر درختان به وضوح با شاخص سطح برگ در ارتباط است (yoshida et al., 2015: 249). همچنین در محوطه دانشگاه پوترا مالزی (اقلیم گرم و مرطوب) یافته ها نشان می دهد که استفاده از درختان و گیاهان سبب کاهش مقادیر دمای معادل فیزیولوژی (PET[1]) در ناحیه محافظت شده از تابش مستقیم خورشید می شود (Makaremi et al., 2012:7).

بررسی ها نشان دهنده تاثیر گیاهان بر روی خرد اقلیم محوطه ها است. در اقلیم های گرم و معتدل، استفاده از گیاهان میزان درجه حرارت محیط را کاهش داده و شرایط محیطی را بهبود بخشیده است.

۳- تاثیر مصالح کف و دیوار بر خرد اقلیم

برخی از سطوح شهری دمای سطح (Ts[2]) را نسبتا پایین نگه می دارند و بنابراین برای دستیابی به آسایش حرارتی در ماه های گرم کمک می کنند. در طول دو دهه گذشته، بیشتر به این سطوح توجه شده است که به عنوان مواد سرد شناخته می شوند (Pomerantz et al., 2000; Doulos et al., 2004; Santamouris et al., 2011; Santamouris et al., 2017). استفاده از مواد قابل نفوذ با مقاومت حرارتی کم و تخلخل بالا، دارای رنگ های سبک و انعکاس بالا برای کاهش دمای سطح و اصلاح تبادل حرارتی با محیط اطراف انجام می شود (Shooshtarian et al., 2018:22). با این حال، یانگ و همکاران (۲۰۱۵) توصیه می کنند که برنامه ریزان و سیاست گذاران شهری باید قبل از اجرای آن‌ها به عنوان یک راهبرد مناسب برای همه، تاثیرات زیست محیطی این مواد را شهر به شهر تعیین کنند.

در دانشگاه صنعتی هاربین که در منطقه خیلی سرد واقع شده است، سطوح یخ و برف تاثیر منحصر به فردی بر محیط حرارتی دارند. در روزهای آفتابی، میانگین دمای سطوح یخ و برف نسبت به سطوح دیگر نسبتا بالاتر است. بنابراین، در زمستان، بهترین مکان برای فعالیت دانشجویان در محوطه دانشگاه فضای یخ و برف است و مناسب ترین زمان برای فعالیت های در فضای باز از ساعت ۱۲:۰۰ تا ۱۵:۰۰ است. تحت شرایط مشابه، رطوبت سطح برف کمی بالاتر از سطح یخ است (Jin et al., 2017:615).

دمای معادل فیزیولوژیکی در پارک پردیس دانشگاه صنعتی دلفت در هلند (اقلیم دریایی معتدل) که با چمن پوشیده شده، به میزان۱۱,۰°C پایین تر از پارکینگ سنگفرش شده با بتن در ساعت16:00 cet[3] است در این دانشگاه طی پژوهشی، ضریب انعکاس سطوح[4] سقف ها و دیوارها از ۰,۲ (معیار) به ۰,۳، ۰,۴، ۰,۵ و ۰,۶ افزایش داده شد. نتایج نشان داد که افزایش ضریب، فضای باز حیاط را به علت بازتاب بیشتر ناراحت کننده می سازد. افزایش هر ۰,۱ ضریب انعکاس سطوح، ۱,۲°C درجه حرارت را بالاتر می برد و در نتیجه PET، ۰,۸ °c بالاتر است. این مطالعه همچنین نشان داد که افزایش ضریب انعکاس سطوح انرژی خورشیدی را بیشتر از خورشید به سطح زمین می تاباند. این افزایش در طول روز باعث افزایش میانگین شار حرارتی محسوس سطوح زمین (۶,۷ W/m2) و دمای سطح (۰,۴°C) می شود. این یافته ها نشان می دهد که موقعیت و جهت گیری مصالح با ضریب انعکاس بالا می تواند به طور قابل توجهی روی آسایش حرارتی عابران پیاده در فضاهای باز شهری اثر بگذارد. به عبارت دیگر، افزایش ضریب

1 Physiological Equivalent Temperature
2 Surface temperature

۳ زمان اروپای مرکزی

4 Albedo

انعکاس سطوح در یک اقلیم بسته مانند یک حیاط، تابش اشعه را به بدن انسان تشدید می کند و آسایش حرارتی را کاهش می دهد (Taleghani, 2018: 175).

در پژوهشی که در دانشگاه ایالتی پورتلند انجام شد، تغییر ضریب انعکاس سطوح از پیاده رو در حیاط ساده (بدون پوشش گیاهی) از ۰,۳۷ (سیاه) تا ۰,۹۱ (سفید) نیز منجر به افزایش ۲,۹°C متوسط دمای تابشی (Tmrt[1]) و کاهش ۱,۳°C دمای هوا شد (Taleghani et al., 2014:138). این نشان می دهد که چگونه رنگ سطوح میتواند روی آسایش حرارتی بیرونی و داخلی در فضاهای عمومی و شهری تاثیر بگذارد. نتایج حاصل از مشاهدات در دانشگاه کاشان (گرم و خشک) نیز نشان داد که استفاده از مصالح خازن حرارت نظیر آسفالت و بتن در محوطه های وسیع و بدون سایه، موجب تشدید نوسانات دمایی در زمستان و تابستان شده و جزیره گرمایی و سرمایی زیر لایه تاج شهری را در دو جهت مخالف تشدید می کند. استفاده از مصالح روشن و دارای خلل و فرج مثل سنگ فرش به کار رفته در برخی از معابر پردیس دانشگاه، به کاهش نوسانات دمایی کمک کرده و با جذب رطوبت در فضای مابین آن، امکان برودت تبخیری را نیز فراهم می کند. (طاهباز و جلیلیان، ۳۲:۱۳۹۴) در دانشگاه شهر هنگ کنگ (اقلیم نیمه گرمسیری مرطوب) اختلاف دمای حداکثر بین منطقه ای با سطح بتنی باز و منطقه سبز متراکم در ساعت ۱۴:۰۰ به بیش از ۴,۵°C می رسد. تفاوت میانگین دمای تابشی می تواند حتی قابل ملاحظه باشد که در ساعت ۱۴:۰۰ بین منطقه ای با سطح گرانیت باز و منطقه سبز متراکم حدود ۳۲°C است. بنابر این می توان نتیجه گیری کرد که در محوطه دانشگاه، مکان های "گرم" و "سرد" و جزایر گرم محلی وجود دارد (Zhao and Fong, 2017: 530). همانطور که در نمونه های فوق مشاهده شد، استفاده از مصالحی با بازتابش کمتر در کف و دیوارهای محوطه نقش زیادی در ایجاد آسایش حرارتی محوطه بازی می کند. افزایش میزان ضریب انعکاس سطوح باعث بالا رفتن دمای محیط پیرامون و تابش دوباره اشعه خورشیدی به کاربر می گردد.

۴- تاثیر جریان باد بر خرد اقلیم

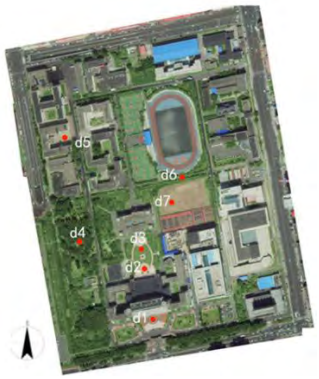
آرامش باد و ایمنی باد برای عابرین پیاده از اهمیت ویژه ای برای مناطق شهری برخوردار است (blocken et al.,2012). راحتی و ایمنی باد به طور کلی به تأثیرات فیزیکی باد در افراد اشاره می کند (Willemsen and Wisse, 2007). به ویژه در نزدیکی ساختمان های بلند مرتبه، سرعت باد اغلب در سطح عابر پیاده زیاد است که می تواند به عنوان عاملی ناراحت کننده یا حتی خطرناک معرفی شود (blocken et al.,2012). در کنار راحتی و ایمنی باد، فراهم کردن آسایش حرارتی با توجه به اقلیم نیز از نکات قابل توجه است (Metje et al., 2008 ;Stathopoulos, 2006). علاوه بر دمای هوا و رطوبت نسبی و درجه حرارت تابشی، سرعت باد پارامتری دیگر است که تعیین کننده ارزیابی آسایش حرارتی انسان است (morakinyo et al., 2016). دو رویکرد رایج که برای ایجاد محیطی دلپذیر در مناطق گرم و مرطوب مورد استفاده قرار می گیرند، تقویت باد و تکنیک های سایه هستند (Xia et al., 2015; Tse et al., 2017; Niu et al., 2015; Liu et al.,2016; Du et al., 2017a; Ng 2009). طراحی صحیح فضاهای باز حرکت باد را به یک تونل هدایت می کند و در نتیجه گرمای ناشی از جریان همرفت در شرایط گرم را کاهش می دهد (Oliveira and Andrade, 2007; Wong et al., 2010; Ghali et al., 2011; Kato and Hiyama, 2012; Hsieh and Huang, 2016; Du et al., 2017b).

در تحقیقی در دانشگاه فدرال فناوری نیجریه (اقلیم گرمسیری) نتیجه شبیه سازی با نرم افزار ENVI[2] نشان می دهد که سرعت باد در زیر درختان در مقایسه با سایت های بدون درخت تا ۵۰٪ کاهش می یابد (morakinyo et al., 2016: 727). همچنین در دانشگاه پردیس اوزاکا اندازه گیری های محیطی نشان می دهد که سرعت باد زیر درختان ۱۵٪ کمتر از محیط باز بدون درخت است (yoshida et al., 2015:249). این نشان می دهد که گیاهان سرعت باد را کاهش می دهند. پژوهشی در محوطه دانشگاه پوترا مالزی نشان داد که جریان هوا می تواند مقادیر PET را کاهش دهد هر چند در هنگام محاسبه شاخص حرارتی PET، تابش خورشیدی نقش مهمی را نسبت به سرعت باد بازی می کند ولی جریان هوا نیز در آن موثر است makaremi (et al., 2012: 13). در تحقیقی که در پردیس دوم مؤسسه فناوری هاربین انجام شد، مشاهده شد که آرایش ساختمان ها، شرایط محصور و طرح بندی درختان تاثیر زیادی بر جریان باد دارد. میدان باز در مقابل ساختمان بزرگ دانشگاه دارای باد نسبتا قوی است (نقطه d1 در تصویر ۱). هنگامی که جریان هوا با ساختمان های بلند دراین محوطه روبرو می شود، گردبادی در ارتفاع انسان

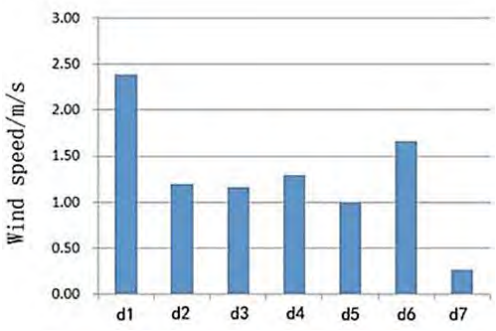
1 Mean radiant temperature

۲- نرم افزار کاربردی برای پردازش و تجزیه و تحلیل تصاویر جغرافیایی است. (*The Environment For Visualizing Images*)

تولید می شود و سرعت باد افزایش می یابد. همچنین مشاهده شد که خیابان سرعت باد را در محوطه افزایش می دهد؛ در حالیکه در دیگر خیابان محوطه که دارای درخت های مرزی کوتاه در هر دو طرف است سرعت باد کاهش می یابد. به عبارتی دیگر سرعت باد d1 (سطح مقابل ساختمان بلند)> d6 (خیابان راهپیمایی)> d4 (جنگل)> d2 و d3 (سطح بین ساختمانها)> d5 (منطقه از سه طرف محاصره شده) است (تصویر ۱، نمودار۱). بنابراین می توان نتیجه گرفت که کاشت درختان کوتاه در حاشیه خیابان، وجود درختان زیاد در محوطه و قرارگیری بین ساختمان ها سرعت باد را کاهش می دهد (Jin et al., 2017:614).



تصویر ۱: موقعیت نقاط آزمون در محوطه دانشگاه فناوری هاربین (Jin et al., 2017)



نمودار ۱: سرعت متوسط نقاط مختلف در سایت (Jin et al., 2017)

برای بهبود جریان هوا در مناطق مورد نیاز راه حل های گوناگونی وجود دارد. محققان با تحقیقی در محوطه دانشگاه پلی‌تکنیک هنگ‌کنگ به این نتیجه رسیده اند که طراحی پیلوت (تصویر(a)۲) می‌تواند به طور موثر جریان باد سطح عابر پیاده و آسایش حرارتی را بهبود بخشد (du et al., 2017c: 261). سرعت باد در زیر پیلوت (اغلب بیش از 5 m/s) بسیار بالاتر از دو سایت دیگر (تصویر(b,c)۲: بین 1 m/s تا ۲ متغیر) در محوطه است (Liu and Niu, 2017: 326; niu et al., 2015: 267). این نتیجه در دانشگاه صنعتی جنوب چین در گوانگجو (اقلیم نیمه گرمسیری مرطوب) نیز بدست آمده است (Xi et al., 2012:169).

c b a

تصویر ۲: سه محوطه دانشگاه پلی تکنیک هنگ کنگ (niu et al., 2015)

بنابراین معماری و پوشش گیاهی می تواند باعث کاهش و افزایش سرعت باد بر حسب نیاز گردد. عواملی مانند شکل ساختمان و استفاده از درختان سرعت باد را در مناطق سرد یا با سرعت باد بالا می تواند کاهش دهد. از طرفی دیگر در مناطق گرم و مرطوب نیاز به سرعت باد بیشتر برای ایجاد آسایش حرارتی است که یکی از راه حل ها استفاده از پیلوت است.

۵- تاثیر سایه بر خرد اقلیم

از آنجایی که سایه می تواند تابش خورشیدی را مسدود کند، در برخی مطالعات، اثر سایه روی محیط حرارتی مورد بحث قرار گرفته است (Lin et al., 2010). به عنوان مثال، جهت گیری خیابان و نسبت ارتفاع / عرض (H / W) برای ارزیابی سطوح سایه در برخی مطالعات اندازه گیری شده است (Johansson, 2006; Emmanuel et al., 2007)؛ در برخی دیگر ضریب دید به آسمان (SVF[1]) بررسی شده است (Giridharan et al., 2005; Dimoudi et al., 2003).

1 sky view factor

یوهانسون و امانوئل (۲۰۰۶) به روشنی اظهار داشتند که سایه نقش مهمی در آسایش حرارتی در فضای باز در شهرهای گرمسیری ایفا می کند. سایه می تواند از طریق هر مانعی که تابش مستقیم نور خورشید را مسدود می کند، ایجاد شود. در مناطق شهری، موانع شامل درختان و ساختمان ها (Wong et al., 2007; Lin et al., 2010; Kong et al., 2017)، سایبان ها و دستگاه های سایه انداز (Watanabe et al., 2014)، نماهای پیش آمده، بالکن دار و نامتقارن است (Ali-Toudert and Mayer, 2007).

مطالعه ای بر روی یک محوطه دانشگاه در مرکز تایوان (اقلیم گرمسیری) نشان می دهد که مکان های به شدت سایه در زمستان و مکان های بسیار کم سایه در تابستان آزار دهنده بودند. سطح سایه متوسط (SVF =0.129) طولانی ترین دوره آسایش حرارتی در کل سال را تامین می کند. از آنجایی که تایوان تابستان گرم و زمستان های ملایم دارد، سایه های کافی باید از درختان و ساختمان ها برای بهبود آسایش حرارتی در تابستان فراهم شود. با این حال، از آنجایی که تایوانی ها تحمل کمی نسبت به درجه حرارت پایین دارند، در فضای باز باید از ایجاد مناطق با سایه بیش از حد خودداری کرد. در این مطالعه برای طراحی فضایی در محوطه، انواع مختلف سایه و سطوح مختلف سایه توصیه شده است تا کاربران بتوانند شرایط آسایش حرارتی مورد نظر خود را انتخاب کنند (Lin et al., 2010:220). یافته های اندازه گیری میدان محوطه دانشگاه پوترا مالزی هم نشان می دهد که مقادیر شاخص آسایش حرارتی در فضاهای انتخاب شده سایه دار در محوطه دانشگاه بالاتر از محدوده آسایش تعریف شده برای آب و هوای گرمسیری (PET <30 ° C) بود. با این وجود، شرایط قابل قبول (PET <34 ° C) به طور معمول در ساعات اولیه اندازه گیری (۹ الی ۱۰ صبح) و اواخر بعد از ظهر (۴ الی ۵ صبح) اتفاق می افتد، در حالی که مکان هایی با سطح بالای سایه از گیاهان و ساختمان های اطراف آن، دوره قابل قبول حرارتی طولانی تری را دارند و مدت زمان آن را از ۱۰ تا ۱۱ صبح گسترش می دهند makaremi (et al., 2012: 14).

همانطور که انتظار می رود در دانشگاه فدرال فناوری نیجریه، سایه درخت به کاهش دمای هوا و افزایش رطوبت نسبی کمک می کند. این به دلیل ممانعت از تابش خورشید و خنک شدن تبخیری در زیر سایه درخت است. مهم است که توجه داشته باشیم که تاثیر سایه درخت برای محیط باز و خیابان تنگ (دره مانند) متفاوت است. در خیابان تنگ، درختان دارای تاثیر محدودی بر دمای هوا درون خیابان هستند و این به علت اثر سایه توسط دیواره های محدود کننده است (Morakinyo et al., 2016: 727).

در تحقیقی در محوطه دانشگاه پلی‌تکنیک هنگ‌کنگ، نشان داده شده که طراحی پیلوت می تواند به طور موثر شرایط حرارتی در محوطه دانشگاه را بهبود بخشد. به طور خاص، آن می تواند (حتی در یک روز آفتابی گرم و مرطوب تابستان) یک خرد اقلیم راحت از نظر حرارتی فراهم کند در حالی که باعث ایجاد تنش سرد و ناراحت در زمستان نمی شود. اختلاف حس گرمای حرارتی بین ناحیه زیر پیلوت و ناحیه باز محوطه در روزهای آفتابی بیشتر از روزهای ابری است. تفاوت بین مقادیر PET بین منطقه باز و پیلوت در تابستان بیشتر از ۱۲ °C است که به وضوح نشان دهنده مزیت فوق العاده ای از طراحی پیلوت در شهرهای نیمه گرمسیری مانند هنگ کنگ است. در حالیکه این اختلاف در روزهای آفتابی زمستان حدود ۶ °C است که نشان دهنده عدم ایجاد استرس حرارتی است (niu et al., 2015, 269; du et al., 2017c: 268; Liu and Niu, 2017:328).

پیلوت در دانشگاه صنعتی جنوب چین در گوانگجو نیز دمای هوا را حدود ۲ °C تا ۳ در تابستان کاهش می دهد. تفاوت متوسط دمای تابشی بین فضای زیر پیلوت و بلوک ها و میدان های آموزشی به ترتیب در حدود ۲۵°C-۱۵ و ۴۰°C- ۳۰ است، بنابراین پیلوت در روز دمای موثر استاندارد (SET[1]) را۱۰°C-۶ کاهش می دهد (Xi et al., 2012: 169). بررسی این چند نمونه نشان دهنده تاثیر مثبت سایه بر خرد اقلیم محوطه های دانشگاهی است. سایه هایی که در اثر ساختمان ها و درختان ایجاد می شود می تواند بدلیل سد کردن تابش خورشید باعث کاهش دمای محیط و ایجاد محیطی آرامش بخش شوند. پیلوت علاوه بر ایجاد سایه همانطور که در بخش قبل عنوان شده بود باعث افزایش سرعت باد می شود که شرایط محیطی را در اقلیم های گرم و مرطوب بهبود می بخشد.

۶- تاثیر عوامل ذهنی بر خرد اقلیم

علاوه بر عوامل فیزیکی (به عنوان مثال شرایط واقعی آب و هوایی)، عوامل رفتاری (مثلا رفتار سازگار برای بازگرداندن تعادل حرارتی و فعالیت های انجام شده قبل از آزمایش) و عوامل روانشناختی (نظیر تاریخچه حرارتی و انتظارات) نقش مهمی در ارزیابی تاثیر محیط حرارتی بر روی آسایش انسان بازی می کنند (Nikolopoulou et al., 2001; Lin, 2009; Yang et al., 2013). نز

1 Standard effective temperature (°C)

و همکاران (۲۰۰۹) دریافتند که حافظه طولانی مدت به طور قابل توجهی بر تجربه و انتظارات مردم نسبت به هوا و رضایت مندی آن ها از مکان های شهری در فضای باز تأثیر می گذارد.

داده های جمع آوری شده از نظرسنجی ها و اندازه گیری ها در دانشگاه زرنیک دانشگاه گرونینگن(هلند) اطلاعات مهمی در مورد چگونگی آسایش حرارتی در فضاهای سبز محلی را فراهم می کنند. نمونه ها به طور تصادفی از یک گروه متشکل از ملیت های مختلف جمع شده اند. شرکت کنندگان عمدتا از کشورهای اروپایی بودند و نمونه هایی از مناطق آب و هوایی دیگر نسبتا کوچک بودند. حس گرمائی ذهنی از نظر سنجی، در توافق با آسایش حرارتی بر اساس اندازه گیری ها بود و درجه حرارت آسایش آن ۲۲,۲°C برآورده شد. با این حال، یک دمای قابل قبول بالاتر از حد مطلوب (۳۵,۷ °C) پیدا شد که به ویژه توسط افراد محلی از مناطق معتدل بیان شده بود. علاوه بر این، نتیجه ای که بدست آمد نشان می دهد که عوامل غیر فیزیکی محیطی و ذهنی (مثلا دید طبیعی، محیط آرام و پشتوانه احساسی) نقش مهمی در تصور آسایش نسبت به شرایط واقعی حرارتی ایفا می کنند Wang (et al., 2017:87).

نتایج پژوهشی در محوطه دانشگاه پوترا مالزی نیز نشان می دهد که علاوه بر نقش قابل توجه عوامل محیطی، سازگاری حرارتی و پارامترهای روانشناختی بر سطح آسایش حرارتی انسان در فضاهای بیرونی اثر می گذارند. ارزیابی کلی سلامت حرارتی انسان در فضای باز، تفاوت بین گروه های محلی و بین المللی دانشجویان در مورد درک شرایط آب و هوایی را نشان می دهد. در این مطالعه تعداد زیادی از دانشجویان محلی اعلام کردند که شرایط حرارتی در فضای باز قابل قبول است در حالیکه بسیاری از دانشجویان بین المللی اعلام کردند که این وضعیت ناراحت کننده است. اثرات موثر سازگاری تفاوت بین پاسخ های افراد محلی و بین المللی را توضیح می دهد. در این پژوهش، افرادی که از این منطقه گذر کرده اند یا برای مدت کوتاهی در محل قرار گرفتند تحمل کمتری نسبت به شرایط حرارتی ناراحت کننده داشتند، در حالی که دانش آموزانی که آمدند تا بشینند و یا برای مدت طولانی استراحت کنند، تحمل بالایی داشتند. این یافته ها اثرات قابل توجه پارامترهای روان شناختی را در درک آسایش نشان می دهد. علاوه بر این، تفاوت قابل توجهی در رابطه با آسایش حرارتی کلی به عنوان یک نتیجه از جنسیت یافت نشد makaremi et al., 2012:13-(14).

در دانشگاه گوانگژو، ساکنان گوانگژو در مقایسه با افراد مختلف از دیگر مناطق آب و هوایی دارای حساسیت های مختلفی نسبت به دما و رطوبت هستند. حد مجاز دمای گرم ۹۰٪ از دانشجویان برابر با ۲۸,۵۴ °C است که به طور قابل توجهی بالاتر از حد مجاز اروپای غربی / اروپای مرکزی است. این نتیجه نشان می دهد که ساکنان مناطق آب و هوایی گرمسیری و نیمه گرمسیری با تغییرات محیطی حرارتی بهتر از ساکنان مناطق دیگر سازگار هستند. رای گیری احساس رطوبت نیز نشان می دهد که ۴۶,۷٪ پاسخ ها بی طرف هستند در حالیکه تنها ۱۴,۷۵٪ پاسخ ها مرطوب هستند در نتیجه ساکنان نسبت به رطوبت نیز حساس نیستند (Zhao et al., 2016:168). همچنین در پژوهشی در مؤسسه فناوری رویال ملبورن (اقلیم معتدل اقیانوسی) نیز نشان داده شد که انتظارات حرارتی در قضاوت و رضایت از شرایط حرارتی نقش کلیدی ایفا می کند (Shooshtarian and Rajagopalan, 2017:130).

بنابراین عوامل ذهنی مانند تاریخچه حرارتی افراد در انتظارات آن ها درباره شرایطی که می تواند آسایش حرارتی آن ها را تامین کند تاثیر گذار است. مردمان در سرزمین های مختلف با اقلیم های متفاوت می توانند در شرایطی احساس آرامش کنند که برای سایر مردم قابل قبول نباشد.

۷- نتیجه

این مطالعه نشان می دهد که عناصر مختلف ساخته شده توسط انسان باعث ایجاد محیط های حرارتی مختلفی می شوند. استفاده از عناصر مطلوب، با توجه به پژوهش های بررسی شده، می تواند شرایط محیطی محوطه های دانشگاهی را بهبود ببخشد.

پوشش گیاهی درجه حرارت محیط پیرامون را کاهش می دهد علاوه بر این کاشت درخت با ایجاد سایه این تاثیر را بیشتر خواهد کرد. استفاده از سطوح آبی نیز می توانند تاثیر مشابه ای(ولی در حد کم تر) داشته باشد. همچنین درختان سرعت وزش باد نامطلوب را هم می توانند کاهش دهند.

استفاده از مصالح با ضریب انعکاس پایین تر در کف و دیوار محیط در اقلیم های گرم می تواند شرایط محیطی را مطلوب سازد. بدین دلیل دمای هوای یک فضا با پوشش گیاهی، پایین تر از فضایی با پوشش دیگر مانند آسفالت است. از طرفی استفاده از مصالح روشن و دارای خلل و فرج در معابر محوطه، به کاهش نوسانات دمایی کمک می کند. سایه ای که بوسیله درختان، ساختمان ها و

سایر عناصر فیزیکی ایجاد می شود می تواند شرایط محیطی را در اقلیم های گرم بهبود بخشد، در کنار آن استفاده از باد مطلوب در اقلیم های گرم و مرطوب آسایش حرارتی را برای استفاده کنندگان تامین می کند. یکی از روش های خاص برای ایجاد این ویژگی ایجاد پیلوت است که با افزایش سرعت باد و ایجاد سایه می تواند خرد اقلیم مطلوبی در فضای زیر پیلوت و اطراف آن ایجاد کند.

باید به این نکته توجه کرد که افرادی که اقلیم های مختلفی را تجربه کردند، انتظارتشان درباره شرایطی که آسایش حرارتی آن ها را تامین می کند متفاوت است. بنابر این برای فراهم کردن آسایش حرارتی در محوطه های دانشگاهی باید به تجربیات اقلیمی حداکثر کاربران توجه کرد و در کنار آن فضاهایی با خرد اقلیم های متفاوت برای همه دانشجویان ایجاد کرد. همچنین لازم به ذکر است که دستورالعمل های طراحی خاص ممکن است شرایط حرارتی در یک اقلیم را بهبود بخشد، اما تاثیرش در اقلیم دیگر متفاوت باشد. بنابراین بسیار مهم است که ویژگی های جغرافیایی و ویژگی های فصلی هر محوطه دانشگاهی را در نظرگرفت.

منابع

۱- طاهباز منصوره، جلیلیان شهربانو (۱۳۹۴)، « نقش مصالح پیاده راه بر خرداقلیم فضاهای باز – تحقیق میدانی در محوطه دانشگاهی»، نشریه هنرهای زیبا، دوره ۲۰، شماره ۴، صص ۳۲- ۲۱

2. Akbari H, Pomerantz M, Taha H (2001) Cool surfaces and shade trees to reduce energy use and improve air quality in urban areas. Sol Energy 70(3):295–310
3. Ali-Toudert, F. & Mayer, H. 2007. Effects of asymmetry, galleries, overhanging façades and vegetation on thermal comfort in urban street canyons. Solar Energy, 81, 742-754.
4. Andersona, B.G., Bell, M.L., 2009. Weather-related mortality, how heat, cold, and heat waves affect mortality in the United States. Epidemiology 20, 205–213.
5. Bowler, D. E., Buyung-Ali, L., Knight, T. M. & Pullin, A. S (2010) Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence. Landscape and Urban Planning, 97, 147-155.
6. Broadbent, A. M., Coutts, A. M., Tapper, N. J., Demuzere, M. & Beringer, J.(2017) The microscale cooling effects of water sensitive urban design and irrigation in a suburban environment. Theoretical and Applied Climatology, 1-23.
7. Campbell-Lendrum D, Corvalán C (2007) Climate change and developing-country cities: implications for environmental health and equity. J Urban Health: Bull N Y Acad Med 84(1):109–117
8. Carmona, Matthew & Tiesdell, Steve (2007) Urban Design Reader, Architectural press, Oxford.
9. Chen C (2014) Research on the outdoor thermal environment at Tianjin University campus in the summer. D. Tianjin University,.
10. Coutts, A. M., Tapper, N. J., Beringer, J., Loughnan, M., & Demuzere, M. (2013). Watering our cities: The capacity for Water Sensitive Urban Design to support urban cooling and improve human thermal comfort in the Australian context. Physical Geography 37, 2–28.
11. Dimoudi A, Nikolopoulou M (2003) Vegetation in the urban environment: microclimatic analysis and benefits. Energy and Buildings;35:69–76.
12. Doulos, L,SANTAMOURIS, M. & LIVADA, I.(2004) Passive cooling of outdoor urban spaces, The role of materials. Solar Energy, 77, 231-249.
13. Du Y, Mak CM, Liu JL, Xia Q, Niu JL, Kwok K C S(2017a) Effects of lift-up design on pedestrian level wind comfort in different building configurations under three wind directions. Build Environ; 117: 84-99.
14. Du, Y., Mak, C. M., Kwok, K., Tse, K.-T., Lee, T.-C., Ai, Z., Liu, J. & Niu, J. (2017b) New criteria for assessing low wind environment at pedestrian level in Hong Kong. Building and Environment, 123, 23-36.
15. Du Y, Mak CM, Huang T, Niu J (2017c) Towards an integrated method to assess effects of lift-up design on outdoor thermal comfort in Hong Kong, Building and Environment, 261-272.doi: 10.1016/j.buildenv..09.001.
16. Emmanuel R, Rosenlund H, Johansson E (2007) Urban shading - a design option for the tropics? A study in Colombo, Sri Lanka. International Journal of Climatology;27:1995–2004.
17. Franck U, Krüger M, Schwarz N, Grossmann K, Röder S, Schlink U (2013) Heat stress in urban areas: indoor and outdoor temperatures in different urban structure types and subjectively reported wellbeing during a heat wave in the city of Leipzig. Meteorol Z 22(2): 167–177
18. Geng Y, Liu K, Xue B, Fujita T (2012) Creating a "green university" in China: a case of Shenyang University. Journal of Cleaner Production 61 : 13-19
19. GHALI, K., GHADDAR, N. & BIZRI, M. (2011) The influence of wind on outdoor thermal comfort in the city of Beirut: a theoretical and field study. HVAC&R Research, 17, 813-828.
20. Giridharan R, Lau SSY, Ganesan S (2005) Nocturnal heat island effect in urban residential developments of Hong Kong. Energy and Buildings ;37:964–71.
21. Giridharan R, Lau S S Y, Ganesan S, Givoni B (2007) Urban design factors influencing heat island intensity in high-rise high-density environments of Hong Kong. Build Environ; 42: 3669-3684.

22. HSIEH, C.-M. & HUANG, H.-C (2016) Mitigating urban heat islands: A method to identify potential wind corridor for cooling and ventilation. Computers, Environment and Urban Systems, 57, 130-143.
23. Hwang RL, Lin TP, Cheng MJ, Lo JH (2010)Adaptive comfortmodel for tree-shaded outdoors in Taiwan. Build Environ 45(8):1873–1879
24. Jin H, Qiao L, Wang B (2017) Field Research and Study of Campus Thermal Environment in Winter in Severe Cold Areas. Energy Procedia 134:607-615
25. Johansson E, Emmanuel R (2006) The influence of urban design on outdoor thermal comfort in the hot humid city of Colombo, Sri Lanka. Int J Biometeorol; 51: 119-133,.
26. Johansson E (2006) Influence of urban geometry on outdoor thermal comfort in a hot dry climate: a study in Fez, Morocco. Building and Environment;41:1326–38.
27. Grimmond S (2007) Urbanization and global environmental change: local effects of urban warming. Geogr J 173(1):83–88
28. Kato s, HIYAMA, K (2012) Ventilating cities: air-flow criteria for healthy and comfortable urban living, Springer Science & Business Media.
29. KLEMM, W., HEUSINKVELD, B. G., LENZHOLZER, S., JACOBS, M. H. & VAN HOVE, B(2015) Psychological and physical impact of urban green spaces on outdoor thermal comfort during summertime in The Netherlands. Building and Environment, 83, 120-128.
30. Knez I, Thorsson S, Eliasson I, Lindberg F (2009) Psychological mechanisms in outdoor place and weather assessment: towards a conceptual model. Int J Biometeorol 53(1):101–111
31. KONG, L., LAU, K. K.-L., YUAN, C., CHEN, Y., XU, Y., REN, C. & NG, E. (2017) Regulation of outdoor thermal comfort by trees in Hong Kong. Sustainable Cities and Society, 31, 12-25.
32. Krüger EL, Minella FO, Rasia F (2011) Impact of urban geometry on outdoor thermal comfort and air quality from field measurements in Curitiba, Brazil. Build Environ 46(3):621–634
33. Lenzholzer, Sanda (2012) "Research and design for thermal comfort in Dutch urban squares,"Resources, Conservation and Recycling, 64, 39-48.
34. Lin TP (2009) Thermal perception, adaptation and attendance in a public square in hot and humid regions. Build Environ 44(10):2017–2026
35. Lin TP, Matzarakis A, Hwang R-L (2010) Shading effect on long-term outdoor thermal comfort. Building and Environment 45: 213–221
36. Lin BS, Yu CC, Su AT, Lin YJ (2013) Impact of climatic conditions on the thermal effectiveness of an extensive green roof. Build Environ 67:26–33
37. Liu JL, Niu JL, Xia Q (2016) Combining measured thermal parameters and simulated wind velocity to predict outdoor thermal comfort. Build Environ; 105: 185-197.
38. Liu J, Niu J (2017) Assessment on seasonal variations of outdoor thermal comfort with on-site monitoring in a precinct, Procedia Engineering 198: 321 – 331
39. Lokoshchenko, M.A.(2014) Urban 'Heat Island' in Moscow Urban Climate 10, Part 3. pp. 550–562. http://dx.doi.org/10.1016/j.uclim.2014.01.008
40. Makaremi N, Salleh E, Zaky Jaafar M, GhaffarianHoseini A(2012) Thermal comfort conditions of shaded outdoor spaces in hot and humid climate of Malaysia. Building and Environment 48: 7-14
41. Metje, N., Sterling, M., Baker, C.J., 2008. Pedestrian comfort using clothing values and body temperatures. J. Wind Eng. Ind. Aerodyn. 96 (4), 412e435.
42. Morakinyo T.E, Kalani K.W.D, Dahanayake C, Adegun O, Balogun A (2016) Modelling the effect of tree-shading on summer indoor and outdoorthermal condition of two similar buildings in a Nigerian universityTobi, Energy and Buildings 130: 721–732.
43. Ng E (2009) Policies and technical guidelines for urban planning of high-density citiese air ventilation assessment (AVA) of Hong Kong. Build Environ;44: 1478-88.
44. Nikolopoulou M, Baker N, Steemers K (2001) Thermal comfort in outdoor urban spaces: understanding the human parameter. Sol Energy 70(3):227–235
45. Niu JL, Liu JL, Lee T, Lin ZJ, Mak C M, Tang B S, Kwok K.C.S (2015) A new method to assess spatial variations of outdoor thermal comfort: onsite monitoring results and implications for precinct planning. Build Environ; 91: 263-270.
46. OLIVEIRA, S. & ANDRADE, H. (2007). An initial assessment of the bioclimatic comfort in an outdoor public space in Lisbon. International Journal of Biometeorology, 52, 69-84.
47. Pantavou K., Theoharatos G., Santamouris M., Asimakopoulos D.. Outdoor thermal sensation of pedestrians in a Mediterranean climate and a comparison with UTCI. Build Environ 2013;66: 82-95.
48. POMERANTZ, M., BRIAN, P., HASHEM, A. & SHENG-CHIEH, C (2000) The effect of pavements temperatures on air temperatures in large cities. Berkeley, CA.
49. Robine, J.-M, Cheung, S.L.K, Le Roy, S, Van Oyen, H, Griffiths, C, Michel, J.-P, Herrmann, F.R.(2008) Death toll exceeded 70,000 in Europe during the summer of 2003 . C. R. Biol. 331, 171–178.
50. SANTAMOURIS, M., SYNNEFA, A. & KARLESSI, T (2011) Using advanced cool materials in the urban built environment to mitigate heat islands and improve thermal comfort conditions Solar Energy, 85, 3085-3102.
51. Santamouris, M. (2013). Using cool pavements as a mitigation strategy to fight urban heat island – A review of the actual developments. Renewable and Sustainable Energy

52. SANTAMOURIS, M., DING, L., FIORITO, F., OLDFIELD, P., OSMOND, P., PAOLINI, R PRASAD, D. & SYNNEFA, A. (2017). Passive and active cooling for the outdoor built environment – Analysis and assessment of the cooling potential of mitigation technologies using performance data from 220 large scale projects. Solar Energy, 154, 14-33.
53. Shooshtarian S and Rajagopalan P (2017) Study of thermal satisfaction in an Australian educational precinct, Building and Environment 123: 119-132
54. Shooshtarian S, Rajagopalan P, Sagoo A (2018) A comprehensive review of thermal adaptive strategies in outdoor spaces, Sustainable Cities and Society 41: 647-665
55. Srivanit M, Hokao K(2013) Evaluating the cooling effects of greening for improving the outdoor thermal environment at an institutional campus in the summer. Building and Environment 66: 158-172
56. Stathopoulos, T., 2006. Pedestrian level winds and outdoor human comfort. J. Wind Eng. Ind. Aerodyn. 94 (11), 769e780.
57. Taleghani M, Sailor D, Tenpierik M, Dobbelsteen A (2014) Thermal assessment of heat mitigation strategies: The case of Portland State University, Oregon, USA. Building and Environment 73 : 138-150
58. Taleghani M(2018) The impact of increasing urban surface albedo on outdoor summer thermal comfort within a university campus. Urban Climate 24: 175–184
59. Tse K T, Zhang X, Weerasuriya A U, Li SW, Kwok K.C.S., Mak C M, Niu JL. (2017) Adopting 'liftup'building design to improve the surrounding pedestrian-level wind environment. Build Environ; 117: 154-165.
60. -UCHIDA, M., MOCHIDA, A., SASAKI, K. & TONOUCHI, T(2009) Field measurements on turbulent flowfield and thermal environmet in and around biotope with pond and green space Proceedings of the 7th International Conference on Urban Climate, 29 June- 3 July 2009 Youkohama, Japan.
61. Wang Y, Bakker F, De Groot R, Wörtche H, Leemans R (2015a) Effects of urban green infrastructure (UGI) on local outdoor microclimate during the growing season. Environ Monit Assess 187(12):732–745
62. Wang Y, Bakker F, De Groot R, Wörtche H, Leemans R (2015b) Effects of urban trees on local outdoor microclimate: synthesizing field measurements by numerical modelling. Urban Ecosyst:1–27
63. Wang Y, de Groot R, Bakker R, Wörtche H, Leemans R (2017) Thermal comfort in urban green spaces: a survey on a Dutch university campus, Int J Biometeorol 61:87–101
64. Watanabe S., NAGANO, K., ISHII, J. & HORIKOSHI, T.(2014) Evaluation of outdoor thermal comfort in sunlight, building shade, and pergola shade during summer in a humid subtropical region. Building and Environment, 82, 556-565.
65. Watson ID, Johnson GT (1987) Graphical estimation of sky view-factors in urban environments. J Climatol 7(2):193–197
66. Willemsen, E., Wisse, J.A., 2007. Design for wind comfort in The Netherlands procedures, criteria and open research issues. J. Wind Eng. Ind. Aerodyn. 95 (9e11), 1541-1550
67. Wong N.H, Jusuf S.K, La Win A.A, Thu H.K, Negara T.S, Xuchao W(2007) Environmental study of the impact of greenery in an institutional campus in the tropics. Building and Environment 42: 2949–2970
68. Wong, E (2008) Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies Green Roofs. Melbourne, Australia: Climate Protection Partnership Division in the U.S. Environmental Protection Agency's Office of Atmospheric Programs.
69. WONG, M. S., NICHOL, J. E., TO, P. H. & WANG, J (2010) A simple method for designation of urban ventilation corridors and its application to urban heat island analysis. Building and Environment, 45, 1880-1889.
70. Xi t, Li Q, Mochida A, Meng Q(2012) Study on the outdoor thermal environment and thermal comfort around campus clusters in subtropical urban areas. Building and Environment 52: 162-170
71. Xia Q, Liu XP, Niu JL, Kwok K.C.S (2015). Effects of building lift-up design on the wind environment for pedestrians. Indoor Built Environ: 1420326X15609967. :
72. Yang W, Wong NH, Jusuf SK (2013) Thermal comfort in outdoor urban spaces in Singapore. Build Environ 59:426–435
73. YANG, J., WANG, Z.-H. & KALOUSH, K. E. (2015). Environmental impacts of reflective materials: Is high albedo a 'silver bullet' for mitigating urban heat island? Renewable and Sustainable Energy Reviews, 47, 830-843
74. Yoshida A, Hisabayashi T, Kashihara K, Kinoshita S, Hashida S (2015) Evaluation of effect of tree canopy on thermal environment, thermal sensation, and mental state. Urban Climate 14: 240–250,
75. Zhang L, Zhang L, Jin M, Jiu J (2017) Numerical Study of Outdoor Thermal Environment in a University Campus in Summer. Procedia Engineering 205: 4052–4059
76. Zhao L, Zhou X, Li Li, He S, Chen R (2016) Study on outdoor thermal comfort on a campus in a subtropical urban area in summer, Sustainable Cities and Society 22: 164-170
77. Zhao T.F , Fong K.F (2017) Characterization of different heat mitigation strategies in landscape to fight against heat island and improve thermal comfort in hot–humid climate (Part I): Measurement and modeling, Sustainable Cities and Society 32:523–531