سنجش میزان تأثیر پوشش گیاهی بر شرایط آسایش حرارتی بیرونی عابران پیاده

(مورد پژوهی: مجتمع مسکونی گلدشت شیراز)

سینا کرمی‌راد[۱] (نویسنده مسئول)، محمد علی‌آبادی[۲]، امین حبیبی[۳]، رزا وکیلی‌نژاد[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۴/۰۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۳/۲۳

چکیده

در نیم‌قرن اخیر، به‌ویژه در کلان‌شهرهای کشور با افزایش جمعیت شهرنشین شاهد ساخت بی‌رویه مجتمع‌های مسکونی هستیم؛ که این مسئله افزایش دمای هوای مناطق شهری نسبت به حومه شهر و مناطق روستایی را به همراه داشته است. این امر موجب کاهش پوشش گیاهی مناطق شهری شده است. ازآنجایی‌که درختان باعث افزایش کیفیت فضایی محیط‌های مسکونی می‌شوند و همچنین در ایجاد شرایط آسایش محیطی نقش بسزایی را ایفا می‌کنند، این پژوهش باهدف دستیابی به آسایش حرارتی و کاهش اثرات پدیده جزیره گرمایی در فضاهای باز مجتمع‌های مسکونی، به دنبال ارائه الگویی بهینه از نوع و درصد پوشش گیاهی می‌باشد. در این راستا راهبرد ترکیبی تحقیق بر مبنای تدابیر دوگانه استدلال منطقی و سنجش نرم‌افزاری (نسخه ENVI-met 4 Basic) به تحلیل و مقایسه شش الگو متفاوت پوشش گیاهی در پنج نقطه مختلف سایت مجتمع گلدشت شیراز پرداخته است. معیارهای موردسنجش عبارتند از: متغیرهای اصلی آسایش حرارتی بیرونی نظیر، دمای هوا، رطوبت نسبی و جریان هوا. نتایج تحقیق حاکی از آن است که نوع درخت برگ‌ریز با در نظر گرفتن شاخص تراکم و سطح برگ از یک‌سو، فرم تاج درختان و ارتفاع ساقه از سویی دیگر در آسایش حرارتی بیرونی به‌صورت چشمگیری مؤثر می‌باشند، علاوه بر این، طرح کاشت درختان با توجّه به زاویه قرارگیری معابر برای بهبود سایه‌اندازی و هدایت جریان هوا می‌بایست موردتوجّه طراحان قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی:

خرداقلیم شهری، آسایش حرارتی، پوشش گیاهی، ENVI-met.

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران. Sina.karamirad@shirazu.ac.ir

۲. استادیار دانشکده هنر و معماری، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران. aliabadi@shirazu.ac.ir

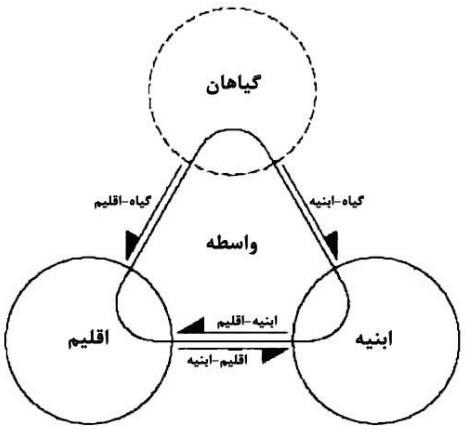
۳. استادیار دانشکده هنر و معماری، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران. a_habibi@shirazu.ac.ir

۴. استادیار دانشکده هنر و معماری، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران. Arch.rv@shirazu.ac.ir

* این مقاله برگرفته از رساله کارشناسی ارشد معماری نگارنده اول تحت عنوان "بازطراحی آپارتمان مسکونی با تأکید بر تهویه طبیعی در بهینه‌سازی مصرف انرژی" می‌باشد، که به راهنمایی دکتر علی‌آبادی و دکتر حبیبی و مشاوره دکتر وکیلی‌نژاد در دانشکده هنر و معماری دانشگاه شیراز به انجام رسیده است.

۱- مقدمه

یکی از مهمترین چالش‌های طرح های معماری و منظر، چگونگی بهره‌گیری از درختان و پوشش گیاهی سایت جهت نیل به آسایش حرارت محیطی است؛ بنابراین معماران منظر جهت مداخلات محیطی، نیاز به داشتن الگوی بهینه فضای سبز و آگاهی از تأثیر میزان به‌کارگیری مصالح نرم، در طراحی سایت و محوطه‌های باز دارند. میزان و چگونگی استفاده از پوشش گیاهی سایت‌های شهری اثرگذاری مستقیمی بر شکل‌گیری یا کاهش پدیده‌ی جزیره گرمایی (UHI[1]) دارد، این پدیده منجر به ایجاد نوسانات هوایی و تغییر سطح درجه حرارت در مراکز شهری در طول روز و شب نسبت به مناطق اطراف شهر می‌شود؛ بررسی این مسئله در مناطق مختلف شهری در سراسر جهان نشان از رابطه عمیق با شکل، ابنیه، محل و منطقه آب و هوایی و پوشش گیاهی هر سایت دارد (Targhi & Van Dessel, 2015: 1155)، (Salata et al., 2015: 32) (شکل ۱).



شکل ۱. مدل محیطی، گیاهان به‌عنوان کنترل‌کننده بخش عمده‌ای از محیط‌زیست در نظر گرفته می‌شود (Ng, 2009:228).

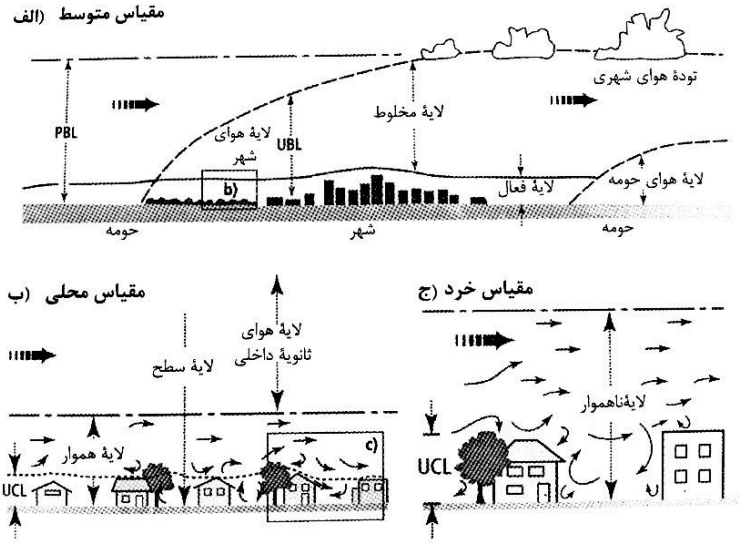
در مناطق شهری درحال‌توسعه، ساختمان‌ها و جاده‌ها و سایر زیرساخت‌های شهری جایگزین زمین‌های باز و پوشش گیاهی می‌شوند که این امر به‌یک‌باره زمین‌های نفوذپذیر و مرطوب را به نفوذناپذیر و خشک تبدیل می‌کند (Al-Kurdi & Awadallah, 2015: 43). پوشش گیاهی و سایه‌اندازی درختان و تغییر مصالح کف، می‌توانند راهبردهای اصولی جهت بهبود بخشیدن به شرایط آسایش محیطی عابران پیاده در ماه‌های گرم سال نیز باشند (El-Bardisy et al., 2016: 215; Middel et al., 2014:27). در یک روز گرم تابستانی دمای سطحی فضای شهری می‌تواند حدود ۲۷ تا ۵۰ درجه گرم‌تر از درجه حرارت هوای آن باشد (Berdahl & Bretz, 1997: 149)، درحالی‌که سطوح گیاهان به‌طور قابل‌توجّهی خنک‌تر باقی می‌مانند، پس جرم حرارتی سطوح شهری می‌توانند تأثیر قابل‌توجّهی در ذخیره حرارت داشته و خرداقلیم مجموعه را تحت تأثیر خود قرار دهند (Taleghani et al., 2014: 2).

از این‌رو فرضیه این مقاله بر پایه دستیابی به الگوی بهینه پوشش گیاهی سایت که بتواند در کاهش اثرات پدیده جزیره گرمایی و رسیدن به آسایش محیطی در سایت‌های باز شهری و مجموعه‌های مسکونی بیانجامد، استوار گردیده است. برای اثبات فرضیه فوق پاسخ به این سؤال که تأثیر فضای سبز محیطی بر آسایش حرارتی عابران پیاده در مجتمع‌های مسکونی چگونه و به چه میزان است؟ ضرورت دارد.

روش تحقیق به‌کاررفته در این مقاله به لحاظ راهبردی ترکیبی بوده و از تدابیر استدلال منطقی و سنجش با به‌کارگیری نرم‌افزار ENVI-met[2] بهره گرفته است (لیندا گروت، ۱۳۸۸: ۳۶۲-۳۶۱). به این منظور مطالعات کتابخانه‌ای و برداشت میدانی جهت عملیاتی کردن راهبرد فوق در نظر گرفته شده است.

۲- خرداقلیم شهری

عموماً مدل‌های اقلیمی شهری بر اساس مقیاس جغرافیایی دسته‌بندی می‌شوند (شکل۲)، مدل‌ها بر اساس زمینه کالبدی و دقت دمایی و فضایی‌شان تفاوت دارند (hunter, 1995: 23). هندسه و فرم شهری که به شاخصه‌های ضریب دید به آسمان (SVF)[3]، ارتفاع به پهنا (H/W) دره‌های شهری تقسیم می‌شوند می‌توانند خرداقلیم‌های متفاوتی را شکل دهند (Targhi & Van Dessel, 2015: 1154) (Middel et al., 2014). مدل‌های دره‌های شهری[4]، جریان‌های انرژی را بر اساس شکل مقطع عرضی خیابان یا بناهای هم‌شکل و هم‌ارتفاع، سطوح خشک، بدون پوشش گیاهی و بدون گرمای ذخیره‌شده در بافت مصالح ساختمانی، پیش‌بینی می‌کنند (Herbert et al., 1998: 268). درن هایت، یکی از مهم‌ترین جنبه‌های انتخاب هر مدل، خروجی‌های آن است. مدل اقلیمی ممکن است طیفی از خروجی‌ها، از پیش‌بینی تنها یک متغیر مانند دمای هوا (Sawaid & Hoffman, 1990: 314) گرفته، تا توصیف تفصیلی انواع مؤلفه‌های خرد اقلیم همچون مدل ENVI-met، را شامل شوند (Arnfild, 2003: 2).



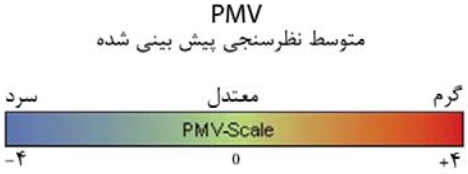
شکل ۲. مقیاس‌های اقلیم شهری: الف) مقیاس میانه ب) مقیاس محلی ج) مقیاس خرد (Oke, 2006)

۳- آسایش حرارتی در محیط‌های باز

آسایش حرارتی[5] عبارت است از احساس رضایت فرد از محیطی مشخص (کسمایی،۱۳۸۷: ۱۴) که انسان از نظر ذهنی و فکری در شرایط مطلوبی قرار گیرد. چراکه در چنین محیطی بدن انسان نه احساس سرما می‌کند و نه احساس گرما، آسایش حرارتی از تعادل دما میان بدن و محیط اطراف ناشی می‌گردد (watson & labs, 2006: 25).

با توجّه سابقه طولانی‌تر معماری در مقایسه با طراحی شهری، بسیاری از پژوهش‌ها در این زمینه، روش‌ها و معیارهای سنجش آسایش حرارتی در فضاهای داخلی را به فضاهای بیرونی تعمیم داده‌اند، و بدین ترتیب صرفاً شاخص‌های دمای هوا، رطوبت جریان هوا را در نظر گرفته‌اند (Coronel & Alvarez, 2001:263). این در حالی است که فضاهای باز واقعی چنین خصوصیاتی ندارند. در روش‌های جدید بر اهمیت برجسته اشعه تابشی بر تعادل گرمایی بدن انسان تأکید شده است، (Toudert, 2005: 80) و همچنین تأثیراتی که کالبد فضاهای شهری از طریق دمای متوسط تابشی بر روی آسایش حرارتی عابر پیاده می‌گذارند موردتوجّه قرارگرفته است (Krüger et al., 2011:626). ایجاد شرایط آسایش حرارتی فضای بیرونی می‌تواند باعث تشویق به پیاده‌روی در شهرها شده و بهبود سلامت عمومی و هوای پاک را به دنبال داشته باشد (Targhi & Van Dessel, 2015: 1153). بنابراین صرف‌نظر از شرایط فرد به لحاظ وضعیت حرکتی (ایستاده، قدم‌زنان یا نشسته)، نوع پوشش، سن، جنس، میزان چربی زیرپوست و جز این‌ها، آنچه شرایط محیط را به لحاظ آسایش حرارتی تبیین می‌کند، عموماً از برهم‌کنش چهار مؤلفه باد، دمای هوا، رطوبت و دمای متوسط تابشی[6] ناشی می‌شود (El-Bardisy et al., 2016: 212)و (رضازاده، ۱۳۹۰، ۱۶۶).

در نرم‌افزار انوی‌مت، محدوده آسایش حرارتی بین ۴ تا ۴- تعریف شده است (شکل۳). با توجّه به مؤلفه‌های ذکر شده در بالا، این محدوده شرایط آسایش حرارتی متفاوتی را نمایش می‌دهد.



شکل۳. محدوده آسایش حرارتی تعریف شده در نرم‌افزار ENVI-met (Bruse, 2015).

۴- پوشش گیاهی

درختان علاوه بر اینکه می‌توانند از طریق پاکیزه کردن هوا یا کاهش سطح آلودگی صوتی و ایجاد ثبات در خاک برای محیط‌زیست مؤثر واقع شوند، می‌توانند صرفه‌های اقتصادی عظیمی را شامل گردند (Jamei et al., 2016: 1008). در حالت کلی پوشش گیاهی می‌تواند باعث افزایش کیفیت فضایی محیط گردد (El-Bardisy et al., 2016: 210). مطالعات متعددی درزمینه های صرفه‌جویی انرژی در تابستان با بهره‌گیری از سایه درختان صورت پذیرفته است (Akbari et al., 2001: 295) (Picot, 2004: 329). درختان می‌توانند با سایه‌اندازی خود باعث تغییر در میزان جذب

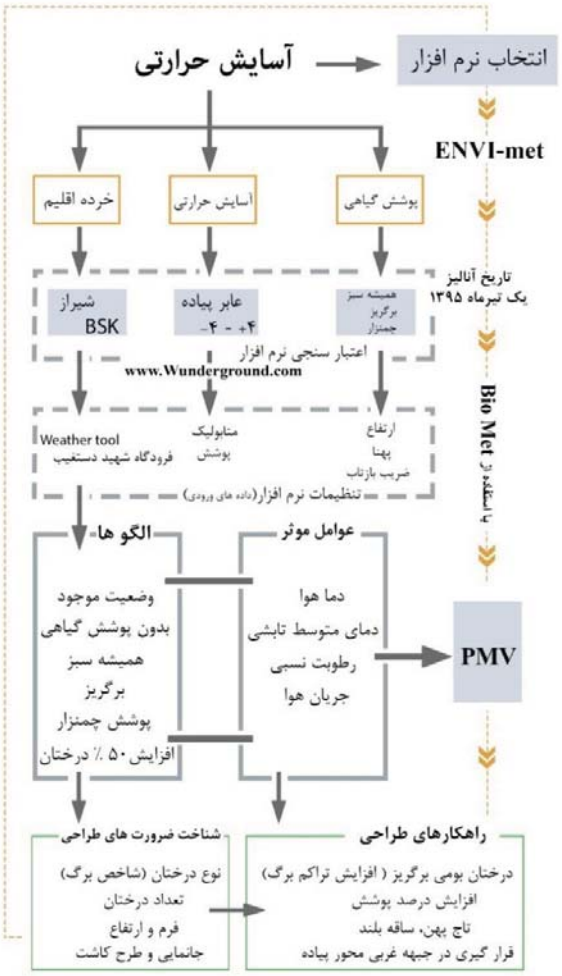
تابش خورشیدی و باز تابش‌های زمینی جهت اصلاح نمودن خرداقلیم‌ها گردند (Fahmy, 2010: 356). سایه درختان به‌عنوان یکی از عوامل کلیدی در کاهش دمای هوا در تابستان و کاهش UHI شناسایی‌شده است، پس در نتیجه افزایش سطح سایه‌اندازی درختان باعث اثرات مثبتی بر روی محیط‌های سایه‌دار می‌گردد، که منجر به کاهش دما و افزایش رطوبت می‌شود (Wong & Yu, 2005: 547) (Sawka et al., 2013). پوشش گیاهی شامل درخت‌ها، بوته (درختچه‌ها)، بالارونده‌ها و علف‌ها می‌شود. اثر سایه و نرخ تبخیر و تعرق درختان بستگی به ارتفاع، هندسه تاج درختان و شاخصه‌ی شاخ و برگ‌ها و شکل بالغ درختان نیز دارد (Santamouris, 2013: 345). انوی مت درختان را بر اساس دو پارامتر " تراکم سطح برگ[۷] " و "شاخص سطح برگ[۸] " مورد ارزیابی قرار می‌دهد (Bruse, 2015).

۵- روش انجام پژوهش

مقاله حاضر در گام نخست به بررسی آسایش حرارتی عابران پیاده در مجتمع مسکونی واقع در شیراز (29°60′N 52°53′E) و ارتفاع از سطح دریا ۱۵۴۰ متر) استان فارس، ایران، با آب‌وهوای خشک نیمه سرد می‌پردازد (براساس شاخص کوپن در محدوده BSK- خشک نیمه سرد قرار می‌گیرد).

در گام دوم به بررسی تأثیر انواع پوشش گیاهی جهت دستیابی به کیفیت فضایی بهتر با استفاده از نرم‌افزار عددی ENVI-met پرداخته می‌شود که تأثیرات نوع گیاه، میزان پوشش تاج درخت، مقاومت روزنه و گسترش ریشه درخت را مدنظر قرار می‌دهد (Bruse, 2015). آنالیزها در شش الگو متفاوت از نوع پوشش گیاهی و میزان سطح قابل پوشش درختان در دو زمان صبح و بعدازظهر تابستان و در پنج نقطه مختلف از سایت مورد بررسی قرار می‌گیرند (شکل۵).

تمرکز این تحقیق بر تأثیر پوشش گیاهی بر عوامل مؤثر آسایش حرارتی است - یعنی دمای هوا- جریان باد،رطوبت نسبی و دمای متوسط تابشی. شکل ۴ روند شکل‌گیری این پژوهش را نشان می‌دهد. به همین خاطر از میان مدل‌های موجود شبیه‌سازی خرداقلیم شهری، مدل Envi-met که توانایی شبیه‌سازی مقادیر این شاخص‌ها را دارد، انتخاب و به کار گرفته شده است. امتیاز اصلی این مدل آن است که فعل و انفعالات جو را که براساس قوانین فیزیکی- مانند قوانین دینامیک سیالات و ترمودینامیک بر خرداقلیم تأثیر می‌گذارند - شبیه‌سازی می‌کند (Bruse, 2009). از دیگر مزایای این نرم‌افزار می‌توان به بررسی مدل شبیه‌سازی در دوره‌های ۲۴ ساعته اشاره کرد و همچنین این مدل می‌تواند عناصر پیچیده تشکیل‌دهنده شهری و جزییات معماری را در برگیرد و ضمناً پوشش گیاهی را نه تنها به عنوان توده‌های متخلخل در برابر جریان باد و اشعه آفتاب، بلکه با احتساب فرآیندهای تبخیر و فتوسنتز نیز مورد توجّه قرار داده و جنس خاک را نیز در نظر می‌گیرد.



شکل۴. چارچوب روند پژوهش (منبع: نگارندگان)

۶- مطالعه نمونه موردی و آزمون تحقیق

مجتمع مسکونی مورد بررسی گلدشت معالی آباد بزرگ‌ترین مجتمع مسکونی شیراز با ۵۰۰۰ واحد مسکونی می‌باشد که در محدوده شمال غربی شیراز واقع شده است. محدوده‌ای از سایت شماره C به‌عنوان بخشی از تحلیل این پژوهش مورد بررسی قرار می‌گیرد (Taghipour et al., 2015: 342). محدوده انتخاب شده با مساحت ۲۵ هزار مترمربع دارای ۸ بلوک ساختمانی چهار طبقه با ارتفاع ۱۲ متر و سطح اشغال ۱۲٪ می‌باشد شکل ۵.

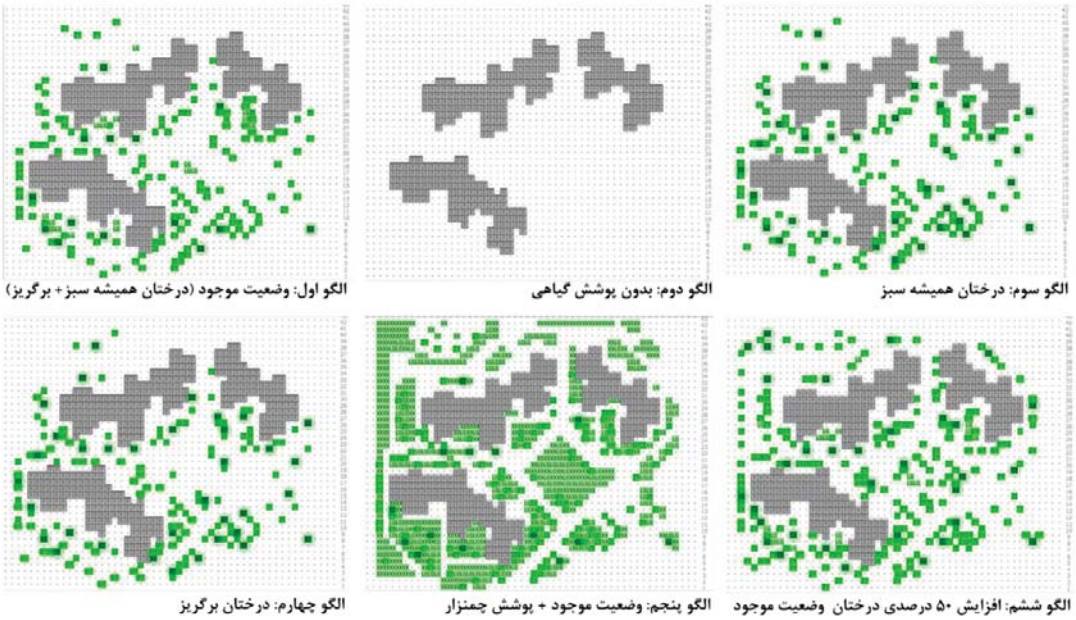
شکل ۵. موقعیت محدوده انتخاب‌شده در سطح شهر و منطقه، محل قرارگیری گیرنده‌های مجازی در سایت انتخابی (نقاط شماره‌گذاری شده) (منبع: نگارندگان)

گیرنده‌های مجازی[9] داده‌های محیطی در پنج نقطه از محدوده سایت ازجمله مرکز و چهار جهت جغرافیایی در کنارگذرهای عابر پیاده قرارگرفته تا هر چه بیشتر تأثیر پوشش گیاهی بر روی آسایش حرارتی عابر پیاده را دریافت کرده و قابلیت مقایسه با یکدیگر را داشته باشند. داده‌های آب و هوایی واردشده به نرم‌افزار بر اساس داده‌های آب و هوایی پنجاه ساله انرژی پلاس شیراز انتخاب شده و (energyplus.com) با نرم‌افزار Weather tool مورد بررسی قرارگرفته و خروجی ساعتی گرفته شده است. که برای تاریخ یک تیرماه وارد نرم‌افزار ENVI-met شود. داده‌های اولیه ورودی به نرم‌افزار در جدول ۱ آورده شده است و همچنین برای محاسبه میزان pmv[10] با کمک نرم‌افزار Bio met[11] از مقادیر ثابت فرض شده در جدول زیر بهره‌گیری شده است.

جدول ۱: اطلاعات پایه ورودی به نرم‌افزار. منبع: نگارندگان

تنظیمات محاسبه pmv		اطلاعات ورودی به نرم‌افزار	
۱/۲۱ متر بر ثانیه	سرعت (آرام راه رفتن)	یک تیرماه	روز تحلیل
۲/۳	متابولیک (MET)	۶:۰۰:۰۰ صبح	زمان شروع
۰/۵	میزان پوشش (clo)	۱۹:۰۰:۰۰ شب	زمان پایان
مرد	جنسیت	۱۳ ساعت	مدت زمان تحلیل
۳۵	سن	۷ متر بر ثانیه	سرعت باد در ارتفاع ده متری
۱/۷۵ متر	قد	۳۱۵ درجه	جهت باد (درجه)
۷۵ کیلوگرم	وزن	۰/۰۱	میزان زبری سطح سایت

در این پژوهش درخت‌ها به صورت کامل (بالغ) و با شاخ و برگ در نظر گرفته شده‌اند. درخت کاج و سرو به عنوان درختان همیشه‌سبز و مرکبات و زیتون و چنار به عنوان درختان برگ‌ریز برای تحلیل‌های الگوهای مختلف انتخاب شده‌اند (جدول ۲). در همه الگوها مکان درختان براساس جایگاه واقعی خود شبیه‌سازی شده‌اند و در الگوهای مختلف با ثابت نگه‌داشتن مکان درختان، نوع آن‌ها و تعداد آن‌ها افزایش یافته است. از میان ۱۵۵ درخت موجود در سایت مورد پژوهش ۶۵ ٪ درختان را همیشه‌سبز و مابقی را درختان برگ‌ریز در برگرفته است. شکل ۶، الگوهای شش‌گانه مورد بررسی را نشان می‌دهد.



شکل ۶. الگوهای وضع موجود و پیشنهادی پوشش گیاهی جهت شبیه‌سازی (منبع: نگارندگان)

جدول ۲: مشخصات درختان موجود در سایت (منبع: نگارندگان)

تصویر						
گونه	همیشه‌سبز	همیشه‌سبز	برگ‌ریز	برگ‌ریز	برگ‌ریز	
نام	کاج	سرو	مرکبات	چنار	زیتون	
ارتفاع	۱۵	۷	۴	۱۵	۴	
پهنا	۷	۳	۳	۷	۵	
ضریب بازتاب برگ درخت[۱۲]	۰/۱۸	۰/۳۰	۰/۴۰	۰/۱۵	۰/۵	

۷- تحلیل آزمون

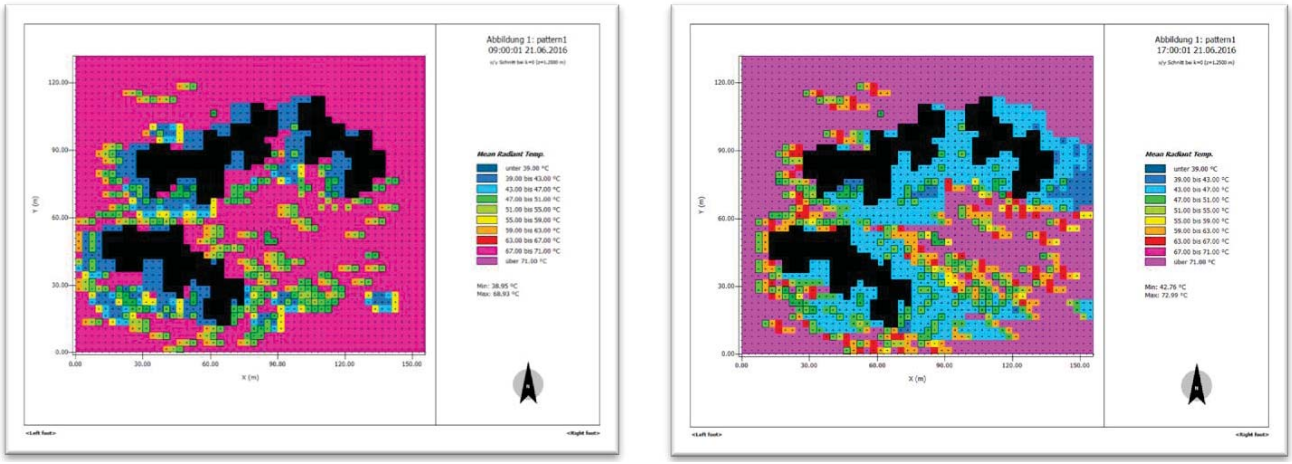
پس از اجرای مدل‌سازی، خروجی‌های مدل اقلیمی توسط نرم‌افزار ENVI-met محاسبه و در قالب ارقام در بازه‌های ساعتی دسته‌بندی گردیده و داده‌های عددی به‌وسیله excel خروجی گرفته شده و سپس برای نمایش گرافیکی، با توجّه به خروجی‌ها و به کمک نرم‌افزار Leonardo[۱۳] قابل‌استخراج گردیده‌اند. چهار فاکتور مؤثر در آسایش حرارتی محیطی ازجمله دمای متوسط تابشی، دمای هوا، جریان هوا و رطوبت، جهت تحلیل دقیق‌تر آزمون، موردبررسی قرارگرفته که در ذیل به تأثیرات دقیق‌تر آن‌ها پرداخته شده است. خرداقلیم

۷-۱- دمای متوسط تابشی

توده‌های ساختمانی تأثیر بسزایی در تغییرات دمای تابشی دارند. بنابراین تغییرات دمای تابشی در طول روز بیشتر از دیگر متغیرها می‌باشد که با توجّه به زمان، می‌تواند تأثیر مستقیمی بر روی آسایش حرارتی عابران پیاده داشته باشد، در این تحقیق متغیرها در دو مقطع زمانی صبح (ساعت ۹:۰۰) و بعدازظهر (ساعت ۱۷:۰۰) در تابستان اندازه‌گیری شده است.

در این پژوهش با ثابت در نظر گرفتن فرم ساختمانی، تأثیر سایه‌اندازی درختان بیشتر مورد بررسی قرار گرفته است، انواع درختان با توجّه به درصد پوشش و نوع تاج خود

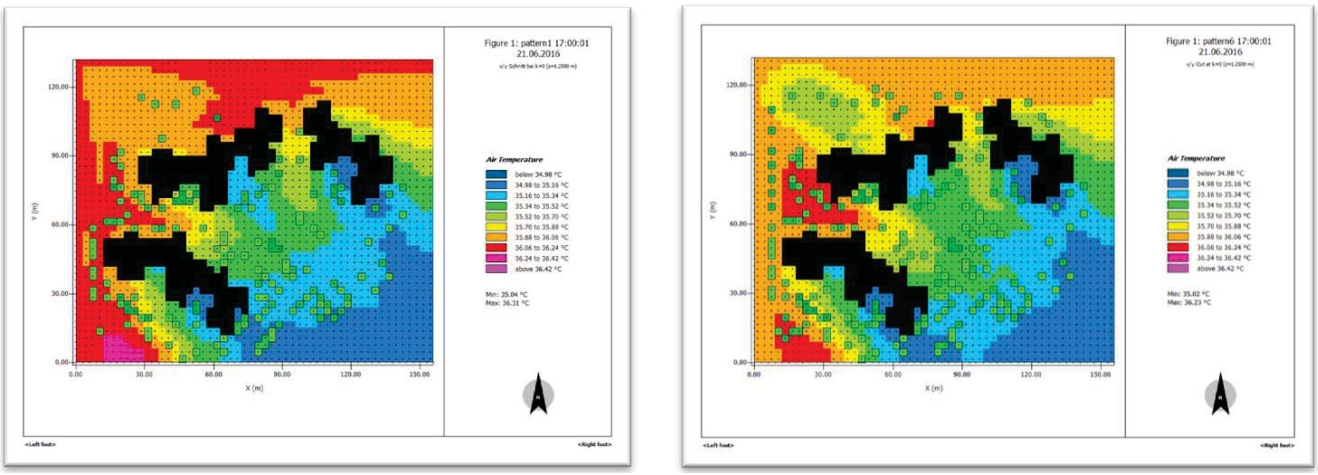
می‌توانند عامل دمای متوسط تابشی را کاهش دهند. عامل مؤثر دیگر در دمای متوسط تابشی مصالح کف و بدنه فضاهای مختلف می‌باشد که به جز نوع سطح قابل پوشش فضاهای باز بقیه مصالح ثابت در نظر گرفته شده است که با توجّه نوع پوشش و تأثیر چمنزار می‌تواند در بهبود شرایط آسایش مؤثر واقع گردند (شکل ۷).



شکل ۷. نحوه توزیع دمای متوسط تابشی وضعیت موجود در روز یکم تیرماه ساعت ۹ صبح (تصویر سمت چپ) و ۵ بعد از ظهر (تصویر سمت راست) (منبع: نگارندگان)

۷-۲- دمای هوا

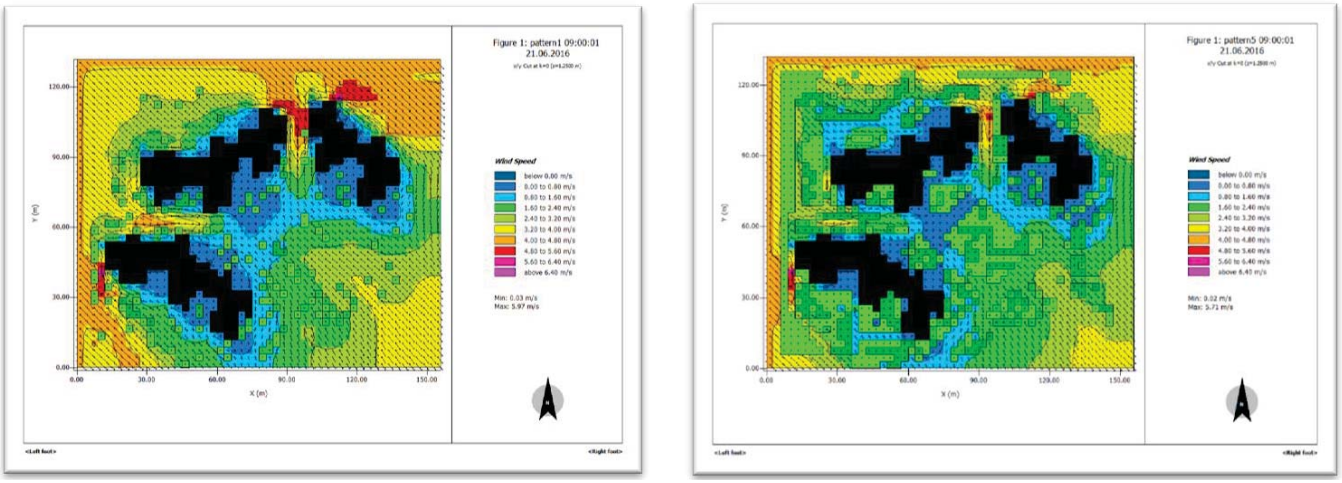
دمای هوا در یک محدوده تأثیر متقابلی با توده‌های آن مجموعه ندارند، هرچند دمای متوسط تابشی می‌تواند در تغییرات دما مؤثر واقع گردد. همان‌گونه که از مقایسه دو حالت دمای هوا بین الگو شماره یک (وضعیت موجود) و الگو شماره شش (افزایش ۵۰٪ درختان) در شکل ۸، مشاهده می‌شود افزایش تعداد درختان باعث کاهش دمای میانگین مجموعه شده که این به مدد سایه‌افکنی مناسب‌تر درختان حاصل شده است، که این امر اهمیت توجّه به نوع و طرح کاشت درختان را نمایان می‌سازد.



شکل ۸. مقایسه توزیع دمای هوا بین الگو شماره۱ (تصویر سمت چپ) و الگو شماره۶ (تصویر سمت راست)، در روز یکم تیرماه ساعت ۵ بعدازظهر (منبع: نگارندگان)

۷-۳- جریان هوا

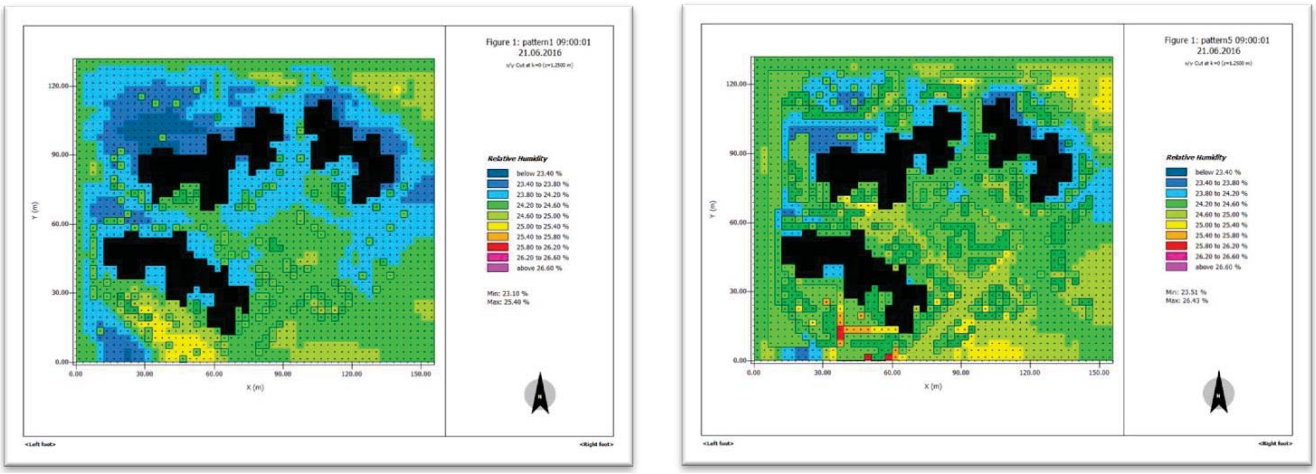
درختان با توجّه به میزان تراکم برگ و ارتفاع تاج موجب تغییر در جهت و سرعت باد می‌شوند. نوع چیدمان درختان، خطی - پراکنده و حتی نوع پوشش‌های کوتاه مرتبه بوته‌ها و چمنزار نیز می‌توانند، موجب هدایت جریان باد گردیده و مستقیم بر روی آسایش حرارتی عابران تأثیر گذارد. در نمودارها، جهت جریان باد با پیکان نشان داده شده است، و طول پیکان‌ها نیز بیانگر سرعت باد می‌باشد. که با توجّه به تغییر الگو، نوع جریان و سرعت باد نیز تغییر کرده است (شکل ۹).



شکل ۹. مقایسه سرعت و جهت باد بین الگو شماره۱ (تصویر سمت راست) و الگو شماره۵ (تصویر سمت چپ)، در روز یکم تیرماه ساعت ۹ صبح (منبع: نگارندگان)

۷-٤- رطوبت نسبی

یکی از مهم‌ترین فاکتورهای آسایش حرارتی در مناطق گرم و خشک در فصل تابستان رطوبت نسبی می‌باشد، تعداد درختان، بوته‌ها و چمنزار مستقیم بر روی میزان رطوبت نسبی تأثیر می‌گذارد، اگرچه شکل، نوع و مساحت گیاه نقش بسزایی را در میزان رطوبت نسبی دارا می‌باشند، امّا نباید از تأثیر نوع مصالح پوشش کف چشم‌پوشی کرد. در نمودارهای آورده شده در شکل ۱۰، مقایسه الگو اول و الگو پنجم که شامل پوشش کامل چمنزار است، را نشان می‌دهد.



شکل ۱۰. مقایسه رطوبت بین الگو شماره۱ (تصویر سمت چپ) و الگو شماره۵ (تصویر سمت راست)، در روز یکم تیرماه ساعت ۹ صبح (منبع: نگارندگان)

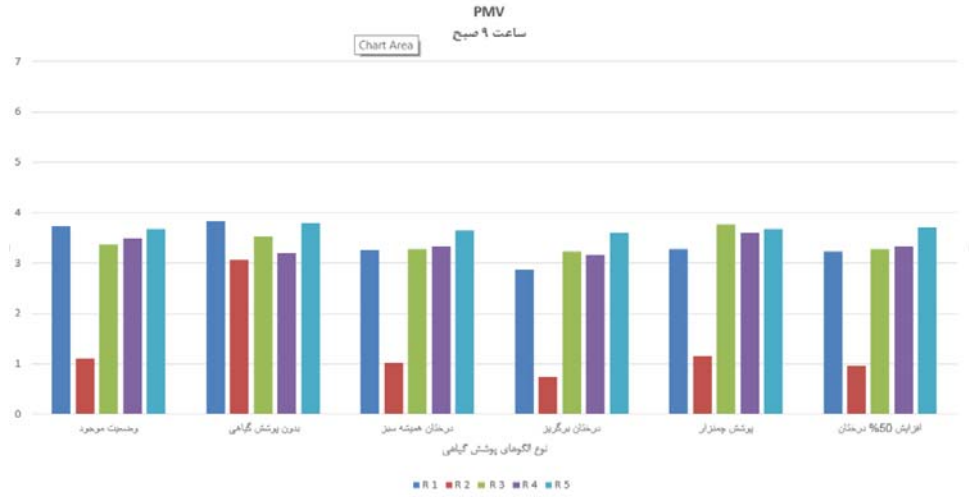
۸- جمع‌بندی و تحلیل یکپارچه داده‌ها

برای تحلیل دقیق‌تر و یکپارچه مؤلفه‌ها و رابطه هرکدام از پارامترها در آسایش حرارتی به کمک نرم‌افزار BioMet، به محاسبه آسایش حرارتی پنج گیرنده مجازی داده‌ها در سایت پرداخته می‌شود که در شش حالت الگوها در دو بازه زمانی صبح و بعدازظهر با هم ارزیابی می‌شوند.

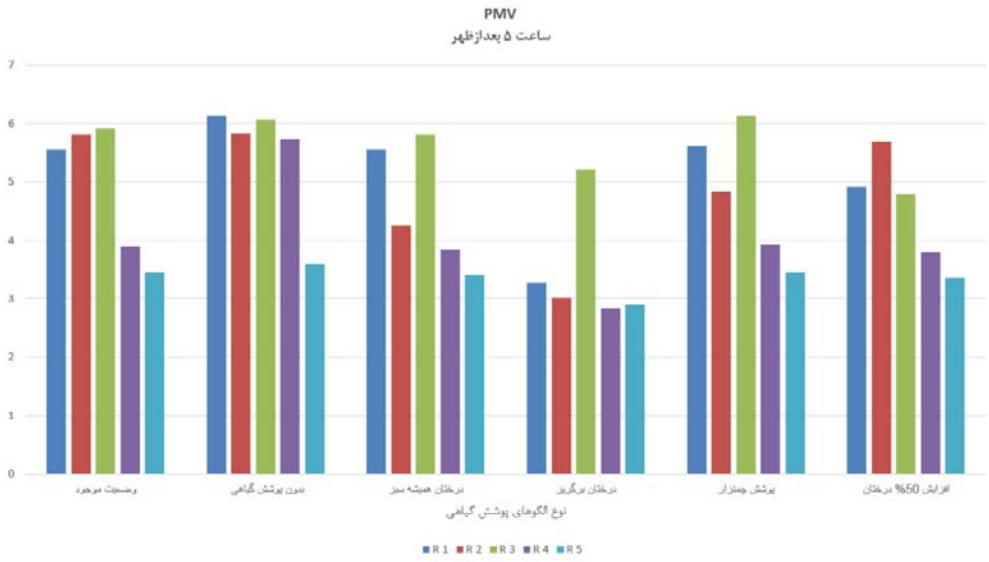
براساس تحلیل‌ها می‌توان دریافت که درمجموع، هر یک از الگوهای چیدمان چه تأثیری بر روی هرکدام از گیرنده‌های مجازی در پنج نقطه مشخص‌شده از سایت خواهند داشت. از آنجایی فاکتورهای مختلف دیگری نظیر جهت‌گیری مسیر عابر پیاده، ضریب دید به آسمان و مصالح کف، بر روی میزان آسایش حرارتی پیش‌بینی شده مؤثر خواهند بود، هرکدام از نقاط گیرنده می‌بایست فقط با الگوهای مشابه خود مورد ارزیابی قرار گیرند تا تأثیر مستقیم متغیر پوشش گیاهی مشخص گردد.

همان‌طور که از نمودارهای تحلیلی شکل‌های۱۱ و ۱۲ قابل‌برداشت است، از مقایسه دو الگو وضعیت موجود و بدون پوشش گیاهی، می‌توان به اهمیت پوشش گیاهی بر روی

آسایش حرارتی در یک خرداقلیم پی برد. گیرنده مجازی شماره دو بیشترین تأثیر را از وجود درختان داشته است، چون با توجّه به قرارگیری این گیرنده در جبهه غربی سایت و در میان دو بلوک شمالی و جنوبی توانسته است هر چه بیشتر از سایه‌افکنی نور شرق و غرب در رسیدن به شرایط آسایش عابران پیاده بهره ببرد.



شکل ۱۱. نمودار مقایسه الگوهای شماره ۱ الی ۶، در نقاط پنج‌گانه سایت در روز یکم تیرماه ساعت ۹ صبح (منبع: نگارندگان)



شکل ۱۲. نمودار مقایسه الگوهای شماره ۱ الی ۶، در نقاط پنج‌گانه سایت در روز یکم تیرماه ساعت ۵ عصر (منبع: نگارندگان)

با مقایسه الگو سوم، درختان همیشه‌سبز و الگو چهارم درختان برگ‌ریز، می‌توان به اهمیت اثربخشی درختان برگ‌ریز (پهن تاج) با توجّه به پارامترهای شاخص سطح برگ و تراکم سطح برگ و نوع تاج‌پوش، در مقابله با درختان همیشه‌سبز (مخروطی) پی برد. که این در دو حالت صبح و بعدازظهر نیز مؤثر بوده است.

در الگو پنجم پوشش چمنزار، باوجود افزایش میزان رطوبت محیط و کاهش میزان دمای خاک، تأثیر قابل چشمگیری بر روی آسایش حرارتی نگذاشته است، زیرا این عامل تأثیر چندانی بر کاهش دمای متوسط تابشی در محدوده‌های عابر پیاده نداشته است.

در الگو شماره شش که با افزایش پوشش گیاهی همراه است، تغییرات محسوسی در بهبود شرایط آسایش دیده نشده، که این امر به دلیل نوع درختان در وضعیت موجود بوده، که ۶۵ ٪ از درختان همیشه سبز و ۳۵ ٪ را درختان برگ‌ریز شامل می‌شود، که با افزایش ۵۰ ٪ سطح پوشش گیاهان در این الگو، باعث پایین آمدن میزان سطح آسایش حرارتی نشده است.

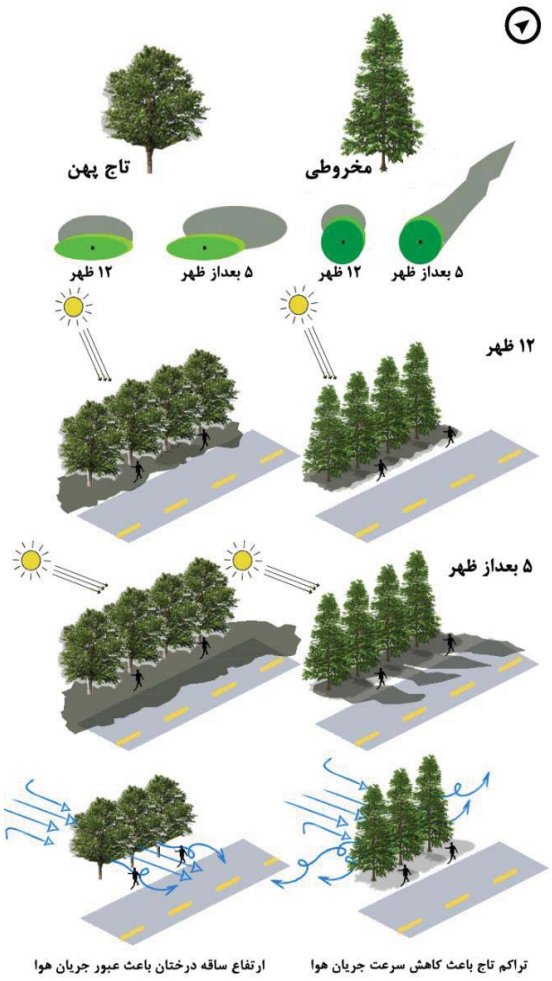
۹- نتیجه گیری

یافته‌های این تحقیق حاکی از آن است که در معیار آسایش حرارتی، تفاوت‌های عمده‌ای میان الگوهای مختلف پوشش گیاهی وجود دارد که با تغییر پارامترهای نوع درختان، چیدمان و افزایش پوشش چمنزار و تعداد درختان به دست‌آمده است. این در حالی است که نوع درختان با توجّه به نوع تاج خود (مخروطی، پهن) و نوع برگ (پهن‌برگ، سوزنی‌برگ) می‌تواند تأثیر متفاوتی در سایه‌اندازی و جذب تابش، تغییر جریان باد و رطوبت داشته باشند. با توجّه به پژوهش حاضر می‌توان عوامل اصلی در بهبود شرایط آسایش حرارتی محیطی در مجتمع‌های مسکونی شیراز را برای بهره‌مندی هر چه بیشتر معماران منظر ارائه داد (شکل۱۳)، که از آن جمله می‌توان توجّه به نوع کاشت درختان، همیشه‌سبز - برگ‌ریز بودن درختان و در نظر گرفتن شاخص سطح برگ و تراکم سطح برگ درختان اشاره کرد. از عوامل دیگر می‌توان به افزایش تعداد درختان در کنار معابر پیاده اشاره کرد، که این امر باید با در نظر گرفتن میزان کم‌آبی در مناطق گرم و خشک و استفاده هرچه بیشتر از درختان بومی منطقه باشد، که میزان هزینه نگهداری از درختان را به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش دهد.

توجّه به تاج و ارتفاع و فرم درختان که می‌تواند در نوع سایه‌اندازی و عبور جریان هوا مؤثر واقع گشته و باعث کاهش دمای متوسط تابشی و افزایش رطوبت، گردد می‌تواند عاملی اثرگذار در آسایش حرارتی محیط بیرونی باشد.

توجّه به طرح کاشت درختان و جانمایی مناسب آن‌ها نسبت به محورهای پیاده و بلوک‌های ساختمانی که بتواند سایه‌اندازی مطلوبی در ساعات بحرانی تابستان داشته و جریان هوا را به بهترین نحو هدایت کنند ازجمله راهکارهای ایجاد شرایط مطلوب محیطی می‌باشد، تا هر چه بیشتر در آسایش حرارتی مؤثر واقع گردند. بهتر است درختان در جبهه غربی و جنوب غربی واقع گردند تا در بعدازظهرهای گرم بتواند هر چه بیشتر از جذب تابش جلوگیری به عمل آورد.

اگرچه در این پژوهش به بررسی تأثیر نوع درختان در فصل تابستان پرداخته شده است، امّا مطمئناً برگ‌ریز و همیشه‌سبز بودن درختان در فصل زمستان هم می‌تواند تأثیر بسزایی در آسایش حرارتی محیطی داشته باشند که در پژوهش‌های تکمیلی آتی قابل بررسی خواهد بود.



شکل ۱۳. مقایسه عملکردی انواع درختان در شرایط متفاوت (منبع: نگارندگان)

پی‌نوشت:

۲. در این تحقیق، از نسخه ENVI-met 4 Basic (عرضه شده در سال ۲۰۱۶)، استفاده گردیده است.

1. Urban Heat Island
3. Sky View Factor
4. Urban Canyons
5. Thermal Comfort
6. Mean Radiant Temperature
7. Leaf Area Density (LAD)
8. Leaf Area Index (LAI)
9. Receptor
10. Predicted Mean Vote (PMV)

۱۱. یک ابزار محاسبه کننده می‌باشد، که بر اساس داده‌های خروجی نرم‌افزار انوی مت و تنظیمات پارامترهـای افـراد، شـاخص آسـایش حرارتـی انسـان را محاسبه می‌کند.

12. Albedo

۱۳. ابزاری برای نمایش انواع نمودارهای خروجی، از داده‌های شبیه‌سازی‌شده انوی مت می‌باشد.

فهرست منابع:

- رضازاده، راضیه و آقاجان بیگلو، عماد (۱۳۹۰). الگوی پیشنهادی برای توده‌گذاری در قطعات مسکونی ردیفی بررسی تطبیقی دو الگوی توده‌گـذاری در بلوک‌های مسکونی با معیار آسایش حرارتی، نامه معماری و شهرسازی، شماره۷، صفحه۲.
- کسمایی، مرتضی (۱۳۸۷). اقلیم و معماری، انتشارات خاک، تهران، صفحه۱۴.
- گروت، لیندا و دیوید وانگ (۱۳۸۸). روش تحقیق در معماری، ترجمه: علیرضا عینی‌فر، انتشارات دانشگاه تهران، صص. ۳۶۲-۳۶۱.
- Akbari H., Pomerantz M. & Taha H. (2001). Cool Surfaces and Shade Trees to Reduce Energy Use and Improve Air Quality in Urban Areas, Solar Energy, Vol. 70, No. 3, pp. 295-310.
- Al-Kurdi N. & Awadallah T. (2015). Role of Street-level Outdoor Thermal Comfort in Minimizing Urban Heat Island Effect by Using Simulation Program, Envi-Met: Case of Amman, Jordan Research Journal of Environmental and Earth Sciences, Vol. 7, No. 3, pp. 42-49.
- Arnfield AJ. (2003). Two Decades of Urban Climate Research: A Review of Turbulence, Exchanges of Energy and Water, and the Urban Heat Island, International Journal of Climatology, Vol. 23, No. 1, pp. 1-26.
- Berdahl P. & Bretz SE. (1997). Preliminary Survey of the Solar Reflectance of Cool Roofing Materials, Energy and Buildings, Vol. 25, No. 2, pp. 149-158.
- Bruse M. (2009). ENVI-met website, Available at: http://www.envi-met.com.
- Bruse M. (2015). ENVI-met. Available at: http://www.envi-met.com/.
- Coronel J. & Alvarez S. (2001). Experimental Work and Analysis of Confined Urban Spaces, Solar Energy, Vol. 70, No.3, pp. 263-273.
- El-Bardisy WM., Fahmy M. & El-Gohary GF. (2016). Climatic Sensitive Landscape Design: Towards a Better Microclimate Through Plantation in Public Schools, Cairo, Egypt. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 216, pp. 206-216. doi: 10.1016/j.sbspro.2015.12.029.
- Fahmy M., Sharples S. & Yahiya M. (2010). LAI Based Trees Selection for Mid Latitude Urban Developments: A Microclimatic Study in Cairo, Egypt, Building and Environment, Vol. 45, No. 2, pp. 345-357.
- Herbert JM., Johnson GT. & Arnfield AJ. (1998). Modelling the Thermal Climate in City Canyons, Environmental Modelling & Software, Vol. 13, No. 3, pp. 267-277.
- Jamei E., Rajagopalan P., Seyedmahmoudian M. & Jamei Y. (2016). Review on the Impact of Urban Geometry and Pedestrian Level Greening on Outdoor Thermal Comfort, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 54, pp. 1002-1017. doi: 10.1016/j.rser.2015.10.104.
- Johnson GT. & Hunter LJ. (1995). A Numerical Study of Dispersion of Passive Scalars in City Canyons, Boundary-Layer Meteorology, Vol. 75, No. 3, pp. 235-262.
- Krüger EL., Minella FO. & Rasia F. (2011). Impact of Urban Geometry on Outdoor Thermal Comfort and Air Quality from Field Measurements in Curitiba, Brazil, Building and Environment, Vol. 46, No. 3, pp. 621-634. doi: 10.1016/j.buildenv.2010.09.006.
- Middel A., Häb K., Brazel AJ., Martin CA. & Guhathakurta S. (2014). Impact of Urban Form and Design on Mid-afternoon Microclimate in Phoenix Local Climate Zones, Landscape and Urban Planning, Vol. 122, pp. 16-28. doi: 10.1016/j.landurbplan.2013.11.004.
- Ng E. (2009). Designing High-density Cities: For Social and Environmental Sustainability, Routledge.
- Oke TR. (2006). Towards Better Scientific Communication in Urban Climate, Theoretical and Applied Climatology, Vol. 84, pp. 179-190.
- Picot X. (2004). Thermal Comfort in Urban Spaces: Impact of Vegetation Growth: Case Study: Piazza della Scienza, Milan, Italy, Energy and Buildings, Vol. 36, No. 4, pp. 329-334.
- Salata F., Golasi I., Vollaro AdL. & Vollaro RDL. (2015). How High Albedo and Traditional Buildings' Materials and Vegetation Affect the Quality of Urban Microclimate. A case study, Energy and Buildings, Vol. 99, pp. 32-49. doi: 10.1016/j.enbuild.2015.04.010.
- Santamouris M. (2013). Energy and Climate in the Urban Built Environment, Routledge.
- Sawka M., Millward AA., Mckay J. & Sarkovich M. (2013). Growing Summer Energy Conservation Through Residential Tree Planting, Landscape and Urban Planning, Vol. 113, pp. 1-9.
- Swaid H. & Hoffman ME. (1990). Prediction of Urban Air Temperature Variations Using the Analytical CTTC Model, Energy and Buildings, Vol. 14, No. 4, pp. 313-324.
- Taghipour M., Soltanzadeh H. & Afkan KB. (2015). The Role of Spatial Organization in the Typology of Shiraz (Iran) Residential Complexes, Advances in Environmental Sciences, Vol. 7, No. 3.
- Taleghani M., Sailor DJ., Tenpierik M. & van den Dobbelsteen A. (2014). Thermal Assessment of Heat Mitigation Strategies: The Case of Portland State University, Oregon, USA. Building and Environment, Vol. 73, pp. 138-150.

- Targhi MZ. & Van Dessel S. (2015). Potential Contribution of Urban Developments to Outdoor Thermal Comfort Conditions: The Influence of Urban Geometry and Form in Worcester, Massachusetts, USA, Procedia Engineering, Vol. 118, pp. 1153-1161. doi: 10.1016/j.proeng.2015.08.457.
- Toudert FA. (2005). Dependence of Outdoor Thermal Comfort on Street Design in Hot and Dry Climate, 80.
- Watson D. & Labs K. (2006) Bioclimatic Design at the Site Planning Scale, In D. Watson, A. Plattus, Time Saver for Urban Design, New York: McGrow-Hill, Chapter 4, pp. 8-1.
- Wong NH. & Yu C. (2005). Study of Green Areas and Urban Heat Island in a Tropical City, Habitat International, Vol. 29, No. 3, pp. 547-558.