مطالعات محیطی هفت حصار شماره چهل‌وسوم/ سال دوازدهم/ بهار ۱۴۰۲
صفحات ۱۳۰-۱۱۳

ارزیابی و تحلیل مولفه‌های مصنوع سازنده باغ جهان‌نما شیراز بر کیفیت آسایش حرارتی و کاهش استرس حرارتی (با استفاده از شاخص حرارتی PET)*

مهناز رضائی**، فرح حبیب***، آزاده شاهچراغی****

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۱۱/۱۷
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۳/۱۳

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-09-08]

مقاله پژوهشی- مورد پژوهی

©: IAUH

ISSN: 2322-5602

[DOR: 20.1001.1.22225602.1402.11.43.10.0]

چکیده

آسایش حرارتی در اقلیم نیمه گرم و خشک، از عوامل اصلی حضور افراد در فضاهای باز شهری محسوب شده، مقاله حاضر درصدد رسیدن به حضور بیشتر افراد و کاهش استرس حرارتی برای بهبود کیفیت آسایشی خرداقلیم باغ می باشد. با بررسی مولفه‌های مصنوع باغ جهان نما و عوامل اقلیمی موثر بر آسایش حرارتی به تعیین میزان اثر هر یک از عوامل پرداخته، روش پژوهش توصیفی- تحلیلی و از لحاظ روش، کیفی و کمی با نرم‌افزار Envi-met 4 basic شبیه سازی شده که با انتخاب هشت نقطه در باغ، اول تیرماه با مقایسه آنها با شاخص آسایش حرارتی PET بین نقاط تحلیل می‌گردد. با بررسی مدل‌ها (تغییر مصالح و جهتگیری) شرایط آسایشی باغ را بهبود بخشیده و تغییر جهت‌گیری باغ نسبت به تغییر مصالح تاثیرگذارتر است و همچنین میانگین دمای تابشی بیشترین اثرگذاری بر آسایش حرارتی دارد که میانگین ضرایب آن به ترتیب R1=0/73 و R3=0/70 و R5=0/74 و R7=0/74، نشان از همبستگی آنهاست. مولفه‌های مصنوع باغ جهان‌نما بر آسایش حرارتی باغ تاثیر بسزایی در فصول گرم دارد. در نتیجه انتخاب مصالح و جهتگیری مناسب منجر به کنترل میزان جذب دمای هوا و عبور جریان آن، که کاهش استرس حرارتی افراد را به همراه دارد.

واژگان کلیدی

مولفه‌های مصنوع، باغ جهان نما، آسایش حرارتی، استرس حرارتی، شاخص حرارتی PET

* این مقاله برگرفته از رساله دکتری خانم مهناز رضایی با عنوان «تبیین مدل مفهومی هم‌افزایی مولفه‌های سازنده باغ ایرانی موثر بر آسایش حرارتی فضای باز در اقلیم نیمه‌گرم و خشک (موردپژوهی: باغ جهان‌نما شیراز)» به راهنمایی دکتر فرح حبیب و مشاوره دکتر آزاده شاهچراغی در دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم وتحقیقات تهران می‌باشد.

** گروه معماری، دانشکده عمران معماری و هنر، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران mahnaz.rezaee@srbiau.ac.ir
*** استاد گروه شهرسازی، دانشکده عمران معماری و هنر، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.(نویسنده مسئول) F.habib@srbiau.ac.ir
**** دانشیار گروه معماری، دانشکده عمران معماری و هنر، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران Shahcheraghi@srbiau.ac.ir

مقدمه

در سال‌های اخیر مسئله آسایش حرارتی با توجه به تغییرات اقلیمی در حوزه معماری و شهرسازی به دلیل ارتباط مستقیم شرایط آب و هوایی در فضاهای باز و مخصوصا خرداقلیم‌ها در سطح شهر با سلامتی و حضور بیشتر افراد اهمیت شایانی پیدا کرده است و عمیقا مدنظر محققین بوده است. باغ‌ها علاوه بر ایجاد آسایش و سلامتی- این فضاهای باز موقعیتی مناسب در ایجاد تعاملات انسانی، تفریح و فعالیت‌های فیزیکی را ایجاد می کنند.(Kruger et al,2011) به طور خاص فرم و جهت قرارگیری فضاهای باز بر شرایط دمایی و سایر معیارهای اقلیمی اثرگذار است که در صورت عدم طراحی مناسب زمینه‌ساز پدید آمدن اثر جزیره گرمایی در سطح خرد شهری می‌گردد (Martins et al,2016) این پدیده باعث بیماری‌های جسمی و روانی افراد می‌گردد (Chi & Shi,2012) بنابراین تشدید جزیره گرمایی در طراحی شهری و معماری فضاهای باز باید به‌گونه‌ای باشد که حداقل تاثیرات بر تغییرات اقلیمی داشته باشد و موجب تسریع آن نگردد. (Taleghani et al,2014) سلامت انسان در هر شرایطی متاثر از متغیرهای آب و هوایی از جمله فشار، رطوبت و دمایی پیرامون خویش است (Kunst et al, 1994) بحث آسایش حرارتی در فضای باز مبحث جدیدی است که باید به آن توجه بیشتر شود. به دلایل متعدد تعریف آسایش حرارتی در فضای باز پیچیدگی‌های بیشتری نسبت به فضای بسته دارد. این تفاوت‌ها باعث شده است که برخی از محققان استانداردهای فضای بسته را قابل تعمیم به فضای باز ندانند (Emmanuel، ۲۰۰۵) نتایج پژوهش‌های آسایش حرارتی فضای باز در اقلیم‌ها و موقعیت‌های مختلف نشان می‌دهند که محدودهٔ آسایش حرارتی با توجه به تفاوت‌های جغرافیایی و شخصیتی، متفاوت است. (Lin et al، ۲۰۱۰) بیشتر مقالات و پژوهش‌ها حول موضوع گیاهان برآسایش حرارتی فضای باز است و کمتر به اهمیت مولفه‌های مصنوع از قبیل جنس مصالح و جهت قرارگیری به عنوان یکی از مولفه‌های تاثیرگذار در شهر مطرح شده است. آسایش حرارتی و کاهش استرس حرارتی برای انسان، از عوامل اصلی در معماری و شهرسازی به حساب می‌آید. از جمله راه‌حل‌های پاسخگو به شرایط اقلیمی می‌توان به باغ‌های ایرانی که از هم‌افزایی مولفه‌های طبیعی و مصنوع می‌باشد، اشاره کرد. در این راستا پرسشی اساسی طرح گردیده: مولفه‌های مصنوع سازنده باغ جهان‌نما شیراز هر کدام به چه میزان در ایجاد آسایش حرارتی فضای باز باغ تاثیرگذارند؟ چه عواملی موثر بر آسایش حرارتی در فضای باغ است؟ در این پژوهش با انتخاب هشت نقطه در باغ جهان‌نما به بررسی متغیرهای اقلیمی پرداخته که بر اساس آن با به دست آوردن شاخص آسایش حرارتی PET[1] به مقایسه مولفه‌های موثر چون (جهت قرارگیری و مصالح) بین نقاط مذکور پرداخته شده است و با تحلیل باغ جهان‌نما در شیراز درصدد رسیدن به هدف تاثیرگذاری هر یک از مولفه‌ها و تطابق آن با شاخص حرارتی PET و بالا بردن حضور افراد به جهت کاهش استرس حرارتی می‌باشد. در این راستا روش پژوهش توصیفی- تحلیلی و از لحاظ روش‌شناسی کیفی و کمی می‌باشد. لذا پژوهش بر پایه دو راهبرد استدلال منطقی تجزیه و تحلیل کتابخانه‌ای و سنجش کمی بر پایه نرم‌افزار انویمت[2] شبیه‌سازی است، تجزیه و تحلیل اطلاعات راس ساعت ۹ صبح، ۱۲ ظهر و ۱۷ بعدازظهر در روز یکم تیرماه به عنوان گرمترین روز سال صورت گرفته است. چهار عامل مـؤثر در آسایش حرارتی از جمله (دمای متوسط تابشی، دمای هوا، جریان هوا و رطوبت نسبی) جهت تحلیل دقیق‌تر آزمون، مورد بررسی قرار گرفته است. در پایان یافته‌های پژوهش به صورت نمودار ارائه می‌گردد که تاثیر این مولفه‌ها را جهت تامین آسایش حرارتی نشان می‌دهد که جهت قرارگیری باغ نسبت به تغییر مصالح تاثیر بیشتری بر آسایش حرارتی در خرد اقلیم باغ جهان‌نما دارد و در خلق فضاهای باز شهری با کیفیت جهت حضور بیشتر افراد در فصول گرم سال و سلامت جسمی و روانی و کاهش استرس حرارتی اهمیت بسزایی دارد. همچنین میانگین دمای تابشی بیشترین اثرگذاری بر آسایش حرارتی دارد که کاهش آن منجر به کاهش استرس حرارتی افراد می‌گردد.

روش تحقیق

در مقاله حاضر تاثیر مولفه مصنوع (مصالح و جهت قرارگیری) بر آسایش حرارتی باغ جهان‌نما، واقع در شیراز، با آب‌وهوای نیمه‌گرم و خشک می‌پردازد (بر اساس شاخص کوپن در محدوده BShs- قرار می‌گیرد). پس از بررسی پیشینه پژوهش‌های انجام شده در راستای آسایش حرارتی، چارچوب نظری تدوین شده است. سپس با بررسی مولفه‌های مصنوع، مدل‌هایی جهت ارزیابی تاثیر آنها بر آسایش حرارتی شبیه‌سازی شده، در مرحله نخست مدل‌سازی و تعیین وضعیت باغ جهان‌نما از نظر جهت‌گیری، تناسبات ابعادی باغ، ضریب دید به آسمان، سطح پوشش گیاهی و آبی انجام می‌شود. مرحله دوم تعیین شرایط اقلیمی و استخراج داده‌های هواشناسی شهر شیراز(دما، رطوبت نسبی، سرعت باد، دمای تابشی) و در مرحله سوم تعیین ۸ نقطه (رسپتورها)[3] در سطح باغ و مرحله چهارم تعیین بازه زمانی سعی شده با توجه به محدودیت‌های پژوهش پوشش نسبتاً مناسبی جهت تحلیل در روز اول تابستان به عنوان گرمترین روز سال در ساعات ۹ صبح و ۱۲ ظهر و ۱۷ بعدازظهر داده شود و در مرحله پنجم به شبیه‌سازی مدل‌ها پرداخته می‌شود و در مرحله ششم استخراج داده‌های کمی و تبدیل نتایج نمودارهای گرافیکی در نرم‌افزار لئوناردو[5]

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-09-08]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1402.11.43.10.0]

می‌باشد و سپس انتقال اطلاعات برداشت شده به نرم‌افزار اکسل[5]، نمودارهای مربوط به هرکدام از عوامل موثر محیطی بر آسایش حرارتی روز انتخابی ترسیم شده است. برای گردآوری اطلاعات از ابزار کتابخانه‌ای و نرم‌افزارهای شبیه‌سازی مربوط به بحث آسایش حرارتی مانند "انویمت" جهت مدل‌سازی باغ جهان‌نما و شبیه‌سازی مولفه‌های مصنوع بر آسایش حرارتی بهره گرفته می‌شود. در بخش تحلیل‌های عددی و نیز ارزیابی نهایی شبیه‌سازی از شاخص حرارتی PET استفاده خواهد شد و همچنین از نرم‌افزارهایی مانند "لئوناردو" و "اکسل" جهت نمایش گرافیکی و ارائه داده‌های ثبت شده به صورت نمودارها و جداول استفاده می‌گردد و برای تحلیل داده‌های آماری و محاسبه روابط بین متغیرهای وابسته و مستقل از نرم‌افزار اکسل، در قالب نمودارهای خطی، ستونی و اسکاتر برای ضریب همبستگی استفاده شده است. روش و مراحل پردازش پژوهش در تصویر۱ نشان داده شده است.

تصویر۱– روند پژوهش و مراحل ورودی اطلاعات به نرم افزار

در این راستا پیشینه پژوهش مورد بررسی قرار گرفته است: کنترل جزایر حرارتی شهری از مهمترین نگرانی‌ها برای بهبود راحتی و سلامت انسان بخصوص در مناطق با آب و هوای گرم است. به دست آوردن آسایش حرارتی در داخل ساختمان نسبتا آسانتر است در صورتی که در فضاهای باز به دست آوردن این آسایش بسیار دشوارتر است و به همین دلیل بسیار کمتر روی آن کار شده است.(بنچیخ و رچید، ۲۰۱۲) مطالعاتی که پس از سال ۲۰۰۰ میلادی در کشورهای مختلف جهان انجام شده اند، به طور عمده بر چند موضوع کلی تمرکز دارد: تاثیر مناطق ساخته شده و متغیرهای مربوط به طراحی آنها بر آسایش حرارتی فضاهای باز، تاثیر هندسه خیابان یا شهر از نظر نسبت منظر و جهت‌گیری، تاثیر متغیرهای اقلیمی محیطی و روانشناسی بر آسایش حرارتی فضاهای باز و پیامدهای این متغیرها بر استفاده از فضا، خرد اقلیم‌ها و کیفیت هوا در فضاهای شهری از منافع بزرگ برای رفاه شهروندان است. نقش تاثیر فرم محیط مصنوع بر شرایط آب و هوایی، که موجب افزایش دما و تغییر الگوی وزش باد بررسی شده (به نقل از: Eliasson,2009-Alcoforado,1985-Gomez et al,2013) تحقیقات حاکی از آن است که ساختار و پیکربندی شهری شامل محیط‌های مصنوع و طبیعی، باعث شکل گیری شرایط خرد اقلیم متفاوت می‌گردد (Charalampopoulous,Tsiros,& Matzarkis,2013) تاثیراتی که کالبد فضاهای شهری از طریق دمای متوسط تابشی بر روی آسایش حرارتی عابر می‌گذارند مورد توجه قرار گرفته است. (Kruger,Minella,and Rasia,2011) تحقیقات زیادی درباره رابطه بین فاکتورهای طراحی شهری و آسایش حرارتی عابرین پیاده انجام گرفته (Jamei and Rajagopalan,2015-Middel Hab

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-09-08]
[DOR: 20.1001.1.22225602.1402.11.43.10.0]

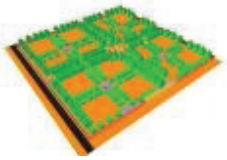
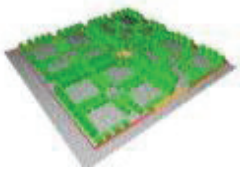
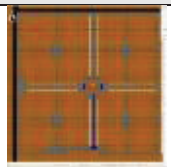
(Brazel,Martin and Guhathakaurta,2014) و تاثیر طراحی شهری و معماری بر میزان دریافت تابش خورشید (Al-kurdi and Awadallah,2015) و جریان باد و اثر آن بر تهویه و تغییرات دمایی (Szucs,2013) و تاثیر هندسه شهری بر آسایش حرارتی (Behzadfar,Manaam,2011-Ali-Toudert et al,2008) و تاثیر جنس مصالح کف با توجه بر ضریب انعکاس سطوح (به نقل از: Gomez et al,2013) انجام گرفته است. در پژوهشی دیگر، مدل خرد اقلیم انوی مت را برای شبیه‌سازی آسایش حرارتی بیرونی در اقلیم گرم و خشک الجزیره و تاثیر جهت‌گیری‌های مختلف دالان‌های شهری را مورد بررسی قرار داده و نتایج حاکی از آن است که نسبت ارتفاع ساختمان یا خیابان به عرض افزایش یابد دمای هوا کم می‌شود و شاخص PET بهتر می‌شود. (Ali-Toudert,2006) روش‌های متعددی به عنوان شاخص آسایش حرارتی از سال ۱۹۸۰ تا کنون بیان شده است. از مهم‌ترین عوامل تاثیرگذار در دمای "معادل فیزیولوژیکی"، متغیر اقلیمی" میانگین دمای تابشی" است. (Faizi et al, 2011) که بر تعادل گرمایی و کاهش استرس حرارتی بدن انسان تاکید شده است. (Toudert,2005) ماراس و همکاران[۶](۲۰۱۴) هم در مقاله‌ای شاخص‌های تنش گرمایی را در شهر آخه آلمان در مکان‌های عمومی بررسی کردند و با استفاده از شاخص‌های ENVI و PMV به این نتیجه رسیدند که پوشش گیاهی باعث افزایش آسایش گرمایی در مکان‌های عمومی می‌شود.

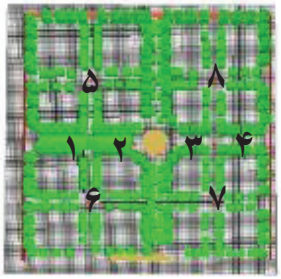
باغ جهان‌نما شیراز: کالبد باغ ایرانی در سراسر جهان متشکل از سه نظام آبیاری، کاشت و استقرار ابنیه بوده این نظام‌ها کمابیش کالبد اکثر باغ‌های تاریخی را تشکیل داده‌اند (ایرانی بهبهانی، ۱۳۹۷) و محیطی مطلوب، ایمن و آسوده برای انسان به وجود می‌آورد (شاهچراغی، ۱۳۸۸) این پژوهش به بررسی باغ جهان‌نما، واقع در شهر شیراز(°29 ′۶۰°52N ′۵۳°E و ارتفاع از سطح دریا ۱۵۴۰ متر) استان فارس، ایران، با آب و هوای نیمه‌گرم و خشک (بر اساس طبقه‌بندی شاخص کوپن) می‌پردازد. این باغ با توجه به دارا بودن خصوصیات باغ ایرانی و مکان تفریحی با مساحت تقریبی ۵ هکتار در محدوده شمال شیراز واقع شده است. در جداول۱، ۲ و تصویر ۲ معیار انتخاب باغ مشخص شده‌اند.

جدول ۱- مساحت عناصر طبیعی و مصنوع نسبت به مساحت کل جهان‌نما

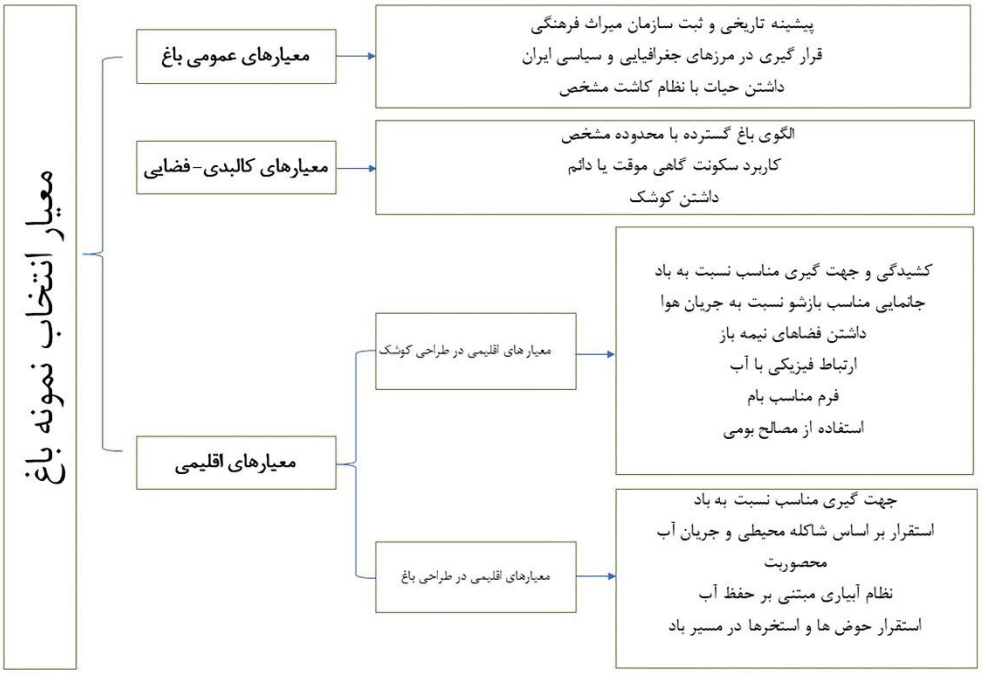
باغ	شهر	درصد پوشش گیاهی	درصد آب	درصد کوشک در باغ	درصد اجزا و فضاهای تشکیل‌دهنده کوشک		
					فضای بسته	فضای نیمه‌باز	آب
جهان نما	شیراز	٪۷۳	٪۱	٪۱	٪۸۳.۵	٪۲	٪۷

جدول ۲- وضع موجود و نقاط انتخابی باغ جهان‌نما شیراز

مدل سه بعدی از نحوه قرارگیری کوشک و مصالح	مدل سه بعدی از نحوه قرارگیری گیاهان	قرارگیری مسیر آب و مصالح و کوشک
		

نقاط	مشخصات جغرافیایی	جهت قرار گیری	جانمایی گیرنده مجازی روی سطح باغ جهان نما شیراز
۱	X:39 , Y:60	شمال غربی روی محور اصلی باغ	
۲	X:60 , Y:60	شمال غربی- نزدیک به کوشک	
۳	X:79 , Y:60	شمال شرقی- نزدیک به کوشک	
۴	X:97 , Y:60	شمال شرقی باغ	
۵	X:40 , Y:90	شمال باغ	
۶	X:39 , Y:33	غرب باغ	
۷	X:97 , Y:33	جنوب باغ	
۸	X:97 , Y:90	شرق باغ	

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-09-08]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1402.11.43.10.0]



تصویر۲- معیارهای انتخاب باغ جهان‌نما

مولفه‌های مصنوع سازنده باغ جهان نما شیراز: باغ در نواحی نیمه گرم و خشک سرزمین ایران به عنوان یکی از موثرترین عناصر سازنده شهر در معماری و شهرسازی مورد توجه بوده است. فرم شهری حاصل تعامل میان نیروهای عوامل سازنده آن است. این عوامل عبارتند از عوامل مصنوع، عوامل طبیعی(اقلیم، پوشش گیاهی، آب، مکان، دیدو منظر، جنس، نوع، شکل زمین) و عوامل انسانی می‌باشد.(حبیب،۱۳۸۵) (جدول۳)

جدول ۳- معیارها و مولفه‌های ارزیابی آسایش حرارتی در فضای باز باغ

معیارها و مولفه‌ها				مولفه‌ها	شاخصه‌های حرارتی در فضای باز
باغ ایرانی	مولفه‌های سازنده باغ ایرانی	آسایش حرارتی در فضای باز	کالبدی	دما	PMV
				رطوبت نسبی	SET
				دمای تابشی	UTCI
				باد	PET
		فیزیولوژیکی	روانی		
		۱. هویتی- مکانی	۱.۱. انسانی	فرهنگی- تاریخی	
		۲. اقلیمی- محیطی	۱.۲. طبیعی	گیاه	
				پوشش گیاهی- سایه	
				آب	
			۲.۲. مصنوع	محصوریت و تناسبات	
				کوشک	
				کف‌سازی و مصالح و رنگ و فرم	
				جهت‌گیری محور	

جهت قرارگیری باغ: از نظام کاشت گیاه و محورآب و محورها و قرارگیری کوشک در میانه محور، ساختار کالبدی باغ تشکیل می‌گردد لذا این مولفه با الگوی قرارگیری همه اجزا در کنار یکدیگر در ارتباط می‌باشد. جهت قرارگیری باغ نسبت به خورشید تعیین‌کننده میزان دمای موجود است، زیرا مدت زمان سایه یا دریافت تشعشع خورشیدی، با توجه به جهت وزش باد نیز، پتانسیل‌های تهویه را تقویت می‌کند و می‌تواند در کنترل و کاهش آلودگی گرمایی، حرکت گرد و غبارها و... تاثیرگذار باشد.

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-09-08]
[DOR: 20.1001.1.22225602.1402.11.43.10.0]

مصالح(جنس، رنگ، ضریب جذب حرارتی): جنس مصالح از جمله عواملی است بر میزان دمای سطوح و آسایش حرارتی فضای باز تاثیرگذار است، زیرا مصالح مختلف با دارابودن ویژگی های متفاوتی از قبیل ظرفیت حرارتی، ضریب انتقال حرارت، آلبیدو، ضریب انعکاس و... می‌توانند در میزان گرمایش سطوح مختلف مداخله کرده و جریانات گرمایی متفاوتی ایجاد کنند و معمولاً مصالح با رنگ تیره مانند آسفالت تیره سبب جذب بیشتر نور خورشید و مصالح روشن سبب انعکاس بیشتر نور می‌شوند. جنس و رنگ مصالح بایستی به نحوی باشد که حداقل جذب آفتاب در فصول گرم سال به دلیل استرس حرارتی بالاتر را فراهم کند و از افزایش دمای متوسط تابشی ناشی از بازتابش مصالح جلوگیری نماید.

آسایش حرارتی: باغها و فضاهای باز، قلب تپنده شهرها و عامل سرزندگی و حفظ سلامتی افراد هستند. آسایش محیطی، احساس رضایت و راحتی حاصل از هماهنگی جنبه‌های فیزیولوژیکی، روانشناسی و کالبدی انسان و محیط اطرافش است. ایجاد آسایش در فضاهای عمومی نقش مستقیمی در میزان استفاده از آنها و رفتار و نوع حضور افراد دارد. در جوامع چندفرهنگی تنوع افراد مراجعه کننده به فضا یک شاخص قابل رویت از پایداری است. (janssenes et al، ۲۰۱۰) مطالعات انجام شده محاسبه آسایش حرارتی را متقدم بر آسایش صوتی و بصری فرض کرده‌اند (Oral et al، ۲۰۰۴). آسایش حرارتی در محیط بیرونی به ترمو- فیزیولوژی، فیزیولوژی و تعادل گرمایی وابسته است. (Taleghani et al,2015) همچنین محدودیت های آسایش حرارتی همگام با درجه سازگاری با محیط روانی- اجتماعی و اقلیم تغییر می‌کند. به منظور احساس راحتی باید دمای درونی بدن در گستره محدود ۳۶/۵-۳۷ درجه تغییر کند.(نیلسن،۱۳۸۵) متغیرهای اصلی آسایش حرارتی در فضاهای باز نیز عموما شامل متغیرهای اقلیمی و فردی هستند. متغیرهای اقلیمی خود از دمای هوا، رطوبت، تابش و سرعت باد تاثیر می‌پذیرند(Brown، ۲۰۱۰) دمای متوسط تابشی یکی از مهمترین متغیرهای ارزیابی آسایش حرارتی در فضای باز است. به دلیل آن که تاثیر دمای تابشی بر انسان چندجانبه است، لذا متغیر میانگین دمای تابشی می‌بایست مد نظر باشد که این میانگین دمای تابشی عبارت است از مجموع تابش های جذب شده توسط بدن انسان از سطوح تابشی مختلف. (Matzarakis, Mayer، ۲۰۰۰)

استرس حرارتی: استرس حرارتی نقش مهمی در کیفیت زندگی انسان ایفا می‌کند. از این‌رو افزایش تنش گرمایی حائز اهمیت است از دیدگاه علمی، درک پدیده گرمایی شهری و نقش افزایش تنش گرمایی بر ساکنان شهرها به ویژه در طی گرمای شدید ارتباط قابل توجهی با برنامه‌ریزی شهری دارد (Mayer,2006-Gill et al,2007) در تعریف دیگری تنش گرمایی، ترکیب دمای هوا(خشک یا مرطوب)، رطوبت، گرمای تابشی و سرعت جریان هوا که بالقوه در ارتباط متقابل با گرمای بدن می‌باشد که موجب تنش گرمایی می‌شود و به طور کلی توانایی انسان در سازگاری با دمای محیط از تغییرات در دمای مشاهده می شود (Allen et al,2012) عملکرد فیزیولوژیکی و سلامتی انسان، ظرفیت کاری و بهره‌وری با قرار گرفتن در معرض گرمای بیش از حد آسیب می‌بینند. (Bridger,2008-Yi and Chan2017) تنش گرمایی[۷] عبارت است از وضعیتی که حرارت ورودی بدن انسان به همراه گرمای تولیدشده در بدن بیش از گرمایی باشد که از بدن به محیط اطراف منتقل می‌شود. (Mohebian et al,2018) استرس گرمایی بیش از حد نه‌تنها بر فرد تأثیر می‌گذارد، بلکه بر بهره‌وری، عملکرد شغلی و حتی وضعیت اقتصادی اثرگذار است (Kjellstrom et al,2016,2018) مواجهه با گرما منجر به افزایش خستگی، تخریب قدرت تشخیص و اختلال در حافظه کوتاه‌مدت و بلندمدت می‌شود (Morabito et al,2006) نمونه‌هایی از اثرات منفی گرما عبارت هستند از: افزایش تعداد تصادفات به دلیل افزایش خطا، افزایش خستگی و تضعیف قدرت تصمیم‌گیری به دلیل اختلال در ادراک افراد می‌باشد (Tamm et al,2014)

شاخص حرارتی PET: شاخصه‌های حرارتی متداول در پژوهش‌های ارزیابی آسایش حرارتی در فضای داخلی و باز "پیش‌بینی متوسط نظر[۸]"، "دمای موثر استاندارد[۹]" و "دمای معادل فیزیولوژیکی" می‌باشد که بر پایه تعادل حرارتی انسان تعریف شده‌اند.(حیدری و منعام، ۱۳۹۲) سنجش میزان آسایش، نیازمند شاخصه‌هایی برای مقایسه با مجموع شرایط اقلیمی حادث بر فرد است. درواقع تنها یک خصوصیت اقلیم، بیان کننده میزان آسایش حرارتی از محیط نیست، مانند بدن که برای درک دمای محیط، گیرنده‌ای جدا ندارد و همه متغیرهای اقلیمی با یکدیگر تلقی آدمی از شرایط محیطی را می‌سازند(Scudo,2005) از این رو به منظور سنجش آسایش حرارتی تعیین شاخصه‌های حرارتی ضروری است. (حیدری و منعام، ۱۳۹۲) هیچ‌کدام از شاخصه‌های حرارتی، ارزیابی جامعی از میزان آسایش حرارتی در فضای باز را ارائه نمی‌نمایند. در مقایسه میزان "دمای معادل فیزیولوژیکی" و"دمای موثر استاندارد" با میزان احساس آسایش ادراکی، "دمای معادل فیزیولوژیکی" دارای رابطه بالاتری نسبت به "دمای موثر استاندارد" است. هرچند که به میزان بسیار کم از آسایش ادراکی برخوردار است(Sasaki et al, 2009). شاخصه "دمای معادل فیزیولوژیکی" را جایگزین مناسبی برای آن می‌توان برشمرد که همبستگی بالاتری نیز با احساس حرارتی افراد در فضای باز دارد. از آنجا که نقش عوامل انسانی بر این شاخصه بسیار ناچیز است، مناسب برای ارزیابی آسایش حرارتی فضاهای باز شهری با حوزهٔ گسترده‌ای از افراد به شمار می‌آید. نتایج تأکید می‌نماید که "میانگین دمای تابشی" نقش اصلی بر احساس حرارتی افراد و بیش‌ترین

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-09-08]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1402.11.43.10.0]

تأثیر بر شاخصه "دمای معادل فیزیولوژیکی" را دارد. (حیدری و منعام، ۱۳۹۲) سلامت انسان در هر شرایطی متاثر از متغیرهای آب و هوایی از جمله فشار، رطوبت و دمایی پیرامون خویش است (Kunst et al, 1994). امروزه شاخص‌های مرتبط با فیزیولوژی انسان در مطالعات زیست اقلیم جایگاه ویژه‌ای دارند. از جمله این شاخص‌ها، شاخص دمای معادل فیزیولوژیک (PET) است. در جدول۴ به مقادیر آستانه شاخص حرارتی PET ارائه می‌شود:

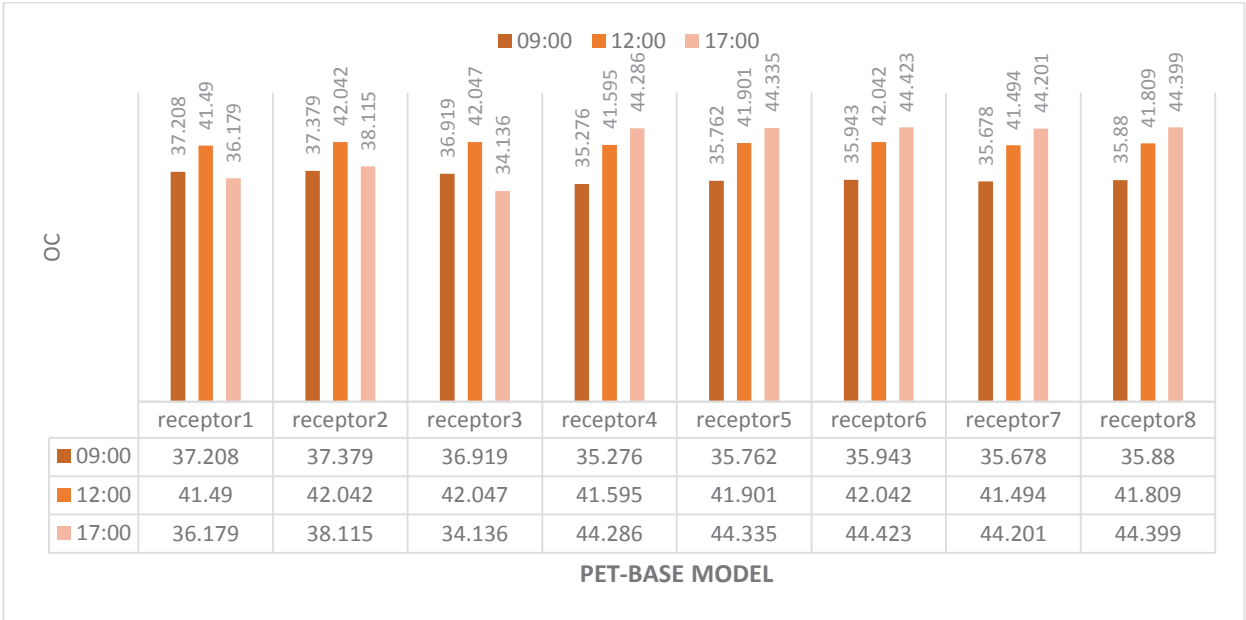
جدول۴-مقادیر آستانه شاخص PET

مقادیر آستانه شاخص PET برای تنش‌های گرمایی	
پارامتر	آستانه
آسایش گرمایی	(۱۸< PET <۲۹)°C
تنش سرمایی	PET<8 °C
تنش گرمایی	PET>35 °C
روز داغ	PET>41 °C

PET (°C)	رنگ مشخصه
<4	
۴	
۸	
۱۳	
۱۸	
۲۳	
۲۹	
۳۵	
۴۱	

یافته‌های تحقیق

در این مقاله که به تاثیر مولفه‌های مصنوع سازنده باغ ایرانی(مصالح کفسازی و جهت گیری) در باغ جهان نما شیراز پرداخته می شود و توسط نرم‌افزار انویمت مدل‌ها و وضع موجود باغ شبیه‌سازی شده است، رسپتورها، در۸ نقطه از محدوده باغ جهان‌نما، در محورهای اصلی و فرعی که در تمامی جهات باغ قرار گرفته و تا تاثیر (مصالح و جهت قرارگیری) را به عنوان مولفه‌های مصنوع سازنده باغ جهان‌نما را بر روی آسایش حرارتی افراد را نشان دهد. داده‌های آب و هوایی وارد شده به نرم‌افزار بر اساس داده‌های آب و هوایی پنجاه ساله (برگرفته از سایت رسمی[۱۰]) شیراز انتخاب شده و خروجی ساعتی برای تاریخ یکم تیر ماه ۱۳۹۹ و به نرم‌افزار انویمت وارد شده و برای محاسبه میزان شاخص حرارتی PET با کمک نرم‌افزار بایو- مت[۱۱] مقادیر آن به دست آمده است. در تصویر ۳، مولفه‌های اقلیمی وضع موجود باغ جهان‌نما شبیه‌سازی شده است.



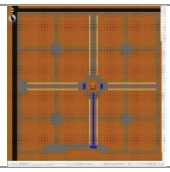
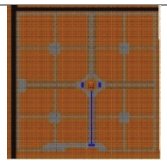
	receptor1	receptor2	receptor3	receptor4	receptor5	receptor6	receptor7	receptor8
09:00	37.208	37.379	36.919	35.276	35.762	35.943	35.678	35.88
12:00	41.49	42.042	42.047	41.595	41.901	42.042	41.494	41.809
17:00	36.179	38.115	34.136	44.286	44.335	44.423	44.201	44.399

تصویر ۳- تحلیل و مقایسه آسایش حرارتی وضع موجود باغ جهان‌نما با شاخص حرارتی PET - رسپتو(۱-۸)

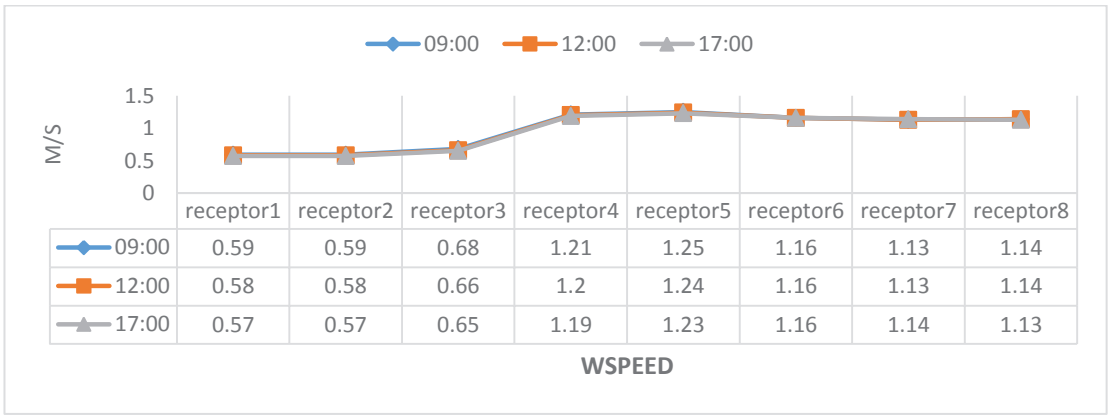
اثر متقابل شبیه‌سازی مصالح بر آسایش حرارتی باغ جهان‌نما شیراز: مولفه مصالح و تاثیر آن در آسایش حرارتی خرد اقلیم باغ، شبیه‌سازی شده و نمودارهای خطی آن برای چهار عامل آب و هوایی ترسیم گردیده است، تصویرهای ۴ -۵-۶-۷ به صورت منسجم اطلاعات مربوط به تغییر مصالح در باغ جهان‌نما شیراز در ۸ نقطه انتخابی مشخص شده است. در این راستا، ابتدا مصالح موجود در سایت پروژه برداشت شده و توسط نرم‌افزار انویمت شبیه‌سازی شده، با داشتن وضع موجود و تاثیر عوامل آب و هوایی و آسایشی بر آن جدول ۵ ارائه شده است.

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-09-08]
[DOR: 20.1001.1.22225602.1402.11.43.10.0]

جدول۵- مدل شبیه سازی شده در نرم افزار انویمت با تغییر مصالح کف در محور اصلی و فرعی باغ جهان نما

وضع موجود:	شبیه سازی:
رنگ مشکی:آسفالت	رنگ طوسی روشن: Dark Granit pavement
رنگ سفید: گرانیت روشن شفاف	رنگ طوسی تیره: concrete pavement dark
رنگ طوسی: سنگ فرش تیره- گرانیت	
قهوه‌ای: خاک	
	

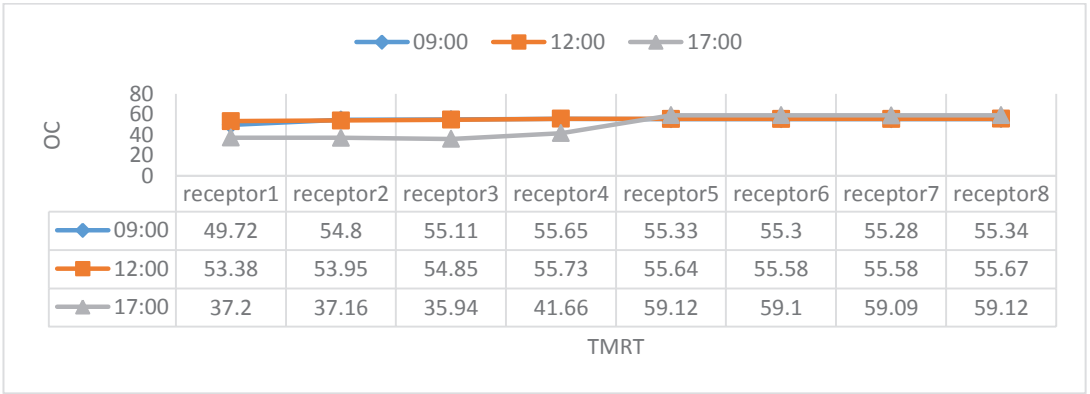
در تصویر۴ مشاهده می‌شود که در ساعات ۹-۱۲-۱۷ به طور کلی در همه رسپتورها تغییر محسوسی دیده نمی‌شود و در رسپتورهای ۱-۲-۳ سرعت باد کمتری به نسبت رسپتورهای ۴-۵-۶-۷-۸ دیده می‌شود و با تغییر جنس مصالح در این مدل به علت بافت آن و اصطکاکی که باد با مصالح ایجاد می‌کند و حتی خلل و فرج سطح مصالح با توجه به سرعت باد، هوای مطبوع بهتری نسبت به وضع موجود ایجاد شده است.



	receptor1	receptor2	receptor3	receptor4	receptor5	receptor6	receptor7	receptor8
09:00	0.59	0.59	0.68	1.21	1.25	1.16	1.13	1.14
12:00	0.58	0.58	0.66	1.2	1.24	1.16	1.13	1.14
17:00	0.57	0.57	0.65	1.19	1.23	1.16	1.14	1.13

تصویر ۴- سرعت باد- تغییر مصالح کف در باغ در ۸ رسپتور

در تصویر ۵ برای دمای متوسط تابشی، در ساعات ۹ و ۱۲ بیشترین میزان دمای تابشی در همه رسپتورها مشاهده می‌شود و در ساعت ۱۷ در رسپتورهای ۱-۲-۳ بر روی محور اصلی باغ به دلیل ضریب جذب حرارتی مصالح شبیه‌سازی شده، دمای تابشی تا حدی بهتر از رسپتورهای ۴-۵-۶-۷-۸ می‌باشد. کف‌سازی عمدتاً در محدوده مورد نظر آسفالت و سنگفرش بوده است که موجب جذب زیاد نور خورشید (به ویژه در میانه روز) و گسلندگی زیاد در ساعت ۱۷:۰۰ بعدازظهر می‌شود. همانطور که مشاهده می‌شود دما در این حالت در سطح بالایی قرار دارد و وضعیت آسایش حرارتی را تشدید می‌کند.

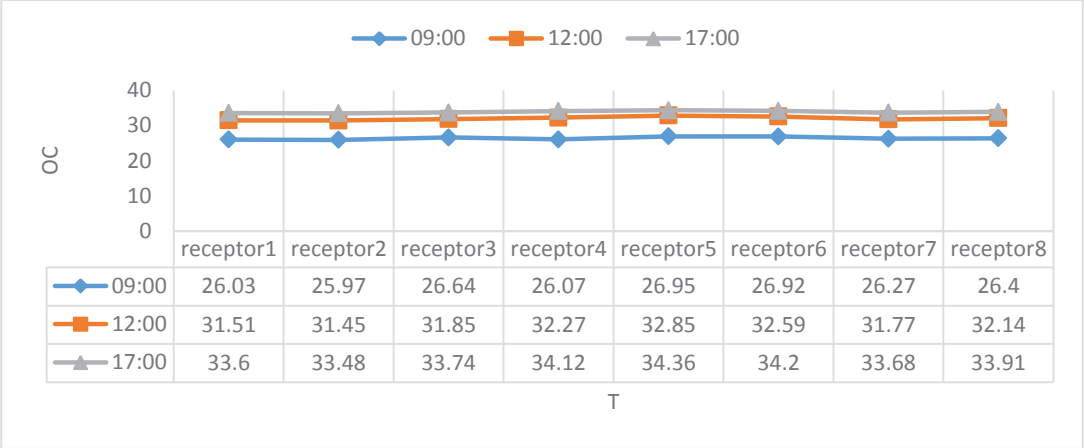


	receptor1	receptor2	receptor3	receptor4	receptor5	receptor6	receptor7	receptor8
09:00	49.72	54.8	55.11	55.65	55.33	55.3	55.28	55.34
12:00	53.38	53.95	54.85	55.73	55.64	55.58	55.58	55.67
17:00	37.2	37.16	35.94	41.66	59.12	59.1	59.09	59.12

تصویر ۵- دمای متوسط تابشی- تغییر مصالح کف در باغ در ۸ رسپتور

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-09-08]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1402.11.43.10.0]

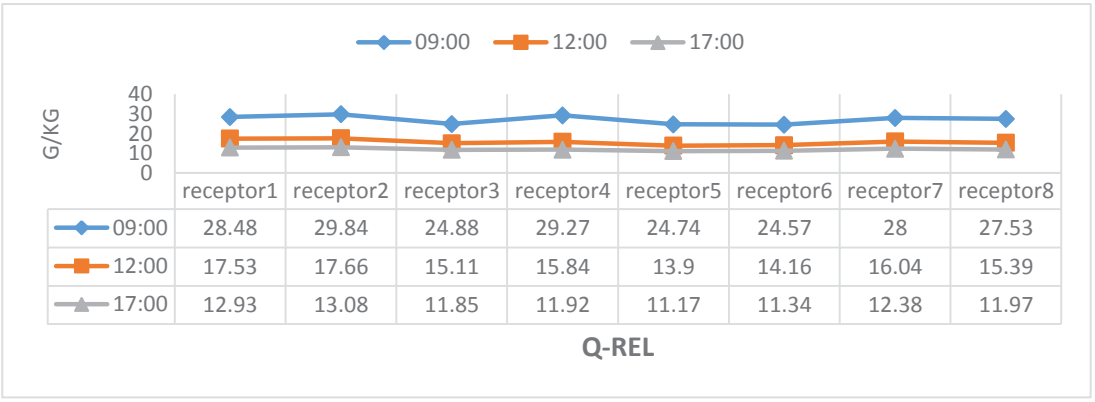
تصویر۶، دمای هوا در ساعت ۹ صبح به نسبت بهتر از ساعت ۱۲ و ۱۷ می‌باشد و این مدل تفاوت چندانی با حالت دمای هوای وضع موجود ندارد.



	receptor1	receptor2	receptor3	receptor4	receptor5	receptor6	receptor7	receptor8
09:00	26.03	25.97	26.64	26.07	26.95	26.92	26.27	26.4
12:00	31.51	31.45	31.85	32.27	32.85	32.59	31.77	32.14
17:00	33.6	33.48	33.74	34.12	34.36	34.2	33.68	33.91

تصویر۶- دمای هوا- تغییر مصالح کف در باغ در ۸ رسپتور

تصویر۷، رطوبت نسبی در ساعت ۱۷ بعدازظهر به نسبت بهتر از ساعت۱۲ و ۹ می‌باشد و این مدل نسبت به وضع موجود میزان رطوبت نسبی بیشتری دارد به دلیل تغییر مصالح و ضریب جذب پایین رطوبت مصالح شبیه‌سازی شده.

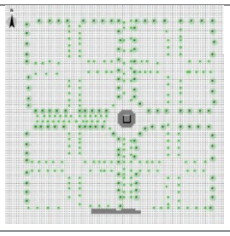


	receptor1	receptor2	receptor3	receptor4	receptor5	receptor6	receptor7	receptor8
09:00	28.48	29.84	24.88	29.27	24.74	24.57	28	27.53
12:00	17.53	17.66	15.11	15.84	13.9	14.16	16.04	15.39
17:00	12.93	13.08	11.85	11.92	11.17	11.34	12.38	11.97

تصویر۷- رطوبت نسبی- تغییر مصالح کف در باغ در ۸ رسپتور

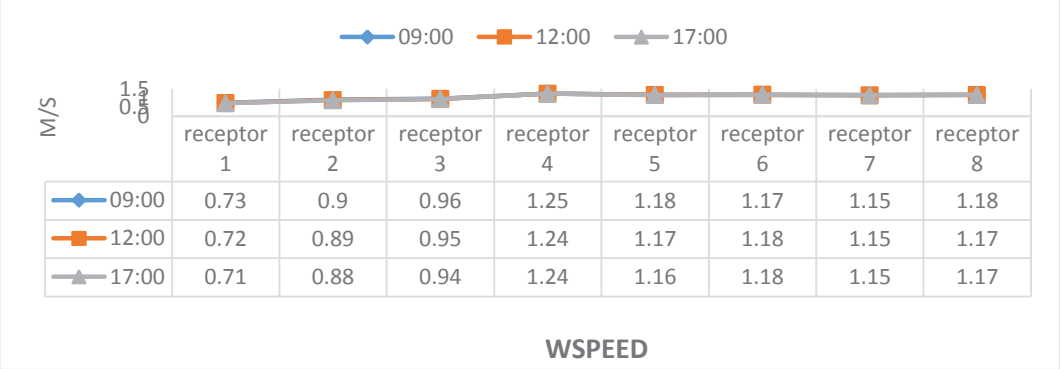
اثر متقابل شبیه سازی جهت قرار گیری بر آسایش حرارتی باغ جهان نما شیراز:یکی از اصلی ترین عوامل تاثیر جهت گیری باغ برای جلوگیری از تابش و کنترل باد غالب جهت آسایش حرارتی می باشد و قرارگیری باغ جهان نما بر میزان آسایش حرارتی و خروجی‌های شبیه سازی شده و نمودارهای خطی آن برای چهار عامل آب و هوایی ترسیم گردیده است، که در نمودارهای۶-۷-۸-۹ به صورت منسجم اطلاعات مربوط به تغییر جهت قرارگیری باغ جهان نما شیراز در ۸ نقطه انتخابی مشخص شده است. در این راستا ابتدا جهت قرارگیری موجود در سایت پروژه برداشت شده و توسط نرم افزار انویمت شبیه‌سازی شده، با داشتن وضع موجود و تاثیر عوامل آب و هوایی و آسایشی بر آن، جدول ۶ ارائه شده است.

جدول۶- مدل شبیه سازی شده در نرم افزار انویمت با تغییرجهت قرارگیری باغ جهان نما

	
با زاویه تقریبا ۴۵ درجه به شمال چرخیده است	وضع موجود با جهت گیری باغ شمال غربی- جنوب شرقی می‌باشد

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-09-08]
[DOR: 20.1001.1.22225602.1402.11.43.10.0]

همان‌طور که در تصویر ۸ مشاهده می‌شود، برای سرعت باد- مدل تغییر جهت قرارگیری باغ جهان‌نما شیراز، سرعت باد در حالت تغییر زاویه ۴۵ درجه به سمت شمال نسبت به وضع موجود در رسپتورهای ۱-۲-۳-۴ در محور اصلی بیشتر شده است و در رسپتورهای ۵ و ۶ به نسبت وضع موجود شرایط آسایشی بهتری دارد و در رسپتورهای ۷و۸ تغییر چندانی با وضع موجود ندارد. هوای مطبوع بهتری ایجاد شده است و با مدل مصالح تغییر چندانی در وضعیت آسایش حرارتی ندارد.

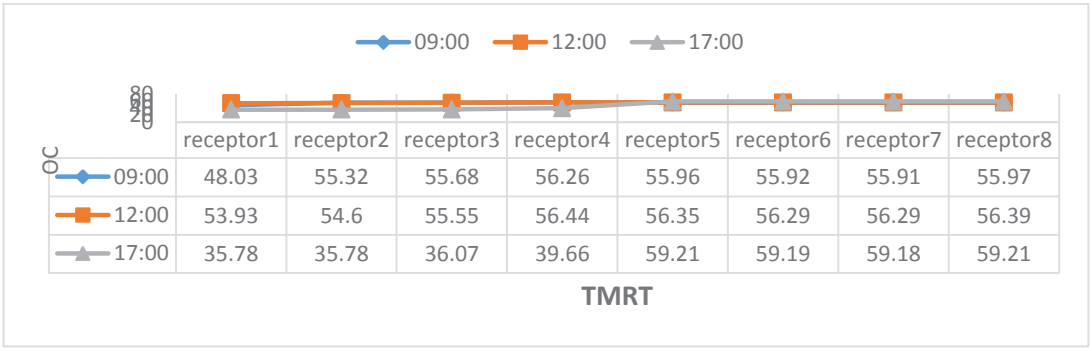


	receptor 1	receptor 2	receptor 3	receptor 4	receptor 5	receptor 6	receptor 7	receptor 8
09:00	0.73	0.9	0.96	1.25	1.18	1.17	1.15	1.18
12:00	0.72	0.89	0.95	1.24	1.17	1.18	1.15	1.17
17:00	0.71	0.88	0.94	1.24	1.16	1.18	1.15	1.17

WSPEED

تصویر۸- نقاط مورد نظر در باغ جهان نما شیراز- سرعت باد- تغییر زاویه جهت گیری باغ

در تصویر ۹، برای دمای متوسط تابشی- مدل تغییر جهت قرارگیری باغ جهان نما شیراز، در ساعات ۹ و ۱۲ بیشترین میزان دمای تابشی در همه رسپتورها مشاهده می‌شود و در ساعت ۱۷ در رسپتورهای ۱-۲-۳-۴ بر روی محور اصلی باغ به دلیل تغییر زاویه ۴۵ درجه‌ای شبیه‌سازی شده، دمای تابشی تا حدی بهتر از رسپتورهای ۵-۶-۷-۸ می‌باشد. در کل با تغییر جهت قرارگیری باغ وضعیت آسایش حرارتی به نسبت وضع موجود بهتر است.

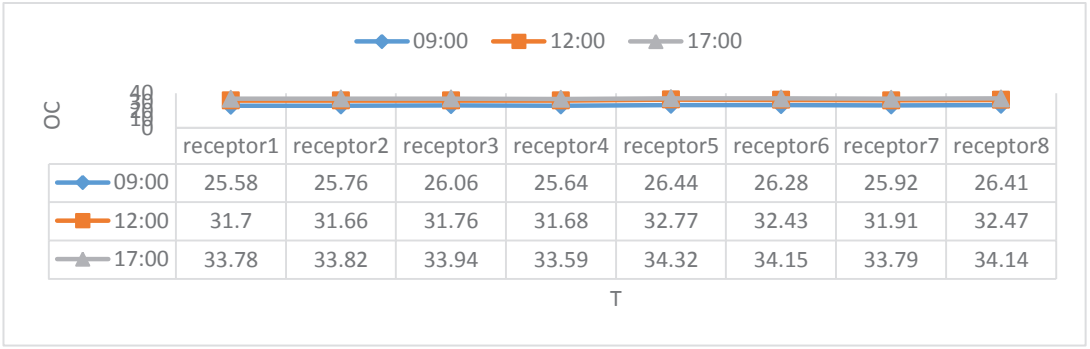


	receptor1	receptor2	receptor3	receptor4	receptor5	receptor6	receptor7	receptor8
09:00	48.03	55.32	55.68	56.26	55.96	55.92	55.91	55.97
12:00	53.93	54.6	55.55	56.44	56.35	56.29	56.29	56.39
17:00	35.78	35.78	36.07	39.66	59.21	59.19	59.18	59.21

TMRT

تصویر ۹- نقاط مورد نظر در باغ جهان‌نما شیراز- دمای تابشی- تغییر زاویه جهت گیری باغ

در تصویر۱۰، برای دمای هوا- مدل تغییر جهت قرارگیری باغ جهان‌نما شیراز، دمای هوا در ساعت ۹ صبح به نسبت بهتر از ساعت۱۲ و ۱۷ می‌باشد و این مدل تفاوت چندانی با حالت دمای هوای وضع موجود ندارد.



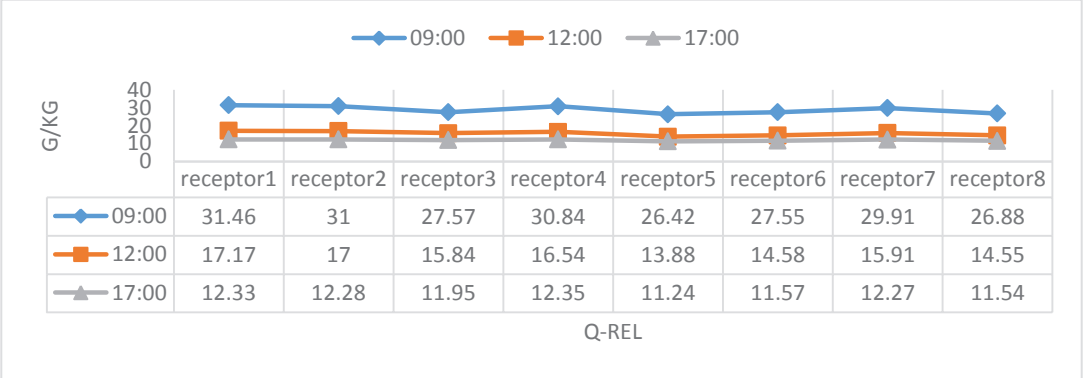
	receptor1	receptor2	receptor3	receptor4	receptor5	receptor6	receptor7	receptor8
09:00	25.58	25.76	26.06	25.64	26.44	26.28	25.92	26.41
12:00	31.7	31.66	31.76	31.68	32.77	32.43	31.91	32.47
17:00	33.78	33.82	33.94	33.59	34.32	34.15	33.79	34.14

T

تصویر۱۰- نقاط مورد نظر در باغ جهان‌نما شیراز- دما- تغییر زاویه جهت گیری باغ

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-09-08]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1402.11.43.10.0]

در تصویر۱۱، برای رطوبت نسبی- تغییر جهت قرارگیری باغ، برای سه ساعت و در همه رسپتورها، در ساعت ۹ صبح میزان رطوبت نسبی در بیشترین وضعیت خود به نسبت وضع موجود می‌باشد و شرایط آسایش حرارتی را تشدید کرده است و در ساعت ۱۲ و ۱۷ تغییر محسوسی نداشته است.

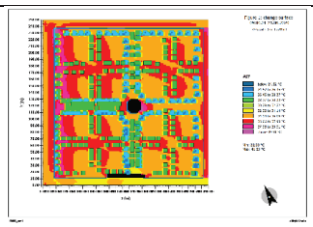
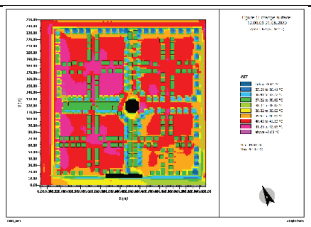
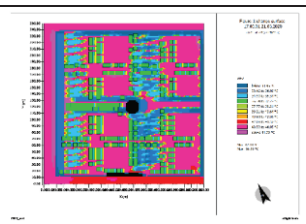
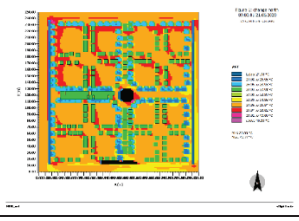
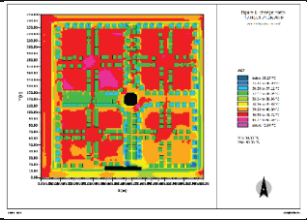
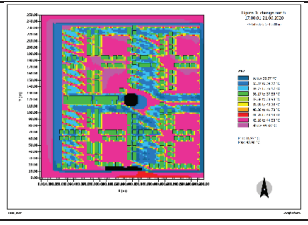


	receptor1	receptor2	receptor3	receptor4	receptor5	receptor6	receptor7	receptor8
09:00	31.46	31	27.57	30.84	26.42	27.55	29.91	26.88
12:00	17.17	17	15.84	16.54	13.88	14.58	15.91	14.55
17:00	12.33	12.28	11.95	12.35	11.24	11.57	12.27	11.54

تصویر۱۱- نقاط مورد نظر در باغ جهان‌نما شیراز- رطوبت نسبی- تغییر زاویه جهت گیری باغ

نتایج شبیه‌سازی شرایط آب و هوایی در فضای باز باغ جهان‌نما، شامل متوسط دمای تابشی، سرعت باد، دما، رطوبت نسبی هوا در جداول بالا برای مدل مصالح و جهت قرارگیری به نمایش گذاشته شده است. به سبب این که معمولا تغییرات دما در ساعات (۹-۱۲-۱۷) می‌باشد نتایج شبیه سازی در این ساعات بیان شده است و از طرفی چون میانگین قد انسان بین حالت ایستاده و نشسته ۱.۵۰ متر است، سنجش شبیه‌سازی در این ارتفاع انجام شده است. در جدول ۷، گراف‌های شاخص حرارتی PET برای ۸ نقطه در نظر گرفته شده که با مقایسه محدوه آستانه آسایش حرارتی PET، در کل به دلیل اینکه اعداد بالای ۳۵ درجه سانتیگراد می‌باشند تنش گرمایی در این روز مشاهده می‌شود و به نسبت وضع موجود، شرایط آسایش حرارتی تغییر چندانی نداشته است و در رسپتورهای۱-۲-۳ در ساعت ۱۲ آسایش حرارتی تشدید شده و در رسپتورهای ۴-۵-۶-۷-۸ در ساعت ۱۷ آسایش حرارتی در بدترین وضعیت قرار داشته است و در ساعت ۹ بهترین وضعیت را دارد و با توجه به گراف‌های موجود بین دو مولفه مصنوع سازنده باغ ایرانی(جنس مصالح- جهت قرارگیری)، در حالت تغییر زاویه در رسپتورهای ۱-۲-۳-۴ شرایط آسایشی بهتری نسبت به مدل اول تغییر جنس مصالح و در باقی رسپتورها تغییری دیده نمی‌شود. بنابراین تغییر جهت قرارگیری در باغ عامل موثرتری به نسبت تغییر مصالح در آسایش حرارتی در فضای باز می‌باشد.

جدول۷- تحلیل و مقایسه آسایش حرارتی مصالح کف‌سازی و جهت قرارگیری با شاخص حرارتی PET- رسپتور۱-۸

	۹:۰۰ صبح	۱۲:۰۰ ظهر	۱۷:۰۰بعدازظهر
مدل تغییر مصالح			
مدل جهت گیری			

رابطه معنادار بین دمای متوسط تابشی و آسایش حرارتی: با بررسی و مقایسه نمودارها و جداول دمای متوسط تابشی با شرایط آسایش حرارتی وضع موجود می توان به رابطه معنادار بین آنها پی برد. با توجه به شرایط یکسان و تقریبا مشابه خروجی اولیه رسپتورها و زمانبر بودن تحلیل

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-09-08]
[DOR: 20.1001.1.22225602.1402.11.43.10.0]

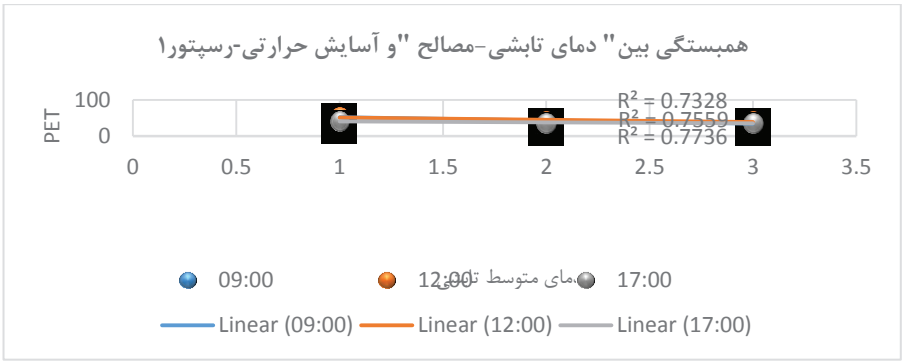
آسایش حرارتی تعداد بالای رسپتورها، در ادامه برای تحلیل شاخص حرارتی PET، ۴ نقطه به جای ۸ نقطه مورد بررسی قرار می‌گیرد تا روند کار تسریع یابد که در زیر دلایل انتخاب این ۴ نقطه آمده است:

نقطه ۱: روی محور اصلی باغ- جلوی کوشک میانی- نزدیکی به ورودی اصلی باغ- تعداد درختان زیاد- مصالح سنگفرش/ نقطه ۳: روی محور اصلی باغ- پشت کوشک میانی- نزدیکی به کوشک و آب- تعداد درختان زیاد- مصالح سنگفرش/ نقطه ۵: روی محور فرعی در میان کرت- واقع در ضلع شمال غربی باغ- نزدیکی به ورودی اصلی باغ - مصالح خاک- نوع درختان متفاوت از محور اصلی/ نقطه ۷: روی محور فرعی در میان کرت- واقع در ضلع جنوب شرقی باغ- دور از ورودی اصلی باغ- مصالح خاک- نوع درختان متفاوت از محور اصلی.

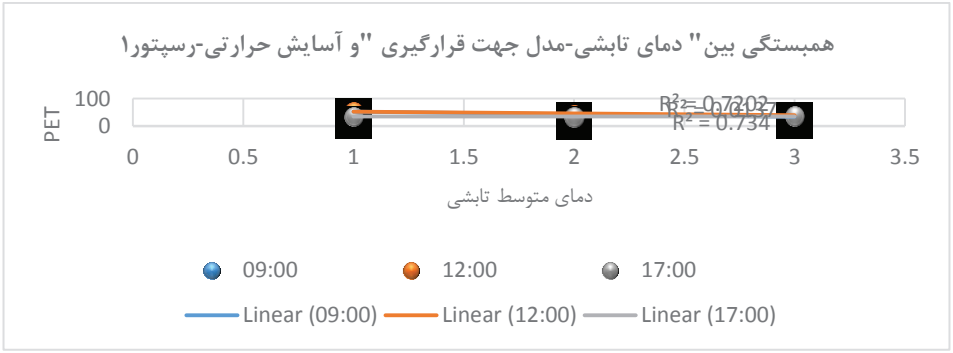
ضریب همبستگی بین آسایش حرارتی و دمای متوسط تابشی- رسپتورهای ۱-۳-۵-۷: در بسیاری از مطالعات در زمینه آسایش حرارتی به رابطه معنادار دو عامل آسایش حرارتی و دمای متوسط تابشی تاکید شده است. (Al-kurdi and Awadallah,2015; Lin, Matzarkis, and Hwang, 2010) در این پژوهش نیز با توجه به تجزیه و تحلیل اطلاعات صورت گرفته در رسپتور ۱، برای مصالح، به ترتیب ضرایب R =۰/۷۳، R =۰/۷۵، R =۰/۷۷، برای جهت قرارگیری، به ترتیب ضرایب R =۰/۷۲، R =۰/۷۳، R =۰/۶۱، به دست آمده است و ضریب همبستگی نیز مشخص است. (جدول۸) بنابراین نشان از همبستگی معناداری مابین "دمای متوسط تابشی" با "شاخص آسایش حرارتی PET" دارد. (Lawner Weinberg, Knapp Abramowitz, 2002) بنابراین افزایش مقدار دمای متوسط تابشی در فضای باغ، افزایش استرس حرارتی عابران پیاده را در پی دارد.

جدول۸- ضریب همبستگی و رگرسیون بین آسایش حرارتی و دمای متوسط تابشی- رسپتور۱- مصالح و جهت‌گیری

correlation	دمای متوسط تابشی- مصالح	مصالح - PET	وضع موجود- PET
دمای متوسط تابشی- مصالح- مدل ۱	1		
مصالح -PET	0/677358423	1	
وضع موجود- PET	0/580364407	0/992198941	1



رسپتور۱-correlation	دمای متوسط تابشی- جهت قرارگیری	جهت قرارگیری-PET	وضع موجود- PET
دمای متوسط تابشی-جهت قرارگیری	1		
جهت قرارگیری-PET	0/786944597	1	
وضع موجود- PET	0/604709695	0/967299038	1

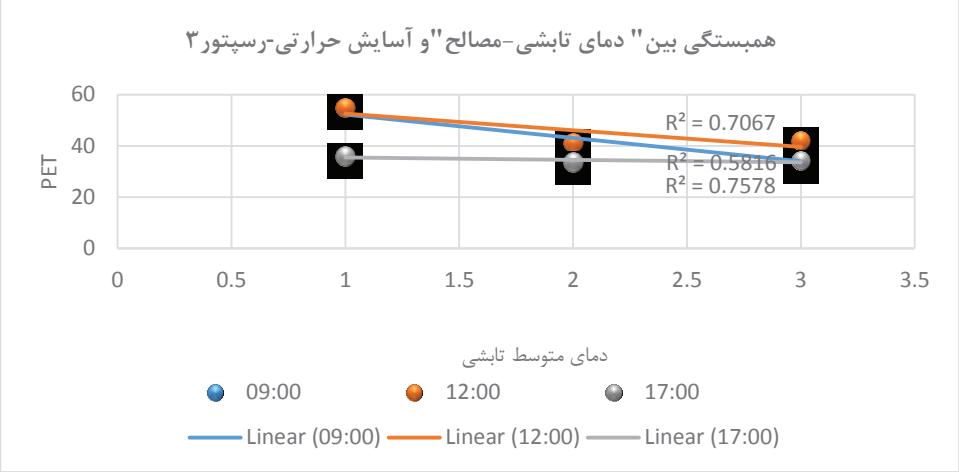


[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-09-08]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1402.11.43.10.0]

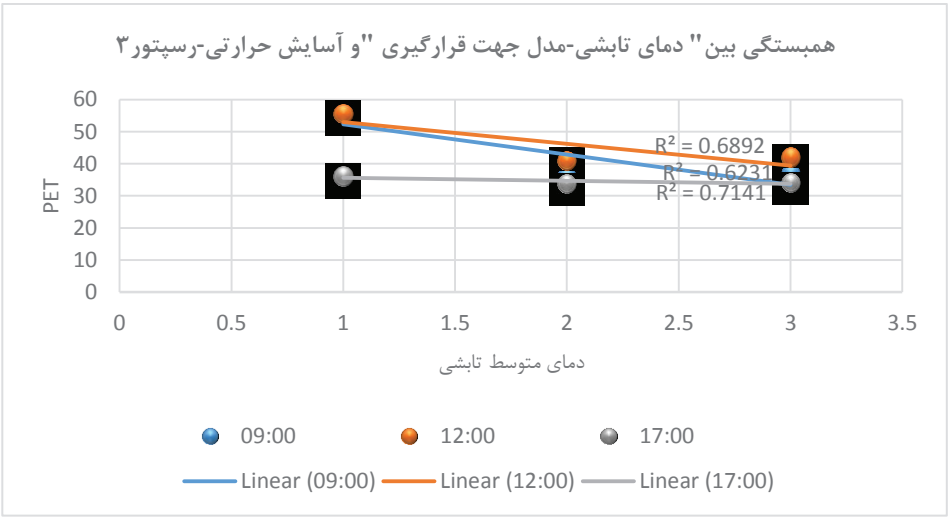
در رسپتور۳، برای مصالح، بـه ترتیـب ضـرایب R= 0/7، R= 0/58، R= 0/75، بـرای جهـت قرارگیـری، بـه ترتیـب ضـرایب R= 0/68، R= 0/62، R= 0/71، به دست آمده است و ضریب همبستگی نیز مشخص است.(جدول۹)

جدول۹- ضریب همبستگی و رگرسیون بین آسایش حرارتی و دمای متوسط تابشی- رسپتور۳-مصالح و جهت گیری

وضع موجود- PET	مصالح- PET	دمای متوسط تابشی- مصالح	رسپتور۳-correlation
		1	دمای متوسط تابشی-مصالح
	1	0/829448365	مصالح- مدل ۱ -PET
1	0/993956748	0/763118754	وضع موجود- PET



وضع موجود- PET	جهت قرارگیری-PET	دمای متوسط تابشی-جهت قرارگیری	رسپتور۳-correlation
		1	دمای متوسط تابشی-جهت قرارگیری
	1	0/737379724	جهت قرارگیری-PET
1	0/99898849	0/767007839	وضع موجود- PET

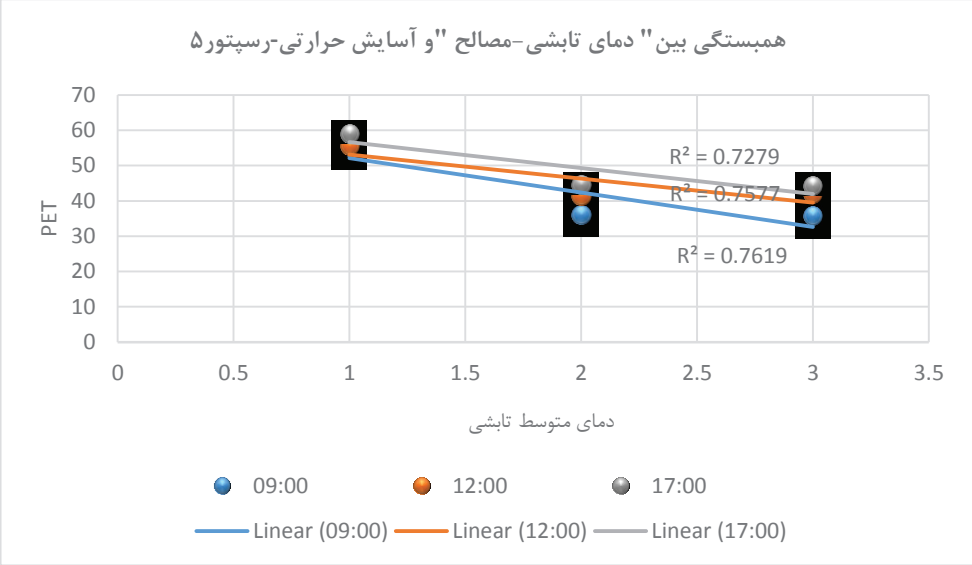


در رسپتور۵، برای مصالح، بررسی که به ترتیب ضرایب R= ۰/۷۲، R= ۰/۷۵، R= ۰/۷۶، برای جهت قرارگیری، به ترتیب ضرایب R= ۰/۷۶، R= ۰/۷۴، R=۰/۷۷، به دست آمده است و ضریب همبستگی نیز مشخص است.(جدول۱۰)

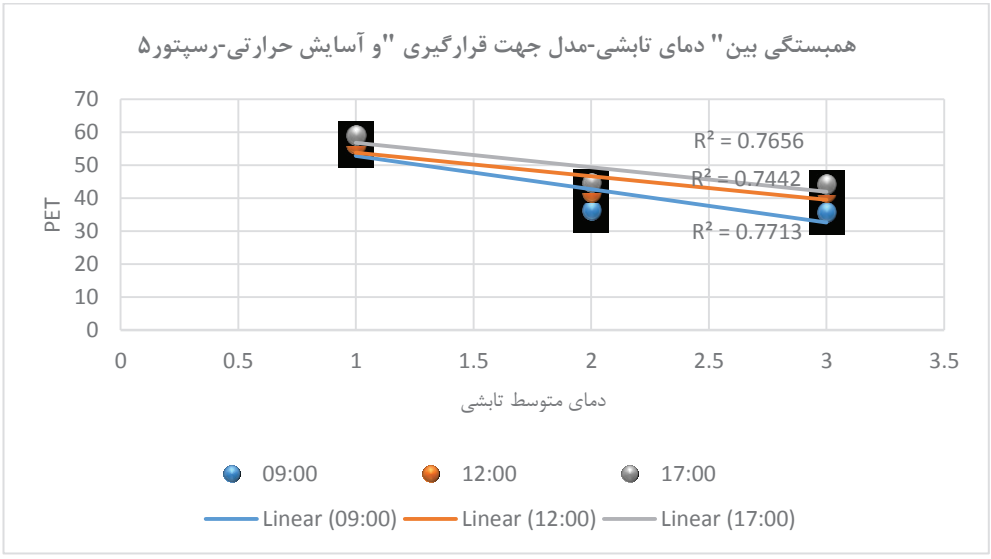
[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-09-08]
[DOR: 20.1001.1.22225602.1402.11.43.10.0]

جدول۱۰- ضریب همبستگی و رگرسیون بین آسایش حرارتی و دمای متوسط تابشی- رسپتور۵-مصالح و جهت گیری

وضع موجود- PET	مصالح -PET	دمای متوسط تابشی-مصالح	رسپتور۵-correlation
		1	دمای متوسط تابشی-مصالح
	1	0/805605449	مصالح -PET
1	0/996899578	0/756490986	وضع موجود- PET



وضع موجود- PET	جهت قرارگیری-PET	دمای متوسط تابشی-جهت قرارگیری	رسپتور۵-correlation
		1	دمای متوسط تابشی-جهت قرارگیری
	1	0/817963048	جهت قرارگیری-PET
1	0/997849988	0/778501571	وضع موجود- PET

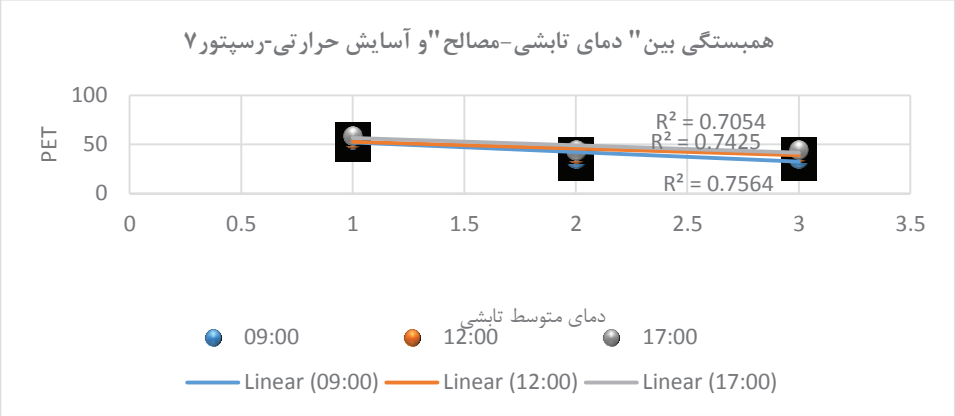


در رسپتور ۷، برای مصالح، به ترتیب ضرایب R= ۰/۷۰، R= ۰/۷۴، R= ۰/۷۵، برای جهت قرارگیری، به ترتیب ضرایب R= ۰/۷۴، R= ۰/۷۲، R=۰/۷۵، به دست آمده است و ضریب همبستگی نیز مشخص است.(جدول۱۱)

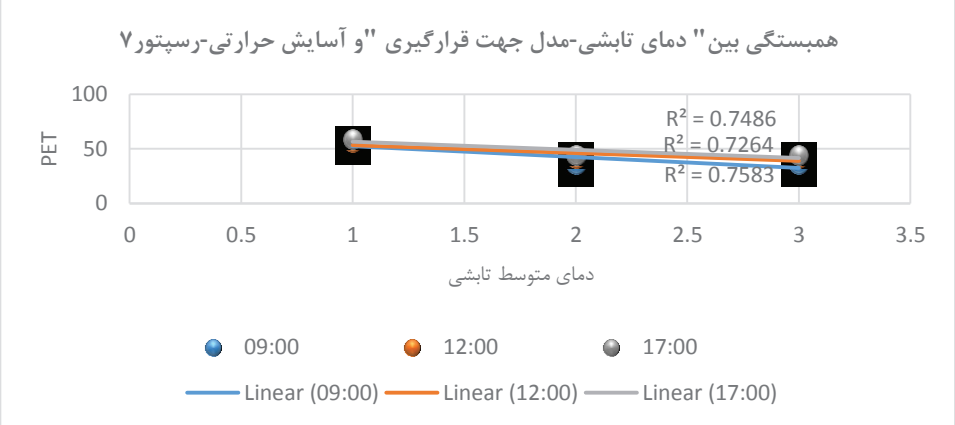
[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-09-08]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1402.11.43.10.0]

جدول۱۱- ضریب همبستگی و رگرسیون بین آسایش حرارتی و دمای متوسط تابشی- رسپتور۷- مصالح و جهت گیری

وضع موجود- PET	مصالح -PET	دمای متوسط تابشی-مصالح	رسپتور۷-correlation
		1	دمای متوسط تابشی-مصالح-مدل ۱
	1	0/836497829	مصالح- مدل ۱ -PET
1	0/994353938	0/773627427	وضع موجود- PET



وضع موجود- PET	جهت قرارگیری-PET	دمای متوسط تابشی-جهت قرارگیری	رسپتور۷-correlation
		1	دمای متوسط تابشی-جهت قرارگیری
	1	0/833275963	جهت قرارگیری-PET
1	0/997645531	0/793398375	وضع موجود- PET



بحث و نتیجه گیری

بهبود کیفیت زندگی و کاهش استرس حرارتی در فضاهای باز، یکی از مهم‌ترین مباحث معماران و شهرسازان است. باغ‌ها در اقلیم نیمه گرم و خشک به عنوان عنصر مهمی از منظر شهری تاثیر زیادی در آسایش حرارتی در فضای باز دارد. مصالح و جهت قرارگیری از موثرترین مولفه‌های سازنده باغ ایرانی در ایجاد آسایش و کیفیت محیطی است. در این راستا، مقاله حاضر تلاش کرده با تاکید بر مولفه‌های مصنوع و تاثیر آن بر روی خرد اقلیم و آسایش حرارتی انسان در فضای باز که شامل میزان جذب تابش، تغییر جریان باد و تهویه مناسب و کاهش دمای متوسط تابشی در دو مدل تغییر مصالح و تغییر جهت‌گیری باغ جهان‌نما در نرم‌افزار انویمت شبیه‌سازی شده است. با تحلیل هر یک از مدل‌ها با وضعیت موجود در باغ مشخص شد که مدل مصالح با تغییر رنگ و جنس مصالح با ضریب جذب کم تابش خورشید و متخلخل

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-09-08]
[DOR: 20.1001.1.22225602.1402.11.43.10.0]

بودن آن با کاهش جذب تابش، دمای هوا مطلوبی در ساعات بحرانی تابستان داشته و مدل تغییر ۴۵ درجه‌ای جهت قرارگیری باغ به سمت شمال- جنوب، جریان هوا را به بهترین نحو هدایت می‌کند. همچنین با بررسی نمودارهای ترسیمی پارامترهای اقلیمی(سرعت باد، دمای متوسط تابشی، دمای هوا، رطوبت نسبی) مشخص شد دمای متوسط تابشی نسبت به دیگر عوامل اقلیمی تاثیر بیشتری بر آسایش حرارتی در فضای باز باغ جهان‌نما دارد. با بررسی و مقایسه نمودارها و جداول دمای متوسط تابشی با شرایط آسایش حرارتی وضع موجود می توان به رابطه معنادار بین دمای متوسط تابشی و شاخص آسایش حرارتی PET پی برد که افزایش دمای متوسط تابشی موجب افزایش تنش حرارتی و کاهش حضور افراد در فضاهای باز را به همراه دارد و همچنین سلامتی را به خطر می‌اندازد. در این پژوهش به بررسی تـأثیر مولفه‌های مصنوع باغ در یکی از گرم‌ترین روزهای سال یکم تیرماه پرداخته شده است، بنابراین پیشنهاد می‌شود که در آینده به بررسی مولفه‌های طبیعی باغ (گیاه و آب) که تاثیر بسیاری در بهبود شرایط آسایشی دارند،پرداخته شود.

پی‌نوشت‌ها

۱. PET (Physiology Equivalent temperature)
۲. Envi-met
۳. Receptor
۴. Leonardo
۵. Excel
۶. Maras et al
۷. Heat stress
۸. PMV(predicted mean vote)
۹. SET(Standard Effective Temperature)
۱۰. www.Energyplus.com
۱۱. Bio-met (یک ابزار محاسبه‌کننده می‌باشد که بر اساس داده‌های خروجی نرم‌افزار انویمت و تنظیمات پارامترهای افراد، شاخص آسایش حرارتی انسان را محاسبه می‌کند.)

منابع

- ایرانی بهبهانی، ه. (۱۳۹۷). معماری، باغ و منظر، تهران: دانشگاه تهران.
- حبیب، ف. (۱۳۸۵). کندوکاوی در معنای شکل شهر .هنرهای زیبا ۲۵.
- حیدری، ش.، و منعام، ع. (۱۳۹۲). ارزیابی شاخصه‌های آسایش حرارتی در فضای باز. جغرافیا و توسعه ناحیه ای، ۱ (۱۱)
- شاهچراغی، آ. (۱۳۸۸). تحلیل فرآیند ادراک محیط باغ ایرانی براساس نظریه روان شناسی بوم شناختی. هویت شهر، ۳(۵) ۷۱-۸۴.
- نیلسن، ه. (۱۳۸۵). تهویه طبیعی، راهنمای طراحی اقلیمی مناطق گرم، مترجم: محمد احمدی نژاد، اصفهان: نشرخاک.
- Alcoforado, M. J., Andrade, H., Lopes, A., & Vasconcelos, J. (2009). Application of climatic guidelines to urban planning: The example of Lisbon (Portugal). *Landscape and urban planning, 90(1-2)*, 56-65.
- Ali-Toudert, F., & Mayer, H. (2007). Thermal comfort in an east–west oriented street canyon in Freiburg (Germany) under hot summer conditions. *Theoretical and applied climatology, 87*, 223-237.
- 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, 7(3)*, 42-49.
- Allen, W. L. (2012). Environmental reviews and case studies: Advancing green infrastructure at all scales: From landscape to site. *Environmental Practice, 14(1)*, 17-25.
- Behzadfar, M., & Manaam, A. (2011). Sky factor coefficient affects thermal comfort Users of urban open space, investigation of chosen parks in Tehran.
- Bridger, R. (2008). *Introduction to ergonomics*. CRC Press.
- Brown, R. D. (2010). *Design with microclimate: the secret to comfortable outdoor space*. Island Press.

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-09-08]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1402.11.43.10.0]

- Charalampopoulos, I., Tsiros, I., Chronopoulou-Sereli, A., & Matzarakis, A. (2013). Analysis of thermal bioclimate in various urban configurations in Athens, Greece. *Urban Ecosystems, 16*, 217-233.
- Cui, L., & Shi, J. (2012). Urbanization and its environmental effects in Shanghai, China. *Urban Climate, 2*, 1-15.
- Eliasson, I. (2000). The use of climate knowledge in urban planning. *Landscape and urban planning, 48(1-2)*, 31-44.
- Emmanuel, R. (2005). Thermal comfort implications of urbanization in a warm-humid city: the Colombo Metropolitan Region (CMR), Sri Lanka. *Building and Environment, 40(12)*, 1591-1601.
- Faizi, F., Noorani, M., Ghaedi, A., & Mahdavinejad, M. (2011). Design an optimum pattern of orientation in residential complexes by analyzing the level of energy consumption (case study: Maskan Mehr Complexes, Tehran, Iran). *Procedia Engineering, 21*, 1179-1187.
- Gómez, F., Cueva, A. P., Valcuende, M., & Matzarakis, A. (2013). Research on ecological design to enhance comfort in open spaces of a city (Valencia, Spain). Utility of the physiologically equivalent temperature (PET). *Ecological Engineering, 57*, 27-39.
- Handley, J. F., Gill, S., Ennos, R., & Pauleit, S. (2007). Adapting cities for climate change: The role of the green infrastructure. *Built Environ, 33(1)*, 97-115.
- 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, 54*, 1002-1017.
- Janssens, I. A., Dieleman, W., Luyssaert, S., Subke, J. A., Reichstein, M., & Ceulemans, R. & Law, BE (2010). Reduction of forest soil respiration in response to nitrogen deposition. *Nature Geoscience, 3(5)*, 315-322.
- Kjellstrom, T., Briggs, D., Freyberg, C., Lemke, B., Otto, M., & Hyatt, O. (2016). Heat, human performance, and occupational health: a key issue for the assessment of global climate change impacts. *Annual review of public health, 37*, 97-112.
- Kjellstrom, T., Freyberg, C., Lemke, B., Otto, M., & Briggs, D. (2018). Estimating population heat exposure and impacts on working people in conjunction with climate change. *International journal of biometeorology, 62(3)*, 291-306.
- Krüger, E. L., Minella, F. O., & Rasia, F. (2011). Impact of urban geometry on outdoor thermal comfort and air quality from field measurements in Curitiba, Brazil. *Building and Environment, 46(3)*, 621-634.
- Kunst, A. E., Groenhof, F., & Mackenbach, J. P. (1994). The association between two windchill indices and daily mortality variation in The Netherlands. *American Journal of public health, 84(11)*, 1738-1742.
- Lin, T. P., Matzarakis, A., & Hwang, R. L. (2010). Shading effect on long-term outdoor thermal comfort. *Building and Environment, 45(1)*, 213-221.
- Lin, T. P., Matzarakis, A., & Hwang, R. L. (2010). Shading effect on long-term outdoor thermal comfort. *Building and Environment, 45(1)*, 213-221.
- Maras, P. M., Molet, J., Chen, Y., Rice, C., Ji, S. G., Solodkin, A., & Baram, T. (2014). Preferential loss of dorsal-hippocampus synapses underlies memory impairments provoked by short, multimodal stress. *Molecular psychiatry, 19(7)*, 811-822.
- Martins, T. A., Adolphe, L., Bonhomme, M., Bonneaud, F., Faraut, S., Ginestet, S., ... & Guyard, W. (2016). Impact of Urban Cool Island measures on outdoor climate and pedestrian comfort: Simulations for a new district of Toulouse, France. *Sustainable Cities and Society, 26*, 9-26.
- Matzarakis, A., Mayer, H., & Iziomon, M. G. (1999). Applications of a universal thermal index: physiological equivalent temperature. *International journal of biometeorology, 43*, 76-84.
- Mayer, H. (2006). Indizes zur human-biometeorologischen Bewertung der thermischen und lufthygienischen Komponente des Klimas. *Gefahrstoffe-Reinhaltung der Luft, 66(4)*, 165-174.
- Middel, A., Häb, K., Brazel, A. J., Martin, C. A., & Guhathakurta, S. (2014). Impact of urban form and design on mid-afternoon microclimate in Phoenix Local Climate Zones. *Landscape and urban planning, 122*, 16-28.

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-09-08]

[DOR: 20.1001.1.22225602.1402.11.43.10.0]

- Mohebian, Z., Farhang Dehghan, S., & Dehghan, H. (2018). Evaluation of the combined effects of heat and lighting on the level of attention and reaction time: climate chamber experiments in Iran. *The Scientific World Journal*, 2018.
- Morabito, M., Cecchi, L., Crisci, A., Modesti, P. A., & Orlandini, S. (2006). Relationship between work-related accidents and hot weather conditions in Tuscany (central Italy). *Industrial Health, 44(3)*, 458-464.
- Oral, G. K., Yener, A. K., & Bayazit, N. T. (2004). Building envelope design to ensure thermal, visual, and acoustic comfort conditions. *Building and Environment, 39(3)*, 281-287.
- Rchid, A. (2012). The effects of green spaces (Palme trees) on the microclimate in rides zones, case study: Ghardaia, Algeria. *Energy Procedia, 18*, 10-20.
- Sasaki, K., Mayer, H., Mochida, A., Uchida, M., & Tonouchi, T. (2009). Field measurement on thermal comfort in outdoor locations. In The *7th International Conference on Urban Climate (1) Wind Velocity(2) Turbulence Intensity(3) Air Temperature:* Time (Vol. 1, No. 10, pp. 00-11).
- Scudo, G. (2005). Environmental comfort in green urban spaces: an introduction to design tools. Available via COST Action C11–green structure and urban planning. Available via http://www. cost. ESF. org.
- Szűcs, Á. (2013). Wind comfort in a public urban space—Case study within Dublin Docklands. *Frontiers of Architectural Research, 2(1)*, 50-66.
- Taleghani, M., Kleerekoper, L., Tenpierik, M., & Van Den Dobbelsteen, A. (2015). Outdoor thermal comfort within five different urban forms in the Netherlands. *Building and Environment, 83*, 65-78.
- Taleghani, M., Sailor, D. J., Tenpierik, M., & van den Dobbelsteen, A. (2014). Thermal assessment of heat mitigation strategies: The case of Portland State University, Oregon, USA. *Building and Environment, 73*, 138-150.
- Tamm, M., Jakobson, A., Havik, M., Burk, A., Timpmann, S., Allik, J., ... & Kreegipuu, K. (2014). The compression of perceived time in a hot environment depends on physiological and psychological factors. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 67(1)*, 197-208.
- Toudert, F. A. (2005). *Dependence of outdoor thermal comfort on street design in hot and dry climates*.
- Vickers, N. J. (2017). Animal communication: when I'm calling you, will you answer too? *Current biology, 27(14)*, R713-R715.
- Weinberg, S. L., & Abramowitz, S. K. (2002). *Data analysis for the behavioral sciences using SPSS*. Cambridge University Press.
- Yi, W., & Chan, A. P. (2017). Effects of heat stress on construction labor productivity in Hong Kong: a case study of rebar workers. *International journal of environmental research and public health, 14(9)*, 1055.

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-09-08]

[DOR: 20.1001.1.23225602.1402.11.43.10.0]

Evaluation and analysis of artificial components of Jahan Nama Garden in Shiraz on the quality of thermal comfort and reduction of heat stress (using PET thermal index)

Mahnaz Rezaei, Ph.D. Student, Architecture, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
Farah Habib*, Professor, Urban Development, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
Azadeh Shahcheraghi, Associate Professor, Architecture, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Received: 2022/2/6 *Accepted: 2022/6/3*

Introduction: Thermal comfort in semi-hot and dry climates is one of the main factors for the presence of people in open urban spaces. The present research seeks to achieve a greater presence of people and reduce heat stress for the comfort quality of the micro-climate of the garden. Each of the artificial components of Jahan Nama Garden and the effective climatic conditions, has dealt with all of them. Thermal comfort has always been one of the main factors in architecture and urban planning, and among the solutions that respond to climatic conditions, we can mention the Iranian gardens, which have had a great impact on modifying the climatic conditions of the environment since ancient times. Elements that cause human comfort and have natural and artificial dimensions and components. Due to this issue, the Iranian garden model has created green and pleasant spaces for comfort and tranquility and the presence of people, which has been able to make the climatic conditions of the environment livable, desirable, and pleasant.
Methodology: The research method is descriptive-analytical and, in terms of method, qualitatively and quantitatively simulated with Envi-met 4 basic software, which is selected by selecting eight points in the garden, on the first of July by comparing them with the PET thermal comfort index between points. Therefore, the research is based on two strategies of logical reasoning, library analysis on the one hand and quantitative measurement based on ENVI-met 4 basic simulation software. On the other hand, the effective components such as (the location and structure of the garden, and materials) are compared between the mentioned points. Ross data analysis was performed at 9 am, 12 noon, and 5 pm on the 1st of July, the hottest day of the year in the afternoon**.**
Results: By examining the models (change of materials and orientation), the comfort conditions of the garden are improved and the change of orientation of the garden is more effective than the change of materials. Also, the average radiant temperature has the greatest effect on thermal comfort. R1=0/73 R3 = 0.70, R5 = 0.74, and R7 = 0.74 indicate their correlation. The artificial components of the Jahan Nama garden greatly affect the thermal comfort of the garden in hot seasons.
Conclusion: As a result, the choice of materials and proper orientation leads to controlling the rate of absorption of air temperature and circulation, which reduces heat stress. In the end, the research findings show that the synergy of the components of the Iranian garden in hot and semi-arid climates increases the thermal comfort in the microclimate of the garden and in creating urban open spaces with quality and optimal energy consumption Warm seasons and physical and mental health and reduction of heat stress are very important and the research findings are presented as a model that shows the synergy of these components to provide outdoor thermal comfort.
Keywords: Persian Garden, Micro Climate, Thermal Comfort, Thermal Index, PET, Semi Warm, and Dry

* Corresponding Author's E-mail: F.habib@srbiau.ac.ir

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-09-08]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1402.11.43.10.0]