



Effect of Planting System of Iranian Garden on Thermal Comfort of Open Spaces; Case Study: Jahan Nama Shiraz Garden

ARTICLE INFO

Article Type

Analytic Study

Authors

Mahnaz Rezaee

Azade Shahcheraghi*

How to cite this article

Rezaei M, Shahcheraghi A. Effect of Planting System of Iranian Garden on Thermal Comfort of Open Spaces; Case Study: Jahan Nama Shiraz Garden. *Naqshejahan*. 2021 Nov 10; 11(3):1-15.

<https://doi.net/doi/20.1001.1.23224991.1400.11.3.1.8>

1. Department of Architecture, Faculty of Architecture and Art, Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
2. Department of Architecture, Faculty of Architecture and Art, Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

*Correspondence

Address: Faculty of Architecture and Art, Science & Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Article History

Received: 23 Dec 2020

Accepted: 23 Jan 2021

ePublished: 10 Nov 2021

ABSTRACT

Aims: Thermal comfort is one of the main factors for the participation of people in open urban spaces. This article focuses on the planting system in Jahan Nama Garden in Shiraz. The paper seeks to achieve the goal of reaching thermal comfort, increasing the people participation and optimization the outdoor thermal comfort in Jahan-Nama Garden.

Materials & Methods: The research method is descriptive-analytical and in terms of qualitative methodology. It used quantitative measurement in which the Jahan-Nama Garden has been simulated with ENVI-met 4. By selecting eight points in Jahan Nama Garden of Shiraz, climatic variables have been analyzed at 9, 12 and 17 o'clock on the 1st of July as the hottest day of the year. By comparing these points with the thermal comfort index PET they are analyzed.

Findings: Checking the plant simulation models, trees type and canopy and their number, in their place have improved the open space thermal comfort conditions, and by passing through the garden space, the environmental conditions return to the previous state and the average rate of radiant temperature has the greatest effect on thermal comfort, which will be presented in form of bar and line diagrams.

Conclusion: In planting system, increasing the number of trees has a greater effect on the thermal comfort in garden space. It is to boost the participation rate and the reduction of thermal stress in the hot seasons. The height and the form of the trees have direct effect on the thermal comfort.

Keywords: Persian garden, Thermal comfort, Climate, Sustainability, Nature

CITATION LINKS

[1] Design expertise amongst student designers. [2] Linking BIM and Design of Experiments... [3] Designerly Approach to Energy Efficiency... [4] Discourse of High-Performance Architecture... [5] Folded double-skin façade (DSF): in-depth... [6] Discourse of High-Performance Architecture... [7] Sustainable landscape architecture: implications... [8] Analogical Approaches to Biosemiotic Criticism. [9] Comparison of Thermal Comfort Range of Finn Garden... [10] Improving the suitability of selected thermal... [11] The architecture of the global climate regime... [12] Biocomputational Architecture Based on Particle Physics... [13] An Evaluation of the Ecological Architecture Influenced... [14] Architecture and landscape in the early work of Ian McHarg. [15] Nature-based solutions to climate change mitigation and adaptation... [16] Climate-responsive landscape architecture... [17] Tamed Tropics: Modern Architecture in the Colombian... [18] Investigation of troglodytic architectural adaptation... [19] Floating architecture in the landscape... [20] Prioritizing for Healthy Urban Planning: Interaction... [21] Influence of permeability ratio on wind-driven ventilation... [22] Nature in Hindu art, architecture and landscape... [23] Multi-objective optimization of building-integrated... [24] The Investigation, Classification, and Prioritization... [25] A dynamic vertical shading optimisation to improve... [26] Thermal and energy performance of algae bioreactive... [27] A review on interaction of innovative building envelope... [28] Probable cause of damage to the panel... [29] Developing green roof system in accordance with sustainable development. [30] Conceptual approach in Persian architecture. [31] Design with nature in bio-architecture with emphasis... [32] Interactive Form-Generation in High-Performance... [33] Assessment of design parameter influence... [34] Multi-objective optimisation framework... [35] Algorithmic Design of Palekane in Order... [36] A study on terraced apartments and their natural... [37] Contribution of city prosperity to decisions... [38] Behavioural Perspectives of Outdoor Thermal... [39] Effect of long-term acclimatization on summer... [40] Towards a prediction of outdoor human thermal comfort... [41] Impacts of High-Rise Buildings Form on Climatic Comfort... [42] Optimal placement of shadow... [43] Natural ventilation performance of ancient... [44] Impacts of urban morphology on reducing... [45] A novel design-based optimization framework... [46] Algae Façade for Reducing CO2 Emission... [47] Thermal comfort in urban spaces... [48] Influence of long-term thermal... [49] Effects of windward and leeward wind... [50] Seasonal differences of subjective... [51] The effect of the ventilated air layer... [52] Climate Impact on Architectural Ornament... [53] Modelling radiation fluxes... [54] Applications of a universal thermal... [55] Modelling radiation fluxes... [56] Thermal comfort prediction... [57] The relative influence of wind... [58] Shading effect on long-term outdoor thermal comfort.

تاثیر نظام کاشت گیاه در باغ ایرانی بر آسایش حرارتی فضای باز، مورد پژوهی: باغ جهان نما شیراز

مهناز رضایی^۱، آزاده شاهچراغی^{۲*}

۱- کارشناسی ارشد و معماری، گروه معماری، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۲- دکتری و معماری، گروه معماری، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. (مسئول مکاتبات)

چکیده

اهداف: آسایش حرارتی از عوامل اصلی برای حضور افراد در فضاهای باز شهری به حساب می آید. این مقاله با تمرکز بر نظام گیاه در باغ جهان نما شیراز درصد رسیدن به هدف ایجاد آسایش حرارتی و بالا بردن حضور افراد و بیشترین عامل موثر بر آسایش حرارتی در فضای باز می باشد.

ابزار و روش ها: روش پژوهش کیفی مبتنی بر تحلیل گفتمان همزمان می باشد. با بررسی رویکرد معاصر سازی مکان مینا، حفاظت از آینده همتراز با حفاظت گذشته درک موضوع را پیچیده کرده و با در نظر گرفتن هدف مکان سازی، مشارکت دادن تمام افراد ذینفع و ذی نفوذ به ناچار با واگرایی گفتمان، مواجه می گردد. در نظر گرفتن گروه های مختلف در نه نمونه موردی تغییر کاربری خانه های تاریخی تهران به تحلیل کیفیت محله با رویکرد مقاله پرداخته می شود. فرآیند تغییر کاربری خانه های تاریخی نیز براساس این مدل تبیین شد.

یافته ها: با بررسی مدل های شبیه سازی گیاه، نوع درخت و تاج درخت و تعداد آن ها، در محل خود، شرایط آسایش حرارتی فضای باز را بهبود بخشیده، و با عبور از فضای باغ شرایط محیطی به وضعیت قبل برمی گردد و میانگین دمای تابشی بیشترین اثرگذاری بر آسایش حرارتی را دارد که در قالب نمودارهای ستونی و خطی ارائه می گردد.

نتیجه گیری: در نظام کاشت گیاه، افزایش درختان تاثیر بیشتری بر آسایش حرارتی فضای باغ و حضور افراد و کاهش استرس حرارتی در فصول گرم سال دارد و توجه به تاج و ارتفاع و فرم درختان می تواند در سایه اندازی و عبور جریان هوا، باعث کاهش دمای متوسط تابشی و افزایش رطوبت گردد.

کلمات کلیدی: باغ ایرانی، آسایش حرارتی، اقلیم، پایداری، طبیعت

مقدمه

رویکرد طراحانه به بهره وری در مصرف انرژی و آسایش حرارتی انسان [۱-۳]، موضوعی که امروزه بیش از هر زمان دیگر مورد توجه قرار گرفته است. [۴-۵] مطالعات صورت گرفته در سال های اخیر، بیش از هر زمان دیگر بر اهمیت تعامل مفاهیم پایه اقلیمی مانند آسایش حرارتی، بر کیفیت محیط و استقبال استفاده کنندگان از فضا تاکید دارد. [۶-۱۵] در ادبیات موضوع، تلاش برای ایجاد آسایش حرارتی در محیط خارجی با کمک تکنیک ها مختلف طراحی منظر، اهمیت ویژه ای دارد. [۱۶-۲۵] توصیه به افزایش رابطه انسان و طبیعت [۲۶-۲۸] و گرایش به افزایش حضور انسان در فضاهای باز [۲۹-۳۱]، باعث رونق مطالعه بر روی تعامل معماری با فضای باز [۳۲-۳۷] در سال های اخیر شده است. تمامی این موارد بر ضرورت و اهمیت مطالعه بر روی آسایش حرارتی در فضاهای باز تاکید دارند. [۳۸-۴۰] از سوی دیگر، یکی از مهمترین چالش های معماری و شهرسازی معاصر ایران، آسایش حرارتی و بهبود شرایط اقلیمی در فضاهای مختلف شهری است. [۴۱-۴۲] امروزه بدلیل تاثیر تغییرات اقلیمی در سطح شهرها، آسایش حرارتی در فضای باز مورد توجه بیشتری قرار گرفته است. [۴۳-۴۶] مطالعات صورت گرفته در حوزه آسایش حرارتی به متغیرهایی چون فرهنگ [۴۷]، نحوه تعامل انسان با محیط [۴۸] و نوع فعالیت و پوشش انسان [۴۹-۵۰] تاکید داشتند. مطالعات قبلی بر اهمیت متغیرهایی چون سطح سایه اندازی درختان، کاهش دما (میانگین دمای تابشی) و افزایش رطوبت تاکید دارند. [۵۱-۵۸] (نمودار ۱، جدول ۱)

کاربرد گیاهان برای کنترل شرایط اقلیمی

کنترل باد	کنترل تابش و درجه حرارت	کنترل رطوبت
ممانعت ، مسدود نمودن، فیلتر کردن، هدایت و انحراف جریان باد که سرعت و جهت آن را کنترل می کنند. با توجه به فرم ، بافت و ارتفاع خود گیاه و یا محل قرارگیری و کاشت گیاه	گیاهان انرژی خورشید را جذب کرده و آن را به آهستگی و با سرعت کم به محیط بازگردانده و درجه حرارت را کاهش می دهند. انتخاب نوع گیاه و شیوه کاشت نقش موثری در کنترل تابش آفتاب و گرمای محیط دارد.	گیاهان مقدار زیادی آب را از طریق تبخیر و تعرق به هوای محیط می دهند. هر چه سطح برگها بیشتر باشد رطوبت بیشتری به محیط می دهد.

نمودار ۱- کاربرد گیاهان برای کنترل شرایط اقلیمی (منبع: نگارندگان)

جدول ۱-مقادیر آستانه شاخص حرارتی PET

مقادیر آستانه شاخص PET برای تنش های گرمایی (درجه سانتی گراد)	
پارامتر	آستانه
آسایش گرمایی	$(18 < PET < 29)$
تنش سرمایی	$PET < 8$
تنش گرمایی	$PET > 35$
روز داغ	$PET > 41$

مواد و روش ها

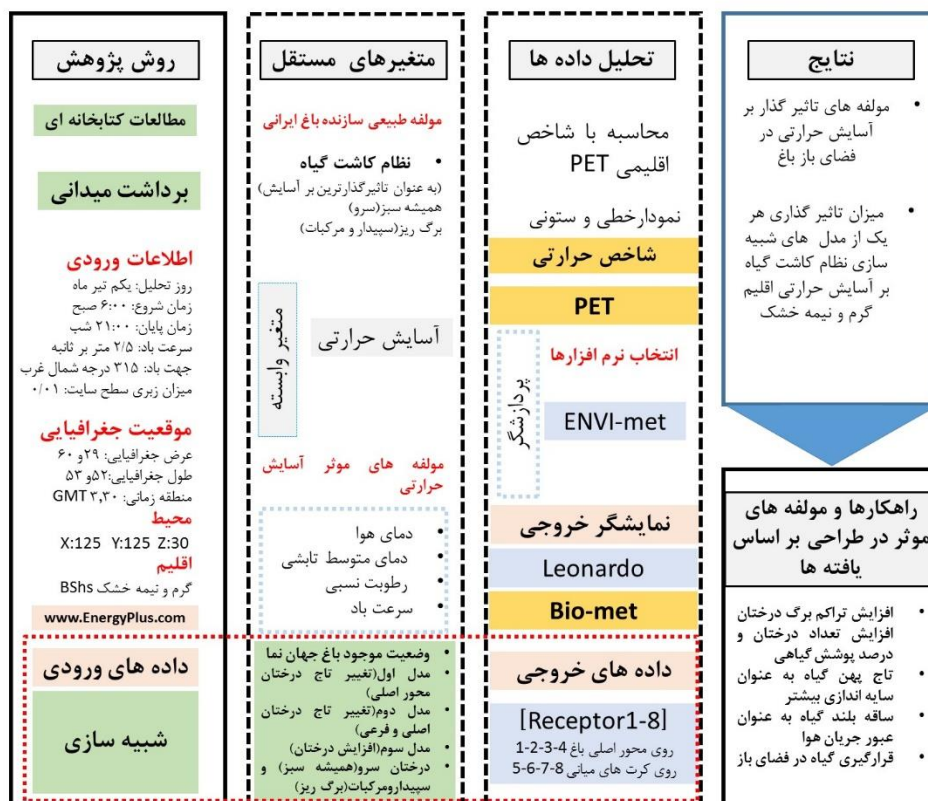
این مقاله تأثیر نظام کاشت گیاه به عنوان یکی از مهمترین مولفه های سازنده باغ ایرانی را بر آسایش حرارتی فضای باز بررسی می کند. از این رو فرضیه این مقاله بر پایه دستیابی به الگوی بهینه نظام کاشت درختان و پوشش گیاهی باغ جهان نما شیراز که بتواند به آسایش حرارتی فضای باز و در کاهش استرس گرمایی موثر باشد، استوار گردیده و روش تحقیق در این مقاله به صورت ترکیبی کیفی و کمی بوده و با شبیه سازی در نرم افزار انویمت (Envi-met) می باشد. به این منظور مطالعات کتابخانه ای و برداشت میدانی جهت انجام این پژوهش در نظر گرفته شده است.

سوال اساسی، بررسی تأثیر مولفه طبیعی گیاه بر آسایش حرارتی باغ جهان نما شیراز و شناسایی مولفه گیاه به عنوان عامل موثر بر آسایش حرارتی در فضای باز است. با بررسی نظام کاشت گیاه در باغ در سه مدل جهت ارزیابی تأثیر آنها بر آسایش حرارتی انجام گرفته است. فرآیند شبیه سازی در این مطالعه به این ترتیب است که: در مرحله نخست مدل سازی و تعیین وضعیت موجود باغ انجام می شود. مرحله دوم تعیین شرایط اقلیمی و استخراج داده های هواشناسی شهر شیراز (دما، رطوبت نسبی، سرعت باد، دمای تابشی) و در مرحله سوم تعیین ۸ نقطه (رستورها) در سطح باغ و مرحله چهارم تعیین بازه زمانی سعی شده با توجه به محدودیت های پژوهش پوشش نسبتاً مناسبی جهت تحلیل

باغ جهان نما شیراز ($29^{\circ}06'N$ $52^{\circ}52'E$ و ارتفاع از سطح دریا ۱۵۴۰ متر) از آب و هوای گرم و نیمه خشک (بر اساس طبقه بندی شاخص کوپن) برخوردار است. باغ جهان نما با توجه به دارا بودن خصوصیات باغ ایرانی و مکان تفریحی با مساحت تقریبی ۵ هکتار در محدوده شمال شیراز واقع شده است. (جدول ۲ و ۳) برای انجام پژوهش، رستپورها در ۸ نقطه از محدوده فضای باغ جهان نما، در محورهای اصلی و فرعی که در تمامی جهات باغ قرار گرفته و تا تاثیر گیاه را به عنوان مولفه طبیعی سازنده باغ ایرانی جهان نما را بر روی آسایش حرارتی افراد را نشان دهد. داده های آب و هوایی وارد شده به نرم افزار انویمت وارد شده و همچنین برای محاسبه میزان شاخص حرارتی (PET) با کمک نرم افزار بایو-مت (یک ابزار محاسبه کننده می باشد که بر اساس داده های خروجی نرم افزار انویمت و تنظیمات پارامترهای افراد، شاخص آسایش حرارتی انسان را محاسبه می کند). مقادیر آن به دست آمده است. (جدول ۴)

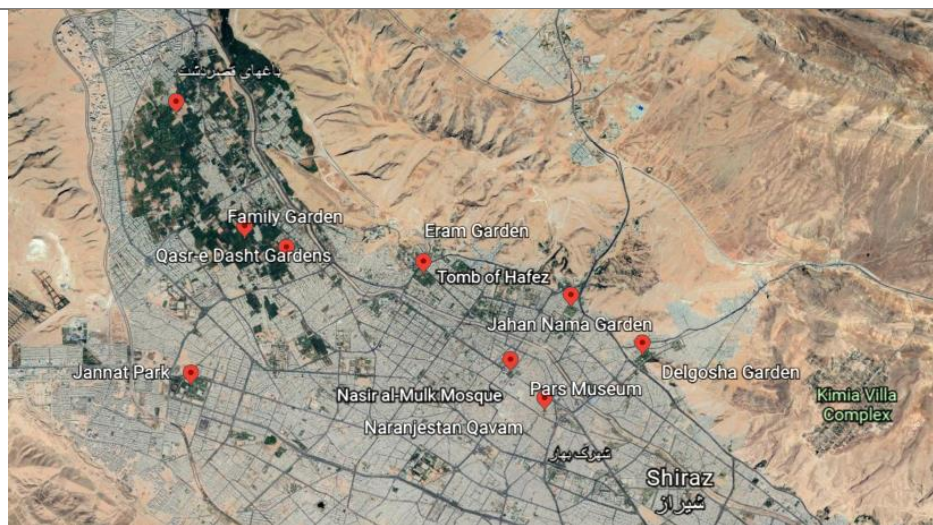
در روز اول تابستان به عنوان گرمترین روز سال در ساعات صبح و ۱۲ ظهر و ۱۷ بعداز ظهر داده شود و در مرحله پنجم به شبیه سازی سه مدل گیاه پرداخته می شود و در مرحله ششم استخراج داده های کمی و تبدیل نتایج نمودارهای گرافیکی در نرم افزار لئوناردو می باشد و سپس انتقال اطلاعات برداشت شده به نرم افزار اکسل، نمودارهای مربوط به هر کدام از عوامل موثر محیطی بر آسایش حرارتی روز انتخابی ترسیم شده است. ابزارهای گردآوری اطلاعات کتابخانه ای، با استفاده از منابع موجود و از نرم افزارهای شبیه سازی مربوط به بحث آسایش حرارتی مانند "انویمت" استفاده شده، در بخش تحلیل های عددی و ارزیابی نهایی شبیه سازی از شاخص حرارتی دمای معادل فیزیولوژیکی استفاده خواهد شد و از نرم افزارهایی مانند "لئوناردو" و "اکسل" جهت نمایش گرافیکی و ارائه داده های ثبت شده به صورت نمودارها و جداول استفاده می گردد. (شکل ۱)

روش و مراحل پردازش پژوهش و اطلاعات ورودی به نرم افزار

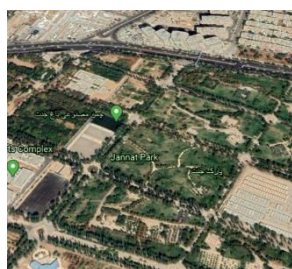


شکل ۱- روش و مراحل پردازش پژوهش و اطلاعات ورودی به نرم افزار (نگارندگان)

جدول ۲- نقشه موقعیت قرارگیری باغ های شیراز (منبع: نگارندگان)



باغ جنت



هکتار ۴۵

باغ هفت تنان



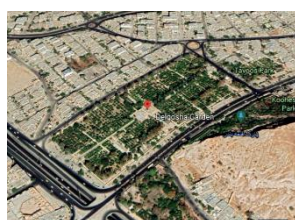
$4474m^2$

باغ نظر



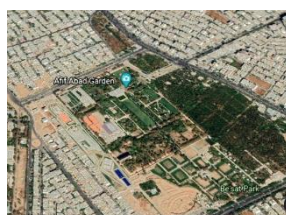
$45458m^2$

باغ دلگشا



$74898m^2$

باغ عفیف آباد



$96524m^2$

باغ جنت



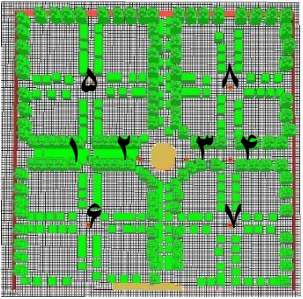
$58737m^2$

باغ ارم



$45795m^2$

جدول ۴- نقاط انتخابی باغ جهان نما شیراز (منبع: نگارندگان)

مشخصات نقاط انتخابی در باغ جهان نما شیراز			
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 گوشه	
۳	X:79 , Y:60	شمال شرقی - نزدیک به گوشه	
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	

جدول ۵- خروجی مولفه های اقلیمی - پوشش گیاهی در سه مدل شبیه سازی باغ جهان نما (منبع: نگارندگان)

نقاط مورد نظر در باغ جهان نما شیراز-سرعت باد (متر بر ثانیه) -تغییر تاج پوشش گیاهی باغ در محور اصلی				
مدل گیاه	ساعت ۱۷:۰۰ بعداز ظهر	ساعت ۱۲:۰۰ ظهر	ساعت ۹:۰۰ صبح	
اول	2/45	2/32	2/20	Max
	0/07	0/06	0/06	Min
دوم	2/47	2/34	2/21	Max
	0/06	0/06	0/06	Min
سوم	2/59	2/49	2/33	Max
	0/07	0/07	0/07	Min
نقاط مورد نظر در باغ جهان نما شیراز-دمای تابشی (درجه سانتی گراد)-تغییر تاج پوشش گیاهی باغ در محور اصلی				
اول	60/92	57/67	56/52	Max
	35/38	45/96	31/61	Min
دوم	60/77	58/31	57/05	Max
	36/37	47/04	31/54	Min
سوم	59/13	55/17	55/83	Max
	31/20	41/24	26/44	Min
نقاط مورد نظر در باغ جهان نما شیراز-دما (درجه سانتی گراد) -تغییر تاج پوشش گیاهی باغ در محور اصلی				
اول	35/97	35/42	28/78	Max
	33/34	31/08	24/53	Min
دوم	۳۵/۹۶	35/43	28/76	Max
	33/42	31/11	24/36	Min
سوم	35/71	34/98	28/67	Max
	32/95	30/19	24/43	Min
نقاط مورد نظر در باغ جهان نما شیراز-رطوبت نسبی (درصد)-تغییر تاج پوشش گیاهی باغ در محور اصلی				
اول	13/01	15/95	24/85	Max
	9/23	10/61	17/37	Min
دوم	12/66	15/76	25/73	Max
	9/22	10/56	17/35	Min
سوم	14/03	21/28	37/79	Max

سوم	9/25	11/32	17/46	Min
-----	------	-------	-------	-----

یافته ها

با مقایسه گراف های شاخص حرارتی دمای معادل فیزیولوژیکی را برای مدل اول و دوم و سوم در ساعت ۹ صبح آسایش حرارتی بهتر از ساعات ۱۲ و ۱۷ می باشد و بدلیل تغییر تاج درختان محور اصلی رسپتور ۱-۲-۳، در وضعیت

آسایش حرارتی بهتری از رسپتورهای ۴-۵-۶ و ۷ قرار دارد. شاخص حرارتی در مدل سوم (افزایش درختان) در مقایسه با نمودار های شاخص حرارتی دمای معادل فیزیولوژیکی برای مدل اول و دوم گیاه (تغییر تاج درختان)، شرایط آسایش حرارتی بهتری را دارا می باشد. (جدول ۶)

جدول ۶- تحلیل و مقایسه آسایش حرارتی مدل های شبیه سازی گیاه با شاخص اقلیمی PET (منبع: نگارندگان)

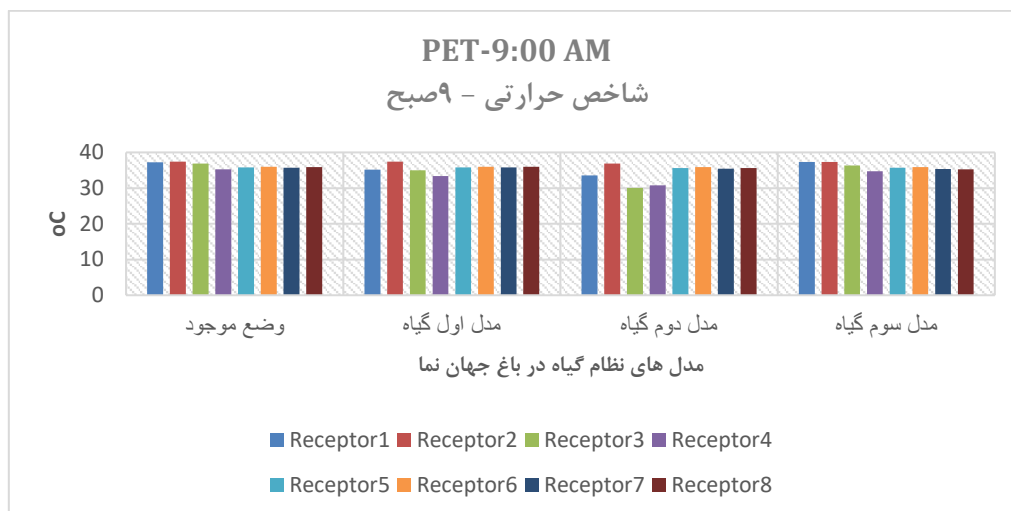
شاخص حرارتی PET - مدل های شبیه سازی گیاه رسپتور (1-8) - در روز ۲۱ ژوئن ۲۰۲۰			
مدل گیاه	۱۷:۰۰ بعد از ظهر	۱۲:۰۰ ظهر	۹:۰۰ صبح
اول			
دوم			
سوم			

از آنجایی که مولفه های مختلف دیگری نظیر جهت قرار گیری، ضریب دید به آسمان و جنس مصالح کف و آب نیز بر روی میزان آسایش حرارتی پیش بینی شده مؤثر

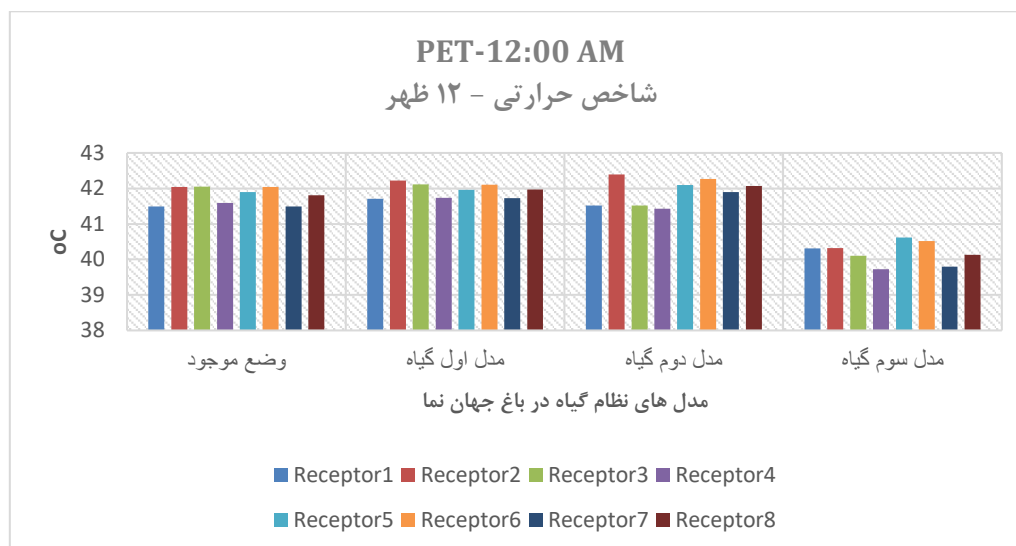
خواهند بود، هر کدام از نقاط گیرنده می بایست فقط با الگوهای مشابه خود مورد ارزیابی قرار گیرند تا تأثیر مستقیم متغیر گیاه مشخص گردد. گیرنده های مجازی ۱-۲-۳

آسایش بیشتری را در نقاط انتخاب شده، در سایت ایجاد نماید و در مدل اول و دوم که تغییر تاج درختان بود، تغییرات محسوسی در بهبود شرایط آسایش دیده نشده است.

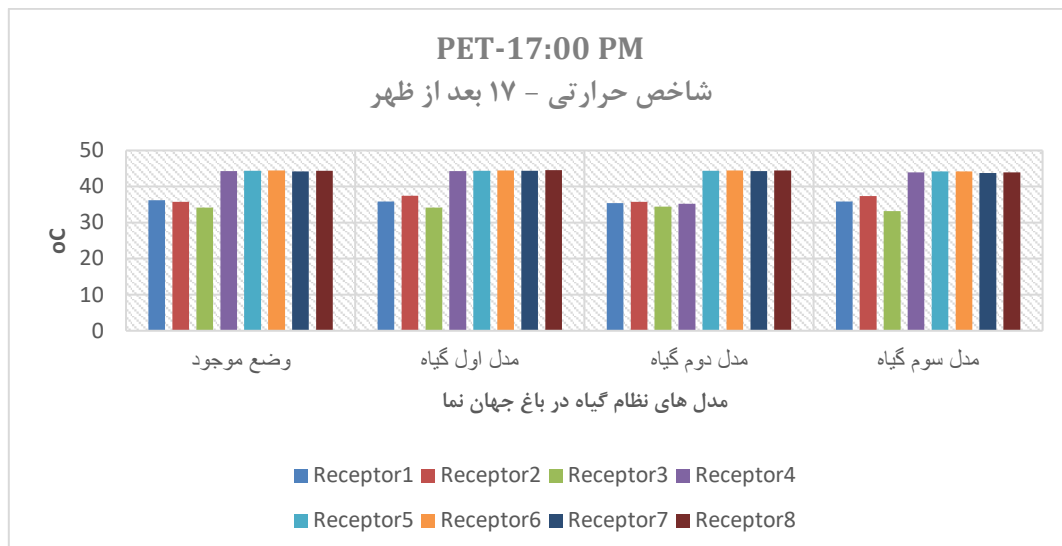
بیشترین تأثیر را از وجود درختان داشته است، چون با توجه به قرارگیری این گیرنده در محور اصلی توانسته است هر چه بیشتر از سایه افکنی نور شرق و غرب در رسیدن به شرایط آسایش افراد بهره برد و از بین سه مدل ارائه شده برای گیاه، مدل سوم (۹۳ درخت افزوده) توانسته



نمودار ۲- مقایسه وضع موجود و مدل های گیاه در ۸ نقاط باغ جهان نما در روز یکم تیرماه ساعت ۹ صبح (منبع: نگارندگان)



نمودار ۳- مقایسه وضع موجود و مدل های گیاه در ۸ نقاط باغ جهان نما در روز یکم تیرماه ساعت ۱۲ ظهر (منبع: نگارندگان)

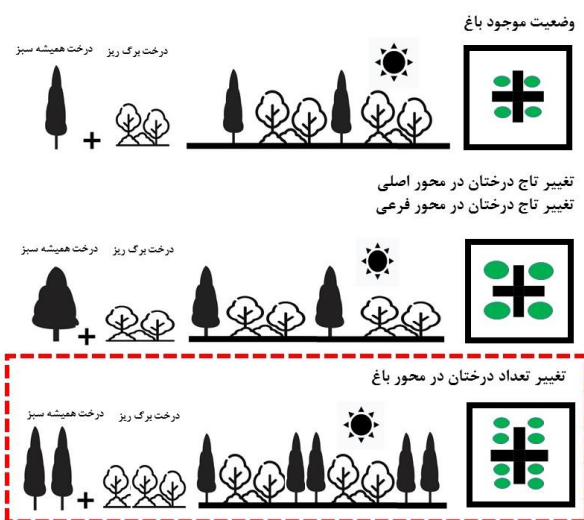


نمودار ۴- مقایسه وضع موجود و مدل های گیاه در ۸ نقاط باغ جهان نما در روز یکم تیرماه ساعت ۱۷ بعد از ظهر (منبع: نگارندگان)

بحث و نتیجه گیری

ساعات بحرانی تابستان داشته و جریان هوا را به بهترین نحو هدایت کنند. دمای متوسط تابشی نسبت به دیگر عوامل اقلیمی تاثیر بیشتری بر آسایش حرارتی در فضای باز 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 پی برد.

باغ ها در اقلیم نیمه گرم و خشک به عنوان عنصر مهمی از منظر شهری تاثیر زیادی در آسایش حرارتی در فضای باز دارد و نظام کاشت و پوشش گیاهی یکی از موثرترین مولفه های سازنده باغ ایرانی در ایجاد آسایش و کیفیت محیطی است. (شکل ۲) تفاوت های عمده ای میان مدل های شبیه سازی شده پوشش گیاهی در میزان آسایش حرارتی وجود دارد که با تغییر نوع و تاج درختان، چیدمان و تعداد درختان به دست آمده است. این در حالی است که نوع درختان با توجه به نوع تاج خود (مخروطی، پهن) و نوع برگ (پهن برگ، سوزنی برگ) می تواند تأثیر متفاوتی در سایه اندازی و جذب تابش، تغییر جریان باد و کاهش دمای متوسط تابشی و افزایش رطوبت گردد. بنابراین در دو مدل اول آسایش حرارتی کمتر نسبت به مدل سوم ایجاد شده به دلیل افزایش تعداد درختان همیشه سبز با ارتفاع بلندتر، سایه اندازی مدت زمان بیشتری و جریان هوا بهتر عبور می کند و آسایش بهتری را در بر دارد. توجه به نظام کاشت درختان و جانمایی مناسب آن ها نسبت به محورهای اصلی و گوشه که بتواند سایه اندازی مطلوبی در



شکل ۲- مقایسه عملکردی انواع مدل های شبیه سازی شده گیاه در ایجاد آسایش حرارتی باغ جهان نما شیراز (منبع: نگارندگان)

منابع

- تشکر و قدردانی: موردی از سوی نویسندگان گزارش نشده است.
- تاییدیه اخلاقی: موردی از سوی نویسندگان گزارش نشده است.
- تعارض منافع: موردی از سوی نویسندگان گزارش نشده است.
- سهم نویسندگان: نویسنده اول، پژوهشگر اصلی، برداشت میدانی، تدوین محتوا با سهم ۶۰٪، نویسنده دوم، پژوهشگر اصلی، مدیریت نتایج و کنترل داده ها و نویسنده مسئول با سهم ۴۰٪.
- منابع مالی: این مقاله برگرفته از رساله دکتری مهناز رضائی با عنوان «تبیین مدل مفهومی هم افزایی مولفه های سازنده باغ ایرانی موثر بر آسایش حرارتی فضای باز در اقلیم نیمه گرم و خشک؛ مورد پژوهی: باغ جهان نما شیراز» به راهنمایی دکتر فرح حبیب و مشاوره دکتر آزاده شاهچراغی در دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران می باشد.
- 1- Cross N, Christiaans H, Dorst K. Design expertise amongst student designers. *Journal of Art & Design Education*, 1994; 13(1): 39-56. <https://doi.org/10.1111/j.1476-8070.1994.tb00356.x>
 - 2- Schlueter A, Geyer P. Linking BIM and Design of Experiments to balance architectural and technical design factors for energy performance. *Automation in Construction*. 2018 Feb 1;86:33-43. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.10.021>
 - 3- Mahdavinejad M. Designerly Approach to Energy Efficiency in High-Performance Architecture Theory. *Naqshejahan - Basic Studies and New Technologies of Architecture and Planning*. 2020 Sep 10;10(2):75-83. [Persian] <https://dorl.net/dor/20.1001.1.23224991.1399.10.2.7.5>
 - 4- Mahdavinejad M. Discourse of High-Performance Architecture: A Method to Understand Contemporary Architecture. *Hoviatshahr*, 2017; 11(2) 53-67. [Persian] Available from: http://hoviatshahr.srbiau.ac.ir/article_10930.html
 - 5- Mahdavinejad M. Dilemma of Prosperity and Technology in Contemporary Architecture of Developing Countries. *Naqshejahan*, 2014; 4(2): 36-46. [Persian] Available from: <http://journals.modares.ac.ir/article-2-11331-fa.html>
 - 6- Ahmadi J, Mahdavinejad M, Asadi S. Folded double-skin façade (DSF): in-depth evaluation of fold influence on the thermal and flow performance in naturally ventilated channels. *International Journal of Sustainable Energy*. 2021 Jun 16:1-30. <https://doi.org/10.1080/14786451.2021.1941019>
 - 7- Chen X, Wu J. Sustainable landscape architecture: implications of the Chinese philosophy of “unity of man with nature” and beyond. *Landscape Ecology*. 2009 Oct;24(8):1015-26. <https://doi.org/10.1007/s10980-009-9350-z>
 - 8- Coletta WJ. Analogical Approaches to Biosemiotic Criticism. In *Biosemiotic Literary Criticism* 2021 (pp. 237-261).

- mitigation and adaptation in urban areas: perspectives on indicators, knowledge gaps, barriers, and opportunities for action. *Ecology and Society*. 2016 Jun 1;21(2). <http://www.jstor.org/stable/26270403>
- 16- Lenzholzer S, Brown RD. Climate-responsive landscape architecture design education. *Journal of Cleaner Production*. 2013 Dec 15;61:89-99. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.12.038>
 - 17- Leserri M, Chaverra Suárez M, Martínez Osorio P. Tamed Tropics: Modern Architecture in the Colombian Caribbean. In *Digital Modernism Heritage Lexicon 2022* (pp. 81-113). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-76239-1_5
 - 18- Moradinasab H, Khaksar A. Investigation of troglodytic architectural adaptation with temperature climate element at heat period; Case Study: Village of Troglodytic Meymand. *Naqshejahan - Basic Studies and New Technologies of Architecture and Planning*. 2021 May 10;11(1):83-93. [Persian] <https://dorl.net/dor/20.1001.1.23224991.140.0.11.1.1.4>
 - 19- Penning-Rowsell E. Floating architecture in the landscape: climate change adaptation ideas, opportunities and challenges. *Landscape Research*. 2020 May 18;45(4):395-411. <https://doi.org/10.1080/01426397.2019.1694881>
 - 20- Rasoolzadeh M, Moshari M. Prioritizing for Healthy Urban Planning: Interaction of Modern Chemistry and Green Material-based Computation. *Naqshejahan - Basic Studies and New Technologies of Architecture and Planning*. 2021 May 10;11(1):94-105. [Persian] <https://dorl.net/dor/20.1001.1.23224991.140.0.11.1.7.0>
 - 21- Saadatjoo P, Mahdavinnejad M, Zhang G, Vali K. Influence of permeability ratio on wind-driven ventilation and cooling load of mid-rise buildings. *Sustainable Cities and Society*. 2021 Jul 1;70:102894. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.102894>
 - Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-72495-5_7
 - 9- Fatahi K, Nasrollahi N, Ansarimanesh M, Khodakarami J, Omranipour A. Comparison of Thermal Comfort Range of Finn Garden and Historical texture of Kashan. *Naqshejahan - Basic Studies and New Technologies of Architecture and Planning*. 2021 May 10;11(1):53-63. [Persian] <https://dorl.net/dor/20.1001.1.23224991.140.0.11.1.4.7>
 - 10- Haghshenas M, Hadianpour M, Matzarakis A, Mahdavinnejad M, Ansari M. Improving the suitability of selected thermal indices for predicting outdoor thermal sensation in Tehran. *Sustainable Cities and Society*. 2021 Jul 27;103205. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103205>
 - 11- Hare W, Stockwell C, Flachslund C, Oberthür S. The architecture of the global climate regime: a top-down perspective. *Climate policy*. 2010 Jan 1;10(6):600-14. <https://doi.org/10.3763/cpol.2010.0161>
 - 12- Heidari F, Mahdavinnejad M, Werner LC, Roohabadi M, Sarmadi H. Biocomputational Architecture Based on Particle Physics. *Front. Energy Res*. 2021 July 08;9:620127. <https://doi.org/10.3389/fenrg.2021.620127>
 - 13- JavadiNodeh M, Shahcheraghi A, Andalib A. An Evaluation of the Ecological Architecture Influenced by the Interaction Between Structural Environment and Nature in Cold Areas; Case Study: Two Traditional Houses in Ardabil. *Naqshejahan - Basic Studies and New Technologies of Architecture and Planning*. 2020 Dec 10;11(1):15-36. [Persian] <https://dorl.net/dor/20.1001.1.23224991.140.0.11.1.2.5>
 - 14- John-Alder K. Reciprocal interaction: Architecture and landscape in the early work of Ian McHarg. In *Landscapes of Housing* (pp. 215-238). Routledge. Available from: <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.4324/9781315145983-14/reciprocal-interaction-kathleen-john-alder>
 - 15- Kabisch N, Frantzeskaki N, Pauleit S, Naumann S, Davis M, Artmann M, Haase D, Knapp S, Korn H, Stadler J, Zaunberger K. Nature-based solutions to climate change

- 30- Pourjafar M, Akbarian R, Ansari M, Pourmand H. Conceptual approach in Persian architecture. *SOFFEH*. 2008;16(3-4):90-105. [Persian] Available from: <http://sofeh.sbu.ac.ir/article/view/30876>
- 31- Pourjafar M, Mahmoudinejad H, Ahadian O. Design with nature in bio-architecture with emphasis on the hidden rules of natural organism. *International Journal of Applied Science and Technology*, 2011 Jul;1(4):74-83. Available from: http://www.ijastnet.com/journals/Vol_1_No_4_July_2011/9.pdf
- 32- Kia A, Mahdavinejad M. Interactive Form-Generation in High-Performance Architecture Theory. *International Journal of Architecture and Urban Development*. 2020; 10(2):37-48. Available from: http://ijaud.srbiau.ac.ir/article_15848_b1ba4e84fbc133b34ad35f7a46febfe2.pdf
- 33- Ghanbaran A, Hosseinpour M A. Assessment of design parameter influence on energy efficiency in educational buildings in Tehran's climate. *Naqshejahan-Basic studies and New Technologies of Architecture and Planning*. 2016 Nov 10;6(3):51-62. [Persian] <https://dorl.net/dor/20.1001.1.23224991.1395.6.3.3.5>
- 34- Pilechiha P, Mahdavinejad M, Rahimian FP, Carnemolla P, Seyedzadeh S. Multi-objective optimisation framework for designing office windows: quality of view, daylight and energy efficiency. *Applied Energy*. 2020 Mar 1; 261: 114356. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.114356>
- 35- Ganji Kheybari A, Diba D, Mahdavinejad M, Shahcheraghi A. Algorithmic Design of Palekane in Order to Increase Efficiency of Daylighting in Buildings. *Armanshahr Architecture & Urban Development*. 2015; 8(1): 35-52. [Persian] Available from: http://www.armanshahrjournal.com/article_39305_6474c6c97b35674314f99f744a694497.pdf
- 36- Saadatjoo P, Mahdavinejad M, Zhang G. A study on terraced apartments and their natural ventilation performance in hot and humid regions. *Building Simulation*. 2018 Apr 1;11(2):359-372. <https://doi.org/10.1007/s12273-017-0407-7>
- 37- Mohtashami N, Mahdavinejad M, Bemanian M. Contribution of city prosperity to
- 22- Sinha A. Nature in Hindu art, architecture and landscape. *Landscape Research*. 1995 Mar 1;20(1):3-10. <https://doi.org/10.1080/01426399508706449>
- 23- Talaei M, Mahdavinejad M, Azari R, Prieto A, Sangin H. Multi-objective optimization of building-integrated microalgae photobioreactors for energy and daylighting performance. *Journal of Building Engineering*. 2021 Jun 5:102832. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2021.102832>
- 24- Torabifar S, Suzanchi K. The Investigation, Classification, and Prioritization of Factors Affecting the Selection of Vertical Greenery Systems as Building Façade and Their Structural Components. *Naqshejahan - Basic Studies and New Technologies of Architecture and Planning*. 2021 Apr 10;11(1):64-82. [Persian] <https://dorl.net/dor/20.1001.1.23224991.1400.11.1.3.6>
- 25- Valitabar M, Mahdavinejad M, Skates H, Pilechiha P. A dynamic vertical shading optimisation to improve view, visual comfort and operational energy. *Open House International*. 2021 Jul 9. <https://doi.org/10.1108/OHI-02-2021-0031>
- 26- Talaei M, Mahdavinejad M, Azari R. Thermal and energy performance of algae bioreactive façades: A review. *Journal of Building Engineering*. 2020 Mar 1;28:101011. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2019.101011>
- 27- Talaei M, Mahdavinejad M, Zarkesh A, Haghighi HM. A review on interaction of innovative building envelope technologies and solar energy gain. *Energy Procedia*. 2017 Dec 1;141:24-8. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.11.006>
- 28- Talaei M, Mahdavinejad M. Probable cause of damage to the panel of microalgae bioreactor building façade: Hypothetical evaluation. *Engineering Failure Analysis*. 2019 Jul 1;101:9-21. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2019.02.060>
- 29- Keshtkar GA, Ansari M, Nazi DS. Developing green roof system in accordance with sustainable development. *Hoviatshahr*, 2010; 4(6): 15-28. [Persian] Available from: http://hoviatshahr.srbiau.ac.ir/article_1119.html

- 44- Javanroodi K, Mahdavinejad M, Nik VM. Impacts of urban morphology on reducing cooling load and increasing ventilation potential in hot-arid climate. *Applied Energy*. 2018; 231: 714-46. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.09.116>
- 45- Javanroodi K, Nik VM, Mahdavinejad M. A novel design-based optimization framework for enhancing the energy efficiency of high-rise office buildings in urban areas. *Sustainable Cities and Society*. 2019; 49:101597. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101597>
- 46- Haghiri, S., Tashakori, L., Rezazadeh, H., Ahmadi, F. Algae Façade for Reducing CO2 Emission and Mitigating Global Warming (Case Study: Tehran Enghelab Street). *The Monthly Scientific Journal of Bagh-e Nazar*, 2020 Oct 22;17(89): 33-44. <https://doi.org/10.22034/bagh.2020.188585.4147>
- 47- Aljawabra F, Nikolopoulou M. Thermal comfort in urban spaces: a cross-cultural study in the hot arid climate. *Int J Biometeorol*. 2018 Oct 1;62(10):1901-9. <https://doi.org/10.1007/s00484-018-1592-5>
- 48- Jowkar M, de Dear R, Brusey J. Influence of long-term thermal history on thermal comfort and preference. *Energy and Buildings*. 2020 Mar 1;210:109685. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.109685>
- 49- Hadianpour M, Mahdavinejad M, Bemanian M, Haghshenas M, Kordjamshidi M. Effects of windward and leeward wind directions on outdoor thermal and wind sensation in Tehran, *Building and Environment*. 2019 Mar 1;150:164-180. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.12.053>
- 50- Hadianpour M, Mahdavinejad M, Bemanian M, Nasrollahi F. Seasonal differences of subjective thermal sensation and neutral temperature in an outdoor shaded space in Tehran, Iran. *Sustainable Cities and Society*. 2018 May 1; 39: 751-64. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.03.003>
- 51- Saghaei M, Tavassoli N. The effect of the ventilated air layer in the new open joint facade on energy performance of the decisions on healthy building design: A case study of Tehran. *Frontiers of Architectural Research*, 2016;5(3):319-31. <https://doi.org/10.1016/j.foar.2016.06.001>
- 38- Elnabawi MH, Hamza N. Behavioural Perspectives of Outdoor Thermal Comfort in Urban Areas: A Critical Review. *Atmosphere*. 2020 Jan;11(1):51. <https://doi.org/10.3390/atmos11010051>
- 39- Lam CK, Lau KK. Effect of long-term acclimatization on summer thermal comfort in outdoor spaces: a comparative study between Melbourne and Hong Kong. *International journal of biometeorology*. 2018 Jul 1;62(7):1311-24. <https://doi.org/10.1007/s00484-018-1535-1>
- 40- Talhi A, Barlet A, Bruneau D, Aichour B. Towards a prediction of outdoor human thermal comfort adapted for designers of urban spaces: examining UTCI and APCI in the context of Algiers (Algeria). *International Journal of Biometeorology*. 2020 Jan 6:1-2. <https://doi.org/10.1007/s00484-019-01854-3>
- 41- Yousefian S, Pourjafar M, Ahmadpour Kalahrodi N. Impacts of High-Rise Buildings Form on Climatic Comfort with Emphasis on Airflow through ENVI-met Software. *Naqshejahan - Basic Studies and New Technologies of Architecture and Planning*. 2017 Jul 10;7(2):1-10. [Persian] <https://dorl.net/dor/20.1001.1.23224991.1396.7.2.2.9>
- 42- Hood SD, Mahmoodi Zarandi M, Kamyabi S. Optimal placement of shadow tools of double-skin facade with the aim of achieving thermal comfort in hot climate. *Naqshejahan-Basic studies and New Technologies of Architecture and Planning*. 2018 Dec 10;8(3):171-7. [Persian] <https://dorl.net/dor/20.1001.1.23224991.1397.8.3.4.0>
- 43- Mahdavinejad M, Javanroodi K. Natural ventilation performance of ancient wind catchers, an experimental and analytical study—case studies: one-sided, two-sided and four-sided wind catchers. *International journal of energy technology and policy*, 2014 Jan 1; 10(1): 36-60. <https://doi.org/10.1504/IJETP.2014.065036>

<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.06.002>

building. *Naqshejahan-Basic studies and New Technologies of Architecture and Planning*. 2016;6(3):5-14. [Persian] Available from: <http://bsnt.modares.ac.ir/article-2-7429-fa.html>

- 52- Taban M, Pourjafar M, Bemanian M, Heidari S. Climate Impact on Architectural Ornament Analyzing the Shadow of Khavoons in Dezful Historical Context with the Use of Image Processing. *Naqshejahan - Basic studies and New Technologies of Architecture and Planning*. 2012 Oct 10;2(2):79-90. [Persian] <https://dorl.net/dor/20.1001.1.23224991.1391.2.2.1.3>
- 53- Matzarakis A, Rutz F, Mayer H. Modelling radiation fluxes in simple and complex environments: basics of the RayMan model. *International journal of biometeorology*. 2010 Mar 1;54(2):131-9. <https://doi.org/10.1007/s00484-009-0261-0>
- 54- Matzarakis A, Mayer H, Iziomon MG. Applications of a universal thermal index: physiological equivalent temperature. *International journal of biometeorology*. 1999 Oct 1;43(2):76-84. <https://doi.org/10.1007/s004840050119>
- 55- Matzarakis A, Rutz F, Mayer H. Modelling radiation fluxes in simple and complex environments application of the RayMan model. *International journal of biometeorology*. 2007 Mar 1;51(4):323-34. <https://doi.org/10.1007/s00484-006-0061-8>
- 56- Eslamirad N, Kolbadinejad SM, Mahdavinejad M, Mehranrad M. Thermal comfort prediction by applying supervised machine learning in green sidewalks of Tehran. *Smart and Sustainable Built Environment*. 2020 Apr 28;9(4): 361-374. <https://doi.org/10.1108/SASBE-03-2019-0028>
- 57- Walton D, Dravitzki V, Donn M. The relative influence of wind, sunlight and temperature on user comfort in urban outdoor spaces. *Building and environment*. 2007 Sep 1;42(9):3166-75. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.08.004>
- 58- Lin TP, Matzarakis A, Hwang RL. Shading effect on long-term outdoor thermal comfort. *Building and environment*. 2010 Jan 1;45(1):213-21.