



## Comparison of the Thermal Comfort Range of Fin Garden and Historical Texture of Kashan

### ARTICLE INFO

#### Article Type

Analytic Study

#### Authors

Karen Fatahi  
Nazanin Nasrollahi  
Maryam Ansarimanesh  
Jamal Khodakarami  
Ali Omranipour

#### How to cite this article

Fatahi K, Nasrollahi N, Ansarianesh M, Khodakarami J, Omranipour A. Comparison of Thermal Comfort Range of Fin Garden and Historical texture of Kashan. *Naqshejahan*. 2021 Apr 10; 11(1): 53-63.

URL: <http://bsnt.modares.ac.ir/article-2-45137-fa.html>

1. Engineering Faculty, Kermanshah Branch, Islamic Azad University, Kermanshah, Iran.
2. Engineering Faculty, University of Ilam, Ilam, Iran.
3. Engineering Faculty, Kermanshah Branch, Islamic Azad University, Kermanshah, Iran.
4. Engineering Faculty, University of Ilam, Ilam, Iran.
5. Faculty of Architecture and Art, University of Kashan, Kashan, Iran.

#### \*Correspondence

Address: Engineering Faculty, University of Ilam, Ilam, Iran. Postal Code: 69315516

Phone: +98 (08) 433366025

Fax: +98 (08) 433366025

#### Article History

Received: Aug 12, 2020

Accepted: Nov 22, 2020

ePublished: Apr 10, 2021

### ABSTRACT

**Aims:** The Fin Garden is one of the most valuable heritages of Iran which attracts thousands of international tourists annually. The influential factor for their enjoyment is thermal comfort. Moreover, energy efficiency and new technology plays a meaningful role in understanding the thermal comfort. The present study focuses on the Fin Garden and historical buildings in Kashan by universal thermal climate indicator (UTCI).

**Methods:** Crowded places were studied to 18 days from August 22 to September 11, in the Fin Garden open spaces and the historical textures open spaces. After literature review, physical presence in the texture and conducting field study (observation, and data collection of site) simultaneously the responses of 788 of inhabitants and tourists to the questionnaires for environmental and thermal situations, climate parameters (temperature, air flow speed, moisture, co, co2) were recorded. Then the dress rate and the metabolism of people was computed with delta-log10 software, and after collecting and analyzing the data with spss24 software, thermal comfort of respondents based on UTCI was determined by the Ray Man Software.

**Findings:** The finding shows that the respondents in the whole surrounding of the study experienced thermal comfort between 20,23 and 35,61 Celsius degree. Also thermal comfort scope in the Fin Garden between 19,45 to 37,63 and in historical texture between 18,5 to 35,16 Celsius.

**Conclusion:** The results of this study showed that the range of the thermal comfort in the Fin Garden is higher than the thermal comfort in the Kashan historical texture about 1,52 Celsius.

**Keywords:** Kashan, Energy, New technology, Thermal comfort, UTCI, Sustainability

### CITATION LINKS

[1] The application of courtyard and settlement layouts ... [2] Development of outdoor thermal comfort model... [3] Identification of tourist attraction obstacles in the tourism... [4] Application of universal thermal climate index in Iran ... [5] Impacts of high-rise buildings form ... [6] The role and impact of design elements on the quality of thermal comfort ... [7] Effects of windward and leeward wind directions on outdoor thermal and wind sensation [8] Seasonal differences of subjective thermal sensation... [9] Multi-objective optimisation framework... [10] Porosity rendering in high-performance architecture [11] Highperformance Architecture [12] Meta-analysis of the relationship between urban form and energy [13] A study on terraced apartments... [14] Artificial neural network for outlining and predicting environmental sustainable parameters [15] Determining optimal courtyard pattern in Dezful traditional houses [16] Assessment of spatial justice theory of justice [17] Designerly approach to energy efficiency in highperformance architecture theory [18] Explaining design dimensions of ecological greenways [19] An ENVI-met Simulation Study... [20] Design with nature in bio-architecture with emphasis on the hidden rules of natural organism [21] Impacts of urban morphology on reducing cooling load and increasing ventilation potential in hot-arid climate [22] A novel design-based optimization framework for enhancing the energy efficiency of high-rise office buildings in urban areas [23] Natural ventilation performance of ancient wind catchers [24] Dilemma of green and pseudo green architecture [25] Developing green roof system in accordance with sustainable development [26] Application of RayMan for tourism and climate investigations [27] Modelling radiation fluxes in simple and complex environments [28] Thermal comfort prediction by applying supervised machine learning in green sidewalks of Tehran [29] Thermal and energy performance of algae bioreactive façades [30] A study of the thermal environment and air quality in hot-humid regions [31] Calculating human thermal comfort and thermal stress in the PALM model system 6.0 [32] A review of outdoor thermal comfort indices and neutral ranges for hot-humid regions [33] Comparison of Thermal Comfort between Sapporo and Tokyo.

## مقایسه محدوده آسایش حرارتی باغ فین و بافت تاریخی کاشان

کارن فتاحی PhD

گروه معماری، واحد کرمانشاه، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمانشاه، ایران

نازنین نصراللهی \* PhD

گروه فنی و مهندسی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

مریم انصاری منش PhD

گروه معماری، واحد کرمانشاه، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمانشاه، ایران

جمال خداکرمی PhD

گروه فنی و مهندسی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

علی عمرانی پور PhD

گروه معماری، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران

### چکیده

**اهداف:** وجود بناهای با ارزش تاریخی کاشان به دلیل دارا بودن ارزش‌های فرهنگی، بومی و حیات این بافت‌ها، علاوه بر حضور ساکنین بومی، سالانه گردشگران زیادی را از مناطق مختلف به سمت خود جذب می‌کند. بروز آسایش حرارتی در فضاهای باز این اماکن نقش کلیدی در حضورپذیری افراد و ارتقاء تعاملات اجتماعی دارد. هدف پژوهش حاضر، تعیین محدوده و مقایسه وضعیت آسایش حرارتی فضاهای باز محدوده باغ فین و بافت تاریخی شهر کاشان بر اساس شاخص جهانی اقلیم گرمایی (UTCI) می‌باشد.

**روش‌ها:** مکان‌های پر تردد محدوده مورد مطالعه به مدت ۱۸ روز از ابتدای شهریور ۹۷ مورد بررسی قرار گرفتند. پس از انجام مطالعات کتابخانه‌ای، حضور فیزیکی در بافت و انجام مطالعات میدانی (مشاهده و ثبت اطلاعات سایت‌ها) همزمان با پاسخ تعداد ۷۸۸ نفر از ساکنان و گردشگران به پرسشنامه‌ها (وضعیت حرارتی و محیطی)، پارامترهای اقلیمی (دما، رطوبت، سرعت جریان هوا، مقدار CO و CO<sub>2</sub>) ثبت گردید. سپس نرخ لباس و متابولیسم افراد با نرم‌افزار Deltalog10 محاسبه و پس از گردآوری و تجزیه و تحلیل اطلاعات با نرم‌افزار SPSS24، محدوده آسایش حرارتی پاسخ دهندگان بر اساس شاخص جهانی اقلیم گرمایی (UTCI) با نرم‌افزار Ray Man مشخص گردید.

**یافته‌ها:** پاسخ دهندگان در کل محدوده مورد مطالعه، بین ۲۰.۲۳ تا ۳۵.۶۱ درجه سانتیگراد (UTCI) احساس آسایش حرارتی داشتند. همچنین محدوده آسایش حرارتی در باغ فین بین ۱۹.۴۵ تا ۳۷.۶۳ و در بافت تاریخی بین ۱۸.۵ تا ۳۵.۱۶ درجه سانتیگراد (UTCI) می‌باشد.

**نتیجه‌گیری:** نتایج پژوهش نشان داد دامنه آسایش حرارتی در باغ فین به اندازه ۱.۵۲ درجه سانتیگراد (UTCI) بیشتر از بافت تاریخی کاشان می‌باشد.

**کلیدواژه‌ها:** باغ فین کاشان، انرژی، فناوری‌های نوین، آسایش حرارتی، شاخص جهانی اقلیم گرمایی (UTCI)، پایداری.

### مقدمه

بافت‌های تاریخی هر ساله مورد توجه بسیاری از گردشگران قرار می‌گیرد، وجود شرایط آسایش، به خصوص آسایش حرارتی در بافت تاریخی باعث رضایت‌مندی و حضورپذیری بیشتر ساکنین و گردشگران در فضاهای باز این اماکن می‌شود [۱]. با ایجاد برنامه‌ریزی مناسب می‌توان زمان و محدوده آسایش حرارتی اماکن تاریخی را شناسایی کرد تا ساکنین و گردشگران بتوانند زمان مناسب خود را متناسب با وضعیت آسایش حرارتی این اماکن تنظیم کنند [۲]. عدم توجه به کیفیت محیطی، تامین نیازهای ساکنین و استفاده کنندگان بافت‌های شهری و روستایی باعث کاهش حضور پذیری افراد در این اماکن می‌شوند [۳]. داشتن اطلاع از وضعیت آسایش حرارتی و تعداد روزهای در محدوده آسایش، می‌تواند در جهت افزایش حضورپذیری گردشگران در نواحی مختلف که دارای جاذبه‌های گردشگری هستند، مفید باشد [۴]. مطالعات صورت گرفته در شهر کاشان نیز، بر اهمیت و جایگاه آسایش حرارتی بر حضورپذیری فضاهای شهری [۵-۶] تاکید دارد. نگاه تحلیلی به پیشینه پژوهش نشان می‌دهد که مطالعه بر روی آسایش حرارتی در فضاهای باز در ایران [۷-۱۱] روش‌های موفق و نتایج قابل قبولی را در ادبیات موضوع ایجاد کرده است. از طرفی فرم شهر می‌تواند به صورت مستقیم و غیرمستقیم بر مصرف انرژی در ساختمان‌ها [۱۲] و پایداری محیط اطراف آن [۱۳-۱۵] اثر گذار باشد. وجود شرایطی که باعث استفاده افراد جهت کار، امکانات فکری، ذهنی و جسمی از موقعیت‌ها و شرایط شهر گردد باعث ایجاد عدالت می‌شود [۱۶]. در رویکرد طراحی مبنا به محیط‌های باز شهری [۱۷-۱۸]، آسایش حرارتی بخشی از کیفیت محیط زندگی افراد محسوب می‌شود. [۱۹-۲۰] تاثیر فرم عناصر شهری بر کیفیت آسایش حرارتی، و

پرسشنامه میانگین داده‌های ثبت شده به عنوان میزان متغیرهای نهایی ثبت گردید.

در پژوهش حاضر علاوه بر حضور فیزیکی و ثبت برداشت‌های میدانی، گردآوری پرسشنامه و ثبت همزمان متغیرهای محیطی، مشخصات فردی پاسخ دهندگان شامل (قد، وزن، جنسیت، میزان سن)، میزان نرخ لباس و نرخ فعالیت افراد در ۳۰ دقیقه گذشته توسط نرم افزار Deltalog10 محاسبه و مقادیر به دست آمده ثبت گردید. سپس اطلاعات موقعیت مکانی پاسخ دهندگان شامل (طول و عرض جغرافیایی، میزان ارتفاع از سطح دریا، روز و ساعت دقیق برداشت داده‌ها، میزان ابرناکی (تهیه شده از اداره کل هواشناسی کاشان) و ثبت اختلاف زمان با ساعت جهانی، کلیه اطلاعات به عنوان داده‌های ورودی در نرم افزار ریمن ورژن ۱.۲ سال ۲۰۱۸ ثبت گردید.

سپس مصاحبه‌شوندگان به سؤالات احساس آسایش حرارتی (مقیاس ۷ گانه استاندارد اشری)، ترجیح حرارتی (با استفاده از مقیاس سه گانه مکین تایلر) و رضایت از وضعیت حرارتی پاسخ دادند. با توجه به بحران حرارتی اقلیم مناطق گرم و خشک، پژوهش حاضر وضعیت حرارتی این خرده اقلیم را در اوج بحران حرارتی گرما مورد بررسی قرار داده است. (شکل ۲)

تاثیر آسایش حرارتی بر حضورپذیری فضاهای فعال شهری [۲۱-۲۵] موضوعی بسیار مهم و کلیدی است. شرایط نامناسب حرارتی در فضاهای باز، باعث کاهش انجام فعالیت‌های اختیاری استفاده کنندگان می‌شود.

## مواد و روش‌ها

موقعیت قرارگیری و محدوده مورد مطالعه در شهر کاشان است. این پژوهش سعی دارد با استفاده از این شاخص علاوه بر تعیین محدوده آسایش حرارتی به مقایسه وضعیت آسایش حرارتی باغ فین و بافت تاریخی شهر کاشان بپردازد. به لحاظ موقعیت، شهر کاشان در طول ۵۱ درجه و ۲۷ دقیقه شرقی و عرض ۳۳ درجه و ۵۹ دقیقه شمال جغرافیایی در کشور ایران قرار دارد. مطالعات میدانی این پژوهش در ۲ محدوده باغ فین و بافت تاریخی کاشان انجام شده است.

در این پژوهش از شاخص اقلیم جهانی (UTCI) برای تحلیل و محاسبه استفاده می‌شود. روش مورد استفاده در پژوهش حاضر از نوع موردی است که به تعیین وضعیت آسایش حرارتی و مقایسه محدوده آسایش حرارتی در دو محدوده باغ فین و بافت تاریخی کاشان می‌پردازد. (شکل ۱) محدوده و معرفی بناهای مورد مطالعه را نشان می‌دهد. ساعات برداشت داده های اقلیمی بر اساس ساعت فعالیت این اماکن از ۸ صبح الی ۱۸ عصر صورت گرفته است.

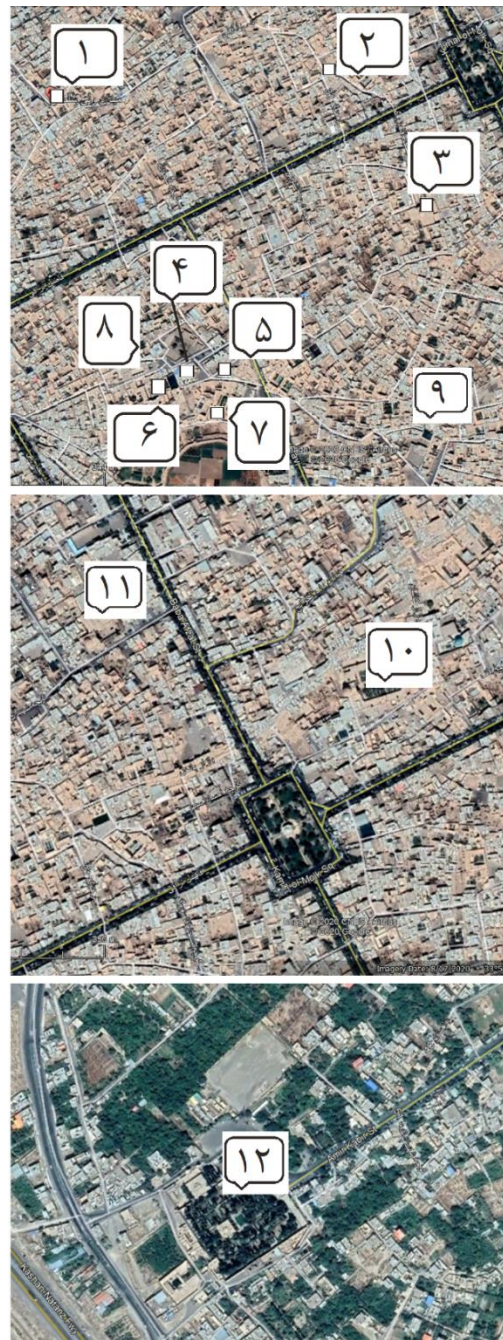
پس از بررسی و انتخاب مکان‌های پر رفت‌وآمد در محدوده مورد مطالعه و اطلاع از وضعیت بحران حرارتی در فصل گرم سال (تابستان)، در مدت‌زمان ۱۸ روز، در اوج شرایط بحران حرارتی (گرما) تعداد ۷۸۸ نفر از ساکنین و گردشگران به مدت ۵ تا ۸ دقیقه در سایه به سؤالات پرسش‌نامه پاسخ دادند. برای اندازه‌گیری و ثبت داده‌ها، ابتدا پرسشنامه‌ها به صورت تصادفی بین پاسخ دهندگان توزیع شد، سپس به صورت همزمان دستگاه ثبت داده‌های اقلیمی در نزدیک‌ترین فاصله ممکن به پاسخ دهندگان و در ارتفاع ۱.۲ متر از سطح زمین، داده‌های دما، رطوبت، سرعت جریان هوا، مقدار CO و مقدار CO<sub>2</sub> در دو مرحله ثبت گردید و پس از تکمیل

شکل ۱) معرفی بناها و سایت‌های مورد مطالعه



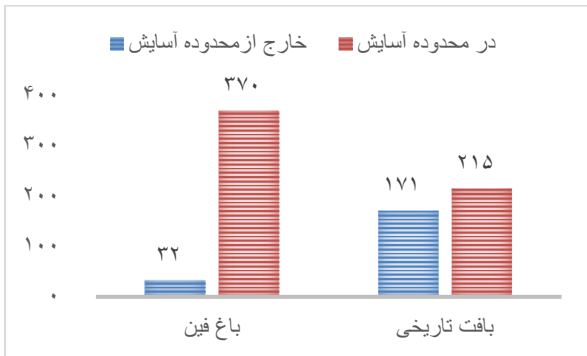
شکل ۲) دستگاه برداشت داده‌های اقلیمی (Fluke AirMeter)

جامعه آماری این پژوهش شامل ساکنین و گردشگران داخلی و خارجی در فضاهای باز محدوده مورد مطالعه را تشکیل می‌دهند. تعداد پرسش‌نامه‌ها بر اساس روش نیکل (پرسشنامه حرارتی و کیفیت محیطی، ثبت مشخصات فردی، برداشت و ثبت داده‌های محیطی) در باغ فین شامل تعداد ۴۰۲ نفر و در بافت تاریخی شامل ۳۸۶ نفر به صورت تصادفی انتخاب و تکمیل شده‌اند، که در مجموع تعداد پاسخ دهندگان را ۷۸۸ نفر تشکیل می‌دهند. در میان پاسخ دهندگان در محدوده باغ فین ۵۸ درصد مرد و ۴۲ درصد زن و در بافت تاریخی ۶۲.۲ درصد مرد و ۳۷.۸ درصد زن بوده‌اند. در باغ فین بیشترین میانگین سنی پاسخ دهندگان را ۲۸ سال با ۶۱.۷ درصد و کمترین میانگین سنی را ۶۶ سال و بالاتر با ۰.۵ درصد تشکیل می‌دهند. همچنین در بافت تاریخی میانگین سنی ۲۸ سال با بیشترین تعداد پاسخ دهندگان با ۵۶ درصد و کمترین میانگین سنی را ۶۶ سال و بالاتر با ۰.۸ درصد تشکیل می‌دهند. بر اساس بررسی‌ها و ثبت داده‌های محیطی، شرایط دما و رطوبت در ۲ محدوده باغ فین و بافت تاریخی و دارای شرایط متفاوتی است. بررسی داده‌ها نشان داد میانگین دمای هوا در محدوده باغ فین و بافت تاریخی به ترتیب برابر ۳۱.۲۸ و ۳۴.۳۹ درجه سانتیگراد می‌باشد.

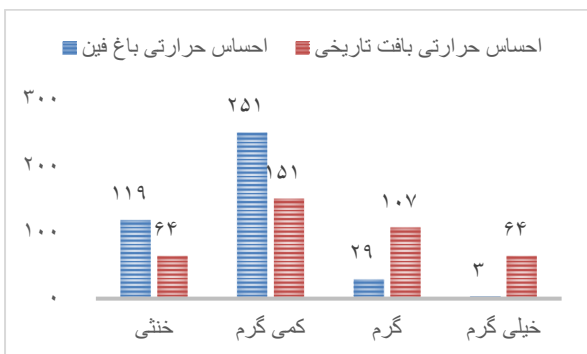


معرفی بناها و سایت‌های مورد مطالعه

|                                       |                             |
|---------------------------------------|-----------------------------|
| ۱. میدان ولی سلطان                    | ۷. خانه بروجردی‌ها          |
| ۲. مهمانسرای راهب و تکیه درب باغ      | ۸. سفره خانه مظفری          |
| ۳. مسجد آقا بزرگ و امامزاده تاج الدین | ۹. مسجد صدره و سفره         |
| ۴. مرکز محله علوی                     | ۱۰. مسجد و مدرسه امام خمینی |
| ۵. فضای باز معابر حمام سلطان میر احمد | ۱۱. مسجد جامع کاشان         |
| ۶. خانه طباطبایی‌ها                   | ۱۲. باغ فین                 |



نمودار ۱) مقایسه محدوده آسایش حرارتی باغ فین و بافت تاریخی



نمودار ۲) مقایسه احساس آسایش حرارتی باغ فین و بافت تاریخی

ترجیح حرارتی وضعیتی است که ممکن است افراد از نظر شرایط حرارتی احساس عدم رضایت نداشته باشند، ترجیح حرارتی بر اساس مقیاس سه گانه مکین تایر در سه بازه بله-گرم تر شود (+۱)، خیر- بدون تغییر (۰)، بله- سردتر شود (-۱) ارزیابی می شود. در شرایطی که شخص تمایل به تغییر وضعیت حرارتی نداشته باشد حالت خیر (بدون تغییر وضعیت حرارتی) انتخاب می شود. ترجیح حرارتی شرایطی است که اگر محقق نشود باعث ایجاد تفاوت در حالات روحی، وضعیت حرارتی و شرایط ذهنی افراد ایجاد نمی کند. (نمودار ۳) نتایج نشان داد میزان رضایت از وضعیت حرارتی در محدوده باغ فین با بافت تاریخی دارای تفاوت بسیاری است. ۸۱.۳ درصد پاسخ دهندگان در محدوده باغ فین بیشترین احساس رضایت از وضعیت حرارتی، ۱۶.۶ درصد در وضعیت خنثی و ۲.۱ درصد از پاسخ دهندگان از شرایط حرارتی محیط احساس رضایت نداشتند. همچنین نتایج بررسی ها نشان داد ۴۱.۹ درصد پاسخ دهندگان در محدوده

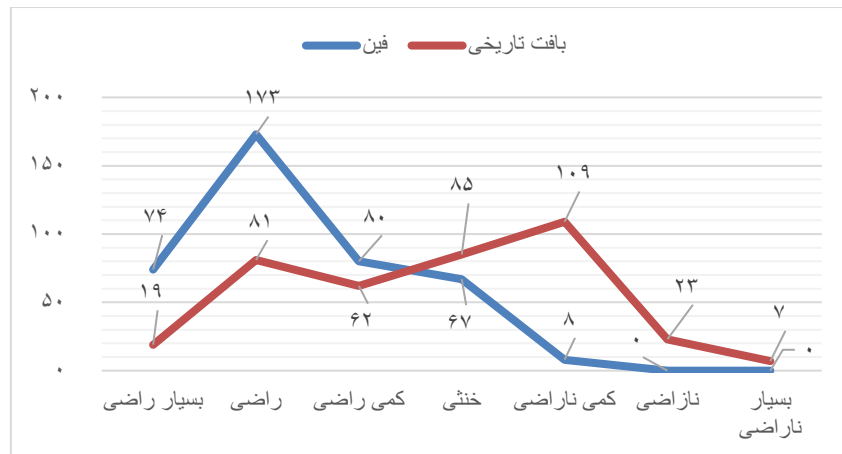
همچنین کمینه دمای هوا در محدوده باغ فین و بافت تاریخی به ترتیب برابر ۲۴.۵ و ۲۴.۲ درجه سانتیگراد و بیشینه دما به ترتیب برابر ۴۶.۶ و ۵۱.۵ درجه سانتیگراد می باشد. داده ها نشان داد میانگین رطوبت نسبی در باغ فین و بافت تاریخی به ترتیب برابر ۱۹.۴۸ و ۱۷.۴۸ درصد، میزان کمینه رطوبت نسبی به ترتیب برابر ۲۴.۵ و ۲۴.۲ و بیشینه رطوبت نسبی به ترتیب برابر ۲۹.۶ و ۳۰ درصد می باشد. یافته ها نشان داد میانگین دما در محدوده باغ فین به اندازه ۳.۱۱ درجه سانتیگراد پایین تر از محدوده بافت تاریخی است. همچنین میزان رطوبت نسبی در محدوده باغ فین به اندازه ۲ درصد بیشتر از محدوده بافت تاریخی ثبت شده است.

## یافته ها

برای وضعیت احساس حرارتی (TSV)، استاندارد اشری، دامنه و احساس آسایش حرارتی افراد را به صورت دمای خنثی، محدوده آسایش و دامنه خارج از شرایط آسایش دسته بندی کرده است. محدوده خنثی را به عنوان (۰)، احساس حرارتی بین (-۱- کمی سرد) و (+۱+ کمی گرم) را شرایط آسایش قابل قبول و در محدوده آسایش تعریف کرده است، مطابق این استاندارد، دامنه بالاتر از (+۱+ کمی گرم) و دامنه پایین تر از (-۱- کمی سرد) را خارج از محدوده آسایش حرارتی تعریف کرده است. مطابق این دسته بندی محدوده آسایش حرارتی  $TSV \leq +1 - \geq 1$  قرار دارد. در این شرایط حداقل ۸۰ درصد افراد احساس آسایش حرارتی دارند. همچنین بیشترین میزان احساس رضایت یا آسایش بین دامنه (+۰.۵) و (-۰.۵) قرار دارد. در نتیجه پس از ثبت داده ها و انجام محاسبات لازم، ابتدا میزان دمای تابشی محاسبه و سپس مقادیر (UTCI) ز نرم افزار ریمن استخراج گردید. (نمودار ۱) احساس آسایش حرارتی پاسخ دهندگان (نمودار ۲) در محدوده باغ فین با محدوده بافت تاریخی تفاوت دارد. ۲۹.۶ درصد از پاسخ دهندگان از نظر حرارتی در شرایط خنثی (متعادل) قرار داشتند.

فین و بافت تاریخی نشان می دهد میزان رضایت از وضعیت حرارتی در محدوده باغ فین به اندازه ۳۹.۴ درصد بیشتر از بافت تاریخی است.

بافت تاریخی احساس رضایت از وضعیت حرارتی، ۲۲ درصد در وضعیت خنثی و ۳۶.۱ درصد از پاسخ دهندگان از وضعیت حرارتی محدوده بافت تاریخی احساس رضایت نداشتند. مقایسه رضایت از وضعیت حرارتی محدوده باغ



نمودار ۳) مقایسه رضایت از وضعیت حرارتی باغ فین و بافت تاریخی

جدول ۱) میانگین داده‌های ورودی به نرم افزار ریمن

در بازه زمانی بالا را پوشش می دهد. [۲۶-۳۳] (جدول ۱) مدل رگرسیون خطی (شکل ۳) ارتباط میان شاخص استاندارد (UTCI) و احساس آسایش حرارتی پاسخ دهندگان در کل محدوده مورد مطالعه را نشان می دهد. نتایج مدل نشان می دهد احساس آسایش حرارتی پاسخ دهندگان با

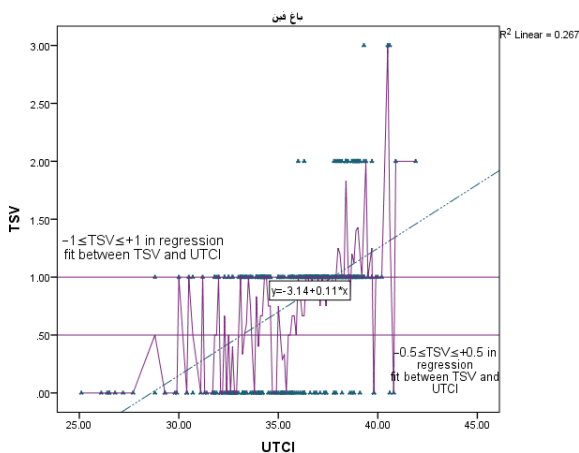
مدل ریمن، یک مدل محاسباتی ارزیابی وضعیت آسایش حرارتی برای محاسبه وضعیت تابش در شرایط محیطی ساده و پیچیده است که توسط محققان در دانشگاه فرایبرگ تهیه

| میانگین وزن (کیلوگرم) | میانگین قد (متر) | میانگین سن (سال) | نرخ فعالیت (W) | میزان لباس (Clo) | میزان ابرناکی (Octas) | سرعت جریان هوا (M/S) | میانگین رطوبت (RH) | دمای هوا (Co) | موقعیت برداشت | میدانی | ردیف |
|-----------------------|------------------|------------------|----------------|------------------|-----------------------|----------------------|--------------------|---------------|---------------|--------|------|
| ۷۵.۰۹                 | ۱.۷۰             | ۳۳               | ۸۷.۶۷          | ۰.۶۸۰            | ۰                     | ۰.۶۲۷                | ۱۹.۴۸              | ۳۱.۲۸         | باغ فین       | ۱      |      |
| ۷۳                    | ۱.۶۸             | ۳۴               | ۸۸             | ۰.۶۸۱            | ۰                     | ۰.۵۹۲                | ۱۷.۴۸              | ۳۴.۳۹         | بافت تاریخی   | ۲      |      |

شاخص استاندارد (UTCI) دارای همبستگی بوده و از نظر آماری دارای سطح معنی داری است ( $p < 0.001$ ). مدل رگرسیون نشان داد با افزایش میزان درجه سانتیگراد

شده است. مدل ریمن در فضا به صورت تک بعدی عمل می کند و محاسبات حرارتی در فضا برای یک نقطه انجام می شود. این مدل قابلیت محاسبات مجموعه داده های طولانی

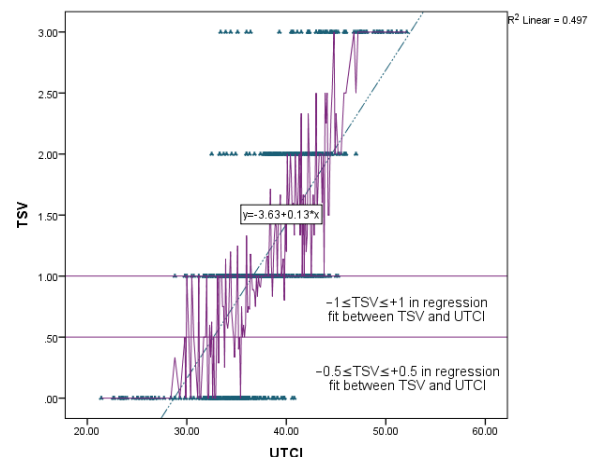
(UTCI) دارای همبستگی بوده و از نظر آماری دارای سطح معنی داری است ( $p < 0.001$ ). مدل رگرسیون نشان داد با افزایش میزان درجه سانتیگراد (UTCI)، احساس آسایش حرارتی افراد در فضای باغ فین تغییر می کند. برای تخمین دمای خنثی (متعادل) ابتدا میزان  $T_{SV} = 0$  method قرار گرفت، میزان دمای خنثی برابر  $28.54$  درجه سانتیگراد (UTCI) به دست می آید. چنانچه  $T_{SV} = \pm 0.5$  قرار دهیم محدوده آسایش حرارتی پاسخ دهندگان بین  $24.00$  تا  $33.09$  درجه سانتیگراد (UTCI) تعیین می شود. اگر میزان  $T_{SV} = \pm 1$  در نظر بگیریم محدوده آسایش حرارتی بین پاسخ دهندگان در باغ فین بین  $19.45$  تا  $37.63$  درجه سانتیگراد (UTCI) به می آید. بنابراین با معیار قرار گرفتن  $T_{SV} = \pm 1$  دامنه آسایش حرارتی در محدوده باغ فین برابر  $18.18$  درجه سانتیگراد (UTCI) خواهد بود. نتیجه اینکه با تغییر هر واحد احساس آسایش حرارتی (TSV)، میزان (UTCI) به اندازه  $9.09$  درجه سانتیگراد (UTCI) تغییر می کند.



شکل ۴) همبستگی بین احساس آسایش حرارتی (TSV) و شاخص استاندارد (UTCI) در محدوده باغ فین

مدل رگرسیون خطی (شکل ۵) ارتباط میان شاخص استاندارد (UTCI) و احساس آسایش حرارتی پاسخ دهندگان در محدوده بافت تاریخی کاشان را نشان می دهد. نتایج مدل نشان می دهد احساس آسایش حرارتی پاسخ دهندگان با شاخص استاندارد (UTCI) دارای همبستگی بوده و از نظر آماری دارای سطح معنی داری است ( $p < 0.001$ ). مدل رگرسیون نشان داد با افزایش میزان درجه سانتیگراد

(UTCI)، احساس آسایش حرارتی افراد در فضای باز تغییر می کند. به عبارتی هر چه به میزان دمای شاخص (UTCI) افزوده می شود، وضعیت حرارتی افراد از محدوده متعادل به سمت کمی گرم، گرم و خیلی گرم تغییر می کند. برای تخمین دمای خنثی (متعادل) اگر میزان  $T_{SV} = 0$  method قرار دهیم میزان دمای خنثی برابر  $27.92$  درجه سانتیگراد (UTCI) به دست می آید. همچنین برای تعیین محدوده آسایش حرارتی می توان میزان TSV را در دو بخش  $T_{SV} = \pm 0.5$  و  $T_{SV} = \pm 1$  قرار گیرد. چنانچه  $T_{SV} = \pm 0.5$  قرار دهیم محدوده آسایش حرارتی بین  $24.07$  تا  $31.76$  درجه سانتیگراد (UTCI) تعیین می شود. اگر میزان  $T_{SV} = \pm 1$  در نظر بگیریم که در بسیاری پژوهش ها مورد استفاده قرار گرفته است، محدوده آسایش بین  $20.23$  تا  $35.61$  درجه سانتیگراد (UTCI) به می آید. بنابراین با معیار قرار گرفتن  $T_{SV} = \pm 1$  دامنه آسایش حرارتی کل محدوده مورد مطالعه بر اساس شاخص (UTCI) برابر  $15.38$  درجه سانتیگراد (UTCI) خواهد بود. نتیجه اینکه با تغییر هر واحد احساس آسایش حرارتی (TSV) میزان (UTCI) به اندازه  $7.69$  درجه سانتیگراد (UTCI) تغییر می کند.

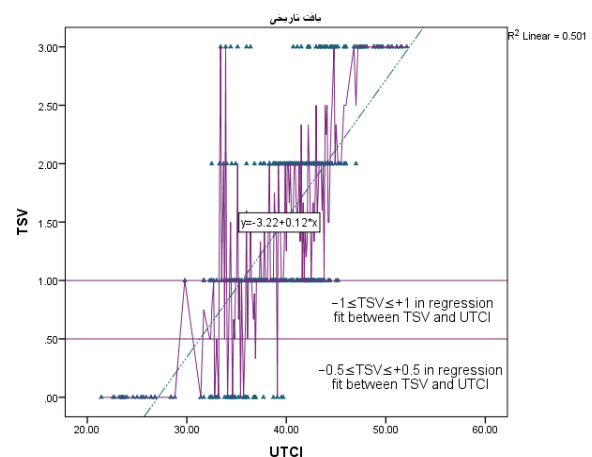


شکل ۳) همبستگی بین احساس آسایش حرارتی (TSV) و شاخص استاندارد (UTCI) در کل محدوده مورد مطالعه.

مدل رگرسیون خطی (شکل ۴) ارتباط میان شاخص استاندارد (UTCI) و احساس آسایش حرارتی پاسخ دهندگان در محدوده باغ فین را نشان می دهد. نتایج مدل نشان می دهد احساس آسایش حرارتی پاسخ دهندگان با شاخص استاندارد

نتایج بررسی مطالعات میدانی بر اساس شاخص (UTCI) نشان داد وضعیت آسایش حرارتی در دو محدوده مورد مطالعه باغ فین و بافت تاریخی شهر کاشان با همدیگر متفاوت است. وضعیت دمای خنثی (آسایش) در کل محدوده شهر کاشان برابر ۲۷.۹۲ درجه سانتیگراد (UTCI) می‌باشد. همچنین میزان دمای خنثی در محدوده باغ فین و بافت تاریخی به ترتیب برابر ۲۸.۵۴ و ۲۶.۸۳ درجه سانتیگراد (UTCI) می‌باشد. از نظر حد پایین آسایش حرارتی، پاسخ دهندگان در محدوده باغ فین به اندازه ۰.۶۵ درجه سانتیگراد (UTCI) بیشتر از محدوده بافت تاریخی تحمل گرما داشتند. از نظر حد بالای آسایش بین محدوده باغ فین و بافت تاریخی تفاوت قابل توجه و معناداری وجود دارد. پاسخ دهندگان در محدوده بافت تاریخی به اندازه ۲.۴۷ درجه سانتیگراد (UTCI) زودتر از پاسخ دهندگان باغ فین به حد بالای آسایش حرارتی رسیدند. نکته مهم در اختلاف این دو محدوده این است که کیفیت محیطی، پوشش گیاهی، زیبایی و تنوع فضایی باعث وسعت محدوده آسایش حرارتی در باغ فین شده است. از وجود اختلاف وضعیت حرارتی در دمای خنثی، حد پایین و حد بالای آسایش حرارتی، دامنه آسایشی تعریف می‌شود. تحلیل یافته‌ها نشان داد دامنه آسایش در کل محدوده برابر ۱۵.۳۸، در محدوده بافت تاریخی برابر ۱۶.۶۶ و در محدوده باغ فین برابر ۱۸.۱۸ درجه سانتیگراد (UTCI) می‌باشد. نکته قابل تأمل در اختلاف ۱.۵۲ درجه سانتیگراد (UTCI) باغ فین با بافت تاریخی کاشان می‌باشد. از تحلیل یافته‌ها می‌توان ادعا داشت، در یک شهر وضعیت آسایش حرارتی ثابت نیست و رضایت از عوامل کالبدی و کیفیت محیطی می‌تواند بر محدوده آسایش حرارتی استفاده کنندگان اثرگذار باشد.

(UTCI)، احساس آسایش حرارتی افراد در فضای باز بافت تاریخی تغییر می‌کند. برای تخمین دمای خنثی (متعادل) ابتدا میزان  $T_{SV} = 0$  method قرار گرفت، میزان دمای خنثی برابر ۲۶.۸۳ درجه سانتیگراد (UTCI) به دست می‌آید. چنانچه  $T_{SV} = \pm 0.5$  قرار دهیم محدوده آسایش حرارتی پاسخ دهندگان بین ۲۲.۶۶ تا ۳۱.۰۰ درجه سانتیگراد (UTCI) تعیین می‌شود. اگر میزان  $T_{SV} = \pm 1$  در نظر بگیریم محدوده آسایش حرارتی بین ۱۸.۵۰ تا ۳۵.۱۶ درجه سانتیگراد (UTCI) به می‌آید. بنابراین با معیار قرار گرفتن  $T_{SV} = \pm 1$  دامنه آسایش حرارتی کل محدوده مورد مطالعه بر اساس شاخص (UTCI) برابر ۱۸.۱۸ درجه سانتیگراد (UTCI) خواهد بود. نتیجه اینکه با تغییر هر واحد احساس آسایش حرارتی (T<sub>SV</sub>) میزان (UTCI) به اندازه ۸.۳۳ درجه سانتیگراد (UTCI) تغییر می‌کند.



شکل ۵) همبستگی بین احساس آسایش حرارتی (T<sub>SV</sub>) و شاخص استاندارد (UTCI) در محدوده بافت تاریخی

## نتیجه گیری

جدول ۱) نتایج تجزیه و تحلیل مدل رگرسیون دامنه خنثی و محدوده آسایش حرارتی.

| شاخص استاندارد آسایش حرارتی | موقعیت برداشت میدانی  | دمای خنثی | حد پایین آسایش | حد بالای آسایش | دامنه آسایش |
|-----------------------------|-----------------------|-----------|----------------|----------------|-------------|
| شاخص استاندارد              | کل محدوده مورد مطالعه | ۲۷.۹۲     | ۲۰.۲۳          | ۳۵.۶۱          | ۱۵.۳۸       |
|                             | محدوده باغ فین        | ۲۸.۵۴     | ۱۹.۴۵          | ۳۷.۶۳          | ۱۸.۱۸       |
| UTCI                        | محدوده بافت تاریخی    | ۲۶.۸۳     | ۱۸.۵۰          | ۳۵.۱۶          | ۱۶.۱۶       |



محدوده بافت تاریخی با ۴۱.۹ درصد بوده است. برای تعیین محدوده آسایش حرارتی، دامنه احساس آسایش حرارتی پاسخ دهندگان بین بازه (۱- و ۱+) به عنوان محدوده آسایش و دامنه خارج از این محدوده به عنوان خارج از محدوده آسایش حرارتی در نظر گرفته شده است. نتایج نشان داد پاسخ دهندگان در کل محدوده مورد مطالعه، بین ۲۰.۲۳ تا ۳۵.۶۱ درجه سانتیگراد (UTCI) احساس آسایش حرارتی داشتند. همچنین محدوده آسایش حرارتی در باغ فین بین ۱۹.۴۵ تا ۳۷.۶۳ و در بافت تاریخی بین ۱۸.۵ تا ۳۵.۱۶ درجه سانتیگراد (UTCI) می‌باشد. نتایج پژوهش نشان داد دامنه آسایش حرارتی در باغ فین به اندازه ۱.۵۲ درجه سانتیگراد (UTCI) بیشتر از بافت تاریخی کاشان می‌باشد.

تشکر و قدردانی: موردی از سوی نویسندگان ذکر نشده است.

تاییدیه اخلاقی: موردی از سوی نویسندگان ذکر نشده است.

تعارض منافع: موردی از سوی نویسندگان ذکر نشده است.

سهم نویسندگان: نویسنده اول (نگارنده مقاله، پژوهشگر اصلی ۵۰٪)، نویسنده دوم (پژوهشگر فرعی، روش شناسی پژوهش ۲۰٪)، نویسنده سوم (پژوهشگر فرعی، مقدمه ۱۰٪)، نویسنده چهارم (پژوهشگر فرعی، تحلیل داده ها ۱۰٪)، نویسنده پنجم (پژوهشگر فرعی، تحلیل داده ها ۱۰٪).

منابع مالی: موردی از سوی نویسندگان ذکر نشده است.

## منابع

- 1- Ayçam İ, Akalp S, Görgülü LS. The Application of Courtyard and Settlement Layouts of the Traditional Diyarbakır Houses to Contemporary Houses: A Case Study on the Analysis of Energy Performance. *Energies*. 2020 Jan;13(3):587. <https://doi.org/10.3390/en13030587>
- 2- Nasrollahi N, Hatami Z, Taleghani M. Development of outdoor thermal comfort model for tourists in urban historical areas; A case study in Isfahan. *Building and Environment*. 2017 Nov 15;125:356-72. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.09.006>
- 3- Fatahi K, Mohammadi E. Identification of tourist attraction obstacles in the tourism destination of Heydarabad Siwan. *Geography And Development Iranian Journal*. 2020

مقایسه نتایج یافته های این پژوهش (جدول ۲) با دیگر پژوهش های انجام شده نشان می‌دهد دامنه و محدوده آسایش حرارتی در کشورهای مختلف با هم متفاوت است، اقلیم منطقه، موقعیت قرارگیری، سبک زندگی، وضعیت محیطی و رضایت از کیفیت محیطی در فضاهای باز می‌تواند در تغییر دامنه و محدوده آسایش حرارتی استفاده کنندگان نقش کلیدی داشته باشد. سوابق مطالعات انجام شده در بین کشورهای مختلف نشان می‌دهد دامنه و محدوده آسایش حرارتی این پژوهش با مطالعات انجام شده در کشورهای ژاپن، هنگ کنگ و چین بسیار نزدیک است و شاخص جهانی اقلیم گرمایی (UTCI) وضعیت آسایش حرارتی را با دقت بالا مورد ارزیابی قرار داده است.

برای تعیین وضعیت آسایش حرارتی فضاهای باز در محدوده مورد مطالعه باغ فین و بافت تاریخی کاشان از شاخص جهانی اقلیم گرمایی (UTCI) استفاده شده است. ابتدا میزان دمای خنثی و دامنه آسایش حرارتی هر محدوده مشخص شده است سپس داده‌ها بر اساس موقعیت برداشت هر محدوده در ۲ بخش محدوده باغ فین و بافت تاریخی دسته بندی و مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفتند. یافته‌ها نشان داد ۹۲ درصد از پاسخ دهندگان در محدوده باغ فین در شرایط آسایش و ۸ درصد خارج از محدوده آسایش حرارتی قرار داشتند. همچنین در محدوده بافت تاریخی ۴۴.۳ درصد در محدوده آسایش و ۵۵.۷ درصد خارج از محدوده آسایش حرارتی قرار داشتند. نتایج نشان داد شرایط از نظر ترجیح حرارتی در هر دو محدوده متفاوت است. ۳۸.۸ درصد در محدوده باغ فین و ۲۳.۵ درصد در محدوده بافت تاریخی درخواست تغییر وضعیت حرارتی را نداشته‌اند. همچنین ۶۱.۱ درصد پاسخ دهندگان در محدوده باغ فین و ۷۶.۴ درصد در محدوده بافت تاریخی درخواست تغییر وضعیت حرارتی را نداشته‌اند. در نتیجه احساس سازگاری با وضعیت حرارتی در محدوده باغ فین بیشتر از بافت تاریخی بوده است. بیشترین احساس رضایت از وضعیت حرارتی در باغ فین با ۸۱.۳ درصد و کمترین رضایت از وضعیت حرارتی در

2018; 11(2): 359-372. <https://doi.org/10.1007/s12273-017-0407-7>

14- Rahbar M, Mahdaveinejad, M, Bemanian, M, Davaie-Markazi, A. Artificial neural network for outlining and predicting environmental sustainable parameters. *Journal of Sustainable Architecture and Urban Design*. 2020;7(2):169-182. <https://doi.org/10.22061/jsaud.2019.4501.1333>

15- Taban M, Pourjafar M, Bemanian M, Heidari S. Determining optimal courtyard pattern in Dezful traditional houses by relying on Shadow analysis. *The Monthly Scientific Journal of Bagh- E Nazar*, 2014;10(27):39-48. [Persian] Available from: [http://www.bagh-sj.com/article\\_3966\\_2e59e42a03a9d2c16e39b2ddb134e6d5.pdf](http://www.bagh-sj.com/article_3966_2e59e42a03a9d2c16e39b2ddb134e6d5.pdf)

16- Taqvae A, Bemanian M, Poorjafar M, Bahrampoor M. Assessment of spatial justice theory of justice; Case: 22 districts of Tehran. *International Journal of Urban and Rural Management*. 2015; 14(38):391-423. [Persian] Available from: [http://ijurm.imo.org.ir/browse.php?a\\_id=441&slc\\_lang=fa&sid=1&ftxt=1](http://ijurm.imo.org.ir/browse.php?a_id=441&slc_lang=fa&sid=1&ftxt=1)

17- Mahdaveinejad 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] Available from: <http://journals.modares.ac.ir/article-2-41547-fa.htm>

18- Pourjafar M, Moradi A. Explaining design dimensions of ecological greenways. *Open Journal of Ecology*, 2015;5(03):66. <https://doi.org/10.4236/oje.2015.53007>

19- Mahdaveinejad M, Salehnejad H, Moradi N. An ENVI-met Simulation Study on Influence of Urban Vegetation Congestion on Pollution Dispersion. *Asian Journal of Water, Environment and Pollution*. 2018 Jan 1;15(2):187-94. <https://doi.org/10.3233/ajw-180031>

20- 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;1(4):74-83. Available from: [http://www.ijastnet.com/journals/Vol\\_1\\_No4\\_July\\_2011/9.pdf](http://www.ijastnet.com/journals/Vol_1_No4_July_2011/9.pdf)

21- Javanroodi K, Mahdaveinejad 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>

22- Javanroodi K, Nik VM, Mahdaveinejad 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>

23- Mahdaveinejad 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>

Jun 21;18(59):211-26. [Persian] <https://doi.org/10.22111/GDIJ.2020.5472>

4- Farajzadeh H, Saligheh M, Alijani B. Application of universal thermal climate index in Iran from tourism perspective. *Journal of Natural Environmental Hazards*. 2016 Jun 20;5(7):117-38. <https://doi.org/10.22111/JNEH.2016.2658>

5- 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; 7(2): 1-10. [Persian] Available from: <http://journals.modares.ac.ir/article-2-1220-fa.html>

6- Ahmadpour N, Pourjafar M, Mahdaveinejad M, Yousefian S. The Role and Impact of Design Elements on the Quality of Thermal Comfort in Urban Open Spaces, Case Study: Design of Pedestrian Way in Tamghachiha Pathway in the City of Kashan. *Journal of Architecture and Urban Planning*, 2017; 9(18): 59-80. [Persian] <https://doi.org/10.30480/aup.2017.512>

7- Hadianpour M, Mahdaveinejad 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. DOI: 10.1016/j.buildenv.2018.12.053

8- Hadianpour M, Mahdaveinejad 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. DOI: 10.1016/j.scs.2018.03.003

9- Pilechiha P, Mahdaveinejad 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>

10- Saadatjoo P, Mahdaveinejad M, Zarkesh A. Porosity Rendering in High-Performance Architecture: Wind-Driven Natural Ventilation and Porosity Distribution Patterns. *Armanshahr Architecture & Urban Development*. 2019; 12(26): 73-87, Spring 2019. DOI: 10.22034/AAUD.2019.89057

11- Mahdaveinejad M. High-Performance Architecture: Search for Future Legacy in Contemporary Iranian Architecture. *Armanshahr Architecture & Urban Development*. 2017 Mar 14; 9(17): 129-138. [Persian] Available from: [http://www.armanshahrjournal.com/article\\_44611\\_955a20b5cfd1f32308e627ddc8528b91.pdf](http://www.armanshahrjournal.com/article_44611_955a20b5cfd1f32308e627ddc8528b91.pdf)

12- Shoja S, Pourjafar M, Tabibian M. Meta-Analysis of the Relationship between Urban Form and Energy: A Review of Approaches, Methods, Scales and Variables. *Urban Planning Knowledge*. 2019; 3(1): 85-107. [Persian] <https://doi.org/10.22124/upk.2019.13602.1220>

13- Saadatjoo P, Mahdaveinejad M, Zhang G. A study on terraced apartments and their natural ventilation performance in hot and humid regions. *Building Simulation*.

- 24- Mahdavinejad M, Zia A, Larki AN, Ghanavati S, Elmi N. Dilemma of green and pseudo green architecture based on LEED norms in case of developing countries. *International journal of sustainable built environment*, 2014 Dec 1;3(2):235-46. <https://doi.org/10.1016/j.ijse.2014.06.003>
- 25- 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://hoviatsahr.srbiau.ac.ir/article\\_1119.html](http://hoviatsahr.srbiau.ac.ir/article_1119.html)
- 26- Matzarakis A, Rutz F. Application of RayMan for tourism and climate investigations. *Annalen der Meteorologie*. 2005 Jul 1;41(2):631-6. Available from: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.632.3070&rep=rep1&type=pdf>
- 27- 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>
- 28- 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. <https://doi.org/10.1108/SASBE-03-2019-0028>
- 29- 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.jobe.2019.101011>
- 30- Yu SY, Matzarakis A, Lin TP. A Study of the Thermal Environment and Air Quality in Hot-Humid Regions during Running Events in Southern Taiwan. *Atmosphere*. 2020 Oct;11(10):1101. <https://doi.org/10.3390/atmos11101101>
- 31- Fröhlich D, Matzarakis A. Calculating human thermal comfort and thermal stress in the PALM model system 6.0. *Geoscientific Model Development*. 2020 Jul 9;13(7):3055-65. <https://doi.org/10.5194/gmd-13-3055-2020>
- 32- Binarti F, Koerniawan MD, Triyadi S, Utami SS, Matzarakis A. A review of outdoor thermal comfort indices and neutral ranges for hot-humid regions. *Urban Climate*. 2020 Mar 1;31:100531. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2019.100531>
- 33- Wu Y, Graw K, Matzarakis A. Comparison of Thermal Comfort between Sapporo and Tokyo—The Case of the Olympics 2020. *Atmosphere*. 2020 May;11(5):444. <https://doi.org/10.3390/atmos11050444>