نشریه علمی معماری اقلیم گرم و خشک
سال هشتم، شماره یازدهم، بهار و تابستان ۱۳۹۹

مقالهٔ پژوهشی

ارزیابی آسایش راحتی و بررسی شاخص‌های آسایش حرارتی PMV و PPD بر مبنای نور روز و جهت‌گیری خانه، در خانه‌های سنتی بافت یزد (نمونه موردی: خانه ملک‌زاده شهر یزد)

مهدی حمزه‌نژاد[۱]، فرامرز فدائی[۲]، پریا ایلدرآبادی[۳*]

۱- استادیار معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت، ایران

۲- هیات علمی موسسه آموزش عالی خراسان

۳- هیات علمی مدعو موسسه آموزش عالی خراسان

(دریافت: ۱۳۹۸/۰۸/۲۸، پذیرش: ۱۳۹۹/۰۳/۲٤)

چکیده

نور در معماری سنتی ایران نقشی مهم و اساسی دارد؛ به‌گونه‌ای که خلق کیفیت‌های فضایی بر عهده نور است. در پژوهش حاضر از دیدگاه مسئله آسایش افراد در محیط، بررسی اطلاعات و تحلیل داده‌ها بر مبنای نور روز در خانه که بیشترین استفاده را در میان سایر عملکردها دارد، انجام شده است. این پژوهش با هدف چگونگی فراهم آوردن شرایط آسایش راحتی و شاخص‌های آسایش حرارتی PMV و PPD، خانه ملک‌زاده شهر یزد را به‌عنوان نمونه، مورد مطالعه قرار داده است. برای این منظور اتاق پنج دری مورد تحلیل و ارزیابی قرار گرفته و مدل‌سازی توسط نرم‌افزار الگوریتمیک گرس‌هاپر، آنالیزها توسط پلاگین‌های هانی‌بی و لیدی‌باگ صورت پذیرفته است. وضعیت فعلی اتاق پنج‌دری (رون راسته) و پنج وضعیت پیشنهادی شامل قرارگیری خانه به‌صورت رون اصفهانی و کرمانی، جهت‌گیری خانه به سمت شمال، افزایش و کاهش ارتفاع درب اتاق پنج‌دری ارائه و آنالیز شده و در نهایت با یکدیگر مورد مقایسه قرار گرفته است. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که قرارگیری اتاق پنج‌دری در حالت رون راسته نسبت به وضعیت‌های پیشنهادی در محدوده DA (Daylight Autonomy) برابر 50% قرار دارد و معادل 300lux نور دریافت می‌کند، که آسایش راحتی ساکنان را فراهم می‌آورد. همچنین با PMV برابر 0.53+ و PPD برابر 14.38% بالاترین شرایط آسایش حرارتی را در میان وضعیت‌های پیشنهادی دارد. پتانسیل کاربردی اتاق پنج‌دری خانه ملک‌زاده با توجه به موقعیت قرارگیری در ساختمان، در طول سال توانسته فضایی با نهایت آسایش حرارتی و راحتی را فراهم آورد.

کلید واژه‌ها: نور روز، جهت‌گیری یا رون خانه، PMV و PPD، آسایش راحتی و حرارتی

*نویسنده مسئول: Email: paria.ildarabadi@khorasan.ac.ir

پرسش پژوهش

با توجه به وفور رون راسته در ایران و برخی شهرها همچون یزد و نگرانی ناکارآمدی اتاق‌های جبهه شمالی، این رون رو به جنوب غربی، آسایش راحتی و حرارتی متاثر از نور روز در این اتاق‌ها (به طور نمونه اتاق پنج‌دری جبهه شمالی خانه‌ی ملک‌زاده) در دو روز بحرانی سال به چه صورت است؟ و آیا از محدوده آسایش راحتی و حرارتی خارج نمی‌شود؟

۱- مقدمه

بناهای سنتی در ایران همواره تحت تاثیر عوامل اقلیمی شکل گرفته‌اند. در بین عوامل اقلیمی، نور روز موثرترین عامل در شکل‌گیری ابنیه و حتی بافت شهرها است. نور در معماری ایرانی از اهمیت به‌سزایی برخوردار است به گونه‌ای که در طول ادوار مختلف معماران اهمیت نور را دریافته‌اند، و با استفاده از روش‌های ابداعی از نور روز بهره برده‌اند (طاهباز و همکاران، ۱۳۹۲- هاشمی رفسنجانی و حیدری، ۱۳۹۷). معماران سنتی با استفاده از نور روز، ساده‌ترین فرم‌ها و مصالح را به با ارزش‌ترین عناصر تبدیل می‌کردند و با توجه به اقلیم، به‌صورت دقیق و حساب شده نور روز را به فضای داخلی سکونت، هدایت می‌کردند که علاوه‌بر روشنایی مناسب فضا، آسایش حرارتی افراد نیز برقرار می‌شد. در خانه‌های سنتی، فضای حرکتی تاریک، حیاط کاملا روشن، ایوان فضایی دارای سایه و اتاق جلوه‌ای زیبا از تلفیق نورهای رنگی است (Amiriparyan & Kiani, 2016). با بررسی نحوه نورگیری فضاهای مختلف در خانه‌های مسکونی، برداشت می‌شود که نور به عنوان عاملی هدایت کننده از فضایی به فضای دیگر است، که علاوه بر روشن کردن فضا با توجه به نوع کاربری، آسایش حرارتی و سلامت روحی ساکنان را نیز فراهم می‌آورد. به عبارتی تعیین درجه نور در فضاهای مختلف خانه سنتی از اهمیت خاصی برخوردار بوده است. بناهای منعطف بر پایه برقراری آسایش حرارتی، نیازمند تبیین الگوهای دقیق آسایش هستند. با این حال در اکثر بناهای سنتی، برقراری آسایش افراد بر نور روز، کوران هوا، اینرسی کف و جداره ساختمان معطوف شده که تمامی این عوامل به‌عنوان تامین انرژی نامحدود طبیعی بوده است. برای ایجاد آسایش حرارتی (با توجه به اقلیم)، هدایت نور به منظور ایجاد سرمایش مورد نیاز و کنترل نور ورودی به منظور تنظیم گرمایش از طریق جهت‌گیری مناسب و تناسبات زمین صورت پذیرفته است (Asadi et al. 2016- Khalili & Amindeldar, 2014).

در بخش‌های بعدی مقاله، بررسی میزان آسایش راحتی و حرارتی افراد بر مبنای پراکندگی نور روز در محیط داخلی انجام می‌پذیرد. برای این منظور اتاق پنج‌دری خانه‌ی ملک‌زاده واقع در شهر یزد مورد تحلیل و بررسی قرار می‌گیرد. برای بررسی آسایش راحتی افراد، پراکندگی نور در قالب نور مفید روز DA (Daylight autonomy) و برای بررسی آسایش حرارتی افراد دو عامل آسایش حرارتی، میانگین رأی پیش‌بینی شده (PMV (Predicted Mean Vote)) و درصد پیش‌بینی نارضایتی افراد از محیط (PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied)) (با توجه به حرارت

ناشی از نور روز در محیط داخلی) مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. یکی از جنبه‌های جدید در این مطالعه، مدل‌سازی و شبیه‌سازی بر اساس پراکندگی نور روز است؛ علاوه‌براین برای دستیابی به اهداف ذکر شده، روش طراحی و مدل‌سازی اتاق پنج‌دری توسط نرم‌افزار مدل‌سازی Rhinoceros 5 و نرم‌افزار الگوریتمیک Grasshopper انجام می‌شود. همچنین افزونه‌های Honeybee و Ladybug موجود در نرم‌افزار Grasshopper برای انجام شبیه‌سازی‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند.

بررسی‌ها در دو روز بلندترین و کوتاه‌ترین روز سال یعنی اول تیر و اول دی ماه و در ساعات 9:00-10:00، 12:00-13:00 و 15:00-16:00 انجام می‌پذیرد. همچنین اتاق پنج‌دری در جهت‌های قرارگیری به‌صورت رون راسته، رون اصفهانی، رون کرمانی، جهت محور شمالی–جنوبی، افزایش و کاهش ارتفاع در اتاق مورد آنالیز و ارزیابی قرار می‌گیرد. نتایج در قالب پراکندگی نور روز و و بررسی میزان PMV و PPD در اتاق پنج‌دری (در دو روز و سه ساعت ذکر شده)، در هر کدام از جهت‌های مورد بررسی ارائه می‌گردد.

۱-۱- اصول معماری ایرانی

اصول معماری ایران که مرحوم پیرنیا از آنها نام می‌برد عبارتند از (پیرنیا، ۱۳۸۲- پیوسته‌گر و همکاران، ۱۳۹۶):

- مردم واری؛ بهبود کیفیت زندگی، آسایش جسمی و روحی انسان، عدالت اجتماعی و اقتصادی،
- پرهیز از بیهودگی؛ طراحی فضا بر اساس نیازها و استفاده از فضاهای چند عملکردی. انعطاف پذیری فضا برای جلوگیری از اتلاف فضا، منابع، مصالح و انرژی،
- خودبسندگی؛ (بوم آوردی) تأمین نیازهای انسان بدون تصرف در منابع آیندگان با رویکرد بومی و محلی،
- درون گرایی؛ هماهنگی با طبیعت و استفاده از انرژی‌های آن و کاهش مصرف منابع تجدید ناپذیر،
- نیارش و پیمون؛ استفاده از سیستم مدولار در طراحی، کاربرد سازه، مصالح پایدار و قابلیت بازیافت.

۱-۲- نور در معماری ایرانی

حضور اندیشیده شده نور در سراسر معماری قدیم ایران که از طریق انتخاب آگاهانه اجزاء و ترکیب به تحقق رسیده است، ماده را به جسمی لطیف تبدیل می‌کند. بازی نور و نقش آن در معماری سنتی ایران نقشی پردازشی ایفا می‌کند، به‌گونه‌ای که این تأثیر گاه به‌صورت معنایی و گاه به‌صورت کالبدی در شرایط فیزیکی تاثیر می‌گذارد. عنصر نور، در طراحی معماری نقش به‌سزایی دارد به‌طوریکه خلق کیفیت‌های فضایی بر عهده نور است. (هومانی‌راد و همکاران، ۱۳۹۶). نور روز در معماری سنتی علاوه بر کارکرد، از جنبه‌های

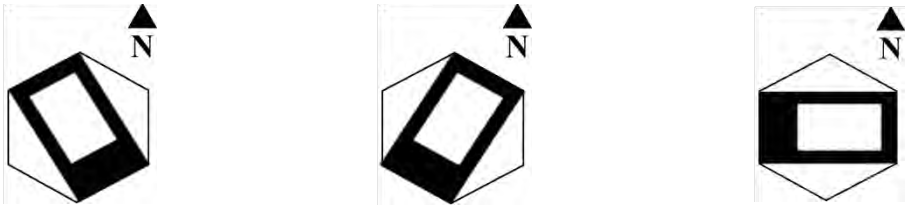
معنوی نیز اهمیت دارد و آنچنان با عناصر معماری درآمیخته است که نمی‌توان آنها را از یکدیگر جدا نموده یا یکی را حذف کرد (حائری مازندرانی، ۱۳۸۸). معماری سنتی ایران سرشار از نمونه‌هایی است که در آن، نور روز به خوبی برای روشن کردن مناسب و البته کارآمد محیط مورد استفاده قرار گرفته است (مهدوی نژاد و مطور، ۱۳۹۱). تاکید بر جنبه‌های تاثیرگذاری نورپردازی، معماری نور در ارتقای حس مکان، نقش نور در زیبایی (بخصوص در برداشت‌های افراد از آثار معماری) نمودی از نقش نور در درک آثار معماری می‌باشد که همواره مخاطبان با آن ارتباط برقرار می‌کنند (کاظم‌زاده و طاهباز، ۱۳۹۲).

۱-۳- جهت‌گیری ساختمان- رون معماری

یکی از مسائل مهم مورد بررسی در خانه، جهت قرارگیری آن و یا رون خانه است. این مساله مربوط به آب و هوا، طرز تابش آفتاب، جهت وزش باد، مکان قرارگیری خانه و جنس زمین است. معماران ایرانی سه رون راسته، رون اصفهانی و رون کرمانی را در نظر گرفته‌اند. با توجه به تصویر ۱ در رون راسته مستطیلی که در داخل شش ضلعی قرار گرفته، جهت شمال شرقی _ جنوب غربی را دارد. در شهرهای مرکزی ایران مثل تهران، یزد، جهرم و شهر تبریز در شمال غربی ایران و برخی شهرهای دیگر از رون راسته استفاده می‌شده؛ جهت این رون تقریباً در جهت قبله است. رون اصفهانی دارای جهت شمال غربی _ جنوب شرقی و در اصفهان، استخر، تخت جمشید، و استان فارس مورد استفاده قرار گرفته است. رون کرمانی جهتی غربی- شرقی دارد و شهرهایی مثل کرمان، همدان، آبادی‌های آذربایجان غربی در مناطق اورارتوها، خوی و برخی شهرهای دیگر با این رون ساخته شده‌اند. جدول ۱ ویژگی‌های رون‌های ایرانی را ارائه می‌دهد (پیرنیا، ۱۳۹۰- حمزه‌نژاد، ۱۳۹۳- هوشیاری و پورنادری، ۱۳۹۴).

جدول ۱- مقایسه بین حالت‌های در نظر گرفته اتاق پنج‌دری، با وضعیت فعلی اتاق (ماخذ: پیرنیا، ۱۳۹۰ – حمزه‌نژاد، ۱۳۹۳).

نام رون	ویژگی‌ها
راسته	- رون بیشتر شهرهای مرکزی ایران - نزدیک به راستای قبله و مهمترین جهت برای جذب باد جنوب شرقی و شمالی
اصفهانی	- اصفهان، تخت جمشید و استخر - مایل به جذب باد غربی و شمالی
کرمانی	- کرمان، همدان، آذربایجان غربی - پایداری مقابل توفان‌های سیاه و بادهای سرد و سرمای شدید - مایل به جذب کامل باد شرق



رون اصفهانی رون راسته رون کرمانی

تصویر ۱- جهت‌گیری ساختمان- رون راسته، رون اصفهانی، رون کرمانی (ماخذ: پیرنیا، ۱۳۹۰).

۱-٤- آسایش راحتی

با توجه به زاویه تابش خورشید در اقلیم‌های مختلف، شدت نور ورودی به محیط داخلی متفاوت است. افزایش یا کاهش ورود نور روز به محیط داخلی باعث تغییراتی در عمق نفوذ و گستردگی نور می‌شود. این افزایش یا کاهش بیش از حد نور، آسایش راحتی افراد داخل محیط را مختل می‌کند (حیدری، ۱۳۹۳- Roshan et al. 2019). نورپردازی داخلی ساختمان‌ها و برقراری شرایط آسایش راحتی عاملی مهم در استفاده بهینه از انرژی خورشید است. بسیاری از پرتوهای نور خورشید از طریق پنجره‌ها وارد محیط داخلی ساختمان می‌شوند. درصورتی‌که نور روز دارای پخش یکنواخت و گستردگی مناسب در محیط باشد، آسایش راحتی افراد را به شرایط بهینه نزدیک می‌کند. تحقیقات ثابت کرده است که نور روز می‌تواند صرفه‌جویی در مصرف انرژی، بهره‌وری بالا، آسایش راحتی و حرارتی، نیازهای فیزیولوژیکی و روانی انسان را فراهم کند (قیابکلو، ۱۳۸۰ – هاشمی‌رفسنجانی و حیدری، ۱۳۹۷).

۱-۵- آسایش حرارتی

بسیاری از محققان و دانشمندان علوم مختلف از جمله معماری، شهرسازی، جغرافیا، مکانیک، انرژی و سایر علوم به مقوله آسایش حرارتی پرداخته‌اند. آسایش حرارتی شرایطی است که در آن آسایش محیط حرارتی برای انسان فراهم شود (Hensen, 1990). آسایش حرارتی در ارتباط با توازن حرارتی درنظر گرفته می‌شود. این توازن حرارتی ابتدا تحت تاثیر پارامترهای محیطی مانند درجه حرارت هوا، درجه حرارت تابشی، سرعت نسبی هوا و رطوبت قرار دارد، سپس پارامترهای انسانی مانند سن و سطح فعالیت افراد، میزان سوخت‌وساز بدن و مقاومت حرارتی لباس بر میزان آسایش حرارتی تاثیرگذار هستند. آسایش حرارتی و برقراری آن از مهم‌ترین معیارها در طراحی بنا است، و عدم توجه به آن باعث افزایش استفاده از منابع انرژی می‌شود. آسایش حرارتی در محیط داخلی عموما به عنوان نوعی شرایط ذهنی و فیزیکی تعیین می گردد، که بیان‌گر رضایتمندی افراد از محیط اطراف است، همچنین نور در کیفیات آسایش حرارتی محیط عاملی تاثیرگذار است (Cheung et al. 2019).

۱-۵-۱- شاخصه "PMV"[۱], "PPD"[۲]

از دیرباز افراد همواره سعی بر فراهم آوردن محیطی با حداکثر آسایش حرارتی بوده‌اند،

به‌گونه‌ای که مانع ورود عوامل نامطلوب به محیط مسکونی شده و عوامل مطلوب طبیعت را به فضای سکونت هدایت می‌کرده‌اند؛ بنابراین با توجه به عملکرد ساختمان (آموزشی، مسکونی و ...)، باید شرایط آسایش بر اساس PMV و PPD برقرار باشد. این دو شاخصه به‌عنوان شاخص راحتی در محیط داخلی شناخته می‌شوند. PMV برای شرایط حالت پایدار است که می‌تواند برای رسیدن به شرایط آسایش با تغییر چند متغیر حاصل شود. PPD نیز پیش‌بینی درصد نارضایتی افراد از محیط است. بر این اساس طبق استاندارد55 ASHRAE، PMV دامنه‌ای بین 3- تا 3+ دارد. این اعداد و مقادیر نمایانگر احساس گرمای حرارتی است که توسط افراد در داخل فضا حس می‌شود. جدول ۲ مفاهیم متغیر PMV را بر مبنای استاندارد اشری بیان می‌کند (ASHRAE Standard 55, 2017).

جدول ۲- مفاهیم دامنه ۳+ تا ۳- در PMV (ASHRAE Standard 55, 2017).

احساس حرارتی	بسیار گرم	گرم	تا حدی گرم	متعادل	تا حدی سرد	سرد	بسیار سرد
دامنه تغییرات آسایش حرارتی بر اساس استاندارد اشری – ۲۰۱۷	+۳	+۲	+۱	۰	-۱	-۲	-۳

شاخصه PMV از رابطه شماره (۱) تعیین می‌شود، شایان توجه است مولفه‌های این شاخصه از رابطه‌های (۲) تا (۶) محاسبه می‌شود. (نجفی و نجفی، ۱۳۹۱- ذوالفقاری، ۱۳۸۶– Matzarakis et al. 2007):

$$PMV = (0.303^{e-0.036M} + 0.028)\,[(M-W) - H - E_c - C_{rec} - E_{rec}] \quad (1)$$

$$E = 3.05*10^{-3}\,(256_{tsk} - 3373 - P_a) + E_{sw} \quad (2)$$

$$E_c = 3.05*10^{-3}\,[(5733 - 6.99 * 9M - W) - P_a] + 0.42\,(M - W - 58.15) \quad (3)$$

$$C_{rec} = 0.0014\,M\,(34 - Ta) \quad (4)$$

$$E_{rec} = 1.72*10^{-5}\,M\,(5867 - P_a) \quad (5)$$

$$H = K_{cl} = t_{sk} - t_{cl} / I_{cl} \quad (6)$$

برای محاسبه شاخصه PPD از رابطه شماره (۷) استفاده می‌شود. شاخصه PPD با توجه به آسایش حرارتی در محیط شکل می‌گیرد، و میزان پیش‌بینی درصد نارضایتی افراد از محیط (احساس نارضایتی از آسایش حرارتی در محیط)، را بیان می‌کند (ASHRAE Standard 55, 2017). این شاخصه نیز از طریق رابطه زیر محاسبه می شود. همچنین نمادهای رابطه‌های (۱) تا (۷) در انتهای مقاله معرفی شده است (نجفی و نجفی، ۱۳۹۱- ذوالفقاری، ۱۳۸۶– Matzarakis et al. 2007):

$$\mathrm{PPD} = 100 - 95e^{(-0.03353\times \mathrm{PMV}^4 - 0.2179\times \mathrm{PMV}^2)} \quad (7)$$

۲- پیشینه تحقیق

در چند سال اخیر با توجه به گسترش سطح علمی کشور، در زمینه بررسی نور روز و نورپردازی طبیعی، تحقیقاتی انجام پذیرفته است. در مطالعه‌ای توسط کاظم‌زاده و طاهباز، خانه‌ی امینیان از نظر نور روز مورد بررسی قرار گرفت. این مطالعه با هدف بررسی نحوه نورگیری و تامین روشنایی اتاق‌ها، به مقایسه جهت و موقعیت بازشوها با نورگیر سقفی (برای بدست آوردن تفاوت میزان جذب خورشیدی) و نحوه توزیع نور و گرما پرداخته است. این مقایسه با استفاده از برداشت‌های میدانی و شبیه‌سازی کامپیوتری (نرم‌افزار اکوتک)، در طول یک سال انجام شده است. یافته‌های پژوهش شامل: درصد روشنایی سطح اتاق‌ها (به صورت تصاویر سه بعدی) و شدت روشنایی طبیعی (با توجه به نیازهای بصری انسان در فعالیت‌های مختلف)، است . نتایج حاکی از آن است که، تنوع نورگیری فضا، بر میزان گرما و روشنایی بستگی دارد که این عامل تحت تاثیر چگونگی ارتباط با فضای پیرامون، موقعیت و عملکرد اتاق است (کاظم‌زاده و طاهباز، ۱۳۹۲). در مقاله‌ای توسط طاهباز و همکارانش با محوریت بررسی شرایط نورپردازی خانه عامری‌ها در کاشان، کمیت روشنایی و نحوه توزیع نور طبیعی با استفاده از اندازه‌گیری‌های میدانی و شبیه‌سازی کامپیوتری، انجام پذیرفته است. برداشت‌های میدانی در فصل-های بهار، تابستان و زمستان ۱۳۹۰، در ۱۴ فضای این مجموعه انجام و مدل‌سازی و تحلیل بر مبنای نرم‌افزار ریدینس انجام شده است. نتایج این پژوهش محل قرارگیری نورگیر را با کیفیت نور داخلی (از نظر فیزیک نور)، تعیین کرده و توانسته الهام بخش طراحان معاصر برای ارتقای عملکرد نور فضا، و طراحی نورگیر در فضاهایی با عملکرد امروزی باشد (طاهباز و همکاران، ۱۳۹۲). در پژوهشی توسط پوراحمدی، الگوهای پایدار در معماری خانه‌های سنتی شهر مهریز مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته و نور روز، وزش باد، جهت‌گیری یا رون بنا، برودت تبخیری و فضای سبز، ارزیابی شده؛ به‌طورکلی این پژوهش از جنبه‌های طراحی محیطی، طراحی فرهنگی-اجتماعی و طراحی اقتصادی بررسی شده است. نتایج این پژوهش حاکی از آن است که، بناهای سنتی مورد بررسی در شهر مهریز شرایط آسایش حرارتی را برای ساکنان فراهم می‌آورند؛ زیرا هر خانه در سایت خود، نیازهای خود را نسبت به آب و انرژی تامین می‌کند و خود را در تغییرات محیط سهیم می‌داند (پوراحمدی، ۱۳۹۲). در پژوهشی توسط سهیلی‌فرد و همکاران، خانه عباسیان کاشان تحلیل شده و سپس عملکرد معماری ایرانی در نحوه ایجاد برهم‌کنشِ میان جهت‌گیری، فرم و تقارن با خورشید بررسی گردیده است. این مطالعه توسط نرم‌افزارهای مدل‌سازی رویت و اسکچ‌آپ، و توسط نرم‌افزار اِکوتِکت، سولارتولز و وِدِرتولز آنالیز، تحلیل انرژی شده است. نتایج این تحقیق، نشان می‌دهد که سامانه حرارتی خانه ایرانی برگرفته از اصولی است که نه تنها موجب ایجاد

نظامی هماهنگ در ساختار معماری سنتی ایران شده، بلکه تعریف کننده مسیری است که بنای ایرانی هماهنگی خود را با محیط (در جهت آسایش انسانی) اثبات می‌نماید (سهیلی‌فرد و همکاران، ۱۳۹۲). در پژوهشی توسط برزگر و حیدری با هدف تامین آسایش حرارتی ورودی بناها، ورودی خانه‌های سنتی شیراز با کمک تکنیک‌های سایه‌اندازی و عمق ورودی، مورد ارزیابی قرار گرفته و نتایج حاصل از میانگین ماهیانه و سالیانه سایه مدخل ورود زمستان و تابستان، ارتفاع سایه و عمق ورودی مطلوب ماهانه مقایسه شده است؛ نتایج نشان می‌دهد که نسبت طول سایه مطلوب زمستان و تابستان برابر ۶۱/۱۱ است. از این رو آسایش حرارتی با گرمای تابش خورشید در فصل سرد و ایجاد سایه در فصل گرم فراهم می‌شود (برزگر و حیدری، ۱۳۹۶).

با توجه به بررسی پیشینه‌های پژوهش انجام شده می‌توان اظهار داشت که با اینکه در سال‌های اخیر تحقیقات زیادی در مورد خانه‌های سنتی انجام شده است، اما هنوز هم در زمینه بررسی آسایش حرارتی بر پایه نور روز نیاز به تحقیقات بیشتری وجود دارد. اهداف پژوهش حاضر شامل بررسی شرایط آسایش راحتی افراد (بر پایه پراکندگی نور روز در محیط داخلی) و آسایش حرارتی ساکنان (بر مبنای حرارت ناشی از نور روز) است و بررسی داده ها و تحلیل اطلاعات در اتاق پنج‌دری خانه سنتی انجام می‌شود.

۳- نمونه مورد مطالعه

۳-۱- شهر یزد

نوسانات دما در طول شب و روز، تابستان و زمستان بیش از حد است. این ویژگی منحصر به فرد منطقه، به طور معمول منجر به حرکت هوای مناسب به‌خصوص در بهار و تابستان می‌شود. شهرستان یزد در میان بیابان‌های حومه، سنت و معماری قدیمی خود را حفظ کرده و از برجسته-ترین ویژگی‌های شهر یزد، معماری سنتی آن است (Dehghan, 2011). اتاق‌ها در شهر یزد معمولا دارای سنگ فرش، سقف‌های بلند، دیوارهای سفید (دیوارهای پوشیده شده از نرده‌های تزئینی)، پنجره‌های عمودی کشویی و درب‌های چوبی تاشو با شیشه‌های رنگی هستند. شهر یزد در اکثر ماه‌های سال دارای درجه حرارت بالا می‌باشد که به علت درجه حرارت بالا وجود اتاق‌های زیرزمین ضروری است تا در ماه‌های گرم سال بتوان از خنگی اتاق‌های زیرزمین بهره برد و شرایط آسایش افراد را فراهم کرد. گرچه در اواسط اسفند ماه دمای متوسط روزانه کمتر از دمای سطح بدن است که اطاق‌های زیرزمین کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرند. (Soflaei et al. 2016).

ایوان، تالار یا اتاق پنج‌دری بخش اصلی خانه‌ها در شهر یزد، رو به شمال شرق واقع شده است (در اکثر شهرهای نواحی یزد بدین گونه است). جهت شمال شرق یعنی بخش تابستان‌نشین، در بیشتر اوقات روز در سایه قرار دارد. روبروی این بخش در سمت دیگر حیاط، قسمت زمستان‌نشین ساخته شده که از آفتاب مطبوع زمستان بهره می‌برد. دانش تجربی و علمی پیشینیان از خواص فیزیکی (دما، جریان هوا و رطوبت) و قوانین انتقال حرارت (هدایت، جابجایی، تابش و تشعشع)، باعث شده

است که شیوه‌های کنترل آب‌وهوا و همسازی با شرایط اقلیمی روند تکاملی خود را طی نماید و همچنین شرایط آسایش افراد فراهم گردد. با توجه به نیاز حرارت در زمستان، نیروی تابشی نور خورشید مورد توجه قرار گرفته و اتاق‌های رو به قبله، حرارت را از طریق پنجره‌های بزرگ (ارسی) دریافت کرده، کف و دیوارهای ضخیم این انرژی را در خود ذخیره می‌کنند و از طریق خاصیت هدایت و جابجایی حرارت ذخیره شده در طول شب را به فضای پیرامون منتقل می‌کنند (رازجویان، ۱۳۸۸- زینلیان و اخوت، ۱۳۹۶).

۳-۲- خانه ملک‌زاده

خانه ملک‌زاده[3] در محله فهادان، حوالی زندان اسکندر، جنب مسجد چهل محراب قرار دارد و قدمت آن به ۱۵۰ — ۱۶۰ سال می‌رسد. پس از وارد شدن به خانه و پس از عبور از یک هشتی کوچک (که سقف آن با گچ کاربندی شده) و راهرویی کم عرض، به حیاط می‌رسد. تالار خانه در سمت جنوب، بادگیر نه چندان بلندی را در خود جای داده است. در ضلع شمالی خانه یک پنج‌دری با گچ‌کاری و آیینه‌کاری در سقف و بدنه و در ضلع شرقی سه عدد سه‌دری دیده می‌شود. در طرفین پنج‌دری ضلع شمالی و نیز در طرفین تالار ضلع جنوبی، بالاخانه‌هایی وجود دارد. در سه طرف ساختمان نیز زیرزمین ساخته شده است. این خانه دارای دو حیاط می‌باشد، در ضلع جنوبی حیاط اصلی و پشت تالارخانه یک حیاط کوچک (بیرونی یا نارنجستان) قرار دارد. دیوارهای حیاط اصلی دارای نقاشی، گچ‌بری و اشعار با محتوای مذهبی است، که نشان می‌دهد مراسم مهم مذهبی نیز در این خانه انجام می‌گرفته است. تصویر ۲ فضای داخلی اتاق پنج‌دری و یک نمونه نقاشی دیوار را نشان می دهد. ارتباط حیاط اصلی با حیاط کوچک از طریق راهروهایی که در طرفین تالار ساخته شده، است. نماسازی حیاط اندرونی سیم گل و نماسازی حیاط بیرونی کاهگل است. تزئینات دیوارهای حیاط اصلی یک ویژگی خاص از خانه ملک‌زاده است، که دلیل محبوبیت خانه در زمان خودش بوده است (سازمان میراث فرهنگی استان یزد، ۱۳۹۷).

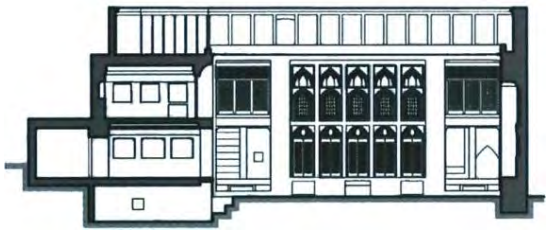
خانه ملک‌زاده متعلق به دوره قاجار و نمونه‌ای کامل از معماری آن دوره است. تصویر ۳ موقعیت قرارگیری و تصاویر ۴، ۵ و ۶ پلان و مقاطع خانه ملک‌زاده یزد را نشان می‌دهند. خانه ملک‌زاده در تاریخ ۲۸ دی ماه ۱۳۷۹ با شماره ثبت ۲۹۵۰ به‌عنوان یکی از آثار ملی ایران به ثبت رسیده است (سازمان میراث فرهنگی استان یزد، ۱۳۹۷).

تصویر ۲- نمونه‌ای از نقاشی‌های دیوار حیاط و فضای داخلی اتاق پنج‌دری (ماخذ: سازمان میراث فرهنگی استان یزد، ۱۳۹۷).

تصویر ۳- موقعیت خانه ملک‌زاده (ماخذ: سازمان میراث فرهنگی استان یزد، ۱۳۹۷).

تصویر ۴- پلان خانه ملک‌زاده (ماخذ: سازمان میراث فرهنگی استان یزد، ۱۳۹۷).

تصویر ۵- مقطع طولی خانه ملک‌زاده (ماخذ: سازمان میراث فرهنگی استان یزد، ۱۳۹۷).



تصویر ۶- مقطع عرضی خانه ملک‌زاده (ماخذ: سازمان میراث فرهنگی استان یزد، ۱۳۹۷).

٤- روش پژوهش

در پژوهش حاضر خانه ملک‌زاده مربوط به معماری دوره قاجار مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. جمع‌آوری اطلاعات در چند بخش صورت می پذیرد، قسمتی مبتنی بر مطالعات کتابخانه‌ای است که شامل مطالعه متون، استفاده از مقالات، در حوزه نور روز در بناهای سنتی و قسمتی شامل مطالعاتی که آسایش راحتی را بر اساس پراکندگی نور روز و آسایش حرارتی را بر مبنای حرارت ناشی از نور روز مورد بررسی قرار می‌دهند. در مرحله شناخت نمونه مورد بررسی نیز از روش تحقیق کیفی استفاده می‌شود که برداشت‌های میدانی صورت می‌پذیرد. مدل‌سازی از طریق نرم افزار مدلینگ راینو (Rhinoceros 5,Release 2017-5-22) و نرم‌افزار الگوریتمیک گرس‌هاپر (Grasshopper, 0.9.0076) انجام می‌شود. تحلیل اطلاعات و داده‌ها از طریق پلاگین‌های هانی‌بی ((Honeybee0.0.64 (Dec-2018) و لیدی‌باگ ((Ladybug0.0.67 (Dec-2018) صورت می پذیرد.

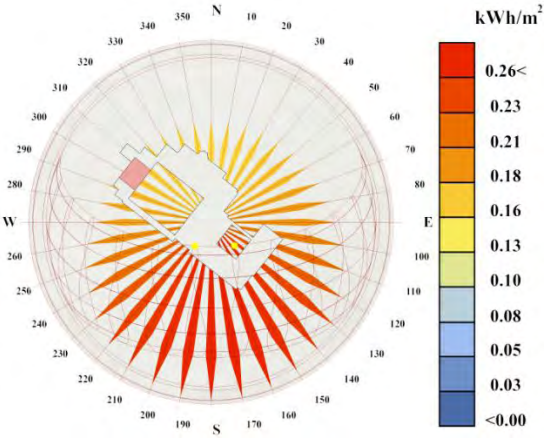
داده‌های اقلیمی از ایستگاه‌های سینوپتیک (Synoptic Station) اصلی کشور دریافت شده است که شاملِ میانگین دما، حداکثر دما، حداقل دما، میانگین رطوبت، بارش، فشار سطح دریا، سرعت باد، تابش خورشید، و... است. در این مقاله آمارهای اقلیمی شهر یزد از سال ۲۰۰۰ تا سال ۲۰۱۸ در قالب Epw file و Stat file در انجام شبیه‌سازی مورد استفاده قرار گرفته است (وب سایت جامع هوا و اقلیم شناسی ایران، ۱۳۹۸). بسیاری از محققان داده‌های اقلیمی را در قالب Epw file و Stat file به عنوان مرجع برای انجام شبیه‌سازی مورد استفاده قرار می‌دهند (Fadaee et al. 2019- فرخی و همکاران، ۱۳۹۷).

اتاق پنج‌دری در فصول مختلف سال با توجه به نوع فعالیت‌های افراد، کاربری متفاوتی دارد، پس باید نور ورودی به فضا را کنترل کند و شرایط آسایش افراد را فراهم آورد. ابتدا با توجه به اقلیم منطقه و شرایط آب‌وهوایی شهر یزد برداشت‌هایی انجام می‌گیرد، سپس تحلیل‌ها در پنج وضعیت پیشنهادی انجام می‌پذیرد و در نهایت با وضعیت فعلی اتاق پنج‌دری خانه ملک‌زاده مقایسه می‌شود.

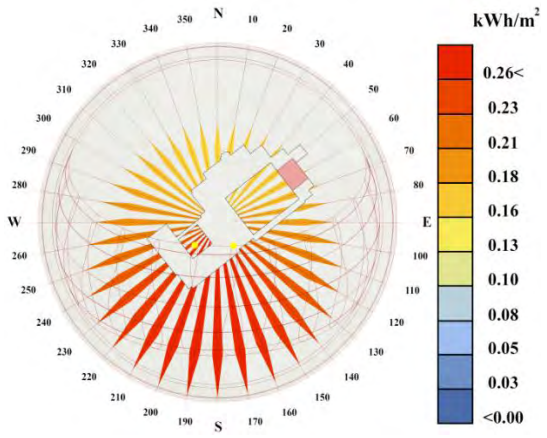
به منظور جامعیت داشتن بررسی‌ها علاوه بر جهت‌گیری فعلی خانه ملک‌زاده که به‌صورت رون راسته است، جهت‌گیری بر اساس رون کرمانی و اصفهانی نیز انجام پذیرفته است. همچنین برای تکمیل شدن وضعیت قرارگیری خانه، خانه

در راستای محور شمالی – جنوبی نیز مورد ارزیابی قرار گرفته است. این مقایسه بین رون‌ها و جهت‌ها اگر چه در این اتاق به تنهایی نمی‌تواند انتخاب بهترین رون را نشان دهد ولی می‌تواند مقایسه‌ای بین شرایط همین اتاق با رون‌های مختلف را آشکار کند. در طراحی فضاها با درنظر گرفتن پنجره یا نورگیرهای دیواری، دو پارامتر نسبت گشایش پنجره به کف بنا و نسبت گشایش پنجره به دیوار خارجی بیشتر مورد توجه قرار می‌گیرند. نسبت بهینه مساحت پنجره به مساحت دیوار خارجی با توجه به عمق و جهت‌گیری اتاق متفاوت است. توجه به بارهای سرمایشی، گرمایشی و آسایش افراد علاوه بر میزان روشنایی در محیط، از دیدگاه سامانه‌های غیرفعال خورشیدی بر اساس اقلیم و عرض‌های جغرافیایی مختلف تعیین می‌شوند. ارتفاع پنجره تاثیر زیادی در روشنایی داخلی محیط دارد. در وضعیت پنجره با مساحت ثابت؛ اگر پنجره به کف اتاق متصل باشد، میزان روشنایی در نزدیکی پنجره زیاد است و رفته رفته در عمق اتاق کم می‌شود و اگر پنجره به سقف اتاق متصل باشد، توزیع روشنایی روز به‌صورتی است که مرکز و انتهای اتاق از روشنایی بیشتری برخوردار است (قیابکلو، ۱۳۹۵). در این مطالعه نیز به منظور ارزیابی آسایش راحتی و حرارتی، افزایش و کاهش ارتفاعِ در، مورد بررسی قرار گرفته است. مقادیر افزایش و کاهش ارتفاعِ در، ۲۰ سانتیمتر درنظر گرفته شده و پنجره‌هایی که بالای درها قرار دارند نیز متناسب با تغییرات ارتفاع در، جابجا می‌شوند. پنج وضعیت مورد بررسی در تصویر ۷ ارائه شده است. ضخامت شیشه‌های اتاق ۳ میلی‌متر (مطابق با اتاق پنج‌دری خانه ملک‌زاده)، قسمت قوسی پنجره‌ها به‌صورت مستطیل و شیشه‌ها نیمه شفاف درنظر گرفته شده است.

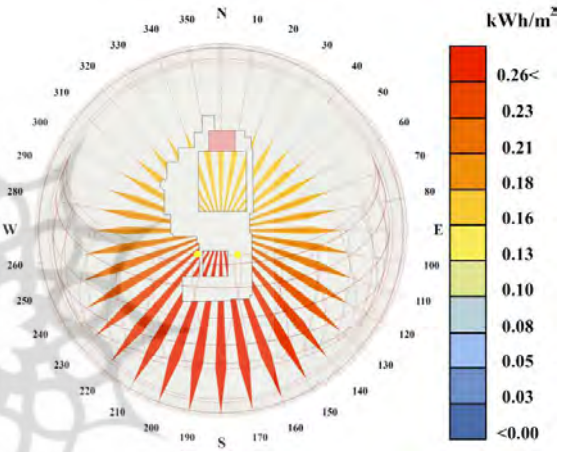
زمستان ژاکت و شلوار گرم (مانند کت و شلوار) در نظر گرفته شده است. مطابق با استاندارد اشری در تابستان سطح پوشش معادل 0.70 و در زمستان معادل 1.30 تنظیم شده است. سطح پوشش بین 0.1 تا 4 متغیر است. در آب و هوای خیلی سرد از سطح 2 تا 4 درنظر گرفته می‌شود (ASHRAE standard, 2017). بنابراین کاربران محیط داخلی از لباس های مشابه استفاده می‌کنند و وضعیت فیزیکی آن ها در حالت نشسته روی زمین است. این مقادیر با توجه به متابولیسم بدن افراد با گروه های سنی مختلف متفاوت است، در این پژوهش نقش یک خانواده در محیط مسکونی درنظر گرفته شده است. میزان توصیه شده آسایش حرارتی در استاندارد اشری برای PMV بین 0.5+ و 0.5- است، که میزان نارضایتی افراد در این وضعیت کمتر از 15% است (ASHRAE Standard 55, 2017). در پژوهش حاضر معیار سنجش PMV و PPD نیز منطبق بر زمان‌های مورد بررسی شرایط آسایش راحتی یعنی در روز اول تیر و اول دی ماه، و در سه ساعت 9:00-10:00، 12:00-13:00 و 15:00-16:00 انجام می‌پذیرد.



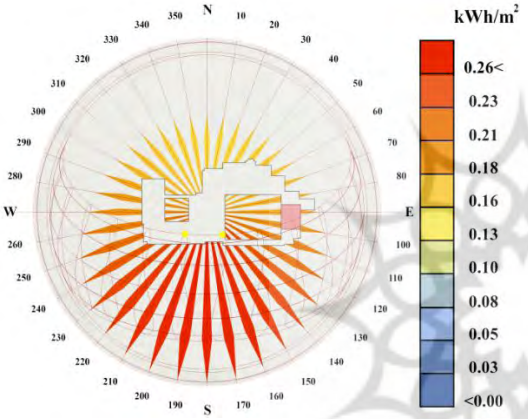
قرارگیری خانه ملک‌زاده به‌صورت رون اصفهانی



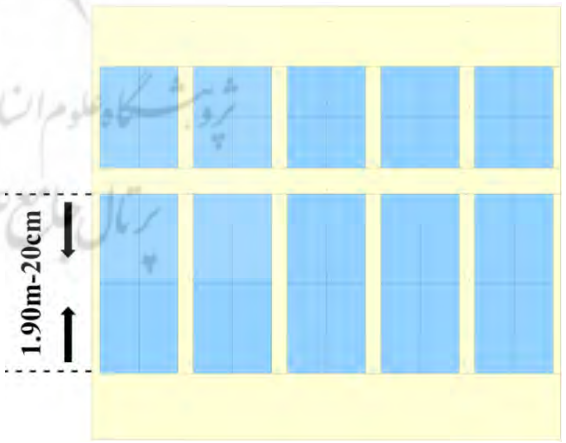
وضعیت فعلی خانه ملک‌زاده – دارای رون راسته



قرارگیری خانه ملک‌زاده در راستای محور شمالی–جنوبی



قرارگیری خانه ملک‌زاده به‌صورت رون کرمانی



کاهش ارتفاع ۲۰ سانتی‌متری درب اتاق پنج‌دری

افزایش ارتفاع ۲۰ سانتی‌متری درب اتاق پنج‌دری

تصویر ۷- وضعیت فعلی و وضعیت‌های پیشنهادی اتاق پنج‌دری خانه ملک‌زاده – شهر یزد (ماخذ: نگارندگان).

در نظر گرفته شده است. مطابق با استاندارد اشری در تابستان سطح پوشش معادل 0.70 و در زمستان معادل 1.30 تنظیم شده است. سطح پوشش بین 0.1 تا 4 متغیر است. در آب و هوای خیلی سرد از سطح 2 تا 4 درنظر گرفته می‌شود (ASHRAE standard, 2017). بنابراین کاربران محیط داخلی از لباس های مشابه استفاده می‌کنند و وضعیت فیزیکی آن ها در حالت نشسته روی زمین است. این مقادیر با توجه به متابولیسم بدن افراد با گروه های سنی مختلف متفاوت است، در این پژوهش نقش یک خانواده در محیط مسکونی درنظر گرفته شده است. میزان توصیه شده آسایش حرارتی در استاندارد اشری برای PMV بین 0.5+ و 0.5- است، که میزان نارضایتی افراد در این وضعیت کمتر از 15% است (ASHRAE Standard 55, 2017). در پژوهش حاضر معیار سنجش PMV و PPD نیز منطبق بر زمان‌های مورد بررسی شرایط آسایش راحتی یعنی در روز اول تیر و اول دی ماه، و در سه ساعت 9:00-10:00، 12:00-13:00 و 15:00-16:00 انجام می‌پذیرد.

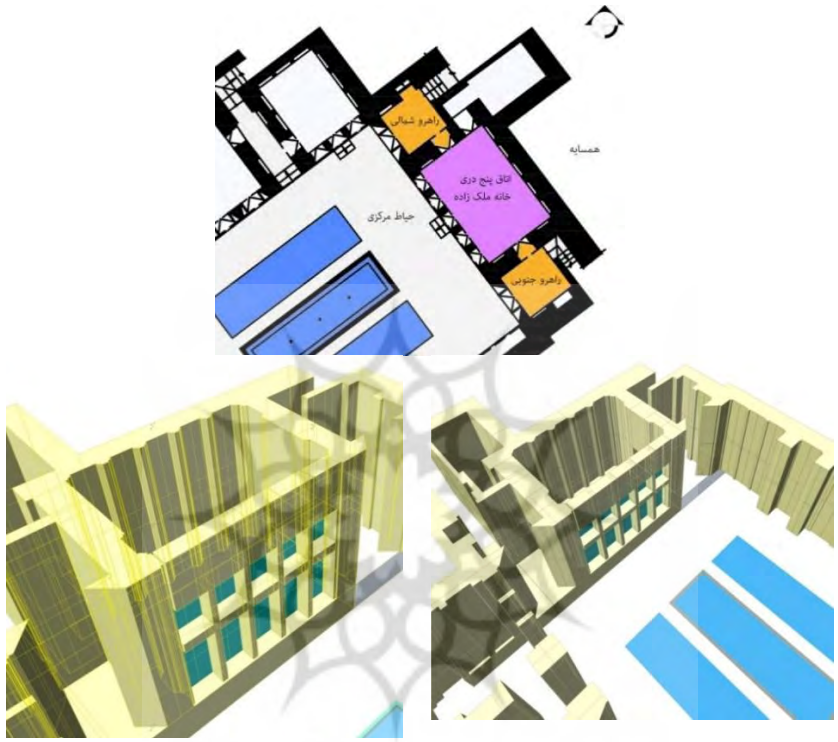
٤-١- مدل‌سازی خانه ملک‌زاده و بررسی اتاق پنج‌دری

یکی از عناصر سنتی معماری ایرانی اتاق پنج‌دری است. پنج‌دری به‌عنوان اتاق مهمانی بوده که در خانه‌های کوچکتر (با نظام خرده پیمون)، عملکرد اتاق نشیمن را داشته است (پیرنیا، ۱۳۹۰). در خانه ملک‌زاده نیز بزرگ‌ترین اتاق، اتاق پج‌دری است. این اتاق دارای مساحت نورگیر قابل توجهی است که در طول روز نور را به محیط داخلی انتقال در دو بخش کلی، بررسی آسایش راحتی افراد و آسایش حرارتی افراد در اتاق پنج‌دری انجام می‌پذیرد. در بخش پراکندگی نور روز، مطابق با استاندارد اشری ۵۵ ^{4}(DA) روشنایی مفید نور روز (درک عمیق‌تر و واقعی‌تر از قابلیت نور روز)، در محیط داخلی را ارائه می‌دهد. DA تعریف جامع-تری از پراکندگی نور روز را نمایش می‌دهد. میزان استاندارد و بهینه DA که شرایط آسایش راحتی و راحتی در محیط مسکونی را فراهم می‌آورد، برابر 300lux و در نمودار معادل 50% است. آنالیزها در دو روز بلندترین و کوتاه‌ترین روز سال یعنی 21June و 21Dec معادل با روز اول تیر و اول دی ماه، بین ساعات 09:00-10:00، 12:00-13:00 و 15:00-16:00 صورت می پذیرد. سطح پراکندگی نور روز در فاصله 40cm از سطح زمین (فاصله استاندارد یک فرد در حالت نشسته بر روی زمین)، در نظر گرفته شده است (ASHRAE Standard 55, 2017).

راحتی حرارتی یکی از مهمترین عوامل مؤثر در بهبود کیفیت محیط داخلی کاربران آن است. همانطور که اشاره شد، از معیار ASHARE 55 نیز برای به دست آوردن شرایط حرارتی مطلوب در فضای داخلی استفاده می‌شود. دو شاخص شناخته شده PMV و PPD به عنوان بررسی آسایش حرارتی مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. PMV میانگین پیش‌بینی آسایش گرمایی افراد و PPD درصد نارضایتی افراد است. در این مقاله به منظور بررسی شرایط آسایش راحتی و حرارتی افراد، پوشش افراد در تابستان تیشرت و شلوار و در زمستان ژاکت و شلوار گرم (مانند کت و شلوار)

مجاورت‌های اتاق پنج‌دری در خانه ملک‌زاده را نشان می‌دهد. جهت بررسی پراکندگی نور در فضا و کیفیت‌های فضایی خانه‌ی ملک‌زاده، جدول ۳ مشخصات اتاق پنج‌دری خانه ملک‌زاده را بیان می‌کند.

می‌دهد. در پژوهش حاضر بررسی پراکندگی نور روز در اتاق پنج‌دری انجام می‌پذیرد. در دو طرف این پنج‌دری دو راهرو قرار دارد، ضلع بزرگ اتاق از یک طرف مشرف به حیاط مرکزی و از طرف دیگر دارای همسایه است. تصویر ۸ مدل‌سازی و



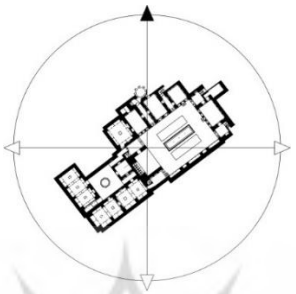
تصویر ۸- مدل‌سازی و بررسی همجواری‌های اتاق پنج‌دری خانه ملک‌زاده (ماخذ: نگارندگان).

جدول ۳- مشخصات اتاق پنج‌دری خانه ملک‌زاده یزد (ماخذ: سازمان میراث فرهنگی استان یزد، ۱۳۹۷).

ارتفاع اتاق	۴/۴ متر	ضخامت دیوار	۰/۷۰ متر
ارتفاع درب	۱/۹۰ متر	طول اتاق با درنظر گرفتن ضخامت دیوار	۶/۱۰ متر
ارتفاع فضای بین درب و پنجره	۰/۳۰ متر	عرض اتاق با درنظر گرفتن ضخامت دیوار	۴/۳۰ متر
عرض تابش‌بند	۰/۷۰ متر	مساحت جدار خارجی مورد بررسی	۲۶/۸۴ مترمربع
ارتفاع پنجره	۱/۰۵ متر	مساحت بازشو جدار خارجی مورد بررسی	۱۰/۳۲۵ مترمربع
عرض درب و پنجره	۰/۷۰ متر		

در منطقه کمربند خورشید، استان یزد مکانی ایده آل برای بهره‌مندی از مزایای انرژی خورشید و همچنین فن‌آوری‌های مرتبط با آن است. این پژوهش بر آن است تا با ارائه نمودارها چگونگی استفاده از فضای پنج دری با توجه به نور روز را مورد بحث قرار دهد، همچنین نقش کیفی و کمی عملکرد نور را در خانه‌ی ملک‌زاده مورد ارزیابی قرار دهد.

خانه ملک‌زاده شهر یزد دارای رون راسته، یعنی جهت خانه شمال شرقی – جنوب غربی است. تصویر ۹ جهت‌گیری خانه ملک‌زاده شهر یزد را نشان می‌دهد.



تصویر ۹- جهت قرارگیری خانه ملک‌زاده یزد – رون خانه (ماخذ: نگارندگان).

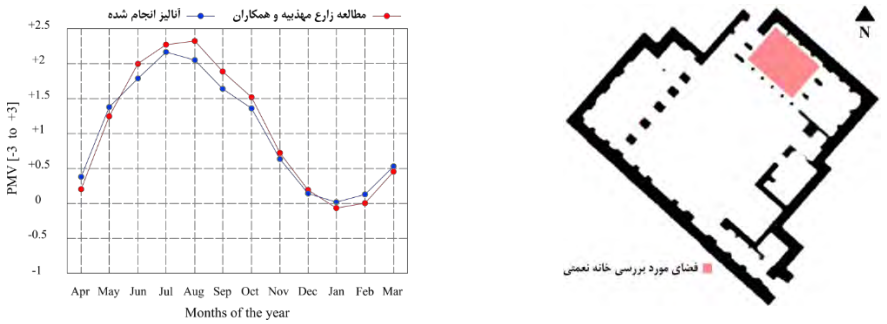
٤-۲- مقایسه نتایج با پژوهش مشابه (اعتبار سنجی پژوهش)

به منظور اعتبار سنجی مطالعه حاضر و برای تأیید روش مدل‌سازی و شبیه‌سازی، نتایج حاصل از کار حاضر با مطالعه زارع‌مذهبیه و همکارانش که مطالعه‌ای مشابه را در خانه نعمتی درشهر شیراز انجام داده‌اند، مقایسه می شود (زارع‌مهذبیه و همکاران، ۱۳۹۵). شایان ذکر است که برای تایید نتایج، کلیه شرایط و مشخصات خانه نعمتی در نظر گرفته شده است. معیار آسایش حرارتی PMV به‌صورت ماهانه با شرایط آب‌وهوایی شهر شیراز مدل‌سازی شده است. با توجه به شکل ۱۰، نتایج این بررسی با نتایجی که در مطالعه زارع مذهبیه و همکاران ارائه شده است، مورد مقایسه قرار می‌گیرد. بر اساس این نتایج میانگین و حداکثر مقادیر انحراف نسبی بین نتایج به ترتیب 11.9% و 7.46% است. این تجزیه و تحلیل نشان می‌دهد که نتایج این مطالعه از دقت لازم برخوردار است.

٥- یافته‌های پژوهش

٥-۱- بررسی میزان آسایش راحتی افراد بر مبنای پراکندگی نور روز در اتاق پنج‌دری

در معماری ایرانی نور دارای مفاهیم و بار نمادین است. همچنین در طول تاریخ اهمیت کاربردی نور طبیعی برای سلامت روح و جسم تداوم یافته است. این تداوم حضور نور در خانه‌ها و ابنیه‌های تاریخی به‌صورت بازشوها و پنجره‌ها، نمایان شده است، که نور روز را به داخل هدایت می‌کنند. یکی از مهم‌ترین خصیصه‌های نور طبیعی، توالی و دگرگونی آن در طول روز است که باعث پویایی فضا در زمان‌های مختلف روز می‌شود.



تصویر ۱۰- شکل سمت راست: مطالعه موردی زارع مذهبیه و همکاران- شکل سمت چپ: مقایسه نتایج آنالیز انجام شده با مطالعه زارع مذهبیه و همکاران (زارع مذهبیه و همکاران، ۱۳۹۵).

۵- یافته‌های پژوهش

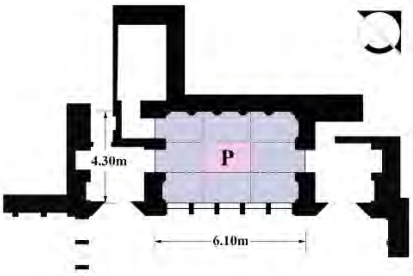
۵-۱- بررسی میزان آسایش راحتی افراد بر مبنای پراکندگی نور روز در اتاق پنج‌دری

در معماری ایرانی نور دارای مفاهیم و بار نمادین است. همچنین در طول تاریخ اهمیت کاربردی نور طبیعی برای سلامت روح و جسم تداوم یافته است. این تداوم حضور نور در خانه‌ها و ابنیه‌های تاریخی به‌صورت بازشوها و پنجره‌ها، نمایان شده است، که نور روز را به داخل هدایت می‌کنند. یکی از مهم‌ترین خصیصه‌های نور طبیعی، توالی و دگرگونی آن در طول روز است که باعث پویایی فضا در زمان‌های مختلف روز می‌شود.

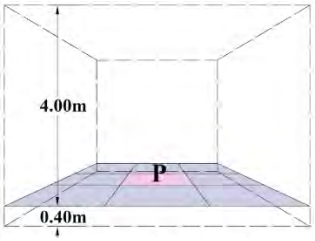
در این قسمت از پژوهش به منظور بررسی میزان پراکندگی نور در اتاق پنج‌دری، میزان DA (Daylight Autonomy) یا همان نور مفید روز، مورد سنجش قرار گرفته است. پراکندگی نور در وضعیت فعلی و با درنظر گرفتن پنج وضعیت پیشنهادی، قرارگیری بنا به‌صورت رون اصفهانی، رون کرمانی و راستای محور شمالی–جنوبی، افزایش ۲۰ سانتی‌متری ارتفاع درب و کاهش ۲۰ سانتی‌متری ارتفاع درب، در اتاق پنج‌دری برداشت شده است.

DA به‌عنوان یک روش برای ارزیابی عملکرد نور در فضای داخلی به‌کار گرفته می‌شود. برای ارزیابی میزان DA با تقسیم بندی فضای اتاق به ۹ قسمت مساوی، فضای مورد بررسی بخش میانی اتاق پنج‌دری درنظر گرفته شده است (Lim et al. 2012- Lim & Heng, 2016). بر اساس استاندارد اشری در اتاق نشیمن میزان 300 lux نور نیاز است که میزان DA برابر 50% فضایی معادل 300 lux نور را فراهم می‌کند (ASHRAE Standard 55, 2017). به دلیل اینکه در ادوار گذشته فعالیت ساکنان در حالت نشسته صورت می پذیرفته است، میانگین بررسی پراکندگی نور 40cm از کف اتاق پنج دری درنظر گرفته شده است. مطابق با تصویر ۱۱ در فضای تعیین شده ارزیابی نور روز انجام می‌پذیرد. تحلیل‌ها در دو روز اول تیر (21 June) و اول دی (21 December) و در ساعات 9:00–10:00، 12:00–13:00 و 15:00–16:00 ارائه شده است. جداول ۴ تا ۹ میزان پراکندگی نور را در وضعیت فعلی و چهار وضعیت پیشنهادی

نشان می‌دهد. میزان شدت و حجم نور بر حسب [%] در هر کدام از نمودارها آورده شده است.



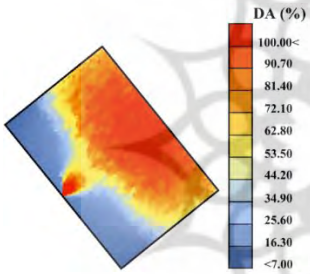
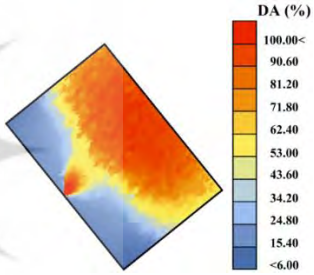
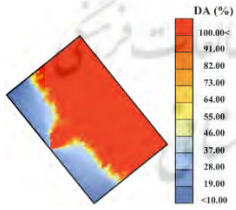
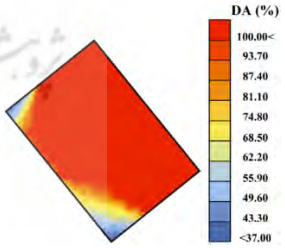
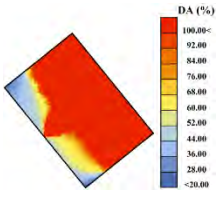
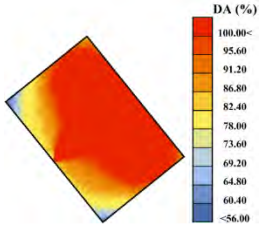
محدوده مورد بررسی P در پلان اتاق پنج‌دری



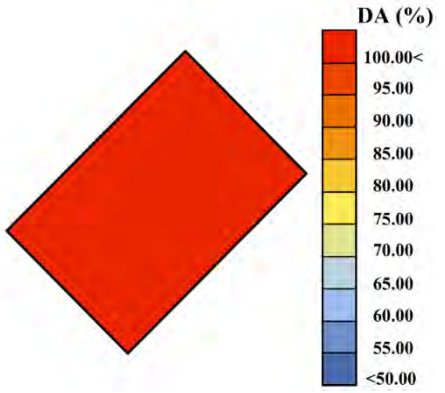
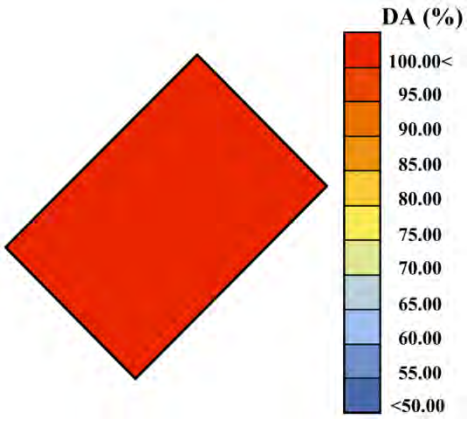
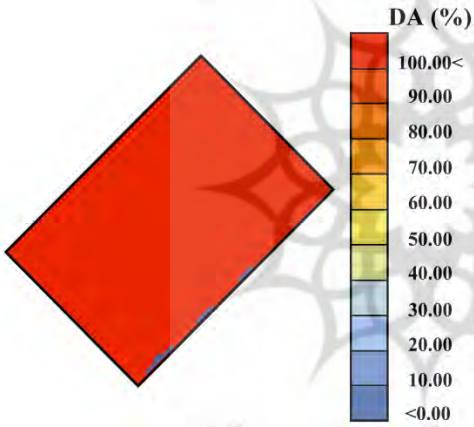
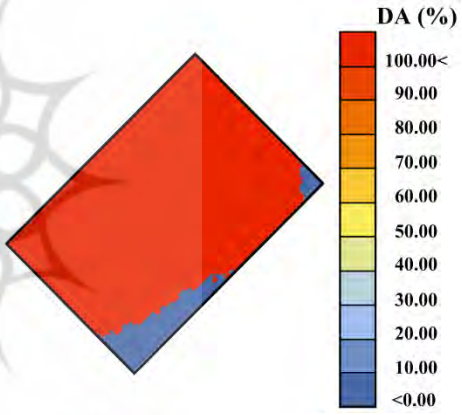
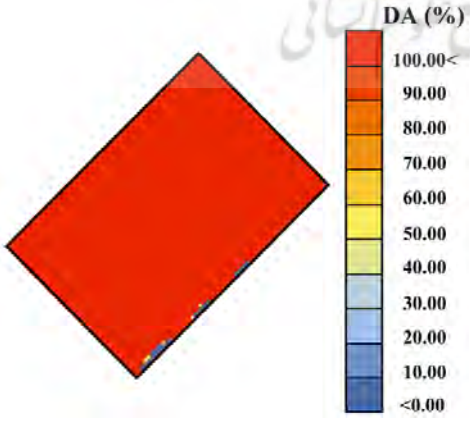
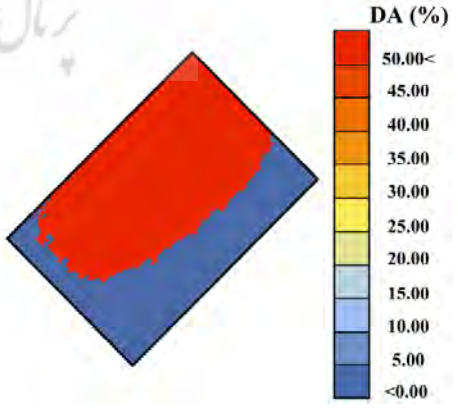
محدوده مورد بررسی P در مقطع اتاق پنج‌دری

تصویر ۱۱- محدوده مورد بررسی پراکندگی نور در اتاق پنج‌دری (ماخذ: نگارندگان).

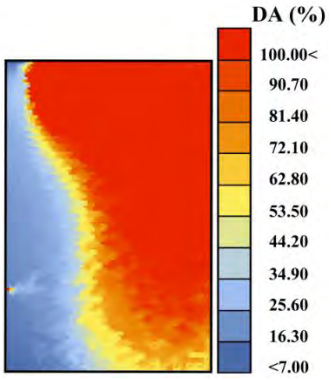
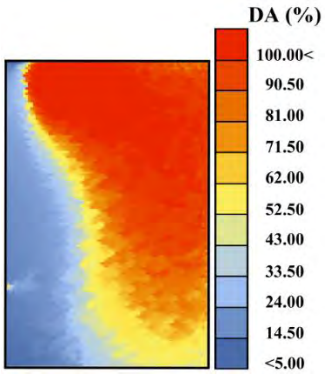
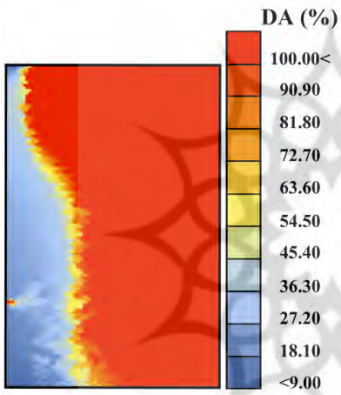
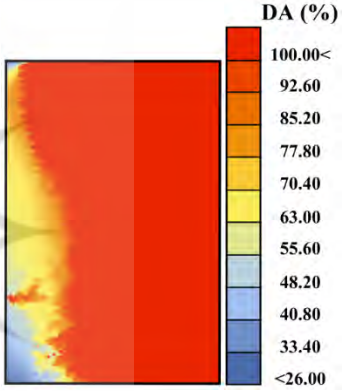
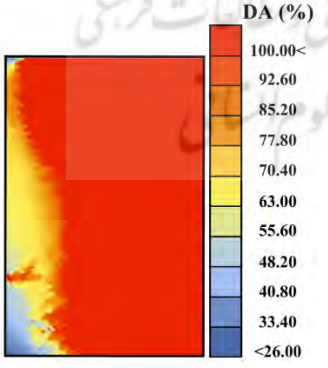
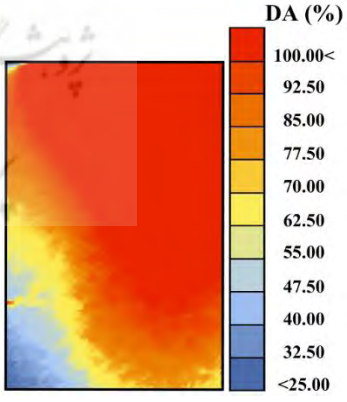
جدول ۴- بررسی میزان DA در وضعیت فعلی، قرارگیری خانه به‌صورت رون راسته –[%] (ماخذ: نگارندگان).

Time	21 June	21 December
09:00-10:00		
12:00-13:00		
15:00-16:00		

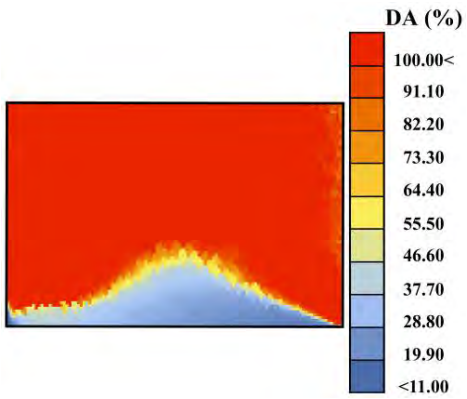
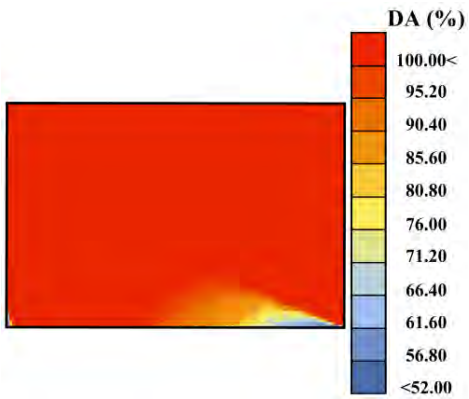
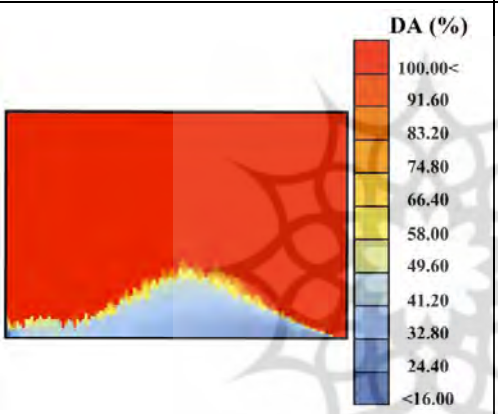
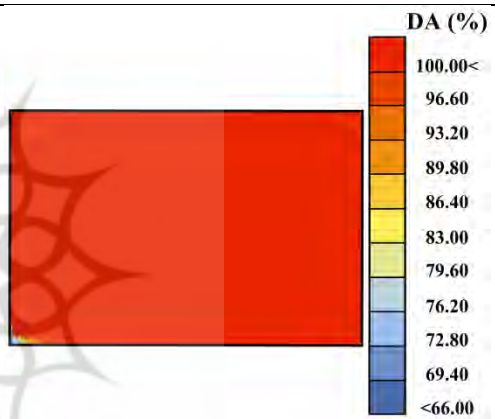
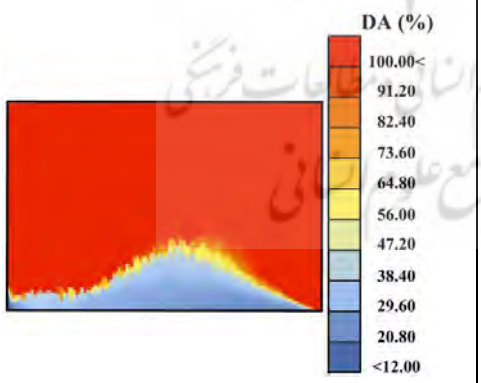
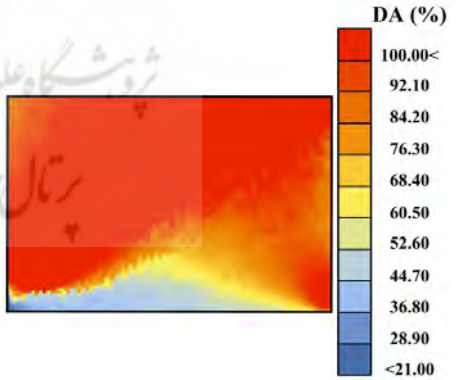
جدول ۵- بررسی میزان DA در قرارگیری خانه به‌صورت رون اصفهانی –[%] (ماخذ: نگارندگان).

Time	21 June	21 December
09:00-10:00		
12:00-13:00		
15:00-16:00		

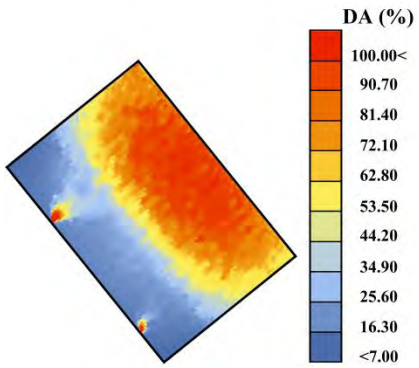
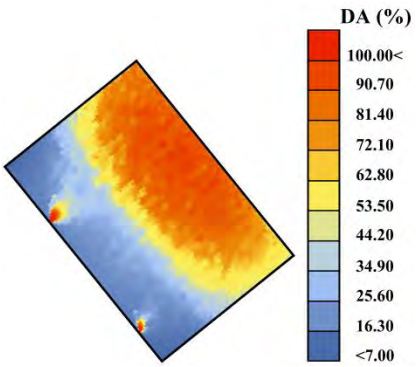
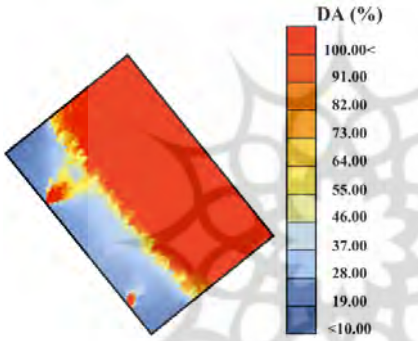
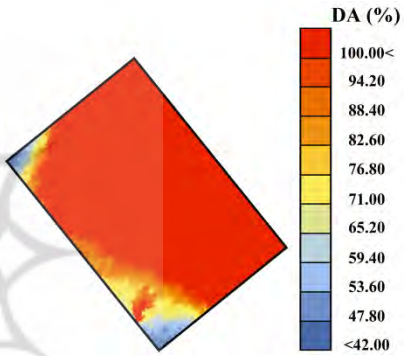
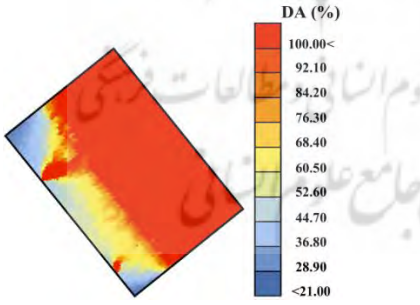
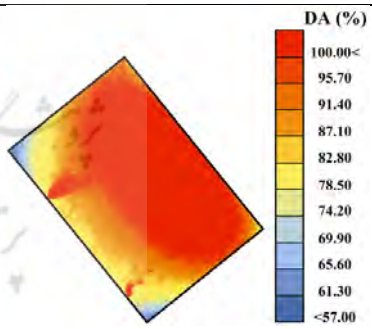
جدول ۶- بررسی میزان DA در وضعیت قرارگیری خانه به‌صورت رون کرمانی –[%] (ماخذ: نگارندگان).

Time	21 June	21 December
09:00-10:00		
12:00-13:00		
15:00-16:00		

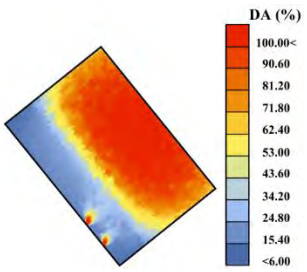
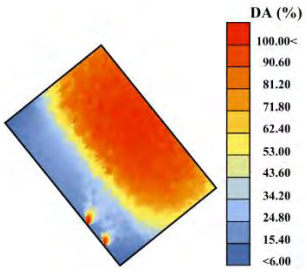
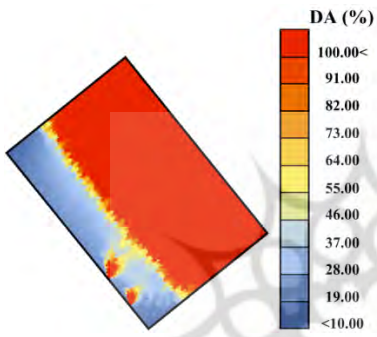
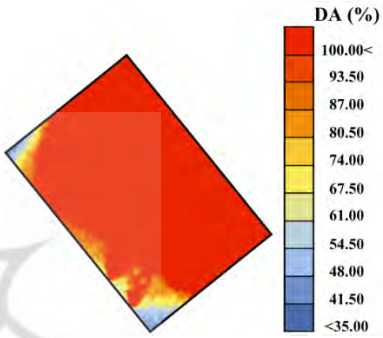
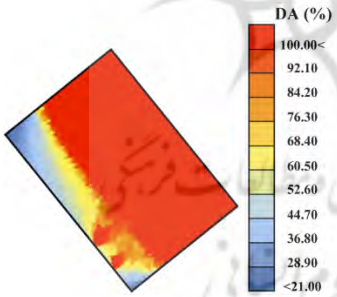
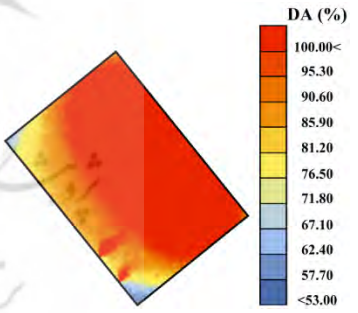
جدول ۷- بررسی میزان DA در وضعیت قرارگیری خانه در راستای محور شمالی-جنوبی –[%] (ماخذ: نگارندگان).

Time	21 June	21 December
09:00-10:00		
12:00-13:00		
15:00-16:00		

جدول ۸- بررسی میزان DA در وضعیت افزایش ۲۰ سانتی‌متری ارتفاع درب –[%] (ماخذ: نگارندگان).

Time	21 June	21 December
09:00-10:00		
12:00-13:00		
15:00-16:00		

جدول ۹- بررسی میزان DA در وضعیت کاهش ۲۰ سانتی‌متری ارتفاع درب –[%] (ماخذ: نگارندگان).

Time	21 June	21 December
09:00-10:00		
12:00-13:00		
15:00-16:00		

با توجه به جداول ۴ تا ۹ در فضای مورد بررسی P؛ تحلیل وضعیت فعلی اتاق پنج‌دری – قرارگیری خانه ملک‌زاده به‌صورت رون راسته

با توجه به جدول ۴، در وضعیت فعلی اتاق پنج دری و قرارگیری خانه به‌صورت رون راسته بین ساعات 9:00–10:00 در دو روز مورد بررسی، پراکندگی نور در محیط تقریبا بین – 53.50% 81.40% است. با توجه به استاندارد DA برابر 50% فضای مورد بررسی P معادل 300lux نور دریافت می‌کند، که شرایط آسایش راحتی در محیط ایده‌آل است. بین ساعات 12:00-13:00 و 15:00-16:00 در ماه June نسبت به ماه Dec، اتاق

پنج دری شدت نور کمتری را دریافت می‌کند. این امر نشان می‌دهد که در وضعیت فعلی اتاق پنج‌دری، در تابستان نور و حرارت کمتر و در زمستان نور و حرارت بیشتری به محیط وارد می‌شود، که متناسب با نیاز افراد نور در محیط پراکنده شده است.

تحلیل اتاق پنج‌دری در وضعیت قرارگیری خانه ملک‌زاده به‌صورت رون اصفهانی

با توجه به جدول ۵، اتاق پنج‌دری بین ساعات 09:00-10:00 و 12:00-13:00 حداکثر شدت تابش نور را دریافت می‌کند، ازاین‌رو می‌توان گفت که اتاق پنج‌دری بین این ساعات شرایط آسایش راحتی افراد را فراهم نمی‌کند. بین ساعات 15:00-16:00 در اول تیرماه نیز اتاق نور زیادی را دریافت می‌کند، اما در روز اول دی ماه در محدوده مورد بررسی P شرایط آسایش راحتی افراد فراهم می‌شود زیرا DA برابر با 50% است که محیط به میزان 300lux نور دریافت می‌کند و در منطقه آسایش قرار می‌گیرد.

تحلیل اتاق پنج‌دری در وضعیت قرارگیری خانه ملک‌زاده به‌صورت رون کرمانی

با توجه به جدول ۶، در محدوده مورد بررسی P بین ساعات 12:00-13:00 و 15:00-16:00 در دو روز مورد بررسی، با توجه به شدت و پراکندگی نور ورودی به فضا شرایط آسایش راحتی افراد فراهم نمی‌گردد. زیرا DA بالاتر از 50% است که در این صورت محیط بیشتر از 300lux نور دریافت می‌کند. بین ساعات 09:00-10:00 در دو روز مورد بررسی بخش کمی از محدوده P در شرایط آسایش قرار دارد که این میزان در روز 21Dec بیشتر از 21June است.

تحلیل اتاق پنج‌دری در وضعیت قرارگیری خانه ملک‌زاده در راستای محور شمالی – جنوبی

با توجه به جدول ۷، در روز 21 June در سه زمان مورد بررسی رفتار نور در محیط تقریبا مشابه است و در فضای مورد بررسی P میانگین نور ورودی به فضا دارای شدت زیادی است که با شرایط بهینه فاصله زیادی دارد. در روز 21 Dec بین ساعات 9:00-10:00 و 12:00-13:00 تمامی محدوده مورد ارزیابی P دارای شدت نور زیاد و فاقد پراکندگی مناسب نور است، در حالیکه در 21 Dec بین ساعات 15:00-16:00 به طور تقریبی محدوده مورد ارزیابی P دارای شرایط نزدیک به بهینه است، اما در 21 June شرایط بهینه ایجاد نمی‌گردد.

تحلیل اتاق پنج‌دری در وضعیت افزایش و کاهش ۲۰ سانتی‌متر ارتفاع درب

با توجه به اینکه در این بخش از تحلیل، خانه دارای رون راسته است، پس نتایج شبیه‌سازی‌ها تقریبا با وضعیت فعلی اتاق مشابه هستند. با توجه به جداول ۸ و ۹ بین ساعات 09:00-10;00 شرایط آسایش راحتی افراد نزدیک به شرایط بهینه است، زیرا ارتفاع در به میزان ۲۰ سانتی‌متر افزایش و کاهش یافته است. همچنین بین ساعات 12:00-13:00 و 15:00-16:00 در ماه June نسبت به ماه Dec اتاق پنج‌دری نور کمتری را دریافت می‌کند که پراکندگی نور متناسب با فصل تابستان و زمستان دارای کمترین و بیشترین مقدار است.

۵-۲- بررسی شاخصه آسایش حرارتی PMV & PPD متاثر از حرارت ناشی از تابش نور روز در اتاق پنج‌دری

آسایش حرارتی یکی از مهمترین عوامل مؤثر بر افزایش کیفیت محیط داخلی است. کاربران داخلی همیشه در تلاش هستند محیطی را پیدا کنند که راحتی حرارتی را برای آنها فراهم آورد. با در نظر داشتن معیار برقراری آسایش حرارتی بهینه -0.5<PMV<+0.5، درصد نارضایتی افراد از محیط نیز کاهش پیدا می‌کند، به عبارتی هر چه PMV به صفر نزدیک شود PPD نیز کاهش پیدا می‌کند. (ASHRAE standard, 2017).

در این بخش از پژوهش به منظور سنجش میزان آسایش حرارتی و درصد نارضایتی افراد از محیط دو معیار آسایش حرارتی PMV و PPD مورد بررسی قرار می‌گیرند. مقادیر PMV و PPD با توجه به حرارت ناشی از نور خورشید، منطبق بر زمان‌های مورد بررسی در سنجش راحتی افراد (که در بخش قبلی ارائه گردید) در روز اول تیر و اول دی ماه و سه ساعت 9:00-10:00، 12:00-13:00 و 15:00-16:00 انجام پذیرفت.

در جداول شماره ۱۰ و ۱۱ شرایط آسایش حرارتی در وضعیت فعلی و پنج وضعیت پیشنهادی اتاق پنج‌دری آورده شده است. همانطور که در بخش قبلی مقاله اشاره شد، کاهش ارتفاع در، میزان ورود نور روز به محیط را کاهش می‌دهد و در نتیجه حرارت ناشی از نور در محیط کمتر می‌شود، اما افزایش ارتفاع در، ورود نور به محیط داخلی را افزایش می‌دهد که این امر نیز با افزایش حرارت ناشی از نور همراه است. با توجه به جداول ۱۰ و ۱۱ در روز اول تیر ماه، PMV "وضعیت کاهش ارتفاع در" و "وضعیت رون راسته" به یکدیگر نزدیک هستند، که PPD نیز دارای کمترین مقدار است. همچنین PMV در سایر وضعیت‌های مورد بررسی، خارج از محدوده آسایش می‌باشد که درصد نارضایتی افراد در محیط نیز افزایش می‌یابد. به دلیل اقلیم یزد و آب و هوای گرم این شهر در طول روز، در روز اول دی و اول تیر ماه در تمام وضعیت‌های مورد بررسی PMV در محدوده ایده‌آل و نزدیک به ایده‌آل می‌باشد.

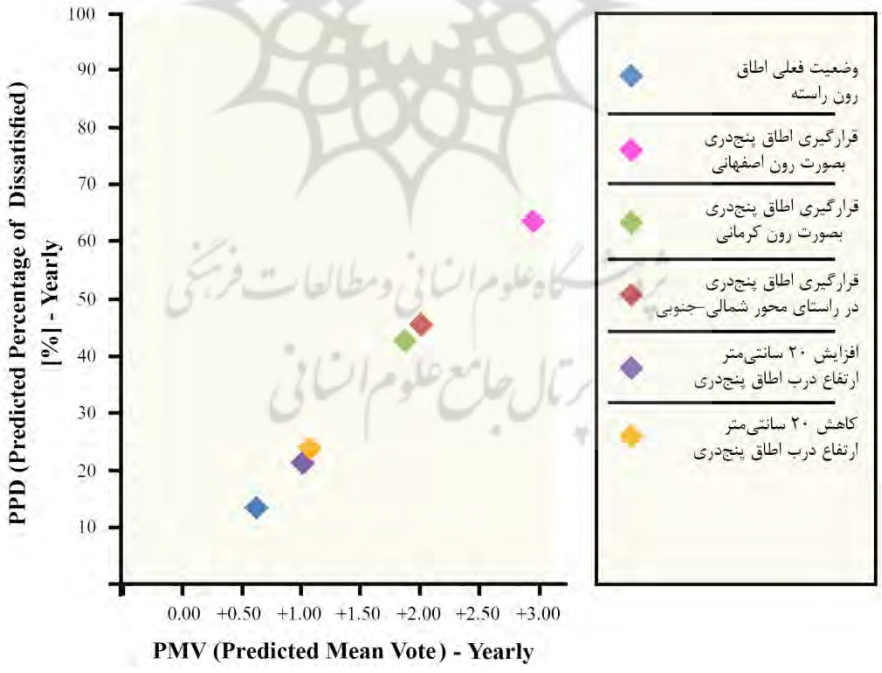
جدول ۱۰- بررسی شرایط آسایش حرارتی - با توجه به موقعیت‌های مورد ارزیابی خانه‌ی ملک‌زاده – ۱ تیر (ماخذ: نگارندگان).

وضعیت قرارگیری اتاق پنج‌دری خانه‌ی ملک‌زاده	PMV [-3 to +3]			PPD [%]		
	9:00-10:00	12:00-13:00	15:00-16:00	9:00-10:00	12:00-13:00	15:00-16:00
وضعیت فعلی – قرارگیری اتاق پنج‌دری به‌صورت رون راسته	+0.28	+0.45	+0.96	5.93	9.47	21.38
قرارگیری اتاق پنج‌دری به‌صورت رون اصفهانی	+1.33	+1.27	+1.25	42.03	38.96	38.21
قرارگیری اتاق پنج‌دری به‌صورت رون کرمانی	+1.02	+1.56	+1.77	26.99	43.18	62.66
قرارگیری اتاق پنج‌دری در راستای محور شمالی - جنوبی	+0.99	+1.25	+1.20	25.71	37.82	35.73
افزایش ۲۰ سانتی‌متر ارتفاع درب اتاق پنج‌دری	+1.02	+1.40	+1.61	27.10	40.75	57.008
کاهش ۲۰ سانتی‌متر ارتفاع درب اتاق پنج‌دری	+0.27	+0.45	+0.93	5.85	9.45	21.25

جدول ۱۱- بررسی شرایط آسایش حرارتی - با توجه به موقعیت‌های مورد ارزیابی خانه‌ی ملک‌زاده - ۱ دی (ماخذ: نگارندگان).

وضعیت قرارگیری اتاق پنج‌دری خانه‌ی ملک‌زاده	PMV [-3 to +3]			PPD [%]		
	9:00-10:00	12:00-13:00	15:00-16:00	9:00-10:00	12:00-13:00	15:00-16:00
وضعیت فعلی – قرارگیری اتاق پنج‌دری به‌صورت رون راسته	-0.80	+0.42	+0.40	18.74	8.74	8.45
قرارگیری اتاق پنج‌دری به‌صورت رون اصفهانی	+0.16	+0.38	+0.03	5.53	8.07	5.02
قرارگیری اتاق پنج‌دری به‌صورت رون کرمانی	-1.008	-0.208	+1.14	26.47	5.90	5.41
قرارگیری اتاق پنج‌دری در راستای محور شمالی - جنوبی	+0.08	+0.66	+0.38	5.15	14.30	8.03
افزایش ۲۰ سانتی‌متر ارتفاع درب اتاق پنج‌دری	-0.78	+0.46	+0.43	18.03	9.53	8.88
کاهش ۲۰ سانتی‌متر ارتفاع درب اتاق پنج‌دری	-0.85	+0.33	+0.36	20.34	7.30	7.75

همچنین نتایج حاصل از بررسی PMV و PPD در طول سال نیز در تصویر ۱۲ ارائه شده است. با توجه به تصویر ۱۲ در وضعیت‌های مورد بررسی وضعیت فعلی با 0.58+ در طول سال بهینه‌ترین شرایط را ایجاد می‌کند. همچنین معیار PPD که درصد نارضایتی افراد از محیط را نشان می‌دهد، وضعیت فعلی با 14.38% دارای کمترین درصد نارضایتی است. وضعیت فعلی اتاق پنج‌دری بین پنج فضای پیشنهادی بالاترین شرایط رضایت افراد از محیط را در طول سال به‌همراه دارد.



تصویر ۱۲- تغییرات PMV و PPD در وضعیت‌های مورد بررسی (ماخذ: نگارندگان).

٦- نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر با هدف بررسی آسایش حرارتی بر مبنای حضور نور روز در محیط مسکونی، خانه ملک‌زاده شهر یزد را مورد بررسی قرار داده است. خانه ملک‌زاده دارای رون راسته و متعلق به دوره قاجار است. اتاق پنج‌دری در فصول مختلف سال کاربردهای متفاوتی برای ساکنان داشته است، به همین دلیل رفتار نور روز در اتاق پنج‌دری مورد ارزیابی قرار گرفته است. بررسی‌ها در دو قالب کلی آسایس راحتی (بر مبنای پراکندگی نور روز) و آسایش حرارتی (سنجش دو معیار آسایش PMV و PPD بر مبنای حرارت ناشی از نور روز) انجام پذیرفته است. برای رسیدن به اهداف پژوهش ابتدا رفتار نور در وضعیت فعلی اتاق (قرارگیری خانه به‌صورت رون راسته) انجام گرفته و سپس با درنظر داشتن پنج وضعیت پیشنهادی، قرارگیری خانه به‌صورت رون اصفهانی، رون کرمانی و راستای محور شمالی–جنوبی، افزایش و کاهش ۲۰سانتی‌متری ارتفاع درب اتاق پنج‌دری آنالیزها انجام شده است. برای رسیدن به شرایط راحتی و حرارتی، پراکندگی نور در دو روز 21June و 21dec بین ساعات 09:00-10:00، 12:00-13:00 و 15:00-16:00 برداشت شده، همچنین در قسمت دوم بررسی‌ها بررسی آسایش حرارتی به‌صورت سالانه نیز انجام شده است. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که:

- رفتار نور ورودی در اتاق پنج‌دری در وضعیت فعلی (دارای رون راسته) نسبت به سایر وضعیت‌های پیشنهادی مورد بررسی، مطابق با استاندارد دارای 300lux، و DA برابر 50% است.
- اتاق پنج‌دری دارای رون راسته (وضعیت فعلی) شرایط آسایش حرارتی ایده‌آل را در روز اول تیر ماه در ساعات 9:00-10:00 و 12:00-13:00 و در روز اول دی ماه در ساعات 12:00-13:00 و 15:00-16:00 دارد که مقدار PPD نیز در شرایط ایده‌آل قرار دارد.
- در روز اول تیر و اول دی ماه بیشترین PMV و PPD در وضعیت قرارگیری اتاق به‌صورت رون کرمانی است.
- در روز اول تیر و اول دی ماه کمترین PMV و PPD در وضعیت رون راسته (وضعیت فعلی خانه ملک‌زاده) و کاهش ۲۰ سانتیمتر ارتفاع در است. کاهش ارتفاع باعث کاهش حضور نور در محیط می‌شود که حرارت ناشی از حضور نور نیز کاهش می‌یابد، به همین دلیل مقادیر PMV و PPD اتاق پنج‌دری نزدیک به مقادیر وضعیت اتاق با کاهش ۲۰ سانتیمتر ارتفاع در، نزدیک است.
- معیار سنجش PMV اتاق پنج‌دری در وضعیت فعلی بنا (سالانه) 0.53+ است و در بازه آسایش حرارتی قرار دارد، که اختلاف چشم‌گیری نسبت به سایر موارد مورد بررسی دارد.
- با توجه به اینکه بازه PMV در محدوده 3+ تا 3- قرار دارد، میانگین سالانه PMV اتاق پنج‌دری خانه ملک‌زاده بین 0.58+<PMV<+2.01 و در قسمت 0 تا 3+ است، یعنی آسایش حرارتی افراد کمتر در محدوده 0 تا 3- (معیارهای بازه دمایی

معمولی تا خیلی سرد) قرار می‌گیرد و میانگین سالانه آسایش + است.

- معیار سنجش PPD اتاق پنج‌دری در وضعیت فعلی بنا با 14.38% دارای کمترین افراد ناراضی از محیط در طول سال است. در سایر وضعیت‌های مورد بررسی درصد نارضایتی افراد از محیط بیشتر است.
- با توجه به موقعیت خانه ملک‌زاده نسبت به جهت شمال و پنج نمونه مورد بررسی وضعیت فعلی خانه (دارای رون راسته) دارای حداکثر آسایش راحتی و حرارتی است. درحالی‌که در وضعیت پیشنهادی قرارگیری خانه در محور شمالی-جنوبی، شرایط آسایش راحتی و حرارتی دارای کمترین مقدار است.
- درنگی در یافته‌های پژوهش و تحلیل و ارزیابی آن‌ها بیانگر آن است که ملاحظات معمارانه در خانه ملک‌زاده از قواعد دقیقی پیروی می‌کند. نسبت فضاهای باز و بسته و جهت ساخت بنا به‌گونه‌ای است که فضاهای اصلی از قبیل اتاق پنج‌دری، حداکثر شرایط آسایش و راحتی انسان را در تمامی فصول سال فراهم می‌آورد. این امر نشان‌دهنده بهینه بودن طراحی اقلیمی خانه ملک‌زاده و معماری مسکونی – بومی شهر یزد در دوران قاجار است.
- معماری سنتی ایران در مناطق گرم‌وخشک مانند شهر یزد نمودی از معماری همساز با اقلیم است که در راستای فراهم آوردن شرایط آسایش افراد شکل گرفته و از شیوه-هایی منطقی استفاده کرده است.
- تداوم کیفیت فضایی و کیفیت نورگیری اتاق پنج‌دری در خانه ملک‌زاده یزد را می‌توان توانایی درک معمار سنتی به مفهوم پایداری تعبیر کرد، چون با استفاده از منبع پاک و تجدیدپذیر نور خورشید و بدون نوسان در کیفیت آن، فضایی با کیفیت را به وجود می-آورده است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پی‌نوشت‌ها

1. Predicted Mean Vote.
2. Predicted Percentage of Dissatisfied.
3. Malek Zadeh House.
4. Daylight Autonomy.

منابع

- برزگر، زهرا. حیدری، شاهین. (۱۳۹۶). بررسی نقش عمق و سایه ورودی خانه‌های سنتی در تأمین آسایش حرارتی بیرونی- نمونه موردی: بافت قدیم شهر شیراز. دو فصلنامه معماری اقلیم گرم و خشک، دوره۲، شماره۵، صفحه ۲۱-۳۲.
- پوراحمدی، محبوبه. (۱۳۹۲). بررسی الگوهای پایداری در معماری خانه‌های سنتی مهریز. نشریه شهر و معماری بومی، شماره ۳، صفحه ۵۵-۶۴.
- پیرنیا، محمد کریم. سبک شناسی معماری ایرانی، تدوین: غلامحسین معماریان، پژوهنده، تهران، ۱۳۸۲.

- پیرنیا، محمدکریم. آشنایی با معماری اسلامی ایران، تدوین: غلامحسین معماریان، موسسه فرهنگی سروش دانش. تهران، ۱۳۹۰.
- پیوسته‌گر، یعقوب. حیدری، علی اکبر و اسلامی، مطهره. (۱۳۶۹). بازشناسی اصول پنج‌گانه استاد پیرنیا در معماری خانه‌های سنتی ایران و تحلیل آن با استناد به منابع اعتقادی اسلامی. فصلنامه شهر ایرانی اسلامی، سال ۷، شماره ۲۷، صفحه ۵۱-۶۶.
- حائری مازندرانی، محمدرضا. (۱۳۸۸). نقش فضا در معماری ایران. تهران، دفتر پژوهش‌های فرهنگی.
- حمزه‌نژاد، مهدی. ترابی، طاهره و ربانی‌مورخ، مریم. (۱۳۹۳). اصول مکان یابی شهر های سنتی ایران، اولین کنگره بین المللی افق های جدید در معماری و شهرسازی، تهران، دانشگاه تربیت مدرس دانشکده هنر و معماری.
- حیدری، شاهین. (۱۳۹۳). سازگاری حرارتی در معماری. نخستین گام در صرفه‌جویی مصرف انرژی، تهران، انتشارات دانشگاه تهران.
- ذوالفقاری، حسن. (۱۳۸۶). تعیین تقویم زمانی مناسب برای گردش در تبریز با استفاده از شاخص های دمای معادل فیزیولوژی PET و متوسط نظرسنجی پیش بینی شده PMV. مجله پژوهش های جغرافیایی، شماره ۶۲،صفحه ۱۲۹-۱۴۱.
- رازجویان، محمود. (۱۳۸۸). آسایش در پناه معماری همساز با اقلیم، ویراست دوم، مرکز چاپ و انتشارات دانشگاه شهید بهشتی، تهران.
- زارع مذهبیه، آیدا. شاهچراغی، آزاده. حیدری، شاهین. (۱۳۹۵). بررسی کیفیت محیطی فضاهای داخلی با تاکید بر آسایش حرارتی در خانه‌های سنتی، نمونه‌های موردی: دو خانه قجری در شیراز، دوفصلنامه مطالعات معماری ایران، دوره ۱، شماره ۹، صفحه ۸۵-۱۰۰.
- زینلیان، نفسه. اخوت، هانیه. (۱۳۹۶) ساختارشناسی حیاط در خانه‌های قجری اقلیم گرم‌وخشک و گرم‌ومرطوب با تمرکز بر گونه «حیاط مرکزی» مطالعه موردی: خانه‌های یزد و دزفول، نشریه فصلنامه مطالعات شهر ایرانی اسلامی، سال ۸، شماره ۳۰، صفحه ۱۵-۲۹.
- سازمان میراث فرهنگی استان یزد، ۱۳۹۷.
- سهیلی‌فرد، مهدی. اخترکاوان، حمید. فلاحی، سلوا. اخترکاوان، مهدی و محمدمرادی، اصغر. (۱۳۹۲). بررسی تعامل اصول معماری ایرانی و انرژی خورشیدی از منظر فرم، تقارن و جهت‌گیری، نمونه موردی: خانه‌ی عباسیان کاشان. فصلنامه آرمان‌شهر، دوره۶، شماره۱۱، صفحه ۷۵-۹۰.
- طاهباز، منصوره. جلیلیان، شهربانو. موسوی، فاطمه و کاظم زاده، مرضیه. (۱۳۹۲). تاثیر طراحی معماری در بازی نور طبیعی در خانه های سنتی ایران. فصلنامه آرمان‌شهر، دوره ۸، شماره ۱۵، صفحه ۷۱-۸۱.
- قیابکلو، زهرا. (۱۳۸۰). روش‌های تخمین محدوده آسایش حرارتی، نشریه هنرهای زیبا، شماره ۱۰، صفحه ۶۸-۷۴.
- قیابکلو، زهرا. (۱۳۹۵). مبانی فیزیک ساختمان ۲. انتشارات جهاد دانشگاهی صنعتی امیر کبیر، تهران.
- فرخی، مریم. ایزدی، محمد سعید. کریمی مشاور، مهرداد. (۱۳۹۷). تحلیل کارایی انرژی در مدل‌های بافت شهری اقلیم گرم‌وخشک، نمونه موردی: شهر اصفهان، نشریه دوفصلنامه مطالعات معماری ایران، سال ۷، شماره ۱۳، صفحه ۱۲۷-۱۴۸.
- کاظم‌زاده، مرضیه. طاهباز، منصوره. (۱۳۹۲). اندازه‌گیری و بررسی شرایط نور روز در خانه‌های قدیمی کرمان (نمونه موردی خانه امینیان). نشریه هنرهای زیبا-معماری و شهرسازی، دوره ۱۸، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۲، صص ۱۷-۲۶.
- مهدوی نژاد، محمدجواد. مطور، سها. (۱۳۹۱). کیفیت نورگیرها در گنبدهای ایرانی، نقش جهان-مطالعات نظری و فناوری-های نوین معماری و شهرسازی، دانشگاه تربیت مدرس، دوره ۲، شماره ۲، صفحه ۳۱-۴۲.
- نجفی، سید محمدعلی. نجفی، نجمه. (۱۳۹۱). بررسی آسایش حرارتی با استفاده از روش های PMV و PPD (مطالعه موردی: بازار وکیل شیراز)، نشریه هفت حصار، سال ۱، شماره۱، صفحه ۶۱-۷۰.

- وب سایت جامع هوا و اقلیم شناسی ایران، ۱۳۹۸،www.climatology.ir
- هاشمی رفسنجانی، لیل السادات. حیدری، شاهین. (۱۳۹۷). ارزیابی آسایش حرارتی تطبیقی در خانه‌های مسکونی اقلیم گرم‌وخشک، مطالعه موردی: استان کرمان. نشریه معماری اقلیم گرم و خشک، دوره ۶، شماره ۷، صفحه ۴۳-۶۵.
- هوشیاری، محمدمهدی. پورنادری، حسین. (۱۳۹۴). تحلیل و بررسی نظریه پیرنیا درباره رون اصفهانی در فضای شهری و معماری سنتی اصفهان. نشریه هویت شهر، شماره ۲۷، صفحه ۵۳-۶۴.
- هومانی‌راد، مرضیه. طاهباز، منصوره و پورمند، حسنعلی. (۱۳۹۶). الگوی نورپردازی طبیعی در گنبدخانه‌های مساجد تاریخی اصفهان. فصلنامه پژوهش‌های معماری اسلامی، سال پنجم، شماره ۱۶، صفحه ۶۶-۸۴

- Amiriparyan, Peyman. Kiani, Zohreh., (2016). Analyzing the Homogenous Nature of Central Courtyard structure in Formation of Iranian Traditional Houses, Procedia - Social and Behavioral Sciences, Vol. 216, P. 905 – 915.
- Asadi. Somayeh, Fakhari. Maryam, Sendi. Mona., (2016). A study on the thermal behavior of traditional residential buildings: Rasoulian house case study, Journal of Building Engineering, Vol. 7, P. 334-342.
- ASHRAE 55, 2017. Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. ASHRAE standard 55-2017. Atlanta, Georgia: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
- Cheung. Toby, Schiavon. Stefano, Parkinson. Thomas, Li. Peixian, Brager. Gail., (2019). Analysis of the accuracy on PMV – PPD model using the ASHRAE Global Thermal Comfort Database II, Building and Environment, Vol. 153, P. 205-217.
- Dehghan, A.A., (2011). Status and potentials of renewable energies in Yazd Province-Iran, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 15, P. 1491-1496.
- Fadaee. F, Ebrahimi-Moghadam. A, Ildarabadi. P. (2019). The effect of internal light shelf on quality of daylight distribution in space and lighting energy consumption reduction, Journal of Solar Energy Research (JSER), Vol. 4, P. 237-251.
- Hensen. J. L. M., (1990). Literature review on thermal comfort in transient conditions, Building an Environment, Vol. 25, P. 309-316.
- Khalili, Mitra. Amindeldar, Sanaz., (2014). Traditional solutions in low energy buildings of hot-arid regions of Iran, Sustainable Cities and Society, Vol. 188, P. 1-11.
- Lim. Yaik-Wah, Kandar. Mohd Zin, Ahmad. Mohd Hamdan, Ossen. Dilshan remaz, Megat Abdullah. Aminatuzuhariah., (2012). Building façade design for daylighting quality in typical government office building, Building and Environment, Vol. 57, P. 194-204.
- Lim. Yaik-Wah, Heng. C. Y. S., (2016). Dynamic internal light shelf for tropical daylighting in high-rise office buildings, building and Environment, Vol. 106, P. 155-166.
- Matzarakis, A., Blazejczyk, K., Amelung, B., (2007). Climate, Thermal comfort and tourism, Meteorological Institute, University of Freiburg, Germany, P. 140-154.
- Roshan. G, Oji. R, Attia. S. (2019). Projecting the impact of climate change on design recommendations for residential buildings in Iran, Building and Environment, Vol. 155, P. 283-297.
- Soflaei, F. Shokouhian, M. Mifidi Shemirani. S. M, (2016). Traditional Iranian courtyards as microclimate modifiers by considering orientation, dimensions, and proportions, Frontiers of Architectural Research, Vol. 5, P. 225-238.

فهرست نمادها

نیروی مکانیکی موثر	W	$[W/m^2]$	تبادل حرارت همرفتی تعرق	C_{rec}	$[W/m^2]$
تبادل حرارت تبخیری در سطح پوست	e	$[W/m^2]$	تبادل حرارت تبخیری تعریق	E_{rec}	$[W/m^2]$
تلفات حرارت خشک به صورت همرفت – هدایت و تابش	H	$[W/m^2]$	تبادل حرارت تبخیری در سطح پوست زمانیکه در حالت حرارتی خنثی قرار دارد	E_c	$[W/m^2]$
رطوبت – فشار بخار جزئی هوا	P_a	[Pa]	تابش لباس به طور متوسط برای تمام بدن	I_{cl}	$[W/m^2]$
دمای هوا	Ta	$[^oC]$	دمای سطح لباس	t_{cl}	$[^oC]$
			دمای متوسط پوست	t_{sk}	$[^oC]$
			نرخ سوخت و ساز بدن	M	$[W/m^2]$

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

Original Research Article

Evaluation of Comfort and Thermal Comfort (PMV and PPD) According to Daylight and Home Orientation in Yazd Traditional Houses (Case Study: Malekzade Home in Yazd city)

Mehdi Hamze Nejad[1], Faramarz Fadaee[2], Paria Ildarabadi[3*]

1- Assistant Professor, Faculty of Architecture, University of Science and Technology, Tehran
2- Faculty of Architecture, Khorasan Institute of Higher Education, Mashhad
3- Faculty of Architecture, Khorasan Institute of Higher Education, Mashhad

Abstract

Light plays an important role in traditional Iranian architecture, so much that spatial qualities are created by light. In the present study, from the perspective of the problem of people's comfort in the environment, data analysis and data analysis were based on daylight at home in which it is the most used among other functions. The purpose of this study was to determine the comfort conditions and thermal comfort indices of PMV and PPD in Malekzadeh house in Yazd. For this purpose, the panjdari room has been analyzed and evaluated, where modeling was done using Grasshopper algorithmic software, and analyses performed by honeybee and ladybug plugins. The existing condition of panjdari and the five proposed conditions, including Esfahani and Kermani orientations , orientation towards north , and different heights of the panjdari door are presented and analyzed and finally compared. The results show that raaste orientation gives the panjdari space 50% DA (Daylight Autonomy) compared to other proposed conditions and it also receives 300lux of light, providing comfort for residents. Also with PMV of +0.53 and PPD of 14.38%, it has the highest thermal comfort among the proposed conditions. The practical potential of Malekzadeh's panjdari room, due to its location in the building, has provided a space of extreme thermal comfort and convenience throughout the year.

Keywords: Daylight, Orientation or Home Lighting, PMV and PPD, convenience and Thermal Comfort

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

*Email: paria.ildarabadi@yahoo.com