دانشگاه کاشان

مطالعات معماری ایران ۹

دوفصلنامه علمی پژوهشی دانشکده معماری و هنر، دانشگاه کاشان

سال پنجم، شماره ۹، بهار و تابستان ۱۳۹۵

◆ باغ کهنه فین و محدودهٔ میان آن تا باغ فین
● رضایی‌پور، ایرانی بهبهانی

◆ الگوهای کالبدی حسینیه‌ها: ریشه‌ها و تحولات
● ناری‌قمی

◆ خوون چینی، تکامل و تناسب ابعاد آجر در نماسازی‌های آثار معماری دزفول
● زرگرزاده دزفولی، لاری بقال، سالاری نسب، بابایی مراد

◆ باغ سعادت‌آباد اصفهان در آینهٔ مثنوی گلزار سعادت
● شهیدی‌مارنانی

◆ بررسی کیفیت محیطی فضاهای داخلی با تأکید بر آسایش حرارتی در خانه‌های سنتی
● زارع مهذبیه، شاهچراغی، حیدری

◆ تزیینات معماری مسکونی دوره آل‌مظفر در منطقه یزد و جایگاه آنها در خانه‌های این دوره
● زارعی، میردهقان اشکذری، خادم‌زاده

◆ سازه، فرم و معماری
● عالمی، پوردیهیمی، مشایخ فریدنی

◆ بررسی ارتباط میان پیکربندی فضایی و حکمت در معماری اسلامی مساجد مکتب اصفهان
● بمانیان، جلوانی، ارجمندی

◆ طراحی پیاده‌راه و تأثیر آن بر کیفیت زندگی در بافت تاریخی شهرها
● کلانتری خلیل‌آباد، سلطان محمدلو، سلطان محمدلو

◆ بررسی کارآمدی طرح درس «بافت فرسوده و تاریخی»
● جابری مقدم، میرزاده

مطالعات معماری ایران

دوفصلنامه علمی پژوهشی دانشکده معماری و هنر، دانشگاه کاشان

سال پنجم، شماره ۹، بهار و تابستان ۱۳۹۵
صاحب امتیاز: دانشگاه کاشان
مدیر مسئول: دکتر علی عمرانی پور
سردبیر: دکتر غلامحسین معماریان
مدیر داخلی: مهندس بابک عالمی

هیئت تحریریه (به ترتیب الفبا):
دکتر ایرج اعتصام. استاد دانشگاه آزاد اسلامی. واحد علوم و تحقیقات
دکتر مجتبی انصاری. دانشیار دانشگاه تربیت مدرس
دکتر امیرحسین چیت سازیان. دانشیار دانشگاه کاشان
دکتر پیروز حناچی. استاد دانشگاه تهران
دکتر شاهین حیدری. استاد دانشگاه تهران
دکتر ابوالقاسم دادور. استاد دانشگاه الزهرا (س)
دکتر حسین زمرشیدی. دانشیار دانشگاه شهید رجایی
دکتر علی عمرانی پور. استادیار دانشگاه کاشان
دکتر حسین کلانتری خلیل آباد. دانشیار جهاد دانشگاهی
دکتر اصغر محمد مرادی. استاد دانشگاه علم و صنعت ایران
دکتر غلامحسین معماریان. استاد دانشگاه علم و صنعت ایران
دکتر محسن نیازی. استاد دانشگاه کاشان

داوران این شماره:
دکتر امیرحسین صادق پور
دکتر آزاده شاهچراغی
دکتر آزاده لک
دکتر حسین زمرشیدی
دکتر حمیدرضا جیحانی
دکتر ذات الله نیکزاد
دکتر ریما فیاض
دکتر سارا فدائی نژاد
م. صفورا مختارزاده
دکتر علی عمرانی پور
دکتر عیسی اسفنجاری
دکتر کیانوش ذاکرحقیقی
دکتر کیانوش لاری بقال
دکتر کیوان جورابچی
دکتر مجتبی رضازاده
دکتر م. جواد مهدوی نژاد
م. مریم سبزواری
دکتر مهدی مکی نژاد
دکتر مهناز اشرفی
دکتر هانیه صنایعیان

درجه علمی پژوهشی دوفصلنامه مطالعات معماری ایران طی نامه شماره ۱۶۱۶۷۶ مورخ ۱۳۹۰/۰۸/۲۱ دبیرخانه کمیسیون نشریات علمی کشور، وزارت علوم، تحقیقات و فناوری ابلاغ گردیده است.

پروانه انتشار این نشریه به شماره ۹۰/۲۳۰۳۰ مورخ ۹۱/۹/۷ از وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی صادر شده است.

این نشریه حاصل همکاری مشترک علمی دانشگاه کاشان با دانشکده معماری دانشگاه تهران، دانشگاه تربیت مدرس، دانشگاه الزهرا (س)، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه شهید رجایی و پژوهشکده فرهنگ، هنر و معماری جهاد دانشگاهی است.

نشریه مطالعات معماری ایران در پایگاه استنادی علوم کشورهای اسلامی (ISC)، پایگاه اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی (SID)، پایگاه مجلات تخصصی نور (noormags.ir)، پرتال جامع علوم انسانی (ensani.ir) و بانک اطلاعات نشریات کشور (magiran.com) نمایه می‌شود.

تصاویر بدون استناد در هر مقاله، متعلق به نویسنده آن مقاله است.

(نسخه الکترونیکی مقاله‌های این مجله، با تصاویر رنگی در تارنمای نشریه قابل دریافت است.)

همکار اجرایی: مهندس افسانه آخوندزاده
ویراستار ادبی فارسی: اقدس عدالت‌پور
ویراستار انگلیسی: دکتر ظهیر متکی
نشانی دفتر نشریه: کاشان، بلوار قطب راوندی، دانشگاه کاشان، دانشکده معماری و هنر، کدپستی: ۸۷۳۱۷-۵۳۱۵۳
رایانامه: j.ir.arch.s@gmail.com
عکس روی جلد: سید علی میرعمادی (مسجد درب امام، اصفهان)
دورنگار: ۰۳۱-۵۵۹۱۳۱۳۲
پایگاه اینترنتی: jias.kashanu.ac.ir

شاپا: ۰۶۳۵-۲۲۵۲
بهاء: ۱۰۰۰۰۰ ریال

فهرست

۵ **مقدمه**
سیدمحمد بهشتی

۷ **باغ کهنه فین و محدودهٔ میان آن تا باغ فین**
مریم رضایی‌پور/ هما ایرانی بهبهانی

۲۵ **الگوهای کالبدی حسینیه‌ها: ریشه‌ها و تحولات**
مسعود ناری قمی

۴۷ **خوون‌چینی، تکامل و تناسب ابعاد آجر در نماسازی‌های آثار معماری دزفول**
مجتبی زرگرزاده دزفولی/ سیدکیانوش لاری بقال/ نجمه سالاری‌نسب/ مهناز بابایی مراد

۶۷ **باغ سعادت‌آباد اصفهان در آینهٔ مثنوی گلزار سعادت**
نازنین شهیدی مارنانی

۸۵ **بررسی کیفیت محیطی فضاهای داخلی با تأکید بر آسایش حرارتی در خانه‌های سنتی، نمونه‌های موردی: دو خانهٔ قجری در شیراز**
آیدا زارع مهذبیه/ آزاده شاهچراغی/ شاهین حیدری

۱۰۱ **تزیینات معماری مسکونی دوره آل‌مظفر در منطقه یزد و جایگاه آن‌ها در خانه‌های این دوره**
محمد ابراهیم زارعی/ سید فضل‌الله میردهقان اشکذری/ محمدحسن خادم‌زاده

۱۲۳ **سازه، فرم و معماری**
بابک عالمی/ شهرام پوردیهیمی/ سعید مشایخ فریدنی

۱۴۱ **بررسی ارتباط میان پیکربندی فضایی و حکمت در معماری اسلامی مساجد مکتب اصفهان، نمونه‌های موردی: مسجد آقانور، مسجد امام اصفهان و مسجد شیخ‌لطف‌الله**
محمدرضا بمانیان/ متین جلوانی/ سمیرا ارجمندی

۱۵۹ **طراحی پیاده‌راه و تأثیر آن بر کیفیت زندگی در بافت تاریخی شهرها، مطالعه موردی پیاده‌راه تربیت تبریز**
حسین کلانتری خلیل‌آباد/ سعیده سلطان محمدلو/ نازی سلطان محمدلو

۱۷۵ **بررسی کارآمدی طرح درس «بافت فرسوده و تاریخی» جهت ورود فارغ‌التحصیلان رشتهٔ شهرسازی به عرصهٔ عمل بهسازی و نوسازی بافت‌های فرسوده و تاریخی**
مرتضی‌هادی جابری مقدم/ سید حسین میرزاده

۱۹۳ **گزارش علمی: کرسی نظریه‌پردازی، فضای حیات طیّبه؛ شهر آرمانی اسلام**
محمد نقی‌زاده

۱۹۷ **راهنمای تدوین و ارسال مقاله**
بخش انگلیسی

بررسی کیفیت محیطی فضاهای داخلی با تأکید بر آسایش حرارتی در خانه‌های سنتی، نمونه‌های موردی: دو خانهٔ قجری در شیراز

آیدا زارع مهذبیه *
آزاده شاهچراغی **
شاهین حیدری ***

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۹/۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۴/۶

چکیده

بخش عمده‌ای از فعالیت‌های زندگی هر انسان در فضاهای داخلی صورت می‌گیرد. طبق آمار در کشورهای غربی حدود ۹۰درصد از زمان زندگی در محیط‌های داخلی سپری می‌شود؛ ازاین‌رو در سال‌های اخیر توجه به کیفیتِ محیطیِ داخلی، از سوی سازمان‌ها و انجمن‌های معماری کشورهای مذکور با جدیت دنبال می‌شود و ازآنجاکه کیفیتِ فضاهای داخل به‌طور مستقیم در سلامت ساکنان اثر می‌گذارد، توجه به این مفهوم در ابعاد مختلف آن مانند کیفیت هوای داخل، آسایش حرارتی و همچنین آسایش بصری و صوتی، امری بسیار حائز اهمیت است و مطالعهٔ دقیق آن در ایران باید ضروری تلقی شود. آسایش حرارتی فضاهای داخلی یکی از مهم‌ترین نکات این مفهوم است که در بحث حاضر توجه بیشتری به آن خواهیم داشت. بررسی این عامل در دو نمونه از خانه‌های دورهٔ قاجار در شیراز با استفاده از برداشت‌های میدانی و تطبیق آن با شبیه‌سازی نرم‌افزاری صورت پذیرفته است. اطلاعات گردآوری‌شده در دو مرحله تحلیل شده‌اند. در مرحلهٔ اول رفتار حرارتی هریک از فضاها با استاندارد جهانی اشری مقایسه شده و سپس رابطهٔ بین ویژگی‌های معماری و نتایج عملکرد حرارتی اتاق‌ها مورد بررسی قرار گرفته است؛ با این هدف که اگر نشانی از توجه به آسایش حرارتی در این مکان‌ها بود، عوامل آن چیست و چگونه می‌توان این عوامل را در طراحی خانه‌های امروزی احیا کرد و با صرف کمترین انرژی به حدود آسایش در فصول گرم و سرد رسید. نتایج مطالعات نشان می‌دهند که اتاق‌های این خانه‌ها به‌لحاظ تأمین آسایش حرارتی عملکرد مناسبی داشته و به‌یقین در زمان گذشته، این عملکرد بهتر بوده است؛ برای مثال اتاق شاه‌نشین در حدود هشت ماه از سال در محدودهٔ آسایش قرار دارد.

کلیدواژه‌ها

کیفیت محیطی، فضاهای داخلی، خانه‌های قاجار، شهر شیراز، آسایش حرارتی، محدودهٔ آسایش.

* دانشجوی دکتری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، نویسنده مسئول، aidazaremohazabie@yahoo.com
** استادیار دانشکده هنر و معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران.
*** استاد دانشکده معماری، پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران.

پرسش‌های پژوهش

۱. آسایش حرارتی در اتاق‌های خانه‌های قجری شیراز در طول سال به چه صورت است؟
۲. چه رابطه‌ای میان عملکرد حرارتی فضاهای داخلی و مشخصات معماری آن وجود دارد؟

مقدمه

محیط مصنوع و انسان ساخت، اثرات منفی و مثبتی بر کرهٔ زمین می‌گذارد. یکی از مصنوع‌های دوجنبه‌ای، ساخت و ساز بناهایی برای زندگی مردم است که توسط معماران انجام گرفته و همزمان آثار منفی و مثبتی را با خود دارد؛ برای مثال مأوا گرفتن آدمی در آن از اثرات مثبت و دخالت و تغییر در سیستم کرهٔ خاکی از اثرات منفی به‌شمار می‌رود. هیچ‌کدام را نمی‌توان صرف‌نظر کرد، چاره در آن است که برهمکنش‌های نامطلوب را کم و نتایج مثبت را افزایش داد. کیفیت فضاهای داخل بنا از کُنش‌هایی است که در صورت توجه به آن سلامت آدمی به‌عنوان متغیری ارزشمند، حفظ و در صورت بی‌توجهی، زندگی با مشکلاتی مواجه می‌شود که آن مشکلات در تشدید اثرات منفیِ معماری، موثر و نقش گسترش‌دهنده‌ای را به‌عهده می‌گیرند. عدم کیفیت فضاهای داخلی می‌تواند موجب بروز بیماری‌های فراوانی برای ساکنین ساختمان شود؛ ازاین‌رو پرداختن به این مسئله برای طراحان حائز اهمیت است. کشور ایران با بیش از هفت هزار سال سابقهٔ شهرنشینی و وضعیت جغرافیایی بسیار متنوع، یکی از گنجینه‌های تاریخ معماری جهان محسوب می‌شود (طاهباز و دیگران ۱۳۹۲، ۸۷). در نمونه‌های ارزشمند تاریخی معماری، موارد تعیین‌کنندهٔ کیفیت فضای داخلی ازجمله نور، آسایش گرمایی و سرمایی، منظر مناسب و تهویهٔ طبیعی مورد توجه بود و نتیجهٔ آن عملکرد مناسبی را به همراه داشته است. بناهای امروز متأسفانه چنین نیستند: نور مناسب ندارند، بیش از حد ممکن سرد یا گرم‌اند، در مقابل صوت ناخواسته، سدکننده نیستند و مشکلاتی دیگر از این قبیل دارند. برای برون‌رفت از مشکل، بهتر آن است که نمونه‌های موجود و قدیمی را مورد بازبینی، تجزیه و تحلیل قرار داد تا در این میان به‌درستی متوجه شد که چه نکاتی معمار سنتی رعایت کرده و به مطلوب نائل آمده و چه نکاتی را معمار امروز فراموش کرده و به بنایی نامطلوب از نظر کیفیت محیط داخل رسیده است.

از طرفی، مصرف بالای انرژی در ساختمان‌های مسکونی یکی از مشکلات کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه است. آمارها نشان می‌دهند که در کشور ما بیش از ۴۰درصد کل منابع انرژی در بخش ساختمان مصرف می‌شود. در اواخر دههٔ هفتاد، مصرف انرژی در ساختمان‌های شیراز حدود ۵۰درصد بوده است (shirazed.co.ir). که رقم بسیار چشمگیری است و نشان از عدم کارایی و کنترل سرمایش و گرمایش در ساختمان‌های امروزی دارد. بررسی و تفحص در معماری گذشتهٔ ایران می‌تواند الگوهای مناسبی در اختیار طراحان و معماران قرار دهد.

خانه‌های تاریخی شیراز از ارزشمندترین بناهای ایران به‌شمار می‌آیند. بالغ بر دوهزار خانه متعلق به دوران قاجار با کالبدهای متنوعی در بافت با ارزش شیراز موجود است که تعداد اندکی از آن‌ها در میراث‌فرهنگی به ثبت رسیده‌اند و بدون آنکه تحقیق و مطالعهٔ دقیقی صورت گیرد، دستخوش تغییرات فراوانی شده و می‌شوند. خانه‌هایی که هرکدام دارای فضاهایی دلنشین و منحصربه‌فرد است. برای تعیین کیفیت محیطی داخلی این فضاها می‌باید به عواملی همچون میزان مطلوبیت نور و اندازهٔ آسایش حرارتی در کنار سایر عوامل توجه کرد. آسایش حرارتی ساکنان از مهم‌ترین عوامل کیفیت داخلی است که با توجه به بحران انرژی نیازمند توجه ویژه است. اینکه این فضاها از نظر عملکرد حرارتی در فصول مختلف چه اندازه پاسخگوی نیاز ساکنان بوده‌اند، در این مقاله مورد توجه قرار خواهد گرفت.

۱. پیشینهٔ تحقیق

ساخت‌وسازهای پرسرعت و بی‌قاعده و مصرف بی‌رویهٔ منابع محدود فسیلی و اتلاف انرژی، منجر به بحران‌های زیست‌محیطی شده‌اند؛ ازاین‌رو جنبش ساختمان سبز و توسعهٔ پایدار معماری و شهر به‌سرعت در حال تبدیل شدن به یک ضرورت است. در دو دههٔ اخیر، جنبش ساختمان سبز در حال گسترش و شیوهٔ نگرش به صنعت ساختمان، مصرف منابع و کارایی معماری را تغییر داده است. این مسئله منجر به توسعهٔ استانداردها و آیین‌نامه‌های گوناگونی برای رفع ابهامات در طراحی ساختمان سبز است (Kibert 2005). جنبش ساختمان سبز و لدرشیپ لید[1] از موارد مهمی هستند که کتب و نظریات بسیاری دربارهٔ آن‌ها به چاپ رسیده است. انجمن ساختمان سبز آمریکا[2] به سختی در حال «سبز کردن» ساختار بازار کار است. در سال ۱۹۹۸، این سازمان لید را برای افزایش بازده منابع ساختمان و تأثیرات زیست‌محیطی توسعه داد. گرچه توجه به فضای داخلی به‌لحاظ کیفی همواره مورد توجه معماران بوده، اما این نخستین بار است که در مرحلهٔ نظارت به‌عنوان یک مورد مستقل مورد توجه قرار می‌گیرد. در چک‌لیست لید کیفیت محیطی فضاهای داخلی[3] با درنظرگرفتن عوامل وابسته به کیفیت هوای داخل، شامل میزان دی‌اکسیدکربن و منابع آلودگی و شیمیایی، آسایش حرارتی، نور و منظر مورد بررسی قرار می‌گیرد. این در حالی است که عوامل دیگری همچون صدا، اُرگونومی، کیفیت نور مصنوعی و طیف رنگی نیز می‌توانند بر این مفاهیم اثرگذار باشند. پرداختن همزمان به همهٔ این عوامل، مطالعات مربوط به کیفیت محیطی داخلی را بسیار پیچیده می‌کند (Prakash 2005).

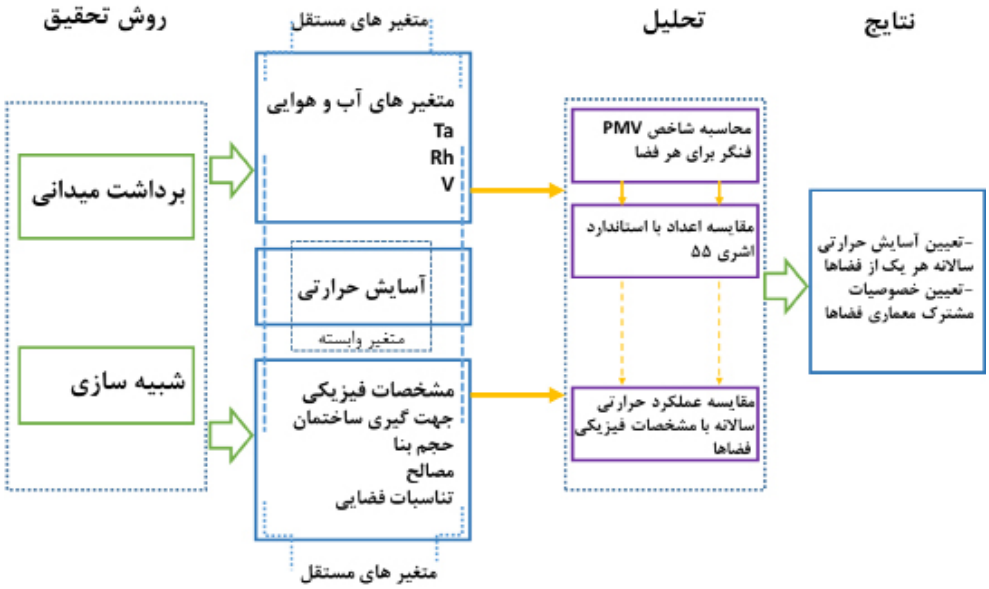
آسایش حرارتی یکی از مهم‌ترین و ملموس‌ترین عوامل کیفیت محیطی داخلی محسوب می‌شود. ساکنان برای ارتقای قابلیت‌های خود، نیازمند داشتن آسایش حرارتی در محیط‌های داخلی هستند (Al horr, et al, 2016). به همین دلیل لازم است به تعریف و اهمیت آن در پیشینهٔ بحث بپردازیم. طبق تعریف اشری[4] (ASHERA-1966) آسایش حرارتی ویژگی ذهنی است که بیان‌کنندهٔ میزان رضایت افراد از حرارت محیط است. آسایش حرارتی همواره یکی از مهم‌ترین مسائل مورد توجه معماران بوده، چراکه طراحی خلاق و ترکیب استفاده از روش‌های غیرفعال و فعال توسط آنان می‌تواند در ساختمان ایجاد محیطی مطلوب کند. صرفه‌جویی در مصرف انرژی، ایجاد کیفیت مناسب هوای داخل، آسایش برای انجام فعالیت‌های گوناگون و ارتقای بازده فکری و عملی افراد، رهاورد بررسی در این مبحث است.

توجه به مسائل آسایش حرارتی در ساختمان به پس از انقلاب صنعتی بازمی‌گردد. پیش از انقلاب صنعتی، به‌علت عدم وجود تجهیزات سرمایشی و گرمایشی احساس سرما و گرما از طریق جابجایی مکان زندگی، تغییر پوشش و لباس و خوردن غذاهای مناسب، مرتفع می‌شد (حیدری ۱۳۹۳، ۷). با ساخت تجهیزات گرمایشی و سرمایشی، بررسی درخصوص آسایش حرارتی، جهت‌گیری ویژه‌ای پیدا کرد. بررسی توالی زمانی در مطالعات آسایش حرارتی نشان می‌دهد که این مسئله در دو مبحث متفاوت دنبال شده است: آزمون محفظهٔ آب‌وهوایی (مطالعات آزمایشگاهی)[5] و مطالعات میدانی[6] (Taleghani, et al, 2013, 201). در سال ۱۹۲۰، مطالعات پایه‌ای در امریکا صورت گرفت (Olgy 1963). این مطالعات به‌منظور یافتن محدودهٔ آسایش حرارتی تحت تأثیر دمای هوا و رطوبت بود. در سال ۱۹۳۰، مهندسان دریافتند که برای ساخت تجهیزات دقیق‌تر و طراحی حساب‌شده‌تر، باید دمای دقیق راحتی را پیدا کنند. در سال ۱۹۳۷، گاج در امریکا مطالعهٔ اساسی و تحلیلی انجام داد (Nicol 1993). مطالعات وی در ارتقای مبانی نظری آسایش حرارتی تأثیر بسزایی داشت. پس از آن، نخستین کار تدوین‌شده در سال ۱۹۶۳ توسط ویکتور الگی انجام پذیرفت (Benzinger 1979). او شرایطی که برای فردی نشسته در سایه، با مقدار جزئی جریان هوا، برقرار است تا در آن احساس آسایش حرارتی کند، محدودهٔ راحتی نامید. محدودیت نمودار اولگی، توجه به ویژگی آب‌وهوایی بناست که در شرایط داخل چندان صدق نمی‌کند. در ادامهٔ کار او، باروچ جیونی تلاش کرد که نمودار جدیدی را ارئه دهد مشکلات نمودار اولگی را نداشته باشد. پس از او، ماهونی در سال ۱۹۷۱ جدولی را براساس محدودهٔ آسایش در شب و روز تهیه کرد که به کمک عواملی مثل دما، رطوبت نسبی، باد و جهت باد و بارندگی می‌توان به راه حل‌های غیرفعال در طراحی ساختمان رسید. در سال ۱۹۷۲، پرفسور اولی فنگر به تعریف محدودهٔ آسایش در کتاب کلاسیک خود پرداخت. از دید او محدودهٔ آسایش، محدوده‌ای وسیع‌تر و تابع ویژگی اختصاصی

است که در آن، از ۱۰۰درصد ساکنان فضا کمتر از ده درصد احساس عدم آسایش داشته باشند (حیدری ۱۳۹۳). پژوهش یادشده به ارائهٔ شاخصه‌ای حرارتی شاخص متوسط نظریات[۷] PMV انجامیده که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته است. دمای متوسط استاندارد[۸] SET* در سال ۱۹۷۳ و دمای معادل فیزیولوژیکی[۹] PET در سال ۱۹۹۹ مطرح شدند. این شاخص‌های حرارتی اگرچه کانون‌های توجه متفاوتی دارند، ترکیب مناسبی از دو پارامتر بسیار مهم آب‌وهوا و ویژگی‌های روان‌شناسی را در اختیار می‌گذارند (Matzarakis, 2001).

۲. روش و مراحل انجام تحقیق

برای اجرای این پژوهش و محاسبهٔ آسایش حرارتی در فضاهای داخلی ساختمان‌های مسکونی دورهٔ قاجار در شیراز، ابتدا دو نمونه از خانه‌هایی که به‌لحاظ دسترسی و سلامت بنا وضعیت مناسبی دارند، به نام خانهٔ تولایی و خانهٔ نعمتی انتخاب و همهٔ مشخصات فیزیکی آن‌ها برداشت شدند. به‌منظور بررسی عملکرد حرارتی فضاهای داخلی در هر خانه، سه نقطه در دو اتاق متفاوت و زیرزمین خانه‌ها تعیین شد و متغیرهای محیطی شامل دمای هوا، رطوبت و سرعت باد در یک روز گرم (تابستان) و یک روز سرد (زمستان) از ساعت ۹ صبح تا ۴ بعدازظهر، به فاصلهٔ زمانی نیم ساعت یک بار، توسط دستگاه دیتا لاگر[۱۰] اندازه‌گیری شده‌اند.



تصویر ۱: دیاگرام مراحل انجام تحقیق

پس از آن، حجم کلی هر دو خانه به انضمام خانه‌های اطراف (فضاهای همجوار اتاق‌ها) و جزئیات فضاهای انتخابی توسط نرم‌افزار دیزاین بیلدر نسخهٔ ۴,۲,۰,۰۵۴ با موتور انرژی پلاس ۸,۱ شبیه‌سازی شد. با توجه به اینکه نرم‌افزار دیزاین بیلدر مصالح سنتی استفاده شده در معماری ایران (مانند خشت و اندود کاهگل) را در پیش‌فرض خود ندارد، مصالح جدید، با وارد کردن مشخصات مصالح (ضخامت، چگالی، گرمای مؤثر و ضریب هدایت) برای نرم‌افزار تعریف شده است. و متغیرهای محیطی دو روز یادشده توسط نرم‌افزار محاسبه و نتایج حاصل با داده‌های میدانی مقایسه شد که تا حدود زیادی مشابه بودند و به این ترتیب، صحت خروجی نرم‌افزار تأیید شد. سپس با استفاده از همین نرم‌افزار، رفتار حرارتی هریک از فضاها در طول سال به روش PMV فنگر محاسبه شد و با استاندارد اشری ۵۵ مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت. و بعد از آن نتایج حاصل از عملکرد حرارتی سالانهٔ فضاهای انتخابی با ویژگی‌های معماری آن‌ها مورد مقایسه و تحلیل قرار گرفته است.

۲. ۱. محل انجام پروژه

شهر شیراز در عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۲۵ دقیقه و طول جغرافیایی ۳۷ درجه و ۲۹ دقیقه در جلگه‌ای به طول ۴۰ و عرض ۳۰ کیلومتر قرار دارد. ارتفاع آن از سطح دریا بین ۱۴۸۰ تا ۱۶۶۰ متر در نقاط مختلف شهر متغیر است. این ناحیه در زمستان آب‌وهوای نسبتاً معتدل توأم با بارندگی و در تابستان هوایی گرم و خشک دارد. در دسته‌بندی کوپن این شهر در گروه BSh قرار می‌گیرد (https://fa.wikipedia.org).

بافت قدیم شهر شیراز به مساحت تقریبی ۳۶۰ هکتار در قلب شهر جای دارد. این محدوده با ۲/۸درصد مساحت کل شهر، هستهٔ اولیهٔ شکل‌گیری شهر را در خود جای داده و طی دوران مختلف توسعه و تحولات زیادی را پشت سر گذاشته است. دروازه‌های دور شهر در دورهٔ زندیه حدود بافت را تعیین می‌کنند. تعداد خانه‌های موجود در بافت تاریخی شیراز ۱۱۱۴۷ واحد است (http://www.farschto.ir). شهر در ادوار تاریخی مختلف دارای تعدادی دروازه و محله بوده و قطعات تشکیل‌دهندهٔ بافت آن بیشتر به شکل یک چهار گوش کشیده و متشکل از تعداد زیادی خانه است که همانند دیگر نقاط مرکزی ایران از کوچه‌های بن بست و دربند برای راه یافتن به خانه‌های میانی قطعات استفاده شده است. در طول تاریخ شهر، محور اصلی آرایش‌دهندهٔ فضاهای شهری تقریباً شمالی-جنوبی بوده است. در زمان قاجاریه، در بخشی از محور اصلی شهر، حد فاصل دروازهٔ اصفهان تا بازار وکیل بازار سرپوشیده نو ساخته شده است. خانهٔ حیاط‌دار اصلی‌ترین عنصر تشکیل‌دهندهٔ قطعات مسکونی بافت شهری شیراز است (معماریان ۱۳۷۶، ۱۵۴). بالغ بر دوهزار خانهٔ قاجاری با کالبدهای متنوعی در بافت با ارزش شیراز موجودند که تعداد ۱۵۷ خانه در میراث‌فرهنگی به ثبت رسیده‌اند (http://www.farschto.ir).

۲. ۲. نمونه‌های انتخابی

برای انتخاب نمونهٔ موردی مناسب و قابل قیاس با خانه‌های کنونی، در بین خانه‌های قجری شیراز، یکی از عوامل مورد توجه، مساحت ساختمان است. از بین خانه‌های با مساحت کوچک (زیر ۵۰۰ مترمربع) دو خانهٔ نسبتاً سالم که قابلیت دسترسی و انجام برداشت‌های میدانی در آن‌ها وجود داشته باشد، برای نمونه موردی در نظر گرفته شده و در هر خانه، سه اتاق که تقریباً به‌لحاظ کاربری (نشیمن، خواب و انبار)، مشابه و قابل قیاس‌اند، انتخاب شده‌اند.

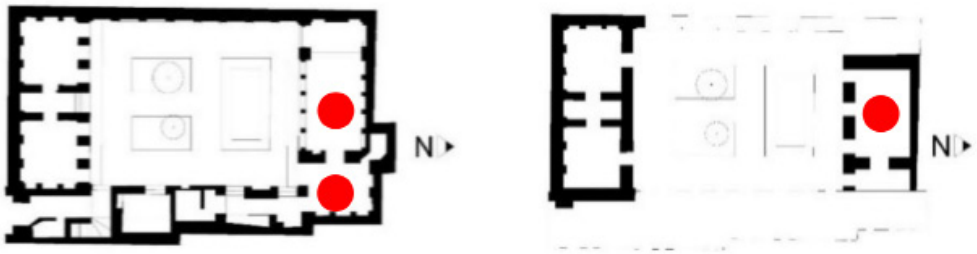
۲. ۲. ۱. نمونه موردی اول خانهٔ تولایی

به مساحت ۳۰۵ مترمربع واقع در محلهٔ سنگ سیاه شیراز است. ورودی بنا در ضلع جنوبی است و سه طرف حیاط ساخت‌وساز در یک طبقه صورت پذیرفته است. اتاق پنج‌دری یا شاه‌نشین[11] بنا در ضلع شمالی قرار دارد که مهم‌ترین اتاق بناست و تزئینات قابل‌توجهی در آن مشاهده می‌شود. تالار شمالی فضای کوچکی در کنار خود دارد که با درک چوبی کوچکی از هم جدا شده و سقف چوبی این اتاق کوچک مشابه تالار اصلی است. در ضلع جنوبی دو اتاق سه‌دری در دو طرف پله دیده می‌شود.

تصویر ۲: محل قرارگیری خانهٔ تولایی. این خانه در بافت قدیم، گذر سنگ سیاه، کوچه مغنی‌ها، بن‌بست فرجام، پلاک ۵۱ قرار دارد (googleearth.com)

تصویر ۳: نمای شاه‌نشین خانهٔ تولایی

فضاهایی که در این خانه مورد بررسی قرار گرفته‌اند، اتاق شاه‌نشین به‌عنوان اصلی‌ترین اتاق این خانه و همچنین اتاق کناری شاه‌نشین به‌عنوان یک اتاق معمولی و فضای زیرزمین است که دقیقاً زیر اتاق شاه‌نشین واقع شده. محل قرارگیری این سه نقطه در پلان مشخص شده است.



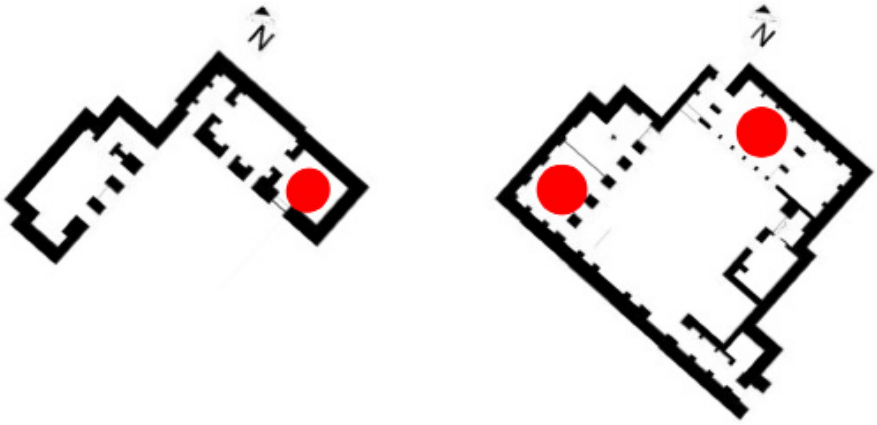
تصویر ۴: پلان همکف و زیرزمین خانهٔ تولایی، فضای شاه‌نشین، اتاق کناری و زیرزمین مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

۲. ۲. ۲. نمونهٔ موردی دوم خانهٔ نعمتی

به مساحت ۳۰۰ مترمربع در محلهٔ درشاهزاده بافت قدیم شیراز واقع شده است. ورودی بنا از سمت جنوب شرقی است. دالان ورودی از طریق یک پله با حیاط مرکزی ارتباط می‌یابد. در ضلع شمالی، یک راه ارتباطی جهت دسترسی به زیرزمین وجود دارد. ضلع شرقی به‌صورت دو طبقه و در طبقه دوم اتاقی تعبیه شده است. در ضلع جنوبی ۵ طاق نما وجود دارد.

تصویر ۵: موقعیت خانهٔ نعمتی، این خانه در محلهٔ درشاهزاده پس از پایان زیرگذر، سمت چپ، نرسیده به دروازهٔ سعدی واقع شده است (googlearth com)

تصویر ۶: خانهٔ نعمتی، نمای شاه‌نشین خانه



تصویر ۷: پلان طبقهٔ همکف و زیرزمین خانهٔ نعمتی، فضای شاه‌نشین، اتاق سه‌دری و زیرزمین مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

اتاق شاه‌نشین (اتاق پنج‌دری) به‌عنوان اصلی‌ترین اتاق خانه، زیرزمین شاه‌نشین و همچنین اتاق سه‌دری سمت شمال غربی به‌عنوان یک اتاق معمولی در این خانه مورد بررسی قرار گرفته‌اند. محل قرارگیری این سه نقطه در پلان مشخص شده است.

۳. داده‌ها و شرح شیوهٔ جمع‌آوری داده‌ها

همان‌طور که عنوان شد، مشخصه‌های آب‌وهوایی هریک از این فضاها در دو روز مختلف سال در دو فصل تابستان و زمستان ۱۳۹۳ اندازه‌گیری شد. متغیرهای بررسی‌شده به‌صورت میدانی شامل دمای هوا T ، رطوبت نسبی RH و سرعت باد V هستند. به‌منظور افزایش دقت در برداشت داده‌ها، از دستگاه‌های دیجیتالی دیتا لاگر (تصویر ۸) استفاده شد و دستگاه‌های مذکور بر روی میزی به ارتفاع ۸۰ سانتی‌متر در مرکز فضا تعبیه شدند.

جدول ۱: مشخصات دستگاه‌های برداشت اطلاعات

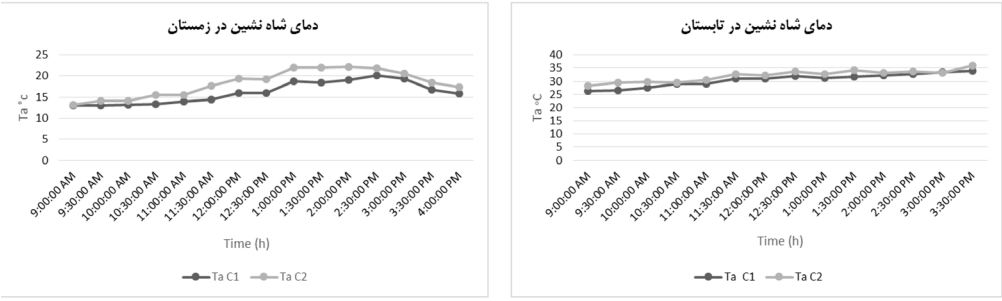
دستگاه دیتا لاگر دماسنج و رطوبت‌سنج TES 1365 Datalogging

دیتا لاگر باد سنج TES 1341 Hot-Wire Anemometer

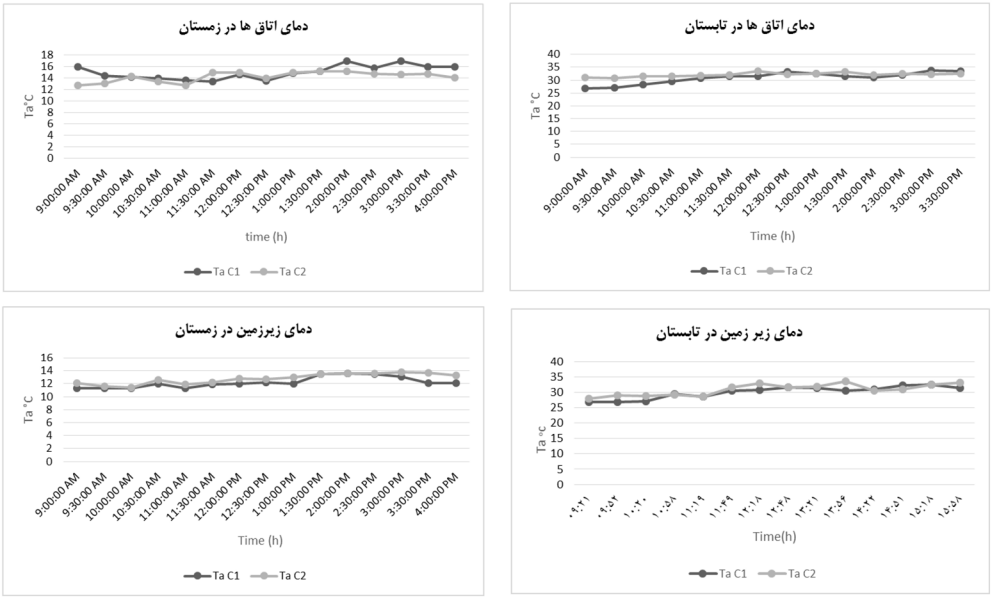
تصویر ۸: برداشت متغیرهای آب‌وهوایی توسط دستگاه در داخل اتاق‌های انتخابی

ابعاد دقیق اتاق‌ها، نورگیرها و بازشوهای سطوح خارجی، بازشوهای داخل فضاها، فضاهای همجوار، موقعیت اتاق‌ها در خانه و نسبت به حیاط، جهت جغرافیایی و همچنین مصالح جداره‌ها برداشت شدند. این مشخصات در شبیه‌سازی کامپیوتری و تحلیل‌های نهایی مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

برداشت متغیرهای آب‌وهوایی در خانهٔ تولایی C1 در روزهای ۱ سپتامبر ۲۰۱۴ (۱۰ شهریور ۱۳۹۳) و ۲۱ ژانویه ۲۰۱۵ (۱بهمن ۱۳۹۳) و خانهٔ نعمتی C2 در روزهای ۲ سپتامبر ۲۰۱۴ (۱۱ شهریور ۱۳۹۳) و ۱۶ ژانویه ۲۰۱۵ (۲۶ دی ۱۳۹۳) از ساعت ۹ صبح تا ۴ بعدازظهر به فاصلهٔ زمانی نیم ساعت یک بار صورت پذیرفت. در انتخاب زمان‌ها سعی شده با توجه به محدودیت‌های تحقیق پوشش نسبتاً مناسبی به گرم‌ترین روزهای تابستان و سردترین روزهای زمستان داده شود. پس از انتقال اطلاعات برداشت‌شده به نرم‌افزار اکسل، نمودارهای مربوط به هرکدام از عوامل محیطی در دو روز انتخابی ترسیم شد. نتایج حاصل از برداشت‌های میدانی در نمودارهای زیر قابل مشاهده است.

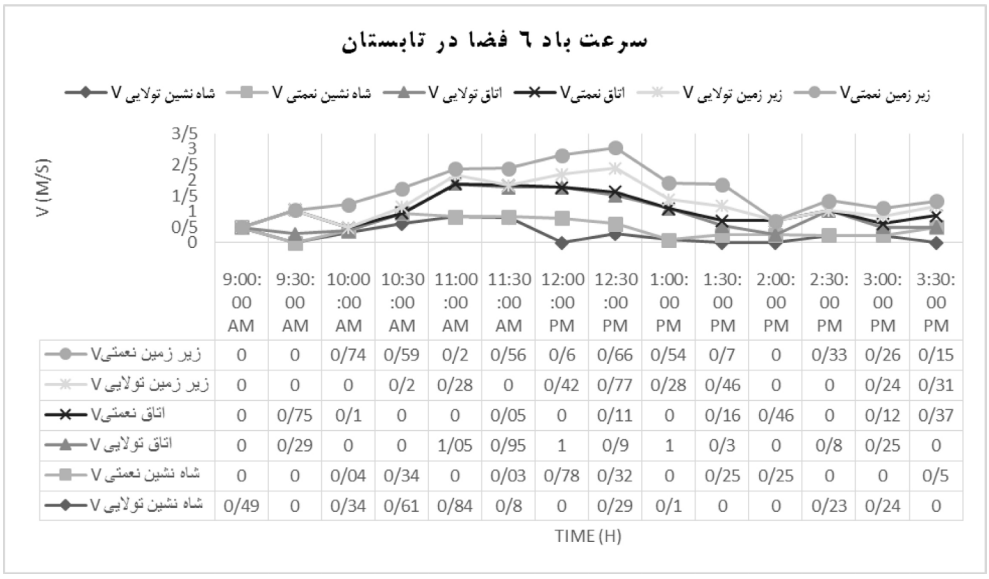


تصویر ۹: نمودار برداشت‌های میدانی دمای هوای داخل اتاق شاه‌نشین، دمای هوای اتاق شاه‌نشین هر دو خانه در دو روز مشخص (یک روز در تابستان، یک روز در زمستان) از ساعت ۹ صبح تا ۴ بعدازظهر به فاصلهٔ زمانی نیم ساعت یک بار توسط دستگاه دیتا لاگر برداشت شده است.



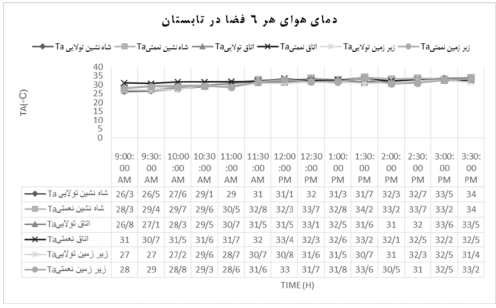
تصویر ۱۰: نمودار برداشت‌های میدانی دمای هوای اتاق سه‌دری و زیرزمین، دمای هوای این اتاق‌ها در دو روز مشخص (یک روز در تابستان، یک روز در زمستان) از ساعت ۹ صبح تا ۴ بعدازظهر به فاصلهٔ زمانی نیم ساعت یک بار در هر دو خانه، توسط دستگاه دیتا لاگر برداشت شده است.

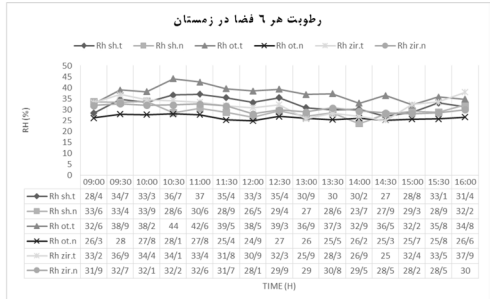
برای سهولت در مقایسهٔ داده‌ها، اعداد مربوط به فضاهای با کاربری مشابه که به‌لحاظ ویژگی‌های فیزیکی و هندسی تشابه زیادی بین آن‌ها دیده می‌شود، در هر دو خانه در کنار یکدیگر ترسیم شده‌اند؛ برای نمونه همان‌طور که در نمودار اول دیده می‌شود، دمای هوا در فضای شاه‌نشین هر دو نمونه در یک نمودار ترسیم شده است. دمای برداشتی در فصل تابستان در فضای شاه‌نشین هر دو خانه تقریباً مشابه‌اند. شاه‌نشین خانهٔ تولایی در خنک‌ترین ساعات، ۲۶٫۳ درجه و در گرم‌ترین زمان، ۳۴ درجه دما داشته، و در شاه‌نشین خانهٔ نعمتی کمینهٔ دما ۲۶٫۳ و بیشینهٔ دما ۳۴٫۲ درجهٔ سانتی‌گراد بوده است. در فصل زمستان، بیشینهٔ دما در خانهٔ تولایی، ۲۰٫۲ و کمینهٔ دما ۱۳٫۱ برداشت شده و شاه‌نشین خانهٔ نعمتی در گرم‌ترین ساعات روز، ۲۲٫۲ و در سردترین زمان به ۱۳٫۲ درجهٔ سانتی‌گراد رسیده است که تنها در حدود دو درجه با فضای مشابه خود در خانهٔ تولایی اختلاف دارند.



	9:00:00 AM	9:30:00 AM	10:00:00 AM	10:30:00 AM	11:00:00 AM	11:30:00 AM	12:00:00 PM	12:30:00 PM	1:00:00 PM	1:30:00 PM	2:00:00 PM	2:30:00 PM	3:00:00 PM	3:30:00 PM
زیر زمین نعمتیV	0	0	0/74	0/59	0/2	0/56	0/6	0/66	0/54	0/7	0	0/33	0/26	0/15
زیر زمین تولایی V	0	0	0	0/2	0/28	0	0/42	0/77	0/28	0/46	0	0	0/24	0/31
اتاق نعمتیV	0	0/75	0/1	0	0	0/05	0	0/11	0	0/16	0/46	0	0/12	0/37
اتاق تولایی V	0	0/29	0	0	1/05	0/95	1	0/9	1	0/3	0	0/8	0/25	0
شاه نشین نعمتی V	0	0	0/04	0/34	0	0/03	0/78	0/32	0	0/25	0/25	0	0	0/5
شاه نشین تولایی V	0/49	0	0/34	0/61	0/84	0/8	0	0/29	0/1	0	0	0/23	0/24	0

تصویر ۱۱: نمودار برداشت‌های میدانی سرعت باد، سرعت باد در سه اتاق تعیین شده، در هر دو خانه در دو روز مشخص (یک روز در تابستان، یک روز در زمستان) از ساعت ۹ صبح تا ۴ بعدازظهر به فاصلهٔ زمانی نیم ساعت یک بار توسط دستگاه دیتا لاگر برداشت شده است.

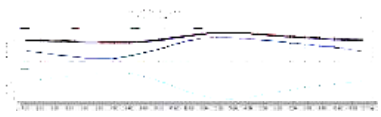
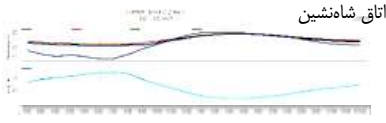
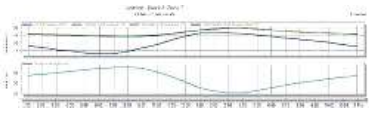
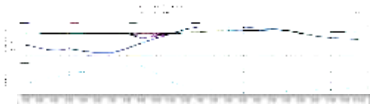
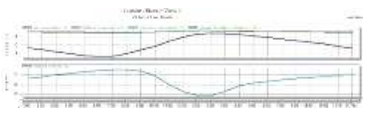
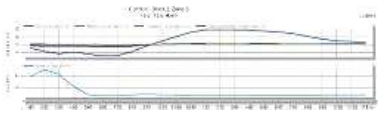
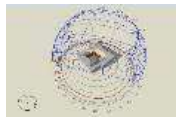
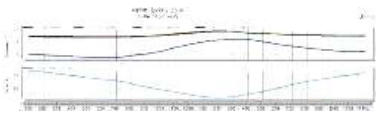
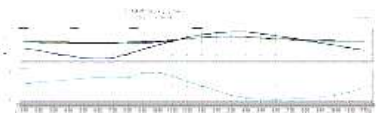
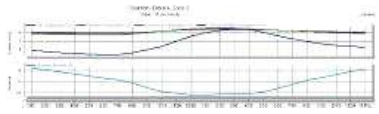
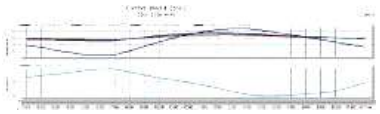
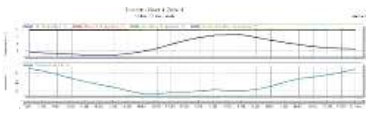
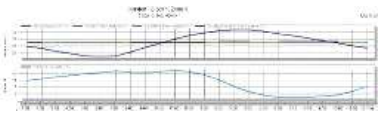




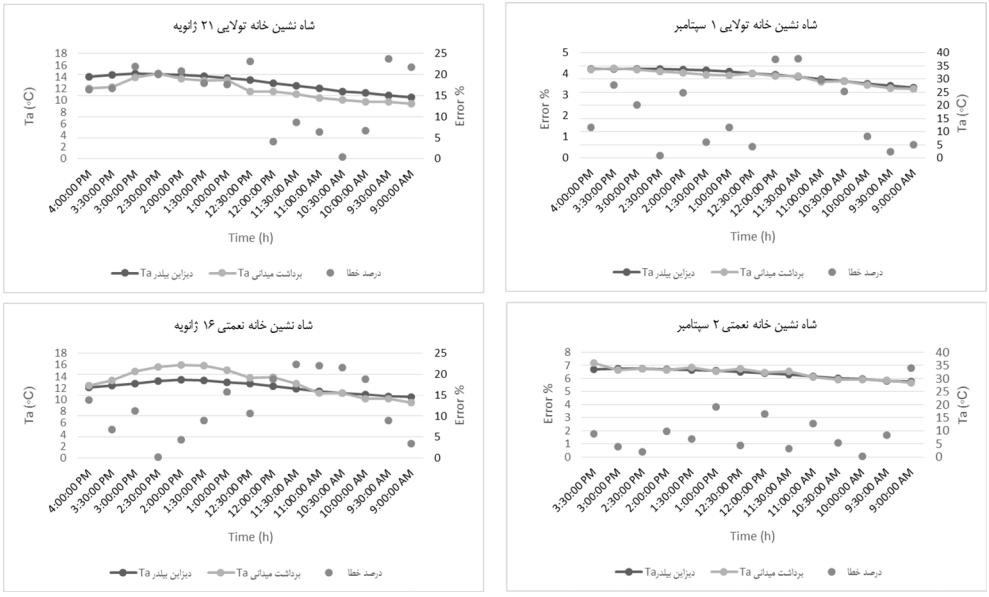
تصویر ۱۲: نمودار برداشت‌های میدانی رطوبت نسبی، رطوبت نسبی در سه اتاق تعیین شده در هر دو خانه در دو روز مشخص (یک روز در تابستان، یک روز در زمستان) از ساعت ۹ صبح تا ۴ بعدازظهر به فاصلهٔ زمانی نیم ساعت یک بار توسط دستگاه دیتا لاگر برداشت شده است.

به‌طور کلی می‌توان گفت آهنگ تغییرات دما در فضاهای مشابه در هر دو خانه تقریباً یکسان است. و دمای زیرزمین در هر دو خانه کمترین نوسان را در مقایسه با دیگر فضاهای انتخابی داشته است. برای بررسی رفتار حرارتی این نمونه‌ها می‌بایست تأثیرات دما، رطوبت و جریان هوا به‌صورت همزمان در نظر گرفته شود و همچنین توجه به دیگر عوامل تأثیرگذار بر آسایش حرارتی همچون عوامل فردی و فیزیک ساختمان ضروری است. به همین منظور، کل حجم هر دو خانه و جزئیات فضاهای برداشت‌شده، به‌طور کامل در نرم‌افزار دیزاین بیلدر شبیه‌سازی شد. و پس از آن به‌منظور سنجش اعتبار داده‌های نرم‌افزار، عوامل محیطی برداشت‌شده مانند دما، رطوبت و سرعت باد در روزهای تعیین‌شده توسط نرم‌افزار محاسبه و نتیجه با اعداد برداشت‌شده مقایسه شد. جدول زیر شبیه‌سازی فضاها و داده‌های حاصل در دو روز تعیین‌شده را نشان می‌دهد.

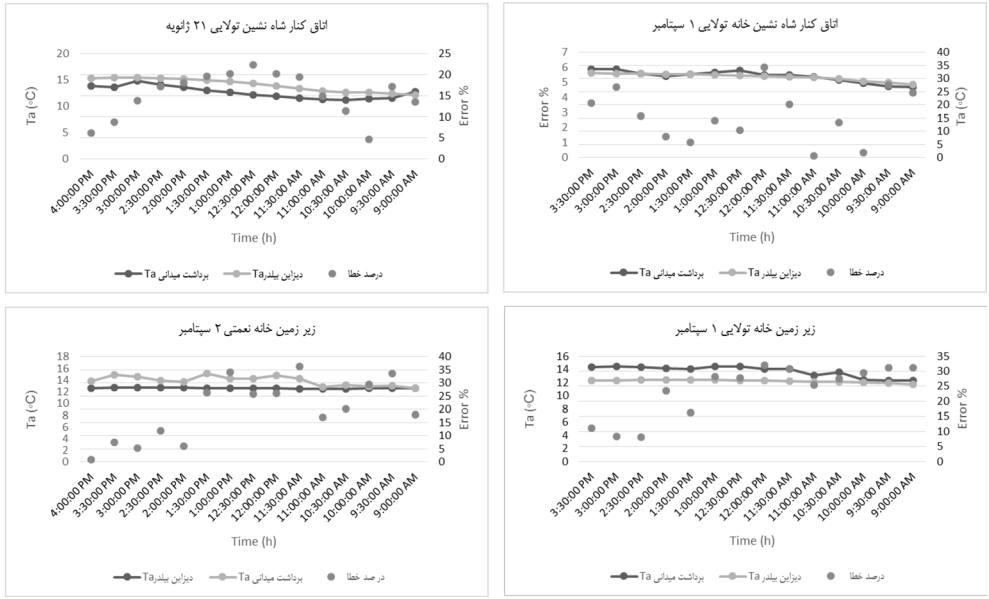
جدول ۲: نمودار اطلاعات آب‌وهوایی محاسبه‌شده از طریق نرم‌افزار دیزاین بیلدر

فضای شبیه‌سازی‌شده	نمودار اطلاعات آب‌وهوایی	
خانهٔ تولایی	۱ سپتامبر ۲۰۱۴	۲۱ ژانویه ۲۰۱۵
	اتاق شاه‌نشین	
		
	اتاق کنار شاه‌نشین	
		
	زیرزمین	
		
خانهٔ نعمتی	۲ سپتامبر ۲۰۱۴	۱۶ژانویه ۲۰۱۵
	اتاق شاه‌نشین	
		
	اتاق سه‌دری	
		
	زیرزمین	
		

برای اعتبارسنجی خروجی نرم‌افزار می‌توان داده‌های آب‌وهوایی را که به‌صورت میدانی برداشت شده، با داده‌های آب‌وهوایی حاصل از شبیه‌سازی مقایسه کرد. به این منظور دمای هوا در روزهای برداشت‌شده، نتایج خروجی نرم‌افزار در همان روز و قدرمطلق ضریب خطای بین این دو دما به کمک نرم‌افزار اکسل محاسبه و در نمودارهای زیر در کنار یکدیگر ترسیم شده است.



تصویر ۱۳: مقایسهٔ داده‌های نرم‌افزار با برداشت میدانی، هر سه عامل آب‌وهوایی اندازه‌گیری شده توسط دستگاه با اعداد خروجی نرم‌افزار مقایسه شده‌اند. به‌علت تعدد نمودارها، تنها نمودارهای مربوط به دمای هوا در اینجا آورده شده‌اند. محور افقی زمان برداشت و محورهای عمودی دمای هوا به سانتی‌گراد و قدر مطلق درصد خطا را نشان می‌دهند.



تصویر ۱۴: مقایسهٔ داده‌های نرم‌افزار با برداشت میدانی، هر سه عامل آب‌وهوایی اندازه‌گیری‌شده توسط دستگاه با اعداد خروجی نرم‌افزار مقایسه شده‌اند. به‌علت تعدد نمودارها، تنها نمودارهای مربوط به دمای هوا در اینجا آورده شده‌اند. محور افقی زمان برداشت و محورهای عمودی دمای هوا به سانتی‌گراد و قدر مطلق درصد خطا را نشان می‌دهند.

همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، اعداد حاصل از خروجی نرم‌افزار و اعداد برداشتی در روزهای تعیین‌شده بسیار به هم نزدیک‌اند، تنها در مورد فضای زیرزمین اعداد حاصل از نرم‌افزار (به‌علت پیش‌فرض‌های نرم‌افزار) تقریباً در تمامی ساعات روز بدون تغییر و نوسان هستند، درحالی‌که در برداشت میدانی در حدود چهار درجه تغییر دما در ساعات مختلف روز گزارش شده است. ازآنجایی‌که داده‌های برداشتی در این دو روز تا حد بالایی منطبق بر داده‌های خروجی شبیه‌سازی هستند و درصد خطا بین آن‌ها در اکثر مواقع پایین‌تر از ۱۰درصد و تنها در چند مورد بین ۱۰ تا ۱۶درصد است، می‌توان ساعات آسایش حرارتی در طول سال و نمودار فنگر خروجی نرم‌افزار را ملاک ارزیابی قرار داد.

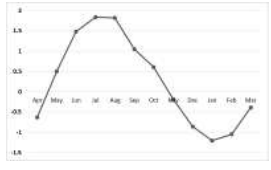
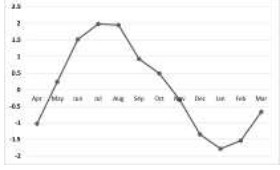
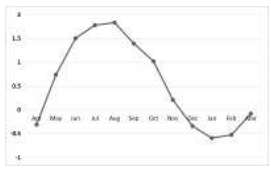
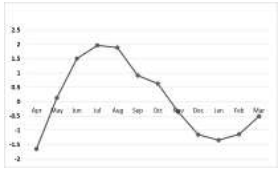
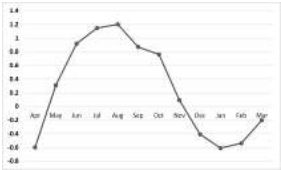
۴. تعیین میزان آسایش حرارتی

یکی از دقیق‌ترین روش‌های تخمین محدودهٔ آسایش شاخصهٔ متوسط نظریات (PMV) است که در ۱۹۷۰ توسط فنگر پیشنهاد شده است. در این روش بسیاری از معیارهای آسایش از قبیل متغیرهای اقلیمی، نوع پوشاک و فعالیت باهم مورد استفاده قرار می‌گیرند و براساس محاسبهٔ میزان تبادل حرارت بین بدن انسان و محیط پیرامونش استوار است. سازمان اشری ۷ درجه متفاوت را برای استاندارد فنگر ارائه داده است:

بسیار گرم	+۳
گرم	+۲
کمی گرم	+۱
متعادل	۰
کمی سرد	−۱
سرد	−۲

در این معیار اعدادی که کمی بالاتر از ۱+ یا کمی پایین‌تر از ۱− باشد، موجب بروز نارضایتی می‌شوند و اعداد بین ۱+ و ۱− در محدودهٔ آسایش قرار می‌گیرند (قیابکلو ۱۳۸۰، ۷۳). با استفاده از شبیه‌سازی فضاها در نرم‌افزار دیزاین بیلدر شاخص PMV در طول سال برای ۶ فضای انتخابی محاسبه شده است و می‌توان دریافت که فضای مورد مطالعه در کدام یک از طبقه‌بندی‌های مذکور قرار می‌گیرد. در جدول زیر PMV هریک از فضاها دیده می‌شود. ملاک ارزیابی ضریب لباس بر مبنای پوشش امروزی ایران، برای فصل تابستان متوسط clo /6 و در فصل زمستان clo 1 در نظر گرفته شده است (حیدری ۱۳۹۳، ۷۲). نوع فعالیت اتاق شاه‌نشین، معادل نشیمن امروزی، اتاق سه‌دری معادل اتاق خواب و زیرزمین معادل کاربری انبار در نظر گرفته شده است.

جدول ۳: PMV خروجی دیزاین بیلدر، اعدادPMV هر ماه برای هر فضا توسط نرم‌افزار دیزاین بیلدر محاسبه شده است.

نام خانه	PMV فنگر ماهانهٔ اتاق شاه‌نشین	PMV فنگر ماهانهٔ اتاق دوم	PMV فنگر ماهانهٔ فضای زیرزمین
خانهٔ تولایی			
خانهٔ نعمتی			

۵. تحلیل داده‌ها

در پاسخ به سؤالات این تحقیق و بررسی آسایش حرارتی در فضاهای داخلی خانه‌های دورهٔ قاجار در شیراز و رابطهٔ عملکرد حرارتی این فضاها با مشخصات معماری آن‌ها، اطلاعات گردآوری‌شده در دو مرحله مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته شده‌اند: در مرحلهٔ اول، رفتار حرارتی هریک از اتاق‌ها در طول سال با مقیاس هفت‌گانهٔ اشری مقایسه شده، و به این صورت نیاز به گرمایش و سرمایش هر اتاق برای هریک از ماه‌های سال مشخص شده است. پس از آن نیز مشخصات فیزیکی فضاها و ارتباط آن‌ها با نحوهٔ آسایش حرارتی در طول سال مورد بررسی قرار گرفته است.

۵. ۱. آسایش حرارتی در طول سال

به‌منظور سهولت در تحلیل رفتار حرارتی فضاها، اعداد شاخص فنگر که در بخش قبلی برای هریک از اتاق‌ها به‌صورت ماهیانه محاسبه گردیدند، توسط نرم‌افزار اکسل در یک جدول جمع‌آوری شده‌اند. همان‌طور که عنوان شد، بنا بر استاندارد اشری ۵۵ اعداد بین ۱+ و ۱− در محدودهٔ دمای قابل قبول قرار دارند و تعیین‌کنندهٔ حدود آسایش حرارتی هستند. در جدول (۴) بنا بر همین استاندارد، اعداد بالاتر از ۱+ به رنگ سبز و اعداد پایین‌تر از ۱− به رنگ آبی نشان داده شده‌اند. همان‌طور که مشاهده می‌شود، شاه‌نشین خانهٔ تولایی چهار ماه سال گرم‌تر از حد آسایش و در دو ماه دی و بهمن سردتر از دمای آسایش است. شاه‌نشین خانهٔ نعمتی تنها چهار ماه سال گرم‌تر از حد آسایش است. اتاق خانهٔ تولایی و اتاق سه‌دری خانهٔ نعمتی هر دو، سه ماه سال گرم‌تر و چهار ماه سردتر از حد آسایش‌اند، درحالی‌که فضای زیرزمین در خانهٔ تولایی تنها دو ماه سردتر از حد آسایش و زیرزمین خانهٔ نعمتی در ماه‌های تیر و مرداد گرم‌تر از حد آسایش است. گفتنی است که در هنگام شبیه‌سازی ساختمان فاقد هرگونه وسیلهٔ خنک‌کننده یا گرم‌کننده در نظر گرفته شده است و اعداد فنگر حاصل تنها در دو ماه سال بالاتر از ۱٫۵ بوده و همگی در گرم‌ترین روزهای سال نیز کمتر از ۲+ هستند.

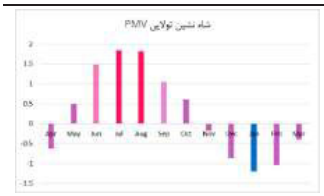
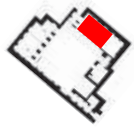
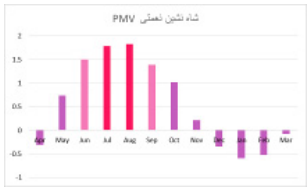
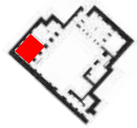
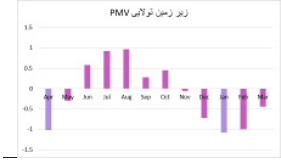
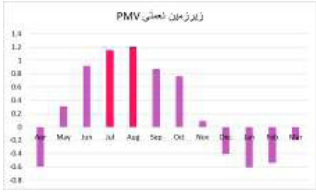
جدول ۴: محدودهٔ آسایش حرارتی فضاها در ماه‌های سال، رفتار حرارتی فضاها با استفاده از شاخص PMV فنگر نشان داده شده است (نگارندگان).

	Mar	Feb	Jan	Dec	Nov	Oct	Sep	Aug	Jul	Jun	May	Apr
شاه‌نشین تولایی												
شاه‌نشین نعمتی												
اتاق تولایی												
اتاق نعمتی												
زیرزمین تولایی												
زیرزمین نعمتی												

۵. ۲. آسایش حرارتی و خصوصیات معماری فضا

برای سهولت در تحلیل رابطهٔ بین خصوصیات معماری فضاهای انتخابی و نتایج حاصل از عملکرد حرارتی اتاق‌ها، در جدول (۵) مشخصات فیزیکی، جهت‌گیری و همجواری (موقعیت در پلان) و مصالح جدارهٔ هر اتاق در کنار نتایج حاصل از PMV در طول سال گردآوری شده است. اعداد مربوط به PMV هر ماه، به‌صورت نمودار میله‌ای ترسیم شده‌اند. رنگ بنفش نشان‌دهندهٔ ماه‌هایی از سال است که با توجه به مقیاس هفتگانهٔ اشری، اتاق در محدودهٔ آسایش قرار دارد. رنگ قرمز نشانگر ماه‌هایی است که گرم‌تر از حد آسایش‌اند و رنگ آبی ماه‌های سردتر از حد آسایش را نشان می‌دهد.

جدول ۵: مقایسهٔ ویژگی‌های فضایی و رفتار حرارتی آن‌ها

نام فضا و جهت قرارگیری آن	مشخصات فضا		نمودار PMV فنگر در طول سال
اتاق شاه‌نشین خانهٔ تولایی **جهت استقرار: شمال بنا**	مساحت: ۱۸ مترمربع مساحت سطح شیشه‌خور: ۷.۵ مترمربع ارتفاع اتاق: ۳.۵ مترمربع مصالح جداره: اندود کاهگل، آجر، خشت، گچ، آینه		
اتاق شاه‌نشین خانهٔ نعمتی  **جهت استقرار: شمال بنا**	مساحت: ۱۶ مترمربع مساحت سطح شیشه‌خور: ۷.۵ مترمربع ارتفاع اتاق: ۳.۵ مترمربع مصالح جداره: اندود کاهگل، آجر، خشت، گچ		
اتاق کنار شاه‌نشین خانهٔ تولایی **جهت استقرار: شمال بنا**	مساحت:۱۱.۵مترمربع مساحت سطح شیشه‌خور: ۲ مترمربع ارتفاع اتاق: ۳ مترمربع مصالح جداره: اندود کاهگل، آجر، خشت، گچ		
اتاق سه‌دری خانهٔ نعمتی  **جهت استقرار: شمال غربی**	مساحت: ۱۲.۵مترمربع مساحت سطح شیشه‌خور: ۲.۵مترمربع ارتفاع اتاق: ۳ مترمربع مصالح جداره: اندود کاهگل، آجر، خشت، گچ		
زیرزمین خانهٔ تولایی **جهت استقرار: شمال بنا**	مساحت: ۱۷ مترمربع مساحت سطح شیشه‌خور: ندارد ارتفاع اتاق: ۲.۵ مترمربع مصالح جداره: اندود کاهگل، آجر، سنگ، ساروج		
زیرزمین خانهٔ نعمتی **جهت استقرار: شمال شرقی** 	مساحت: ۹ مترمربع مساحت سطح شیشه‌خور: ندارد ارتفاع اتاق: ۲.۵ مترمربع مصالح جداره: اندود کاهگل، آجر، سنگ، ساروج		

همان‌طور که مشاهده می‌شود، اتاق شاه‌نشین در مقایسه با دیگر اتاق‌ها بیشترین سطح شیشه‌خور را دارد و اوقات بیشتری از سال دمایی بالاتر از سطح آسایش دارد. شاه‌نشین خانهٔ نعمتی در مقایسه با شاه‌نشین خانهٔ تولایی به‌علت داشتن مساحت کمتر و عدم استفاده از آینه در فضای داخلی، رفتار حرارتی مناسب‌تری را در فصل زمستان دارد. شباهت‌های موجود در مساحت، مصالح و پنجره‌های دو اتاق دیگر انتخابی، موجب شده که عملکرد حرارتی آن‌ها در طول سال نزدیک به هم شود.

زیرزمین خانه‌ها به‌علت مجاور بودن با خاک و همچنین نداشتن سطح شیشه‌خور، در مقایسه با دیگر فضاها در طول سال رفتار حرارتی بسیار مناسبی دارند و زیرزمین خانهٔ نعمتی به‌علت داشتن مساحت کوچک‌تر نسبت به زیرزمین خانهٔ تولایی در مجموع فضای گرم‌تری است.

نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش نشان می‌دهد که طراحی ساختمان‌های مسکونی مورد مطالعه، به‌نحوی صورت پذیرفته که فضاهای داخلی در بیشتر اوقات سال در محدودهٔ آسایش قرار گرفته‌اند. توجه به موارد زیر در طراحی سبب ارتقای آسایش حرارتی در این اتاق‌ها شده است:

نخستین مسئلهٔ مورد توجه ابعاد اتاق در طراحی است. ساده می‌توان گفت هرچه فضا کوچک‌تر باشد، گرمایش و سرمایش در آن راحت‌تر صورت می‌پذیرد.[۱۲] امری که امروزه در طراحی پایدار بسیار مورد توجه است و در اصول معماری ایرانی با عنوان مردم‌واری در فضاهای ساختمان نمایان می‌شود. دومین ویژگی مشترک در فضاهای یادشده مصالح مناسب است. استفاده از خشت، آجر و اندود کاهگل به‌سبب داشتن ظرفیت حرارتی بالا در طول سال موجب ارتقای آسایش حرارتی می‌شود. تعداد و ابعاد پنجره‌ها و باز شوها، همجواری اتاق‌ها و جهت قرارگیری آن‌ها از دیگر موارد مورد توجه در طراحی این اتاق‌هاست که در وضعیت آسایش حرارتی اثرگذارند.

از مقایسهٔ رفتار حرارتی این سه فضا در دو خانه نتیجه می‌شود که فضای زیرزمین به‌دلیل همجواری با خاک (قرار گرفتن در زمین) در طول سال نوسان حرارتی خیلی کمی دارد و در هر دو خانه، فقط از جهت آسایش حرارتی نسبت به دو اتاق دیگر عملکرد مناسب‌تری در طول سال دارد. و بعد از آن اتاق شاه‌نشین به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین فضاهای خانهٔ ایرانی تقریباً در هشت ماه سال به‌لحاظ حرارتی در محدودهٔ آسایش قرار دارد. ابعاد و تعداد پنجره‌های موجود در اتاق شاه‌نشین اگرچه موجب بروز گرمای اضافی در برخی از ماه‌های سال شده است، به‌سبب عملکرد این فضا (به‌عنوان اتاق مهمان و فضای نشیمن) منظر و نور مناسب‌تری نسبت به دیگر اتاق‌ها دارد. و البته دیگر اتاق انتخابی که نیز تقریباً نیمی از سال در محدودهٔ آسایش حرارتی است.

این نحوهٔ عملکرد حرارتی برای ساختمان‌هایی که بیش از صد سال قدمت دارند، بسیار جالب توجه است. نحوهٔ طراحی و ارکان این معماری اثری پیوسته و ماندگار بر فضاهای داخلی و خارجی داشته که پس از گذشت سال‌ها قابل رؤیت است. حفظ، بازسازی و تحقیق در این بناها همواره می‌تواند راهگشای معماران باشد. همان‌طور که در ابتدای این مبحث عنوان شد، کیفیت محیطی داخلی به‌جز آسایش حرارتی به عوامل دیگر همچون نحوهٔ توزیع و کیفیت نور روز، دید و منظر، تهویهٔ مطبوع و کیفیت هوای داخل نیز وابسته است که می‌توانند در آینده مورد تحلیل و بررسی قرار گیرند.

پی‌نوشت‌ها

1. LEED: Leadership in Energy and Environmental Design
2. USGBC: The U.S. Green Building Council
3. Indoor Environmental Quality (IEQ)
4. ASHRAE: American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers
5. Climate Chamber Test and Case Study

۶. محفظه (یا اتاق‌های) اقلیمی، فضاهای بسته‌ای هستند که برای آزمودن تأثیر شرایط آب‌وهوایی کنترل شده بر وضعیت بیولوژیکی، محصولات صنعتی، مواد، و دستگاه‌های الکترونیکی به‌کار برده می‌شوند. هدف این نوع آزمون‌ها در مبحث آسایش حرارتی، تعیین مدل‌های حالت پایدار است. در این روش، افراد را ابتدا در شرایط خاص و کنترل‌شده قرار داده و سپس مورد سؤال قرار می‌گیرند. اما در مطالعات میدانی که دومین روش است، افراد در دنیای واقعی و بدون تغییر شرایط محیطی مورد سؤال واقع می‌شوند.

7. PMV: Predicted Mean Vote
8. SET*: Standard Effective Temperature
9. PET: Physiological Equivalent Temperature

10. Data Logger

۱۱. اتاق پنج‌دری به‌عنوان اتاق مهمان استفاده می‌شده که در خانه‌های با نظام خرده‌پیمون عملکرد اتاق نشیمن را داشته است. در داخل این اتاق تورفتگی کمی بالاتر از سطح زمین بنام شاه‌نشین قرار داشته که در آن، مهمان‌های بزرگ یا بزرگ خانه می‌نشسته‌اند (پیرنیا و معماریان ۱۳۸۲، ۱۵۹). در هر دو نمونهٔ انتخابی اتاق مذکور ابعاد کوچک و عملکرد نشیمن و پذیرایی را داشته، اما ازآنجاکه اصطلاح اتاق شاه‌نشین برای این اتاق‌ها در بین عوام رایج است، در این مقاله از آن استفاده شده است.

۱۲. کوچک بیندیشید یا Smaller is better، امروزه در بسیاری از دیدگاه‌های معماری پایدار به‌عنوان اصول طراحی مطرح شده است. از آن جمله می‌توان به تعریف و اصولی که در دیدگاه کلی ورزناهارت عنوان شده تا یک بنا به‌عنوان نمونه‌ای از یک معماری پایدار طبقه‌بندی شود، اشاره کرد.

«کوچک بیندیشید: خانه‌های کوچک می‌توانند زیبا و دنج و گرم باشند، درحالی‌که خانه‌های بزرگ مقدار بسیار زیادی انرژی و گرما را تلف می‌کنند و به اجبار بایستی از سوخت‌های فسیلی برای گرم‌کردن آن استفاده شود و درنهایت، آلودگی‌های ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی که به هوا وارد می‌شود، معضلات و تخریب‌های زیست‌محیطی را نیز به‌دنبال دارد. همچنین خانه‌های بزرگ مصالح زیادی را مصرف می‌کنند که نتایج و اثرات سوء خاص خود را بر محیط زیست دارند. یک خانه باید در اندازه و سایزی طراحی شود که مورد نیاز و مصرف ساکنان آن باشد. این خانه‌ها با طراحی بسیار دقیق و دیدگاهی طبیعت‌گرایانه، نیازهای یک خانواده را متناسب با قرن ۲۱ برآورده خواهد ساخت.»

منابع

– پیرنیا، محمدکریم و غلامحسین معماریان. ۱۳۸۳. *سبک‌شناسی معماری ایرانی*. تهران: نشر معمار.

– همو. ۱۳۸۲. *آشنایی با معماری اسلامی ایران*. تهران: دانشگاه علم و صنعت ایران.

– حیدری، شاهین. ۱۳۹۳. *سازگاری حرارتی در معماری*. نخستین گام در صرفه‌جویی مصرف انرژی. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

– طاهباز، منصوره. شهربانو جلیلیان، فاطمه موسوی و مرضیه کاظم‌زاده. ۱۳۹۲. نورپردازی طبیعی در خانه‌های سنتی کاشان نمونه موردی: خانهٔ عامری‌ها. *مطالعات معماری ایران* (۴): ۸۷ـ۱۰۸.

– قیابکلو، زهرا. ۱۳۸۶. *آشنایی با نرم‌افزار اکوتکت*. تهران: انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر.

ـ همو. ۱۳۸۰. روش‌های تخمین محدودهٔ آسایش حرارتی. نشریه علمی پژوهشی *هنرهای زیبا* (۱۰): ۶۸–۷۴

ـ معماریان، غلامحسین. ۱۳۷۶. *آشنایی با معماری مسکونی ایرانی گونه‌شناسی درونگرا*. تهران: انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران.

- Al horr,Y, Arif, M Katafygiotou, M Mazroei, A Kaushik and A Elsarrage. 2016. Impact of Indoor Environmental Quality on Occupant Well-being and Comfort: A review of the literature. International Journal of Sustainable Built Environment. 5 (1):1-11

- ASHRAE Standard 55-66. 1966. Thermal Comfort Conditions. New York: America Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers

- Benzinger, T.H. 1979. The physiological basis for thermal comfort. Indoor Climate. Copenhagen: Danish Building Research Institute

- Kibert, C. 2005. Sustainable Construction: Green Building Design and Delivery. Hoboken: John Wiley & Sons

- Matzarakis, A. 2001. Die thermische Komponente des Stadtklimas. Wiss. Ber. Meteorologisches Institut der Universität Freiburg No. 6

- Nicol, J.F. 1993. Thermal Comfort-A Handbook for Field Studies toward an Adaptive Model. London: University of east London

- Olgay, V. 1963. Design with Climate. New Jersey: Princeton University Press

- Prakash Preethi. 2005. Effect of Indoor Environmental Quality on Occupant`s Perception of Performance:a Comparative Study. Florida: University of Florida

- Taleghani, M, M Tenpierik. S Kurvers and A Dobbelsteen. 2013. A review into thermal comfort in buildings. Journal of Renewable and sustainable energy reviews(26): 201-215

- http://www.farschto.ir/contents/sitcon/ancianthome.html

- https://fa.wikipedia.org

-https://shirazed.co.ir

-https://googleearth.com