صفحات ۵ - ۱۴
نشریه هنرهای زیبا - معماری و شهرسازی ● دوره ۲۲ ● شماره ۳ ● پاییز ۱۳۹۶

ایجاد حیاط‌های میانی در بلوک‌های شهری در راستای کاهش مصرف منابع انرژی*
(نمونه موردی: آپارتمان‌های مسکونی کوتاه مرتبه تهران)

زهرا زمانی[۱]، **شاهین حیدری**[۲]، **پیروز حناچی**[۳]**
[۱] دکتری معماری، پردیس های هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
[۲] استاد دانشکده معماری، پردیس های هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
[۳] استاد دانشکده معماری، پردیس های هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
(تاریخ دریافت مقاله: ۹۶/۱/۲۰، تاریخ پذیرش نهایی: ۹۶/۵/۱۸)

چکیده

امروزه با توجه به ضرورت حفظ محیط زیست و منابع تجدیدناپذیر، کاهش مصرف منابع انرژی امری ضروری است. در ابنیه سنتی ایران، حیاط مرکزی همواره یکی از تاثیرگذارترین راهکارهای اقلیمی در راستای ایجاد خرداقلیم بوده است؛ چرا که با افزایش سایه‌اندازی از طریق درختان و جداره‌های بنا، مانع تابش مستقیم آفتاب به بنا می‌شود. هدف پژوهش حاضر، بررسی امکان تغییر شیوه فعلی استقرار بنا در زمین، به گونه‌ایست که حیاط های میانی در بلوک‌های شهری ایجاد گردد و از عملکرد خرداقلیمی این حیاط ها جهت کاهش مصرف منابع انرژی ساختمان استفاده شود. نمونه مورد مطالعه در این پژوهش، آپارتمان های مسکونی تهران می‌باشد. روش تحقیق در این مقاله، ترکیبی از روش‌های شبیه‌سازی، تجربی و استدلال منطقی است. متغیر مستقل در این پژوهش، نسبت سطح به حجم خارجی بنا می‌باشد. در پژوهش حاضر، مدل خطی (وضع موجود) و ۳ مدل دارای حیاط میانی، در نرم‌افزار دیزاین بیلدر شبیه‌سازی شد. نتایج نشان داد فرم حیاط میانی با کمترین نسبت سطح به حجم (حیاط میانی ۳)، باعث کاهش بار سرمایشی در تابستان به میزان ۱۸/۳۵ kWh/m^2 نسبت به وضع موجود شده است. کاهش بار گرمایشی در زمستان نیز ۶/۶۷ kWh/m^2 است.

واژه‌های کلیدی
حیاط مرکزی، خرد اقلیم، مصرف منابع انرژی، عملکرد حرارتی، بلوک شهری.

*این مقاله برگرفته از رساله دکتری نگارنده اول با عنوان: " حیاط میانی، راهکاری اقلیمی در راستای کاهش مصرف منابع انرژی (نمونه موردی: آپارتمان‌های مسکونی کوتاه مرتبه تهران)" می‌باشد که به راهنمایی سایر نگارندگان، به انجام رسیده است.
**نویسنده مسئول: تلفن: ۶۶۴۰۹۶۹۶-۰۲۱، نمابر: ۳۳۹۲۶۹۱۰-۰۲۱، E-mail: hanachee@ut.ac.ir.

مقدمه

در اقلیم گرم و خشک و اقلیم سرد، حیاط مرکزی، یکی از مهم‌ترین و قدیمی‌ترین راهکارهای معماری است(Muhaisen and Gadi, 2005)، که قدمت آن به بیش از ۵۰۰۰ سال می‌رسد و در معماری بومی و سنتی بسیاری از نقاط دنیا به چشم می‌خورد. این فرم‌های اولیه، تاکنون در نقاط مختلف دنیا مورد استفاده قرار گرفته‌اند. کهن الگوی حیاط مرکزی در اقلیم گرم و خشک، در فصل تابستان در طول شب باعث خنک شدن محیط داخلی شده و در هنگام روز سایه فراهم می‌کند(Safarzadeh and Baha-dori, 2005).

در این پژوهش، پس از مرور پیشینه پژوهش‌های انجام‌شده، مدل مرجع جهت انجام شبیه‌سازی‌ها تعریف شده است. سپس مدل‌های پیشنهادی دارای حیاط میانی و مدل مرجع، در نرم‌افزار دیزاین بیلدر مورد شبیه‌سازی قرار گرفته و در نهایت نتایج حاصل از شبیه‌سازی‌ها با یکدیگر مقایسه شد. همچنین به منظور اعتبار سنجی نتایج حاصل از شبیه‌سازی، یک نمونه حیاط مرکزی در تهران مورد برداشت میدانی قرار گرفت.

این پژوهش براساس این پرسش شکل گرفته است که "تغییر شیوه تفکیک زمین به گونه‌ای که حیاط‌های میانی در بلوک‌های شهری مسکونی تهران ایجاد شود، تا چه اندازه بر کاهش مصرف منابع انرژی تاثیر گذار است؟". پژوهش‌های مشابهی در سایر نقاط جهان با هدف احیای الگوی حیاط مرکزی در آپارتمان‌های شهری انجام شده است. این در حالی است که در کلان‌شهر تهران -که بحران انرژی یکی از چالش‌های مهم در آن به شمار می‌رود- مطالعات محدودی در زمینه عملکرد حرارتی حیاط مرکزی صورت پذیرفته است. ازین‌رو، پرسش‌های زیر در راستای پرسش اصلی پژوهش مطرح می‌گردد:

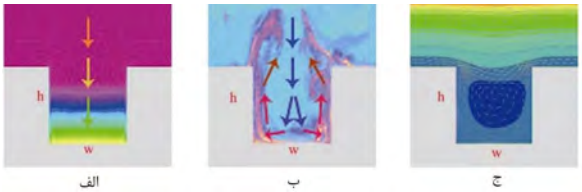
- ایده حیاط‌های میانی در آپارتمان‌های متداول شهری، چگونه توسعه پیدا کرده‌است؟
- در آپارتمان‌های الهام گرفته از معماری حیاط مرکزی در شکل امروزی آنها، تغییرات مصرف انرژی چگونه است؟

در پژوهش حاضر، سامانه جست و جو پسا اثبات‌گرا و راهبرد آن مبتنی بر رویکرد ترکیبی است. راهبرد ترکیبی متشکل از راهبردهای شبیه‌سازی، تجربی و استدلال منطقی برای این پژوهش قابل تعریف است. این پژوهش در دو فاز صورت پذیرفته است. در فاز اول، عملکرد حرارتی بلوک‌های شهری تهران به گونه‌ای که در آنها حیاط میانی به وجود آید مورد مطالعه قرار گرفت. در این فاز، پژوهش شبیه‌سازی به منزله راهبردی جهت انجام تحقیق و تحلیل نوع و روابط میان متغیرهای مستقل و وابسته به کار رفته است. در ابتدا ابعاد نمونه مرجع از منطقه ۷ تهران که در پهنه اقلیمی مورد مطالعه قرار دارد، به کمک GIS انتخاب و محاسبه شد. سپس ۳ چیدمان بلوک شهری دارای حیاط مرکزی و مدل مرجع در دیزاین بیلدر شبیه‌سازی شدند. در نهایت تاثیر حیاط‌های میانی با نسبت سطح خارجی به حجم متفاوت به عنوان متغیر مستقل بر جذب انرژی خورشید، مصرف انرژی، دسترسی به نور روز و الگوی جریان هوا به عنوان متغیرهای وابسته مطالعه شد و با عملکرد حرارتی مدل مرجع مورد مقایسه قرار گرفت. در فاز دوم پژوهش، به منظور اعتبارسنجی نرم‌افزار و شبیه‌سازی‌های انجام شده، از راهبرد تجربی استفاده شده است. راهکارهای مورد استفاده در این فاز از پژوهش شبیه‌سازی و اندازه‌گیری میدانی با استفاده از دیتالاگرهای سنجش دما بوده است. به همین منظور، یک نمونه بنای دارای حیاط مرکزی در تهران انتخاب شد. این بنا یک بار مورد اندازه‌گیری قرار گرفته و یک بار در دیزاین بیلدر شبیه‌سازی شد. در نهایت خروجی نرم‌افزار و اندازه‌گیری با یکدیگر مقایسه شد. پس از انجام شبیه‌سازی مقایسه میان اطلاعات نهایی و تحلیل نتایج با استفاده از راهبرد تحقیق استدلال منطقی صورت گرفته است.

۱- پیشینه پژوهش

تحقیقات متعددی که بر روی حیاط‌های مرکزی در ابنیه سنتی صورت پذیرفته، نشان داده‌اند در این بناها، جریان هوا از طریق تهویه طبیعی که معمولاً به سبب فشار منفی هوا (مکش)، ایجاد می‌گردد، اتفاق می‌افتد. همچنین در اقلیم گرم و خشک (Al-Hemiddi and Megren Al-Saud, 2001; Al-Mumin, 2001; Rajapaksha, Nagai and Okumiya, 2003; Ratti, Raydan and Steemers, 2003)، تعامل فاکتورهای مختلف مانند هندسه حیاط مرکزی، تعیین کننده رفتار ترمودینامیک و توزیع دما در حیاط مرکزی است(Tablada et al., 2009). به این ترتیب، ساختار توزیع دمای پیچیده‌ای در حیاط مرکزی ایجاد می‌شود که علل فیزیکی اصلی آن به شرح زیر است:

۱. لایه بندی: زمانی که دیوار خنک‌تر از هوای نزدیک به آن است، دمای هوا کاهش می‌یابد. در نتیجه، چگالی هوا افزایش یافته و به سمت لایه‌ی پایین‌تر حرکت می‌کند. این فرایند تا رسیدن



تصویر۱- سه الگوی جریان هوا در حیاط مرکزی.

به دمای پایدار محیط ادامه می‌یابد (شکل الف در تصویر۱).

۲. همرفت: زمانی که دیوار از هوای اطراف آن گرم‌تر است، دمای هوای مجاور آن در نتیجه‌ی اثر تابش افزایش می‌یابد. با بالا رفتن هوای نزدیک دیوار گرم و جایگزینی آن با هوای خنک، یک جریان همرفت بوجود می‌آید (شکل ب در تصویر۱).

۳. چرخش هوا: فاکتور کلیدی دیگر در درک رفتار ترمودینامیک حیاط مرکزی، مربوط به جریان هواست. الگوهای جریان و در نتیجه توزیع دما، وابسته به نسبت ارتفاع به عمق (D=H/w) حیاط مرکزی است، همانطور که در شکل ج تصویر۱ مشخص است، در صورتی که این نسبت بین ۰/۳ تا ۱ باشد، چرخش هوا در حیاط مرکزی اتفاق می‌افتد که یکی از فاکتورهای تاثیرگذار بر ایجاد خرداقلیم در حیاط مرکزی است(Rojas, Galán-Marín and Fernández-Nieto, 2012). لازم به ذکر است در پژوهش حاضر، به منظور ایجاد خرداقلیم، نسبت فوق در مدل‌های دارای حیاط میانی رعایت شده‌است.

دسته‌ای از مقالات، عملکرد خرداقلیمی حیاط مرکزی را مورد مطالعه قرار داده‌اند. به عنوان مثال در پژوهشی، قابلیت خنک‌کنندگی حیاط مرکزی در یک منطقه گرم و خشک در لس‌آنجلس ارزیابی شد. در این پژوهش، از راهبرد تجربی و راهکار اندازه‌گیری میدانی استفاده شده‌است. محقق در ابتدا دمای حیاط مرکزی را نسبت به فضاهای پیرامون آن مقایسه نمود و نشان داد که حیاط، خنک‌تر از فضاهای اطرافش است. او همچنین دریافت که حیاط مرکزی از خیابان بیرون در طول روز خنک‌تر است (Fardeheb, 2007). در پژوهشی دیگر، میر و همکارانش، دو حیاط مرکزی نیمه محصور در صحرای نگب اسرائیل را در چهار روز نمونه در تابستان، زمستان و پاییز مورد اندازه‌گیری قرار دادند. نتایج نشان داد که دمای حیاط مرکزی ۲ تا ۳ درجه سانتیگراد پایین‌تر از دمای هوای محیط بود. آنها دریافتند که جهت‌گیری مناسب حیاط مرکزی می‌تواند رفتار حرارتی آن را بهبود بخشد، در حالی که جهت‌گیری نادرست می‌تواند سبب کاهش آسایش حرارتی در حیاط مرکزی شود (Meir et al., 1995, 565). طالقانی و همکاران، آسایش حرارتی خارجی سه فرم منفرد، خطی و حیاط مرکزی را در گرم‌ترین روز در آب و هوای معتدل هلند با هم مقایسه کرده‌اند. این تحقیق نشان داد که مدت تابش مستقیم خورشید و دمای متوسط تابشی، که تحت تاثیر مورفولوژی شهری هستند، موثرترین فاکتور در آسایش حرارتی فضای باز هستند. آنها همچنین دریافتند که حیاط مرکزی، مطلوب‌ترین خرد اقلیم را در مقایسه با سایر اشکال شهری فراهم می‌کند (Taleghani et al., 2015, 78).

خرد اقلیم ایجاد شده در حیاط مرکزی، به سبب سایه‌اندازی جداره‌ها و کاهش نسبت سطح خارجی به حجم، باعث ارتقای عملکرد حرارتی به ویژه در اقلیم گرم و خشک می‌شود. ازاین رو، دسته دیگری از مقالات، عملکرد حرارتی حیاط مرکزی را مورد بررسی قرار داده‌اند. در پژوهشی از المسری و ابوحیجله (Al-Masri and Abu-Hijleh, 2012)، مصرف منابع انرژی و دسترسی به نور روز در ساختمان‌های حیاط مرکزی در دبی مورد مطالعه قرار گرفت. این تحقیق در سه بخش انجام شد. ابتدا، ساختمان‌های معمولی با ساختمان‌های دارای حیاط مرکزی مقایسه شدند. سپس تاثیر تعداد طبقات، نوع شیشه، ضخامت دیوار و نوع عایق و ضخامت آن بر عملکرد یک ساختمان دارای حیاط مرکزی مطالعه شد. در مرحله بعد مدل نهایی حیاط مرکزی با بهینه‌ترین فاکتورهایی که در مرحله دوم مورد بررسی قرار گرفتند، شبیه سازی شد. این مقاله نشان داد که مصرف منابع انرژی ساختمان با حیاط مرکزی۶/۹ درصد کمتر از نوع معمول است. علاوه بر آن مشخص شد، مدل بهینه‌شده‌ی حیاط مرکزی، سبب کاهش ۱۱/۱۶ درصدی در مصرف منابع انرژی سالانه در مقایسه با مدل مرجع می‌شود. همچنین آنها دریافتند دسترسی به نور روز در ساختمان دارای حیاط مرکزی بهتر از انواع معمول در طول روزهای مورد آزمایش زمستان و تابستان بوده است. راهبرد تحقیق در این پژوهش شبیه‌سازی است و نرم افزار مورد استفاده، (IES-VE) می‌باشد. نکته قابل توجه در پژوهش حاضر، مطالعه جامع و کامل مدل حیاط مرکزی با مصالح امروزی در ۳ مرحله و مقایسه آن با ساختمان‌های متداول در دبی می‌باشد. همچنین مطالعات پارامتریک بسیاری در زمینه تاثیر فرم و تناسبات حیاط مرکزی بر مصرف منابع انرژی در بنا انجام شده‌است(Aldawoud, 2008; Taleghani et al., 2014). فاکتورهای طراحی مانند تناسبات و جهت‌گیری، از عوامل تاثیرگذار بر مصرف منابع انرژی ساختمان‌های حیاط مرکزی می‌باشند. پژوهشی در یک منطقه بیابانی در مصر نشان داد که هندسه‌ی حیاط مرکزی و جهت‌گیری آن، مهم‌ترین فاکتورهای طراحی هستند که بر مصرف منابع انرژی ساختمان دارای حیاط مرکزی اثر می‌گذارند (Hassan, 2012). موهایسن و گادی (Muhaisen and Gadi, 2006)، اثرات تغییر تناسبات حیاط مرکزی بر مصرف منابع انرژی را در روم مورد مطالعه قرار دادند. آنها نشان دادند که سایه‌اندازی جداره‌ها در حیاط مرکزی، سبب کاهش بار سرمایش تا ٪۴ در تابستان می‌شود، در حالی که سبب افزایش بار گرمایشی بنا تا ۱۲ درصد می‌شود. بنابراین آنها به این نتیجه رسیدند که در این اقلیم، جذب نور خورشید در زمستان به مراتب مهم‌تر از سایه‌اندازی در تابستان است. راهبرد این تحقیق، شبیه‌سازی بوده و در آن از نرم‌افزار انرژی پلاس استفاده شده است.

ایجاد حیاط‌های میانی در چیدمان بلوک‌های شهری

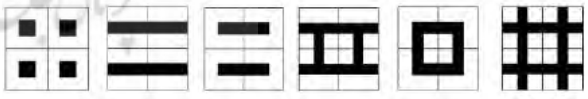
در راستای پرسش دوم مقاله حاضر، پیشینه پژوهش در زمینه احیای الگوی حیاط مرکزی در آپارتمان‌های مسکونی امروزی مطالعه شد. به عنوان مثال مارتین و مارچ مسئله‌ای را در دانشگاه کمبریج مطرح کردند؛ اینکه کدام فرم از بلوک‌های شهری به بهترین شکل از زمین استفاده می‌کند. آنها این پرسش را در مجموعه‌ای از مقالات در اواخر دهه ۱۹۶۰ مطرح کردند. آنها بر اساس ساختارهای اولیه‌ی ساختمانی، شش فرم بلوک شهری را انتخاب کردند. پس از تحلیل و مقایسه جزئی ظرفیت ساخت و مقدار دسترسی به نور روز به این نتیجه رسیدند که

ساختمان‌های دارای حیاط مرکزی، بهترین الگوی بهره‌گیری از زمین هستند. مقالات متعددی پس از طرح این پرسش نوشته شد که به دنبال پاسخی برای آن بودند (Ratti et al., 2003, 59).

فرم بلوک‌های شهری که مارتین و مارچ مطالعه کردند، توسط محققان بسیاری که به تأثیر شکل شهری بر عملکرد حرارتی ساختمان علاقه‌مند بودند، مورد بررسی قرار گرفت. سوال اصلی این بود که آیا رفتار حرارتی این شکل‌ها نیز می‌تواند عامل اصلی انتخاب یکی از آنها باشد. به عنوان مثال استیمرس و همکارانش، به رابطه میان خرد اقلیم‌های شهری و شکل ساختمان‌ها علاقمند بودند. آنها فرم‌های مارتین و مارچ را استفاده کرده و رابطه میان تراکم ساختمان‌ها و مصرف انرژی را مورد بررسی قرار دادند. آنها نتیجه گرفتند که خانه‌های دارای حیاط مرکزی، بهترین پاسخ را به شرایط اقلیمی شهرلندن دارند (Steemers et al., 1997, 30).

براساس مطالعات رتی، شکل‌های مارتین و مارچ، شکل‌های بسیار ساده‌ای هستند و در عمل چنین شکل‌های ساده‌ای وجود ندارند. درنتیجه آنها تصمیم گرفتند که یک بافت شهری موجود را مورد مطالعه قرار داده و میزان سطح به حجم ساختمان در رابطه با دسترسی به نورخورشید، قرارگیری در سایه و دید به آسمان را مورد بررسی قرار دهند. آنها این‌گونه نتیجه‌گیری کردند که بهترین شکل ممکن، تنها در بافت اقلیمی که در آن قرار می‌گیرد، قابل بررسی است. مطالعات آنها نشان داد که در اقلیم گرم و خشک، بلوک‌های شهریِ دارای حیاط مرکزی، بهترین پاسخ به عوامل اقلیمی (تراکم سایه، دسترسی به نور روز و دید به آسمان) را دارا هستند، در حالی‌که این ساختمان‌ها در اقلیم گرم و مرطوب مناسب نمی‌باشد. همچنین آنها تاکید کردند که تناسبات ساختمان، عامل تعیین‌کننده‌ای بر رفتار حرارتی آنها می‌باشند و هر حیاطی با هر تناسبات، الزاماً بهترین پاسخ به شرایط اقلیمی نیست. شکل یک ساختمان و بناهای اطراف آن، بیشترین تأثیر را در دسترسی به انرژی خورشیدی دارند (Ratti et al., 2003, 59).

در همین راستا، طالقانی و همکاران، عملکرد حرارتی سه فرم منفرد، خطی و حیاط مرکزی را در گرم‌ترین روز در آب و هوای معتدل هلند با هم مقایسه کرده‌اند. در این پژوهش، مصرف سالیانه منابع انرژی و انرژی مورد نیاز روشنایی در سه فرم با یکدیگر مقایسه شد. هر سه فرم، در سه حالت یک، دو و سه طبقه شبیه‌سازی شدند. نتایج، اهمیت تاثیر نسبت سطح به حجم بر مصرف سالیانه منابع انرژی را نشان داد. همچنین با افزایش طبقات در فرم حیاط مرکزی، بار گرمایشی بنا کاهش و بار سرمایشی آن افزایش می‌یابد. روش مورد استفاده در این پژوهش شبیه‌سازی بوده و از نرم‌افزار دیزاین بیلدر استفاده شده است (Taleghani et al., 2013).

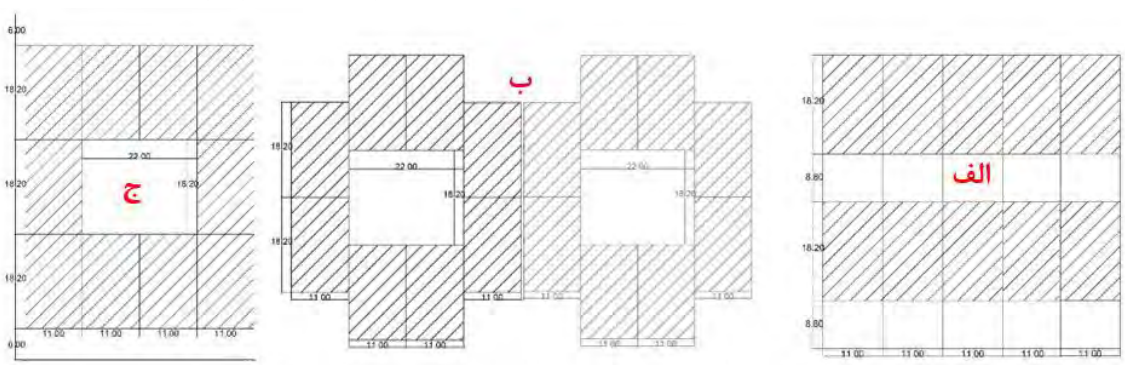


تصویر ۲- شش حالت شکل‌های مختلف ساختمان‌ها در کنار یکدیگر.
ماخذ: (Ratti et al., 2003, 59)

۱-۱- فاز اول: شبیه‌سازی عملکرد حرارتی مدل‌ها

مطالعه پژوهش‌های رتی و همکاران (Ratti et al., 2003, 59) و همچنین استیمرس و همکاران (Steemers et al., 1997, 30) نشان داد احیای الگوی حیاط مرکزی در بافت‌های شهری فشرده امروزی، نیازمند بازنگری در چیدمان بلوک‌های شهری مسکونی است (در راستای پرسش دوم پژوهش).

از طرفی پژوهش طالقانی و همکاران (Taleghani et al., 2013) و المسری و ابوحیجله (Al-Masri and Abu-Hijleh, 2012) نشان داد بهره‌گیری از این الگو در اقلیم‌های متفاوت، مصرف انرژی را به میزان قابل ملاحظه‌ای نسبت به مدل‌های فاقد حیاط میانی کاهش می‌دهد (در راستای پرسش سوم پژوهش). از این‌رو در پژوهش حاضر نیز با بهره‌گیری از همین رویکرد، ۳ بلوک شهری پیشنهاد و در نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر شبیه‌سازی شده و با بلوک‌های شهری فعلی تهران مقایسه شده‌اند. از آنجا که در اکثر مطالعاتی که تاکنون بر روی موضوع پژوهش حاضر انجام شده است، شکل‌های مورد مطالعه به طور معمول به صورت فرضی و به دور از واقعیت انتخاب گردیده‌اند، برای جلوگیری از این موضوع و قابل استفاده بودن نتایج، ابعاد نمونه مرجع از میانگین قطعه‌های موجود در بلوک‌های مسکونی منطقه ۷ تهران انتخاب شد. دلیل انتخاب منطقه ۷، دارا بودن بافت فرسوده، سابقه سکونت شهری طولانی و تثبیت ساختار شهری و قرارگیری آن در محدوده اقلیمی مورد مطالعه می‌باشد. میانگین مساحت قطعه‌های مسکونی واقع شده در این منطقه، ۲۸۴/۵ مترمربع می‌باشد. همچنین کشیدگی غالب آنها شمالی جنوبی است ولی در قسمت‌های جنوبی و شرقی منطقه به سمت شمال شرقی و جنوب غربی می‌باشد.



تصویر ۳- الف) مدل خطی (مرجع)، ب) حیاط میانی ۱ و ۲ و ج) حیاط میانی ۳.

همان‌طور که در تصویر ۳ مشخص است، در مدل‌های پیشنهادی، مکان قرارگیری توده ساختمان درون سایت به گونه‌ای در نظر گرفته شده که حیاط‌های میانی ۳ و ۴ طرفه در بلوک شهری ایجاد شود. هر سه مدل دارای سطح اشغال، ارتفاع، مصالح و جهت‌گیری یکسان هستند. چهار حالت قرارگیری ساختمان‌ها در یک بلوک شهری که در نرم‌افزار دیزاین بیلدر شبیه‌سازی شده عبارت‌اند از: مدل خطی (مرجع)، حیاط میانی۱، حیاط میانی ۲، حیاط میانی ۳. این ۴ حالت قرارگیری، شامل ۱۰ قطعه به ابعاد ۱۱ در ۱۷/۵ متر در نظر گرفته شده است. این ابعاد بر اساس قانون ۶۰٪+۲ شهرداری از ابعاد میانگین قطعه‌های منطقه ۷ به دست آمده است. در حیاط میانی ۱و۲ علاوه بر حیاط میانی ۴ طرفه از مجاورت ۲ بلوک شهری، حیاط‌های ۳ طرفه در دو طرف بلوک‌ها ایجاد می‌شود.

ضریب انتقال حرارت مصالح انتخاب شده برای دیوارهای خارجی، در روند شبیه‌سازی برابر۰/۶۴ و مقدار آن برای بام، ۰/۳۱ منظور شده است، که مطابق با مبحث ۱۹ ساختمان می‌باشد. ۲۷ درصد مساحت پوسته نمای ساختمان با شیشه پوشیده شده است. درجه حرارت شروع گرمایش[1] و سرمایش[2] ساختمان، به ترتیب ۲۳ و ۲۷ درجه سانتیگراد بر اساس مطالعات انجام شده بر آسایش حرارتی افراد در تهران در روند شبیه‌سازی استفاده گردید (صنایعیان، ۱۳۹۳، ۷۶). این چهار مدل، به صورت ۴ طبقه روی همکف با سطح اشغال، مشخصات مصالح، سیستم تاسیسات، برنامه زمان‌بندی و تنظیمات نرم‌افزاری یکسان شبیه‌سازی شده‌اند. مدل خطی یا مرجع، همان ترکیب‌بندی وضع موجود بلوک‌های شهری تهران است. لازم به ذکر است حیاط میانی۲، همان فرم حیاط میانی ۱ می‌باشد با این تفاوت که پنجره‌های غربی و شرقی آن از اطراف حیاط میانی۴ طرفه حذف شده و نورگیری فقط از جبهه شمالی و جنوبی حیاط ۴ طرفه صورت می‌گیرد. دلیل حذف پنجره‌های غربی و شرقی در حیاط میانی ۲ نسبت به مدل حیاط میانی ۱، تحلیل تاثیر پنجره‌های این دو جبهه بر میزان مصرف انرژی می‌باشد.

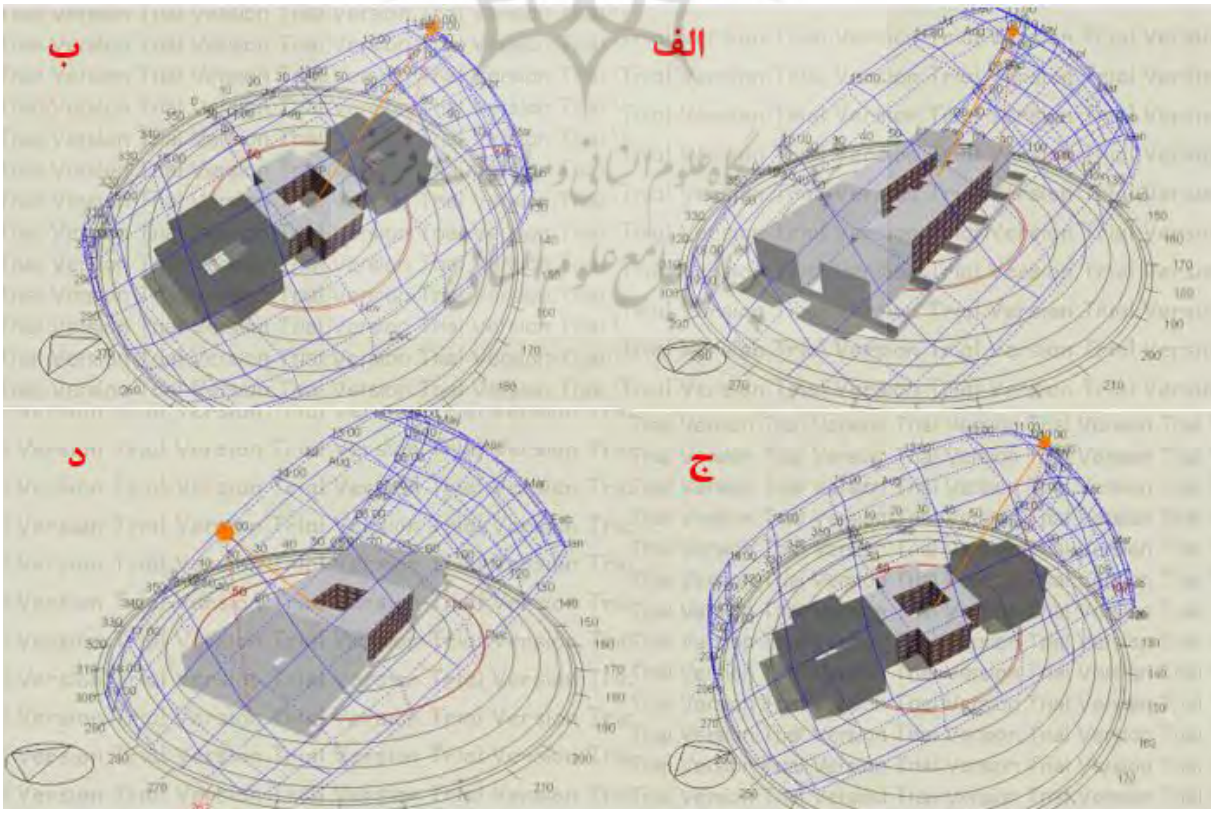
با توجه به پژوهشی که طالقانی و همکاران انجام دادند، نسبت سطح به حجم، یکی از عوامل موثر در مصرف منابع انرژی ساختمان است (Taleghani et al., 2013). همان‌طور که در جدول ۱ مشخص است، آنچه در شکل‌های مورد مطالعه با یکدیگر تفاوت دارد، نسبت سطح خارجی به حجم بنا است.

۱-۱-۱- میزان دریافت خورشیدی[3] در مدل‌ها

همانطور که در نمودار ۱ مشخص است، فرم حیاط میانی ۱ که نسبت سطح به حجم بیشتری دارد، علیرغم داشتن جداره‌های سایه‌انداز پیرامون حیاط سه‌طرفه و چهارطرفه، در تابستان (از جولای تا اگوست) بیشترین دریافت تابش خورشید را دارد. حیاط میانی ۲ به سبب نداشتن پنجره‌های غربی و شرقی

جدول ۱- نسبت سطح به حجم در ۴ مدل مورد مطالعه.

	مدل خطی	حیاط میانی ۱و۲	حیاط میانی ۳
نسبت سطح خارجی به حجم بنا	۴/۸	۴/۹	۴/۱

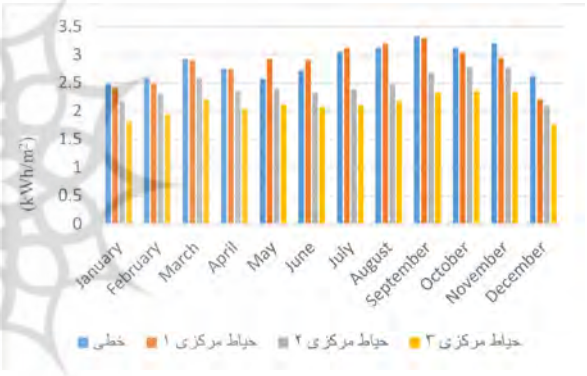


تصویر۴- الف) مدل خطی، ب) حیاط میانی۱، ج) حیاط میانی ۲ و د) حیاط میانی ۳ (شبیه‌سازی شده در نرم‌افزار دیزاین بیلدر).

پیرامون حیاط مرکزی و سایه‌اندازی حیاط‌های سه و چهار طرفه، دریافت تابش کمتری نسبت به فرم خطی و حیاط میانی ۱ در تابستان دارد. فرم محصور حیاط میانی ۳ که کمترین نسبت سطح به حجم و همچنین بیشترین محافظت در برابر تابش آفتاب را دارد، کمترین دریافت تابش را در تابستان دارد. این در حالی است که در فصل سرد که نیاز به دریافت تابش خورشید بیشتر است، با افزایش نسبت سطح به حجم، دریافت تابش خورشید نیز بیشتر می‌شود.

۱-۱-۲- الگوی جریان هوا در مدل‌ها

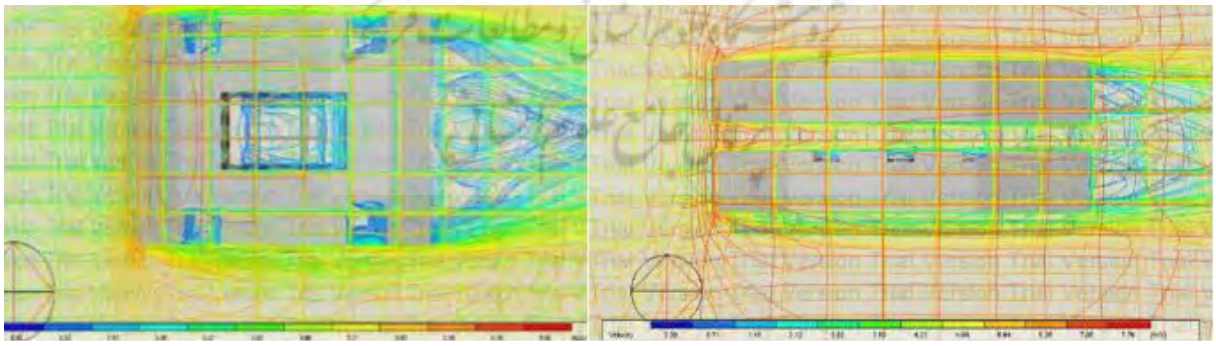
پیش‌بینی الگوی جریان هوای اطراف یک ساختمان، از آن جهت که به عوامل متعددی بستگی دارد، امری بسیار دشوار است. به منظور نشان دادن تاثیر فرم بر جریان هوای اطراف ساختمان، مدل‌ها به کمک CFD شبیه‌سازی شدند. تراکم خطوط، الگوی جریان هوا را نشان می‌دهد. همان‌گونه که در تصویر۴ ملاحظه می‌شود، در حیاط میانی شماره ۱و ۲، بیشترین میزان خطوط جریان هوا در مجاورت بنا وجود دارد. لازم به ذکر



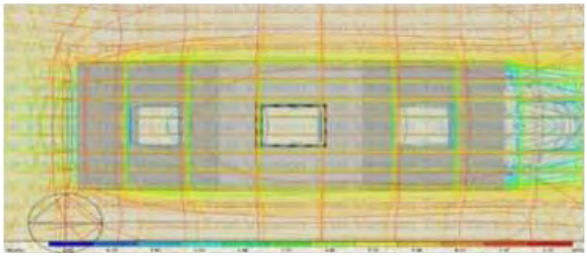
نمودار۱- دریافت ماهانه تابش خورشید.

است حیاط میانی ۱و۲، بیشترین نسبت سطح به حجم و اختلاف سطوح در جداره خارجی بنا را دارد. به این ترتیب حیاط میانی ۱ و۲، در زمستان بیشتر در معرض باد سرد قرار دارد. همچنین در داخل حیاط‌های میانی ۴ طرفه، چرخش هوا به وجود آمده که الگوی جریان هوای مجزایی در داخل حیاط ایجاد نموده‌است. این مسئله باعث تقویت تهویه بهتر فضاهای گرداگرد حیاط شده و مکانیسم توزیع دمای متفاوتی از محیط خارج را فراهم کرده‌است. بر اساس پژوهش انجام شده توسط روجاز و همکاران (Rojas, Galán-Marín and Fernández-Nieto, 2012)، چرخش هوا، یکی از عوامل تاثیرگذار در ایجاد خرداقلیم در داخل حیاط‌های مرکزی می‌باشد. الگوی چرخش هوا در فرم حیاط میانی ۳ نیز دیده می‌شود. تراکم خطوط جریان هوا در حیاط میانی۳، کمتر از فرم خطی و حیاط میانی ۱و۲ می‌باشد. این مسئله باعث کاهش هم‌جواری مستقیم بنا با باد سرد زمستان می‌شود (تصویر ۵ و ۶).

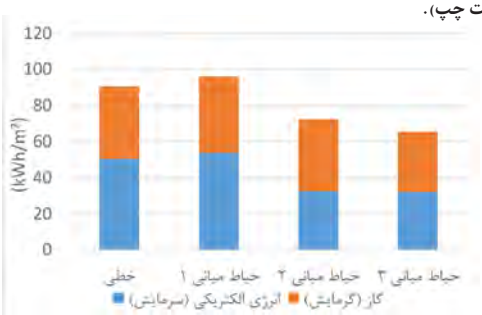
مصرف منابع انرژی جهت سرمایش بنا نیز با افزایش نسبت سطح به حجم ساختمان افزایش یافته و همانطور که در نمودار۲ مشخص است، چیدمان حیاط میانی ۳ با اختلاف kWh/m^2 ۱۸/۳۵ نسبت به مدل خطی، کمترین میزان مصرف منابع انرژی در تابستان را دارد و حیاط میانی ۱ با اختلاف kWh/m^2 ۳/۱۶ از مدل خطی، بیشترین میزان بار سرمایشی را دارد. حیاط میانی۱ با اختلاف kWh/m^2 ۲/۳۸ نسبت به مدل خطی، بیشترین مصرف انرژی گرمایش در زمستان را دارد. حیاط میانی۳ با اختلاف kWh/m^2 ۶/۶۷ از فرم خطی، کمترین میزان مصرف منابع انرژی جهت گرمایش ساختمان در زمستان را دارد. به این ترتیب حیاط میانی ۳، که کمترین نسبت سطح به حجم را دارد، با اختلاف kWh/m^2 ۲۵/۰۲ نسبت به مدل خطی، کم‌ترین میزان مصرف سالانه منابع انرژی را دارد.



تصویر۵- الگوی جریان هوا در اطراف ساختمان در مدل خطی (سمت راست) و حیاط میانی ۱و۲ (سمت چپ).



تصویر۶- الگوی جریان هوا در اطراف ساختمان در حیاط میانی ۳ (CFD).

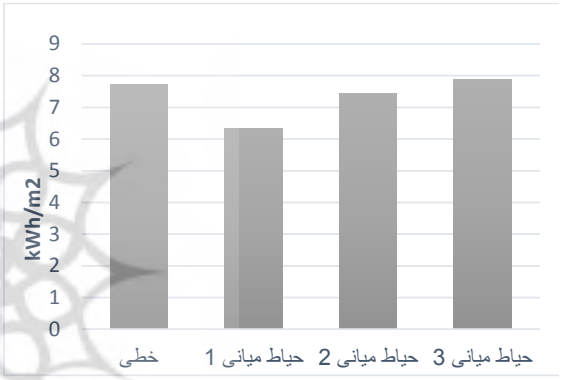


نمودار ۲- میزان مصرف منابع انرژی جهت سرمایش و گرمایش در تابستان و زمستان.

۱-۱-۳- دسترسی به نور روز در مدل‌ها

از منظر میزان مصرف منابع انرژی برای روشنایی، شکل حیاط میانی ۱ با توجه به این نکته که علاوه بر فضای باز میانی، حیاط‌های ۳ طرفه نیز دارد، نورگیری بیشتری نسبت به سایر چیدمان‌ها دارد. به این ترتیب، کمترین میزان مصرف منابع انرژی برای روشنایی را نیز دارد. حیاط میانی شماره ۲، به دلیل حذف پنجره‌ها از جداره غربی و شرقی رو به حیاط میانی، مصرف منابع انرژی روشنایی بیشتری نسبت به حیاط میانی ۱ دارد. همچنین حیاط میانی۳ با اختلاف جزئی از فرم خطی، بیشترین مصرف منابع انرژی برای روشنایی را دارد (نمودار ۳).

همان طور که در تصویر ۷ مشخص است، چیدمان حیاط میانی شماره ۱، به دلیل داشتن بیشترین جداره نورگیر اطراف حیاط‌های ۳ و ۴ طرفه، بالاترین میزان دسترسی به نور روز را در میان ۴ چیدمان مورد مطالعه دارد و میزان نقاط تاریک در آن به حداقل می‌رسد.



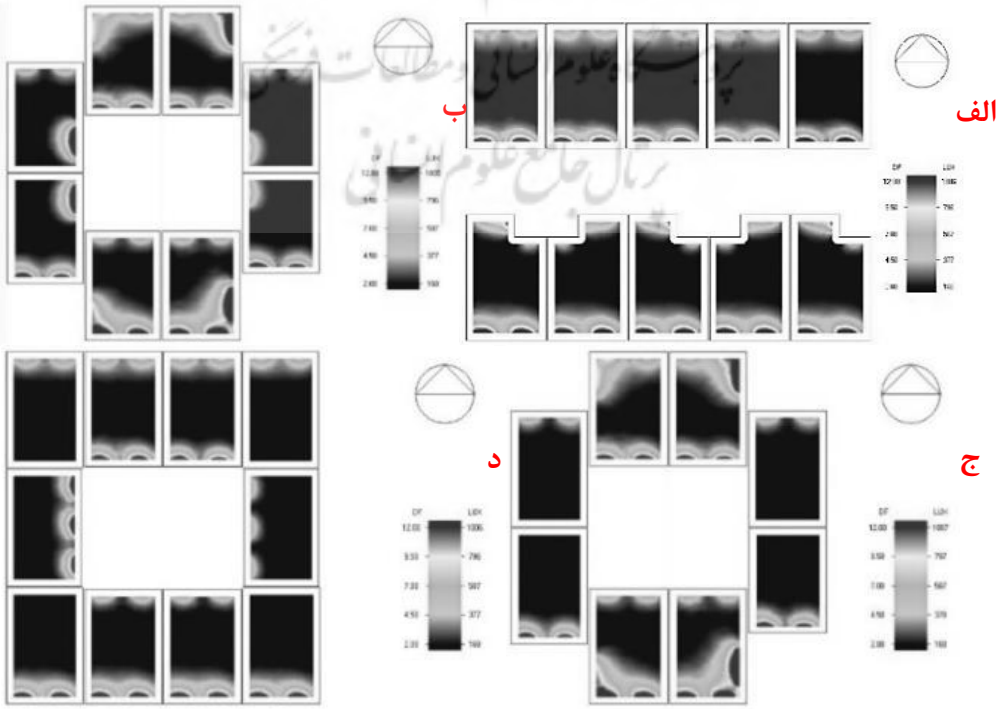
نمودار۳- میزان مصرف منابع انرژی سالیانه جهت روشنایی.

۱-۲- فاز دوم: اعتبارسنجی شبیه‌سازی‌ها

نرم‌افزار دیزاین بیلدر، در معتبرترین دانشگاه‌های دنیا از جمله دانشگاه هاروارد تدریس می‌گردد و در پژوهش‌های متعددی مورد استفاده و اعتبارسنجی قرار گرفته است (Andarini, 2014; Lapinskiene et al., 2013; Rahman et al., 2010; Taleghani et al., 2014). در این مقاله، از روش تجربی جهت اعتباربخشی به نتایج شبیه‌سازی استفاده شد. به این منظور، دمای ۳ نقطه داخل حیاط برداشت شد و دمای داخلی بنا با دمای محاسبه‌شده در نرم‌افزار مقایسه شده است.

از آنجا که بلوک شهری دارای حیاط مرکزی (مشابه مدل‌های پیشنهادی) در تهران موجود نمی‌باشد، یکی از ابنیه سنتی موجود در تهران که دارای حیاط مرکزی است به عنوان نمونه جهت اعتبارسنجی نرم‌افزار انتخاب شد. این بنا حوزه علمیه معمارباشی است که متعلق به دوره قاجار می‌باشد و محل آن واقع در خیابان امامزاده یحیی است. همچنین ابعاد آن ۲۸ در۴۲ متر می‌باشد، که در میانه آن حیاطی به ابعاد ۱۱ در ۱۷/۱ قرار داد. در ابتدا بر اساس نمودار زمانی دمای تهران، که از نرم‌افزار مشاور اقلیم استخراج شد، محدوده فصل گرم و سرد مشخص شد. بر همین اساس برداشت میدانی و شبیه‌سازی طی ۷ روز در فصل گرم از ۱۰ تا ۱۶ تیر و ۷ روز در فصل سرد مصادف با ۱۵ تا ۲۲ دی ماه صورت پذیرفت و نتایج آن در ادامه در قالب نمودارهایی ارائه شد.

به منظور مقایسه دمای محاسبه‌شده در نرم‌افزار و برداشت میدانی نقطه شماره ۱، در داخل بنا انتخاب شد. همچنین نقطه شماره ۲، در حیاط به منظور مقایسه دمای برداشت شده از حیاط و محیط داخل انتخاب شد. نقطه شماره ۳ نیز جهت



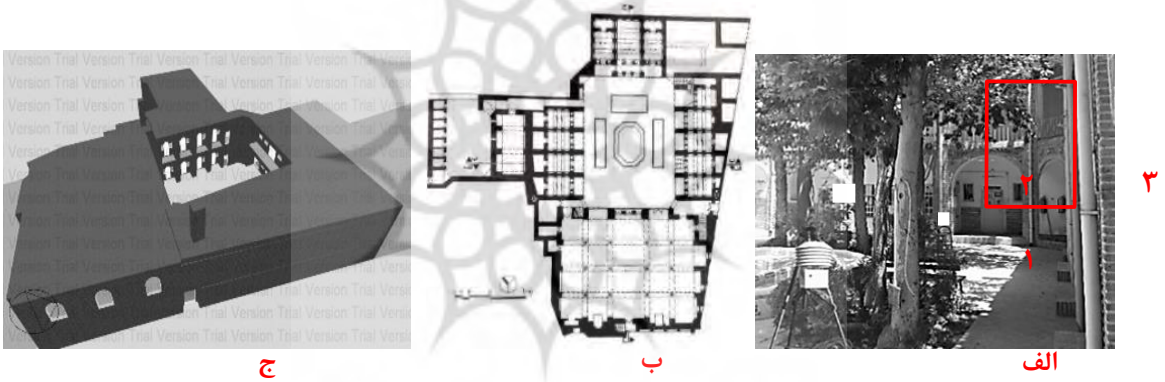
تصویر۷- دسترسی به نور روز در فرم خطی (الف)، حیاط میانی۱ (ب)، حیاط میانی۲ (ج) و حیاط میانی ۳ (د).

ثبت دمای خارج از حیاط انتخاب شد (تصویر ۸ الف). برداشت میدانی از نقطه ۲ با استفاده از دستگاه دیتا لاگر (هوگ-۵۵۰)[۴] انجام شد که به صورت اتوماتیک، اطلاعات مربوط به دمای هوا را منظم و با فاصله ۳۰ ثانیه ضبط می‌کند. دمای نقطه ۱و ۳ نیز با استفاده از ۲ عدد دیتالاگر (کیمو KH-۵۰) [۵] برداشت شد.

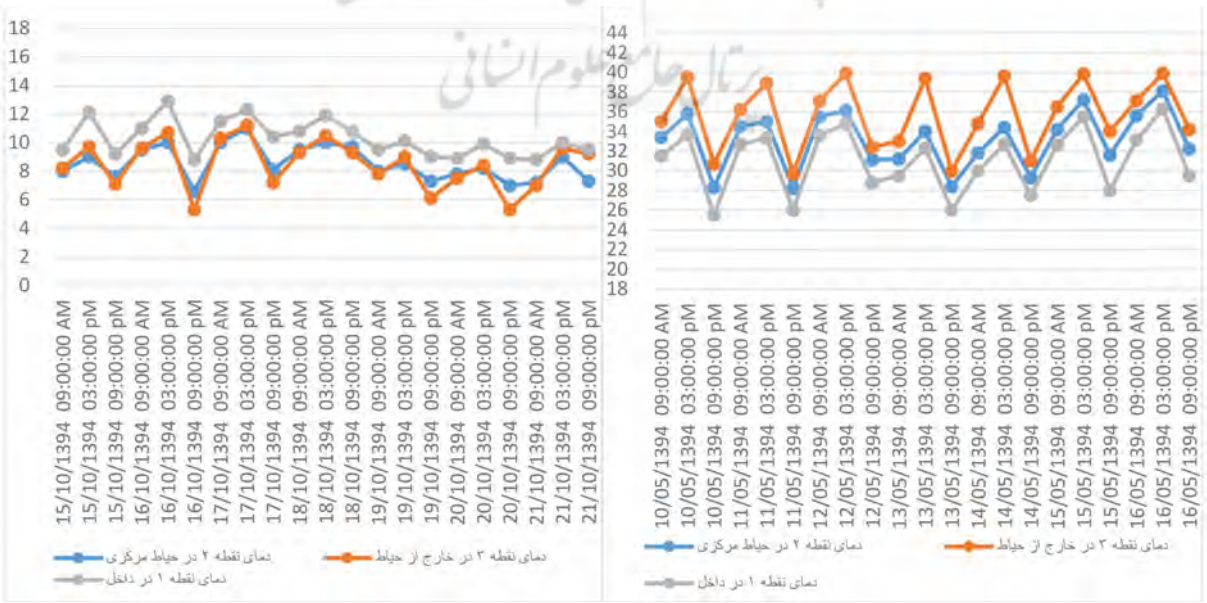
همانطور که در نمودار۴ مشخص است، دمای نقطه ۲ در حیاط مرکزی، اختلاف قابل ملاحظه‌ای با دمای نقطه ۳ در محیط خارج دارد. این اختلاف در گرم‌ترین ساعات روز به ۴/۹ درجه سانتیگراد نیز می‌رسد. دلیل این کاهش دما در درجه اول، سایه‌اندازی دیواره‌های حیاط مرکزی و درختان داخل حیاط بر فضای داخلی حیاط است. همچنین گیاهان موجود در حیاط و حوض آب از طریق فرآیند تبخیر نیز باعث کاهش بیشتر دما در حیاط شده‌اند. از طرفی این کاهش دما در حیاط بر دمای ثبت‌شده در محل شماره ۱ نیز اثر گذاشته و باعث خنک‌شدن فضای داخلی می‌گردد، لازم به ذکر است جداره‌های قطور آجری و رنگ روشن دیواره‌ها نیز بر کاهش دمای محیط داخل تاثیرگذار است. دمای هوای ثبت شده در نقطه ۱ بین ۱ تا ۲ درجه سانتیگراد از دمای نقطه ۲ در حیاط پایین‌تر است. در فصل زمستان نسبت به فصل تابستان، اختلاف دما بین حیاط و محیط خارج کمتر است بیشترین اختلاف دما در سردترین ساعات شب حدود ۱ درجه می‌باشد، که به دلیل محافظت فضای حیاط از باد سرد زمستان است. اما در طول روز، به دلیل این که تابش مستقیم آفتاب در طول روز در حیاط کمتر از فضای خارج از حیاط است، دمای ثبت‌شده در نقطه ۲ در حیاط بین ۰/۱ تا ۰/۵ درجه سانتیگراد از دمای بیرون سردتر است. در برخی ساعات هم دمای داخل حیاط (نقطه ۲) و خارج از آن (نقطه ۳) در یک محدوده قرار دارد. این در حالی است که دمای داخل به سبب دیوارهای قطور آجری بین ۱ تا ۲ درجه سانتیگراد بالاتر از دمای حیاط (نقطه ۲) می‌باشد.

مقایسه نتایج برداشت شده و نرم‌افزار

در ادامه حوزه علمیه معمارباشی در نرم‌افزار دیزاین بیلدر

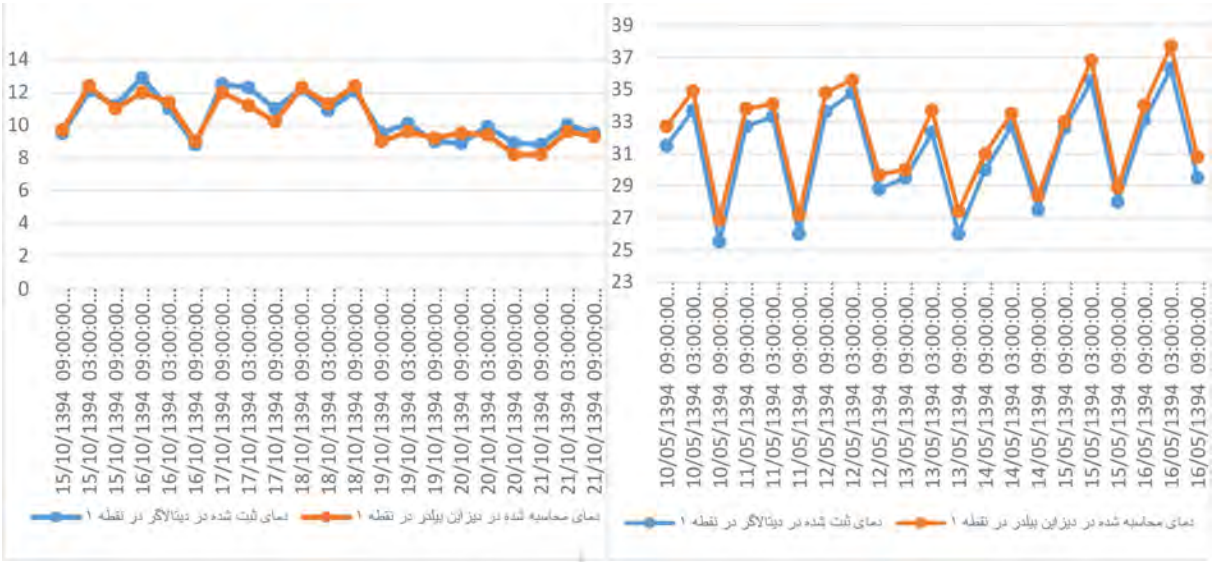


تصویر ۸- الف: پلان و نقاط اندازه‌گیری، ب: تصویر دیتالاگر در حیاط مرکزی، ج: مدل شبیه‌سازی‌شده در دیزاین بیلدر.



نمودار۴- مقایسه دمای داخل بنا(نقطه ۱)، حیاط(نقطه ۲) و محیط خارج(نقطه ۳) در حوزه معمارباشی در تابستان (سمت راست) و زمستان (سمت چپ).

شبیه‌سازی شد. همانطور که در نمودار۶ مشخص است، اندازه‌گیری میدانی و شبیه‌سازی در دیزاین بیلدر، با تفاوت قابل چشم‌پوشی بین ۰/۱ تا ۱/۵ درجه در تابستان و ۰/۵ تا ۱/۱ درجه در زمستان، تقریباً از الگوی مشابهی پیروی می‌کنند.



نمودار۶- مقایسه داخل در دیزاین بیلدر و دیتالاگر در تابستان (سمت راست) و زمستان (سمت چپ).

نتیجه

در پژوهش حاضر، در ابتدا براساس پرسش شماره ۲ مشخص شد احیای الگوی حیاط مرکزی در آپارتمان‌های متداول شهری از طریق بازنگری در شیوه چیدمان بلوک‌های شهری امکان‌پذیر است. همچنین در راستای یافتن پاسخ پرسش شماره ۳، نتایج پژوهش‌های انجام شده مشخص نمود: الگوی حیاط میانی (با رعایت تناسبات صحیح) در اقلیم گرم و خشک و اقلیم سرد، به میزان قابل ملاحظه‌ای مصرف منابع انرژی را کاهش می‌دهد. بر همین اساس در پژوهش حاضر در ابتدا عملکرد حرارتی آپارتمان‌های مسکونی فعلی تهران که به صورت خطی می‌باشد، با مدل‌های پیشنهادی (دارای حیاط میانی) مقایسه شد. در مدل‌های پیشنهادی، مکان قرارگیری توده ساختمان درون سایت، به گونه‌ای در نظر گرفته شده که حیاط‌های میانی ۳ و ۴ طرفه در بلوک شهری ایجاد شود. هر سه مدل پیشنهادی این پژوهش دارای سطح اشغال، ارتفاع، مصالح و جهت‌گیری یکسان هستند. متغیرهای مستقل مورد مطالعه، نسبت سطح به حجم و فرم بوده است. مقایسه نتایج شبیه‌سازی‌ها نشان داد نسبت سطح به حجم، عامل تعیین‌کننده‌ای در مصرف منابع انرژی ساختمان است.

حذف پنجره از جداره غربی و شرقی پیرامون حیاط نیز در حیاط میانی ۲ باعث کاهش مصرف منابع انرژی شد، اما تاثیر آن بر مصرف انرژی کمتر از تاثیر نسبت سطح به حجم بر مصرف انرژی است. همچنین علی رغم اینکه دسترسی به نور روز در حیاط میانی ۱ بیشتر از سایر فرم‌ها می‌باشد، اما تاثیر زیادی در کاهش مصرف منابع انرژی آن ندارد. همچنین در فرم حیاط میانی ۱ و ۲، به علت نسبت سطح به حجم بیشتر خطوط جریان هوا بیشتر دیده می‌شود و این به آن معناست که در زمستان، جداره‌های بنا بیشتر در معرض باد سرد قرار دارد. در تابستان نیز امکان تهویه بیشتر فراهم است. در نهایت این پژوهش نشان داد فرم حیاط میانی ۳ با داشتن کمترین نسبت سطح به حجم، کمترین میزان مصرف منابع انرژی سالیانه را دارد. نتایج حاصل از شبیه‌سازی‌ها نشان داد، حیاط میانی در تهران باعث کاهش بار سرمایش در تابستان به میزان ۱۸/۳۵ kWh/m^2 نسبت به وضع موجود شده است. این در حالی است که در زمستان کاهش بار گرمایشی ۶/۶۷ kWh/m^2 شده است. نتایج حاصل از برداشت میدانی با تقریب مناسبی، نتایج حاصل از شبیه‌سازی را تایید نمود. در فصل گرم اختلاف دمای حیاط (نقطه ۲) و محیط خارج (نقطه ۳) بین ۰/۹ °C تا ۴/۹ می باشد. در واقع در گرم‌ترین ساعت روز، این اختلاف دما محیط مطبوعی را در حیاط مرکزی ایجاد می‌نماید. به این ترتیب یک خرداقلیم در مجاورت بنا ایجاد شده که می‌تواند بر کاهش دمای داخلی بنا نیز موثر باشد. نتایج حاصل از برداشت میدانی فصل سرد نشان داد اختلاف دما بین حیاط (نقطه ۲) و محیط خارج(نقطه ۳) نسبت به فصل گرم کمتر است. دو عامل مهم در اختلاف دمای حیاط مرکزی و محیط بیرون در فصل زمستان عبارتند از: محافظت فضای دخل حیاط از بادهای سرد زمستان و کاهش دریافت تابش آفتاب نسبت محیط بیرون. این دو عامل در جهت عکس عمل نموده و نتیجه آن، اختلاف کم دمای حیاط و محیط بیرون است. از آنجا که دریافت خورشیدی در زمستان، یکی از پارامترهای تاثیرگذار در کاهش بار گرمایشی در زمستان می‌باشد، پیشنهاد می‌گردد در پژوهش‌های آینده، تاثیر تعبیه سقف متحرک شفاف بر حیاط میانی بر کاهش بار گرمایشی در زمستان مورد مطالعه قرار گیرد.

پی‌نوشت‌ها

1 Heating Setpoint Temperature.
2 Cooling Setpoint Temperature.
3 Solar Gain.
4 Hoog - 550Data Logger.
5 Kimo KH-50 Data Logger.

فهرست منابع

صنایعیان، هانیه (۱۳۹۳)، *تأثیر شکل و هم‌جواری فضای نیمه باز بر میزان مصرف انرژی، دسترسی به نور خورشید و تهویه درون ساختمان (نمونه موردی: بنا های مسکونی متداول شهر تهران)*، رساله دکتری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران.

Aldawoud, A (2008), Thermal performance of courtyard buildings, *Energy and Buildings*, 40(5), pp. 906 – 910.

Al-Hemiddi, N. A & Megren Al-Saud, K. A (2001), The effect of a ventilated interior courtyard on the thermal performance of a house in a hot-arid region, *Renewable Energy*, 24(3–4), pp. 581–595.

Al-Masri, N & Abu-Hijleh, B (2012), Courtyard housing in mid-rise buildings: An environmental assessment in hot-arid climate, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Elsevier Ltd, 16(4), pp. 1892–1898.

Al-Mumin, A. A (2001), Suitability of sunken courtyards in the desert climate of Kuwait, *Energy and Buildings*, 33(2), pp. 103–111.

Andarini, R (2014), The Role of Building Thermal Simulation for Energy Efficient Building Design, *Energy Procedia*, 47(0), pp. 217-226.

Fardeheb F (2009), Passive Cooling Ability of a Courtyard House in a Hot and Arid Climate: A Real Case Study, *Proceedings of ISES World Congress 2009*, Vol. I – Vol. V, 2009: 2520-2516.

Hassan, M H (2012), Ventilated courtyard as a passive cooling strategy in the hot desert climate, *the 33rd AIVC- 2nd TightVent Conference*, October 2012, Copenhagen.

Lapinskiene, V & Martinaitis, V (2013), The Framework of an Optimization Model for Building Envelope, *Procedia Engineering*, 57(0), pp. 670 - 677.

Meir, I. A; Pearlmutter, D & Etzion, Y (1995), On the microclimatic behavior of two semi-enclosed attached courtyards in a hot dry region, *Building and Environment*, 30(4), pp. 563–572.

Moonen, P; Dorer, V & Carmeliet, J (2011), Evaluation of the ventilation potential of courtyards and urban street canyons using RANS and LES, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 99(4), pp. 414 – 423.

Muhaisen, AS & Gadi, MB (2005), Mathematical model for calculating the shaded and sunlit areas in a circular courtyard geometry, *Building and Environment*, 40, pp.1619–25.

Muhaisen, A. S & Gadi, M. B (2006), Effect of courtyard proportions on solar heat gain and energy requirement in the temperate climate of Rome, *Building and Environment*, 41(3), pp. 245–253.

Rajapaksha, I; Nagai, H & Okumiya, M (2003), A ventilated courtyard as a passive cooling strategy in the warm humid tropics, *Renewable Energy*, 28(11), pp. 1755–1778.

Rahman, M.M; Rasul, M.G & Khan, M.M.K (2010), Energy conservation measures in an institutional building in sub-tropical climate in Australia, *Applied Energy*, 87(10), pp. 2994-3004.

Ratti, C; Raydan, D & Steemers, K (2003), Building form and environmental performance: Archetypes, analysis and an arid climate, *Energy and Buildings*, 35(1), pp. 49–59.

Steemers, K; Baker, N; Crowther, D; Dubiel, J; Nikolopoulou, M.H & Ratti, C (1997), City texture and microclimate, *Urban Design Studies*, 3, pp 25-50.

Rojas, J. M; Galán-Marín, C & Fernández-Nieto, E. D (2012), Parametric study of thermodynamics in the mediterranean courtyard as a tool for the design of eco-efficient buildings, *Energies*, 5(7), pp. 2381–2403.

Safarzadeh, H & Bahadori, M. N (2005), Passive cooling effects of courtyards, *Building and Environment*, 40(1), pp. 89–104.

Tablada, A; De Troyer, F; Blocken, B; Carmeliet, J & Verschure, H (2009), On natural ventilation and thermal comfort in compact urban environments – the Old Havana case, *Building and Environment*, 44(9), pp. 1943–1958.

Taleghani, M; Tenpierik, M & Van Den Dobbelsteen, A (2014), Energy performance and thermal comfort of courtyard /atrium dwellings in the Netherlands in the light of climate change, *Renewable Energy*, 63(0), 486 - 497.

Taleghani, M; Kleerekoper, L; Tenpierik, M & Van Den Dobbelsteen, A (2015), Outdoor thermal comfort within five different urban forms in the Netherlands, *Building and Environment*, 83, pp. 65–78.

Taleghani, M; Tenpierik, M; Van Den Dobbelsteen, A & De Dear, R (2013), Energy use impact of and thermal comfort in different urban block types in the Netherlands, *Energy and Buildings*, 67, pp. 166–175.

Arranging Courtyards in Urban Blocks to Reduce Energy Consumption*

(Case Study: Tehran Dwellings)

Zahra Zamani[1], Shahin Heidari[2], Pirouz Hanachi[**3]

[1] Ph.D. of Architecture, School of Architecture, College of Fine Arts, University of Tehran, Tehran, Iran.

[2] Professor, School of Architecture, College of Fine Arts, University of Tehran, Tehran, Iran.

[3] Professor, School of Architecture, College of Fine Arts, University of Tehran, Tehran, Iran.

(Received 9 Apr 2017, Accepted 9 Aug 2017)

Now a day, climate change and environmental crisis as a global threats have negative effects on all living creatures. These phenomena have been happened because of consumption of non-renewable energy sources such as oil, gas, and coal since the last century. Due to recent obligations to preserve these sources and environment, it is necessary to reduce the consumption of these sources. The residential sector energy consumption accounts for 31% of the energy globally used. This fact, hence, makes it inevitable to further study the thermal performance of residential buildings. Therefore, adjusting the climate of the building surroundings would affect buildings thermal performance. Creating the apt microclimate around buildings will contribute to the improvement of the building thermal performance. In Iran's traditional buildings, the central courtyard has always been one of the most effective climate solutions to decrease the temperature in hot- arid regions. Along with an increase in shading by trees and building walls, the building would be protected from direct sunshine and thus, thermal conditions on hot days would balance. It is noteworthy that this shading should not block the sun in cold seasons. In this regard, the aim of the present study is to make alterations in locating the building on the land, so that to create three and four-sided courtyards in urban blocks. Therefore, we could benefit the micro-climate performance in order to decrease energy consumption in these buildings. There has been widespread research about this in different cities of Iran. Despite the necessity to cut down the energy consumption of the residential sector in a metropolis like Tehran, few of these studies have been conducted in this city. Consequently, the case studies of the current research, are residential blocks of apartments in Tehran. Due to different climates in Tehran, central and southern areas were chosen as thesis climate background, because these areas are classified as hot- arid regions. The research method consists of simulation, empirical methods, and logical reasoning. In the beginning, Tehran 7th urban zone was chosen with GIS assistance and calculations were done. Then, thermal performance of the proposed models and the effect of the courtyard on sun energy absorption, access to daylight and wind, were studied by using DesignBuilder software. The results were then compared to the reference model. The results show that four-sided courtyard in Tehran would significantly decrease building cooling load in summer which is about 18.35 kWh/m2. In winter, however, significant impact on the heat load is absent. Field measurements in Memar Bashi Seminary in Tehran, also showed that the temperature in the courtyard is considerably less than that of the outside area. This difference would reach 5 degrees centigrade at the hottest hours. The temperature inside the building is also 1 to 2 degrees centigrade less than that of the courtyard. On the other hand, the graphs obtained from simulations and field measurements also presented a similar pattern. Thus, the results of filed measurements confirmed simulations performed in DesignBuilder software.

Keywords: Courtyard, Microclimate, Energy Consumption, Thermal Performance, Urban Block.

*This article is extracted from first author`s Ph.D. thesis entitled: "Arranging courtyards in urban blocks to reduce energy consumption (case study: Tehran dwellings)" under supervision of other authors.

**Corresponding Author: Tel: (+98-21)66409696, Fax: (+98-21)33926910, E-mail:hanachee@ut.ac.ir.