فصلنامه معماری سبز
سال هفتم، شماره ۵ (پیاپی: ۲۷)، زمستان ۱۴۰۰، جلد یک
ISSN:2476-5368

ترکیب آتریوم و حیاط مرکزی در هندسه‌های مختلف و میزان تاثیرات آن بر کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌های آموزشی

حسن جبر[1]*، سجاد رضایی[2]

تاریخ دریافت:۱۴۰۰/۱۱/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۰۹
کد مقاله: ۷۲۴۵۶

چکـیده

طراحی ساختمان‌هایی که ویژگی صرفه‌جویی در انرژی و همچنین حفاظت منابع طبیعی را در خود داشته باشند، در زمره اصلی‌ترین مسئولیت‌های معماران قرار می‌گیرد. آتریوم به عنوان یک میانجی اتلاف گرما از فضاهای مجاور را کاهش میدهد و همچنین برای فضاهای مجاور گرما تولید می‌کند. حیاط مرکزی عنصری است که در بهبود شرایط آسایش در مناطق گرم و خشک نقش موثری را ایفا کرده است. فضای باز حیاط مرکزی با محوریت خود، ابعاد معین جهت گیری و مکان یابی هدفمند عنصری تعیین کننده در بهره‌مندی انرژی‌های اقلیمی بوده است، اما امروزه با توجه به محدودیت های موجود در شهرهای بزرگ شاهد کاهش سهم فضای باز جهت ایجاد آسایش حرارتی در معماری معاصر هستیم. لذا با تاکید به نقش سنتی حضور حیاط در زندگی ایرانی، در این مقاله به امکان احیای این عنصر با در نظر گرفتن هندسه های مختلف و همچنین عملکرد آن به عنوان آتریوم در ساختمان‌های آموزشی پرداخته می‌شود لذا در این راستا یک ساختمان آموزشی در برنامه شبیه سازی انرژی پلاس شبیه سازی شد. نتایج بدست آمده نشان داد که ترکیب حیاط مرکزی و آتریوم تاثیر بسزایی در کاهش مصرف انرژی بویژه در ماه‌های گرم سال دارد. همچنین مشخص شد که اگر در معماری حیاط مرکزی و آتریوم از هندسه مستطیل استفاده شود کاهش مصرف انرژی بمراتب بیشتری نسبت به سایر فرم ها بهمراه دارد.

واژگـان کلـیدی: معماری پایدار، توسعه پایدار، کاهش مصرف انرژی، آتریوم، حیاط مرکزی.

۱- کارشناس ارشد معماری، داشجوی دکتری تخصصی معماری s.rezaei680@gmail.com
۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد معماری

۱- مقدمه

در ابتدای قرن جدید، مصرف انرژی به موازات توسعه اقتصادی و تکنولوژیک افزایش یافته و انتظار میرود در چند دهه دیگر این نیاز همچنان بیشتر گردد .انرژی در دستیابی به توسعه اقتصادی، اجتماعی و محیطی در راستای توسعه انسانی محوریت دارد . در این میان، ایران با جمعیت یک درصدی از جمعیت جهان، حدود 9 درصد از نفت و فرآورده های آن را مصرف می کند . (Rubin &Paridson, 2002) همچنین در دهه اخیر، سرانه مصرف انرژی در ایران حدود پنج برابر سرانه جهانی آن است (بهادری نژاد و یعقوبی،۱۳۸۸). با نگاهی به بافت مجتمع های زیستی در می یابیم که استفاده از انرژی های تجدیدپذیر مانند آفتاب، باد و غیره از دیرباز مورد توجه انسان بوده است. معماری سنتی ایران، با توجه به شرایط اقلیمی متفاوت در کشور، راه حل های متنوعی را در طول هزاران سال برای افزایش شرایط آسایش حرارتی انسان با استفاده از دیوارهای بلند، استفاده از خصوصیات عایقی مواد طبیعی مانند کاهگل، ساختن طاقها و گنبدها و در نهایت آتریم، ارائه نموده است(مهدوی نژاد،۱۳۸۳). آتریوم با سابقه ای تاریخی چندهزار ساله به اشکال مختلف و با سقفی روباز در تمامی اقلیم ها مشاهده شده است و در سده گذشته با سقف شیشه ای و ویژگی های متفاوت علیرغم حرارتی زیاد و تداخل شرایط آسایش در ساختمان های عمومی برای پذیرش و نشیمن، تامین روشنایی داخلی و ایجاد فضای سبز درونی مورد استقبال قرار گرفته است. امروزه آتریوم به معنای یک فضای خالی و محصور می باشد که به صورت عمودی به ارتفاع چند طبقه ایجاد می شود. این فضا به علت ایجاد ارتباط بین فضای بیرون و درون، اثرات مثبت روانی و عاطفی در انسان ایجاد می کند و با دادن نور طبیعی به فضای داخل فضاهای طبقاتی بزرگتر و کار آمد تری را نسبت به ساختمان های معمول ایجاد می کند (مفیدی شمیرانی و مدی، ۱۳۸۶). آتریوم اصطلاحی است که به حیاط داخلی یا مرکزی در معماری بومی روم باستان و نیز گونه ای از فضا و حیاط و ورودی در کلیساهای دوره صدر مسیحیت اطلاق می شود. در خانه های قدیمی ایران، شیوه های مختلفی برای تامین نور و روشنایی اتاق ها بکار رفته است. انواع متداول و بسیار مهم این نورگیرها، نورگیر دیواری ارسی و در- پنجره (سه دری یا پنج دری) و نورگیر سقفی کلاه فرنگی است. از آنجا که هر یک از این نورگیرها شرایط متفاوتی را از نظر نحوه نورگیری و کنترل گرمایش و سرمایش فضا ایجاد می کنند، اما با توجه به اینکه فضاهای آموزشی مانند دانشکده از حجم بالایی برخوردارند و نیاز بالایی به نور طبیعی در فضاهای آموزشی وجود دارد هدف اصلی در این پژوهش استفاده از آتریم در دانشکده و استفاده از نور طبیعی و همچنین کاهش مصرف انرژی در ساختمان می باشد.

۲- مبانی نظری

۲-۱- آتریوم

در اصطلاح آتریوم به عنوان یک فضای باز داخلی با امکان ارتباط با محیط بیرون تعریف شده است (Sekkei, 1898). قدیمی ترین استفاده از آتریوم به خانه های رومی ها برمیگردد که در آن طراحی ساختمان با یک مدخل بزرگ، حیاط مرکزی و یک فضای نیمه عمومی سرپوشیده طراحی شده بود و در کنار فضاهای اندرونی وظیفه تامین هوای تازه و نور کنترل شده را داشته است (Kutzer, 2004). در قرن ۱۹ نخستین آتریوم در کشورهای غربی مطرح شد. در طول این قرن و بویژه پس از دهه ۱۹۷۰ آتریوم ها فضاهای پر ابهتی را در معماری ارائه وبا تولید قطعا ت فولادی و ایجاد دهانه های بزرگ، فضاهای شیشه ای عظیمی برای برگزاری نمایشگاه ها و فروشگاه های محصولات کشاورزی و صنعتی طراحی و ساخته شدند، فضاهایی که از طریق کاربرد نور طبیعی، افزایش بهره گیری از مزایای کسب نور مستقیم خورشید، حل مشکلات تهویه و سازگاری با محیط و افزایش تعامل مردم به شرایط محیط داخلی روح تازه ای دمیدند ودر جهت آسایش حرارتی ساکنان گامی بزرگ برداشتند (Bednar, 1986. Bryn, 1993) در اواخر این قرن نور پردازی طبیعی آگاهانه برای افزایش نور مطرح شد که آتریوم ها در این زمینه نقش ارزنده ای داشتند (Saxon, 1986). آتریوم به نور طبیعی اجازه می دهد به مرکز مناطق تاریک اتاق های مجاور نفوذ کند و نیاز به استفاده از انرژی نورانی مصنوعی را کاهش و باعث حداکثر کردن مزایای دریافت مستقیم انرژی خورشید می شود (Sharples et al, 2007) .آتریوم علاوه بر ایجاد ارتباط بین طبقات ساختمان، فضای میانی مناسبی بین محیط داخلی و بیرونی شکل می دهد . در واقع مانند فیلتری در برابر اثرات عوامل نامناسب محیط بیرون مانند باران، برف، باد و غیره عمل کرده (Brown et al, 2001)، در عین حال امکان استفاده از عوامل مطلوب محیط بیرون مثل پرتو خورشید، هوای تازه و چشم انداز را فراهم می کند (Laouadi et al, 2002). آتریوم به عنوان یک میانجی اتلاف گرما از فضاهای مجاور را کاهش میدهد و همچنین برای فضاهای مجاور گرما تولید می کند. آتریوم گرمای خورشید را دریافت و در اختیار فضاهای مجاور قرار می دهد .در زمستان چنین گرمایی بسیار کارا خواهد بود (Laouadi et al, 1999. Hung, 2003).

طراحی ساختمان‌هایی که ویژگی صرفه‌جویی در انرژی و همچنین حفاظت منابع طبیعی را در خود داشته باشند، در زمره اصلی‌ترین مسئولیت‌های معماران قرار می‌گیرد .امروزه استفاده کنندگان از ساختمان، چه در منزل و چه در محیط های کاری، نیاز به آسایش و راحتی بی قید و شرط دارند .انسان اکنون از لحاظ صرفه‌جویی در انرژی در موقعیتی قرار دارد که هیچ گاه تا بدین حد بحرانی نبوده است .برای اجرای استانداردها و معیارهای دائمی صرفه‌جویی در انرژی، تعیین و کنترل دقیق مصرف انرژی در

ساختمان، امری حیاتی است .امروزه در مناطق شهری، افراد ۸۰-۹۰ درصد اوقات خود را در داخل ساختمانها در حالیکه مشغول انجام فعالیتهای مختلفی هستند، سپری می نمایند .بنابراین لازم است این محیطها داری شرایط حرارتی و آسایش کافی بوده باشند. هوای داخل ساختمان ها همواره از کیفیت مطلوب برخوردارباشد .شرایط نامطلوب محیطی اغلب می تواند مانع انجام صحیح فعالیتهای روزمره شده و فشارهایی را برجسم و روان انسان وارد سازد، که حاصل آن ناراحتی و از دست دادن کارایی باشد، سرانجام ممکن است سلامت انسان را مختل نماید. در سال های اخیر مطالعات گسترده ای در زمینه آسایش حرارتی به انجام رسیده است که بیشتر رابطه این موضوع را با عوامل دیگر از جمله اتلاف انرژی (Martín et al, 2008) شرایط اقلیمی (Tsutsumi et al, 2007)و سابقه دمایی به عنوان مثال مدت زمان در معرض حرارت روزانه قرار گرفتن و غیره (Chun, 2008) .آسایش آنها را از جنبه های مختلف از جمله آسیش حرارتی دچار مشکل می کند .طبق تعریف آسایش حرارتی، محدوده ای از دما و رطوبت است که در آن سازوکار تنظیم حرارتی بدن در حداقل فعالیت باشد (Givoni, 1976) .زوکلای محدوده دمای آسایش را بر اساس میانگین دمای محیط تعریف کرد (Szokolay, 1987) .برای رفع مشکل فضاهای واسطی مانند آتریوم ها مطرح شده که تأمین کنندۀ روشنایی طبیعی، شرایط آسایش داخلی و ایجاد ریز اقلیم معتدل هستند.

۲-۲- حیاط مرکزی

حوض آب یکی از عناصری است که در وسط حیاط ابعاد آن به حداکثر می رسد، انرژی خورشید را در خود ذخیره می کند و از گرمای تابستان می کاهد. این حوض بهمراه باغچه ها، درختان و آسمان بیکران طبیعتی محدود اما شاداب را فراهم می کند. از سویی سازماندهی مرکزی حول فضایی باز نقش بسزایی در کاهش تاثیر باد و شلاق طوفان های مزاحم و اتلاف حرارتی ناشی از آنها ایفا کرده است. همچنین به کمک ویژگی ظرفیت حرارتی خشت و آجر فرش، در دیوار و کف حیاط ها در زمستان جداره های ضخیم گرمای خورشید را در خود ذخیره می کرده و آن را در طول شب تدریجا به محیط پس می داده است. بدین ترتیب از انرژی خورشید در شب زمستان استفاده می شده است و نیز در تابستان، حیاط مرکزی عمیق و محصور همچون گودالی هوای خنک شب را در خود ته نشین کرده و در روز گرم به محیط پس می داده است (طاهباز، ۱۳۸۵). حیاط مرکزی اصلی ترین فضاهای خانه های کویری است. این خانه ها از نظر وضعیت استقرار نوعا در جهت قبله قرار دارند. فضاها حول حیاط مرکزی سازماندهی شده اند. حیاط با حرکات خورشید هنماهنگ است، صفه جنوبی منزلگاه سایه و صفه شمالی شاه نشین و جایگاه خورشید است. این نوع سازماندهی و جهت گیری فضای تابستانی و زمستانی را به طور منطقی پیرامون حیاط مرکزی قرار داده است. در پدیداری خرد اقلیم جهت گیری آگاهانه نسبت به گردش خورشید نقش اساسی ایفا می کند. معماران بومی بر پایه تجربیاتی که از ویژگی های آب و هوایی، تابش آفتاب و سوی ورزش باد و دیگر عوامل داشته از سوبابی خانه برای اقلیم های گوناگون ایران رسیده بودند (پیرنیا، ۱۳۸۷). در واقع حیاط از منظر سازمان فضایی خانه های تاریخی اتاقی است بدون سقف با بدنه های مشخص و کفی آراسته از درخت و خاک و آب. این فضا به عنوان اصلی ترین فضای باز، همزیستی با طبیعت را نشان می دهد که از عناصر اقلیمی مثل باد و تابش خورشید نظم فصول و آب و مانند اینها برای ایجاد آسایش بهره می گیرد (بیغمی و قهاری، ۱۳۹۳). حیاط های مرکزی الگوی بسیار کهنی است که در بسیاری از کشورهای آسیا، شمال افریقا، جنوب آمریکا، اروپا و نیز در ایران مورد استفاده قرار گرفته است. شکل گیری این الگو با وجود تاثیرپذیری از عوامل فرهنگی و اجتماعی، معلول شرلیط محیط طبیعی و عوامل اقلیمی مناطق مختلف بوده است. اقلیم و شرایط محیطی تاثیر فیزیکی و روانی ویژه و اجتناب ناپذیری بر انسان دارند که باید در طراحی ساختمان ها بسته به موقعیت گرمایشی و سرمایشی مورد توجه قرار گیرند. طراحی ساحتمان با استفاده از انرژی خورشیدی به همراه توجه به خصوصیات اقلیمی و مصالح محلی ساختمان، نه تنها می تواند شرایط آسایش در محیط مصنوع را ایجاد کند، بلکه در کاهش مصرف انرژی نیز کمک خواهد کرد (yaglou CP, 1972:).

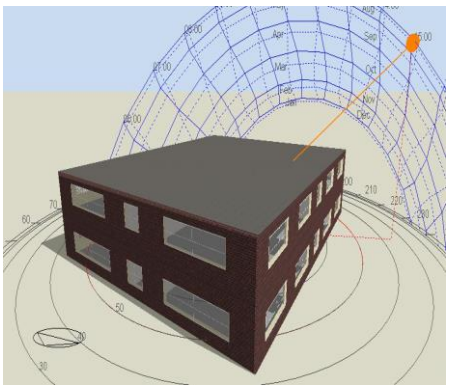
۳- روش تحقیق

با تکیه بر مطالعات میدانی و کتابخانه ای در زمینه کارایی حرارتی درمجتمع های زیست محیطی، پژوهش حاضر در طراحی مجتمع آموزشی و تاثیر ترکیب دو عنصر آتریوم و حیاط مرکزی بر کارایی حرارتی ساختمان در اقلیم گرم و خشک شهر اصفهان، ابتدا با کمک تست های میدانی دما و سپس طراحی و شبیه سازی در نرم افزار (energy plus)، انجام می گیرد. شبیه سازی کامپیوتری محیطی مجازی را به منظور بررسی جزء به جزء رفتار حرارتی اجزای ساختمان فراهم می آورد. در این روش امکان ساخت هرگونه بنایی در هر شرایط اقلیمی در محیط مجازی وجود دارد و نتایج بدست آمده نیز هیچ گونه محدودیت عددی و زمانی ندارند. در این تحقیق برای محاسبه و بدست آوردن تاثیر ترکیب دو عنصر آتریوم و حیاط مرکزی در مجتمع آموزشی از شبیه سازی عددی در نرم افزار انرژی پلاس ورژن۸ (energy plus) استفاده شده است. در این تحقیق برای بدست آوردن تاثیر ترکیب دو عنصر آتریوم و حیاط مرکزی، یک ساختمان آموزشی در محیط این نرم افزار با توجه به شرایط اقلیمی شهر اصفهان طراحی نموده و هر بار با اعمال عمق های متفاوت را مورد تغییر و آزمایش قرار دادیم تا تاثیر ترکیب دو عنصر آتریوم و حیاط مرکزی را جهت تأمین شرایط آسایش حرارتی و کاهش مصرف انرژی بدست آوریم. لذا در طراحی این مجتمع آموزشی با توجه به هدف پژوهش و

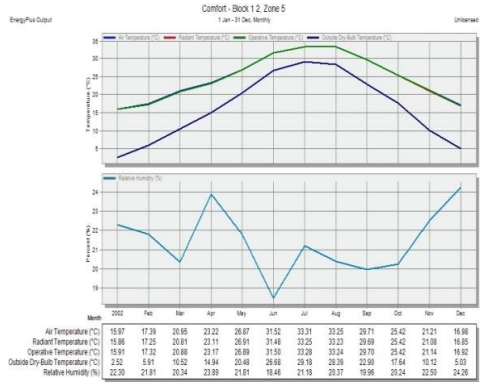
تحقیق از سایر عوامل معماری همساز با اقلیم و موثر بر کاهش مصرف انرژی نیز در طراحی استفاده نموده که می توان به عواملی از جمله: بام سبز، سایه اندازی بلوکها، بهره گیری از عوامل محیطی بیرون، جهت گیری مناسب بلوکها و ... اشاره نمود.

۴- انجام آزمون های پژوهش

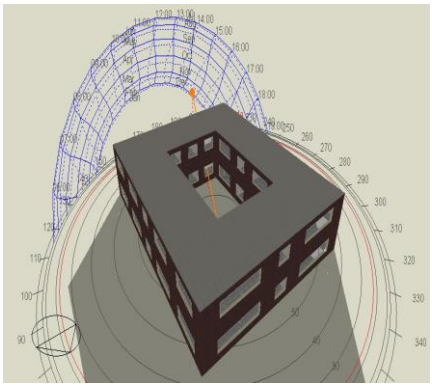
در پژوهش حاظر برای بدست آوردن تاثیر ترکیب ۲ عنصر آتریوم و حیاط مرکزی در هندسه های مختلف، بر کاهش مصرف انرژی در اقلیم گرم و خشک نیمه بیابانی شهر اصفهان مورد بررسی قرار گرفت. این شبیه سازی برای فراهم نمودن شرایط آسایش حرارتی برای استفاده کنندگان در محیط نرم افزار شبیه سازی انرژی پلاس طراحی شد. در اولین گام، ساختمان آموزشی در یک مرحله بدون حیاط مرکزی و در مرحله دوم با حیاط مرکزی در ضلع جنوبی مورد شبیه سازی قرار گرفت (شکل و نمودار ۱ و ۲)



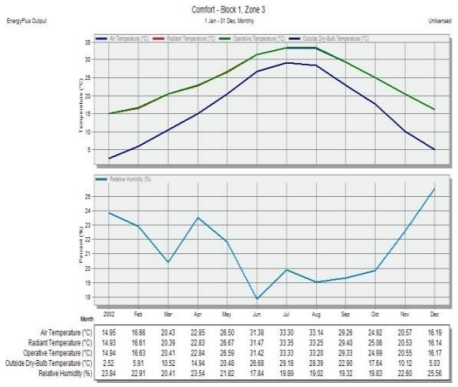
شکل (۱)، ساختمان بدون حیاط مرکزی، ماخذ:نگارندگان.



نمودار (۱)، نمودار بدون حیاط مرکزی، ماخذ: نگارندگان

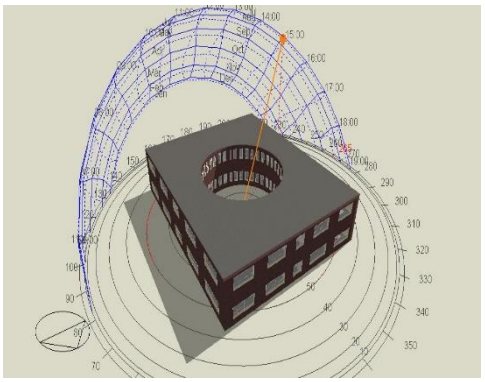


شکل (۲)، ساختمان دارای حیاط مرکزی، ماخذ:نگارندگان

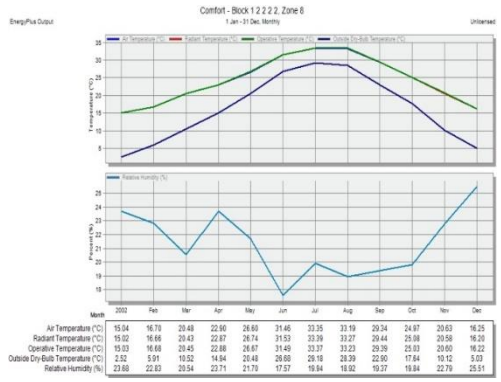


نمودار (۲)، نمودار دارای حیاط مرکزی، ماخذ: نگارندگان

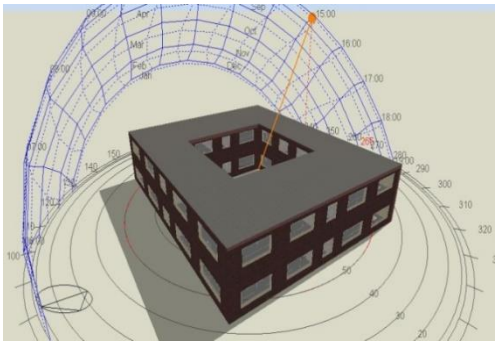
در دومین قدم، ساختمان دارای حیاط مرکزی با ۵ هندسه مختلف (مستطیل، مربع، دایره، مثلث و هشت ضلعی) در جهات شمالی و جنوبی طبقه همکف و اول در ۲ فصل زمستان و تابستان (فصل سرد و فصل گرم) شبیه سازی شد. با تحلیل و بررسی، بهترین حالت قرارگیری را بر اساس میزان آسایش حرارتی، همراه با کاهش مصرف انرژی تعیین نموده و در طراحی ساختمان آموزشی سازگار در اقلیم گرم و خشک شهر اصفهان اعمال نماییم (شکل و نمودار ۳ تا ۷).



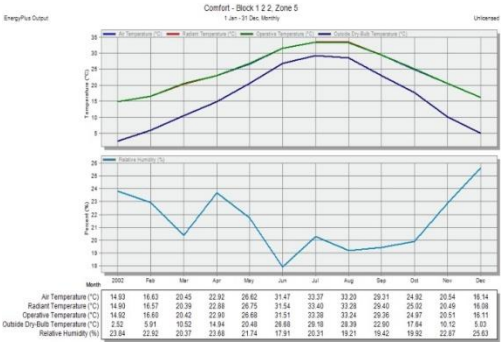
شکل (۳)، حیاط مرکزی با هندسه دایره، ماخذ:نگارندگان



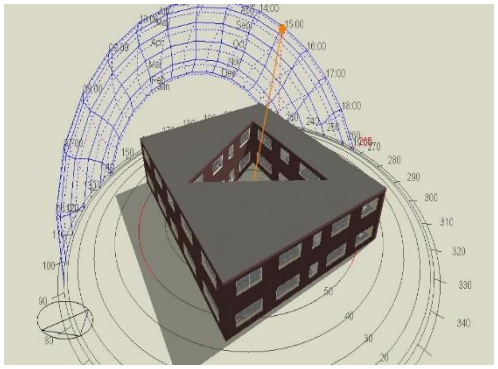
نمودار (۳)، نمودار شبیه سازی دایره، ماخذ: نگارندگان



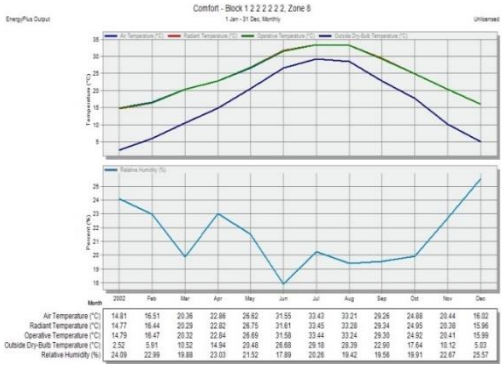
شکل (٤)، حیاط مرکزی با هندسه مربع، ماخذ:نگارندگان.



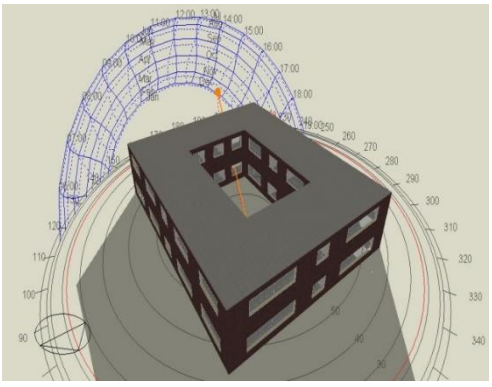
نمودار (٤)، نمودار شبیه سازی مربع، ماخذ: نگارندگان



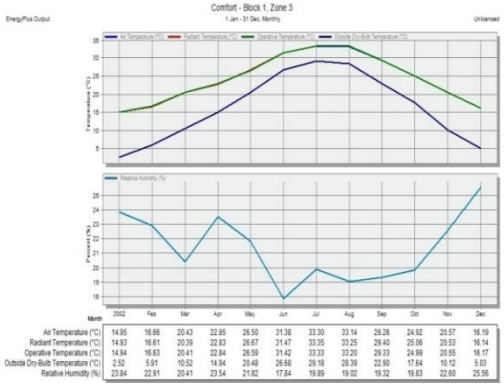
شکل (٥)، حیاط مرکزی با هندسه مثلث، ماخذ:نگارندگان



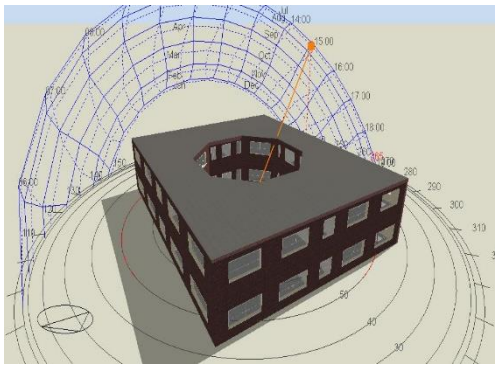
نمودار (٥)، نمودار شبیه سازی مثلث، ماخذ: نگارندگان



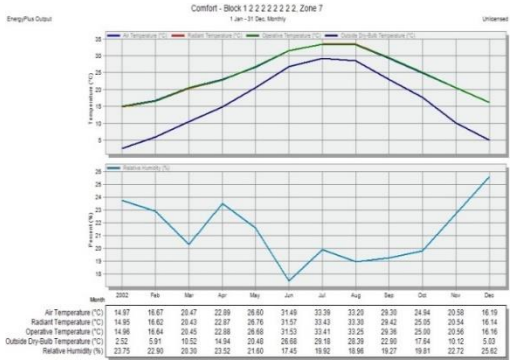
شکل (٦)، حیاط مرکزی با هندسه مستطیل، ماخذ:نگارندگان



نمودار (٦)، شبیه سازی مستطیل، ماخذ: نگارندگان

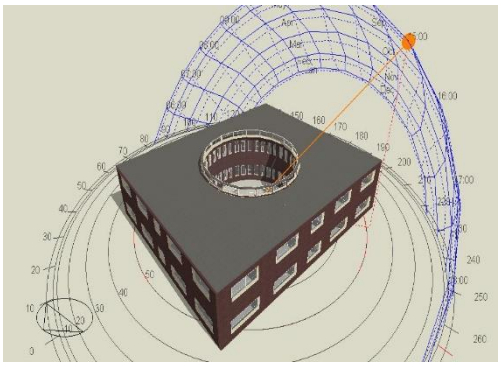


شکل (۷)، حیاط مرکزی با هندسه ۸ضلعی، ماخذ:نگارندگان

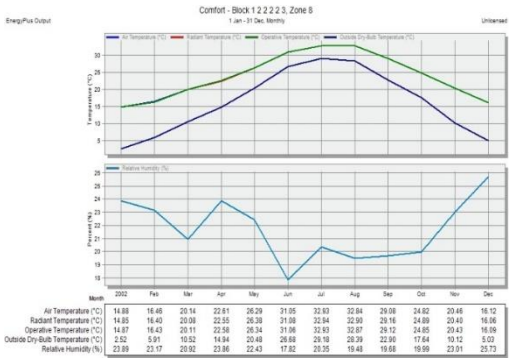


نمودار (۷)، شبیه سازی ۸ضلعی، ماخذ: نگارندگان

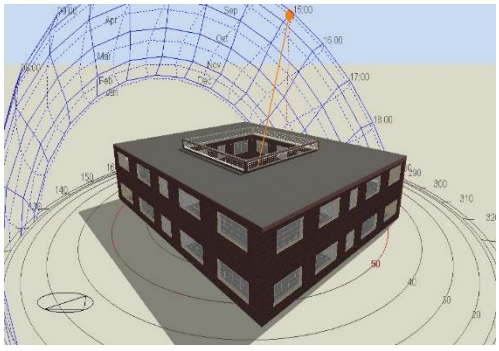
در گام سوم نیز، این نکته مورد سنجش قرار گرفت که فضای حیاط مرکزی ساختمان موجود در همه هندسه های مختلف، به آتریوم تبدیل شود تا مشخص گردد که میزان انرژی مصرفی در کدام ترکیب بیشترین کاهش را دارا بوده است (شکل و نمودار ۸ تا ۱۲).



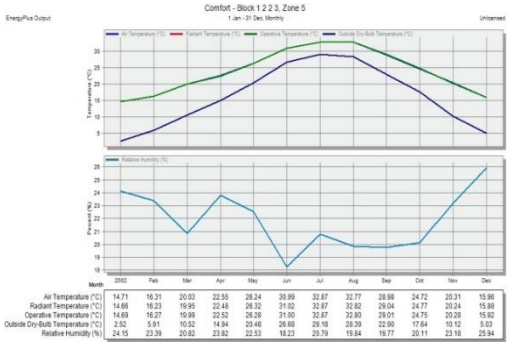
شکل (۸)، آتریوم با هندسه دایره، ماخذ:نگارندگان



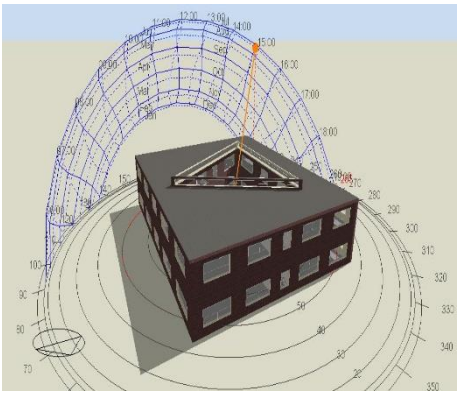
نمودار (۸)، نمودار شبیه سازی دایره، ماخذ: نگارندگان



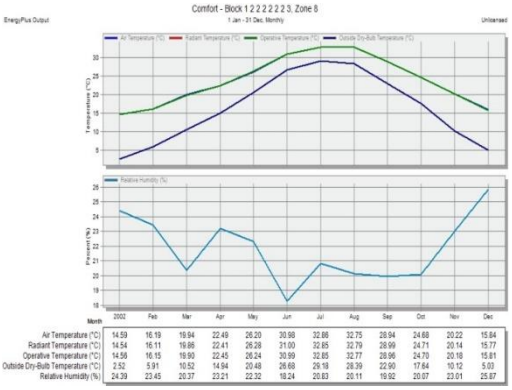
شکل (۹)، آتریوم با هندسه مربع، ماخذ:نگارندگان.



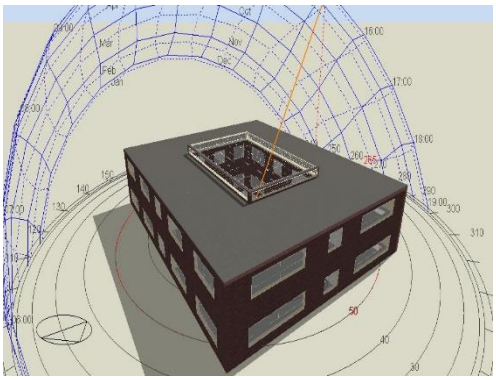
نمودار (۹)، نمودار شبیه سازی مربع، ماخذ: نگارندگان



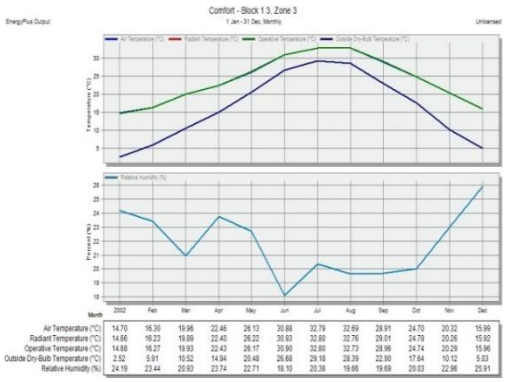
شکل (۱۰)، آتریوم با هندسه مثلث، ماخذ:نگارندگان



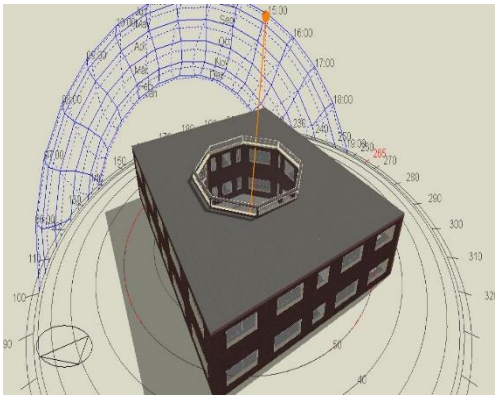
نمودار (۱۰)، نمودار شبیه سازی مثلث، ماخذ: نگارندگان



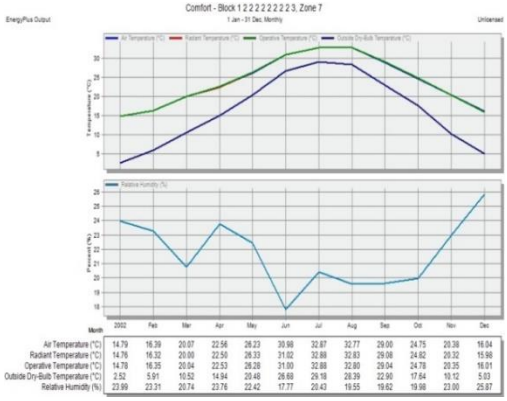
شکل (۱۱)، آتریوم با هندسه مستطیل، ماخذ:نگارندگان



نمودار (۱۱)، شبیه سازی مستطیل، ماخذ: نگارندگان



شکل (۱۲)، آتریوم با هندسه ۸ضلعی، ماخذ:نگارندگان



نمودار (۱۲)، شبیه سازی ۸ضلعی، ماخذ: نگارندگان

۵- جمع آوری داده‌ها

آزمون های انجام شده در این پژوهش، ترکیب ۲ عنصر آتریوم و حیاط مرکزی در ۵ هندسه مختلف و در ۲ فصل زمستان و تابستان (فصل سرد و فصل گرم) بصورت میانگین مورد سنجش قراردادیم تا میزان تاثیر این ترکیب را برای رسیدن به آسایش حرارتی در ساختمان های آموزشی در شهر اصفهان که هدف پژوهش می باشد مشخص نماییم تا نقش آن در طراحی اعمال گردد. همانگونه که ذکر شد، در اولین اقدام، ساختمانی با حیاط مرکزی و بدون حیاط مرکزی در ۴ جهت اصلی و در ۲ فصل سرد و گرم مورد شبیه سازی قرار گرفت که جداول و نمودارهای (۱ و ۲) بیانگر مراحل شبیه سازی، نتایج و خروجی های حاصله به همراه تصاویر و نمودار های دمایی، استخراجی از نرم افزار انرژی پلاس می باشد. بر اساس تحلیل و بررسی این داده ها و خروجی ها به نتایج مطلوب (تاثیر ترکیب آتریوم و حیاط مرکزی و همچنین مناسب ترین فرم هندسی آن) دست می یابیم. با توجه به نتایج شبیه سازی های انجام گرفته می‌توان عنوان کرد که ساختمان مورد نظر با در نظر گرفتن حیاط مرکزی نسبت به بدون حیاط مرکزی، در هر ۴ جهت شمالی، جنوبی، شرقی و غربی در مصرف انرژی تاثیرات مثبتی را نشان داده است. این نتایج در جدول (۱) مشاهده می نمایید.

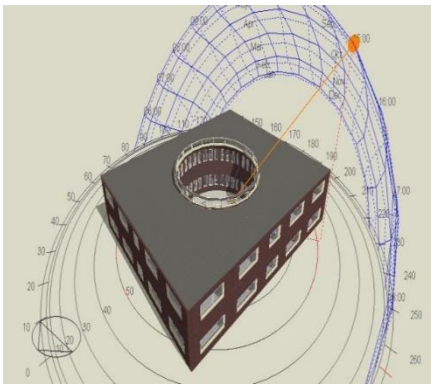
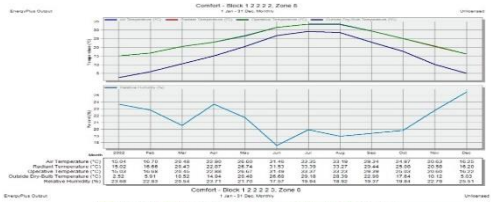
جدول (۱): نتایج شبیه سازی ساختمان بدون حیاط و دارای حیاط مرکزی، ماخذ: نگارندگان.

نوع ساختمان	فصل	شمال	جنوب	شرق	غرب
بدون حیاط	زمستان	۱۵,۲۶	۱۷,۳۹	۱۶,۲۴	۱۶,۳۳
	تابستان	۳۳,۰۸	۳۳,۲۵	۳۳,۹۳	۳۳,۸۲
حیاط مرکزی	زمستان	۱۵,۵۶	۱۶,۶۶	۱۵,۸۸	۱۵,۹۹
	تابستان	۳۲,۸۳	۳۳,۱۴	۳۳,۵۸	۳۳,۵۲

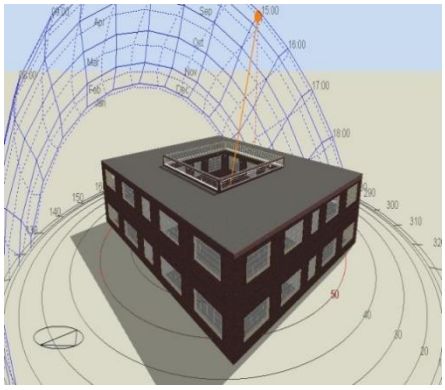
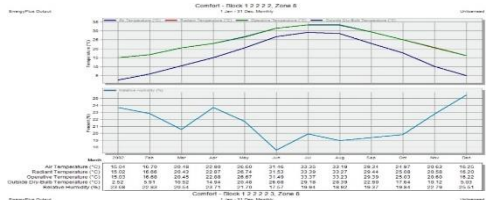
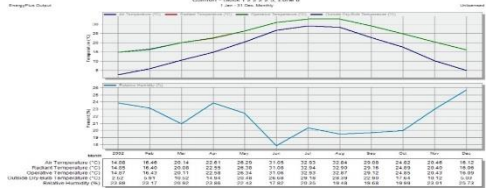
علاوه بر این، نتایج نشان دهنده این نکته بود که استفاده از آتریوم بجای حیاط مرکزی نیز می تواند کاهش مصرف انرژی را در پی داشته باشد. اما در مهمترین فرضیه ای که در این تحقیق بدنبال پاسخگویی به آن برآمدیم، تعیین فرم هندسی حیاط مرکزی در اقلیم نیمه بیابانی شهر اصفهان بود. همانطور که نتایج داده های آماری برنامه شبیه سازی مشخص نمود، فرم مستطیل بهترین و مناسب ترین فرم حیاط مرکزی در راستای کاهش مصرف انرژی در ساختمان های آموزشی شهر اصفهان مشخص گردید.

۵-۱- ترکیب آتریوم و حیاط مرکزی

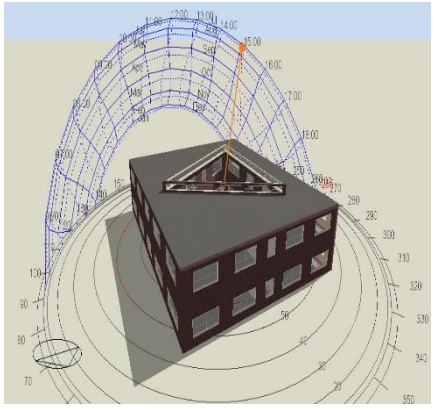
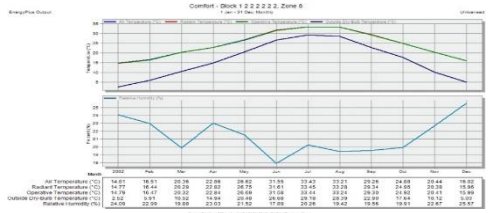
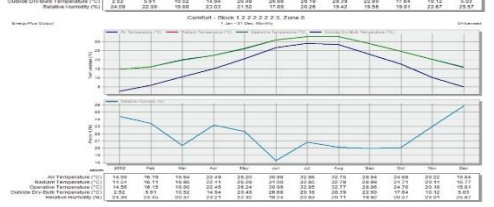
همانگونه که در جدول زیر مشاهده می شود، ترکیب آتریوم و حیاط مرکزی در ضلع جنوبی در فصل زمستان و تابستان (فصل سرد و فصل گرم) مورد بررسی و شبیه سازی قرار گرفت. نتایج بدست آمده نشان دهنده این است که، در اقلیم هایی که از حیاط مرکزی استفاده می کنند، می توان با تبدیل حیاط مرکزی به آتریوم کاهش مصرف ارنژی را در پی داشت. طبق جداولی که در زیر ارائه شده است می توان این نکته را یاداور شد که در تمامی هندسه های مورد بررسی استفاده از آتریوم کارایی حرارتی بیشتری را در پی داشته است.

ساختمان شبیه سازی شده	فرم	نمودار دما
	حیاط مرکزی	
	آتریوم	

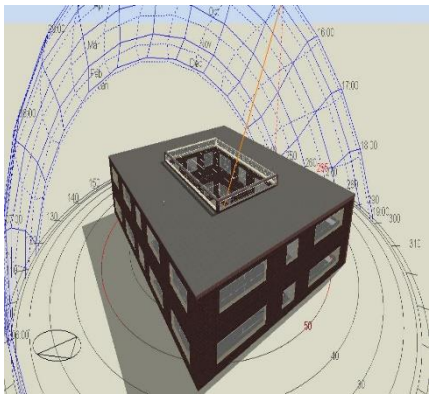
جدول (۲)، شبیه سازی فرم دایره در حیاط مرکزی و آتریوم، ماخذ: نگارندگان

	حیاط مرکزی	
	آتریوم	

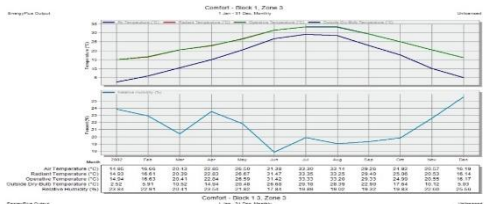
جدول (۳)، شبیه سازی فرم مربع در حیاط مرکزی و آتریوم، ماخذ: نگارندگان.

	حیاط مرکزی	
	آتریوم	

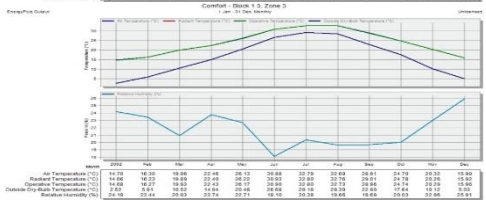
جدول (٤)، شبیه سازی فرم مثلث در حیاط مرکزی و آتریوم، ماخذ: نگارندگان.



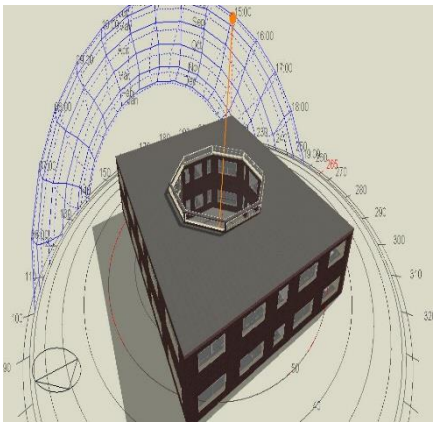
حیاط مرکزی



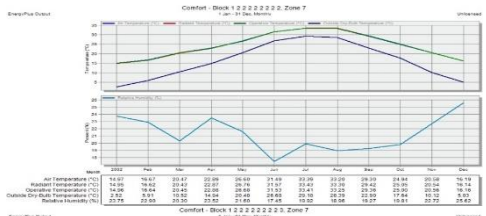
آتریوم



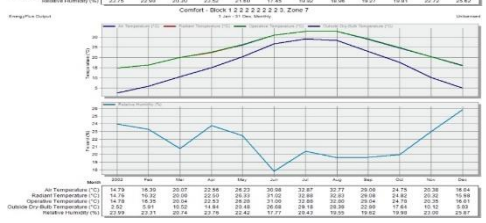
جدول (۵)، شبیه سازی فرم مستطیل در حیاط مرکزی و آتریوم، ماخذ: نگارندگان.



حیاط مرکزی



آتریوم



جدول (٦)، شبیه سازی فرم ۸ضلعی در حیاط مرکزی و آتریوم، ماخذ: نگارندگان.

۵-۳- مقایسه درصد بازشوها در آتریوم و حیاط مرکزی

علاوه بر فرم و هندسه حیاط مرکزی در شبیه سازی های صورت گرفته، مقایسه درصد بازشوها مورد بررسی قرار گرفت. این مقایسه در ۲ سطح با بازشوهای مختلف در طبقات همکف و اول اتریوم صورت گرفت. به این صورت که در یک شبیه سازی میزان باز بودن پنجره درون حیاط مرکزی در طبقه همکف ۱۰٪، در طبقه اول صفر ٪ و میزان بازشوی آتریوم ۵۰٪ در نظر گرفته شد. شبیه سازی مقایسه ای دوم نیز به این صورت بود که میزان باز بودن پنجره درون حیاط مرکزی در طبقه همکف ۵۰٪، در طبقه اول ۱۰٪ و میزان بازشوی پنجره بالای آتریوم نیز به میزان ۱۰٪ انجام پذیرفت. نتایج بدست آمده از تجزیه و تحلیل شبیه سازی انجام گرفته در جدول زیر ارائه می شود.

جدول (۷)، نتایج شبیه سازی درصد بازشو در طبقات همکف و اول آتریوم، ماخذ: نگارندگان

فرم	فصل	همکف۱۰٪، اول۰٪، اتریوم ۵۰٪	همکف۵۰٪، اول۱۰٪، اتریوم ۱۰٪	اختلاف، درجه
جنوب همکف	زمستان	۱۶,۳۰	۱۶,۳۰	صفر
	تابستان	۳۲,۷۳	۳۱,۶۳	۱,۱۰
جنوب اول	زمستان	۱۴,۹۳	۱۴,۹۳	صفر
	تابستان	۳۶,۱۷	۳۴,۴۹	۱,۶۸
شمال همکف	زمستان	۱۳,۸۳	۱۳,۸۳	صفر
	تابستان	۳۲,۳۲	۳۱,۲۸	۱,۰۴
شمال اول	زمستان	۱۲,۸۰	۱۲,۸۰	صفر
	تابستان	۳۵,۷۴	۳۴,۱۹	۱,۵۵

۵-۴- استخراج نتایج داده‌ها

در این مرحله، به تحلیل و بررسی دقیق حیاط مرکزی و آتریوم در کاهش مصرف انرژی خواهیم پرداخت. همانگونه که در بالا ذکر شد، ابتدا حیاط مرکزی در ۵ هندسه مختلف مورد شبیه سازی قرار گرفت. این شبیه سازی در جهت های شمالی و جنوبی و همچنین در ۲ ماه از فصول سرد و فصول گرم انجام گردید. بررسی های فوق، در طبقات همکف و اول بصورت جداگانه بررسی و سپس حیاط مرکزی با پوشش شیشه ای در بالای سقف به آتریوم تبدیل شد که نتایج بدست آمده در جداول زیر ارائه گردید.

جدول (۸)، مقایسه فرم های مختلف در حیاط مرکزی و آتریوم در ضلع جنوبی، ماخذ: نگارندگان

فرم	فصل	حیاط مرکزی اول	حیاط مرکزی همکف	آتریوم طبقه اول	آتریوم طبقه همکف
دایره	زمستان	۱۵,۲۶	۱۶,۷۰	۱۶,۴۶	۱۵,۰۴
	تابستان	۳۵,۷۳	۳۳,۱۹	۳۲,۸۴	۳۵,۴۴
مثلث	زمستان	۱۵,۲۸	۱۶,۶۶	۱۶,۳۰	۱۴,۹۳
	تابستان	۳۵,۸۵	۳۳,۲۱	۳۳,۷۵	۳۵,۳۹
مربع	زمستان	۱۵,۲۲	۱۶,۶۳	۱۶,۳۱	۱۴,۹۱
	تابستان	۳۵,۷۵	۳۳,۲۰	۳۲,۷۷	۳۵,۳۸
مستطیل	زمستان	۱۵,۱۴	۱۶,۵۱	۱۶,۱۹	۱۴,۸۲
	تابستان	۳۵,۵۸	۳۳,۱۴	۳۲,۶۹	۳۵,۲۰
۸ضلعی	زمستان	۱۵,۲۶	۱۶,۶۷	۱۶,۳۹	۱۴,۹۸
	تابستان	۳۵,۶۸	۳۳,۲۰	۳۲,۷۲	۳۵,۳۴

با توجه به داده های آماری بدست آمده از شبیه سازی های انجام گرفته در جدول بالا (۸)، میتوان گفت که شکل هندسی مستطیل در ضلع جنوبی طبقات همکف و اول حیاط مرکزی و آتریوم در فصل گرم به ترتیب با ۱۴,۸۲، ۱۵,۱۴، ۱۶,۱۶، ۱۶,۵۱ و فصل سرد به ترتیب با ۳۲,۶۹، ۳۳,۱۴، ۳۵,۲۰، ۳۵,۵۸، کارایی حرارتی مناسب تری نسبت به بقیه هندسه های مورد بررسی را نشان داده است.

جدول (۹)، مقایسه فرم های مختلف در حیاط مرکزی و آتریوم در ضلع شمالی، ماخذ: نگارندگان.

فرم	فصل	حیاط مرکزی اول	حیاط مرکزی همکف	آتریوم طبقه اول	آتریوم طبقه همکف
دایره	زمستان	۱۴,۵۱	۱۵,۵۹	۱۴,۰۸	۱۳,۰۳
	تابستان	۳۵,۶۷	۳۳,۰۹	۳۲,۴۳	۳۵,۱۱
مثلث	زمستان	۱۴,۵۳	۱۵,۵۵	۱۴,۰۲	۱۲,۹۸
	تابستان	۳۵,۸۲	۳۳,۱۹	۳۲,۳۹	۳۵,۰۸
مربع	زمستان	۱۴,۶۳	۱۵,۷۰	۱۴,۰۵	۱۲,۹۹
	تابستان	۳۵,۷۲	۳۳,۱۵	۳۲,۳۸	۳۵,۰۶
مستطیل	زمستان	۱۴,۶۰	۱۵,۵۶	۱۳,۸۳	۱۲,۷۹
	تابستان	۳۵,۵۶	۳۳,۰۸	۳۲,۲۶	۳۴,۸۵
۸ضلعی	زمستان	۱۴,۶۹	۱۵,۷۹	۱۴,۰۳	۱۲,۹۷
	تابستان	۳۵,۶۹	۳۳,۱۳	۳۲,۳۷	۳۵,۰۳

با توجه به داده های آماری بدست آمده از شبیه سازی های انجام گرفته در جدول بالا (۹)، میتوان گفت که شکل هندسی مستطیل در ضلع شمالی طبقات همکف و اول حیاط مرکزی و آتریوم در فصل سرد به ترتیب با ۱۲,۷۹، ۱۳,۸۳، ۱۵,۵۶ و فصل گرم به ترتیب با ۳۲,۶۹، ۳۳,۱۴، ۳۵,۲۰، ۳۵,۵۸، کارایی حرارتی مناسب تری نسبت به بقیه هندسه های مورد بررسی را نشان داده است. تنها در فرم دایره در طبقه اول حیاط مرکزی در زمستان با ۱۴,۵۱ درجه نسبت به هندسه مستطیل با ۱۴,۶۰ درجه در وضعیت مناسب تری قرار داشت. خلاصه نتایج نشان می دهد که نسبت بهینه آسایش حرارتی تامین شده توسط ترکیب آتریوم و حیاط مرکزی در ساختمان مؤثر واقع شده است. همچنین، مطلوب ترین شرایط آسایش حرارتی برای فصول سرد سال (زمستان) و فصول گرم سال (تابستان) را ترکیب آتریوم و حیاط مرکزی زمانی که از فرم مستطیل استفاده شود برای طراحی ساختمان های آموزشی در اقلیم گرم و خشک نیمه بیابانی (اصفهان) فراهم می نماید. علاوه بر این، زمانی که میزان سطح بازشوها در حیاط

مرکزی و آتریوم در دو فصل سرد و فصل گرم تغییر می کند، کاهش ۱ الی ۲ درجه ای را در فصل تابستان مشاهده می کنیم اما تغییر سطح بازشو تغییری در میزان حرارت فصل زمستان نشان نداده است.

۶- نتیجه گیری

بر اساس تحلیل داده های دمایی حاصله از نتایج شبیه سازی در محیط نرم افزار شبیه سازی انرژی پلاس، در اولین گام ساختمان بدون حیاط مرکزی و دارای حیاط مرکزی مورد شبیه سازی قرار گرفت. با توجه به داده های اماری در می یابیم که استفاده از حیاط مرکزی نقش اساسی در کاهش مصرف انرزی برای رسیدن به آسایش حرارتی را ایفا می کند. با توجه به نتایج بدست آمده میتوان عنوان کرد که ساختمان مورد نظر با در نظر گرفتن حیاط مرکزی نسبت به بدون حیاط مرکزی، در هر ۴ جهت شمالی، جنوبی، شرقی و غربی در مصرف انرژی تاثیرات مثبتی را نشان داده است. همچنین، در دومین گام، حیاط مرکزی در ۵ هندسه مختلف مورد بررسی قرار گرفت و سپس با تبدیل حیاط مرکزی به آتریوم میزان تاثیرگذاری آن در هر ۵ هندسه فوق بررسی گردد. نتایج بدست آمده نشان دهنده این است که، در اقلیم هایی که از حیاط مرکزی استفاده می کنند، می توان با تبدیل حیاط مرکزی به آتریوم کاهش مصرف ارنژی را در پی داشت. طبق جداولی که در قبلا ارائه شد می توان بیان داشت که در تمامی هندسه های مورد بررسی استفاده از آتریوم کارایی حرارتی بیشتری را در پی داشته است. شکل هندسی مستطیل در ضلع جنوبی طبقات همکف و اول حیاط مرکزی و آتریوم در فصل گرم به ترتیب با ۱۴،۸۲، ۱۵،۱۴، ۱۶،۱۶، ۱۶،۵۱ و فصل سرد به ترتیب با ۳۲،۶۹، ۳۳،۱۴، ۳۵،۲۰، ۳۵،۵۸، کارایی حرارتی مناسب تری نسبت به بقیه هندسه های مورد بررسی را نشان داده است. علاوه بر این، شکل هندسی مستطیل در ضلع شمالی طبقات همکف و اول حیاط مرکزی و آتریوم در فصل سرد به ترتیب با ۱۲،۷۹، ۱۳،۸۳، ۱۵،۵۶ و فصل گرم به ترتیب با ۳۲،۶۹، ۳۳،۱۴، ۳۵،۲۰، ۳۵،۵۸، کارایی حرارتی مناسب تری نسبت به بقیه هندسه های مورد بررسی را نشان داده است. تنها در فرم دایره در طبقه اول حیاط مرکزی در زمستان با ۱۴،۵۱ درجه نسبت به هندسه مستطیل با ۱۴،۶۰ درجه در وضعیت مناسب تری قرار داشت. علاوه بر این، زمانی که میزان سطح بازشوها در حیاط مرکزی و آتریوم در دو فصل سرد و فصل گرم تغییر می کند، کاهش ۱ الی ۲ درجه ای را در فصل تابستان مشاهده می کنیم اما تغییر سطح بازشو تغییری در میزان حرارت فصل زمستان نشان نداده است.

منابع

۱. بهادری نژاد، مهدی؛ یعقوبی، محمود (۱۳۸۸)، تهویه و سرمایش طبیعی در ساختمانهای سنتی ایران، مرکز نشر دانشگاهی، تهران.
۲. بیغمی، مژگان، قهاری، آزاده (۱۳۹۳)، امکان سنجی تبدیل آتریوم به حیاط مرکزی در معماری معاصر اقلیم گرم و خشک، کنفرانس مهندسی عمران، معماری و پایداری شهری گرگان.
۳. پیرنیا، محمدکریم، غلامحسین، معماریان (۱۳۸۷)، معماری ایرانی، تهران، ناشر سروش دانش.
۴. طاهباز، منصوره (۱۳۸۵)، اصول یک معماری کویری، فصلنامه شماره ۹۱ و ۲۰، پائیز و زمستان.
۵. مفیدی شمیرانی، سید مجید، مدی، حسین (۱۳۸۶)، آتریوم نماد یک معماری پایدار، ششمین همایش ملی انرژی.
۶. مهدوی نژاد، محمدجواد (۱۳۸۳)، حکمت معماری اسلامی، جستجو در ژرف ساخت های معنوی معماری اسلامی، مجله هنرهای زیبا.
7. Rubin, E.S. and C.I. Paridson (2002), *Introduction to engineering and environment*, McGraw Hill.
8. Sekkei Y. Amenity space for interaction: Recent works, Process Architecture, Tokyo, 1989, p. 16-37.
9. Kutzer B. Sustainability as a Design Tool [dissertation]. Faculty of Virginia Polytechnic; 2004.
10. Bednar, M. New Atrium, McGrawhill Building Type Series, USA; 1986.
11. Bryn I. Atrium Buildings Environmental Design and Energy Use, Ashrae Transactins Vol 99 Part 1. Chicago; 1993.
12. Saxon R. Atrium buildings development and design, 2nd edition, The Architectural Press London:1986.
13. Sharples S, Lash D. Daylight in atrium buildings: A critical review. Architectural Science Review 2007; 50: 301-12.
14. Brown GZ, DeKay M. Sun, wind, and light: Architectural design strategies, 2nd edition. John Wiley. New York; 2001.
15. Laouadi A, Atif MR, Galasiu A. Towards Developing Skylight Design Tools For Thermal And Energy Performance Of Atriums In Cold Climates, Building And Environment 2002; 37:1289-1316.

16. Laouadi A, Atif MR.. Comparison Between Computed And Field Measured Thermal Parameters in an Atrium Building, Building And Environment 1999; 34:129-38.
17. Hung WY. Architectural Aspects of Atrium. International Journal on Engineering Performance-Based Fire Codes 2003; 5 (4): 131-37.
18. Martín, H.R., Martínez, R.F.J., Gómez, V.E (2008) "Thermal comfort analysis of a low temperature waste energy recovery system: SIECHP"Energy and Buildings, 40, pp: 561–572.
19. Tsutsumi, H., Tanabe, S.i., Harigaya, J., Iguchi, Y., Nakamura,G (2007) "Effect of humidity on human comfort and productivity after step changes from warm and humid environment"Building and Environment, 42, pp: 4034– 4042.
20. Chun, C., Kwok, A., Mitamura, T., Miwa, N., Tamura, A (2008) "Thermal diary: Connecting temperature history to indoor comfort"Building and Environment, 43, pp: 877–885.
21. Givoni, B. (1976) "Man, Climate and Architecture"Elsevier press,New York, USA.
22. Szokolay, S.V (1987) "ThermalDesign of Buildings"Raia Education Division Canberra, Australia.