Downloaded from jria.iust.ac.ir at 8:57 IRST on Saturday March 10th 2018

فصلنامه پژوهش های معماری اسلامی / شماره دوازدهم / پائیز ۱۳۹۵ / سال چهارم

« بررسی تطبیقی اختلاف رفتار حرارتی مصالح پیش ساخته سازی گنبد در اقلیم گرم و خشک ایران (نمونه موردی: شهر یزد و اصفهان)»

مازیار آصفی *
دانشیار و عضو هیئت علمی دانشگاه هنر اسلامی تبریز (نویسنده مسئول)
فرزین حق پرست **
استادیار و عضو هیئت علمی دانشگاه هنر اسلامی تبریز
فرزانه قلیزاده اورنگ ***
دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه هنر اسلامی تبریز

تاریخ دریافت مقاله:۹۴/۸/۱۲ تاریخ پذیرش نهایی:۹۵/۴/۲۲

چکیـــــــده:

گنبد در معماری مسجد، عنصر و نمادی مهم تلقی می شود و بسیاری طراحان، علاوه بر مفاهیم نهفته در فضاسازی گنبد، وجود آن را دلیلی بر معماری نمادین آیین اسلام می دانند. از همین رو، مطالعه در حوزه گنبدسازی امری لازم به نظر می رسد که امروزه، پیشرفت روش های ساخت و اجرا، ضرورت شناخت ساختار آن را دوچندان می نماید. در این میان در مکانی چون مسجد آسایش کاربر در داخل بنا از منظر تامین وضعیتِ حداقل، در جهت ارتقای حالات معنوی نمازگزار، امری لازم است که در اقلیم گرم و خشک نیز به دلیل فاصله شرایط طبیعی با محدوده آسایش انسانی، این ضرورت مضاعف می گردد. به همین منظور، مطالعه حاضر به قیاس سه نمونه مصالح در گنبد پیش ساخته پرداخته و متریال سنتی (آجری) را در مقابل ساختار بتنی و فایبرگلاس ارزیابی می نماید. نحوه پیش ساخته سازی، از جزییات اجرایی شرکت Dkdomes که اجرا کننده بسیاری از گنبدها در دنیای اسلام از جمله گنبد مسجد ولایت کوالالامپور است؛ انتخاب گردیده و فرم نمونه ها از مسجد امام اصفهان اتخاذ شده است. رفتار حرارتی به منزله یکی از پارامترهای موثر در آسایش مخاطب و به عنوان متغیر پژوهش انتخاب گردیده و نمونه ها بر اساس تفاوت های رفتاری مورد تحلیل قرار گرفته اند. روش تحقیق، پس از تحلیلی توصیفی از جزییات مطالعات رفتار حرارتیِ انجام شده تاکنون، در بخش نمونه موردی، کمی، تجربی و بطور دقیق تر محاسبات دقیق است. روند مطالعه، درصدد پاسخ به این سوال گام برمی دارد که کدام نوع گنبد، پاسخ بهتری به لحاظ پارامترهای مورد مطالعه در اقلیم گرم و خشک ارائه می دهد. تحلیل ها در دو شهر یزد و اصفهان و با نرم افزار Ecotect انجام یافته و نتایج آن نشان می دهد از بین دو شهر انتخابی، ساعات آسایش آجر برای شرایط آب و هوایی شهر یزد بیشتر و ساختار بتنی گنبد در محدوده شهر اصفهان فراهم آورنده آسایش بیشتر است. بتن در هر دو نمونه تعدیل کننده دما بوده و آجر و فایبرگلاس به ترتیب ایجاد کننده تفاوت های رفتاری متوسط و بیشینه از منظر تبادلات انرژی در طول ساعات شبانه روز و بصورت سالانه در ساختار گنبدی هر دو شهر به حساب می آیند.

واژه های کلیدی:رفتار حرارتی، گنبد پیش ساخته، آجر، بتن، فایبرگلاس .

* masefi@tabriziau.ac.ir ** f.haghparast@tabriziau.ac.ir *** Raha.arch514@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

Downloaded from jria.iust.ac.ir at 8:57 IRST on Saturday March 10th 2018

مقدمه

مسجد به عنوان مکانی آیینی از زمان تولد آیین اسلام تاکنون در خدمت مسلمانان بوده و در هر دوره با توجه به شرایط اجرا و تکنولوژی موجود، طراحی و ساخته شده است. اما آنچه تقریبا ثابت مانده و تاکنون در اکثر نمونه های موجود به چشم می خورد؛ المان هایی است که بنای مسجد را از دیگر اماکن متمایز می گرداند. گنبد یکی از برجسته ترین این المان ها که از معماری خشتی و آجری آغاز شده و اکنون در زمان پیشرفته ترین روش های اجرای خود به سر می برد؛ موضوع مطالعه حاضر بوده و شرایط حاکم بر ساخت آن، در گذر زمان مورد بررسی خواهد بود. بدیهی است که این المان معماری با توجه به مصالح آن، رفتارها و بازخوردهای متفاوتی در قبال پارامتر حرارت خواهد داشت و لذا مطالعه پیش رو، جنس مصالح گنبد را به عنوان متغیر مستقل پژوهش در نظر گرفته و رفتار حرارتی آن را که متاثر از فاکتورهای مذکور است؛ به عنوان متغیر وابسته مورد واکاوی قرار می دهد. به منظور کاهش پارامترهای موثر بر تحلیل، ساختار گنبد در هر سه متریال انتخابی، بصورت پیش ساخته درنظر گرفته شده است و نحوه اجرا، برگرفته از ساختار پیش ساخته گنبد مسجد ولایت در مالزی است که طراحی شرکت مالزیایی–آلمانی DKdomes می باشد. از آن جا که هدف طراحان در نمای ظاهری این گنبد، بهره از تزیینات گنبد مسجد امام اصفهان بوده است؛ فرم این گنبد نیز به عنوان الگوی شکلی این تحلیل، در نظر گرفته شده است. از همین رو، اقلیم مورد نظر در تحلیل ها، اقلیم گرم و خشک انتخاب گردیده و با استناد بر این امر که شرکت سازنده گنبدهای پیش ساخته، جزییات اجرایی مشابهی را برای همه مناطق ارائه می دهد؛ در نظر گرفتن ساختار اجرایی آن برای شهرهای اقلیم گرم و خشک ایران خالی از اشکال خواهد بود. از آنجا که گنبد مسجد امام با اجرای آجری خود، پس از گذشت سال ها ماندگار است و این مسجد جایگاه مردمی خود را نیز حفظ نموده؛ به نظر می رسد ارزیابی پایداری حرارتی آن در صورت ساخت با روشی نوین همچون پیش ساخته سازی که بتواند آسایش کاربر را نیز در حدی حداقل مشابه تامین نماید، مطالعه ای درخور توجه باشد. تمامی تحلیل ها با نرم افزار Ecotect انجام یافته و در نتایج نهایی، تحلیل های رفتاری، بیش از خروجی های عددی مورد توجه بوده است. از آنجا که هدف پژوهشگر، ارزیابی تفاوت رفتاری مصالح بوده و اساس مطالعه بر پیش ساخته سازی، بنا نهاده شده است؛ در ساختار گنبد به صورت آجر، شرایط آن را به صورت همگن درنظر داشته و کل گنبد را به صورت یکپارچه شبیه سازی نموده است. برای اقلیم گرم و خشک ایران، دو شهر یزد و اصفهان در نرم افزار Ecotect، تحلیل گردیده که نمونه مطالعه در هر دو شهر ارزیابی شده و نتایج تحلیل رفتار حرارتی مصالح آجر، بتن و فایبرگلاس در هر دو شهر انجام یافته است.

سوالات و متدلوژی پژوهش

به نظر می رسد پژوهش حاضر بتواند با تحلیل های نرم افزاری خود قادر به پاسخ دهی به سوالات زیر باشد:

۱) کدام نوع گنبد رفتار حرارتی مناسب تری در شرایط اقلیم گرم و خشک از خود نشان می دهد؟

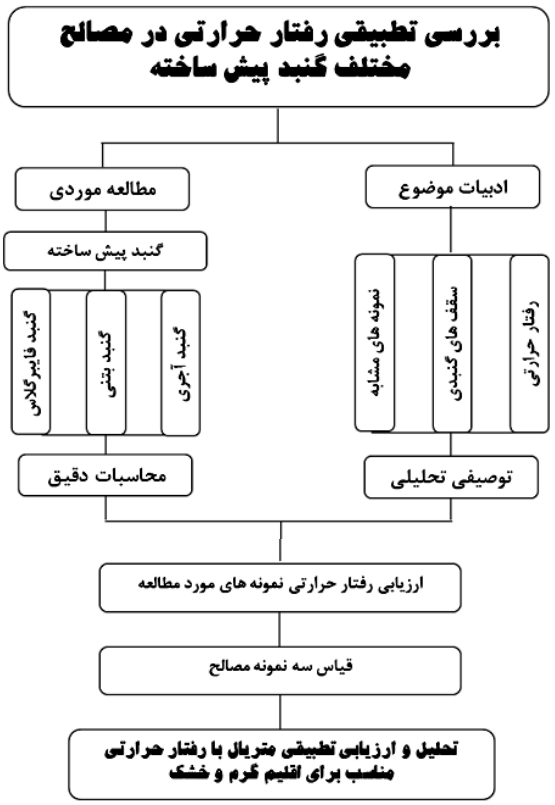
۲) آیا می توان گنبدی همچون گنبد مسجد امام اصفهان را با روش های نوین اجرا نمود و پایداری حرارتی مشابهی در آن ایجاد کرد؟

این پژوهش در راستای پاسخ دهی به سوالات فوق، مطالعه خود را در دو بخش ادبیات موضوع و مطالعه موردی آغاز نموده که پس از ارزیابی مفهوم رفتار حرارتی، عملکرد سقف های گنبدی و مطالعات حرارتی انجام یافته مشابه به روش توصیفی تحلیلی، به تحلیل نمونه مورد مطالعه خود که در سه قالب آجری، بتنی و فایبرگلاس اجرا شده اند؛ خواهد پرداخت. روش مطالعه در بخش موردپژوهی محسبات دقیق است که پس از شبیه سازی نمونه ها در نرم افزار تحلیل حرارتی، میزان تبادل حرارت آن ها قابل قیاس بوده و نتایج پژوهش مبنی بر ارزیابی تطبیقی رفتار حرارتی سه ساختار سقف گنبدی، قابل استخراج خواهد بود. (دیاگرام ۱)

Archive of SID

www.SID.ir

Downloaded from jria.iust.ac.ir at 8:57 IRST on Saturday March 10th 2018



دیاگرام۱: ارزیابی متدلوژی و روند تحقیق
ماخذ: نگارندگان

پیشینه تحقیق

تامین آسایش در داخل بنا امری ضروری است که آسایش حرارتی یکی از مهم ترین پارامترهای آن بشمار می رود. در طراحی غیر فعال یا همان پسیو، دما و شرایط آسایش حرارتی به کنترل و دخالت مستقیم طراح نیاز ندارد و فاکتورهای متعددی چون فرم بنا، اندازه و جهت بازشوها، خصوصیات مصالح و ... که مربوط به خود بنا است؛ در ایجاد آسایش حرارتی دخیل اند. هر سیستمی که بتواند به پارامترهای مذکور توجه نماید؛ به گرما و سرمای اضافی جهت نیل به آسایش داخلی نیاز نداشته (Turrin et al.۲۰۱۲, ۳۸) و(Hatamipour & Abedi ,۲۰۰۸, ۲۳۱۷)و (Dili, Naseer & Varghese, ۲۰۱۰, ۹۱۷)

و لذا در حین کاهش مصرف انرژی، سلامت و آسایش کاربران را افزایش خواهد داد. (Taleb, ۲۰۱۴, ۱۵۴) به طور کل در رویکرد پایداری، بنا، به منظور تضمین آسایش حرارتی در کل سال با حداقل انرژی کمکی برای گرمایش و سرمایش طراحی می گردد. بسیاری فاکتورهای داخلی و خارجی، نوسانات دمایی داخل را تحت تاثیر قرار می دهند که به نظر می رسد دما، باد و تابش از مهم ترین عوامل موثر خارجی به شمار آیند که میزان دخالت این عوامل در شرایط داخلی، به طور عمده ای به جنس بدنه بنا ارتباط خواهد داشت. (Soares et al. ۲۰۱۳, ۸۴–۸۵) بنای پایدار از مصالحی است که تاثیر محیطی را در طول چرخه عمر بنا کاهش دهد که می توان میزان بهره وری بنا خصوصا در مرحله طراحی، را با مدل سازی اطلاعات بنا (BIM) ارزیابی نمود (Shoubi et al. ۲۰۱۴, ۱) که طبیعتا متاثر از شرایط اقلیمی، محلی و ویژگی های خود بنا خواهد بود. (Motawa & Carter ۲۰۱۳, ۴۲۶) به طور کلی می توان گفت بناها به عنوان سومین عامل مصرف انرژی، پس از صنعت و حمل و نقل به شمار می روند که بالطبع توجه به بهینه سازی مصرف انرژی در پروسه طراحی بنا، سبب پیشگیری از بسیاری مصارف و تلفات بعدی خواهد بود. (Al–Homoud ۲۰۰۱, ۴۲۱) از طرفی با طراحی مناسب و درنظر گرفتن عامل انرژی، که توجه به سرمایش و گرمایش را نیز در پی خواهد داشت؛ تفاوت رفتار حرارتی بنا با دیگر ابنیه به صورت ناخودآگاه توسط مخاطب درک خواهد شد؛ هرچند نتواند دلایل تمایز را تشخیص دهد. در بناهای تاریخی و سنتی، عموما شرایط داخل به سمت حفظ آسایش بدون نیاز به ابزارآلات گرمایش، سرمایش و تهویه تمایل دارد.) (Cantin et al. ۲۰۱۰) و Varghese & ۲۰۱۱, ۶۵۳) (Dili, Naseer هرچند این نکته نیز قابل ذکر است که آب و هوا و مصالح، پارامترهای طراحی پلان و نما در این بناها نیستند؛ بلکه بناهای تاریخی زاییده شرایط اجتماعی فرهنگی اند و شرایط آب و هوایی، ساختار و مصالح به آن ها شکل می دهند. Oikonomou & Bougiatioti ۲۰۱۱, ۶۸۸) (در حالت کلی، نوسانات گرمایی در یک بنا، متاثر از آب و هوای منطقه، کاربری بنا، فاکتورهای طراحی و ویژگی مصالح (Nayak & Prajapati ۲۰۰۶) و یا به عبارتی دیگر، اتفاقات بیرون، فعالیت های درون و خصوصیات جداکننده درون و بیرون است. (Balaras ۱۹۹۶, ۱) با اجرای سیستم ساخت مناسب می توان

Archive

www.SID.ir

Downloaded from jria.iust.ac.ir at 8:57 IRST on Saturday March 10th 2018

دمای بالاتر از حد نرمال بیرونی را تا حد آسایش کاهش داد و در شرایط با دمای پایین تر از حد نرمال، سبب افزایش دما تا محدوده آسایش شد. (Dili, Naseer & Varghese ۲۰۱۰, ۲۲۱۸) وقوف به همین خصوصیات است که باعث می گردد تا از ویژگی بدنه ها و پوشش بنا در راستای حفظ انرژی، به عنوان اسرار بنا یاد نمود و آن را دربردارنده تاثیری شگرف در مصرف انرژی بنا دانست. (Zhang et al. ۲۰۱۳) این ویژگی ها که از آن ها با عنوان خصوصیات ترموفیزیکی یاد می شود؛ در کنار توجه به ضخامت بدنه ها، تاثیر عمیقی بر زمان تاخیر و فاکتورهای کاهشی دارند. (Asan & San ۱۹۹۸, ۱۵۹) نما و پوشش، مانعی برای گرما، هوا و روشنایی است و به همین دلیل طراحی هوشمندانه آن برای نیل به کارآیی بالا ضروری خواهد بود. اکثرا این فاکتورها به انتخاب مصالح مربوط بوده و شامل عایق بندی تا جنس خود بدنه ها، سطوح شیشه ای و ... می گردد. (Evins ۲۰۱۳, ۲۳۳) (می توان گفت بحرانی ترین قسمت پوشش بنا در مقابل تابش و دیگر تغییرات محیطی، سقف آن است. از میان انواع مختلف طراحی سقف، نوع طاقی و گنبدی با اینکه در طول روز گرمای بیشتری از سقف صاف می گیرند؛ اما به طریق کنوکسیون طبیعی، گرمای بیشتری پخش و پراکنده می کنند. (Sadineni, Madala & Boehm ۲۰۱۱, ۳۶۲۲–۳۶۲۳) (در مناطق گرم که بحث سرمایش دغدغه اصلی در زمینه تامین آسایش داخلی در بناست؛ ۷۰ درصد گرمای جذب شده از طریق سقف بنا انجام می گیرد (Al–Obaidi, Ismail & Abdul Rahman ۲۰۱۴, ۱) که همین امر لزوم توجه به ساختار مناسب آن را اثبات می نماید. در واقع می توان سقف های گنبدی را به دلیل جریان هوا در کاهش گرما موثر دانست و بهره از آن را به عنوان سرمایش غیرفعال در مناطق خشک واجد اهمیت قلمداد کرد. (Bahadori & Haghighati ۱۹۸۵, ۱۰۳) سقف های طاقی و گنبدی که موضوع مطالعه بسیاری پژوهشگران در حوزه قیاس با رفتار حرارتی سقف های صاف هستند؛ (Tang, Meir & Wu ۲۰۰۶) و (Tang, Meir & Etzion ۲۰۰۳) و (Faghih & Bahadori ۲۰۱۱) پایداری حرارتی بیشتری نسبت به آن ها در فضای داخل ایجاد می نمایند. (Hadavand & Yaghoubi ۲۰۰۸) (به طور کل عملکرد گرمایی این سقف ها، بهتر، ارزیابی شده و این شرایط در صورت پوشیده شدن با آجر مضاعف می گردد. هرچند جریان باد در این نوع پوشش و در فصل گرم نیز کمکی در ایجاد شرایط آسایش بشمار می رود؛ اما بطور کل می توان گفت حداکثر دمای هوای داخل در فضاهای با سقف گنبدی بهتر از فضاهای با سقف صاف خواهد بود. (Faghih & Bahadori ۲۰۱۱, ۱۲۶۲) راهکارهای مطالعه حرارتی بنا را می توان در سه بخش عمده خلاصه کرد. مطالعات انسانی بخش نخست و عمده آن است. چرا که تحلیل بهترین شرایط انسانی به عهده کاربر بنا بوده و قادر است بهترین ارزیابی را در صورت تعریف شرایط مناسب بدنی برای وی به لحاظ پوشش و فعالیت، ارائه دهد. (Cena & Dear ۲۰۰۱) و(Dili, Naseer & Varghese ۲۰۱۱) مطالعات میدانی و سنجش های دستی نیز درصورت تداوم سالانه و اندازه گیری شرایط در پروسه یکساله بنا واجد اهمیت بوده و می توان گفت دقیق ترین نتایج را ارائه خواهد داد. این روند و به عبارتی اندازه گیری پارامترهای حرارتی در بنا توسط بسیاری محققان استفاده گردیده و در کنار محاسبات انجام یافته، ارائه دهنده نتایج متنوعی در حوزه آسایش حرارتی، رفتار بدنه ها و نوع پوشش ها خواهد بود. (Cantin et al ۲۰۱۰)و (Oikonomou & Bougiatioti ۲۰۱۱) (Nayak & Prajapati ۲۰۰۶) و (Dili, Naseer & Varghese ۲۰۱۰)و (Cena & Dear ۲۰۰۱) و (Givoni ۲۰۱۱) اما آنچه غیرقابل انکار است حوزه مطالعات نرم افزاری در زمینه رفتار حرارتی بناست. برنامه های شبیه ساز حرارتی، قادرند بخش عمده ای از تحلیل رفتار بنا را به عهده گیرند که این امر از حوزه مرمت گرفته (Moropoulou et al. ۲۰۱۳) (تا اتلاف حرارتی بدنه ها قابل تعمیم می باشد. (Nayak & Prajapati ۲۰۰۶) و (Kočí, Bažantová & Černý ۲۰۱۴) و (Evins ۲۰۱۳) اساس همه این برنامه ها بهینه نمودن طرح های مهندسی است و می تواند شامل تحلیل رفتارهای حرارتی بنا همچون برنامه هایی مانند DesignBuilder(Somboonwit & و CFD، EnergiPlus، Ecotect Sahachaisaeree ۲۰۱۲) و (Oikonomou & Bougiatioti ۲۰۱۱) و یا نرم افزارهای طراحی پارامتریک به منظور بهره وری از حداکثر انرژی محیطی در بنا باشد. ((Turrin et al. ۲۰۱۲ هرچند ممکن است نتایج حاصل از تحلیل برنامه های فوق،

Archive of SID

www.SID.ir

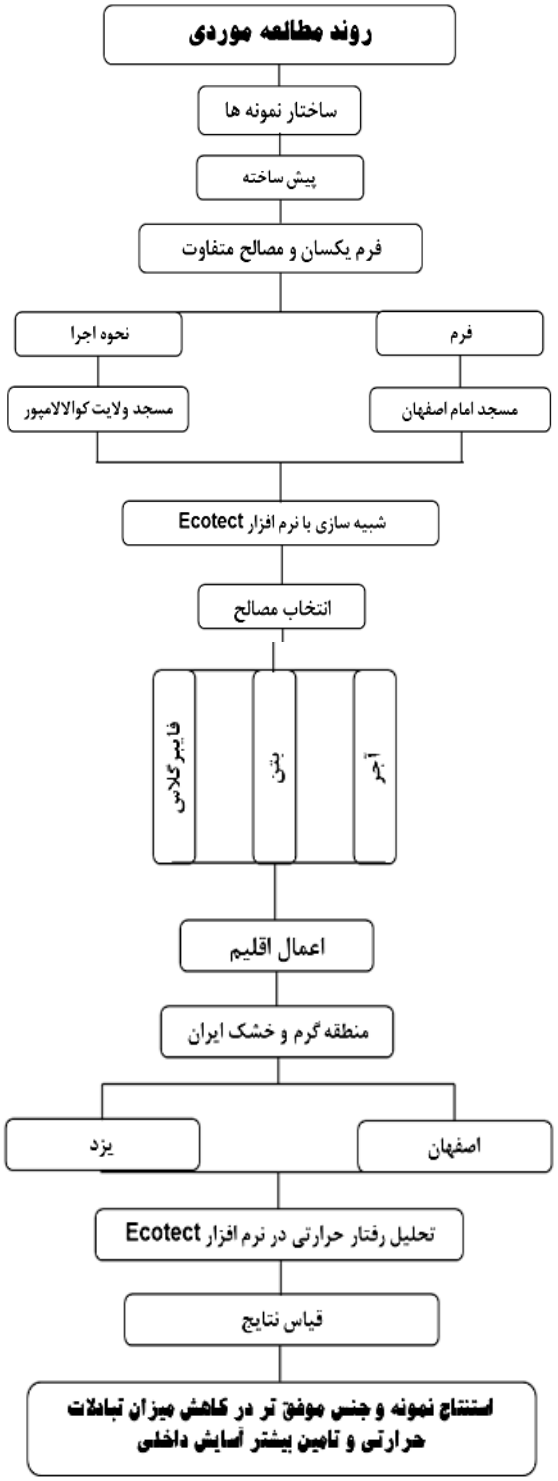
Downloaded from jria.iust.ac.ir at 8:57 IRST on Saturday March 10th 2018

متفاوت باشد؛ اما دربرگیرنده اطلاعات مهمی در زمینه انرژی در بناست که در صورت بهره در مرحله طراحی و ارائه آلترناتیو و انتخاب بهترین گزینه برای اجرا، کارآمدترین و به عبارتی تنها راهکار موجود است. (Somboonwit & Sahachaisaeree ۲۰۱۲) و (Shoubi ۲۰۱۴) و (Al–Homoud ۲۰۰۱)

آنچه مسلم است ضرورت مطالعه رفتار حرارتی جداره های بنا به منظور تامین آسایش داخلی است که می توان مصالح را در شکل گیری رفتار مختص یک بدنه، دارای نقش عمده و بارز دانست. از طرفی سقف، درگیرترین عضو این جداره با عوامل محیطی است که از میان انواع مختلف آن، سقف صاف و گنبدی، پرکاربردترین آن ها در بناهاست. به منظور سهولت مطالعه این عنصر و از طرفی نیل به نتایج منطقی و لذا تحلیل شرایط ترموفیزیکی آن قبل از ساخت، مطالعه نرم افزاری و شبیه سازی، کارآمدترین راهکار مطالعه به نظر می رسد که با توجه به تعدد نرم افزارهای موجود، انتخاب مناسب ترین آن با در نظر گرفتن نتایج منتظره در هر پژوهش، صورت می گیرد. مطالعه حاضر در پروسه پیش رو با در نظر داشتن تحقیقات انجام یافته ی این عرصه، تاثیر تنوع مصالح و روش ساختِ گنبد را در رفتار حرارتی این پوششِ تقریبا وافر در ایران، انتخاب نموده و به دلیل ارزیابی نمونه قبل از ساخت، به روش نرم افزاری به تحلیل و قیاس ساختار مورد نظر خود می پردازد.

مطالعه موردی

روند مطالعه حاضر به نحوی است که یک فرم یکسان را برای نمونه مطالعه خود برگزیده و سعی دارد مصالح متفاوت آن ها را به عنوان متغیر مستقل پژوهش واکاوی نماید. فرم ثابت از مسجد امام اصفهان اخذ گردیده و نحوه اجرا و ساختار گنبد پیش ساخته نیز از مسجد ولایت کوالالامپور مالزی استخراج شده است. از آنجا که این نحوه اجرا در مساجد دیگر نیز توسط شرکت طراح و سازنده این نوع گنبدها (dkdomes) اجرا گردیده است؛ می توان جزییات موجود را برای اقلیم های دیگر و فرم های مختلف اجرا نمود که در این مطالعه، اقلیم گرم و خشک ایران و فرم مسجد امام برای بهره از ساختار پیش ساخته پیشنهادی این شرکت انتخاب شده است. نمونه ها برای تحلیل حرارتی وارد نرم افزار Ecotect شده و پس از تحلیل نتایج، میزان تبادلات حرارتی سه نوع گنبد قیاس خواهد شد. (دیاگرام ۲)



دیاگرام۲: ارزیابی روند مطالعه موردی
ماخذ: نگارندگان

www.SID.ir

Downloaded from jria.iust.ac.ir at 8:57 IRST on Saturday March 10th 2018

معرفی الگوهای فرمی و ساختاری گنبد مورد مطالعه (جدول ۱)

مسجد امام اصفهان:

گنبد دوپوسته تقویت شده مسجد امام (۴۸-۱۰۲۰هجری) در سمت جنوبی میدان نقش جهان در اصفهان قرار دارد. گنبد دارای آوگون، یعنی دارای پیش آمدگی اندکی نسبت به گریو است و بر روی یک گریو بلند قرار گرفته است. قطر خارجی گریو ۲۶٫۳متر، ارتفاع گریو ۷ متر، و ضخامت آن در پایه و در بالا به ترتیب ۱٫۷ و ۲٫۲ متر است. گریو دارای ۸عدد پنجره به ارتفاع ۳٫۳ و عرض ۱٫۷متر، است که در فواصل مساوی دور گریو قرار گرفته اند. ارتفاع پوسته های بالایی و پایینی از تراز پایه گریو به ترتیب ۲۴٫۴۵ و ۱۳٫۲ متر و فاصله بین دو پوسته ۱۱٫۲۵ متر است. پوسته بالایی دارای ارتفاع ۵۲متر از تراز زمین است. ضخامت پوسته پایینی دارای از ۰٫۲۲ تا ۱٫۳۵متر به سمت گریو تغییر می کند و تغییرات ضخامت پوسته بالایی از ۰٫۳ تا ۱٫۱ متر به سمت پایه است. پوسته بالایی شلغمی شکل است. تعداد ۲۴ عدد دیوار (خشخاشی، تقویت کننده) آجری شعاعی یا نصف النهاری در فضای بین دو پوسته وجود دارد که به دو پوسته متصل شده اند. ضخامت خشخاشی ها ۰٫۴۵ است. خشخاشی ها دارای سه ارتفاع مختلف هستند. خشخاشی های بلند، متوسط و کوتاه به ترتیب دارای به ترتیب دارای ارتفاع ۱۲٫۶، ۱۰٫۷ و ۷٫۶ متر هستند. این خشخاشی ها به ترتیب و به فواصل مساوی دور محیط گنبد قرار گرفته اند. (حجازی و میرقادری ۱۳۸۳، ۷۴۸)

مسجد ولایت کوالالامپور:

مسجد ولایت در کوالالامپور مالزی که از فرم مساجد عثمانی ترکیه تبعیت می کند؛ ۲۰ گنبد خارجی و ۱۷ گنبد داخلی دارد که عرض کره گنبد اصلی آن ۳۱٫۲ متر با پنجره های قوسی شکل در پایه است. پوسته بیرونی این گنبد با تایل های موزاییک پوشیده شده که موتیف های دکوراتیو و تزیینی آن از تزیینات مساجد صفوی الهام گرفته شده است. فرم داخلی آن دربردارنده مقرنس هایی با همان مصالح کامپوزیت خود گنبد است که به طور کل در طراحی آن تلاش تیم DKdomes به عنوان گروه طراح، بر این بوده است تا بتوانند وحدتی هنری بین جوانب سنتی و ایده های مدرن خود ایجاد نمایند. طراحی ها با بهره از نرم افزار Catia انجام یافته و دقت میلیمتری آن سبب گردیده است تا سایز قطعات دقیق بوده و همپوشانی آن ها به طور عالی تامین گردد. پس از طراحی آن در نرم افزار، برش قطعات بوسیله دستگاه برش لیزری ۵ محوری انجام می یابد که قادر است فرم های پیچیده سه بعدی همچون مقرنس را اجرا نماید. گنبدهای این شرکت بر روی سازه ای استیل طراحی می شوند و صفحات پوشش دهنده آن ها از داخل و خارج به این سازه متصل میگردد. جنس این صفحات فایبرگلاس بوده و تزیینات بر روی آن ها انجام می گیرد. (dkdomes.com)

جدول ۱: مشخصات نمونه ها، ماخذ: نگارندگان

گونه زمانی	جنس	نام	مکان	تصاویر
سنتی	آجری	مسجد امام	اصفهان-ایران	
مدرن	پیش ساخته فایبرگلاس	مسجد ولایت	کوالالامپور-مالزی	

www.SID.ir

Downloaded from jria.iust.ac.ir at 8:57 IRST on Saturday March 10th 2018

شناخت نمونه شبیه سازی شده

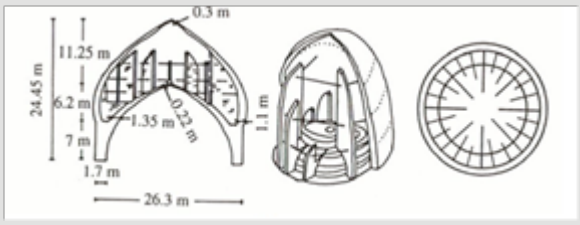
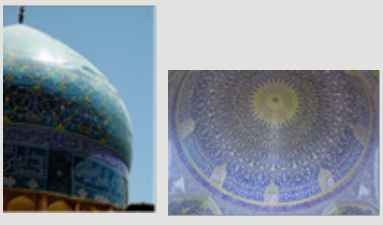
همانگونه که بیان گردید مطالعه حاضر الگوی فرمی خود را از مسجد امام اصفهان و جزییات پیش ساخته سازی را از گنبدسازی شرکت DKdomes که مسجد ولایت یکی از نمونه های کاری این شرکت می باشد؛ اخذ نموده است. (جدول ۲) آنچه این مطالعه بدنبال واکاوی آن است؛ ارزیابی تفاوت های رفتار حرارتی در تنوع مصالح است که به همین منظور نمونه شبیه سازی در سه متریال مختلف مورد تحلیل قرار گرفته است. بنابراین در این مطالعه، جنس مدول های شرکت DKdomes که صفحات فایبرگلاس را در قالب های مخصوص طراحی می نمایند؛ در سه حالت مختلف، بتن، آجر و جنس مورد نظر خود شرکت (فایبرگلاس) در نظر گرفته شده است. از آنجا که کاهش پارامترهای موثر در تحلیل به متظور اخذ نتایج دقیق تر، ضروری است؛ لازم است هر سه مدل، المان محدود درنظر گرفته شود. از طرفی اساسا نرم افزار Ecotect قادر به تحلیل المان های نامحدودی همچون آجر در مقیاسی چون ساختار گنبد مسجد امام نیست و از همین رو، منظور از جنس آجر در شبیه سازی، بهره از جنس خاک در قالب مدول های گنبد مسجد ولایت می باشد.

از آنجا که تاثیر ضریب هدایت مصالح انتخابی، ارائه دهنده نتایج این پژوهش است؛ ضروری است تا ویژگی های حرارتی ان ها مورد بررسی قرار گیرد. لازم به ذکر است منظور از جنس گنبد درهمه نمونه ها، هسته و بدنه اصلی گنبد بوده و پوشش های درونی و بیرونی به طور مشابه درنظر گرفته شده است. جنس آجری، بتن و فایبرگلاس هسته مدنظر در این ازمون هستند که با توجه به تفاوت های رفتاری، نتایج متفاوتی از منظر حرارتی ارائه خواهند داد. در طرح اجرا شده شرکت مذکور در مسجد ولایت لایه بیرونی کاشی، بخش میانی فایبرگلاس و لایه داخلی با قالب گیری سه بعدی تزیین شده است. در موردپژوهی این مطالعه نیز هدف، بررسی تفاوت مصالح در بخش هسته اصلی است و بخش های داخلی و خارجی مشابه هم درنظر گرفته شده است. لیکن به جهت انتخاب این مطالعه که الگوی فرمی خود را از مسجد امام اخذ نموده، می توان ترتیب لایه ها را از بخش بیرونی به ترتیب، کاشی، لایه چسباننده، هسته میانی گنبد بیرونی (آجر، بتن، فایبرگلاس)، هوا (به جهت دوپوسته بودن گنبد)، هسته میانی گنبد داخلی (آجر، بتن، فایبرگلاس)، ماده چسباننده و کاشی بیان نمود.

شبیه سازی حرارتی نمونه ها در نرم افزار Ecotect

نمونه های مورد مطالعه پس از شبیه سازی فرمی، به منظور تحلیل حرارتی وارد نرم افزار Ecotect، شده اند. انتخاب این نرم افزار، علاوه بر استناد به مبانی نظری و تکیه بر پژوهش هایی که این برنامه را به جهت تحلیل های خود انتخاب نموده اند؛ با توجه به مقیاس مطالعه انجام یافته است. تعریف این پژوهش در حوزه معماری است و اساس آن بر تبدیل انرژی و

جدول ۲: الگوی فرمی و ساختاری نمونه موردمطالعه. ماخذ: نگارندگان

الگو	اطلاعات شبیه سازی	تصاویر کمکی
فرم (مسجد امام اصفهان)		
ساختار (مسجد ولایت کوالالامپور)		

www.SID.ir

Downloaded from jria.iust.ac.ir at 8:57 IRST on Saturday March 10th 2018

یا مطالعات مشابه که نیازمند واکاوی دقیق تری است؛ نمی باشد. لذا می توان Ecotect را مناسب ترین نرم افزار برای پروژه های در حد این پژوهش دانست. تحلیل های برنامه Ecotect، پاسخده و کافی برای مطالعات معمارانه مشابه است که در حد اطلاعات لازم برای ارزیابی های معمارانه و نه محاسبات با دقت بالای انرژی می باشد. از طرفی دیگر، به جهت دسترسی محققین به licence معتبر این برنامه، دقت محاسبات انجام یافته با آن، بالا بوده و به برنامه های دیگر با دقت بالاتر لیکن با قفل شکسته اولویت دارد. نمونه ها پس از وارد نمودن به برنامه Ecotect، در گرمترین روز سال، سردترین روز سال، آفتابی ترین روز سال و ابری ترین روز سال، روزدرجه های ماهانه برا اساس میزان تبادلات انرژی، و نمودارهای بار حرارتی سالانه ارزیابی گردیده اند. تمامی اعداد وارد شده مربوط به دو شهر اصفهان و یزد بوده و نتایج آن با توجه به شرایط تعریف شده برای این دو شهر، اخذ گردیده است. به عبارتی بهتر در بخش اول تحلیل ها مربوط به ۴ آگوست، گرمترین روز، ۲۶ ژانویه، سردترین روز، ۱ جولای، آفتابی ترین روز و ۱۳ آوریل، ابری ترین روز می باشد. علت این انتخاب علاوه بر مرسوم بودن در حوزه مطالعات حرارتی، وابسته به شرایط اقلیمی حاکم بر محیط سنجش است که مطالعه روزهای مذکور با توجه به اقلیم انتخابی، به واقع شدیدترین حالات آب و هوایی را مشابه سازی می نماید و طراحی بر اساس فاکتورهای بدست آمده از تحلیل این روزها، شرایط بهینه ای برای دیگر مواقع فراهم می آورد.

تفاوت عمده جنس آجر در مقابل فایبرگلاس و بتن از منظر همگنی و ناهمگنی محیط است که در ساختار آجر با توجه به اجرای تک به تک و ملات بین، محیط بمراتب ناهمگن تر خواهد بود. به منظور کاهش پارامترهای مداخله گر، پژوهش حاضر گنبد

آجری را به صورت یکپارچه از آجر در نظر گرفته و احتمال می دهد تفاوت نتایج حاصله در سه نمونه به حداقل کاهش یابد. چرا که هر سه محیط، همگن درنظر گرفته شده و تفاوت فقط در

جنس مصالح مدنظر می باشد. در همه نمودارهای ذیل خط بنفش رنگ مربوط به گنبد آجری، خط ممتد آبی رنگ مربوط به گنبد بتنی و رنگ سبز مربوط به جنس فایبرگلاس می باشد.

در ارزیابی ها دمای بیرون برحسب ساعات مختلف شبانه روز تعیین گردیده و میزان دمای داخل، خروجی نرم افزار است که نشان دهنده میزان عایق بودن گنبد مورد نظر است. هرچه اختلاف دمای بیرون و درون بیشتر باشد، جنس مورد استفاده عملکرد بهتری داشته و هرچه این اختلاف دما کمتر باشد میزان تاثیر وجود گنبد کمتر جلوه گر خواهد شد و حاکی از آن است که جنس مورد استفاده، مصالح مناسبی برای گنبد در اقلیم گرم و خشک نیست. لازم بذکر است در همه تحلیل ها نمودارهای یکسان دو شهر یزد و اصفهان در کنار هم ارزیابی شده اند و هدف، اخذ نتیجه ای برای اقلیم گرم و خشک ایران است. اطلاعات آب و هوایی دو شهر مذکور، پس از استخراج از نرم افزار Energyplus و وارد نمودن به Ecotect بصورت پیش فرض در همه تحلیل ها اعمال می گردد و باد، تابش، رطوبت و ... نمونه هایی از متغیرهای تعریف شده این برنامه می باشد. به عبارتی بهتر، اطلاعات ورودی با انتخاب شهرها انجام می گیرد و گزینش نوع خروجی به عهده کاربر نرم افزار می باشد که این پژوهش مناسب ترین خروجی ها را به منظور تحلیل رفتار حرارتی در مقیاس معماری انتخاب نموده است.

قیاس رفتار حرارتی روزانه (جدول ۳)

ارزیابی نمونه ها در گرم ترین روز سال نشان می دهد بتن رفتار ملایم تری از دیگر مصالح ایجاد می نماید. بیشینه اختلاف دمایی آن با بیرون در بیشینه و کمینه دمای بیرون رخ می دهد و همین امر موید خاصیت متعادل کنندگی بتن است. هرچند این تعادل رسانی در بازه ای خارج از محدوده آسایش است اما با توجه به ساعت و دمای هم دمایی درون و بیرون برای بتن که در دمای کمتر و در ساعات صبح اتفاق می افتد می توان شرایط آسایش مطلوب تری در بنای تحت پوشش بتنی متصور شد. از طرفی دو متریال دیگر نه تنها توان کاهش بیشینه دمای بیرون را ندارند؛ بلکه کمینه آن را که در این روز از سال

Archive of SID

www.SID.ir

Downloaded from jria.iust.ac.ir at 8:57 IRST on Saturday March 10th 2018

در وضع مطلوب تری است، افزایش می دهند. در مقابل در سردترین روز سال همه مصالح قادرند کمینه دمای بیرون را افزایش دهند که در مورد بتن میزان آن بیشتر است. آجر و فایبرگلاس در حالت کلی رفتار بسیار مشابه و نزدیک به هم دارند. فایبرگلاس دیرتر از دو جنس دیگر دمای داخل را با دمای محیط یکسان می نماید که حدود ساعت ۱۳ و در دمای حدودا ۱۱ درجه رخ می دهد. درحالت کلی می توان گفت در سردترین روز سال صرفا محدوده بیشینه آجر و فایبرگلاس در محدوده آسایش این اقلیم جای می گیرند. آفتابی ترین روز سال در این اقلیم در حالیست که بتن می تواند دمای داخل را در محدوده ۲۷ تا ۳۰ درجه در نوسان نگه دارد.

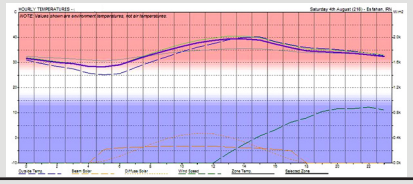
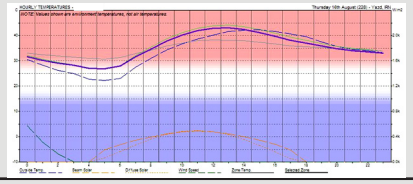
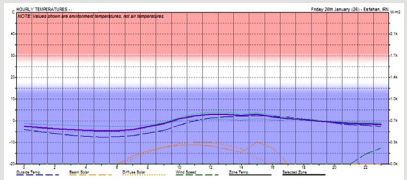
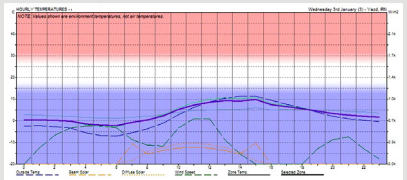
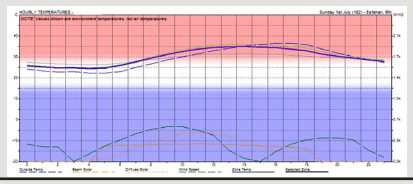
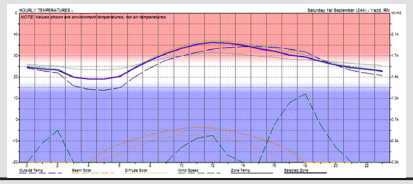
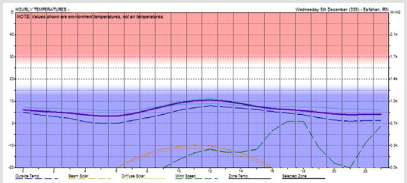
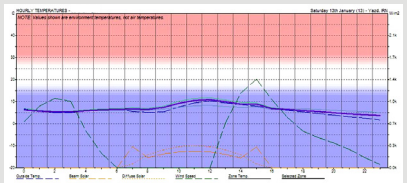
در بیشترین دمای بیرون بیشترین تاثیر کاهشی مربوط به بتن با ۵ تا ۸ درجه می باشد. در ابری ترین روز سال دمای داخل همسان و یا بالاتر از دمای بیرون است اما هرچه بیشینه دمایی افزایش یابد؛ بنا به ساختار بتن، کاهش دما روی میدهد.

در حالت کلی در بین مصالح مختلف و حتی دمای بیرون، بیشترین دما مربوط به فایبرگلاس می باشد، اما در همه حالات همه مصالح در محدوده آسایش قرار می گیرند.

به طور کلی می توان گفت در اقلیم گرم و خشک ایران، که روزهای گرم و سرد بیشتر و شدیدتر هستند؛ مطالعه گرم ترین و

سردترین روزهای سال نتایج کارآمدتری ارائه می دهند. آجر و فایبرگلاس بیشترین تاثیر را روی کمینه های دمایی دارند، اما بیشینه ها تقریبا ثابت می مانند و همین امر نشان می دهد در این منطقه که تعدیل دمایی بیشینه مهم تر است؛ طبیعتا مصالحی که این مساله را تامین نمایند برای این منطقه مطلوب ترند. در سردترین روز هم که نماینده ای از ایام سرد در این منطقه است؛ ثابت ماندن یا افزایش بیشینه مطلوب تر است. آجر و فایبرگلاس قادرند دمای بیشینه را ثابت و یا با کاهش اندکی مواجه نمایند.

جدول ۳ رفتار حرارتی نمونه ها در ۴ روز شاخص سال، ماخذ: نگارندگان

		اصفهان	یزد
وضعیت دمای روزانه	گرمترین روز سال		
	سردترین روز سال		
	آفتابی ترین روز سال		
	ابری ترین روز سال		

www.SID.ir

Downloaded from jria.iust.ac.ir at 8:57 IRST on Saturday March 10th 2018

در حالت کلی در بین مصالح مختلف و حتی دمای بیرون، بیشترین دما مربوط به فایبرگلاس می باشد، اما در همه حالات همه مصالح در محدوده آسایش قرار می گیرند.
به طور کلی می توان گفت در اقلیم گرم و خشک ایران، که روزهای گرم و سرد بیشتر و شدیدتر هستند؛ مطالعه گرم ترین و هرچند همین مساله نیز به عنوان نتیجه مطلوب محسوب نمی گردد، اما در مقابلِ بتن که کاهش چندین درجه در بیشینه ها ایجاد می نماید؛ وضعیت قابل قبول تری دارا هستند. به طور کلی می توان تفاوت کمینه و بیشینه ایجاد شده در هر مصالح را نسبت به محدوده آسایش، در جدول ۴ مشاهده نمود. به واقع در پی تحلیل رفتار حرارتی نمونه ها در روزهای شاخص سال می توان میزان فاصله دمای ایجاد شده زیر هر گنبد را با دمای آسایش ارزیابی نمود که بر حسب درجه سانتیگراد بیان شده و اعداد منفی نشان دهنده پایین بودن از محدوده اسایش و اعداد مثبت نشانه بالاتر بودن از محدوده آسایش می باشد. به عنوان مثال می توان گفت نمونه آجری در شهر اصفهان در آفتابی ترین روز سال، کمترین دمای داخل را در محدوده آسایش نگه داشته و بیشترین دمای داخلی ایجاد شده توسط آن ۹ درجه بالاتر از محدوده تمامی نمونه ها را در کمینه و بیشینه خود با محدوده آسایش آسایش است. در ابری ترین روز سال نیز در خنک ترین شرایط داخلی، دمای داخلی باوجود گنبد آجری ۱۲ درجه کمتر از محدوده آسایش قرار می گیرد و گرمترین دمای داخل نیز ۷٫۵ درجه کمتر از آسایش خواهد بود. نشان می دهد و همانگونه که پیداست بیشترین فواصل مربوط به نمونه فایبرگلاس است که در مجموع، شرایط متفاوت تری از محدوده آسایش ایجاد می نماید. در حالت کلی کمینه های سردترین روز سال در همه نمونه ها فاصله بیشتری از مبنای آسایش دارند و عموما دمای داخل را در حد ۲۰ درجه کمتر از محدوده آسایش نگه می دارند که در بهترین شرایط فقط ۷ درجه دمای بیرون را تعدیل می نمایند.

جدول ۴: تفاوت درجه دمای ایجاد شده در نمونه ها با محدوده آسایش. ماخذ: نگارندگان.

میزان اختلاف کمینه و بیشینه با محدوده آسایش (درجه سانتیگراد)									
		اصفهان				یزد			
		خارج	داخل			خارج	داخل		
			آجر	بتن	فایبر گلاس		آجر	بتن	فایبر گلاس
گرمترین روز سال	کمینه	۰	+۲	+۵	+۲	۰	+۱	+۵	+۱
	بیشینه	+۹	+۸	+۱۰	+۱۴٫۵	+۱۶٫۵	+۱۷	+۱۲	+۱۸
سردترین روز سال	کمینه	−۲۵٫۵	−۲۳	−۲۰٫۵	−۲۳	−۲۵	−۲۰٫۵	−۱۷	−۲۰٫۵
	بیشینه	−۱۵٫۵	−۱۵	−۱۷	−۱۴	−۶٫۵	−۸	−۱۲	−۷
آفتابی ترین روز سال	کمینه	۰	۰	+۰٫۵	۰	−۴	۰	۰	۰
	بیشینه	+۶	+۹	+۵٫۵	+۱۰٫۵	+۸	+۱۰٫۵	+۵٫۵	+۱۱٫۵
ابری ترین روز سال	کمینه	−۱۸	−۱۲	−۱۲	−۱۴٫۵	−۱۶	−۱۴	−۱۳	−۱۴
	بیشینه	−۱۰٫۵	−۷٫۵	−۹٫۵	−۶٫۵	−۸	−۷	−۱۰٫۵	−۶
	ماکزیمم تفاوت								
		کمینه				بیشینه			
		اصفهان، آجر و فایبرگلاس، سردترین روز				یزد، فایبرگلاس، گرم ترین روز			

www.SID.ir

Downloaded from jria.iust.ac.ir at 8:57 IRST on Saturday March 10th 2018

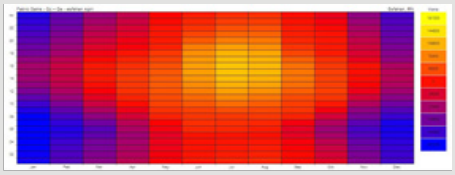
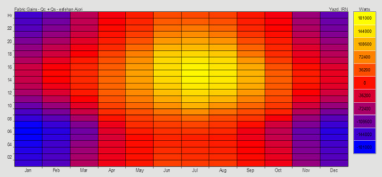
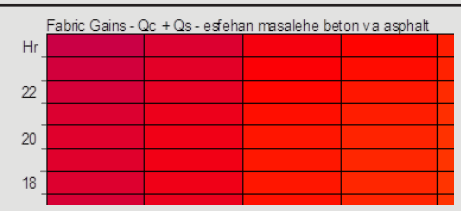
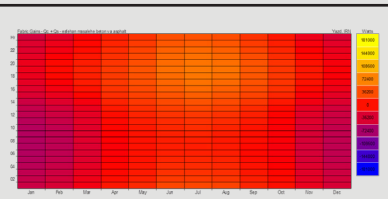
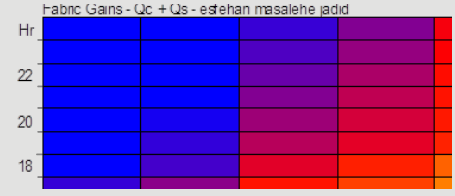
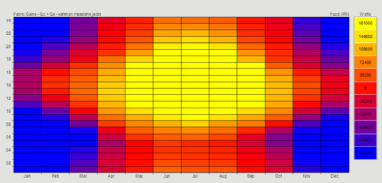
قیاس رفتار حرارتی ماهانه بر حسب ساعات روز

نمودارهای Fabric Gains – Qc + Qs (جدول۵) نشان می دهد در شرایط آب و هوایی اقلیم گرم و خشک، آجر، ایجاد کننده تفاوت متوسطی در میزان تبادلات انرژی است. به عبارتی بهتر در قبال انرژی دهی سقف، انرژی گیری هم وجود دارد، ولیکن در شدیدترین ماه های سرد و همچنین گرم سال، این محدوده در بازه مثبت و یا منفی خود در نوسان است و صرفا میزان آن در حال تغییر می باشد. به عنوان مثال در ماه ژانویه در شهر اصفهان شدیدتر و در یزد کمتر، در همه ساعات شبانه روز انرژی دهی از بنا به بیرون رخ می دهد، این انرژی دهی صرفا در محدوده زمانی ظهر اندکی تعدیل می گردد و در حالت کلی بازه تبادل انرژی منفی است. همین امر در جنس الیاف شیشه نیز وجود دارد، اما تفاوت های تبادل، بیشتر از حالت آجری است. به عبارتی دیگر نوسانات شدیدتری در بنا اتفاق می افتد و سقف ساعات بیشتری را در بیشینه و کمینه دمایی طی می نماید. در جنس بتنی سقف، عملکرد حرارتی تقریبا ثابت سقف حاکی از آن است در همه ماه ها و در همه ساعات حالت هم دمایی بین درون و بیرون اتفاق می افتد. به واقع جنس سقف در طول سال، نشان از دریافت انرژی دائمی دارد. این میزان هرچند کم می باشد؛ اما ثبوت آن فرصتی برای تخلیه انرژی به بنا نمیدهد و سقف توانسته است انرژی را در همه ساعات همه ماه های سال در اطراف محدوده خنثی متعادل نگه دارد. در مقایسه سه جنس مورد ارزیابی، می توان گفت سقف گنبدی بتنی، بمراتب کمتر از دو جنس دیگر، ایجاد کننده اختلاف دمایی در ساعات شبانه روز است.

در تحلیل ماهانه نمونه ها که بر حسب ساعات روز و به تفکیک شهر و جنس گنبد انجام یافت (جدول ۵)؛ می توان میانگین کمترین و بیشترین تبادلات انرژی را بصورت ماهانه در نمونه ها تحلیل نمود. این ارزیابی نیز که در جدول ۶ قابل مشاهده است؛ حاکی از میزان انرژی گیری و یا انرژی دهی نمونه ها از محیط می باشد و اعداد منفی بیان کننده انتقال انرژی از بنا به محیط و اعداد مثبت نشان دهنده انتقال از محیط به بناست.

میزان تفاوت مقادیر کمینه و بیشینه ماهانه نمونه ها با یکدیگر، بیان کننده بیشترین تنش وارده به بنا در طول ماه بطور میانگین است که در جدول ۷ نشان داده شده است. مقادیر این جدول بیان می دارد بیشترین تنش ها مربوط به مونه فایبرگلاس بوده و متعادل ترین شرایط در فضای داخلی گنبد بتنی ایجاد می گردد.

جدول ۵: رفتار حرارتی ماهانه نمونه ها بر حسب ساعات روز ، ماخذ: نگارندگان

	اصفهان	یزد
آجر		
بتن		
فایبرگلاس		

www.SID.ir

جدول ۶: کمینه و بیشینه تبادل انرژی ماهانه نمونه ها، ماخذ: نگارندگان

کمینه و بیشینه مطلق تبادل انرژی ماهانه نمونه ها							
		اصفهان			یزد		
		آجر	بتن	فایبرگلاس	آجر	بتن	فایبرگلاس
Jan	کمینه	-۱۸۱۰۰۰	-۷۲۴۰۰	-۱۸۱۰۰۰	-۱۸۱۰۰۰	-۱۸۱۰۰۰	-۱۸۱۰۰۰
	بیشینه	-۷۲۴۰۰	-۳۶۲۰۰	-۱۰۸۶۰۰	-۳۶۲۰۰	-۷۲۴۰۰	-۷۲۴۰۰
Feb	کمینه	-۱۸۱۰۰۰	-۳۶۲۰۰	-۱۸۱۰۰۰	-۱۶۲۹۰۰	-۷۲۴۰۰	-۱۸۱۰۰۰
	بیشینه	-۳۶۲۰۰	۰	-۷۲۴۰۰	۰	۰	۳۶۲۰۰
mar	کمینه	-۱۴۴۸۰۰	-۳۶۲۰۰	-۱۸۱۰۰۰	-۱۰۸۶۰۰	-۳۶۲۰۰	-۱۸۱۰۰۰
	بیشینه	۰	۰	۳۶۲۰۰	۰	۰	۷۲۴۰۰
Apr	کمینه	-۷۲۴۰۰	-۱۰۰۰۰	-۱۴۴۸۰۰	-۳۶۲۰۰	۰	-۷۲۴۰۰
	بیشینه	۳۶۲۰۰	۰	۷۲۴۰۰	۳۶۲۰۰	۱۰۰۰۰	۱۴۴۸۰۰
May	کمینه	۰	۰	-۷۲۴۰۰	۰	۰	۰
	بیشینه	۷۲۴۰۰	۵۰۰۰	۱۴۴۸۰۰	۱۰۸۶۰۰	۳۶۲۰۰	۱۸۱۰۰۰
Jun	کمینه	۰	۰	۰	۰	۰	۳۶۲۰۰
	بیشینه	۱۰۸۶۰۰	۲۰۰۰۰	۱۸۱۰۰۰	۱۴۴۸۰۰	۷۲۴۰۰	۱۸۱۰۰۰
Jul	کمینه	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	بیشینه	۱۸۱۰۰۰	۳۶۲۰۰	۱۸۱۰۰۰	۱۸۱۰۰۰	۷۲۴۰۰	۱۸۱۰۰۰
Aug	کمینه	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	بیشینه	۱۴۴۸۰۰	۲۰۰۰۰	۱۸۱۰۰۰	۱۴۴۸۰۰	۷۲۴۰۰	۱۸۱۰۰۰
Sep	کمینه	-۳۶۲۰۰	۰	-۷۲۴۰۰	۰	۰	-۶۰۰۰۰
	بیشینه	۷۲۴۰۰	۵۰۰۰	۱۴۴۸۰۰	۱۰۸۶۰۰	۳۶۲۰۰	۱۸۱۰۰۰
Oct	کمینه	-۷۲۴۰۰	۰	-۱۴۴۸۰۰	-۷۲۴۰۰	۰	-۱۰۸۶۰۰
	بیشینه	۳۶۲۰۰	۰	۱۰۸۶۰۰	۳۶۲۰۰	۰	۱۴۴۸۰۰
Nov	کمینه	-۱۴۴۸۰۰	-۳۶۲۰۰	-۱۸۱۰۰۰	-۱۴۴۸۰۰	-۳۶۲۰۰	-۱۸۱۰۰۰
	بیشینه	۰	۰	۰	۰	۰	۳۶۲۰۰
Dec	کمینه	-۱۸۱۰۰۰	-۷۲۴۰۰	-۱۸۱۰۰۰	-۱۸۱۰۰۰	-۷۲۴۰۰	-۱۸۱۰۰۰
	بیشینه	-۷۲۴۰۰	-۳۶۲۰۰	-۷۲۴۰۰	-۳۶۲۰۰	۰	۰

Downloaded from jria.iust.ac.ir at 8:57 IRST on Saturday March 10th 2018

www.SID.ir

Downloaded from jria.iust.ac.ir at 8:57 IRST on Saturday March 10th 2018

جدول ۷: تفاوت کمینه و بیشینه تبادل انرژی ماهانه نمونه ها، ماخذ: نگارندگان

	تفاوت کمینه و بیشینه مطلق تبادل انرژی ماهانه نمونه ها					
	اصفهان			یزد		
	آجر	بتن	فایبرگلاس	آجر	بتن	فایبرگلاس
Jan	۵۴۳۰۰	۳۶۲۰۰	۷۲۴۰۰	۱۴۴۸۰۰	۵۴۳۰۰	۵۴۳۰۰
Feb	۱۴۴۸۰۰	۳۶۲۰۰	۵۴۳۰۰	۱۶۲۹۰۰	۷۲۴۰۰	۲۱۷۲۰۰
mar	۱۴۴۸۰۰	۳۶۲۰۰	۲۱۷۲۰۰	۱۰۸۶۰۰	۳۶۲۰۰	۲۵۳۴۰۰
Apr	۱۰۸۶۰۰	۱۰۰۰۰	۲۱۷۲۰۰	۷۲۴۰۰	۱۰۰۰۰	۲۱۷۲۰۰
May	۷۲۴۰۰	۵۰۰۰	۲۱۷۲۰۰	۱۰۸۶۰۰	۳۶۲۰۰	۱۸۱۰۰۰
Jun	۱۰۸۶۰۰	۲۰۰۰۰	۱۸۱۰۰۰	۱۴۴۸۰۰	۷۲۴۰۰	۱۴۴۸۰۰
Jul	۱۸۱۰۰۰	۳۶۲۰۰	۱۸۱۰۰۰	۱۸۱۰۰۰	۷۲۴۰۰	۱۸۱۰۰۰
Aug	۱۴۴۸۰۰	۲۰۰۰۰	۱۸۱۰۰۰	۱۴۴۸۰۰	۷۲۴۰۰	۱۸۱۰۰۰
Sep	۱۰۸۶۰۰	۵۰۰۰	۲۱۷۲۰۰	۱۰۸۶۰۰	۳۶۲۰۰	۲۴۱۰۰۰
Oct	۱۰۸۶۰۰	۰	۲۵۳۴۰۰	۱۰۸۶۰۰	۰	۲۵۳۴۰۰
Nov	۱۴۴۸۰۰	۳۶۲۰۰	۱۸۱۰۰۰	۱۴۴۸۰۰	۳۶۲۰۰	۲۱۷۲۰۰
Dec	۵۴۳۰۰	۳۶۲۰۰	۵۴۳۰۰	۱۴۴۸۰۰	۷۲۴۰۰	۱۸۱۰۰۰

بحث و تحلیل

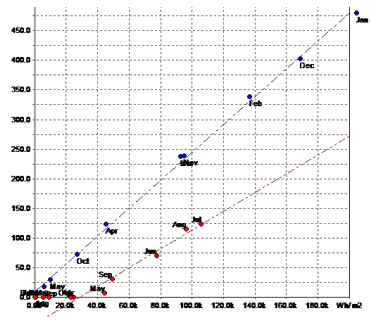
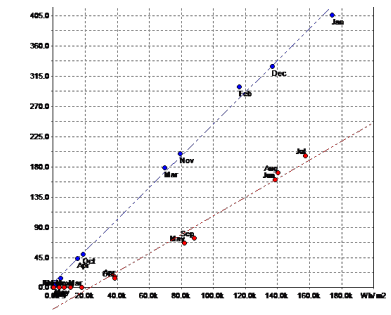
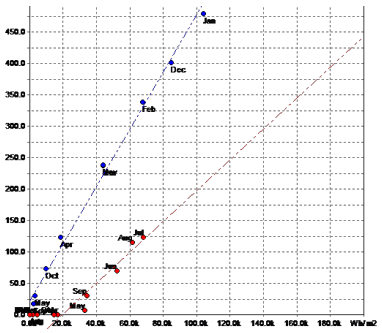
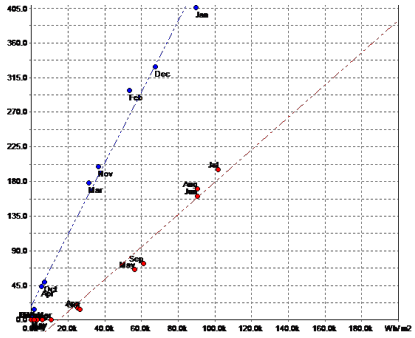
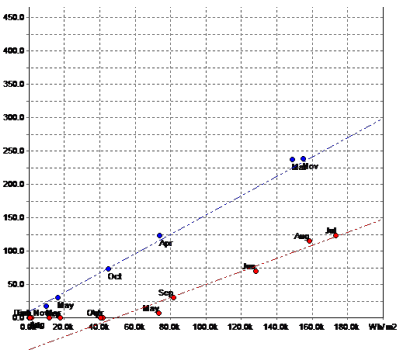
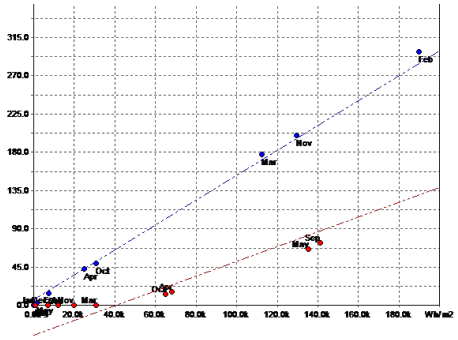
در قیاس روزدرجه بر اساس میزان تبادلات انرژی (نمودارهای روزدرجه ماهانه) (جدول ۸) می توان مشاهده نمود که پراکندگی ماه های سرد در همه نمونه ها بیشتر از ماه های گرم است به عبارتی بهتر، تفاوت میزان انرژی و روزدرجه آن ها از همدیگر زیاد می باشد. ماه های گرم در فایبر گلاس نیز همین وضعیت را دارند؛ می توان گفت این متریال بنا را دچار نوسانات شدیدی در انرژی دریافتی و داده انرژی می گرداند. آجر در رده میانی و بتن متعادل ترین رفتار را در تبادلات انرژی بنا منجر می گردد. به بیانی دیگر وضعیت ماه های گرم در بتن نزدیک به هم خواهد بود. شیب نمودارها هم که در نمونه ها به ترتیب از فایبرگلاس آغاز و در بتن بیشترین میزان را بخود اختصاص می دهد؛ حاکی از آن است بتن در قبال تبادل حرارتی کمتر، روزدرجه بالاتری در ماه های سال ایجاد می کند. آجر حالتی میانی و فایبرگلاس با روزدرجه ماهانه کمتر انرژی بیشتری را ردوبدل می نماید.

Archive

www.SID.ir

Downloaded from jria.iust.ac.ir at 8:57 IRST on Saturday March 10th 2018

جدول ۸: نمودارهای روزدرجه ماهانه برحسب میزان تبادلات انرژی در نمونه ها، ماخذ: نگارندگان

	اصفهان	یزد
آجر		
بتن		
فایبرگلاس		

برای قیاس رفتار سه گنبد آجری، بتنی و فایبرگلاس، به نظر می رسد در کنار نمونه مقایسات مطرح شده، ارزیابی سالانه رفتار حرارتی سه نمونه ضروری باشد. (جدول ۹) این تحلیل نشان می دهد از مجموع ۸۷۶۰ ساعت سال، نمونه با مصالح جدید یا همان فایبرگلاس، میزان ساعات آسایش کمتری ارائه می دهد. در هر دو نمونه محدوده آسایش بین ۱۸ تا ۲۶ درجه تعریف شده و ارزیابی ها حاکی از آن است فایبرگلاس برای پوشش سقف گنبدی در این منطقه متریال مناسبی نیست. از طرفی اثرات نوسانی دو جنس آجر و بتن معرف این مطلب است که در شهر اصفهان، بتن با اختلاف ۰,۹ درصدی شرایط آسایش بیشتری از آجر خلق می نماید. این میزان در شهر یزد با اختلاف ۱ درصدی برای آجر حاکم است و نشان می دهد در این شهر، پوشش آجری قادر است ساعات آسایش بیشتری را برای کاربر خود فراهم نماید. لازم بذکر است این امر با در نظر گرفتن پوسته ای از مصالح موردنظر مطابق با جزییات اجرایی

www.SID.ir

Downloaded from jria.iust.ac.ir at 8:57 IRST on Saturday March 10th 2018

شرکت dkdomes محقق گردیده و به عبارتی دیگر متریال آجری و یا بتنی در قالب های مورد استفاده این شرکت درنظر گرفته شده اند. چرا که اساس این مطالعه بر پیش ساخته سازی استوار بوده و چنانچه از بلوک های آجری و یا بتنی بجای صفحات پوسته ای موردنظر بهره گرفته شود؛ بدلیل ایجاد ناهمگنی در محیط، اثرات حرارتی آن ها شدیدتر بوده و تفاوت بیشتری با فایبرگلاس از خود نشان خواهند داد. می توان گفت هرچه میزان گرم و خشکی منطقه افزایش می یابد؛ آجر مناسب تر بوده و هرچه اثرات اقلیمی منطقه گرم و خشک کمتر شده و شرایط به تعادل می گراید؛ بتن، فراهم کننده میزان آسایش بیشتری در بناست.

ANNUAL TEMPERATURE DISTRIBUTION

esfehan Ajori
Operation: Weekdays 00-24, Weekends 00-24.
Comfort Band: 18.0 - 26.0 C
In Comfort: 2709 Hrs (31.0%)

TEMP.	HOURS	PERCENT
0.0	380	4.4%
2.0	466	5.3%
4.0	484	5.5%
6.0	556	6.4%
8.0	550	6.3%
10.0	478	5.5%
12.0	534	6.1%
14.0	547	6.3%
16.0	456	5.2%
18.0	510	5.8%
20.0	503	5.8%
22.0	586	6.7%
24.0	563	6.4%
26.0	547	6.3%
28.0	451	5.2%
30.0	435	5.0%
32.0	327	3.7%
34.0	222	2.5%
36.0	104	1.2%
38.0	30	0.3%
40.0	0	0.0%
42.0	0	0.0%
44.0	0	0.0%
46.0	0	0.0%
COMFORT	2709	31.0%

ANNUAL TEMPERATURE DISTRIBUTION

esfehan masalehe jadid
Operation: Weekdays 00-24, Weekends 00-24.
Comfort Band: 18.0 - 26.0 C
In Comfort: 2671 Hrs (30.6%)

TEMP.	HOURS	PERCENT
0.0	359	4.1%
2.0	421	4.8%
4.0	462	5.3%
6.0	525	6.0%
8.0	539	6.2%
10.0	485	5.6%
12.0	528	6.0%
14.0	531	6.1%
16.0	490	5.6%
18.0	471	5.4%
20.0	495	5.7%
22.0	588	6.7%
24.0	573	6.6%
26.0	544	6.2%
28.0	464	5.3%
30.0	398	4.6%
32.0	376	4.3%
34.0	266	3.0%
36.0	141	1.6%
38.0	64	0.7%
40.0	8	0.1%
42.0	0	0.0%
44.0	0	0.0%
46.0	0	0.0%
COMFORT	2671	30.6%

ANNUAL TEMPERATURE DISTRIBUTION

esfehan masalehe beton va asphalt
Operation: Weekdays 00-24, Weekends 00-24.
Comfort Band: 18.0 - 26.0 C
In Comfort: 2791 Hrs (31.9%)

TEMP.	HOURS	PERCENT
0.0	231	2.6%
2.0	439	5.0%
4.0	674	7.7%
6.0	577	6.6%
8.0	601	6.9%
10.0	546	6.2%
12.0	416	4.8%
14.0	445	5.1%
16.0	511	5.8%
18.0	628	7.2%
20.0	501	5.7%
22.0	432	4.9%
24.0	527	6.0%
26.0	703	8.0%
28.0	661	7.6%
30.0	490	5.6%
32.0	267	3.1%
34.0	100	1.1%
36.0	4	0.0%
38.0	0	0.0%
40.0	0	0.0%
42.0	0	0.0%
44.0	0	0.0%
46.0	0	0.0%
COMFORT	2791	31.9%

جدول۹ :پراکندگی دمایی سالانه نمونه ها در دو شهر اصفهان و یزد، ماخذ: نگارندگان

نتیجه گیری

مسجد به عنوان فضایی آیینی هرچند با ابعاد روحی وجود انسان درگیری بیشتری دارد؛ اما به نظر می رسد چنانچه بتواند آسایش جسمی کاربر خود را فراهم نماید، به آسایش عبادی او نیز یاری خواهد رساند. آسایش حرارتی یکی از مهم ترین این فاکتورهاست که درصورت عدم استفاده از سیستم های گرمایشی و سرمایشی، از طریق جداره های بنا، تعریف می گردد. قسمت اعظم تاثیر عوامل خارجی در جداره ها نیز از طریق سقف صورت می گیرد که در بنای مسجد، با گنبد کالبد می گیرد. در این میان با پیشرفت روش های ساخت، تکنولوژی اجرای گنبد نیز تفاوت چشمگیری با روش های سنتی یافته و به نظر می رسد ارزیابی تفاوت های ناشی از تنوع مصالح در روش های اجرای جدید، امری در خور توجه باشد. این مطالعه در راستای بررسی تطبیقی رفتار حرارتی مصالح گنبد، فرم گنبد مسجد امام را با جزییات گنبد مشابه اما از جنس فایبرگلاس، آجر و بتن، برگرفته از جزییات اجرایی

www.SID.ir

Downloaded from jria.iust.ac.ir at 8:57 IRST on Saturday March 10th 2018

مسجد ولایت کوالالامپور، مقایسه نموده است. نتایج حاصله نشان می دهد رفتار بتن، متعادل ترین شرایط را از بین دیگر مصالح فراهم می آورد. فایبرگلاس با ایجاد نوسانات شدید دمایی، هرچند ساعات تخلیه انرژی شدیدتری در بنا ایجاد می نماید؛ اما در مقابل به همان میزان نیز انتقال بار حرارتی آن از بیرون به بنا را نیز شدید می گرداند که برای این اقلیم مناسب نخواهد بود. آجر و فایبرگلاس در این منطقه برای متعادل تر نمودن کمینه های دمایی رفتار مناسبی دارند اما در کاهش بیشینه ها، چندان موفق عمل نمی کنند. از آنجا که بتن تحت همه شرایط، بدنبال رفتار خطی ملایم خود است؛ در همه حالات و حتی در مواقعی که نوسانات دمایی به منظور تخلیه بار حرارتی بنا لازم است؛ شرایط یکسانی ایجاد می نماید. به نظر می رسد در مناطقی که شرایط اقلیم گرم و خشک با پارامترهای قوی تری بر منطقه حاکم است؛ این میزان رفتار ملایم و تعدیل کننده، چندان هم مناسب نباشد. چرا که در شرایط گرم و خشک تر، اختلافات دمایی شب و روز و فصول گرم و سرد بیشتر خواهد بود، در این شرایط محدوده تعدیل بتن به دماهای بالاتری نیل می نماید که خارج از محدوده آسایش انسانی است. به عبارتی، بنا در وضعیت تحمیل بار همیشگی به سر می برد و فرصتی برای طی مسیر انرژی از داخل به خارج ندارد. بنابراین می توان گفت جنس آجری با ایجاد فرصت های برابر برای اخذ و تخلیه انرژی در مناطق گرم و خشک مصالح مناسب تری خواهد بود. هرچند با تعدیل بسیار جزیی در وضعیت اقلیمی، در حد مقایسه ای که بین یزد و اصفهان صورت گرفت، شرایط برعکس شده و بتن به عنوان مصالح موفق در رفتار حرارتی جلوه می نماید.

در نظر گرفتن همه متغیرهای موثر در رفتار حرارتی مانند رطوبت و باد، تحلیل های واقعی تری بدنبال خواهد داشت که همانگونه که در روند مطالعه نیز اشاره گردید؛ این پژوهش صرفا از منظر جنس مصالح به تحلیل رفتار حرارتی پرداخت. از آنجا که مطالعه حاضر بدنبال ارزیابی تطبیقی یک فرم با مصالح متفاوت بوده است؛ کاهش پارامترهای موثر، نتایج قیاس را منطقی تر خواهد نمود. چرا که شرایط در نظر گرفته شده در همه نمونه ها یکسان است و هدف اصلی این پژوهش، واکاوی پاسخ بهتر از بین نمونه ها در شرایط مذکور می باشد. به عبارتی ساده تر چنانچه حتی شرایط این مطالعه چه به لحاظ متغیرها و چه به لحاظ زمانی محدود در نظر گرفته شده باشد؛ برای همه نمونه ها چنین است و اختلالی در قیاس نهایی ایجاد نمی نماید. مسلم است که در نظر گرفتن همین شرایط در بازه یکسال نتایج بادقت تری ارائه خواهد کرد، لیکن تعریف محدوده زمانی، چارچوب پژوهش را تدقیق نموده، در حد مطالعه ای علمی پژوهشی توجیه می نماید. پیشنهاد این پژوهش برای مطالعات بعدی، درنظر گرفتن تعداد بیشتری از پارامترهای موثر، همچنین مطالعه در بازه سالانه است که طبیعتا منجر به حصول نتایج و یافته های منطقی و واقعی تر خواهد شد. از طرفی دیگر این مطالعه بدنبال استخراج نتایجی کلی برای یک اقلیم بود که به نظر می رسد تحلیل شهرهای مختلف در اقلیم های دیگر بتواند نتایج متنوع تری ارائه نماید.

منابع

1. Dili, a. S., Naseer, M. a., & Varghese, T. Z. (2010). Passive environment control system of Kerala vernacular residential architecture for a comfortable indoor environment: A qualitative and quantitative analyses. *Energy and Buildings, 42*(6), 917–927. doi:10.1016/j.enbuild.2010.01.002

2. Hatamipour, M. S., & Abedi, a. (2008). Passive cooling systems in buildings: Some useful experiences from ancient architecture for natural cooling in a hot and humid region. *Energy Conversion and Management, 49*(8), 2317–2323. doi:10.1016/j.enconman.2008.01.018

3. Turrin, M., Von Buelow, P., Kilian, A., & Stouffs, R. (2012). *Performative skins for passive climatic comfort: A parametric design process*. Automation in Construction, 22, 36–50. doi:10.1016/j.autcon.2011.08.001

4. Taleb, H. M. (2014). Using passive cooling strategies to improve thermal performance and reduce energy consumption of residential buildings in U.A.E. buildings. *Frontiers of Architectural Research, 3*(2), 154–165. doi:10.1016/j.foar.2014.01.002

5. Soares, N., Costa, J. J., Gaspar, A. R., & Santos, P. (2013). Review of passive PCM latent heat thermal energy storage systems towards buildings' energy efficiency. *Energy and Buildings, 59*, 82–103. doi:10.1016/j.enbuild.2012.12.042

6. Shoubi, M. V. (2014). Reducing the operational energy demand in buildings using building information modeling tools and sustainability approaches. *AIN SHAMS ENGINEERING JOURNAL.* doi:10.1016/j.asej.2014.09.006

Archive of SID

www.SID.ir

Downloaded from jria.iust.ac.ir at 8:57 IRST on Saturday March 10th 2018

7. Motawa, I., & Carter, K. (2013). Sustainable BIM-based Evaluation of Buildings. *Procedia - Social and Behavioral Sciences, 74*, 419–428. doi:10.1016/j.sbspro.2013.03.015
8. Al-Homoud, M. S. (2001). Computer-aided building energy analysis techniques. *Building and Environment, 36*, 421–433. doi:10.1016/S0360-1323(00)00026-3
9. Cantin, R., Burgholzer, J., Guarracino, G., Moujalled, B., Tamelikecht, S., & Royet, B. G. (2010). Field assessment of thermal behaviour of historical dwellings in France. *Building and Environment, 45*(2), 473–484. doi:10.1016/j.buildenv.2009.07.010
10. Dili, a. S., Naseer, M. a., & Zacharia Varghese, T. (2011). Passive control methods for a comfortable indoor environment: Comparative investigation of traditional and modern architecture of Kerala in summer. *Energy and Buildings, 43*(2-3), 653–664. doi:10.1016/j.enbuild.2010.11.006
11. Oikonomou, a., & Bougiatioti, F. (2011). Architectural structure and environmental performance of the traditional buildings in Florina, NW Greece. *Building and Environment, 46*(3), 669–689. doi:10.1016/j.buildenv.2010.09.012
12. CHAPTER 4 THERMAL PERFORMANCE OF BUILDINGS Contents 4 . 3 Solar Radiation 4 . 4 Simplified Method for Performance Estimation The thermal performance of a building refers to the process of modeling the energy transfer between a building and its surrounding. (n.d.), (i).
13. Balaras, C. a. (1996). The role of thermal mass on the cooling load of buildings. An overview of computational methods. *Energy and Buildings, 24,* 1–10. doi:10.1016/0378-7788(95)00956-6
14. Dili, a. S., Naseer, M. a., & Zacharia Varghese, T. (2010). Passive control methods of Kerala traditional architecture for a comfortable indoor environment: Comparative investigation during various periods of rainy season. *Building and Environment*, 45(10), 2218–2230. doi:10.1016/j.buildenv.2010.04.002
15. Zhang, Y., Chen, Q., Zhang, Y., & Wang, X. (2013). Exploring buildings' secrets: The ideal thermophysical properties of a building's wall for energy conservation. *International Journal of Heat and Mass Transfer, 65*, 265–273. doi:10.1016/j.ijheatmasstransfer.2013.06.008
16. Asan, H., & San, Y. S. (1998). *Effects of Wall 's thermophysical properties on time lag and decrement factor*, 28, 159–166.
17. Evins, R. (2013). A review of computational optimisation methods applied to sustainable building design. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 22*, 230–245. doi:10.1016/j.rser.2013.02.004
18. Sadineni, S. B., Madala, S., & Boehm, R. F. (2011). Passive building energy savings: A review of building envelope components. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15*(8), 3617–3631. doi:10.1016/j.rser.2011.07.014
19. Al-Obaidi, K. M., Ismail, M., & Abdul Rahman, A. M. (2014). Passive cooling techniques through reflective and radiative roofs in tropical houses in Southeast Asia: A literature review. *Frontiers of Architectural Research*, 1–15. doi:10.1016/j.foar.2014.06.002
20. Britain, G., Grashof, G., Engineering, M., & Engineering, S. D. (1985). Passive Cooling in Hot , Arid Regions in Developing Countries by Employing Domed Roofs and Reducing the Temperature of Internal Surfaces, 20(2), 103–113.
21. Faghih, A. K., & Bahadori, M. N. (2011). Thermal performance evaluation of domed roofs. *Energy and Buildings, 43*(6), 1254–1263. doi:10.1016/j.enbuild.2011.01.002
22. Tang, R., Meir, I. a., & Etzion, Y. (2003). Thermal behavior of buildings with curved roofs as compared with flat roofs. *Solar Energy, 74*, 273–286. doi:10.1016/S0038-092X(03)00193-2
23. Tang, R., Meir, I. a., & Wu, T. (2006). Thermal performance of non air-conditioned buildings with vaulted roofs in comparison with flat roofs. *Building and Environment, 41*, 268–276. doi:10.1016/j.buildenv.2005.01.008
24. Hadavand, M., & Yaghoubi, M. (2008). Thermal behavior of curved roof buildings exposed to solar radiation and wind flow for various orientations. *Applied Energy, 85*(8), 663–679. doi:10.1016/j.apenergy.2008.01.002
25. Cena, K., & Dear, R. De. (2001). Thermal comfort and behavioural strategies in office buildings located in a hot-arid climate, 26, 409–414.
26. Givoni, B. (2011). Indoor temperature reduction by passive cooling systems. *Solar Energy, 85*(8), 1692–1726. doi:10.1016/j.solener.2009.10.003
27. Moropoulou, A., Labropoulos, K. C., Delegou, E. T., Karoglou, M., & Bakolas, A. (2013). Non-destructive techniques as a tool for the protection of built cultural heritage. *Construction and Building Materials, 48*, 1222–1239. doi:10.1016/j.conbuildmat.2013.03.044
28. Kočí, V., Bažantová, Z., & Černý, R. (2014). Computational analysis of thermal performance of a passive family house built of hollow clay bricks. *Energy and Buildings, 76*, 211–218. doi:10.1016/j.enbuild.2014.02.066
29. Somboonwit, N., & Sahachaisaeree, N. (2012). Healthcare Building: Modelling the Impacts of Local Factors for Building Energy Performance Improvement in Thailand. *Procedia - Social and Behavioral Sciences, 50*(July), 549–562. doi:10.1016/j.sbspro.2012.08.058
30. Hejazi, M. & Mirghaderi, R. (2004), A Vibration Analysis of Iranian Domes, *Journal of Engineering Faculty 28*(6), 747-757
31. www.dkdomes.com، 2015,1,15,5:33

Archive of SID

www.SID.ir

Downloaded from jria.iust.ac.ir at 8:57 IRST on Saturday March 10th 2018

Journal of Reasearch in Islamic Architecture / No.12 / autumn 2016

The comparative study of the thermal behaviour of various prefabricated dome materials in hot and dry climates of Iran (a case study of Yazd and Isfahan)

Maziar Asefi *
Assistant Professor, Faculty of Geography and Environmental Science, University of Hakim Sabzevari (Corresponding Author)

Farzin Haghparast **
Architectural Master Student. Faculty of Architectural and Urbanism Engineering. University of Hakim Sabzevari

Farzaneh Gholizadeh Orang ***
Master of Architecture, School of Architecture and Urban Planning, Tabriz Islamic Art University

Received: 3/11/2015 Accepted: 12/7/2016

Abstract

The mosque has served as a ritual space for Muslims since the emergence of Islam; in every era it has been designed and constructed based on terms and conditions of performance and the technology. But there are almost some fixed and unchanged elements that distinguish the mosque from the other places. In the mosque architecture, the dome is considered as an important symbol and element, and in addition to the concepts hidden in the space of the dome, many designers suppose its existence as a reason for the symbolic architecture of Islam. Therefore, the study of the construction of domes seems necessary, while today the progress of the construction and implementation methods doubles the need for understanding their structures. Meanwhile, in a place like the mosque, it is required to provide the user comfort in terms of the minimal situation to improve the spiritual state of the worshipers, which is needed additionally in the hot and dry climate due to the distance between the natural conditions and the scope of the human welfare. The mosque is at least a safe place where the audience or prayer tries to upgrade his/her spiritual modes and preferably in the zones of hot and dry climate people try twice more to go to the mosque for the development of their spiritual modes and natural comfort. For this purpose, the present study compares three kinds of materials in the prefabricated domes and evaluates the traditional materials (brick) in comparison with the concrete and fiberglass structures. The method of prefabricating was selected from the operational details of the Dk domes Company that has constructed many domes in the Islamic world, including Wilayah mosque of Kuala Lumpur and the form of samples was taken from the Imam Mosque of Isfahan. Thermal behaviour is one of the effective factors for the user comfort and has been selected as the research variable and the samples were analysed based on the behavioural differences. This study aims to find which type of dome provides better response in terms of the studied parameters in hot and dry climates. The paper is to answer the following questions by the utilization of software analyses:

1) Which dome has appropriate thermal behavior in the hot and dry climate zones?

2) Is it possible to construct a dome such as the dome of The Imam Mosque in Isfahan by the implementation of the modern systems?

* mazi1017@yahoo.com ** F_haqparast@yahoo.co.uk *** Raha.arch514@yahoo.com

Archive of SID

www.SID.ir

Downloaded from jria.iust.ac.ir at 8:57 IRST on Saturday March 10th 2018

The paper has been classified into two sections including- The main subject and the case study to answer precisely the above questions. Firstly, the concept of the thermal behavior is evaluated; performance of dome roofs and the thermal studies and then the domes made of prefabricated concrete, brick and fiberglass are analyzed. The research methodology is descriptive analytic of the case study, quantitative and empirical aspects of the samples through more precise calculations. The analyses were done with Ecotect software in the cities of Yazd, and Isfahan and the results show that in the selected cities, the brick provides more hours of comfort in the climatic conditions of Yazd and the concrete structure of the dome provides more comfort in Isfahan. In both cases, regarding energy exchanges in the dome structure during the night and day and the total of the year, the concrete moderates the temperature and the brick and fiberglass create medium and maximum behavioural differences respectively.

It is concluded that brick dome structures provide more comfort for the prayers to the mosque for the advancement of their spiritual modes in Yazd but concrete domes in Isfahan. In both samples, the concrete is moderator of the temperature; both brick and fiberglass changed the thermal behavior of the domed roof to average and maximum levels respectively both round-the –clock and annually. Whereas the concrete always has a mild linear behavior; always develops uniform conditions even when you need temperature differences to reduce the thermal load in the mosque. It seems that such a moderate behavior is not so suitable in hot and dry zones for the existence of more powerful parameters in these zones. The temperature differences are more in hotter and dryer zones at night and during the day in cold and hot seasons. Concrete can't provide comfort for the prayers due to the constant load of thermal energy and the energy convection. The dome roof made of fiberglass material provides less comfort out of 8760 hours in a year. The concrete dome can produce more comfort than that of the fiberglass in Isfahan with 0.9 percent difference in comfort condition than that of the fiberglass. But in Yazd, the difference in comfort condition is 1percent for the domes made of brick, then it is concluded that the concrete domes provide more comfort for the prayer in Yazd. Generally, it is concluded that brick is more suitable for hot and dry climate zones; although with a very trivial change in the weather, the concrete showed better thermal behavior than that of brick both in Yazd and Isfahan.

Archive of SID

Keywords: thermal behaviour, prefabricated dome, brick, concrete, fiberglass.

www.SID.ir