صفحات ۶۱ - ۶۸
نشریه هنرهای زیبا - معماری وشهرسازی • شماره ۳۹ • پاییز ۱۳۸۸

بررسی فناوری اقلیمی در گنبد سلطانیه زنجان با نرم افزار ECOTECH

دکتر محسن وفامهر[۱]، مهندس هانیه صنایعیان*[۲]

[۱] عضو هیئت علمی دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران.
[۲] دانشجوی دکتری معماری، دانشکده معماری، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران.

(تاریخ دریافت مقاله: ۸۷/۱۱/۲۹، تاریخ پذیرش نهایی: ۸۸/۶/۷)

چکیده:

ساختمان های سنتی ایران، مدرسه هایی از علوم متفاوت معماری و معرفت شناسی در خود دارند که توجه، استدلال درست و آموزش از آنها می تواند چراغ راه معماری آینده باشد. در این پژوهش گنبدخانه سلطانیه از لحاظ اقلیمی مطالعه می گردد. در این مقاله بیشتر عنصر گنبد مورد بررسی قرار می گیرد و به وسیله نرم افزار ECOTECH که یکی از نرم افزارهای تحلیل انرژی در ساختمان می باشد، رفتار حرارتی گنبد تجزیه و تحلیل می گردد. هدف از این پژوهش بدست آوردن میزان تفاوت رفتار این دو فرم و بدست آوردن نمودارهایی است که به صورت کاملاً دقیق، میزان تفاوت را نشان دهد. برای انجام این پژوهش، ابتدا گنبد خانه سلطانیه در محیط کار ECOTECH مدل سازی شد بر اساس نمودارهای بدست آمده اینچنین استنباط گردید که: ۱- در سقف گنبدی تغییرات حرارتی بیرون بنا تأثیر چندانی بر دمای داخل نمی گذارد در حالی که در سقف مستوی اینگونه نیست. ۲- میزان انرژی تابشی که از سقف صاف جذب می شود حدود دو برابر انرژی است که از سقف گنبدی دریافت می شود. ۳- محل باز شوها در گنبد سلطانیه به گونه ایست که در تابستان از ۱۰ صبح به بعد، نور خورشید مستقیم وارد فضا نمی شود.

واژه های کلیدی:

گنبد سلطانیه، تحلیل حرارتی، نرم افزار ECOTECH، انرژی تابشی، اقلیم.

* نویسنده مسئول: تلفن: ۲۲۷۰۵۴۵۷-۰۲۱، نمابر: ۲۲۷۳۹۶۴۶-۰۲۱، E-mail:hanieh_sanayeayan@yahoo.com.

مقدمه

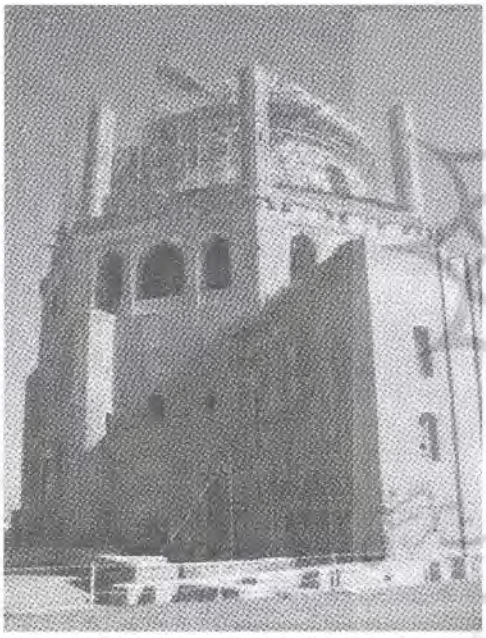
شهرهای واقع در اقلیم متفاوت ایران همواره با مشکلات فراوانی از جمله گرمای شدید روز، سرمای شدید شب، زیاد بودن نوسان دمای روزانه و سالانه، خشکی بیش از حد هوا، بادهای همراه با سوز سرد در زمستان و گرد و غبار و گرمای سوزان در تابستان مواجه بوده اند. در چنین شرایطی مجموعه های مسکونی به عنوان سر پناه انسان در برابر عوامل جوی، نقش خاصی می یابند (طاهباز، ۱۳۷۹، ۶۲۹).

پوشش گنبد در ایران پیشنه ای دیرینه دارد. کمبود چوب های استوار و کشیده که در حقیقت عنصر اصلی پوشش تخت است، سبب شده است که پوشش سغ و گنبد رواج پیدا کند و بخصوص در دهانه های وسیع تر جای پوشش تخت را بگیرد. سقف های گنبدی علاوه بر برتری های سازه ای، دارای ویژگی های اقلیمی زیادی نیز می باشند. سقف گنبدی یکی از بارزترین مشخصه های کالبدی معماری در اقلیم های گرم در تمام جهان می باشد (قبادیان،۱۳۸۲، ۱۴۱).

طاق های گهواره ای و گنبد نیرو را از طریق فشار توزیع می‌کنند. هنگامی که این سقف ها توسط مصالح فشاری ساخته می‌شوند قابلیت حمل وزن زیاد و پوشاندن دهانه های بزرگ را دارند. از آن جا که فشار در نقاط پایینی قوس بیشتر می باشد، ضخامت بدنه در این نواحی افزایش می یابد؛ بنابراین اینگونه سقف ها از مصالح سنگین با جرم حرارتی بالا ساخته می شوند (www.view.aruna.ir).

تصویر ۱- سقف بازار کاشان.
ماخذ: (www.rugonsale.com)

گنبد سلطانیه از سه فضای گنبدخانه، تربت خانه، سردابه تشکیل شده و از نظر حجمی و ترکیب فضا با معماری هیچکدام از مقابر اسلامی ایران مطابقت ندارد. این بنا هشت ضلعی است که طول هر ضلع آن ۸۰ گز است .هشت مناره نیز در اطراف گنبد وجود دارد و قدیمی ترین گنبد دوپوش موجود در ایران است. قطر گنبد خانه ۲۴/۴۰ متر می باشد، در این فضا ۸ جرز سنگین با عرض ۶/۳۲ تا ۷/۲۵ متر با سطح مقطع ۵۰ متر مربع قرارگرفته و مهمترین وجه مشخصه تحول معماری از دوران سلجوقی به دوران ایلخانی را نمایش می دهد. در حد فاصل این جرزها ایوانها و بنایی در دو طبقه اجرا گردیده و ارتفاع طبقه همکف از رقوم فعلی ۷/۹ متر و ارتفاع طبقه اول از رقوم هم کف ۱۹/۷۰ متر قابل اندازه‌گیری می باشد (تصویر ۲).



تصویر ۲- نمای بیرونی گنبد سلطانیه.
ماخذ: (مؤلف، ۱۳۸۶)

گنبد سلطانیه یکی از بلندترین گنبد های دنیا، ساخته شده با مصالح ساختمانی است.هدف این پژوهش بررسی نقش این گنبد در تأمین آسایش حرارتی بنا می باشد. برای رسیدن به این هدف گنبد خانه این مسجد در نرم افزار ECHOTECH مدل سازی شد و نمودارهای مربوط به سایه و میزان انرژی تابشی که توسط بام جذب می شود و تأثیری که این جذب بر دمای داخلی دارد، با حالتی که سقف بنا صاف باشد، مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج بدست آمده از این پژوهش تنها در مورد ساختمان هایی با وسعت و ارتفاع مشابه گنبد سلطانیه قابل تعمیم است.

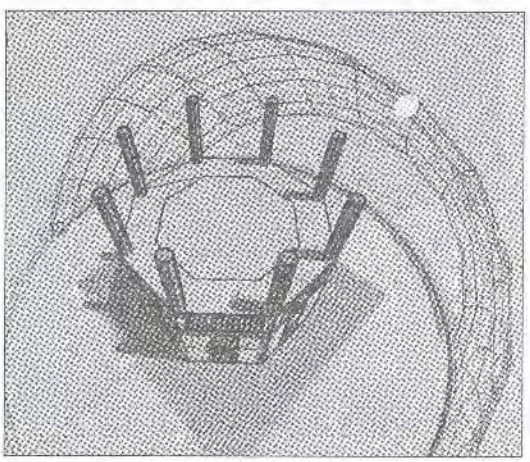
اطلاعات اقلیمی زنجان

به منظور شبیه سازی اقلیم زنجان از آمار ۱۰ ساله سازمان هواشناسی ایران از سال ۱۹۹۴ تا سال ۲۰۰۳ استفاده شده است. اطلاعات مربوط به طول و عرض جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا، حداقل درجه حرارت، حداکثر دما، رطوبت نسبی، میزان بارندگی، سرعت و جهت باد به صورت میانگین ۱۰ ساله محاسبه گردید. ابزار Weather tool در نرم افزار ECHOTECH این امکان را برای کاربر فراهم می کند تا به کمک اطلاعات آب و هوایی که در اختیار دارد، فایل اقلیم مورد نظر خود را با پسوند wea تهیه نماید.

۱- تفاوت سقف صاف و گنبدی در مقابل تابش خورشید

سقف عنصر پوششی ساختمان است که بسیار در معرض تابش خورشید قرار دارد و بیشترین اشعه خورشید را دریافت می‌کند. در فصل تابستان طاق مسطح بیشترین مقدار حرارت را نسبت به سایر سطوح دریافت می کند زیرا تابش خورشید در این فصل تقریباً عمودی است، ولی سطح طاق قوسی و گنبد، حالت مایل نسبت به تابش آفتاب دارد و به علاوه به سبب انحنای سطح طاق، همیشه بخشی از آن در سایه قرار می گیرد که این نیز خود به کاهش جذب حرارت کمک می کند (قبادیان، ۱۳۸۲، ۱۴۱).

درتصویر ۳ به جای سقف گنبدی سلطانیه، سقفی صاف برای آن در نظر گرفته شده است. این سقف در تمامی ساعات روز در معرض نور مستقیم خورشید قرار دارد. تنها مناره ها بر روی سقف ایجاد سایه می کنند ولی به هر حال دما به واسطه تابش خورشید در طول روز افزایش می یابد. میزان شدت تابش خورشید با بالا آمدن خورشید به آرامی افزایش می یابد. در حدود ظهر(ساعت ۱۲) سقف بیشترین میزان تابش خورشید را دریافت می کند که در حدود w/m2960 می باشد (تصویر شماره ۳).



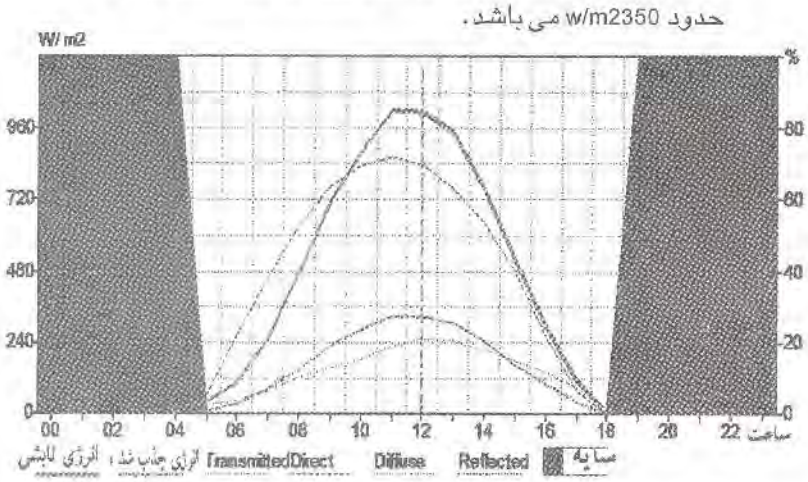
تصویر ۳- تابش خورشید و میزان سایه بر روی سقف مستوی (به میزان سایه ایجاد شده بر روی سقف از طریق گلدسته ها توجه شود).
ماخذ: (مؤلف، ۱۳۸۷)

جذب انرژی خورشید توسط سطح خارجی ساختمان موجب می گردد تا دمای آن چندین درجه از دمای اطراف بالاتر رود. گرم شدن سطح توسط خورشید را "دمای تصنعی" هوای خارج می‌نامند. این حرارت مجموع حقیقی حرارت تابش خورشید، تبادل تابش حرارت با آسمان و محیط اطراف و تبادل حرارتی از طریق جابجایی با هوای خارج است (دانلدواتسون، ۱۳۸۰، ۶۰).

زمانی که خورشید بر یک سطح می تابد، اندازه گیری میزان حرارت واقعی سطح، کار پیچیده ای است که به فاکتورهای متعدد برمی گردد که به آن عوامل مداخله گر می گوییم، از جمله وزش باد، مصالح، رنگ سطح و... در نتیجه دمای هوای خورشید شاخص مناسبی از میزان انرژی تابشی دریافت شده، دمای هوا، جذب خورشیدی و مقاومت سطح خارجی مصالح در مقابل نفوذ حرارت می باشد (www.naturalfrequency.com).

به منظور جلوگیری از کلی گویی و تمرکز بر روی انرژی تابشی خورشید و جذب آن توسط بام در دو حالت سقف گنبدی و مستوی، تنها انرژی تابشی خورشید بررسی می شود و مسائل دیگر مانند تهویه، وزش باد و ...در مقالات آتی مورد بررسی قرار می گیرد.

دمای نهان در ۲ بعدازظهر به حداکثر می رسد و لیکن از آنجا که در این نرم افزار حداکثر انرژی تابشی خورشید بررسی می شود، این میزان در ساعت ۱۲ بعدازظهر به حداکثر می رسد. همانگونه که در تصویر ۴ مشاهده می شود، حدود ساعت ۱۲، در گرم ترین روز تابستان، سقف صاف در معرض تابش خورشید قرار دارد(رنگ خاکستری، زمان هایی که سقف در سایه قرار دارد را نشان می دهد)، با در نظر گرفتن یک ضخامت قابل قبول برای سقف صاف از جنس خاک، حدود ۸ ساعت تأخیر وجود دارد که حرارت از سطح داخلی سقف دفع شود. از دست دادن حرارت از حدود غروب شروع شده، در ساعت ۸-۹ شب به حداکثر خود می رسد و تا حدود ۲ صبح ادامه پیدا می کند. میزان انرژی جذب شده بر اساس نمودار ۱، حدود w/m2350 می باشد.



نمودار ۱- نمودار میزان انرژی دریافت شده از طریق سقف صاف در گرمترین روز سال.(میزان رنگ خاکستری تعیین کننده سایه ایجاد شده بر روی سقف است).
ماخذ: (مؤلف، ۱۳۸۷)

هنگامی که یک گنبد در معرض تابش خورشید قرار می گیرید تنها بخش کوچکی از آن به طور مستقیم انرژی تابشی دریافت می‌کند و بقیه قسمت ها یا در سایه قرار می گیرند و یا اشعه های خورشید با زاویه بزرگی بر آنها می تابد. نکته قابل توجه آن است که قسمت هایی که اشعه خورشید به طور مستقیم به آنها می تابد، در طول روز جابه جا می شوند(تصویر ۴).

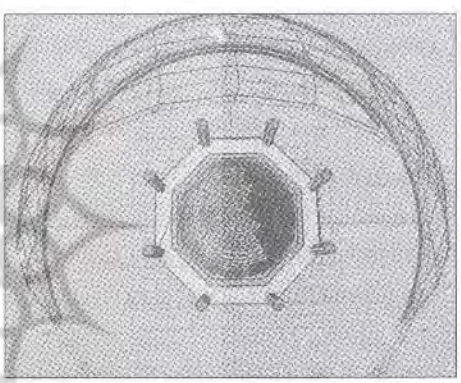
در نمودار ۲ میزان سایه و آفتاب در سقف گنبدی نشان داده شده است. برخلاف سقف صاف که در ساعات روز(۶ تا ۱۸) هیچ سایه ای در سقف وجود ندارد، در سقف گنبدی در تمام ساعات حتی ساعت ۱۲ ظهر نیز سایه وجود دارد.

میزان انرژی جذب شده درسقف صاف در ساعت ۱۲ که اوج انرژی تابشی خورشیدی قراردارد، به $w/m^2$350 می رسد، درصورتی که در سقف گنبدی در گرم ترین روز سال این میزان $w/m^2$60 است که به میزان قابل توجهی کاهش یافته است. تأثیری که گنبد سلطانیه در تقلیل درجه حرارت دارد در مقایسه با یک سقف صاف در گرم ترین روز سال حدود $w/m^2$290 است.

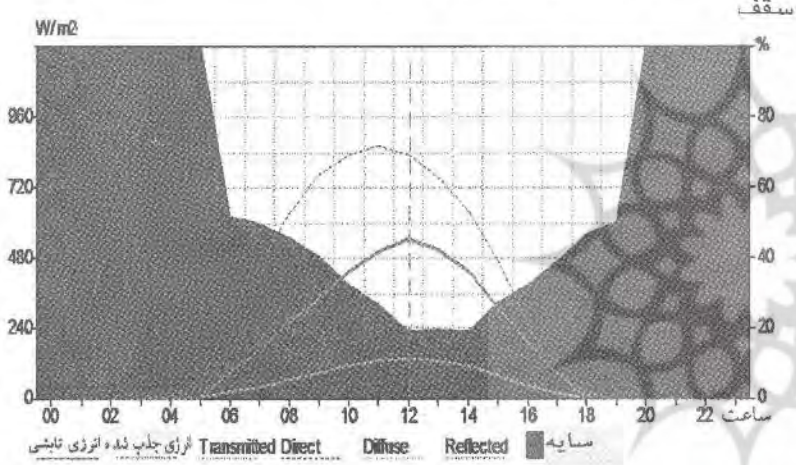
در بام های گنبدی یا استوانه ای چون شدت تابش آفتاب بر تمام رویه بام یکسان نیست، همیشه قسمت پایینی گنبد گرمای کمتری نسبت به رأس آن دریافت می کند .این در تقلیل درجه حرارت زیر گنبد تأثیر دارد، به خصوص اگر گنبد دارای ساقه باشد.

همانگونه که در تصویر زیر هم دیده می شود بخش هایی از گنبد که بیشترین اشعه خورشید به آنها برخورد می کند، در طول روز حرکت می کنند و مابقی بخش ها در سایه و نیم سایه قرار دارند در نتیجه چون ساعات کمتری در معرض تابش هستند به نسبت کمتری هم گرم می شوند(تصویر ۵).

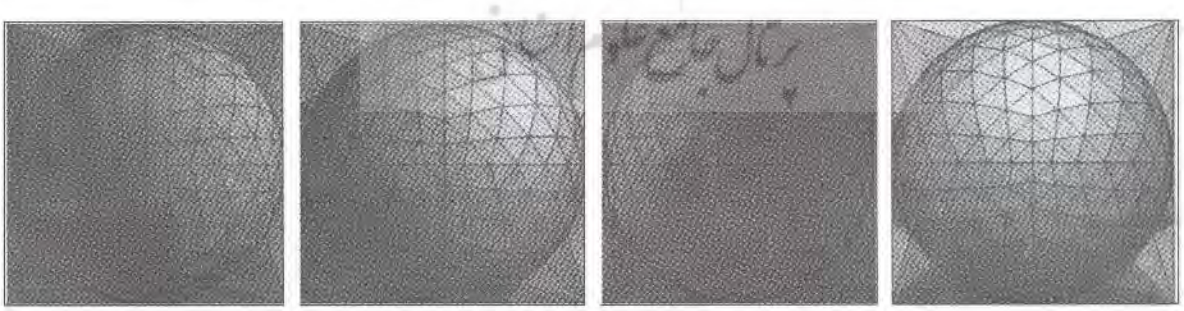
از نظر هندسی، گسترده یک طاق نیمکره ای شکل تقریباً سه برابر سطح قاعده اش است. بنابراین شدت پرتوافکنی آفتاب تند بر روی بدنه مدور کم می شود و قسمت پائین طاق گنبدی درجه حرارت کمتری پیدا می کند(تصویر ۶).



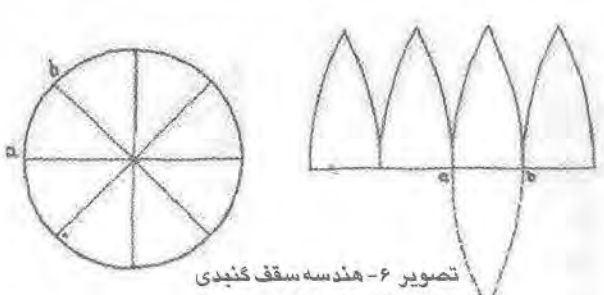
تصویر ۴- تابش خورشید و میزان سایه بر روی سقف گنبدی.
(به میزان سایه ایجاد شده بر روی سقف گنبدی توجه شود)
ماخذ: (مؤلف، ۱۳۸۷)



نمودار ۲- نمودار میزان انرژی دریافت شده از طریق سقف گنبدی در گرمترین روز سال.
(میزان رنگ خاکستری تعیین کننده سایه ایجاد شده بر روی سقف گنبدی است).
ماخذ: (مؤلف، ۱۳۸۷)



تصویر ۵-تابش اشعه خورشید بر سقف گنبدی از ۸:۰۰ تا ۱۷:۰۰.
ماخذ: (www.naturalfrequency.com)



تصویر ۶- هندسه سقف گنبدی
ماخذ: (توسلی، ۱۳۸۱، ۸۴)

۲-تحلیل رفتار حرارتی گنبد

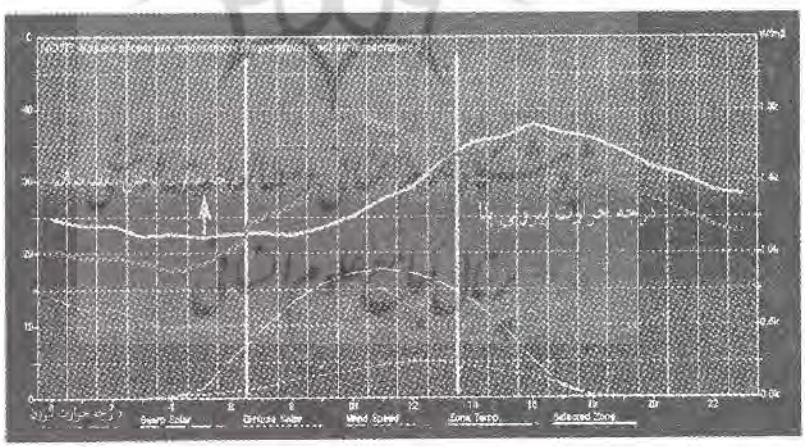
پس از بررسی نمودارهای مربوط به سایه و میزان انرژی تابشی که به سقف صاف و گنبدی برخورد می کند، نمودار های مربوط به دمای داخلی فضای زیر سقف، در یکی از گرم ترین روزهای سال تحلیل می شود. نمودارهای درجه حرارت، دمای ساعات مختلف یک روز کامل را در اختیار کاربر می گذارد. درجه حرارت بیرون بنا، سرعت باد، اشعه‌های خورشید که به بام بر خورد می کنند و ... در این نمودارها نشان داده شده است که به صورت کامل مشخص می کند که درجه حرارت داخلی در پاسخ به چه عامل های اقلیمی صورت گرفته است[۱].

در نمودار ۳ رفتار حرارتی سقف صاف در مقابل تغییرات حرارتی بیرون ساختمان نشان داده شده است. درجه حرارت بیرون ساختمان از ۲۰ درجه سانتیگراد تا ۳۵ درجه سانتیگراد متغیر است. همانطور که مشاهده می شود در ساعات اولیه صبح درجه حرارت سقف صاف ۵ درجه سانتیگراد از درجه حرارت بیرون بیشتر است. از ساعت ۷ صبح درجه حرارت سقف از آنجا که در طول شب به آسمان سرد، حرارت خود را پس داده است، از درجه حرارت بیرون کمتر می باشد و این روند تا ساعت ۱۲:۳۰ ظهر ادامه می‌یابد. بر اثر افزایش انرژی تابشی خورشید از این ساعت به بعد بار دیگر درجه حرارت سقف از دمای بیرون بیشتر می شود و به اصطلاح بازدم بنا صورت می گیرد. این افزایش حرارت از ساعت ۱۴ تا ۱۶ بعدازظهر روند صعودی را طی می کند و به ۴۰ درجه سانتیگراد می رسد و پس از آن با نزدیک شدن به شب روندکاهشی پیدا می کند(نمودار ۳).

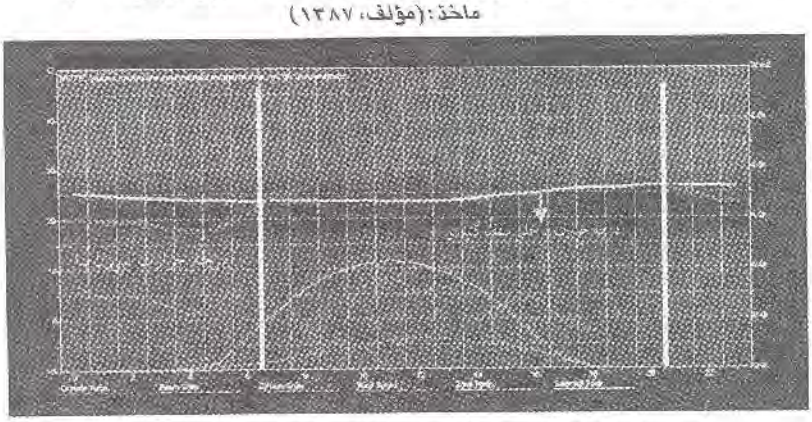
درجه حرارت سقف گنبدی نیز همانند سقف صاف در ساعات اولیه روز (از ساعت ۱ تا قبل از ساعت ۷ صبح) بالاتر از درجه حرارت بیرون است، که این مساله برای مقابله با سرمای صبح مناسب است. از ساعت ۷ صبح تا حدود ۲۰:۳۰ درجه حرارت داخلی گنبد خانه از درجه حرارت بیرون پایین تر است و تقریباً در تمام ساعات روز روی درجه ۲۵ ثابت است که دمایی مناسب برای آسایش انسان است(نمودار ۴).

دمای سقف صاف متناسب با دمای بیرون تغییر می کند و لیکن به علت وجود مصالح، این افزایش دما بیرونی بام، با تأخیر بر روی دمای داخلی ساختمان اثر می گذارد، در حالیکه در سقف گنبدی تغییرات درجه حرارت بیرون تأثیر چندانی در درجه حرارت داخلی بنا ندارند. این در حالی است که هیچ گونه وسایل مکانیکی سرمایش وگرمایش در ساختمان وجود ندارد و تنها فرم سقف تأمین کننده محیط آسایش انسان ا ست. همانطور که میزان انرژی تابشی به سقف صاف دوبرابر سقف گنبدی است، میزان انرژی جذب شده از طریق سقف صاف نیز حدود دوبرابر سقف گنبدی است.

در نمودار های ۳و۴ فاصله خطوط زرد نمایانگر مدت زمانی است که درجه حرارت داخلی ساختمان، کمتر از درجه حرارت بیرون بنا است. فاصله دو خط در نمودار مربوط به سقف گنبدی بیشتر از سقف صاف است.



نمودار ۳ - نمودار تحلیل حرارت داخلی سقف صاف در ۲۶ ماه جولای (مرداد ماه).
ماخذ: (مؤلف، ۱۳۸۷)

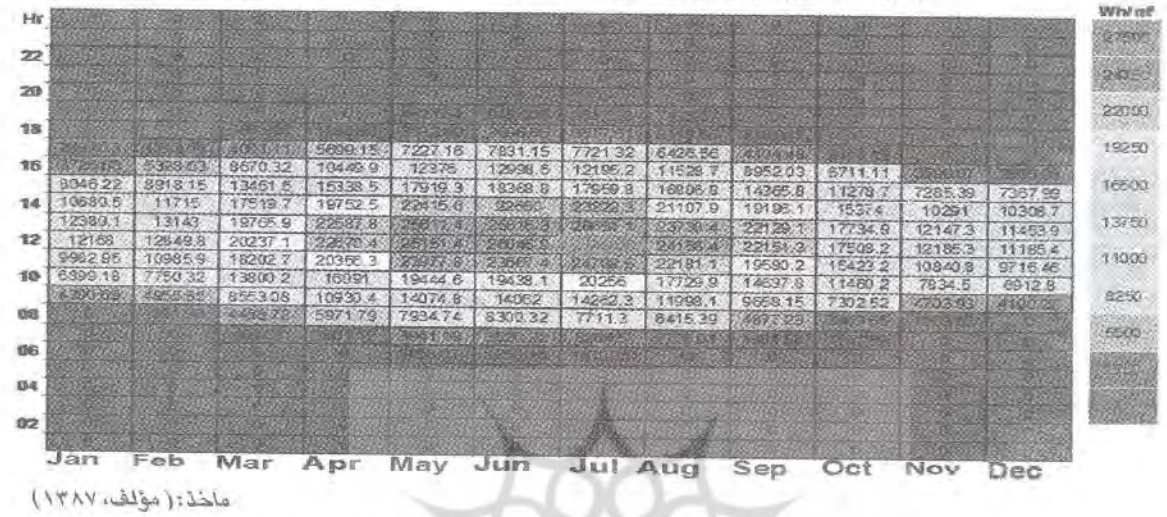


نمودار ۴ - تحلیل حرارت داخلی سقف گنبدی در ۲۶ ماه جولای (مرداد ماه).
ماخذ: (مؤلف، ۱۳۸۷)

جدول ۱ میزان انرژی خورشیدی تابیده شده بر سقف صاف را در یک ماه نشان می دهد. حداکثر آن در ماه جولای و در ساعت ۱۲ تا ۱۳ رخ می دهد که میزان آن $۲۷۴۰۵w/m^2$ است، در حالیکه این رقم در همین ماه و ساعت در سقف گنبدی چیزی درحدود $۱۴۳۵۹w/m^2$ می باشد که حدود نصف حالت سقف صاف است.

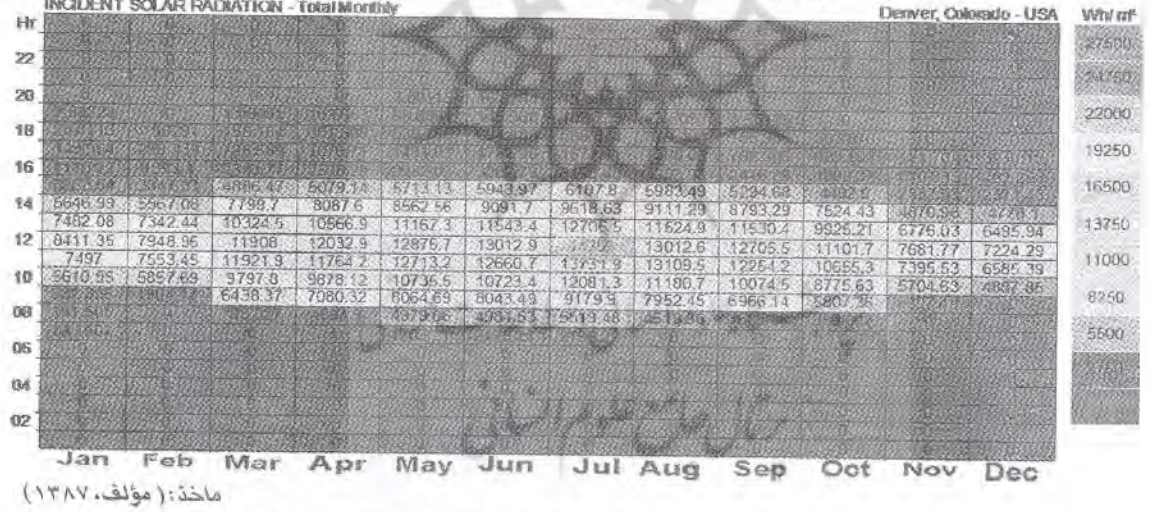
جدول ۲ میزان انرژی جذب شده از طریق سقف صاف را نشان می دهند که میزان انرژی جذب شده از طریق سقف صاف دو برابر انرژی جذب شده از طریق سقف گنبدی است.

جدول ۱- مجموع انرژی تابشی که در یک ماه کامل بر سقف صاف می تابد (w/m^2).



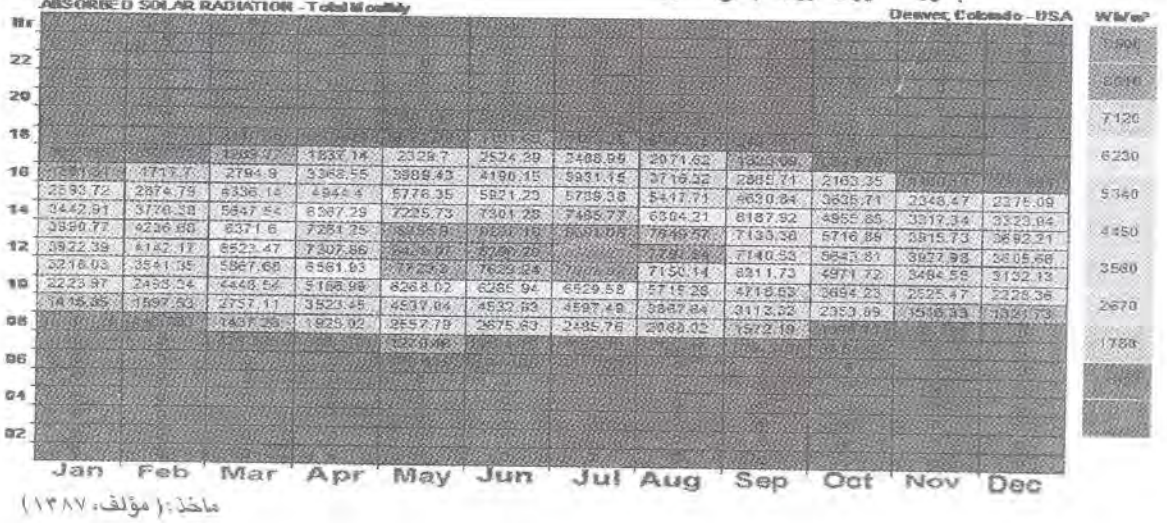
ماخذ: (مؤلف، ۱۳۸۷)

جدول ۲- مجموع انرژی تابشی که در یک ماه کامل بر سقف گنبدی می تابد (w/m^2).



ماخذ: (مؤلف، ۱۳۸۷)

جدول ۳- میزان انرژی تابشی که در یک ماه کامل از طریق سقف صاف جذب می شود (w/m^2).

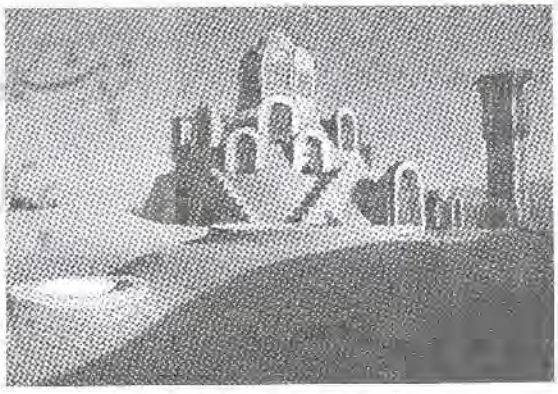


ماخذ: (مؤلف، ۱۳۸۷)

۳- دیگر خصوصیات اقلیمی گنبد

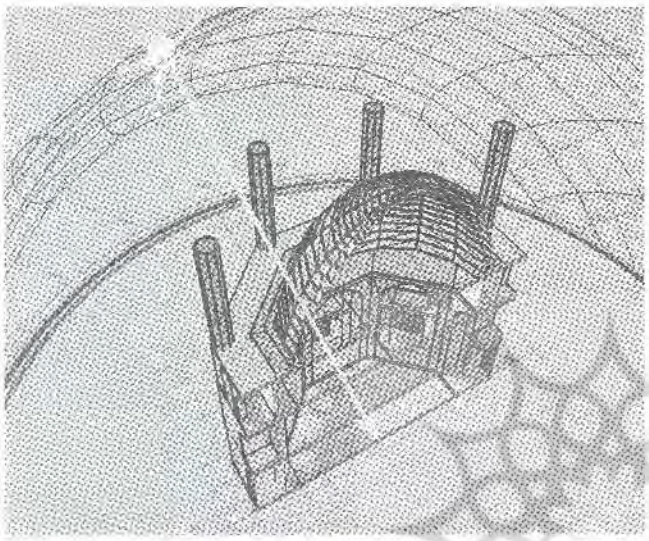
از جمله دیگر خصوصیات اقلیمی طاق های قوسی در مناطق گرم و خشک این است که ارتفاع اطاق از کف تا زیر اتاق زیاد می‌باشد؛ در نتیجه یک تهویه طبیعی عمودی در اتاق صورت می‌گیرد. از آنجا که هوای گرم سبک تر است به سمت بالا حرکت می کند و هوای خنک تر جایگزین آن می شود. با تعبیه چند دریچه در اطراف و نوک گنبد، هوای گرم از دریچه ها خارج می شود و یک جریان هوای طبیعی از پایین به بالا برقرار می شود، که جهت تامین آسایش در فصول گرم مناسب است. روزنه بر بالای گنبد عمل هواکشی و روشنی رسانی انجام می دهد همچنین از طریق آن، گرمایی که پوسته گنبد در روز جذب کرده و در شب به داخل پس می دهد، به سرعت خارج می شود.

باد در برخورد با سطح محدب گنبد آسان تر حرکت می کند و با حرکت خود در اطراف گنبد مقداری از حرارت را از بنا دور می‌سازد که این خود به از دست دادن حرارت از طریق سقف کمک می کند و هوای خروجی از دریچه های گنبد به سهولت خارج می‌شوند. در معماری گذشته گنبد ها را دو پوسته می ساختند. برای آنکه ارتفاع داخل بنا کوتاه تر شود از پوسته داخلی استفاده می کردند (مردم واری). از آنجا که فضای میان دو پوسته هوا می‌باشد، باعث می شود تغییرات درجه حرارت خارج بر روی پوسته داخلی کمتر شود و در نتیجه دما هوا در تالار زیر تاق متعادل تر می باشد.

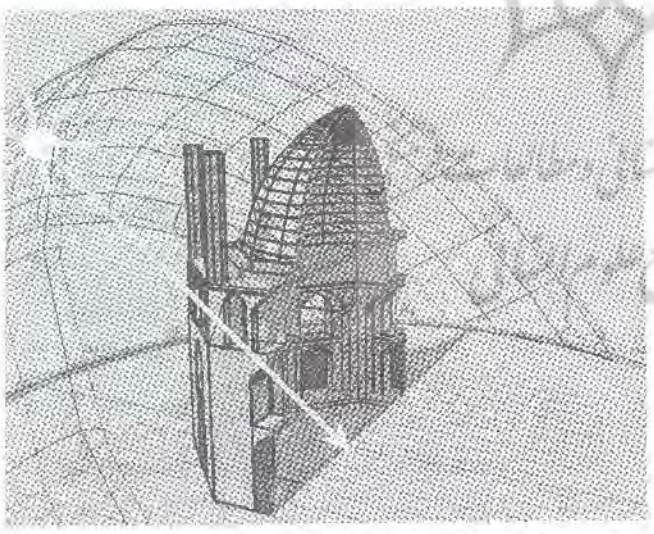


تصویر ۷-بررسی اقلیمی گنبد.
ماخذ: (قبادیان، ۱۳۸۲، ۱۴۱)

قرار گیری پنجره ها در بدنه گنبد خانه کاملاً متناسب با میزان نور مورد نیاز در داخل فضا می باشد. از ساعات اولیه صبح تا ساعت ۱۰ آفتاب به داخل فضا وارد می شود و باعث گرمای داخل می شود (تصویر ۸). و لیکن از ساعت ۱۰ به بعد دیواره های گنبد مانع داخل شدن آفتاب به داخل فضا می شوند. در زمستان، مکان قرارگیری پنجره ها به گونه ای است که ساعات بیشتری نور خورشید را به داخل وارد می کنند و در صورتی که درها باز باشند این مقدار افزایش می یابد(تصویر ۹).



تصویر ۸ -قرار گیری پنجره ها و عدم ورود نور خورشید به داخل فضا ۱۰ صبح به بعد.
ماخذ: (مؤلف، ۱۳۸۷)



تصویر ۹- قرار گیری پنجره ها و ورود نور خورشید به داخل فضا تا ۱۰ صبح.
ماخذ: (مؤلف، ۱۳۸۷)

نتیجه

هر راه حلی که در معماری گذشته در امر ساختمان ارائه گردیده، جنبه های متفاوت عملکردی را مورد توجه قرار داده است. پوشش گنبد در ایران پیشینه ای دیرینه دارد. کمبود چوب‌های استوار و کشیده که در حقیقت عنصر اصلی پوشش تخت است، سبب شده است که پوشش سغ و گنبد رواج پیدا کند و بخصوص در دهانه های وسیع ترجای پوشش تخت را بگیرد. سقف های گنبدی علاوه بر برتری های سازه ای، دارای ویژگی‌های اقلیمی زیادی نیز می باشند.

دمای سقف صاف متناسب با دمای بیرون تغییر می کند و لیکن به علت وجود مصالح، این افزایش دما بیرونی بام، با تأخیر بر روی دمای داخلی ساختمان اثر می گذارد، در حالیکه در سقف گنبدی تغییرات درجه حرارت بیرون تأثیر چندانی در درجه حرارت داخلی بنا ندارند. این در حالی است که هیچ گونه وسایل مکانیکی سرمایش وگرمایش در ساختمان وجود ندارد و تنها فرم سقف تأمین کننده محیط آسایش انسان است. همانطور که میزان انرژی تابشی به سقف صاف دو برابر سقف گنبدی است، میزان انرژی جذب شده از طریق سقف صاف نیز حدود دوبرابر سقف گنبدی است.

تأثیر سقف های گنبدی در کاهش جذب انرژی خورشیدی موضوعی است که بر همه آشکار است و لیکن میزان و مقدار این تأثیر، مسأله ای است که در این مقاله به وسیله نرم افزار ECOTECH مورد بررسی قرارگرفت. از بدست آوردن نمودارهای مربوط به رفتار حرارتی سقف گنبدی سلطانیه و مقایسه آن با حالتی که سقف سلطانیه، صاف می باشد، رفتار این دو سقف به صورت کمّی مورد بررسی قرار گرفت. در گرم ترین روز سال درجه حرارت سقف گنبدی تقریباً نصف درجه حرارت سقف صاف است که این نتیجه قابل توجهی است.

این درحالی است که امروز برای غلبه بر دمای محیطی، میزان انرژی های حرارتی و برودتی با توجه به بحران انرژی در جهان به شدت افزایش یافته که نه تنها موجب افزایش فعالیت ها و هزینه‌های اضافی شده است بلکه باعث آلودگی های صوتی، آلودگی هوا و تبعاً افزایش میزان بیماری های انسان شده است و این مساله باعث رشد مضاعف هزینه جهت تأمین مجدد سلامتی می شود. درنتیجه باردیگر تأکید می شود که بازشناسی معماری ایران علی رغم محدودیت های گذشته ، امروزه نیز درخود آموزش‌های شگرفی دارد که باید نسبت به بازشناسی یا کالبدشناسی آن اقدام شود. پیشرفت علم و تکنولوژی لازمه زندگی امروز است، این بدان معنی نیست که آنچه گذشتگان با تجربه به آن رسیده اند، دور بریزیم. نمونه های عالی معماری پایدار و توجه به مسائل محیطی در بناهای سنتی ایران وجود دارد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پی نوشت:

۱ درجه حرارت نشان داده شده درجه حرارت محیط است نه درجه حرارت هوا.

فهرست منابع:

اصغریان جدی، احمد (۱۳۵۵)، کلیاتی درباره معماری گنبد سلطانیه، فرهنگ معماری ایران، شماره ۲ و ۳، ۶۷-۶۲..
توسلی، محمود (۱۳۸۱)، ساخت شهر و معماری در اقلیم گرم و خشک، پیام، تهران.
دانلدستون و کنت لب (۱۳۸۰)، طراحی اقلیمی، ترجمهٔ وحید قبادیان و محمد فیض احمدی، تهران، دانشگاه تهران، تهران.
طاهباز، منصوره (۱۳۷۹)، اصول یک معماری کویری، مجموعه مقالات کنگره تاریخ معماری و شهرسازی بم، جلد دوم، ۶۴۴-۶۲۹..
قبادیان، وحید (۱۳۷۸)، بررسی اقلیمی ابنیه سنتی ایران، دانشگاه تهران، تهران.
www.naturalfrequency.com, 2006/12, Andrew J. Marsh
www.view.aruna.ir, 2006/12
www.soltanieh.org,2006/12