

بررسی و تحلیل تاثیرات تکنولوژی و فن آوری های نوین بر ساختار معماری فرم

های گنبدی شکل

رضا قلیزاده

هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد بین المللی جلفا

چکیده

الگوهای معماری اجدادی ما استفاده از روش ها و مصالح جدید به منظور افزایش سرعت ساخت، سبک سازی، افزایش عمر مفید و نیز مقاوم نمودن ساختمان در برابر زلزله را بیش از پیش مطرح کرده است. حل مشکلاتی نظری زمان طولانی اجرا عمر مفید کم و یا هزینه زیاد اجرای ساختمان ها نیازمند ارائه راهکارهایی به منظور استفاده عملی از روش های نوین و مصالح ساختمانی جدید جهت کاهش وزن و کاهش زمان ساخت، دوام بیشتر و نهایتاً کاهش هزینه اجراست. یکی از موارد در سبک سازی سقف استفاده از فرم گنبد است که یک عنصر پایدار و مقاوم در برابر زلزله و یک عنصر یادمانی است. استفاده از گنبد ها روش آسان و اقتصادی جهت پوشش سطوح یکپارچه بدون ستونگذاری در داخل می باشد. گنبد ها از دیرباز در معماری ایران بکار گرفته شده اند. توسعه گنبدها در ایران در روزگاران قدیم با سنگ و به تدریج آجرکاری و مصالح سنگی بوده است. سپس در عصر مدرن ابتدا آهن برای نخستین بار برای چهار چوب اسکلتی ساختارهای گنبدی بکار رفت و سپس بطور وسیعی از بتن ساده با فشار مقاومت خوب در بناهای جدید برای اجرای گنبد ها استفاده گردید. اضافه کردن فلز برای مسلح کردن در برابر کشش، راهکاری جدید در مهندسی سازه بوجود آورد که منجر به ساخت گنبد های مدرن توسط بتن مسلح گردید. همچنین از گنبدهای فولادی، گنبد های آلومینیومی و گنبد های چوبی وسایر روشها برای ساخت گنبد استفاده شده است. این مطالعه که با روش تحلیلی - توصیفی و مطالعات کتابخانه ای و به طور مقایسه ای انجام شده است تحلیل گنبدهای سنتی و ساختار معماری آنها مورد بررسی قرار گرفته و در ادامه تاثیر تکنولوژی های نوین در شکل گیری فرم های متعدد گنبدی شکل با ساختاری متفاوت جهت استفاده بهینه از فضا و بهبود کیفیت فضای معماری مورد مذاقه قرار گرفته و نهایتاً با جایگزین شدن این نوع گنبدها به جای گنبدهای سنتی وارد دنیای جدیدی از فضای معماری شویم.

واژه های کلیدی: صنعتی سازی، گنبدهای سنتی، گنبدهای مدرن، تکنولوژی

مقدمه

الگوهای معماری اجدادی ما استفاده از روش‌ها و مصالح جدید به منظور افزایش سرعت ساخت، سبک سازی، افزایش عمر مفید و نیز مقاوم نمودن ساختمان در برابر زلزله را بیش از پیش مطرح کرده است. حل مشکلاتی نظری زمان طولانی اجرا عمر مفید کم و یا هزینه زیاد اجرای ساختمان‌ها نیازمند ارائه راهکارهایی به منظور استفاده عملی از روش‌های نوین و مصالح ساختمانی جدید جهت کاهش وزن و کاهش زمان ساخت، دوام بیشتر و نهایتاً کاهش هزینه اجراست. به منظور اجرایی شدن راهبرد صنعتی سازی ساختمان در کشور، استفاده از سیستمهای نوین ساختمانی و به کارگیری گسترده اجزای پیش ساخته و تولید شده با روشهای صنعتی، اجتناب ناپذیر می‌باشد. در صنعتی سازی ساختمان، هر چیزی مشخص است که در کجا به کار برده خواهد شد؛ لذا حجم فعالیت‌های محاسباتی و مهندسی افزایش می‌یابد. افزایش حجم این فعالیت‌ها نه تنها عملکرد کلی زنجیره تولید را کاهش نمی‌دهد، بلکه بر کل فرایند تاثیر مثبت می‌گذارد. توسعه گنبدها در ایران در روزگاران قدیم با سنگ و به تدریج آجرکاری و مصالح سنگی بوده است. سپس در عصر مدرن ابتدا آهن برای نخستین بار برای چهار چوب اسکلتی ساختارهای گنبدی بکار رفت و سپس بطور وسیعی از بتون ساده با فشار مقاومت خوب در بناهای جدید برای اجرای گنبد‌ها استفاده گردید. اضافه کردن فلز برای مسلح کردن در برابر کشش، راهکاری جدید در مهندسی سازه بوجود آورد که منجر به ساخت گنبد‌های مدرن توسط بتون مسلح گردید. همچنین از گنبدهای فولادی، گنبد‌های آلومینیومی و گنبد‌های چوبی و سایر روشهای برای ساخت گنبد استفاده شده است. با توجه به تعاریف و مزایایی که برای صنعتی سازی برخواهیم شمرد از آنجا که در بین الگوهای فروانی که در کتاب استاد پیرنیانیز به آنها اشاره شده است، گنبد ارزش تاریخی و قدمت بیشتری نسبت به بقیه دارد (زرتشتی‌ها در آتشکده‌ها از گنبد به عنوان نماد آسمان به وفور استفاده کردند) واژ نظر سازه‌ای هم از جمله مسائلی چون سبک سازی و استفاده از مصالح مناسب و سایر محاسن که برخواهیم شمرد و در بحث صنعتی سازی نیز مد نظر است، بیشترین توجه در این تحقیق به تاثیر صنعتی سازی برشكّل گیری گنبدها و فرم‌های گنبدی در راستای حفظ هویت فضای معماری گذشته و ایجاد کیفیت فضایی بهتر است. برای شروع بحث ابتدا از جنبه سبک سازی به موضوع پرداخته شده است. اینکه روشهای بکار رفته در گنبدهای سنتی چطور و تا چه اندازه در سبک سازی موفق بوده اند و باستانی برای بهبود این روشهای و ماندگاری الگوهای برجسته معماری، چگونه از صنعتی سازی و فن‌آوری‌های نوواستفاده از مصالح نوین بهره جست.

مفاهیم و ابعاد صنعتی سازی ساختمان

در یک تعریف جامع، صنعتی سازی به معنای یک پارادایم تولید است که شامل روش‌هایی است که میزان استفاده منابع و نیروی کار را با بهینه سازی کاربرد تجهیزات و تکنولوژی در فرآیندها بهبود می‌دهد.

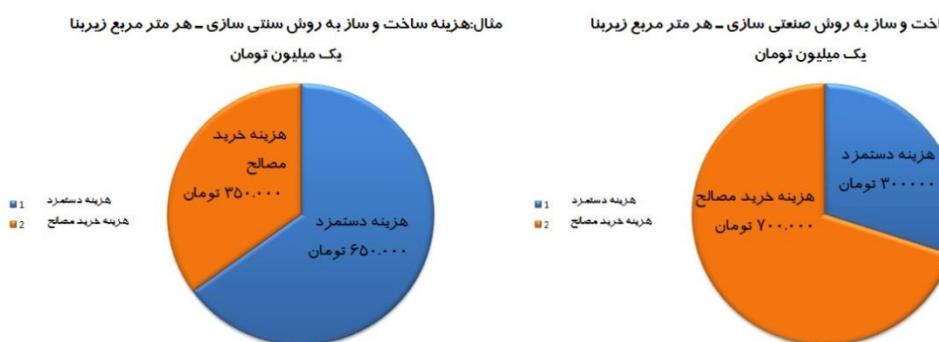
صنعتی سازی، فرآیندی است که با بهبود کیفیت، زمان ساخت و استفاده از نیروی کار منجر به افزایش خروجی سیستم و بهینه سازی بهره-برداری از تجهیزات، تسهیلات و تکنولوژی می‌گردد. بنابراین ما درباره کارخانه‌هایی صحبت می‌کیم که هر نوع از قطعات را تولید می‌کنند تا در ساخت و ساز نصب گردد و هدف این شیوه تولید بهبود اینمی، کیفیت، هزینه و سطوح خروجی است.

در شیوه تولید صنعتی، تولید قطعات ساختمانی از قبیل بلوکها، تیرچه‌ها، پانلهای پیش ساخته، تیرها و ستونهای فلزی و بتُنی، شبکه‌های فلزی، قطعات گچی و بتُنی و... براساس شیوه و استاندارد واحد، به صورت مرکز ساخته شده و در نهایت به صورت مکانیزه و صنعتی نیز نصب و اجرا می‌شود. در تولید صنعتی از آنجایی که استانداردهای لازم و مشخص تعیین شده است، امکان تولید مدولار در این شیوه وجود دارد و از اتلاف منابع تاحد بسیاری کاسته و به سرعت تولید می‌افزاید. بنابراین یکی از پیش نیازهای اولیه تولید «تمام صنعتی» تبیین و تعریف استانداردهای ساختمانی با توجه به ویژگی‌های اقلیمی، فرهنگی و نیازهای انسانی است. در تولید تمام صنعتی، علاوه بر تولید بخش سازه‌ای ساختمان، بخش نرم و غیر سازه‌ای نیز براساس تولید مدولار در کارخانه تولید می‌شود. تمامی اجزاء ساختمان بر اساس یک روش و طی یک فرآیند هماهنگ تولید شده و برای نصب به محل اجرای پروژه منتقل می‌شود. به علت تولید در یک سیستم واحد و هماهنگ، امکان نصب مکانیزه قطعات نیز وجود دارد و دخالت نیروی انسانی به حداقل ممکن می‌رسد. این مسئله تاحد بسیاری ضریب خطاها انسانی را در هنگام تولید پائین می‌آورد و موجب افزایش کیفیت وایمنی ساختمان، و سرعت تولید و در نتیجه قیمت تمام شده می‌شود. بدون تردید با وجود روند رشد بهره‌گیری از فناوری‌های نوین و مصالح جدید هرچه سریع‌تر علاوه بر تدوین دستورالعملهای اجرایی این فناوری‌ها و شاخص‌های ارزیابی، تدوین معیارهای ارزیابی در بخش‌های دیگر ارزیابی فناوری‌های نوین ساختمان، از جمله حریق، انرژی، آکوستیک و فرهنگی ضروری بنظر می‌رسد.

با تغییرات سریع شرایط صنعت ساختمان و معرفی سیستم‌های جدید با قابلیت های و پارامترهای ارزیابی متفاوت، ضرایب و سوالات تعریف شده بخش سازه و معماری نیز نیازمند اصلاح و بروز رسانی است.

به کارگیری فناوری‌های نوین و شیوه ساخت به سبک تولید صنعتی زمانی میسر خواهد بود که توان علمی، فنی و اجرایی کشور با آگاهی و دانش فنی لازم و هدایت متخصصین صنعت ساختمان، بر اساس سبک معماری سنتی هر منطقه و نیازهای کشور به تعیین نقاط ضعف و قوت، ویژگی‌ها و الزامات هر یک از فناوری‌ها پرداخته و نهایتاً مدل بومی فناوری نوین، تعریف شود.

مقایسه تولید سنتی و تولید صنعتی

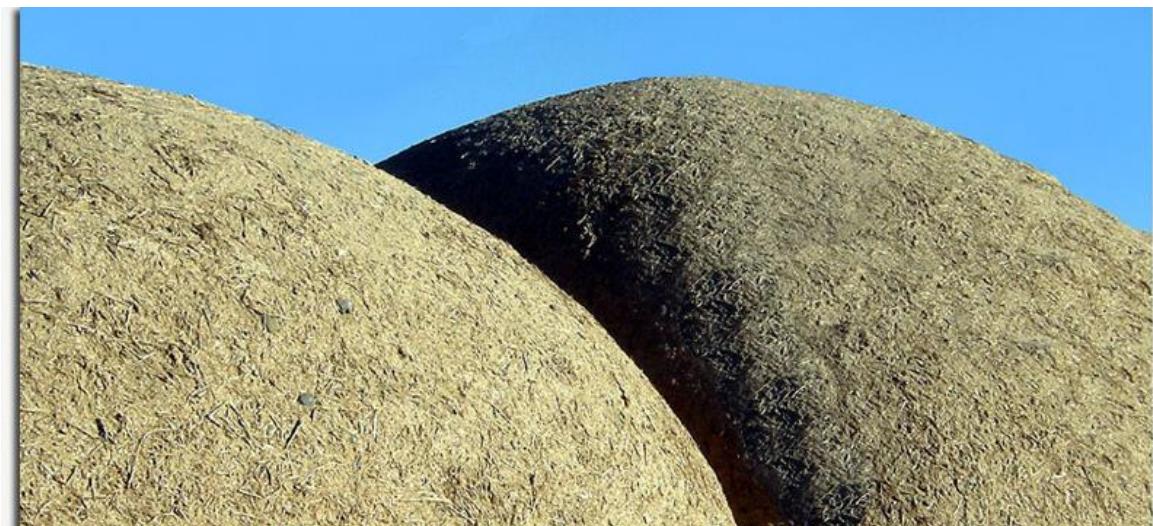


ملاحظات	روش تولید صنعتی	در روش سنتی
مقایسه مصالح	ساخت مسکن حد اقل ضایعات پدید می آید. کیفیت مصالح تضمین شده است و قابلیت تنوع در احداث سازه های بلند مرتبه و مصالح را نیز دارند	دور ریز مصالح زیاد است و ساخت سازه های بلند مرتبه مشکل و گاهای غیر ممکن بوده و فصلی بودن کارخانه های تولید مصالح سنتی نیز بر معضلات می افزاید
مقایسه بازده کاری	بازده کار بالا تر میباشد زیرا ۸۰ درصد کار توسط ماشین آلات انجام میگیرد لذا امکان استفاده از نیروی کار در تمام فصول نیز وجود دارد. همچنین دخالت افراد کم تجربه و غیر متخصص در امر ساخت وساز کمتر میشود.	بازده کار کارگری در روش سنتی پایین است. امکان دخالت افراد غیر متخصص در امر اجرا بیشتر بوده و با فرا رسیدن سرما کارگران بیکار و احیاناً اخراج میشوند
مقایسه ریسک کاری	امکان بروز حوادث کارگاهی کمتر و امکان وضع حق بیمه و مالیات بر تعداد کمتر کارگران به دلیل بکارگیری بیشتر از ماشین آلات فراهم میگردد.	در روش سنتی تغییرات شرایط آب و هوایی و محدودیت زمان اجرا میزان ریسک اجرای کار را بالا میبرد زیرا بروز حوادث و خطرات کارگاهی بیشتر میشود. همچنین طولانی شدن مدت اجرا اثرات تورمی و گرانی در تعیین حق بیمه و مالیات و قانون کار را به همراه دارد که میتواند دوره بازگشت سرمایه را طولانی تر نماید
مقایسه کیفیت کار	حصول مقاومت در هنگام بهره برداری و ظرفات و امکان کنترل کیفیت قطعات وجود دارد.	در روش سنتی عدم دقت و ظرفات کار با توجه به اجرای کار توسط نیروی انسانی و عدم کنترل کیفیت مصالح مورد استفاده حادث میشود
مدیریت کار	p.m. با زمان بندی دقیق نیست و آموزش و مدیریت بهتر صورت میگیرد.	اداره تعداد زیاد نیروی کارگری چه به لحاظ مدیریت و چه به لحاظ آموزش و تدارکات مشکل است. همچنین با تکیه امکان تهیه برنامه بر نیروی انسانی نمی توان جدول دقیقی برای زمان بندی کار (روش سی.پی.ام) تدرک دید
مقایسه بهای تمام	رکود سرمایه گذاری بیشتر است و آثار تورمی به دلیل طولانی شدن زمان ساخت تاثیر بیشتری	رکود سرمایه گذاری است و آثار تورمی به

دارند	گذاری بیشتر میباشد.	شده کار
-------	---------------------	---------

تکنولوژی سنتی - گنبدهای ایرانی

همانگونه که معماری ایرانی همواره بیشترین توجه را به جنبه های مثبت معماری از قبیل منطق ، اصول ایستایی ، مسائل فنی و علمی بنا ، مقیاس انسانی ، استفاده از مصالح محلی ، صرفه جویی و سبک سازی ساختمان و ... معطوف می کرده است . نیاز جامعه از همه نظر، اقتصادی، فرهنگی، اجتماعی، گردشگری و... به حفظ و احیای سبک سازی یکی از مباحث نوین در علم ساختمان است که روز به روز در حال گسترش و پیشرفت میباشد. این فن آوری عبارتست از کاهش وزن تمام شده ساختمان با استفاده از تکنیک های نوین ساخت مصالح جدید و بهینه سازی روش های اجرا کاهش وزن ساختمان علاوه بر صرفه جویی در هزینه زمان و انرژی زیان های ناشی از حوادث طبیعی مانند زلزله را کاهش داده و صدمات ناشی از وزن زیاد ساختمان را به حداقل میرساند.



گنبد های کاه گلی در سرخس

برای بکارگیری تکنیک های سبک سازی نخست باید به مسئله اول علل سنگین شدن وزن ساختمان توجه کافی شود پس از شناخت این علل و عوامل باید جهت حذف یا به حداقل رساندن تاثیر آنها وزن تمام شده ساختمان تلاش نمود . در معماری ایرانی هیچ کاری منحصر به قصد تزئین انجام نمی گیرد . بلکه تمام موارد ضروری و مفید و به نحوی از انداء زیبا و چشم نواز اجرا می گردد و نمودی تزئینی دارد . احداث کته ، طاقچه و رف ، جهت سبک کردن قسمتهای غیر برابر دیوار و همچنین به منظور گذاردن و نگهداری وسایل و لوازم نیاز ایجاد سقف کاذب به صورت کاربندی ، خوانچه ، شبکه چوبی ، لمبه کوبی و غیره ، برای دو پوشه کردن سقف به منظور ایزولاسیون حرارتی و صوتی و به ضرورت تامین فضایی با مقیاس انسانی. در بخش بزرگی از ایران استفاده از خاک طبیعی و شکل دادن به آن به صورت پخته و در نوع پیشرفته تر آن آجرهای پخته مرسوم بوده است . آجر که در گروه مصالح سنگین می باشد اصلی ترین مصالح در معماری اسلامی ایران است . مقاومت فشاری آجر، معماری دیوار برابر طاق و گنبد را ایجاد می کند .

مواردی از سبک سازی ساختمانها که در بناهای سنتی ما وجود دارد را به عنوان نمونه اشاره می‌شود:

۱- استفاده از فرم گنبد

یکی از موارد در سبک سازی سقف استفاده از فرم گنبد است که یک عنصر پایدار و مقاوم در برابر زلزله و یک عنصر یادمانی است و همچنین چون نسبت جرم به حجم آن ناچیز است یکی از بهینه ترین فرم‌ها از نظر جرمی به نسبت حجم زیاد آن است. نحوه پیدایش گنبد در صورتی که براساس تقاضا و امکان پاسخگویی به نیازها جستجو شود، لاجرم مواردی را یادآور می‌شود که شامل احساس نیاز به دهانه‌های وسیع، ارتفاع بلند، شکوه بنا و عظمت آن و از طرف دیگر محدودیت‌های مرتبط با مقاومت مصالح، مهارت کارگران و فن آوریهای روزگار خویش است.

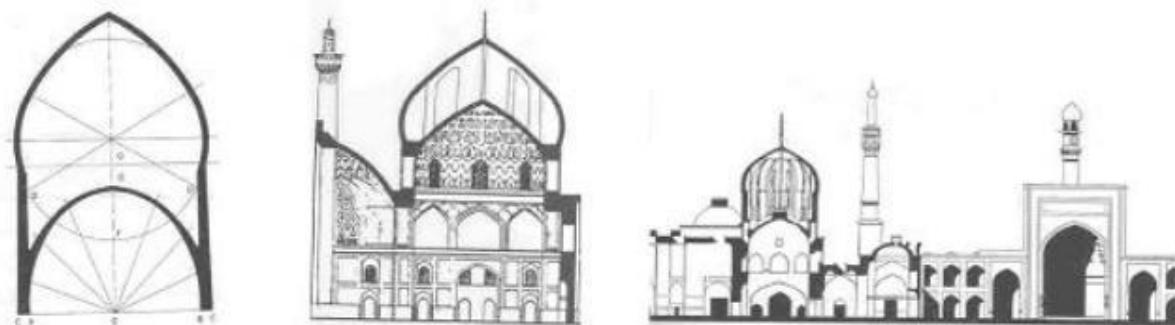
استاد محمد کریم پیرنیا، پیدایش گنبد را از هزاره دوم و ساخت آن را توسط ایرانیان بر می‌شمارد، وی معتقد است که طاق و گنبد و چفده (قوس) در ایران پیشینه‌ای کهن داشته و معماران روزگار باستان نمونه‌هایی شگفتی از آن را در معبد چغازنبیل و آرامگاه‌های سرداشی ساخته اند. همچنین طاق و چفده ایرانی تابع فلسفه بر مبنای ریاضی ویژه است که پایگاهی ارجمند در معماری و فن ساختمان دارد. وی معتقد است در میان پدیده‌های شگفت معماری، گنبد پایگاه بلندی دارد و اشاره می‌کند که دلایل بسیاری وجود دارد که این پدیده شگفت آور زاده نبوغ ایرانی است. دکتر باقرآیت الله زاده شیرازی معتقد است سازه گنبد، پیش از اسلام نیز در معماری ایرانی وجود داشته است. با ورود اسلام به ایران نه تنها این دین با مظاهر فرهنگ ایرانی به مقابله برنخواست، بلکه آن دسته از جلوه‌های فرهنگ مانند گنبد را در بناهای مذهبی مورد استفاده قرار داد".



اندره گدار و همکاران در کتاب آثار ایران (گدار، ۱۳۸۷) ابتکار عمل ایرانیان در ساخت گنبد را خصیصه پر ارزش و مبین ابتکاری می‌داند که ایرانیان برای هماهنگ ساختن گنبد با مربع زیر سقف از خود نشان داده‌اند، علاوه بر این ساخت طاق‌ها در ایران بدون کمک چوب بست را آنچنان راحت و آسان بر می‌شمارد که با مصالحی ناچیز و در مدت زمانی اندک ساخته می‌شود که این روش ماهرانه را در نتیجه دستاورد تجربه‌ای بسیار طولانی قلمداد می‌کند.

۲- گنبدهای دو پوسته و سبک سازی بین آن

اصل تنشیبات در داخل و خارج بنا و هماهنگی این دو که به نوعی سبک سازی مدرن محسوب می‌شود منجر به خلق گنبدهای دو پوسته می‌شود که یک پوسته داخلی دارد. پوسته خارجی گنبد پوسته سازی اصلی و مقاوم آن است و پوسته داخلی تنظیم کننده اشل انسانی در درون فضا و تنظیم کننده شرایط محیط زیست انسانی می‌باشد.



استفاده از قوس‌های خواچه پوش علاوه بر سبک سازی در ایجاد تعادل دمای محیط داخلی و خارجی هم موثر است.

سبک سازی دیواره‌ها و جرزها به وسیله طاقچه سازی گنبد جبلیه کرمان را به اوایل دوره اسلامی نسبت می‌دهند. این گنبد بر روی یک هشت‌ضلعی برپا شده است.

دیوار بنا به وسیله طاقچه‌های زیادی سبک شده و این از خصوصیات مهم این بنا می‌باشد همچنین گنبد تا ارتفاع بالای شکرگاه دارای ضخامتی در حدود 180 متر است و از آن به بعد ضخامت آن به طور فاحشی کم می‌شود و به حدود 60 سانتی متر می‌رسد. حسن دیگر گنبدهای ایرانی که توسط استاد پیرنیا به آن اشاره شده (پیرنیا، ۱۳۵۱)، انتخاب شکل‌های مبتنی بر اصول دقیق ریاضی بوده است به نحوی که از رانش آنها ممانعت به عمل آورده و موجبات صرفه جوئی در مصالح را فراهم می‌کرده است، استاد پیرنیا این خصیصه گنبدهای ایرانی و تمایز آن با سایر گنبدها را چنین تشریح می‌کند:

"در سرمین‌های دیگر (مثلًا روم) شکل نیمکره را برای گنبد بر می‌گزیدند و چون میانتار رانش بر منحنی آن منطبق نمی‌شد ناچار بودند که کناله‌های آن را هرچه سطبرتر کنند تا در برابر رانش سدی باشد، در صورتیکه معماران ایرانی نیمداire را برای پوشش مناسب نمی‌دانستند و شکل‌هایی نظیر تخم مرغی و هلو چینی و بیز را انتخاب می‌کردند که خود به خود میانتار رانش بود و این حسن انتخاب (که بر اصول دقیق ریاضی نهاده بود) باعث می‌شد که بتواند طبره یا ضخامت گنبد را در خاستگاه و پاکار تنها به اندازه یک شانزدهم دهانه بگیرند (که البته هرچه بالاتر می‌رفت نازک می‌شد تا به کلاله برسد) "علی اکبر سعیدی اشاره می‌کند که " چنانچه گنبد به صورت نیمکره باشد در پای گنبد رانش وجود ندارد و اگر نیمکره کمتر باشد (به صورت عرقچین) در حلقه انتهایی رانش باید مهار گردد" ولی در ادامه توضیح می‌دهد که به دلیل سایه و آفتاب گیر بودن سطح گنبد، قرار گرفتن بار برف به صورت نامتقارن در پای گنبدی که به صورت نیمکره است نیروی افقی ایجاد می‌شود. استاد پیرنیا معتقد است (پیرنیا، ۱۳۵۱) که "نفوذ روش گنبد سازی ایرانی در باخترا زمین (که شاید اندکی پس از حمله مغول آغاز شده) تحول چشم گیری در معماری آن مناطق به وجود آورده است" و می‌افزاید که انتخاب شکل تخم مرغی به جای نیمکره برای گنبد زیرین و استفاده از پوشش زیرین (مانند ایران) به معماران مغرب زمین امکان داده است که گنبد نازک و خوش

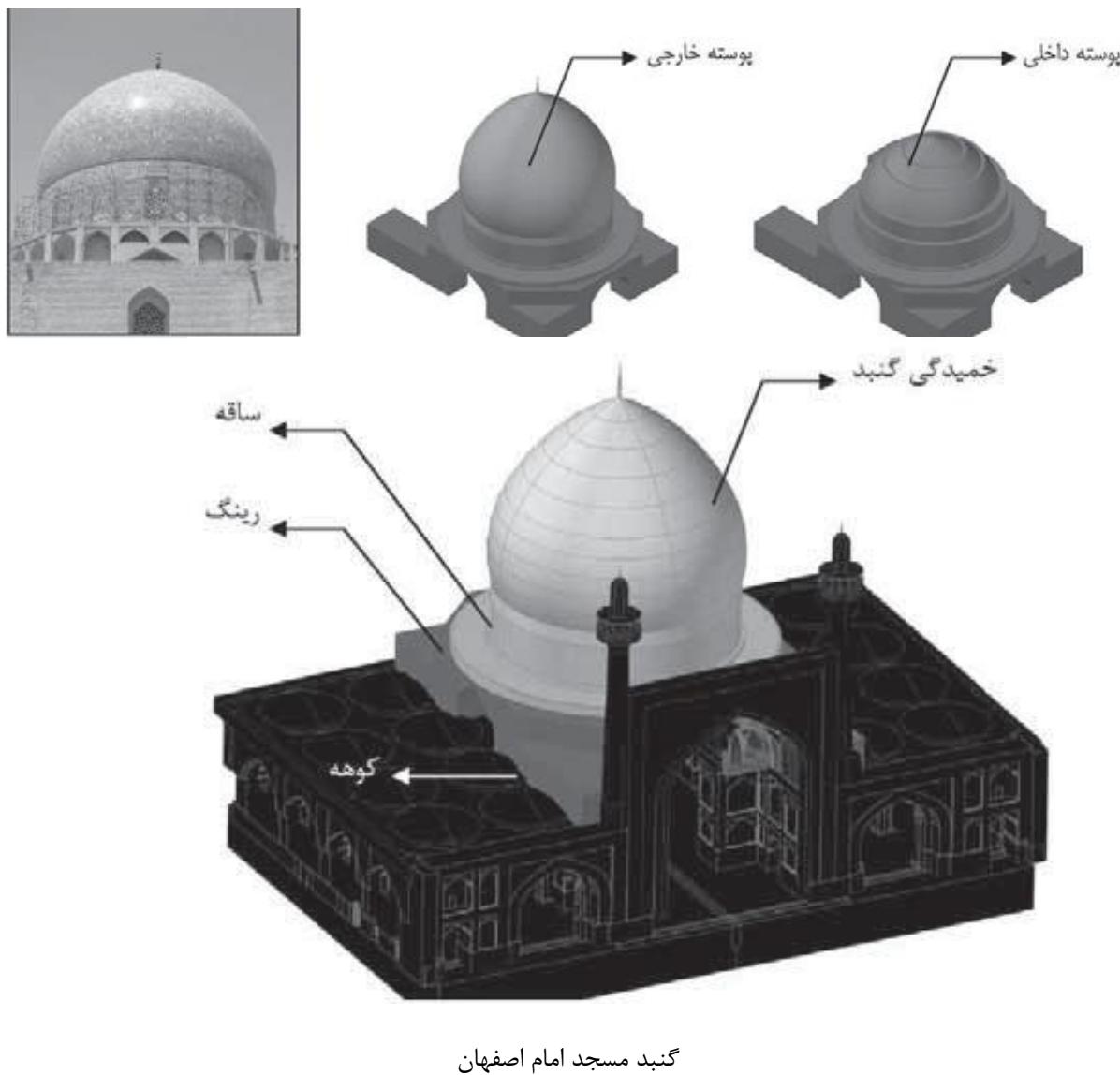
اندامی پدید آورند." او معتقد است که بالاخره فن گنبد سازی ایرانی روش پوشش‌های پوسته‌ای را در عصر ما به ارمغان آورده چنانکه پیش از آن هم شاهکارهای چون گنبد "سن پیرا" از هنر بارور ایرانی زاده بود.

3-شکل‌ها، تناسبات و سیستم‌های سازه‌ای در گنبدهای ایرانی

سازه گنبد به خصوص گنبدهای ایرانی بدليل پیروی از شکل‌های هندسی خاص، از مقاومت ذاتی قابل ملاحظه‌ای در مقایسه با دیگر شکل‌های هندسی برخوردارند. استفاده از این ویژگی ذاتی امروزه در مباحث سازه‌های بتنی پوسته‌ای نازک تسری یافته، جایگاه ویژه‌ای در طراحی و اجرای اینگونه سازه‌ها پیدا کرده است.

استاد پیرنیا در شماره‌های ۱۳۶ و ۱۳۷ مجله هنر مردم (پیرنیا، ۱۳۵۱) ضمن تاکید بر دو پوش بودن گنبدهای ایرانی، متذکر شده که پوشش زیرین همیشه به شکل نصف تخم مرغ بوده و از انواع شکل‌های رک (مخروطی و هرمی)، خاگی (تخم مرغی)، نار(پیازی) و شپدری پیروی می‌کرده است. نوشتار او در نشریه اثر (۱۳۷۰) با اشاره به اعتقاد پیشینیان مبنی بر اینکه اگر تخم مرغ را به طور عمودی روی زمین نگه دارند حتی اگر شتر هم پا روی آن بگذارد نمی‌شکند، بر مقاومت فوق العاده پوسته بیضوی در مقایسه با پوسته نیم دایره تاکید می‌کند، وی گنبدها را به دو دسته پیوسته و گسسته تقسیم کرده، توضیح می-

دهد:

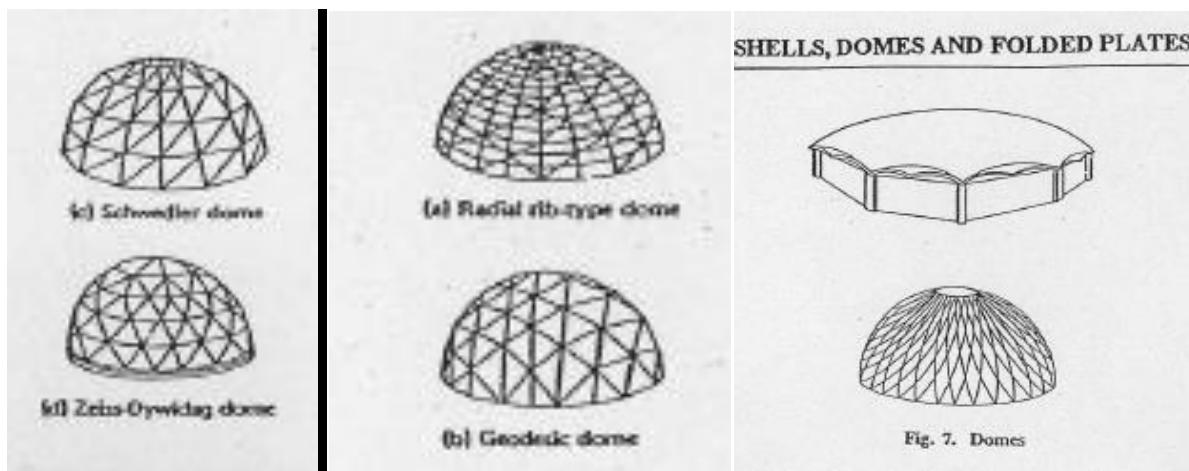


گنبد مسجد امام اصفهان

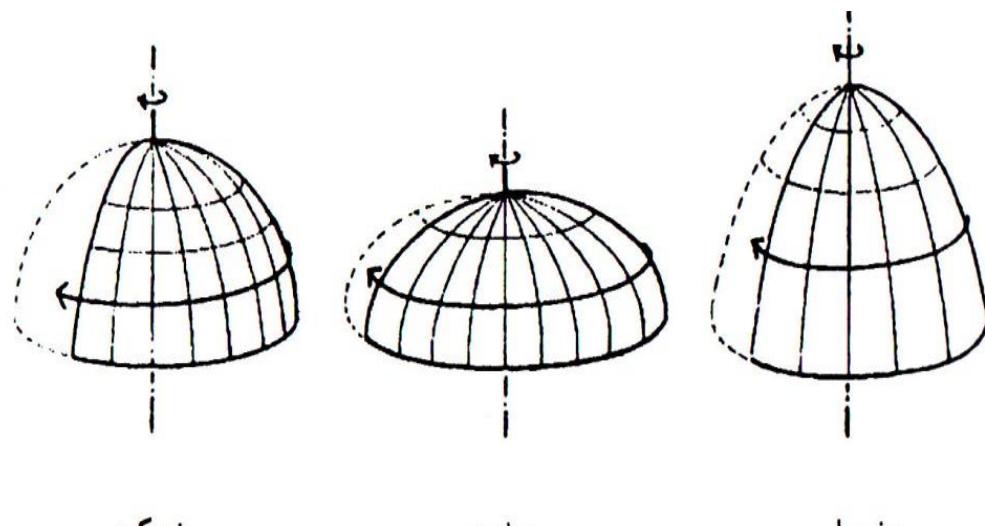
"گنبدهای پیش از اسلام و همچنین گنبدهایی مانند گنبد سلطانیه و شیخ لطف الله و گنبد خاکی جامع اصفهان دو پوش پیوسته است چنانکه گاهی دو پوشته بی هیچ واسطه ای به هم متصل می شد و گاهی هم فقط صندوقه یا کندو و شیاره ای میان آنها فاصله بوده است". او گنبدهای گستته را به دو دسته بندی کلی تقسیم کرده می افزاید " گنبدهای گستته گاهی دو پوشه در کلله از هم فاصله می گیرد مانند گنبد جامع یزد و جامع گلپایگان و اغلب گنبدهای قرن هفتم به بعد" و " گاه" پوشه بیرونی با فاصله چشم گیری از گنبد زیرین استوار می شود مانند گنبد آستانه مظہر حضرت رضا (ع) و گنبد سهل بن علی در آستانه اراک و مسجد شاه و مدرسه مادرشاه اصفهان".

سیستم‌های سازه ای در گنبدهای ایرانی بستگی به طول دهانه و ارتفاع و نوع مصالح، متنوع و مدیرانه تعیین می شده‌اند.

تکنولوژی صنعتی - گنبدهای مدرن



فرم های گنبدی حاصل دوران یک خط منحنی حول یک محور می باشند . گنبد یکی از طبیعی ترین فرم ها نسبت به بقیه می باشد. انواع فرم های گنبدی را می توان بصورت گنبد های نیمکره ای ، بیضوی و مخروطی تقسیم بندی نمود .



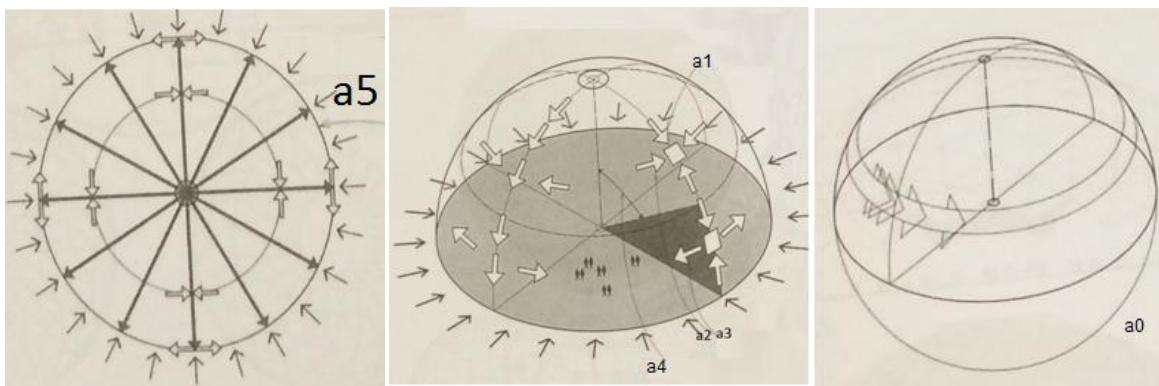
گنبد سازه ای با رویه کروی است که پلان دایره ای دارد و از مصالح صلب و پیوسته، مانند بتون مسلح، یا از عناصر خطی کوتاه، مثلاً به صورت گنبد های مشبک کروی، ساخته می شود. گنبد شبیه قوس چرخش یافته است، با این تفاوت که نیروهای محیطی در آن ایجاد می شوند که در نزدیکی تاج فشاری و در بخش های پایین کششی اند.(a0)

نیروهای نصف النهاری همیشه تحت بارگذاری کاملاً عمودی، حالت فشاری دارند.(a4)

نیروهای حلقوی، که از حرکت خارج از صفحه نوارهای نصف النهاری در پوسته ی گنبد جلوگیری می کنند، در منطقه ی پایینی کششی اند.(a2/a3)

گذاراز نیروهای حلقوی فشاری به نیروهای حلقوی کششی تحت زاویه ای بین ۴۵ تا ۶۰ نسبت به محور عمودی رخ می دهد. (a1)

یه حلقه ای کششی قاعده ای گنبد را در بر می گیرد تا مولفه های رو به بیرون نیروهای نصف النهاری را مهار کند. در گنبد بتئی، این حلقه ضخیم و تقویت می شود تا تنש های خمشی ناشی از تغییر شکل های کشسان متفاوت حلقه و پوسته را تحمل کند. (a5)



سازه های فضاکار

گروهی از سازه هایی هستند که رفتار سه بعدی دارند و معمولاً فرم های بدیع مستوی یا منحنی در فضا ایجاد میکنند و با واحدهای تقریباً یکسان در الگویی تکرار شونده احداث میشوند. این سازه ها معمولاً قیود فنی و اقتصادی را با تلفیقی مناسب از مفاهیم سازه ای- اصول ایمنی- دیدگاه های زیبا شناختی و اقتصادی ارضاء میکند. سیستم های فضاکار اسکلتی- سیستم های غشای نازک تحت تنش- پوشانه های کابلی یا نگهداری شده توسط کابل و سازه های هوانشین جز این سازه ها هستند.

به منظور مقاومت در برابر کشش های حلقوی در پای گنبد های قدیمی، دیواره های سنگینی کنار گنبد ساخته می شد، چرا که هنوز از آهن به عنوان عضو کششی استفاده نشده بود. با ورود آهن به ساختمان دوران جدیدی در تاریخ سازه های فضای کار پدید آمد. بطوريکه سازه های فضای کار به شکل امروز آن حداکثر یکصد و چند سال عمردارد. به دنبال طرح نیازهای گستره گردید در زندگی بشر به احداث بنایی وسیع بدون پایه های نظری نمایشگاه ها، ورزشگاه ها، آشیانه ها، فضاهای فرهنگی و مذهبی، آمارخانه ها، کارگاههای بزرگ، بانکها، مراکز تجاری، انجمن ها، پارکینگ های چند طبقه، اسکله ها، فرودگاهها و امثال آن، نیاز به فن آوری جدید برای پوشش دهانه های بزرگ مطرح گردید. استفاده از سازه های فضای کار به طور گستره پس از سالهای جنگ دوم جهانی معمول شد و به منظور کاهش زمان اجرا و در عین حال صرفه جویی قابل ملاحظه متداول گردید.

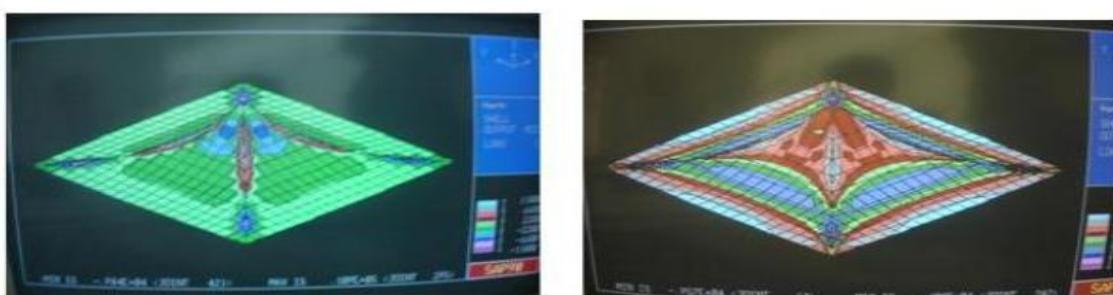
در کشور ما به دلیل عدم آشنایی عمومی و تدریس گستره مفاهیم مربوط در سطح دانشگاه ها؛ متأسفانه استفاده از سازه های فضای کار بسیار محدود است و از این امکانات به نحو شایسته بهره گیری نشده است. حال آنکه احداث اینگونه سازه ها بدون وابستگی (از نظر فن آوری) به خارج از کشور میسر است و نمونه های بارز از چنین سازه هایی به دست متخصصان کشور و با امکانات موجود احداث شده است.



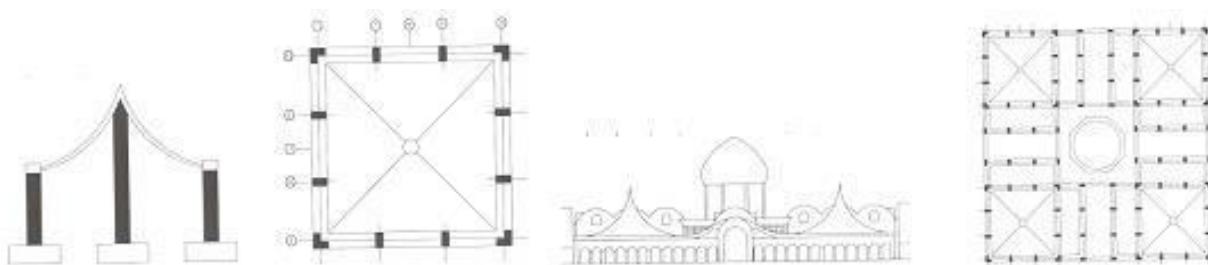
بن، گت بن آسمان نمای ابران یا نام (گند مینا)

سازه فضاکار، گنبد نو، گره متحتمع تحری، و صار، مشهد

در فرایند طراحی اولیه حرم حضرت امام خمینی که متشکل از سازه بتنی پوسته‌ای است از امکانات نرم افزاری متنوع برای انجام تحلیل‌های خطی و غیرخطی سازه‌ای استفاده شده تا نسبت به صحت طراحی اطمینان حاصل شود، علاوه بر این با اجرای سازه‌ای با مقیاس ۰/۱ انطباق طراحی با سازه اجرا شده از طریق روش‌های بارگذاری ثقلی و دینامیکی صورت پذیرفته است. طراحی اولیه سازه مذکور و اجرای آن سازه با مقیاس ۰/۱، استفاده از تونل باد و بررسی‌های انجام شده برای حصول اطمینان از رفتار سازه مذکور، فرایند نوین پرای طراحی، و اجرای این گونه سازه‌ها را نشان داده است (عاملی، و قاسمیه ۱۳۸۰)



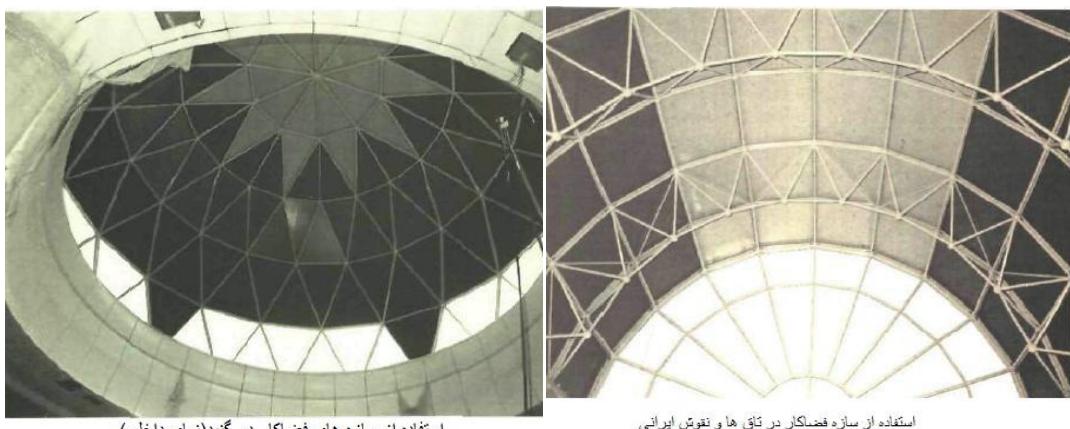
لنگرهای خمیشی حول محورهای مداری و نصف النهاری در مدل اولیه سازه خیمه ای حرم امام خمینی



حرب امام خمینی (، طراحی اولیه سازه بتی پوسته ای)

تلقیق سازه های فضاکار با معماری ایرانی

در معماری ایرانی اشکال، احجام هندسی منظم، ساده یا پیچیده در گنبدها، گره سازی ها، شمسه بندی ها، مقرن کاری ها، کاربندی ها و سایر طرحهای ایرانی وجوددارد که امکان ساخت آنها توسط سازه های فضاکار محدود می باشد، از مزیت های استفاده از این سازه ها پوشش محیط های بزرگ با سازه های فضاکار با احجام و المانهای معماري ایرانی می باشد. با توجه به تنوع اشکال سازه های فضایی و نحوه ساخت کاربندیها که توسط تویزه ها و یا شابلهای گچی و آجری به همراه کاشیهای لعابدار یا ساده و با توجه به ابعاد قابل حصول در یک گنبد، قابلیت تبدیل از طریق گوی و بازوهای موجود در سازه های فضاکار که در یک دوران و تکرار قوس مربوط به تویزه با لحاظ قوس های ایرانی در سازه های فضاکار امکان پذیر می باشد.



استفاده از سازه های فضایی در گنبد (نمای داخلی)

استفاده از سازه های فضایی در گنبد (نمای خارجی)

گنبد ها بواسطه ایجاد مراکزیم فضا در حداقل سطح پوشش، مصرف کم مواد سازه ای و زیبائی همواره مورد توجه بوده است. این نوع سازه ها برای مراکز نمایشگاهی، سالن های اجتماعات، مراکز مذهبی، ساختمانهای صنعتی، استادیوم های ورزشی و در ساختمانهایی که نیاز به فضای داخلی زیاد با حداقل تکیه گاه می باشد کاربرد فراوان دارند که از لحاظ بیان بصری یک گنبد ایرانی مدرن ساخته می شود که در زمان دیدن به لحاظ فرم درونی و بیرونی آن و با قرارگیری در زیر آن به لحاظ نقش و نگار و سایر عوامل بصری تداعی کننده گنبد ایرانی می باشد. با توجه به اینکه شکل خود گنبد که به اختراع و ابداع ایرانی ها برمی گردد امروزه با مصالح مدرن فضایی اشکال بدین معنا را خواهد داشت، نتیجه این ترکیب دستیابی به یک هویت ایرانی با مصالح مدرن همچون سازه های فضایی می باشد.

الگوهای سازه های فضایی هماهنگ با نقوش اسلامی

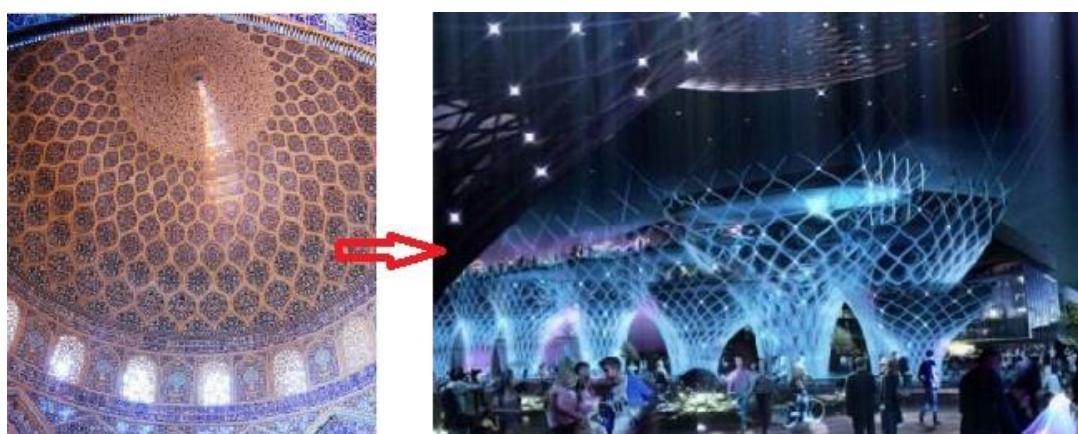
استفاده از هندسه اسلامی به عنوان الگوهای فرمی و سازهای اغلب در آسمانه ها، ستاوندها و دیگر اجزای تشکیل دهنده ساختارهای سازهای مورد استفاده قرار میگیرد. به صورتی که علاوه بر داشتن ویژگیهای فرمی و بصری مناسب دارای مزایای سازهای فراوانی نیز میباشند. به عنوان مثال کاربرد این الگوها در سازه های مشبک فضایی بسیار مناسب خواهد بود چراکه اغلب این الگوها متشکل از گره و میله بوده که قابلیت همسازی با فرمها و سازهای فضایی را دارا میباشند. این نکته قابل ذکر است که گره چینی که بخش عمده ای از نقوش اسلامی به شمار میروند بطور کلی عبارتند از قرار دادن آلات گره در یک

ترکیب همانگ و زیبا میباشد. بهترین مثالی که میتوان در این زمینه ارائه نمود طرح مصلی بزرگ اصفهان می باشد. این بنا متشکل از مجموعه های از تاقها و گنبدهای مشبك فضایی است که بر اساس گره ها و الگوهای هندسی اسلامی شکل گرفته اند.



نمای تحتانی گنبدخانه مصلی بزرگ اصفهان.

تطابق نقوشی که ریشه در ویژگی های تاریخی رویداد های فرهنگی و هنر معماری ایرانی و اسلامی دارند با سازه های فضاسکار به نوعی القا کننده معماری نوین در عرصه طراحی هستند.



الگوهای یار امتری از نقوش هندسی گنبد مسجد سیخ لطف الله در طراحی سازه های فضاسکار

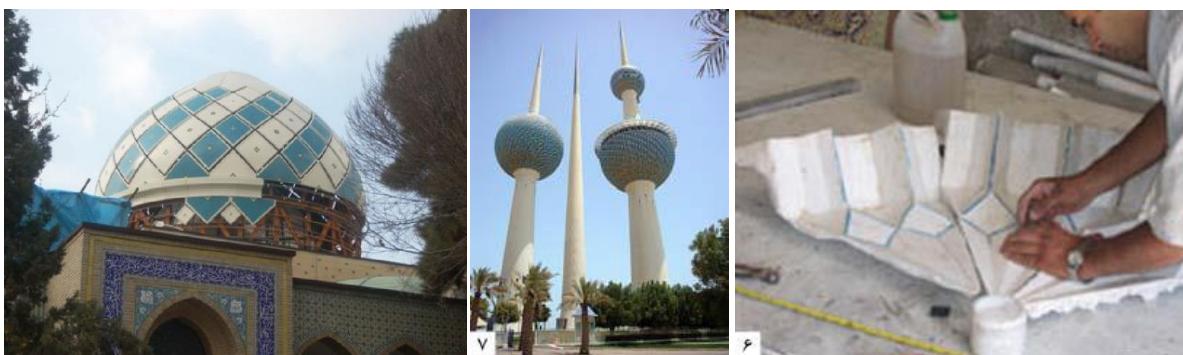
نقوش هندسی مورد استفاده در دوره های مختلف تاریخ ایران و سایر کشورهای اسلامی که اهل فن بدان گره نیز میگویند، از نوع فراوانی برخوردار است به طوریکه، ذکر تمامی انواع آن تقریباً غیر ممکن است. از جمله مهمترین گره ها در حوزه جغرافیای ایران میتوان به گره کند، گره تن و گره شل اشاره کرد که هر یک نیز دارای انواع مختلف میباشند. در جدول برخی از نقوش هندسی پر کاربرد در معماری ایرانی معرفی شده است.

نمونه هایی از گره های پر کاربرد در معماری ایرانی

عنوان گره	شکل هندسی	عنوان گره	شکل هندسی
هشت مربع آلت لغت		هشت چهار لنگه	
چهار لنگه الماس تراش		هشت صلیب	
طبق خفته راسته		هشت پنج	
کند دو پنج		هشت مربع	
تند دو پنج		هشت بازویتدی	

انعطاف‌پذیری در تولید و امکان حفظ جلوه‌های معماری ایرانی

در صنعت ساختمان حفظ ملاک‌های فرهنگی و جلوه‌های معماری ایرانی در طراحی و نماسازی ساختمان‌ها مسئله مهمی به شمار می‌رود. به منظور حفظ انحناهای موجود در گنبدهای مساجد، نقش و نگارهای ایرانی و اسلامی و سایر مواردی که از نشانه‌های معماری ایرانی است که از روش سازه‌های پیش‌ساخته سبک می‌توان استفاده کرد. چرا که می‌توان پانل‌های سبک مورد استفاده را به هر طرح دلخواه درآورد و پس از نصب آنها در محل خود، بتن‌پاشی روی آنها انجام داد. روش سازه‌های پیش ساخته سبک، حتی ساخت گنبدهای بزرگ را که به دلیل زیادی وزن، دشوار است آسان‌تر می‌کند چرا که در این روش وزن سازه‌ها بسیار کاهش می‌یابد در حالی که مقاومت و استحکام آنها بالاتر می‌رود.



استفاده

مصالح نوین در ساخت آرای هها ، برج آب کویت
از تری دی پنل

پیش ساختگی آرای هها

گنبدهای ژئودزیک

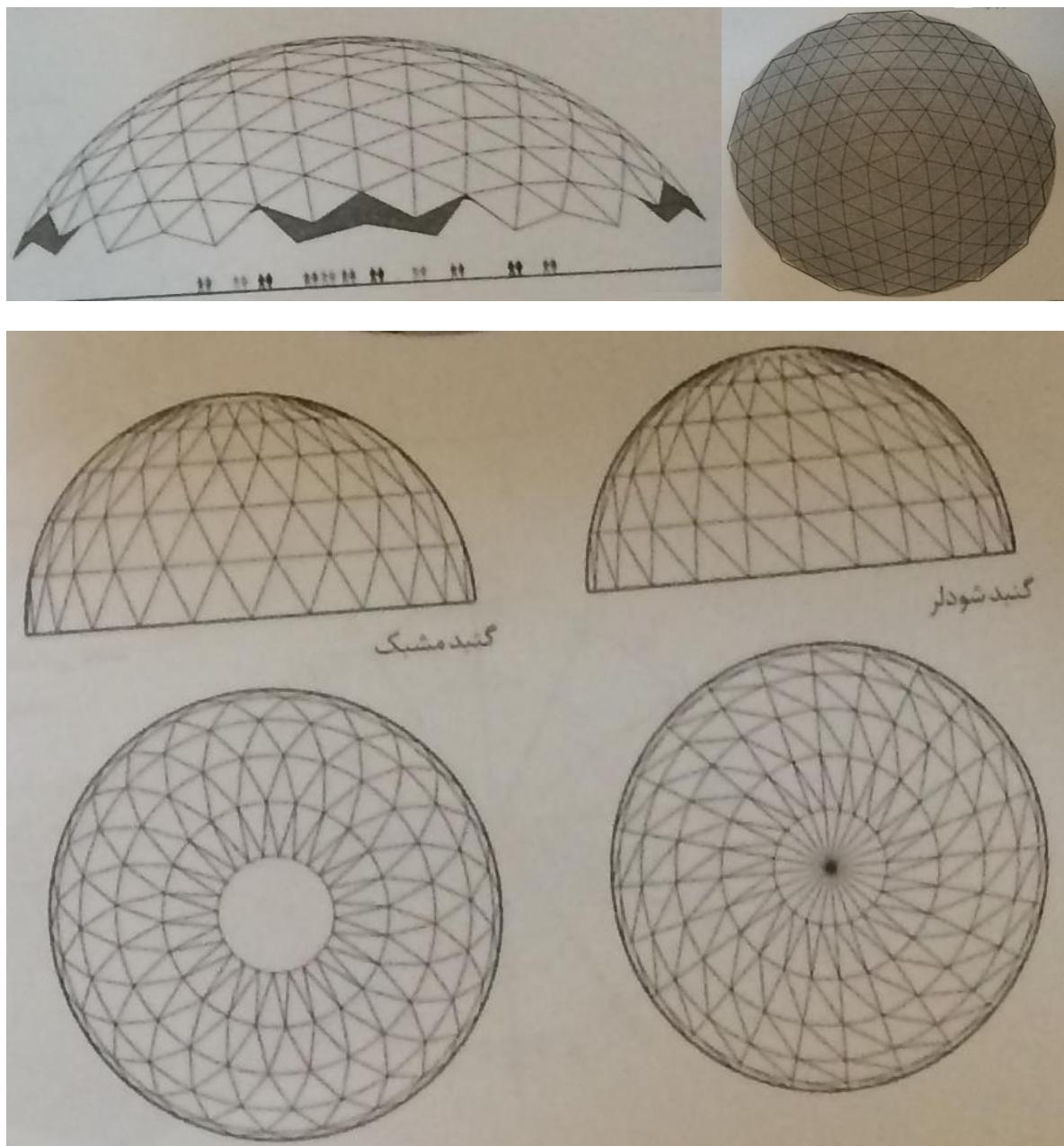
استفاده از گنبد ها روش آسان و اقتصادی جهت پوشش سطوح یکپارچه بدون ستونگذاری در داخل می باشد. اغلب طراحی این گنبد دارای مزايا و زيبايي فراوان است. گنبد ها از ديرباز در معماری ايران بكار گرفته شده اند. نقوش برجسته قصر سنا چربيو مربوط به دوران آشوری نشان می دهد که گنبد ها بصورت نوك تيز و منحنى های نيم كره استفاده می شده است. توسعه گنبدها در ايران در روزگاران قدیم با سنگ و به ترتیج آجرکاري و مصالح سنگي بوده است. سپس در عصر مدرن ابتدا آهن برای نخستین بار برای چهار چوب اسکلتی ساختارهای گنبدی بكار رفت و سپس بطور وسيعی از بتن ساده با فشار مقاومت خوب در بناهای جدید برای اجرای گنبد ها استفاده گردید. اضافه کردن فلز برای مسلح کردن در برابر کشش، راهکاری جدید در مهندسی سازه بوجود آورد که منجر به ساخت گنبد های مدرن توسيط بتن مسلح گردید. تمایل به استفاده از گنبد های مهار شده و پیشرفت آنها که در اروپا از جنگ جهانی دوم توسيط يك مهندس آمريکائي به نام "با كمينستر فولر" در اين ميان بيشتر بود، به طراحي و ساخت گنبد های ژئودزیک که از کار آمدترین گنبدها می باشد، منجر گشت.

گنبدهای مشبك کروی یا گنبدهای ژئودزیک سازه های گنبدی فولادی اند که عضوهای آن ها سه دسته دايره‌ی عظيمه را دنبال می کنند که با زاويه‌ی 60 درجه يكديگر را قطع و رويه‌ی گنبد را به مجموعه ای از مثلث های کروی متساوي الاضلاع تقسيم می کنند.

برخلاف گنبدهای مشبك و شودلر، گنبدهای مشبك کروی نيمrix قاعده‌ی نامنظمی دارند که می تواند شرایط تکيه گاهی را دشوار کند.

گنبدهای مشبك سازه های گنبدی فولادی اند که عضوهای آن ها دايره‌های عرض را دنبال می کنند و دو دسته عنصر قطری دارند که يك رشته مثلث متساوي الساقين تشکيل می دهند.

گنبدهای شودلر سازه های گنبدی فولادی اند که عضوهای آن ها خطوط عرض و طول را دنبال می کنند و دسته‌ی سومی از عضوهای قطری مثلث بندی گنبد را تكميل می کنند.



گنبد شیشه‌ای خم

در معماری اسلامی گنبد را با مقطعی به شکل نیمه ای از یک کره در نظر می گرفتند ولی در معماری مدرن امروزه نگاه به فرم گنبد کمی تغییر یافته و با برشهایی از مقاطع مختلف کره به فرم‌های جدیدتری از گنبد رسیده اند که نمای این فرم زیبا را تا حد بسیاری مدرن نشان می دهد . گنبد علاوه بر آنکه فرمی بسیار مستحکم است به فضای داخلی و بیرونی خود جلوه و شکوهی دو چندان می دهد . هرچند در معماری سنتی گنبد ها همیشه با آجر ساخته شده اند ولی امروزه زیبایی گنبد به مصالح متفاوتی است که در ساخت آن استفاده می شود به عنوان مثال گنبد شیشه ای . این نوع گنبد که به طور قطع به ساختاری فلزی نیاز دارد تبدیل به تلفیقی زیبا از ماده ای شفاف و صیقلی به نام شیشه و فلزی سخت و زمخت می شود که همین تضاد آن را به مراتب زیباتر جلوه می دهد .

در ساختار گنبد شیشه ای بعد از ساخت فریم اصلی که می تواند به چند تکه مساوی تقسیم شود نیاز است تا آن را با شیشه پوشش دهیم . این شیشه ها در کوره و بر روی قالب تهیه شده از روی فریم با کمک حرارت خم می شوند . شیشه خم مورد استفاده در گنبد شیشه ای دو قوسه است به این معنا که هم از طول و هم از عرض قوس پیدا کرده است . خم این نوع شیشه نیاز به مهارت زیادی دارد و بسته به اندازه آن نیاز به کوره هایی با ابعاد مناسب برای این شیشه برای هر لته دو شیشه یکسان ساخته می شود تا به یکدیگر لمینیت شوند تا در صورت ایجاد ضربه نیز شیشه ها به پایین نریزد و خطری ایجاد نکند . خوبشخانه ساخت گنبد شیشه ای در ایران قابل اجراست و با ایجاد هماهنگی بین سازنده فریم ، قالب ساز و کارگاههای خم شیشه چنین پروژه هایی به خوبی قابل اجرا هستند .



پس از آنکه گنبد شیشه ای ساخته شد در صورت تمایل و با توجه به فضا می توان بر روی آن با تکیک ویترای تزییناتی انجام داد که باعث می شود گنبد به شکلی دکوراتیو و تزیینی خود نمایی کند .



نتیجه گیری

همگام با توسعه فن آوری، روشها و مصالح مورد استفاده برای ساخت سازه‌ها متحول شده اند و این امکان فراهم شده است که فرم‌های متنوع معماری گسترش پیدا نمایند. در گذشته محدودیت‌های سازه‌ای اغلب عاملی بود که معماری با سازه تطابق پیدا نمی‌کرد بعنوان مثال شکل گیری فرم‌های قوس و گنبد، به احتمال قوی ابتدا "منتج از محدودیتهای باربری مصالح و روش‌های ساخت بوده و فرم‌های چشم نوازی که برای آنها خلق شده است ممکن است تلاش معماری برای تطابق با سازه تلقی گردد. در حالیکه امروزه این سازه است که می‌تواند با معماری تطابق پیدا کند و حتی جامه عمل پوشاندن به طرح‌های جدید، مسیر تحول و توسعه صنعت ساختمان را تعیین می‌کند. جایگزینی مصالحی چون فولاد، بتن مسلح و کامپوزیتها بجای خشت، آجر و سنگ در ساختمان‌ها به معماری اسلامی و سنتی، حفظ تناسب ابعاد در ارتفاع، دهانه و احجام معماری یکی از مهمترین قیدهای طراحی هستند. این احجام معماری به جای اینکه بصورت کاذب ساخته و بعنوان اجزای الحقی به سازه اصلی متصل شوند می‌توان سازه را با این احجام هماهنگ نمود و حجم معماری را توأم با اجرای سازه، ایجاد کرد. آشنائی با روش‌های نوین طراحی و اجرا می‌تواند سرآغازی برای انطباق مقتضیات معاصر با پاسخگوئی برای طراحی و اجرای سازه‌های گنبدی در راستای ایجاد کیفیات معماری شود و فراتر از آن با ابداع روش‌های جدید امکان ایجاد خلاقیت‌های مبتنی بر فکر مهندسان ایرانی را همچون منش کاری گذشتگان این مرز و بوم، تداوم بخشد.

منابع:

- هیلن برند ، رابت، (1377)"معماری اسلامی، " ترجمه: ایرج اعتصام، ، شرکت پردازش و برنامه ریزی شهری پیرنیا، تهران
- محمد کریم پیرنیا، " (1370) " گنبد در معماری ایران " گرداوری: زهره بزرگ مهری ، مجله اثر اردلان، نادر و لاله بختیار، " حس وحدت " ترجمه حمید شاهرخ، نشر خاک، اصفهان
- سالوادوری ، ماریو (1384) "سازه در معماری " ترجمه : گلابچی، محمود، تهران، انتشارات دانشگاه تهران، تهران
- مور ، فولر (1384) "درک رفتار سازه ها " ترجمه : گلابچی، محمود ، تهران، انتشارات دانشگاه تهران ، تهران

- پاولی ، مارتین (1386) "سیستم های ساختمانی آینده، نگاهی به آینده فردا " ترجمه: گلابچی، محمود ، تهران ،انتشارات دانشگاه تهران
 - وفا مهر، محسن ، (1391) " تعامل تکنولوژی و معماری " ، نشر چپر، تهران
 - گلابچی، محمود، (1391) تعامل تکنولوژی و معماری ، تهران، انتشارات دانشگاه تهران،تهران
- گلابچی ، محمود (1386) " ضرورت بهره گیری از فناوری های نوین ساختمانی "، دومین سمینار ساخت و ساز در پایتخت پردیس دانشکده های فنی دانشگاه تهران، تهران