

تحلیل ویژگی‌های هندسی و توانمندی معماران محلی در فن‌آوری ساخت گنبدهای دوپوسته‌ی گسسته در شیوه‌ی نایین

نیما ولی بیگ

استادیار گروه مرمت دانشگاه هنر اصفهان

افروز رحیمی آریایی*

دانشجوی دکتری، گروه معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرکرد

a.rahimi@std.iaushk.ac.ir

ساناز رهروی پوده

مریبه دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۱/۲۰، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۹/۱۷

(از ص ۱۹۱ تا ۲۰۶)

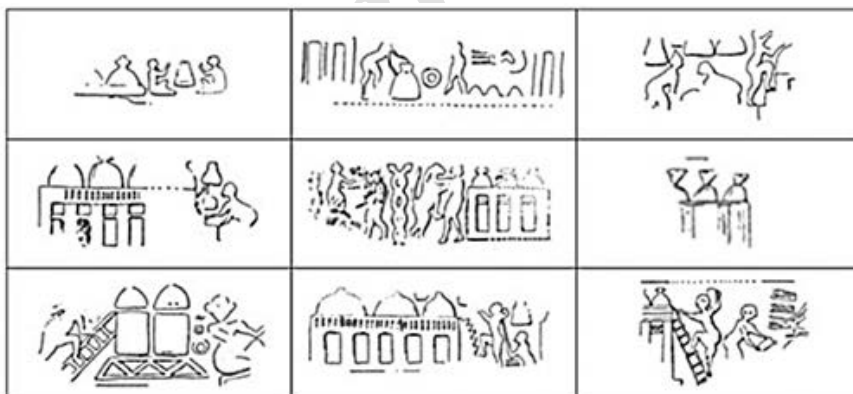
چکیده

پوشش‌های ایرانی به مقتضیات زمان و نیاز، ابداع و در گذر قرون و اعصار روندی تکاملی را طی کرده است؛ به‌طور کلی، پوشش‌ها بر دو نوع تخت و منحنی (سغ) هستند؛ گنبد، یکی از انواع پوشش‌های منحنی است که در بین آن‌ها، گنبدهای دوپوسته‌ی گسسته‌ی ایرانی، ویژگی‌های بارزی دارند. گنبدهای گسسته از عناصر مهم معماری اسلامی از نظر فرم معماری، سازه و هندسه هستند، که در این حوزه‌ها به تحقیق و بررسی نیاز دارند. تحلیل ساختار و جزئیات این گنبدها می‌تواند راهکاری در جهت مرمت بهتر آن‌ها باشد؛ لذا کنکاش و مطالعه‌ی پیرامون آن، در این حوزه ضرورت پیدا می‌کند. باور بنیادین این پژوهش این است که فن‌آوری ساخت گنبدهای دوپوسته‌ی گسسته شیوه‌ی نایین به شکل مستقیم، از یک‌سواز فرم و اندازه، از سوی دیگر از خلاقیت‌های معماران سنتی تأثیر می‌پذیرد. این مقاله بر آن است تا ساختار گنبدهای دوپوسته در شیوه‌ی نایین را به صورت موشکافانه مورد تحلیل قرار دهد. بدین منظور، ابتدا اطلاعات از طریق «مطالعات کتابخانه‌ای»، «مشاهده و برداشت مستقیم میدانی»، «مصاحبه با استادکاران و مرمت‌گران» استخراج خواهد شد؛ و سپس، نظام هندسی و ساختار سازه‌ای نمونه‌ها از طریق مدل‌سازی با نرم‌افزارهای سه‌بعدی‌سازی، پیاده می‌شود. در نهایت، مقایسه و تحلیل یافته‌های مرتبط، با استفاده از روش توصیفی-تحلیلی، مورد بررسی قرار خواهد گرفت. از این روی، این مقاله بر آن است تا نقش هندسه و خلاقیت استادکاران را در فن‌آوری ساخت و فرم‌نهایی گنبدهای گسسته‌ی نایین، مورد بررسی قرار دهد. نتایج به‌دست آمده حاکی از آن است که، مصالح، امکانات در دسترس، توانمندی‌های معمار محلی (ناشی از تجارب گذشتگان) و هندسه‌ی فرمی گنبد، بر عناصر تشکیل‌دهنده‌ی ساختار گنبدهای دوپوسته‌ی گسسته در شیوه‌ی نایین تأثیرگذار بوده است.

کلیدواژگان: گنبد دوپوسته‌ی گسسته، استادکاران معماری سنتی، ویژگی‌های هندسی، فن‌آوری ساخت گنبد، نایین.

مقدمه

معماری، فرآیندی است آمیخته با علم، هنر ذوق، سلیقه، اعتقاد، ایمان و مهارت‌های خاص که در راستای فرهنگ و تمدن که در گذر تاریخ شکل گرفته و زبان گویای زمانه‌ی خویش است (معماریان، ۱۳۹۱: ۲۲). پوشش‌های ایرانی به مقتضای زمان و نیاز، ابداع و در گذر زمان، روند تکاملی را طی کرده است. پوشش منحنی (سغ)، در واقع پوششی است که از لحاظ شکلی از یک قوس، پیروی می‌کند. انتخاب چغد مناسب برای تحمل بارهای وارد بر تاق‌ها و گنبدها در معماری ایرانی، بر اساس منطق ساختمانی و ایستایی بنا صورت گرفته است که حاصل سال‌های دراز تجربه و تبجر عملی است. گنبدهای ایرانی که در گذر زمان با مصالحی همچون خشت، آجر و سنگ بنا گشته‌اند، این بناها دارای تنوع شکلی گوناگونی شده‌اند که مؤثر از تکنیک ساخت برگرفته از هندسه فرم (Golombek & Wilber, 1988: 216) و توانمندی معمار بوده است. گنبد، یکی از عناصر ساختمانی مهم در تاریخ معماری ایران محسوب می‌شود که نمونه‌ی مهره‌های کشف شده در سرزمین شوش دلیلی بر قدمت آن است (جدول ۱)، (Curtis, 1946: 10-12). دو برج خرقان، به تاریخ‌های ۴۶۰ و ۴۸۶ هـ.ق. (۱۰۶۷ و ۱۰۹۳ م.) اولین نمونه‌های موجود گنبدهای دو پوسته‌ی گسسته در دوران پس از اسلام و در شهر قزوین، هستند که از دوره‌ی سلجوقیان به جای مانده‌اند (Safaeipour et. al., 2012: 3). اما در تاریخ معماری غرب از قرن ۱۶ م.، فقط یک مورد گنبد دوپوسته‌ی گسسته به چشم می‌خورد، بنای کلیسای سن مارکو در ونیز که پوسته‌ی داخلی از آجر و پوسته‌ی بیرونی آن با چوب و در اواخر قرن ۱۴ م. بر روی آن بنا شده است؛ برخی از اندیشمندان، ساخت آن را متأثر از گنبدهای ایرانی (گنبد سلطانیه ۷۰۲ تا ۷۱۲ هـ.ق. / ۱۳۰۲-۱۳۱۲ م.) می‌دانند (F. Escrig, 1998: 56-57; Unesco Re- gion: Aisa & The Pacific, 2005: 12-13). در میان پدیده‌های شگفت معماری، گنبد از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است و بسیاری از محققین معتقدند که این عنصر معماری، زاده‌ی نبوغ ایرانیان بوده است (پیرنیا، ۱۳۵۱: ۵؛ شوازی، ج ۲: ۱۳۸۶: ۹۷؛ گذار، ج ۳: ۱۳۶۷: ۱۱).



جدول ۱. نقش‌های مهره‌های گلی شوش متعلق به هزاره‌ی سوم (Amiet, 1972).

از کهن‌ترین گنبدهای ایرانی که در منابع مکتوب از آن‌ها یاد شده است، می‌توان به چهارتاقی بازه‌ی هور (رفیعی و دیگران، ۱۳۸۳: ۳۸۸)، گنبد قلعه دختر فارس (Hugi, 1977)، آتشکده‌ی فیروزآباد (Bier, 1986؛ رفیعی و دیگران، ۱۳۸۳: ۳۸۸) و آتشکده‌ی نیاسر (Besenval, 1984: 315-326) که یادگاری از دوره‌های اشکانی و ساسانی‌اند، اشاره

داشت (Godard, 1936: 15, 84, 89). پس از اسلام این اندام معماری در بسیاری از بناها، به‌ویژه بناهای مذهبی به‌کار گرفته شد است (Pope, 1981: 1134). شناخت هرچه بیشتر گنبد‌های دوپوسته و اطلاع از نحوه‌ی ساخت و چیدمان آن‌ها، علاوه بر شناخت راهکارهایی در جهت نگه‌داری و مرمت، می‌تواند سرآغازی برای اجرای سازه‌های گنبد‌های معاصر باشد، و مهندسان ایرانی را در تداوم هویت معماری که، گذشتگان نشان به‌دست آورده‌اند، یاری رساند. در گنبد‌های بازمانده، تکنیک‌های ساختاری یکسان که در برخی جزئیات با یکدیگر تفاوت‌هایی دارند، می‌تواند فرضیه‌ی تأثیر ساختار شکلی و توانمندی معماران بومی را، در فن‌آوری ساخت آن‌ها آشکار سازند. نوشتار حاضر، بر آن است تا با بررسی گنبد‌های دو پوسته‌ی گسسته در نایین، به نحوه‌ی تأثیرگذاری عامل هندسه، معماری بومی مبتنی بر مهارت استادکاران نایینی، بپردازد و وجوه تمایز و تشابه آن‌ها را آشکار سازد. پژوهش حاضر به دنبال پاسخ‌دهی به سؤالات پیش‌رو است: ۱. با توجه به ویژگی‌های خاص شیوه‌ی گنبدسازی نایین، اتصالات عناصر تشکیل دهنده‌ی گنبد دوپوسته، دیوارک‌های بین دو پوسته و کلاف‌های چوبی آن به چه صورت است؟ ۲. کاربرد تغییر ضخامت خشخاشی‌ها در دیدگاه استادکاران معمار شیوه‌ی نایین چگونه توجیح می‌شود؟

روش تحقیق

در این مقاله، جهت پاسخ به سؤالات پژوهش، علاوه بر بررسی‌های کتابخانه‌ای و میدانی ریزبینانه و دقیق، از گفتگو با استادکاران محلی نایین نیز، بهره‌برده شده است و در نهایت به تحلیل ساختار فرمی گنبد‌ها پرداخته شده است. بدین منظور، نخست اطلاعات گوناگونی در مورد نحوه‌ی ساخت گنبد گردآوری و این اطلاعات با بررسی‌های میدانی موشکافانه مورد تحلیل قرار گرفته و با اطلاعاتی که از گفتگوی با استادکاران محلی به‌دست آمده مورد مقایسه قرار گرفته و در گام بعدی کلیه‌ی این اطلاعات مستندسازی و با استفاده از نرم‌افزارهایی همچون AutoCAD 2011 و 3D MAX 10 بازسازی تصویری شده است، سپس در مرحله‌ی بعدی اطلاعات به‌دست آمده، مورد بررسی دوباره‌ی استادکاران قرار گرفته و اصلاحات موردنظر ایشان انجام و تأیید نهایی از آن‌ها گرفته شده است. لازم به یادآوری است برای این‌کار، تلاش بر آن بوده است که جامعه‌ی آماری به‌گونه‌ای انتخاب گردد تا در برگیرنده‌ی نمونه‌های شاخص از شیوه‌ی نایین که شهرهای (نایین، نطنز و یزد) را دربر میگیرد، باشد. هم‌چنین همه‌ی نمونه‌ها به استادکاران این شیوه، نشان داده شده است تا ویژگی‌های هندسه و ساختاری آن‌ها مشخص گردد.

در این مقاله در بخش نخست، ویژگی‌های کلی گنبد‌های دوپوسته‌ی گسسته معرفی می‌گردد؛ سپس در بخش دوم، به تحلیل اجزاء و عناصر این گنبد‌ها پرداخته شده است. در بخش سوم، نمونه‌های موردی که در محدوده (نایین، نطنز و یزد) با مشورت استادکاران گزینش شده‌اند، معرفی و جزئیات اجرایی هر یک و نحوه‌ی اتصالات اجزای آن‌ها مورد تحلیل و ارزیابی قرار گرفته است. در این مقاله، فن‌آوری ساخت گنبد، تحت عنوان «شیوه‌ی گنبدسازی نایین» در نظر گرفته شده که با توجه به محدوده‌ی مورد مطالعه، انتخاب شده است.

پیشینه‌ی پژوهش

بیشتر پژوهشگرانی که به مباحث مرتبط با گنبد پرداخته‌اند تنها به شکل و نحوه ساخت آن‌ها بسنده کرده‌اند (بزئوال، ۱۳۷۹؛ معاریان، ۱۳۶۷؛ پیرنیا، ۱۳۷۰؛ زمرشیدی، ۱۳۸۹). بعضی از نویسندگان هم‌چون: گودار (Godard, 1936)، هوف (۱۳۷۶) و بزئوال (بزئوال، ۱۳۷۹؛ Besenval, 1984)، نگاهی فرمی به ساختار گنبدهای ایرانی داشته‌اند. همچنین برخی از پژوهندگان، نحوه‌ی ایستایی آن‌ها را تحلیل کرده‌اند (حجازی، ۱۳۸۷ و ۱۳۸۶؛ South, 2005). در منابع محدودی علاوه بر آن، به عناصر تشکیل‌دهنده‌ی گنبدها نیز پرداخته‌اند (معاریان، ۱۳۹۱؛ زمرشیدی، ۱۳۸۹؛ تهرانی، ۱۳۷۱ و ۱۳۸۸)؛ ولی مقاله‌ی حاضر برای نخستین بار سعی در ارائه‌ی شکل‌گیری عناصر سازه‌ای در کنار فرم هندسی داشته است؛ لذا تحلیلی توأمان از مسئله‌ی ساختار پوششی گنبدهای دوپوسته‌ی گسسته و شرایط هندسی و توانمندی‌های معماران محلی انجام شده و با ارائه‌ی تصاویر دقیق و بررسی‌های میدانی موشکافانه و بهره‌گیری از نظریات استادکاران متبحر محلی، جزئیات اجرایی و نحوه‌ی اتصالات عناصر گنبدهای دوپوسته‌ی گسسته ارائه گردیده است.


























گنبد

پوشش‌های ایرانی، دارای تنوع بی‌نظیری است (معاریان، ۱۳۹۱: ۱۲۸) که در این پژوهش به گنبدهای دوپوسته‌ی گسسته‌س نار که یکی از متکامل‌ترین آسمانه‌های ایرانی است، پرداخته شده است. هر گنبدی بسته به مصالح، اجزای تشکیل‌دهنده‌ی و چفد مولدش^۱ مشخصات خاص خویش را دارد و شکل و رفتار سازه‌ای معینی را عرضه می‌کند (معاریان، ۱۳۹۱: ۳۶۶).

گنبدهای ایرانی که از ترکیب چند قوس و دوران آن حول محور تقارن ایجاد شده‌اند (Golombek & Wilber, 1988: 216) و پایداریشان نسبت به گنبدهای اروپایی که عموماً از دوران ۱/۴ دایره ایجاد می‌شوند (Papadopoulo, 1989: 69) بیشتر است (Escrig, 1998: 56-57). گنبدها از لحاظ تعداد پوسته به تک پوسته، دوپوسته و سه پوسته قابل تقسیم هستند (پیرنیا، ۱۳۷۰: ۳۴). گنبدهای دوپوسته‌ی گسسته‌ی تأثیر دیداری بیشتری در محیط پیرامونی خویش گذاشته‌اند (معاریان، ۱۳۹۱: ۳۷۱-۳۷۲). همچنین به اعتقاد برخی از محققین از علل پیدایش و مهم‌ترین ویژگی آن‌ها ایجاد مقیاس انسانی در فضای زیر گنبدخانه و ایجاد تناسب بین اجزاء بیرونی بنا با گنبد است (Grube, 1995: 252).

گنبدهای دوپوسته‌ی گسسته در حالت کلی به سه بخش قابل تقسیم است، نمونه‌ی اول، گنبدهایی با پوسته‌ی داخلی بیضی و پوسته‌ی بیرونی رُک^۲ با سابقه‌ی تاریخی بیشتر و نمونه‌ی دوم، با پوسته‌ی بیرونی نار^۳ (جدول ۲)، (معاریان، ۱۳۹۱: ۵۴۴؛ پیرنیا، ۱۳۷۰: ۱۲۲) که مسائل فنی پیشرفته‌تری نسبت به نوع اول دارند؛ هم‌چنین نوع سومی به نام گنبد آمیزه‌ای که به صورت ترکیبی از نار و رُک است نیز به طور محدودی در برخی مناطق قابل مشاهده است (Saeidian, 2012: 9). هر یک از نمونه‌های ذکر شده، رفتار سازه‌ای، روش ساختمانی و عناصر سازنده‌ی خاص خویش را دارند (معاریان، ۱۳۹۱: ۳۷۶). پوسته‌ی درونی و بیرونی این گنبدها، دارای چفدهای متفاوتی است که در برخی از منابع نحوه‌ی ترسیم آن‌ها آورده شده است (کاشانی، ۱۳۶۶؛ معاریان، ۱۳۹۱، ج ۱؛ پیرنیا، ۱۳۶۶). پوسته‌ی داخلی گنبدهای دوپوسته، غالباً از نوع پوسته‌ی خاگی (Khagi)^۴، چیلو (Chilu)، بَستو (Baštu) و سَبوئی (Sabuii) است، در برخی از نمونه‌ها استفاده از پتکانه

► جدول ۲. انواع پوسته‌های خارجی براساس نوع قوس مولد (نگارندگان، ۱۳۹۴).

نمونه	پرسپکتیو	نما	برش	توسیم	نام
 جامع گلباگان					شبدری کند
 مدرسه چهار باغ					شبدری تند
 شیخ صافی الدین اردبیل					پاتوپا
 مسجد جامع یزد					پاتوپا با تغییر مرکز
 شاه جیراغ					سروک

(Patkane)^۵ همانند مسجد جامع ورزنه و کاربندی (Karbandi) مانند افوشته‌ی نطنز نیز دیده می‌شود (جدول ۳)، (معماریان، ۱۳۹۱: ۵۳۷-۵۳۶؛ Mohamadianmansoor, 2012: 1-13). پوسته‌ی بیرونی نیز معمولاً با یکی از قوس‌های شبدری تند و کند، پاتوپا، پاتوپا با تغییر مرکز و سروک بنا می‌شوند (پیرنیا، ۱۳۷۰: ۱۲۱؛ پیرنیا، ۱۳۶۶: ۱۲-۴۸). یکی از ابتکارات ایرانیان برای افزایش انسجام گنبد «خشخاشی» است. خشخاشی، تیغه‌ای آجری است که غالباً به صورت زوج و با ساقه‌ی هم‌زمان اجرا می‌شوند. جهت اتصال هرچه بهتر عناصر گنبد و هم‌چنین مقاوم‌سازی سازه در برابر نیروهای داخلی، مانند: نیروی رانشی، چرخشی و نیروهای خارجی، همانند نیروی باد، معماران ایرانی از خشخاشی بهره برده‌اند. این اجزاء غالباً با پوسته‌ی بیرونی هم‌زمان اجرا شده و بسته به شرایط کار تا ارتفاع‌های متفاوتی از گنبد پیش می‌روند (شکل ۱). باریکه‌ی تاق هل نیز یکی دیگر از اجزای داخلی گنبد‌های دوپوسته و جزوی از پوسته‌ی داخلی هستند و غالباً خشخاشی‌های اصلی بر روی آن‌ها بنا می‌شوند (پیرنیا، ۱۳۷۰، ۷۹)، (شکل ۱). هم‌چنین یکی از ارکان کمکی گنبد دوپوسته، چوب است که در گذر زمان با کاربری‌های گوناگون در ساختار بین دوپوسته مورد استفاده قرار گرفته است. از جمله کاربرد آن می‌توان به مواردی همچون، داربست (جهت اجرای پوسته‌ی بیرونی از داخل)، به عنوان سازه‌ی کششی، پخش و توزیع یک نواخت نیرو، اشاره داشت (معماریان، ۱۳۶۷: ۲۴۱). در برخی از گنبد‌ها، چوب‌هایی که پس از اجرا بریده شده‌اند (مصلا‌ی نایین) غالباً عملکرد سازه‌ای نداشته

جدول ۳. انواع پوسته‌های داخلی براساس نوع قوس مولد (نگارندگان، ۱۳۹۴).

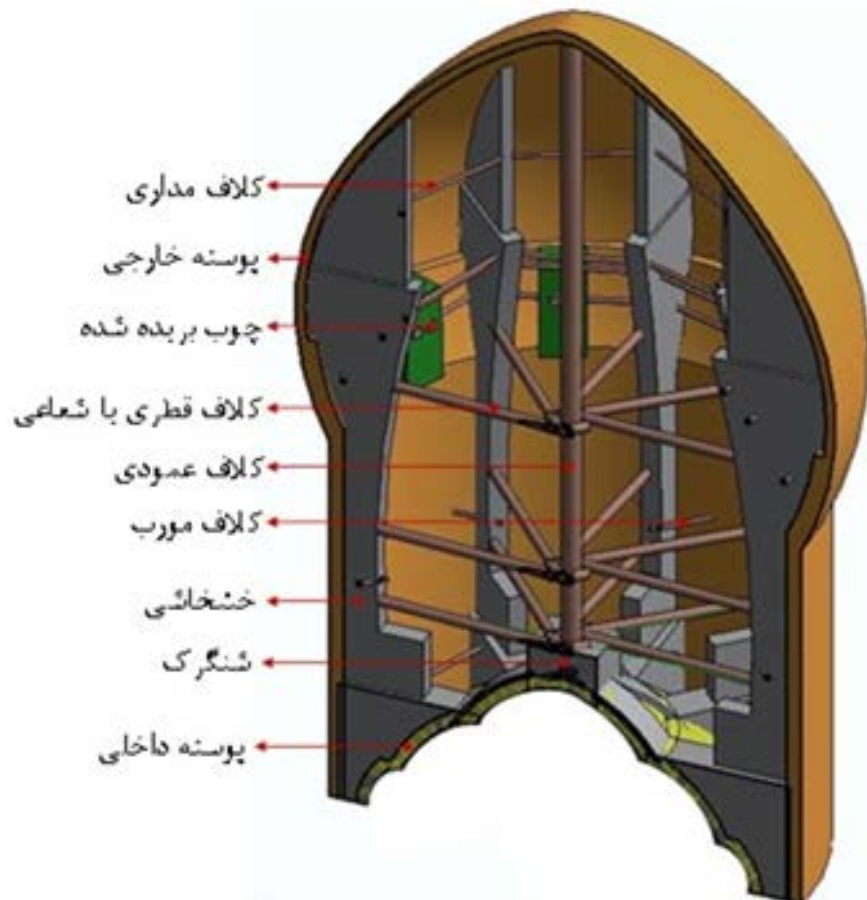
نام	ترسیم	برش	نما	پرسپکتیو	نمونه
خاکی (هلوچین کند)					تاج الملک
چیده-چیلو-سیلو (هلوچین تند)					مدرسه قیابیه یزد
بستو-کوزه					پنج‌جال میبد
سبونی					گنبد سلطانیه

و جهت داربست استفاده می‌شده‌اند (شکل ۲). کلاف‌های چوبی مورد استفاده، غالباً از چوب درختان چنار، سرو و انار بوده است؛ جهت اجرا، ابتدا پوست آن‌ها را کنده و پس از خشک شدن کامل (برای جلوگیری از تغییر شکل)، در ساخت گنبد از آن‌ها استفاده می‌شده است (فرزانه، مصاحبه شونده، ۱۳۹۱/۹/۲۵؛ محسنی، مصاحبه شونده، ۱۳۹۱/۸/۱۲). می‌توان این کلاف‌ها را براساس نحوه‌ی قرارگیری دسته‌بندی کرد:

۱- کلاف عمودی (شنگرگ^۷) که در مرکز، گنبد دوپوسته را به هم متصل می‌کند، عموماً بر روی یک ستونک آجری (شنگرگ) ساخته می‌شود؛ به‌ویژه اگر فاصله‌ی بین دوپوسته زیاد باشد. ۲- کلاف قطری که در دهانه‌ی پوسته‌ی خارجی به صورت شعاعی مرکز را به پوسته‌ی خارجی متصل می‌نماید. ۳- کلاف مداری که دورتادور گنبد به صورت افقی در تمام یا بخشی از پوسته‌ی بیرونی می‌چرخد که در این صورت یک چندضلعی را می‌سازد. ۴- کلاف‌های مورب که به صورت دستک‌هایی از خشخاشی وارد پوسته‌ی خارجی می‌شوند و در دو نوع، قرارگیری در ضخامت پوسته‌ی بیرونی و یا پوسته‌ی داخلی، قابل مشاهده هستند. این کلاف‌ها عموماً با میخ‌های فلزی به نام «اسکوپ» به یکدیگر متصل می‌شوند (جدول ۴، شکل ۱).

شیوه‌ی نایین در گنبدسازی

در تحلیل اجزای معماری می‌توان به‌ویژگی‌های مشترکی دست‌یافت. در برخی موارد، این ویژگی‌ها در یک جامعه‌ی آماری بزرگ به شکل واضح و تکرار شونده آن چنان به‌کاررفته‌اند که می‌توان این ویژگی‌ها را همچون قانونی برای آن‌ها برشمرد. برای نمونه می‌توان به ویژگی‌هایی همچون وجود پشتبندها در اکثر قریب به اتفاق کلیساهای گوتیک اشاره کرد. این ویژگی‌های مشترک در این سطح، تحت نام «سبک» شناخته می‌شود، ولی بررسی ویژگی‌های مشترک در نمونه‌های کم‌تعدادی از جامعه‌ی آماری و دست‌یافتن به یک سری خصوصیات مشترک آن را تبدیل به ویژگی‌های شیوه‌ای خواهد ساخت. لازم به یادآوری است، همان‌گونه که در بررسی ویژگی‌های مشترک معماری ایرانی واژه‌ی «شیوه»



► شکل ۱. اجزاء و کلاف‌ها در گنبد‌های دو پوسته‌ای گسسته‌ی ایرانی (نگارندگان، ۱۳۹۴).

بیش از واژه‌ی «سبک» معنا پیدا می‌کند، در این جا نیز کاربرد واژه‌ی «شیوه» پسندیده خواهد بود.

همان‌گونه که در شیوه‌شناسی معماری ایرانی، عامل جغرافیا امری تأثیرگذار، ولی الزامی نیست؛ در شیوه‌های گنبدسازی نیز این امر دیده می‌شود. برای نمونه، زمانی که به تحلیل شیوه‌ی آذری پرداخته می‌شود، بخشی از آن در سمرقند و بخارا پیگیری می‌شود و حتی معماران مجری آن از شیراز و سایر مکان‌ها به آن جا می‌روند.

در تحلیل گنبد‌های ایرانی، عوامل بسیاری همچون «جغرافیا» تأثیرگذار است، ولی این جغرافیا، محدود به مرزهای شهری نخواهد شد و عواملی همچون مصالح، اقلیم مشترک و ابزار یکسان در دسترس، بر عامل جغرافیا غلبه خواهند کرد. با بررسی‌های انجام شده آشکار شد؛ همان‌گونه که در معماری شهرهای نایین، نظنز و یزد، وازگان معماری مشترکی ارائه می‌شود، عوامل تأثیرگذار مشترک دیگری نیز در آن دیده می‌شود (پیرنیا، ۱۳۸۷: ۲۳). عامل دیگر که در گفتگو با استادکاران این چند منطقه آشکار شد، سفرهای گوناگون نایین به یزد و نظنز در مرمت و ساخت گنبد‌های نوین می‌باشد و همچنین بیان خاطرات آن‌ها آشکار کرد که پدران آن‌ها نیز برای اجرای گنبد‌های این شهرها به شکل مشترک اقدام می‌کردند. وجود معماران برجسته همچون خاندان «محسنی نایینی» که بسیاری از استادکاران یزدی، شاگردان ایشان بوده‌اند و توانمندی ساخت گنبد توسط ایشان، به نسل‌های دیگر انتقال یافته است.

بررسی نمونه‌های مطالعاتی در نایین

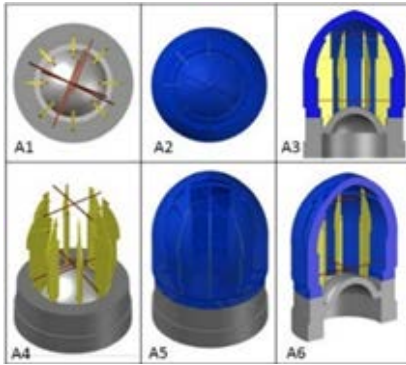
در این بخش به سه نمونه‌ی شاخص گنبد دوپوسته‌ی گسسته‌ی (مصلا‌ی نایین، آرامگاه افوشته‌ی نطنز و مسجد جامع یزد) در محدوده‌ی کویری و گرم‌وخشک ایران، پرداخته شده و در انتها جمع‌بندی، از روش‌های چیدمان و ساختار گنبدهای نام‌برده، شده است. نمونه‌های انتخاب شده در شهرهای نایین، یزد و نطنز نمونه‌های شاخص بوده و نمونه‌هایی بوده که در گفتگو با استادکاران برتر انتخاب شده است؛ دلیل دیگر انتخاب آن‌ها، کمترین میزان دخل و تصرف و اصیل بودن ساختار معماری آن‌ها است. لازم به یادآوری است که گنبدهای گوناگون دیگری با فرم رُک نیز در این مناطق وجود دارد که آن نیز، پژوهش دیگری را طلب می‌کند. همچنین فن‌آوری ساخت گنبدهای دوپوسته‌ی گسسته‌ی نار، امری منحصر به فرد بوده که همه‌ی استادکاران توانایی ساخت و اجرای آن را در همه‌ی مناطق نداشته‌اند و عده‌ای معدودی به این فن‌آوری اشراف داشته‌اند، این عامل سبب آن می‌شده است که برای ساخت گنبدهای دوپوسته‌ی گسسته از این استادکاران محلی در نقاط دیگر نیز استفاده شود.

مصلا‌ی نایین

باغ-عمارت مصلا، مدفن چندتن از بزرگان است که در زیر گنبد عمارت آن، آرامگاه «حاج عبدالوهاب نایینی» فرزند «حاج عبدالقیوم» واقع شده که در سال ۱۲۱۲ هـ.ق. (۱۲۴۹ هـ.ق. / ۱۸۳۳ م.) در این محل درگذشته است. گنبد این بنا با ۱۰ خشخاشی که از یک سو بر پوسته‌ی درونی نشسته و از سوی دیگر با پوسته‌ی بیرونی پیوند دارند، بنا شده است (شکل ۲ و ۳). پوسته‌ی بیرونی بنا جهت سبک‌سازی در سه مرحله کاهش ضخامت داشته است. این گنبد تنها دارای کلاف‌های شعاعی و قطری است که برخی عملکرد سازه‌ای داشته و برخی کارکرد داربست را داشته است. نحوه‌ی آجرچینی خشخاشی در محل قرارگیری کلاف چوبی، تغییر جهت داده و به صورت عمودی اجرا شده است (شکل ۴). این گنبد دارای یک دریچه‌ی ورود است که با یک تخته و یک کلاف چوبی تقویت شده است. در سال‌های اخیر در قسمت انتهایی گنبد، جهت افزایش پایداری آن، دو کلاف آهنی به صورت قطری به بنا افزوده شده است.



شکل ۲. تصاویر گنبد مصلا‌ی نایین و عناصر تشکیل‌دهنده‌ی آن (نگارندگان، ۱۳۹۴).



▲ شکل ۳. تصاویر بازسازی‌شده‌ی از اجزاء داخلی گنبد مصلاي نایین (نگارندگان، ۱۳۹۴).

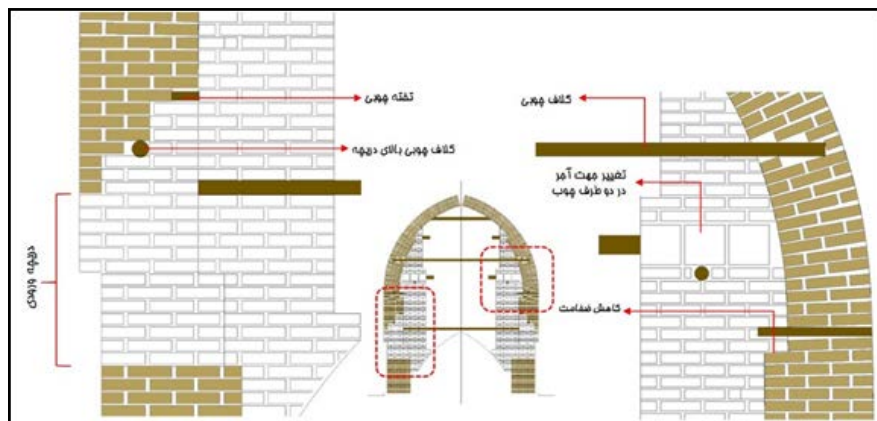
افروشته‌ی نطنز

اصل بنای این مسجد، ظاهراً متعلق به دوره‌ی تیموری (قرن نهم هـ.ق. / ۱۴۲۴-۱۴۲۵ م.)، (Okane, 1984: 625) است که در دوره‌های بعدی مورد بازسازی قرار گرفته است (گذار، ۱۳۶۷، ج ۳: ۲۷۱-۲۷۱؛ گلمبک و ویلبر، ۱۳۷۴: ۵۰۲-۵۰۳). گنبد دوپوسته‌ی این بنا با ۸ خشخاشی که در بخش انتهایی با کلاف‌های افقی یک درمیان به هم متصل شده‌اند، بنا شده است (شکل ۵ و ۶).

برروی پوسته‌ی داخلی باریکه‌ی تاق‌ها اجرا شده و سپس خشخاشی‌ها برروی آن‌ها بدون قفل‌وبست بنا شده‌اند. خشخاشی این گنبد برخلاف سایر نمونه‌ها به علت کوچک بودن دهانه، با پوسته‌ی درونی (آهیانه) پیوند نداشته و تنها توسط کلاف‌های شعاعی و مورب، به پوسته‌ی بیرونی متصل شده است. این گنبد دارای کلاف‌های مداری، مورب و شعاعی است (شکل ۷: ج ۱ تا ج ۳). لازم به ذکر است که استفاده از کلاف مداری به اعتقاد استاد رایج نبوده، چون اتصال افقی پوسته‌ی بیرونی گنبد را کاهش می‌دهد. همچنین در ساقه‌ی این گنبد نحوه‌ی چیدمان آجرها متفاوت است (شکل ۵ و ۷) که به اعتقاد استادکاران، احتمالاً آجرهای عمودی در ضخامت ساقه‌ی یک و یا دو ردیف است و نمی‌توان این نوع چینش در کل ضخامت ساقه ادامه داد؛ چون باعث قطع شدن اتصالات افقی گشته و دوام گنبد را کاهش می‌دهد (فرزانه، مصاحبه شونده، ۱۳۹۱/۹/۲۵)، (شکل ۷: ج ۶). تفاوت‌های ساختاری این گنبد با نمونه‌های دیگر، نشان از خواست معمار بوده است، که برخی از این تغییرات باعث گشته، مقاومت این گنبد نسبت به سایر نمونه‌ها کاهش یافته و نیاز به مرمت آن افزایش یابد.

گنبد مسجد جامع کبیر یزد

این نمونه، از یک سو جهت بررسی گسترش شیوه‌ی مورد پژوهش و از سوی دیگر برای شناخت بیشتر خلاقیت استادکاران مورد بررسی قرار گرفته است. این گنبد که در تاریخ ۱۴۱۶-۱۴۱۷ م. (قرن سوم هـ.ق. / ۷۹۶ هـ.ش.) بنا گشته (Okane, Bernard, 1984: 624) از نمونه‌های دوپوسته‌ی گسسته‌ای است که دوپوسته در پاکار از هم جدا می‌شوند. پوسته‌ی داخلی با دهانه‌ای در حدود ۱۵ متر و فاصله‌ی دوپوسته‌ی آن در حدود ۲ متر و تقریباً به صورت موازی از هم هستند. دوپوسته با ۱۲ خشخاشی با ضخامت تقریبی ۲۴ سانتی‌متر به هم متصل شده‌اند. این خشخاشی‌ها، کمی

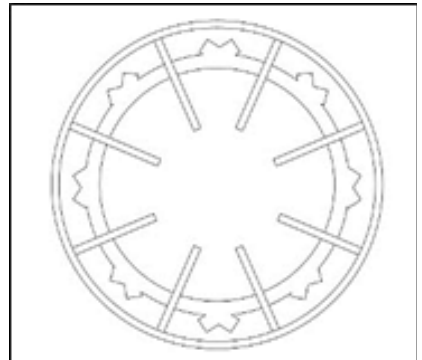


► شکل ۴. جزئیات اجرایی گنبد مصلاي نایین و عناصر تشکیل‌دهنده‌ی آن (نگارندگان، ۱۳۹۴).

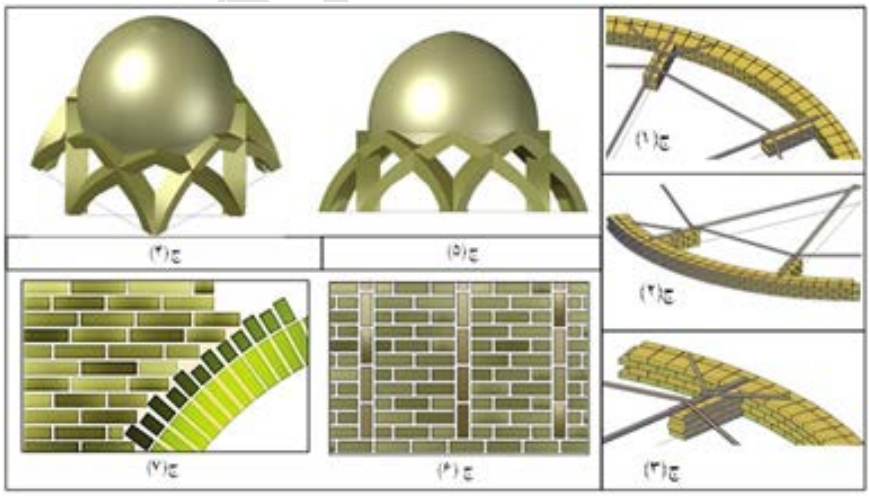


شکل ۵. تصاویر داخل گنبد افوشته‌ی نطنز (نگارندگان، ۱۳۹۴).

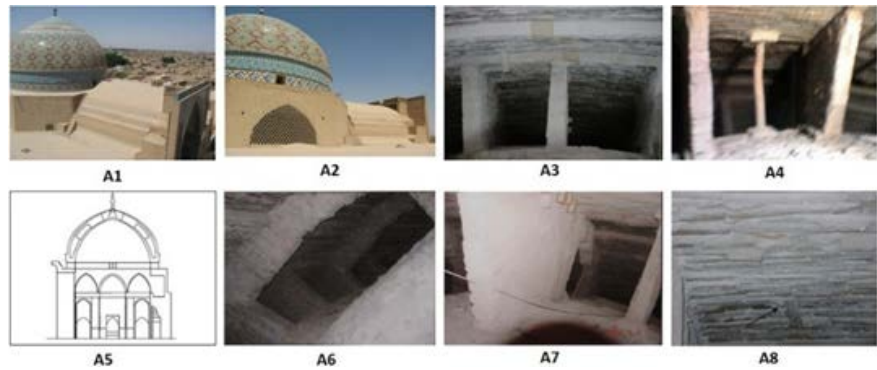
بالاتر از شکرگاه کاهش عرض داشته و در مرمت صورت گرفته تا نزدیکی تیزه ادامه پیدا کرده‌اند (معماریان، ۱۳۹۱: ۵۵۰-۵۵۴)، (شکل ۸ (a3, a4, a6, a7))؛ البته باید متذکر شد که تمامی این خشخاشی‌ها تا تیزه ادامه ندارند (شکل ۹ و ۱۰). در این گنبد، پس از اجرای پوسته‌ی درونی، دیوارک‌ها و پوسته‌ی بیرونی هم‌زمان اجرا شده است (فرزانه، مصاحبه شونده، ۱۳۹۱/۹/۲۵)؛ نحوه‌ی چیدمان مصالح و اتصال خشخاشی با پوسته‌ها در شکل (۹) نمایش داده شده است. در بین رج‌های آجر، می‌توان نشانه‌هایی از الیاف سازو^۱ را دید که از نظر اساتید، احتمالاً جهت اتصال بهتر گنبد با کاشی‌نما به کار رفته است (محسنی، مصاحبه شونده، ۱۳۹۱/۸/۱۲)، (شکل ۱۱). شباهت عمده‌ی این اثر با سایر نمونه‌ها، اجرای مجزای پوسته‌ی درونی و بیرونی، عدم پیوند خشخاشی با پوسته‌ی درونی، استفاده از خشخاشی جهت مقاوم‌سازی و سبک‌سازی است. از تمایزات آن می‌توان به فاصله‌ی کمتر بین دو پوسته و به دنبال آن عدم وجود کلاف چوبی و تغییر شکل خشخاشی‌ها، اشاره داشت.



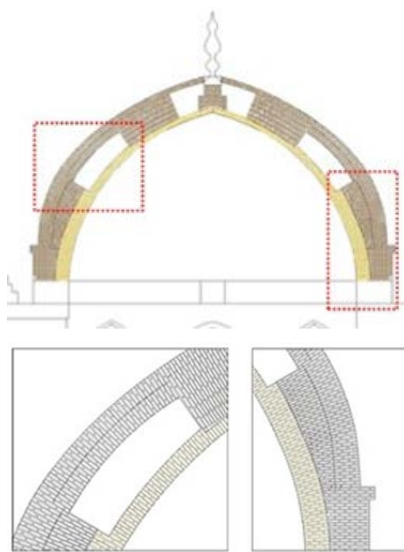
▲ شکل ۶. پلان افوشته‌ی نطنز (نگارندگان، ۱۳۹۴).



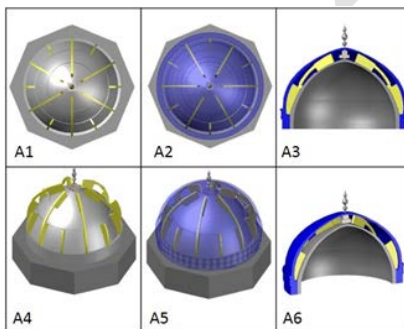
شکل ۷. نحوه‌ی اتصالات عناصر ساختمان در گنبد افوشته‌ی نطنز (نگارندگان، ۱۳۹۴).



► شکل ۸. گنبد مسجد جامع یزد و عناصر تشکیل‌دهنده آن (نگارندگان، ۱۳۹۴).



▲ شکل ۹. گنبد مسجد جامع یزد و عناصر تشکیل‌دهنده آن (نگارندگان، ۱۳۹۴).



▲ شکل ۱۰. گنبد مسجد جامع یزد و عناصر تشکیل‌دهنده آن (نگارندگان، ۱۳۹۴).

یافته‌ها

گنبد به‌عنوان یکی از اندام‌های مهم در معماری ایران، ابعاد گوناگونی دارد که در این پژوهش بیشتر به مباحث مرتبط با نحوه‌ی ساخت آن‌ها در محدوده‌ی نایبین پرداخته شده است. در این پژوهش، نشان داده شد که معماران محلی با توانایی‌های خویش و با توجه به شرایط، در کلیات اجزاء گنبدهای دویوسته‌ی گسسته تغییراتی را ایجاد کرده‌اند و بر مبنای تجربیات پیشین خویش به نوآوری‌هایی دست یافته‌اند. هم‌چنین براساس تجربه و مهارت‌هایی که استادکاران از گذشتگان خویش آموخته‌اند هرکدام از آن‌ها در عین یکسان بودن کلیات اجرا، در جزئیات، شیوه‌های اجرایی متفاوتی را ارائه می‌دهند؛ از جمله‌ی آن‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره داشت:

- در تمامی موارد بررسی شده پژوهش حاضر، معماران بومی از ساخت مایه‌های بومی همانند خشت، آجر و ملات گچ و خاک جهت سرعت بخشیدن به اجرا بهره‌برده‌اند. جهت اجرای بندکشی آجرهای گنبد، استادکار، از انگشت دست خویش به‌عنوان راهنما استفاده می‌کند؛ اما در پشت گنبد، ضخامت بندکشی بسته به نوع قوس گنبد متفاوت است (فرزانه، مصاحبه شونده، ۱۳۹۱/۹/۲۵).

- سیستم‌های سازه‌ای در گنبدهای ایرانی بستگی به طول دهانه، ارتفاع و نوع مصالح، متنوع و مدبرانه تعیین می‌شده‌اند. در تمامی نمونه‌های بررسی شده، ساقه‌ی گنبد، پوسته داخلی، پوسته‌ی خارجی و خشخاشی اندام‌های ثابت بوده و در برخی از موارد بسته به نیاز خشخاشی‌های فرعی، کلاف چوبی، باریکه‌ی تاق و شنگرک اضافه شده است.

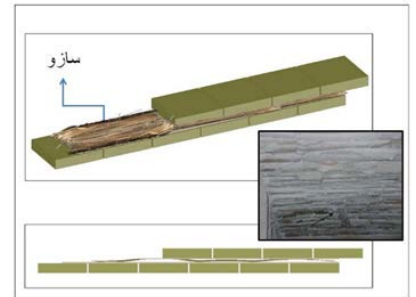
- در ارتباط با وجود کلاف‌های مداری نظریات متفاوتی وجود دارد؛ عده‌ای معتقد بودند که این کلاف‌ها در پوسته‌ی بیرونی برخی از گنبدها به دلیل افزایش تحمل نیروی کششی (مانند میلگرد در بتن) قرار داده شده است (الیکی، مصاحبه شونده، ۱۳۹۲/۳/۷)؛ اما برخی اعتقاد می‌دهند که این عناصر نداشتند و علت را از بین بردن یکپارچگی ردیف‌های افقی آجر می‌دانستند (محسنی، مصاحبه شونده، ۱۳۹۱/۸/۱۲؛ فرزانه، مصاحبه شونده، ۱۳۹۱/۹/۲۵)، (شکل ۱۲ و ۱۳).

- در ارتباط با کاربری کلاف‌های چوبی نیز اختلافاتی در نظر استادکاران مشاهده شد. برخی آن‌ها را تنها جهت داربست می‌دانستند (فرزانه، مصاحبه شونده، ۱۳۹۱/۹/۲۵؛ محسنی، مصاحبه شونده، ۱۳۹۱/۸/۱۲)، اما برخی دیگر علاوه بر آن نقش سازه‌ای نیز برای آن قائل بودند (الیکی، مصاحبه شونده، ۱۳۹۲/۳/۷).

- در نمونه‌های بررسی شده انواع کلاف‌ها با توجه به توانمندی استادکار، دهانه و

ارتفاع گنبد مورد استفاده قرار گرفته‌اند. در بررسی انواع کلاف‌های چوبی در نمونه‌ها، کلاف قطری و اتصال دهنده‌ی خشخاشی به خود، بیشتر از سایر نمونه‌ها مورد استفاده قرار گرفته (جدول ۴). کلاف عمودی نیز با توجه به این که در این نمونه‌ها فاصله‌ی زیاد نبود، استفاده نشده است؛ در صورتی که در گنبدهای اصفهان، مثل مدرسه‌ی چهارباغ و مسجد امام از این نوع کلاف استفاده شده است.

همه استادکاران بر این اصل اعتقاد داشتند که ابتدا پوسته‌ی درونی اجرا، سپس پوسته‌ی بیرونی و خشخاشی به طور هم‌زمان، با هم اجرا می‌شود. هم‌چنین آجرچینی پوسته‌ی بیرونی و خشخاشی به گونه‌ای اجرا می‌شود که اصطلاحاً به آن «هشت‌وگیر» گویند. استادکاران عدم اتصال در برخی از نمونه‌ها را به علت کم بودن دهانه و یا کارهای مرمتی افزوده شده به سازه‌ی اصلی می‌دانند (شکل ۱۴).



▲ شکل ۱۱. جزئیات اجرای سازو در پوسته‌ی بیرونی گنبد مسجد جامع یزد (نگارندگان، ۱۳۹۴).

کلاف چوبی						نمونه گنبدهای بررسی شده
بریده شده	اتصال خشخاشی به خود	مورب	مداری	عمودی	قطری	
✓	✓	✗	✗	✗	✓	مصلا‌ی نایین
✓	✓	✓	✓	✗	✓	افوشته نطنز
✗	✗	✗	✗	✗	✗	مسجد یزد

جدول ۴. انواع کلاف‌های چوبی در نمونه‌های بررسی شده (نگارندگان، ۱۳۹۴).

ساخت باریکه‌ی تاق‌ها جهت توزیع نیروی وارده از خشخاشی پس از اجرای پوسته‌ی داخلی و برروی آن بدون قفل و بست اجرا می‌شوند.

در تمامی نمونه‌های بررسی شده‌ی این پژوهش، خشخاشی‌های اصلی عمود بر سطح گنبد زیرین و یا برروی باریکه‌ی تاق‌ها و بدون هشت‌وگیر اجرا شده‌اند؛ و هم‌چنین در تمامی نمونه‌ها به غیر از گنبد افوشته‌ی نطنز، خشخاشی‌های اصلی با پوسته‌ی بیرونی پیوند دارند. علاوه بر آن، در نمونه‌های ذکر شده، خشخاشی‌ها در یک و یا دو نما در ترازهای ارتفاعی مختلف کاهش ضخامت دارند، تعداد خشخاشی‌ها زوج و از لحاظ شکل و اندازه دارای گونه‌های متفاوتی بوده است.

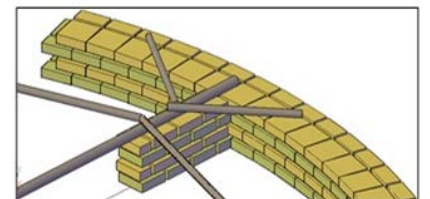
تغییر ضخامت خشخاشی در ترازهای مختلف، جهت کاهش وزن و به دنبال آن کاهش بار وارده به پوسته‌ی درونی است (فرزانه، مصاحبه شونده، ۱۳۹۱/۹/۲۵)، در صورتی که برخی اعتقاد دارند که با افزایش سطح مقطع خشخاشی، بار به سطح وسیع‌تری انتقال می‌یابد (الیکی، مصاحبه شونده، ۱۳۹۲/۳/۷)؛ اما از نظر علوم استاتیکی، هر دو نظر مورد تأیید است. هنر و معماری ایران همواره از سنگینی گریزان بوده است (معماریان، ۱۳۹۱: ۱۳۲؛ گدار، ۱۳۶۹: ۱۹۵)، (جدول ۵).

جمع بندی

تحلیل‌های انجام شده، آشکار ساخت، تغییرات شکلی و ابعاد گنبدها همچون نحوه‌ی اتصال پوسته‌ی بیرونی به خشخاشی‌ها، بلندا و دهانه‌ی گنبد، فن‌آوری ساخت گنبد را نیز تحت تأثیر قرار خواهد داد؛ از سوی دیگر در پیاده‌سازی و اجرای گنبدهای دوپوسته، ویژگی‌های معماران محلی، تجارب برگرفته از نسل‌های پیشین، توان مصالح



▲ شکل ۱۲. وجود کلاف مداری در پوسته‌ی بیرونی گنبد افوشته‌ی نطنز (نگارندگان، ۱۳۹۴).



▲ شکل ۱۳. نحوه‌ی اتصال کلاف قطری در خشخاشی با کلاف مداری (نگارندگان، ۱۳۹۴).

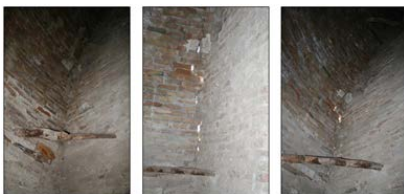
جدول ۵. گونه‌بندی خشخاشی‌های نمونه‌های بررسی شده^۹ (نگارندگان، ۱۳۹۴).

نمونه گنبد‌های بررسی شده	تعداد خشخاشی			نمای خشخاشی از مرکز			نمای خشخاشی از پهلو		
	بزرگ	متوسط	کوچک	بزرگ	متوسط	کوچک	بزرگ	متوسط	کوچک
مصالی نایین	۸	-	-		-	-		-	-
افوشته نطنز	۸	-	-		-	-		-	-
مسجد یزد	-	۶	۶						

و فن‌آوری‌های در دسترس خویش، منجر به آفرینش‌های بومی و محلی شده است. این توانمندی‌ها خود را در چگونگی اتصال اجزای گنبد، کاربرد کلاف‌ها و شکل‌گیری فرم اجزای گنبد، مانند چفد پوسته‌ی درونی و بیرونی آشکار ساخته است که افزون بر خصوصیات عام گنبد‌های ایرانی، مشخصات منحصر به فرد هر شیوه را آشکار می‌سازد. بررسی‌ها نشان داد ویژگی‌های مشترک خاصی در گنبد‌های مورد بررسی دیده می‌شود که خصوصیات منحصر به فردی را به شکل تکرار شونده در نمونه‌های مورد مطالعه آشکار می‌سازد. این ویژگی‌های مشترک برگرفته از توانمندی و سلیقه‌ی معمارانی است که در شیوه‌ی نایین رشد یافته و ابداعات ویژه‌ی خویش را افزون بر نکات مشترک با سایر گنبد‌ها پدید آورده‌اند (بخش یافته‌ها).

نتیجه‌گیری

تحلیل‌های انجام شده، آشکار ساخت، در شیوه‌ی نایین اتصالات پوسته‌ی بیرونی به خشخاشی، و خشخاشی به آهیانه، دارای ویژگی‌های مشترکی با سایر گنبد‌های دوپوسته در سراسر ایران است؛ با این وجود خصوصیات ویژه‌ای را نیز می‌توان در اتصالات گنبد‌های شیوه‌ی نایین به شکل خاص مشاهده کرد. اتصال کلاف‌های قطری به مداری در گنبد‌های سایر نقاط ایران همچون شیوه‌ی اصفهان، دارای کلاف‌های چوبی مداری در درون پوسته‌ی بیرونی (خود) می‌باشد؛ در حالی که معماران سنتی شیوه‌ی نایین بر این باوراند که وجود این کلاف چوبی پیوند و هشت‌وگیر آجرهای خود را دچار مشکل خواهد کرد و لذا از به‌کار بردن آن پرهیز کرده‌اند (بخش یافته‌ها، جدول ۴، شکل ۱۲)؛ همچنین می‌توان به وجود کلاف‌های عمودی در سطح داخلی بین دوپوسته در شیوه‌ی گنبدسازی ایرانی اشاره کرد (شکل ۱) که باعث افزایش توان پوسته‌ی بیرونی در برابر نیروهای جانبی خواهند شد؛ این ویژگی نیز در معماری گنبد‌های دوپوسته‌ی شیوه‌ی نایین (شکل ۲، ۳، ۵ و ۸) دیده نمی‌شود، معماران نایینی وجود این کلاف‌های عمودی را باعث ایجاد ترک‌های عمودی بیشتر در زمان نشست سازه می‌دانند و آن را به‌کار نمی‌برند (بخش یافته‌ها).



▲ شکل ۱۴. عدم اتصال خشخاشی به پوسته‌ی بیرونی. داخل گنبد افوشته‌ی نطنز (نگارندگان، ۱۳۹۴).

خشخاشی‌ها - دیوارهای عمودی بین دوپوسته‌ی گنبد - به شکل و فرم‌های گوناگونی دیده می‌شوند (جدول ۵). ویژگی شاخص آن‌ها در شیوه‌ی نایین، اتصال

همواره‌ی آن‌ها به آهیانه و خود است که یکپارچگی بیشتری بین عناصر گنبد فراهم می‌سازد؛ در حالی که در شیوه‌های دیگر، الزامی به اتصال خشخاشی به آهیانه وجود ندارد و بار خود را مستقیماً به جرز پایینی بدون اتصال به آهیانه فراهم می‌سازد. از سوی دیگر در شیوه‌ی نایین تغییر ضخامت خشخاشی‌ها را بیشتر به جهت کاهش وزن و بار وارده در پی آن می‌دانند؛ در صورتی که در شیوه‌های دیگر، همچون اصفهان، تغییر مقطع عرضی خشخاشی را به دلیل افزایش سطح مقطع و انتقال بار در سطح وسیع‌تر و در نتیجه توزیع تنش بیشتر بر سطح پایینی می‌دانند.

جهت پیش‌برد این حوزه، می‌تواند مباحثی همچون، بررسی ویژگی‌های فنون ساختاری و سازه‌ای انواع گنبدها، در تمامی مناطق ایران، مورد کنکاش پژوهشگران قرار گیرند. در واقع با مطالعه‌ی معماری هر عصر می‌توان علاوه بر نوآوری‌ها، ردپایی از پیشینیان و وحدتی دیرینه را به وضوح دریافت. خصیصه‌ای که به ندرت می‌توان در معماری معاصر ایران مشاهده کرد.

سپاسگزاری

در این جا از آقایان فرزانه، الیکی، محسنی نایینی که در ادامه خلاصه‌ی روزمه‌ی کاری آن‌ها معرفی می‌شود، کمال تشکر را داریم.

- **فرزانه:** استاد «غلامرضا فرزانه‌ای محمدی» معروف به «فرزانه» در سال ۱۹۲۷ م. در نایین متولد شد، وی از استادکاران نامی ایران محسوب می‌شود که از کارهای وی می‌توان به: مرمت مسجد جامع اردستان، مرمت مسجد جامع نطنز، مرمت باغ فین کاشان، مرمت مجموعه‌ی بناهای افوشته در نطنز و... اشاره داشت (سجادی نایینی، ۱۳۸۷، ۱۸۳).

- **محسنی:** استاد «محسنی نایینی» متولد نایین از توابع استان اصفهان و از نوادگان استاد «محمدحسین محسنی نایینی» که از نوابغ مرمت‌گری ایران محسوب می‌شود، است (همان: ۱۴۰).

- **الیکی:** استاد «بهرام الیکی» متولد ۱۹۴۱ م. در اصفهان است؛ از جمله کارهای او، مرمت میدان نقش جهان، مسجد جامع اصفهان و دو منار دارالضیافه می‌توان اشاره کرد. ایشان دارای تحصیلات آکادمیک در زمینه‌ی معماری و مرمت ابنیه نیز می‌باشند (همان: ۲۱۷).

پی‌نوشت

۱. چغد مولد: تاق‌ها و گنبدها از حرکت افقی یا چرخشی یک یا چند چغد در یک یا چند راستا پدید می‌آیند (رفیعی سرشکی و دیگران، ۱۳۸۳: ۱۷۷).
۲. رُک: نوعی گنبد تیزه‌دار به صورت هرم یا مخروطی شکل است (رفیعی سرشکی و دیگران، ۱۳۸۳: ۲۳۵).
۳. نار: نوعی گنبد ایرانی است که از دُوران یک یا چند قوس (چغد) حول محور تقارن آن ایجاد می‌شود (معماریان، ۱۳۹۱: ۵۴۴؛ پیرنیا، ۱۳۷۰: ۱۲۲).
۴. نوعی تاق یا گنبد با قوس بیضی است (پیرنیا، ۱۳۷۰: ۱۴۶).
۵. پتکانه: نوعی اجرای پوشش در گوشه‌سازی است که در آن چند تاقچه روی هم سوار شده و جلو آمده است (پیرنیا، ۱۳۷۰: ۱۴۳).
۶. خشخاشی: تیغه‌ای آجری است که در فضای بین دو پوسته‌ی گنبد دو پوسته‌ی گسسته می‌ساخته‌اند (زمرشیدی، ۱۳۸۹: ۲۵۹). (اصطلاحات استادکاران: ستون اتصال (الیکی، مصاحبه شونده، ۱۳۹۲/۳/۷)، دسته (فرزانه نایینی، ۱۳۹۱)، تیغه، دیوار آجری (محسنی، مصاحبه شونده، ۱۳۸۸/۱۲)).
۷. شنگرک: عضوی عمودی است در مرکز گنبد که روی پوسته‌ی درونی را به زیر پوسته‌ی بیرونی متصل می‌نماید. این عضو به شکل ستونکی آجری یا چوبی و یا ترکیبی از هر دو عضو می‌باشد و در برخی از گنبدها پس از اتمام کار برچیده می‌شود (رفیعی سرشکی و دیگران، ۱۳۸۳: ۲۹۱).

۸. سازو: ایلیافی از خرما و نی که در گذشته از آن در ساختمان استفاده می‌کردند (رفیعی و دیگران، ۱۳۸۳: ۳۵۵).
۹. دلیل گزینش دو نما برای خشخاشی‌ها، نمایش کاهش ضخامت در ترازهای مختلف است.

کتابنامه

- بزנוال، رولان، ۱۳۷۹، فن‌آوری تاق در خاور کهن، ترجمه‌ی محسن حبیبی، چاپ یکم، جلد ۱ و ۲، تهران: سازمان میراث فرهنگی کشور.
- پیرنیا، محمدکریم، ۱۳۸۷، سبک‌شناسی معماری ایران، تهران: سروش دانش.
- پیرنیا، محمدکریم، ۱۳۵۱، «ارمغان‌های ایران به جهان معماری گنبد»، هنر و مردم، سال ۱۲، شماره‌ی ۱۴، صص: ۶-۲.
- پیرنیا، محمدکریم، ۱۳۶۶، «چفدها و تاق‌ها»، اثر، شماره‌ی ۲۴، صص: ۱-۲۲۱.
- پیرنیا، محمدکریم، ۱۳۷۰، «گنبد در معماری ایران»، اثر، شماره‌ی ۲۰، صص: ۱-۱۵۶.
- تهرانی، فرهاد و راسخی، مجید، ۱۳۸۸، «تاق و قوس»، نشریه بولتن مهندسیین فلورانس، شماره‌ی ۶، صص: ۱۲-۳۱.
- تهرانی، فرهاد، ۱۳۷۱، «ورای هندسه‌ی تاق و گنبد»، صفه، سال دوم، شماره‌ی ۶ تا ۸، صص: ۵۸-۷۳.
- حجازی، مهرداد و میرقادری، رسول، ۱۳۸۶، «تحلیل لرزه‌ای گنبدهای ایرانی»، نشریه دانشکده فنی، جلد ۳۸، شماره‌ی ۶، صص: ۷۴۷-۷۵۷.
- حجازی، مهرداد، ۱۳۸۷، «اصفهان شهر سازه‌های سنتی»، دانش‌نما، سال شانزدهم، شماره‌های پیاپی ۱۶۲-۱۶۱ (۳)، صص ۲۷-۵۲.
- دیتیش، هوف، ۱۳۷۵، گنبدها در معماری اسلامی، ترجمه‌ی کرامت‌الله افسر، تهران: انتشارات جهاد دانشگاهی.
- رفیعی سرشکی، بیژن، رفیع‌زاده، ندا و رنجبرکرمانی، علی محمد، ۱۳۸۲، فرهنگ مهرازی (معماری) ایران، تهران: مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.
- زمرشیدی، حسین، ۱۳۸۹، گنبد و عناصر تاقی ایران، تهران: زمان.
- سجادی نایینی، سید مهدی، ۱۳۸۷، معماران و مرمت‌کاران سنتی اصفهان، اصفهان: سازمان فرهنگی تفریحی شهرداری اصفهان، مرکز اصفهان‌شناسی و خانه‌ی ملل.
- شوازی، اگوست، ۱۳۸۶، تاریخ معماری، ترجمه‌ی لطیف ابوالقاسمی، ج ۲، تهران: مؤسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران.
- کاشانی، غیاث‌الدین جمشید، ۱۳۶۶، رساله‌ی تاق و ازج، ترجمه‌ی علی‌رضا جزبی، تهران: سروش.
- گالدیری، اوژن، ۱۳۷۸، «مرمت گنبد آجری، تجربه‌ای از ایران»، ترجمه‌ی فرهاد فخاری، تهران: صفه، شماره‌ی ۲۸، صص: ۹-۲۴.
- گذار، آندره، ۱۳۶۷، آثار ایران، ترجمه‌ی ابوالحسن سرو مقدم، جلد سوم، مشهد: آستان قدس رضوی بنیاد پژوهش‌های اسلامی.
- گذار، آندره، ۱۳۶۹، تاق‌های ایرانی، ترجمه‌ی کرامت‌الله افسر، تهران: فرهنگسرا.
- معماریان، غلامحسین، ۱۳۶۷، نیارش سازه‌های تاقی در معماری اسلامی ایران، چاپ اول، تهران: جهاد دانشگاهی دانشگاه علم و صنعت ایران.
- معماریان، غلامحسین، ۱۳۹۱، معماری ایران نیارش، ج ۱ و ۲، تهران: نغمه نواندیش.
- ویلبر، دونالد و گلمبک، لیزا، ۱۳۷۴، معماری تیموری در ایران و توران، ترجمه‌ی

کرامت‌الله افسرو محمدیوسف کیانی، تهران: سازمان میراث‌فرهنگی کشور.

- Amiet, P., 1972, *Glytique susienne, des orgines a lepoque des perses achemenides*, Mdaf Tome XLIII, Paris.
- Besenval, R., 1984, *Technologie De La Voute*, Paris: Editions Recherche sur les civilisations.
- Bier, L., 1986, *Sarvestan*, Acollection of the Architecture of Iran from Its Existence to the Appearance of Islam.
- Curtis, J., 1946, *Ancient Persia*, Trustees of the Britidc Museum.
- Escrig, F., 1998, *Towers & Domes*. Publisher, Copmputational Mechanics Publications.
- Godard, A., 1936, *Athar É- Iran, JOH*, Enschede En Zonen, Haarlem, Tome III, V.
- Golombek, L. & Wilber, D., 1988, *The Timurid Architecture of Iran & Turan*. Princeton, N.J., Princeton University press. v.1.
- Grube, E. J. & Dickie, J., 1995, *Architecture of the Islamic world, its history & social meaning*, George (EDT) Michell. Publisher, William Morrow, NY.
- Hugi, H., 1977, *Ghala - Dokhtar - Atechkade: Monuments Sasanides près Firouzabad, Iran; Rapport Préliminaires des Projets de Consilidation ET Restauration*, Publisher, Organisation Nationale pour la Conservation des Monuments Historiques en Iran.
- Mohamadianmansoor, Saheb., S. Sina. Faramarzi. S. Akbari, Meysam. Hatamimajd, Faeze. 2012, "Karbandi: The ground of applying Dome on different contexts in Iranian architecture", Congress, *Domes in the World*, 1-13.
- Okane, B., 1984, *Timurid Architecture in Khurasan*, Costa Mesa, Calif. Publisher, Mazda Pub.
- Papadopoulo,a & Hishmat Jazanī. 1989. Islamic architecture. Publisher Markaz-i nashr-i farhangi-i Raj.
- Pope, A. 1981. A survey of Persian art, from prehistoric times to the present. Ashiya, SoPA.
- Saeidian, A. 2012. Geometrics & architectural structure of our chin domes in Iran. Elixir International Journal. ARC. 43:6714-6723.
- Safaeipour, H. zargar, A.h. e. Goudarzi, S. 2012. Typology of khashkhashis (stiffeners) in discontinuous double- shell domes. Domes in the World. International Scientific Congress, Florence, 1-19.
- South, Nanette & Habib Sadid. 2005. A Finite Element Analysis of the Monolighic Dom. Publisher, Idaho state university.