

گونه‌شناسی و تحلیل هندسی و سازه‌ای یزدی‌بندی در معماری ایران*

سهیل نظری^۱، حامد مظاهریان^۲، غلامحسین معماریان^۳، حمیدرضا کاظم‌پور^۴
^۱ کارشناس ارشد مطالعات معماری ایران، پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
^۲ دانشیار دانشکده معماری، پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
^۳ استاد دانشکده معماری، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران.
^۴ دکترای معماری، مدرس دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران.
 (تاریخ دریافت مقاله: ۹۵/۴/۲۶، تاریخ پذیرش نهایی: ۹۵/۱۱/۱۳)

چکیده

پوشش یزدی‌بندی یکی از مهم‌ترین عناصر معماری ایرانی محسوب می‌شود و در این مقاله با در نظر گرفتن آن به عنوان یکی از انواع کاربردی‌ها آسمانه بناهای معماری ایران، و با هدف دسته‌بندی، تحلیل هندسی و بررسی سازه‌ای، سعی در بیان یک تعریف و بررسی ویژگی‌های این پوشش معماری شده است. در این راستا، ابتدا با کنکاش در هندسه دو مورد از تاق‌های کهن معماری ایران، سعی در پی یافتن خاستگاه شکل‌گیری هندسه یزدی‌بندی شده است و پس از دسته‌بندی انواع یزدی‌بندی‌ها، تحلیل هندسی و سازه‌ای آنها در دستور کار بوده است. بنابر یافته‌های پژوهش، شرط اطلاق یزدی به یک کار، وجود آلت هندسی "سینه‌فخری" عنوان شده است و کار یزدی‌بندی در زمینه هندسه و نقش سازه‌ای به دو دسته: ۱. یزدی‌هایی که در پی تحول هندسی و سازه‌ای رسمی‌بندی به وجود آمده‌اند و به نظر می‌رسد هندسه آنها بر پایه شبکه ترسیمات رسمی‌بندی به وجود می‌آید و ۲. یزدی‌هایی که با بررسی آنها نتیجه می‌شود که هم از لحاظ هندسی و سازه‌ای و همچنین روش ساخت از فرمول مقرنس پیروی می‌کنند دسته‌بندی می‌شود. پژوهش حاضر به روش مشاهده مستقیم مصادیق مرتبط با موضوع مقاله تدوین شده است و در تحلیل نمونه‌ها از منابع کتابخانه‌ای و اسناد مرتبط استفاده شده است.

واژه‌های کلیدی

کاربندی، یزدی‌بندی، رسمی‌بندی، پوشش آسمانه، هندسه معماری ایرانی، مقرنس.

* این مقاله برگرفته از مطالعات پایان‌نامه کارشناسی ارشد نگارنده اول با عنوان: "بازخوانی آرایه یزدی‌بندی در معماری ایرانی" است، که در دانشگاه تهران تحت نظارت و راهنمایی نگارندگان دوم و سوم و مشاوره نگارنده چهارم انجام شده است.
 ** نویسنده مسئول: تلفن: ۰۹۱۲۰۶۵۲۹۳۹۰، شماره: ۰۲۱-۴۴۲۶۴۵۲۹، E-mail: Nazari.sohail9@ut.ac.ir

مقدمه

به اشتباه همه‌ی انواع تزیینات سه بعدی در معماری اسلامی را به عنوان مقرنس در نظر بگیرند. بنابراین در این مقاله، ناگزیر از مقایسه این سه نوع کاربردی هستیم، در حالی که هدف تحقیق، شناسایی ویژگی‌های هندسی و سازه‌ای عنصر یزدی بندی در معماری ایران و ارایه یک دسته بندی در این خصوص است. در دهه‌های اخیر، با تجزیه و تحلیل قدیمی ترین لوح گلی مقرنس یافت شده در شمال غرب ایران^۱ (Harb, 1978, 30)، طومارهای تویقایی و میرزا اکبر^۲ (نجیب‌اوغلو، 1379، 21) و همچنین نقشه‌هایی که از یک معمار بخارایی از سده شانزدهم میلادی به جای مانده (Notkin, 1995, 148) و شامل پلان‌های مقرنس، یزدی بندی و رسمی بندی می‌شود، اطلاعات زیادی در خصوص هندسه، نحوه ترسیم و اجرای الگوهای هندسی سه بعدی در معماری اسلامی بدست آمده است اما تعریف مشخصی از خصوصیات هر یک از انواع کارهای سه بعدی گنبدها ارایه نشده است. بنابراین هدف نگارندگان در این مقاله، آنالیز هندسی و ساختاری نمونه‌های یزدی بندی برای رسیدن به یک تعریف و دسته بندی از این عنصر معماری اسلامی است. در این زمینه، به دلیل کمبود منابع آکادمیک، از مهارت و دانش شفاهی اساتید سنتی معماری ایران بهره گرفته شده است و جهت آنالیز هندسی پلان انواع یزدی بندی‌ها از کتاب استادان معماری سنتی ایران، استاد شعرباف (شعرباف، ۱۳۷۹) (شعرباف، ۱۳۸۵) و استاد لرزاده (مفید، ۱۳۸۴) (لرزاده، ۱۳۵۸) که در سال‌های اخیر به چاپ رسیده، استفاده شده است.

پیشرفت، ترقی و گسترش هنر اسلامی در طول سال‌ها، به وجود آورنده طیف وسیعی از الگوهای هندسی دو بعدی و سه بعدی در معماری اسلامی بوده است و در این میان، ایران نقش مهمی در گسترش هندسه در معماری جهان اسلام داشته است. تزیینات هندسی، یکی از اصول معماری ایران در دوران اسلامی است که در بسیاری آثار فاخر و میراث فرهنگی هنری آن کاربرد داشته است. نقوش تزیینی به شکل دوعبدهی در قالب منسوجات، سفالینه‌ها و در معماری به شکل کاشی- کاری هندسی (گره) یا گیاهی و کتیبه‌های بنایی در سردر بناها، تاق‌ها، ایوان‌ها و محراب‌ها استفاده شده است و گاهی نیز در قالب نقوش سه بعدی (کاربندی) به شکل مقرنس، رسمی بندی و یزدی بندی در پوشش آسمانه تالارها، فضای داخلی گنبدخانه‌ها و به صورت نیم‌کار در پوشش تاق‌ها و ایوان‌ها قابل مشاهده است. موضوع مورد بررسی در این مقاله (کار یزدی بندی)، نوعی پوشش اغلب تزیینی در معماری سنتی ایران است که نمونه‌هایی از آن در بناهای تاریخی شهرهای اصفهان، کاشان، یزد و کرمان توسط نگارندگان مورد بررسی قرار گرفته است. یزدی بندی، یکی از انواع کاربردی محسوب می‌شود (شعرباف، ۱۳۸۵، ۱۲) که از لحاظ هندسی و ساختاری، تلفیقی از رسمی بندی و مقرنس است و می‌توان این فرضیه را مطرح نمود که هندسه آن در پی تحول هندسی و ساختاری مقرنس و رسمی به وجود آمده است. شباهت ظاهری و عدم شناخت مناسب هر کدام از انواع کاربردی‌ها باعث شده است، بسیاری محققین

۱. پیشینه پژوهش

منبع به طور مشخص پیرامون عنصر یزدی بندی در معماری ایران تحقیق شده است. نخست مطلبی تحت عنوان "گنبد یزدی بندی" (موسوی، ۱۳۹۰، ۲۷۸) است که مباحثی مختصر پیرامون جلوه‌های بصری، پلان و چیدمان هندسی اجزای گنبد یزدی بندی مطرح شده است و منبع دوم مقاله‌ای تحت عنوان "عناصر داخلی تزیین گنبدها"^۳ (Nejad Ebrahimi, 2013) است که با بررسی نمونه موردی یزدی بندی سعی در معرفی سیر تحول تاریخی گنبد یزدی بندی و هندسه اسلامی شده است. قابل ذکر است مقاله حاضر در راستای کامل تر شدن ادبیات پژوهش در زمینه عنصر یزدی بندی و به طور کلی کاربردی و همچنین اشاره به مباحث مطرح نشده در منابع ذکر شده انجام شده است.

۲. تعاریف

در این قسمت، تعاریف تعدادی از واژگان تخصصی معماری سنتی ایران که در این مقاله مورد استفاده قرار گرفته، آورده شده است:

تحقیقات متعددی در زمینه پژوهش در هندسه معماری اسلامی و با رویکرد بررسی انواع کاربردی‌ها و تزیینات آسمانه انجام شده است. از جمله در مقاله "گونه شناسی و تدوین ساختار هندسی کاربردی" (محمدیان منصور، ۱۳۹۰)، به گونه شناسی و دسته بندی انواع کار رسمی بندی بر اساس طریقه رسم، هندسه و بیان روابط ریاضی میان آنها پرداخته شده است و همچنین در مقاله‌ای تحت عنوان "بازنگری در مفهوم کاربردی بر مبنای هندسه عملی و نقش ساختمانی" (رییسی، ۱۳۹۲)، به بررسی سه ابهام در نام گذاری، تشخیص هندسه و نقش ساختمانی کاربردی که عمدتاً شامل کار رسمی بندی می‌شود، پرداخته شده است. لازم به ذکر است در دو مقاله اخیر، به طور کلی به مفهوم کاربردی پرداخته شده است و مقصود نگارندگان از کاربردی، بیشتر بررسی و تحلیل کار رسمی بندی بوده و بحثی در زمینه دیگر انواع کاربردی مانند یزدی بندی، مقرنس و کاسه سازی به میان نیامده است. در میان تمامی مقالات و کتبی که در خصوص انواع کاربردی وجود دارد، دو

۱-۲. کاربرد

صاحب نظران این حوزه، دو اصطلاح کاربرد یزدی و رسمی‌بندی را مترادف یکدیگر در نظر گرفته و به نوعی سازه پوشاننده سقف، شامل باریکه تاق‌های متقاطع تحت یک نوع قوس مشخص که از تقاطع آنها استخوان‌بندی پوشش سقف به وجود می‌آید (بزرگمهری، ۱۳۸۵، ۱) به عنوان رسمی‌بندی (=کاربندی) یاد می‌کنند. یکی از قدیمی‌ترین نمونه‌های کامل رسمی‌بندی در معماری مسجد جامع نایین (معماریان، ۱۳۹۱، ۲۸۱) و در مسجد جامع کوردوبا (Hoag, 1987, 125) قابل مشاهده است.

۲-۴. یزدی‌بندی

یکی از انواع کاربرد یزدی‌های معماری ایرانی است که در پوشش زیرگنبدها، ایوان‌ها و یا فاصله میان تویزه‌های باربر قابل مشاهده است. در این پژوهش، پس از بررسی مختصر خاستگاه‌ها و نحوه پیدایش این پوشش، به تحلیل اندام هندسی و سازه‌ای آن پرداخته می‌شود. همچنین آلت هندسی "سینه فخری"، به عنوان اصلی‌ترین عنصر، مشخصه‌ی کار یزدی‌بندی و شرط لازم برای اطلاق یزدی به یک کار در نظر گرفته شده است. پلان هندسی سینه فخری، قسمتی از یک شمسه کامل است (تصویر ۱) که در سطح منحنی گنبد یزدی‌بندی مشاهده می‌شود. برای مثال در تصویر ۱، پلان سه کاربرد یزدی مشاهده می‌شود که در هر یک با انتخاب قسمتی از یک شمسه کامل (قسمت هاشورخورده)، نقشه دوبعدی سینه فخری را نشان می‌دهد.

۲-۵. شمسه

در لغت به معنای خورشید و یکی از اصلی‌ترین عناصر موجود در کاربرد یزدی‌های معماری ایران است که در بالاترین قسمت کار قرار می‌گیرد. در منابع مختلف خارجی با عناوین "مدال بزرگ چندضلعی" در قسمت انتهایی تزیینات تاق (Pope, 1977, 102) و "چندضلعی ستاره شکل" (Harmsen et al., 2007) نیز معرفی شده است.

۲-۶. تخت

آلت هندسی تخت تنها عنصر افقی در انواع کاربرد یزدی‌ها است که ممکن است به صورت اشکال منظم یا غیرمنظم به کار رود. اشکال منظم به شکل صفحات سه لنگه (مثلث)، چهارلنگه و پنج لنگه و ... دیده می‌شوند.

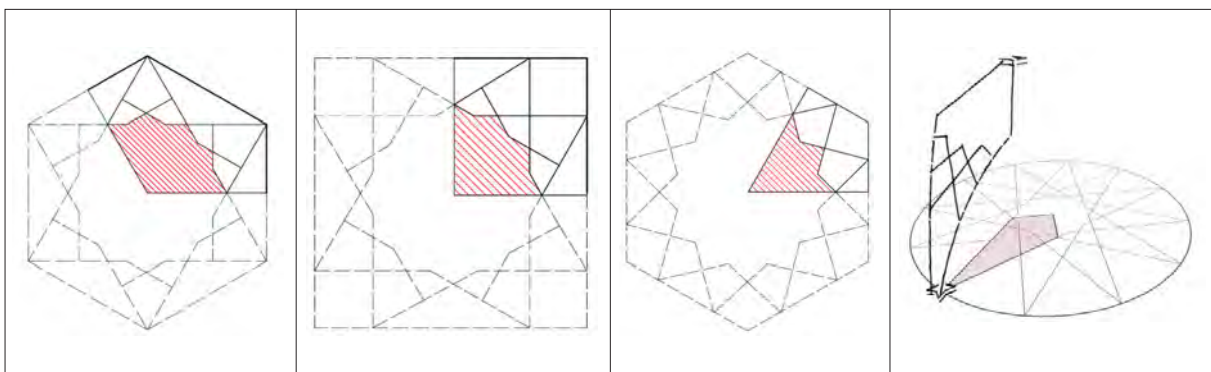
دو تعریف مجزا از واژه کاربرد یزدی در معماری ایرانی رایج است: اولی مربوط به معمار سنتی اصغر شعرباف است که ریشه این واژه را ترکیب دو اصطلاح "کار" به معنای تمامی نقوش سه‌بعدی (مقرنس، رسمی‌بندی، کاسه‌سازی و یزدی‌بندی) به علاوه اصطلاح "بستن" به معنای تنیدگی و بافتگی اشکال هندسی می‌داند (شعرباف، ۱۳۸۵، ۱۱) (نجیب‌اوغلو، ۱۳۷۹، ۳۱). در تعریف دیگری که از لرزاده و بزرگمهری نقل می‌شود، معنای کاربرد یزدی هم‌معنی با رسمی‌بندی در نظر گرفته شده است (بزرگمهری، ۱۳۸۵، ۱). قابل توجه است که در این مقاله، منظور از کاربرد یزدی، تعریفی است که شعرباف ارائه داده است. در ادامه به تعریف رسمی‌بندی و انواع دیگر کاربرد یزدی پرداخته شده است.

۲-۲. مقرنس

یکی از قدیمی‌ترین و با ارزش‌ترین توصیف‌هایی که از مقرنس به عنوان یک عنصر معماری وجود دارد، متعلق به کاشانی^۴ (دانشمند ایرانی سده نهم هجری) است. ساختار مقرنس تشکیل شده از ردیف‌های افقی است که واحدهای مقرنس (ربع گنبد‌های کوچک و مقعر) در کنار یا روی یکدیگر بر روی این ردیف‌ها قرار گرفته‌اند (کاشانی، ۱۳۶۶، ۷۹) و همچنین در بسیاری موارد، آلت‌های تخت در چیدمان هندسی آن با زاویه‌ای از پیش تعیین شده وجود دارند (Kazempourfard, 2016, 103). همچنین مقرنس به عنوان نوعی تزیین معماری رایج در معماری اسلامی در تمامی مناطق مرکزی و شرقی جهان اسلام معرفی شده است و اغلب محققین معتقدند اولین نمونه‌های مقرنس که از آن به عنوان شبه مقرنس^۵ یاد می‌شود، در شمال شرقی ایران و شمال آفریقا یافت شده است (Tabba, 1985, 66).

۲-۳. رسمی‌بندی

رسمی‌بندی در لغت ترکیب دو اصطلاح "رسمی" به معنای طرح و رسم‌کردن به علاوه "بستن" به معنای بافتگی و تنیدگی هندسی است. رسمی‌بندی نوعی تاق است که از تقاطع قوس‌هایی که از پای کار شروع و به شمسه‌ی بالا منتهی می‌شوند، به وجود می‌آید که در بعضی موارد تزیینی و در بعضی موارد باربر است (شعرباف، ۱۳۸۵، ۱۲). همانطور که پیش از این نیز ذکر شد عده‌ای از



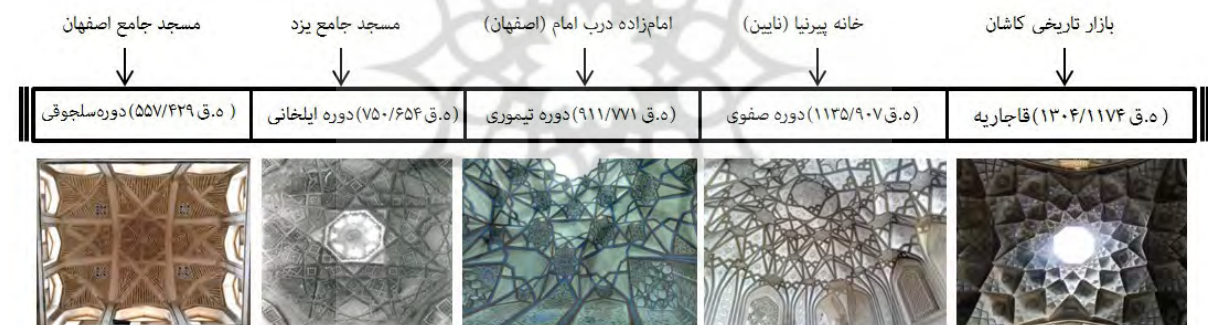
تصویر ۱- نقشه دوبعدی و شکل سه بعدی از آلت هندسی سینه فخری.

۳. معرفی خاستگاه یزدی بندی و تعدادی از نمونه‌ها

از این دو نمونه، یزدی بندی از دوره تیموری (سده ۱۵ میلادی) به بعد به طور رایج در معماری اسلامی ایران (شامل آسیای مرکزی) و هند قابل مشاهده است (نجیب‌اوغلو، ۱۳۷۹، ۱۳).

تاق شماره ۲۵ (Galdieri, 1984, 437) از شبستان جنوبی مسجد جامع اصفهان^۱ (تصویر ۳)، قدیمی‌ترین نمونه‌ای است که می‌توان برای اولین بار یکی از خصوصیات هندسی یزدی بندی (شمسه ناقص) را در آن مشاهده کرد. این تاق که از نمونه‌های کهن تاق زنی ایران محسوب می‌شود، یک نمونه از روش تاق زنی تاق با باریکه تاق (معماریان، ۱۳۹۱، ۲۶۸) است که شباهت زیادی به تاق شماره ۲۶ (Galdieri, 1984, 437) همان شبستان دارد، اما نکته‌ای که این تاق را از نمونه‌ی مشابه متمایز می‌کند، تصویرشدن نقش قسمتی از یک شمشه در کنار دیگر آلت‌های کاربردی است. همانطور که در شکل دیده می‌شود، شکل هندسی "abcdefg" در دو قسمت از تقسیمات نه‌گانه سقف دیده می‌شود که پیش از این در هندسه انواع کاربردی‌ها بی سابقه بوده است. این شکل هندسی که شباهت زیادی به قسمتی از یک شمشه کامل دارد (سینه فخری)، در تمامی نمونه‌های دیگر یزدی بندی که در این تحقیق بررسی شده‌اند، تا اواخر دوره قاجار (قرن ۱۸ میلادی) وجود دارد و می‌توان شکل هندسی آن که با اصطلاح "سینه فخری" شناخته می‌شود را

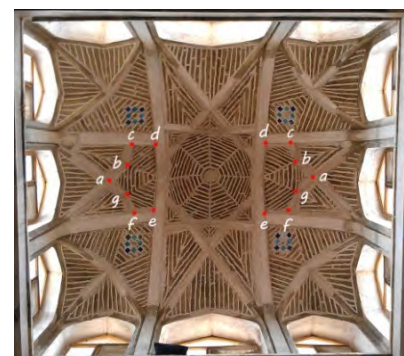
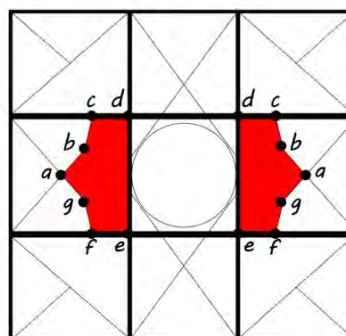
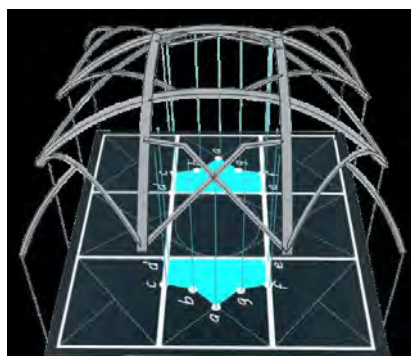
در این بخش به بررسی خاستگاه‌های یزدی بندی و معرفی تعدادی نمونه‌های بررسی شده در شهرهای کاشان، اصفهان، نطنز و یزد پرداخته می‌شود. این نمونه‌ها شامل خانه‌های تاریخی، بازارها، اماکن مقدس و مساجد می‌شود و بازه زمانی دوره سلجوقی تا قاجار را شامل می‌شوند (تصویر ۲). دو نمونه از قدیمی‌ترین نمونه‌هایی که می‌توان برای نخستین بار ویژگی‌های هندسی مشابه یزدی بندی را در آنها مشاهده کرد، در این مقاله به عنوان شبه یزدی معرفی شده‌اند^۷. منظور از ویژگی هندسی مشابه یزدی، تصویرشدن نقش قسمتی از یک شمشه بر روی سطح منحنی تاق است که معمولاً بر اثر خرد شدن یک آلت هندسی کاربردی به وجود می‌آید و از آن با اصطلاح "سینه فخری" (شعراف، ۱۳۸۵، ۳۴) یاد می‌کنند. این آلت هندسی در همه‌ی یزدی‌های بررسی شده مشترک است و به نوعی می‌توان آن را به عنوان شناسه یک یزدی بندی در نظر گرفت^۸. دو نمونه‌ای که به عنوان شبه یزدی مطرح شده‌اند، اولین نمونه‌های کاربردی هستند که در هندسه آنها نقش قسمتی از یک شمشه (سینه فخری) بر سطح منحنی گنبد قابل مشاهده است. پس



تصویر ۲- سیر تحول تاریخی تعدادی از نمونه‌های یزدی و شبه یزدی بندی در ایران.

جدول ۱- فراوانی یزدی بندی‌های بررسی شده در چهار شهر مهم فلات مرکزی ایران^۹.

| شهر | خانه های تاریخی | مساجد | مقبره/ امام زاده | بازارهای تاریخی | اماکن عمومی |
|-------------------|-----------------|-------|------------------|-----------------|-------------|
| اصفهان/کاشان/نطنز | ۱۵ | ۴ | ۳ | ۸ | ۱ |
| یزد | - | ۱ | ۰ | ۱ | ۱ |
| کرمان | - | ۱ | ۱ | ۲ | ۲ |



تصویر ۳- یکی از قدیمی‌ترین نمونه‌های کاربردی که به عنوان خاستگاه شکل‌گیری یزدی بندی معرفی شده است؛ مسجد جامع اصفهان.

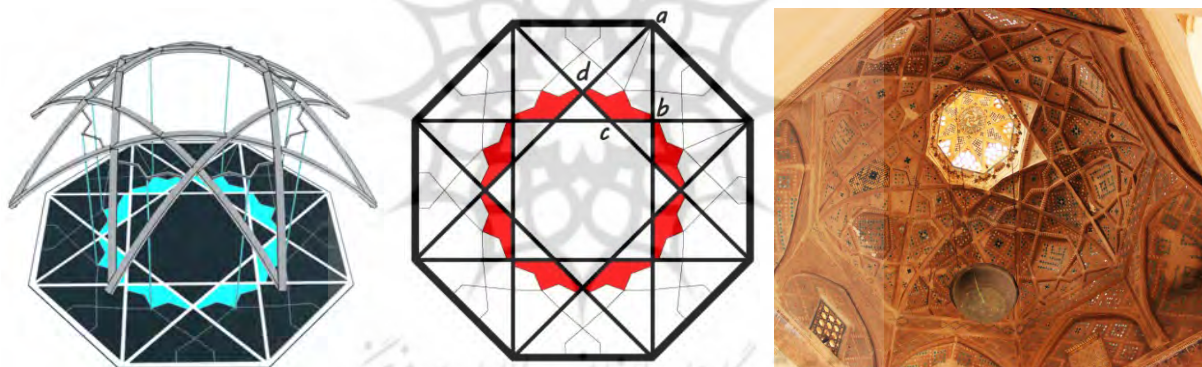
با بررسی نمونه‌های بیشتر در ادامه مقاله مشاهده می‌شود که خردکردن هندسه آلت‌های رسمی‌بندی یکی از روش‌های رسیدن به هندسه یزدی‌بندی است. پس از این، دو نمونه که در این مقاله خاستگاه‌های یزدی‌بندی معرفی شدند و از آنها به عنوان "شبه یزدی‌بندی" یاد شد، بنای تالار تیموری (اوایل سده نهم هجری) و گنبد اصلی بنای امام‌زاده درب امام (سده نهم هجری) در اصفهان و گنبد میرسید نطنز (سده نهم هجری) از جمله قدیمی‌ترین مصادیقی هستند که هندسه پیچیده‌تری از شبه یزدی‌بندی در آنها قابل مشاهده است (تصویر ۵). در ادامه مقاله با آنالیز هندسی و ساختاری نمونه‌های بیشتر یزدی‌بندی، سعی در آرایه یک دسته‌بندی و شناخت بیشتری از این عنصر معماری شده است.

۴. دسته‌بندی هندسی انواع یزدی‌بندی

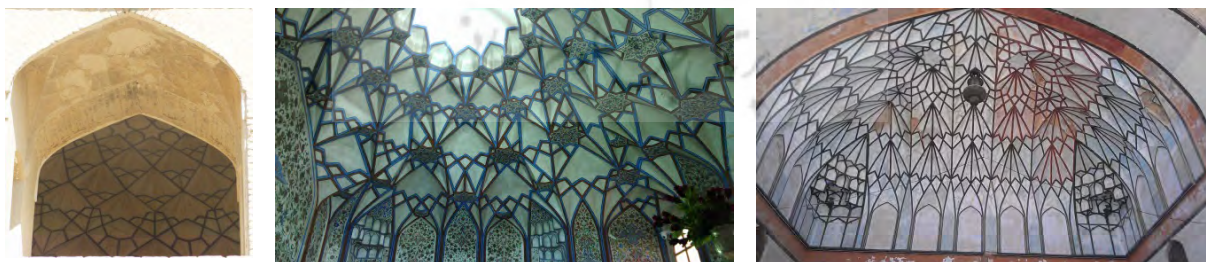
طبق آنچه پیش از این مطرح شد و در ادامه مقاله بدان پرداخته می‌شود، به نظر می‌رسد هندسه و نقش سازه‌ای کار یزدی‌بندی تا حد زیادی تحت تاثیر رسمی‌بندی و مقرنس است. در نتیجه با توجه به این نکته، در این مقاله دسته‌بندی انواع یزدی‌ها و تعریف خصوصیات هندسی و سازه‌ای آنها بر

آلت مختص یزدی‌بندی معرفی کرد که در دیگر انواع کاربردی از جمله مقرنس و رسمی‌بندی دیده نمی‌شود و از نظر تاریخی برای اولین بار می‌توان در مسجد جامع اصفهان مشاهده کرد. در این نمونه پس از خردشدن هندسه‌ای که از تداخل باریکه‌ها به وجود آمده است، آلت سینه فخری و در پی آن هندسه‌ای شبیه به یزدی‌بندی شکل می‌گیرد. این نحوه تبدیل خردکردن آلت‌های هندسی یک کاربردی به فرم یزدی‌بندی در بسیاری از بناهایی که عنصر یزدی‌بندی در آنها وجود دارد، استفاده شده است (تصویر ۳).

کاربندی آسمانه هشتی سردر ورودی مسجد جامع یزد (تصویر ۴) نیز دیگر نمونه‌ی شبه‌یزدی‌بندی است که می‌توان هندسه آن را خاستگاه دیگری برای یزدی‌بندی محسوب کرد. همانطور که در شکل مشاهده می‌گردد، از خرد شدن یکی از آلت‌های هندسه کاربردی (abcd)، عنصری هندسی شکل گرفته است که به شکل قسمتی از یک شمسه (آلت سینه فخری) است و مشابهت زیادی با آنچه در مسجد جامع اصفهان مشاهده شد دارد. با بررسی این نمونه، این فرضیه که اصطلاح یزدی‌بندی برای این نوع کاربردی، برگرفته از نام شهر یزد به عنوان یکی از خاستگاه‌های این عنصر معماری ایرانی است قوت می‌گیرد^{۱۱}.



تصویر ۴- نحوه خرد شدن هندسه کاربردی هشتی ورودی مسجد جامع یزد.



تصویر ۵- سه نمونه از قدیمی‌ترین یزدی‌بندی‌های معماری ایران. از راست: ۱. تالار تیموری (اصفهان). ۲. امام‌زاده درب امام (اصفهان). ۳. مقبره میرسید (نطنز).



تصویر ۶- نوع دوم یزدی‌بندی (مدرسه چهارباغ اصفهان).

تصویر ۶- نوع اول یزدی‌بندی. راست: ۱. چهارسوق بازار کاشان. چپ: ۲. تیمچه بخشی بازار.

در زمینه مستطیل را نشان می‌دهد که در تصویر (۹. b)، یک رسمی دیگر (رسمی دوازده) روی یکی از عناصر رسمی پیشین رسم شده است (خطوط خط چین) و تصویر یک شمشه ناقص (سینه فخری) را بر روی بدنه کاربردی به وجود آورده است. پس از ترکیب دو رسمی با یکدیگر، در تصویر (۹. c)، با خردکردن دیگر آلت‌های هندسه رسمی اولیه، هندسه کامل ربع تاق یزدی بندی از نوع اول (بدون تخت) بدست می‌آید (۹. d). در نتیجه مشاهده می‌شود که این گونه یزدی از نظر هندسی تا حد زیادی در پی دگرگونی و ترکیب دو یا چند هندسه رسمی بندی و متعاقباً خردکردن آلت‌های هندسی آنها به وجود می‌آید. وجود آلت سینه فخری (شمسه ناقص)، متمایزکننده هندسه این نوع یزدی‌ها و هندسه رسمی بندی است.

۲-۵. نقش سازه‌ای

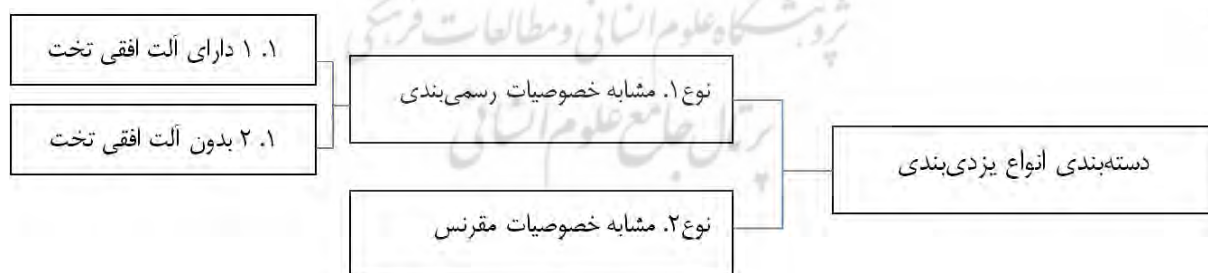
از لحاظ تحمل بار و نقش سازه‌ای به نظر می‌رسد این گونه یزدی‌ها از پایداری و باربری تویزه‌های باربر رسمی تغییر یافته پیروی کنند. بدین معنی که یزدی‌های نوع اول (بدون تخت)، که از تحول یا ترکیب هندسه دو یا چند رسمی بندی به وجود می‌آیند، واجد ویژگی‌های ساختاری و سازه‌ای رسمی بندی زمینه هستند. در اولین نمونه‌هایی که رسمی بندی^{۱۳} در معماری اسلامی ایران مشاهده می‌شود، باریکه تاق‌های متقاطع به عنوان یک نوآوری سازه‌ای جهت تحمل بار گنبد یا تاق ظاهر شده‌اند (Hasheminik, 2008, 18) که از هندسه مقید و انعطاف‌ناپذیری تبعیت می‌کند و می‌توان وظایف ساختمانی برای آنها قایل شد (ویلبر، ۱۳۶۵، ۶۶). از اولین نمونه‌ها می‌توان به مسجد جامع نایین در ایران و مسجد جامع کوردوبا در اسپانیا (Hoag, 1987, 125) اشاره نمود که باریکه تاق‌ها کاملاً نقش سازه‌ای دارند. اما در نمونه‌های جدیدتر، در حالی که معماری گوتیک

اساس وجوه تشابه و افتراق آن با مقرنس و رسمی بندی انجام خواهد شد. تصاویر ۶ و ۷، سه نمونه مختلف یزدی بندی متعلق به بازار کاشان و مدرسه چهارباغ اصفهان را نشان می‌دهد که وجه مشترک هر سه آنها، وجود آلت هندسی سینه فخری است اما دارای ساختار هندسی (دوبعدی و سه‌بعدی) و سازه‌ای متفاوتی هستند. تصویر ۶، یک نوع یزدی بندی متعلق به بازار کاشان را نشان می‌دهد که تحلیل خصوصیات آن نشان می‌دهد اساس هندسه و استراکچر آن برگرفته از رسمی بندی است. این نوع یزدی، از لحاظ آلت‌های تشکیل دهنده به دو نوع تقسیم می‌شود، گونه اول این نوع یزدی بندی، بدون آلت افقی (بدون تخت) (تصویر ۶-۱) و گونه دوم دارای آلت افقی (تخت دار) (تصویر ۶-۲) است. نوع دوم یزدی بندی از لحاظ هندسه، روش ترسیم و روش ساخت خصوصیات متفاوت از یزدی‌های نوع یک و مشابهت بیشتری با مقرنس دارد (تصویر ۷). در ادامه مقاله بر اساس دسته بندی ارائه شده سعی بر ارائه تعریف هندسی و سازه‌ای از یزدی بندی شده است.

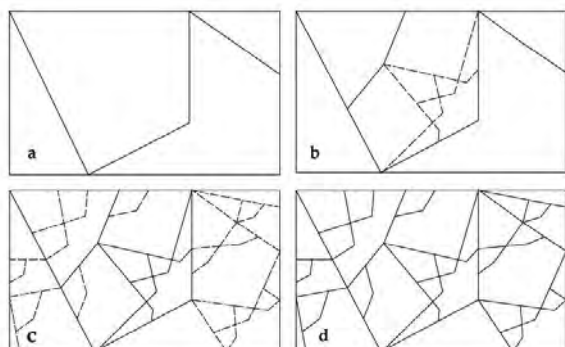
۵. یزدی بندی نوع اول: بدون تخت

۱-۵. ترسیم و آنالیز هندسی

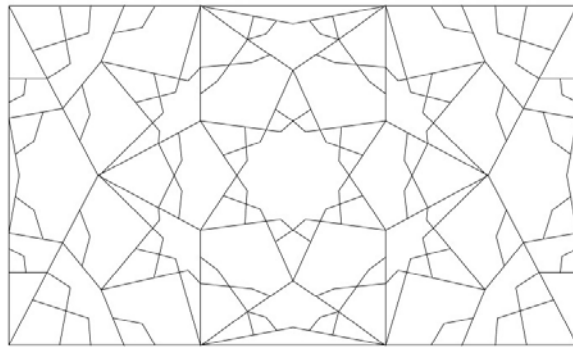
در این گونه یزدی‌ها، سقف از ترکیب واحدهایی پدید می‌آید که خود جزیی از یک یا چند شبکه رسمی است. بخشی از شبکه رسمی که از آن استفاده می‌شود شامل قسمتی از یک شمشه (سینه فخری) و قسمتی از قوس‌های متقاطع می‌شود. در این گونه یزدی‌ها، اغلب پس از خرد شدن آلت‌های رسمی که معمولاً با ترسیم دو یا چند نوع رسمی روی یکدیگر رخ می‌دهد، آلت سینه فخری که مشخصه هندسی یزدی بندی است ساخته می‌شود. تصویر (۹. a)، نقشه ربع تاق رسمی (رسمی شش)



نمودار ۱- دسته بندی انواع یزدی بندی.



تصویر ۹- مراحل ترسیم هندسه یزدی بندی نوع اول (بدون تخت).



تصویر ۸- نقشه کامل تاق یزدی بندی (بقعه امام زادگان طاهر و منصور).

شکل دارد که به نظر می‌رسد جهت پوشاندن آسمانه آن، نیاز به استفاده از تویزه‌های شاقولی در عرض پلان است. از روی خطوط شاقول یزدی‌بندی (خطوط خط چین در تصویر ۱۱) که منطبق بر راستای دو جرز پیش آمده هستند، می‌توان این فرضیه را مطرح کرد که تویزه‌های باربر در پشت کار وجود دارند و اسکلت سازه‌ای سقف را شکل می‌دهند. در نتیجه مطابق نمونه‌ی پیشین، این نمونه کار یزدی‌بندی علاوه بر اینکه به عنوان پوششی بر روی عناصر پنهان سازه‌ای محسوب می‌شود، هندسه آن نیز تحت تاثیر شرایط سازه‌ای بنا شکل گرفته است.

۶. یزدی‌بندی نوع اول: تخت‌دار

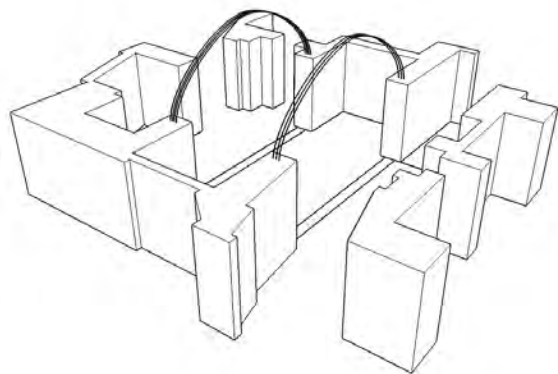
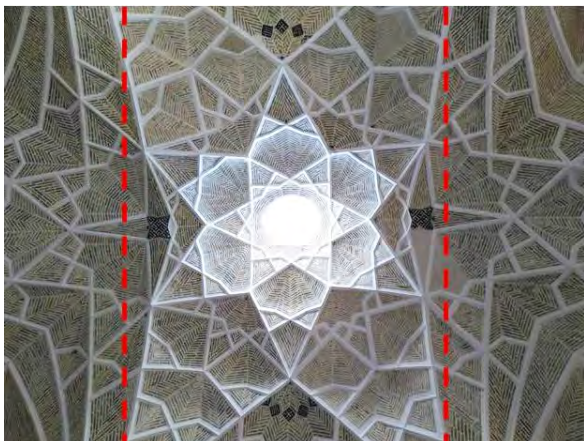
این گونه یزدی‌بندی از لحاظ روش‌های ترسیم، اجرا و خصوصیات هندسی و سازه‌ای، ویژگی‌های متفاوتی با یزدی‌گونه بدون تخت دارد. از لحاظ هندسی این نوع یزدی تشکیل شده از تکرار واحدهای مشابهی (لوزی) است که فضای میان ردیف‌های^{۱۶} حلقوی شکل افقی را می‌پوشانند و عناصر افقی ستاره‌ای شکل میان این واحدهای تکرارشونده قرار می‌گیرند. قابل توجه است هندسه این واحدهای لوزی تکرارشونده در این

تمایل به آشکارسازی اسکلت سازه‌ای بناها دارد، در معماری ایرانی فرم سازه‌ای مستقیماً تحت تاثیر مطلوب زیبایی‌شناسی در معماری است، در نتیجه تمایل به پنهان‌سازی عناصر سازه‌ای که بارگنبدها و تاق‌ها را تحمل می‌کنند، بیشتر می‌شود و آنچه بیننده از پایین مشاهده می‌کند تنها پوسته‌ای تزیینی است. این نوع یزدی‌بندی را می‌توان یکی از روش‌های پرکردن و پوشاندن سطح داخلی باریکه تاق‌های متقاطع که نقش سازه‌ای و با نقش قالب یزدی‌بندی را دارند در نظر گرفت. تصویر ۱۰، فضای پشت پوشش یزدی در مقبره بهاء‌الدین نقش‌بندی^{۱۴} در بخارا را نشان می‌دهد که شامل قالب‌های چوبی و گچی می‌شود که به صورت تویزه‌های دزد^{۱۵} (Smith, 1947, 110) فضای زیرگنبد را دربر می‌گیرد و در نهایت یزدی‌بندی به شکل پوششی گچی یا آجری روی آن را می‌پوشاند. در نتیجه نقش سازه‌ای این نوع یزدی‌بندی می‌تواند به شکل پوششی تزیینی باشد که گاهی مستقیماً بر روی پوسته بنا و یا گاهی نیز مانند تصویر ۱۰، پوششی بر روی عناصر یا تویزه‌های باربر پنهان باشد.

نمونه دیگر یزدی‌بندی که از لحاظ رفتار سازه‌ای قابل توجه است، یزدی‌بندی آسمانه بقعه امام‌زادگان طاهرو منصور در شهر کاشان است. فضای اصلی این بقعه، نقشه‌ای مستطیل



تصویر ۱۰- یزدی‌بندی پوششی بر روی لنگه تاق‌های متقاطع. ماخذ: (Hatice Yazar: Aqa Khan visual archives MIT)



تصویر ۱۱- تصویر سه بعدی از فضای اصلی بقعه امام‌زادگان طاهرو منصور (راست) و پوشش یزدی‌بندی آسمانه آن (چپ).

در مرحله دوم، با توجه به نوع رسمی که یزدی بندی از هندسه آن پیروی می‌کند، خطوط رسمی بندی میان دو لایه ترسیم می‌شوند (تصویر ۱۲. b). در قسمت سوم، تخت‌های ستاره شکل بر روی نقاط تقاطع کمان ردیف‌ها و شبکه شعاعی به گونه‌ای قرار می‌گیرند که با متصل کردن آنها به یکدیگر، واحدهای لوزی شکلی که در تمام پلان یزدی بندی تکرار می‌شوند، به وجود آیند (تصویر ۱۲. c) و در آخر با خرد کردن هندسه لوزی‌ها، شکل هندسی آلت سینه فخری به وجود می‌آیند (تصویر ۱۲. d).

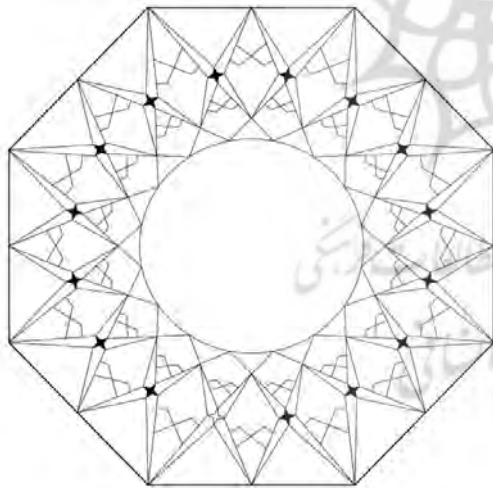
۶-۲. تحلیل هندسه سه بعدی

پیشتر ذکر شد که این نوع یزدی بندی‌ها بر خلاف نوع اول که از خرد کردن هندسه رسمی یا از ترسیم یک یا دو نوع رسمی بر روی یکدیگر به وجود می‌آیند، از تکرار یک واحد مجزا در چند ردیف افقی متفاوت شکل می‌گیرند. این گنبد از چیدمان عمودی یک سری ردیف‌های مدور افقی شکل گرفته است (موسوی، ۱۳۹۰، ۲۸۱)، که مدول‌های لوزی شکل در اندازه‌های مختلف حد فاصل دو یا سه ردیف مجزا را پر کرده‌اند. با بررسی و مقایسه مشاهده می‌شود که هندسه هر کدام از واحدهای تکرار شونده در این نوع یزدی بندی، قسمتی از شمس و قوس‌های متقاطع یک رسمی بندی کامل است (تصویر ۱۴) که با حرکت به سمت بالای گنبد، اندازه هر واحد کوچک‌تر می‌شود. برای نمونه، تصویر ۱۴ مربوط به تیمچه امین الدوله بازار کاشان است که با

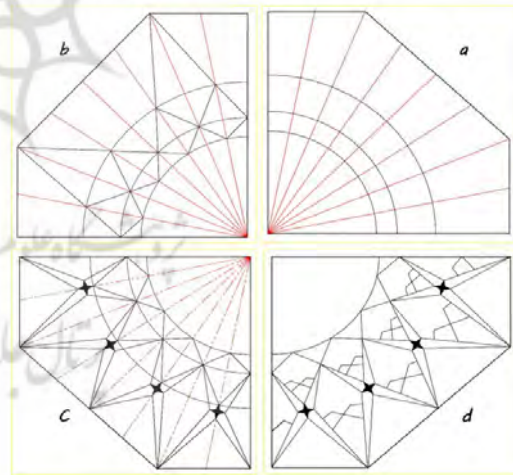
نوع یزدی، از ترسیم یک نوع رسمی بندی به وجود می‌آید که در ادامه به تحلیل یک نمونه پرداخته می‌شود. در میان انواع یزدی بندی‌های مورد مطالعه، این نوع یزدی بندی فراوانی بیشتری نسبت به یزدی بندی نوع اول بدون تخت و یزدی‌های نوع دوم دارد.

۶-۱. روش ترسیم و تحلیل دو بعدی

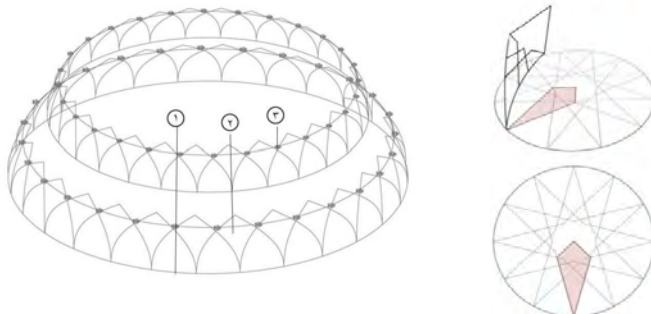
هندسه دو بعدی این نوع یزدی‌ها شامل خطوط مشخص‌کننده ردیف افقی (دوایرهم مرکز)، واحدهای لوزی شکل تکرار شونده و تخت‌های ستاره شکل می‌شود (تصویر ۱۴). در تحلیل پلان این گونه یزدی‌ها باید توجه داشت واحدهای لوزی شکل بر اساس هندسه یک نوع رسمی بندی به وجود می‌آیند و باید به تشخیص نوع رسمی اقتباس شده در ترسیم لوزی‌های تکرار شونده و همچنین ترسیم کمان‌های معرف ردیف‌های افقی و جانمایی تخت‌ها توجه شود. برخلاف یزدی نوع اول بدون آلت افقی تخت، ترسیم این نوع یزدی از ابتدا بر اساس یک شبکه شعاعی شامل خطوط شعاعی به مرکز شمس یزدی بندی و همچنین کمان‌های متحدالمرکز معرف ردیف‌های حلقوی شروع می‌شود (تصویر ۱۲. a). منظور از ردیف‌های افقی شکل، لایه‌هایی در ترازهای ارتفاعی مشخص (فاصله عمودی میان دو تخت) و به شکل دایره متحدالمرکزی است که آلت‌های تخت بر روی آنها قرار گرفته و خطوط بدنه یزدی بندی میان دو لایه قرار می‌گیرند.



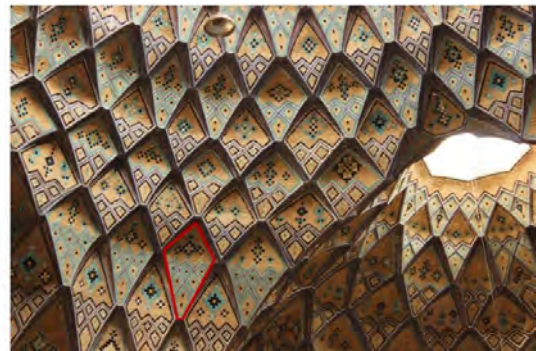
تصویر ۱۳- نقشه کامل یزدی بندی از نوع اول (تخت‌دار).



تصویر ۱۲- مراحل ترسیم هندسه یزدی بندی نوع ۲ (تخت‌دار).



تصویر ۱۵- تحلیل سه بعدی گنبد یزدی بندی: ۱. ردیف‌های حلقوی افقی. ۲. واحدهای لوزی تکرار شونده. ۳. تخت‌های ستاره شکل.



تصویر ۱۴- تحلیل سه بعدی یزدی بندی تیمچه امین الدوله بازار کاشان.

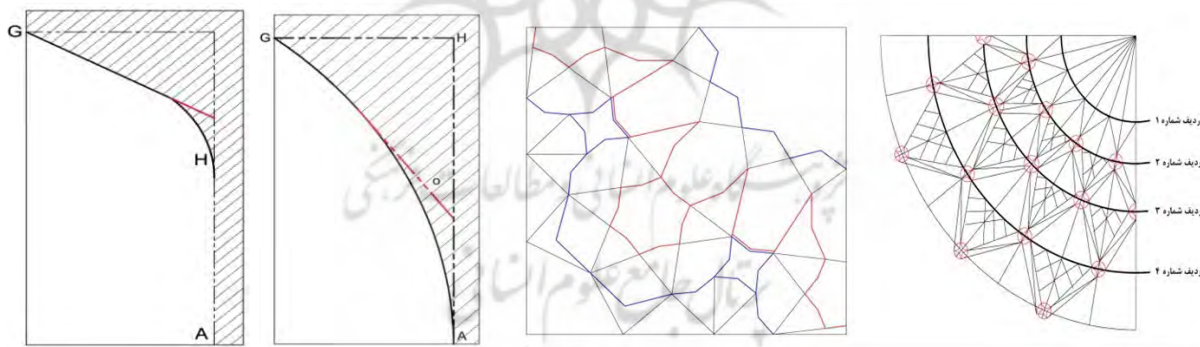
می‌دهد، قوس مبنای واحدهای تکرارشونده در این گونه یزدی، تنها از یک قسمت قوسی شکل (AG) تشکیل شده است.^{۱۸}

۶-۳. نقش سازه‌ای

همانطور که پیش از این بیان شد خصوصیات هندسی و سازه‌ای این نوع یزدی‌بندی (شامل گونه تخت‌دار و بدون تخت) تا حد زیادی تحت تاثیر رسمی بندی است اما وجود آلت افقی تخت در این دسته از یزدی‌ها، باعث بروز خصوصیات هندسی و سازه‌ای متفاوتی برای آنها شده است. آلت‌های افقی ستاره شکل تخت که بر روی ردیف‌های افقی و میان مدول‌های لوزی شکل چیده شده‌اند، باعث شده‌اند که به سبب افقی بودن نتوان هیچ‌گونه امکان تحمل بار را برای این دسته از یزدی‌ها در نظر گرفت. تخت‌ها عبارتند از صفحات افقی در شکل‌های مختلف مانند سه لنگه (مثلث) و چهارلنگه (شعباف، ۱۳۸۵، ۳) که از یک طرف به وسیله ملات به پوسته گنبد متصل می‌شوند و با متصل شدن مدول‌های لوزی شکل به این تخت‌ها، ایستایی واحدهای لوزی شکل یزدی‌بندی تامین می‌شود. به طور کلی دو روش تامین ایستایی در این نوع یزدی مشاهده شده است. در یکی از نمونه یزدی‌بندی‌های مشاهده شده^{۱۹}، ایستایی واحدهای لوزی شکل یزدی‌بندی و همچنین تخت‌ها به وسیله طناب‌هایی که از پیش در تویزه‌های باربر کار گذاشته شده‌اند و یا با استفاده از چوب (تصویر ۱۸) به صورت نیمه معلق تامین شده است در نتیجه در پس لایه تزئینی یزدی‌بندی، تویزه‌های باربر متقاطع وجود دارد که علاوه بر نقش اسکلت‌بندی سازه‌ی بنا، تحمل بار واحدها و اجزای

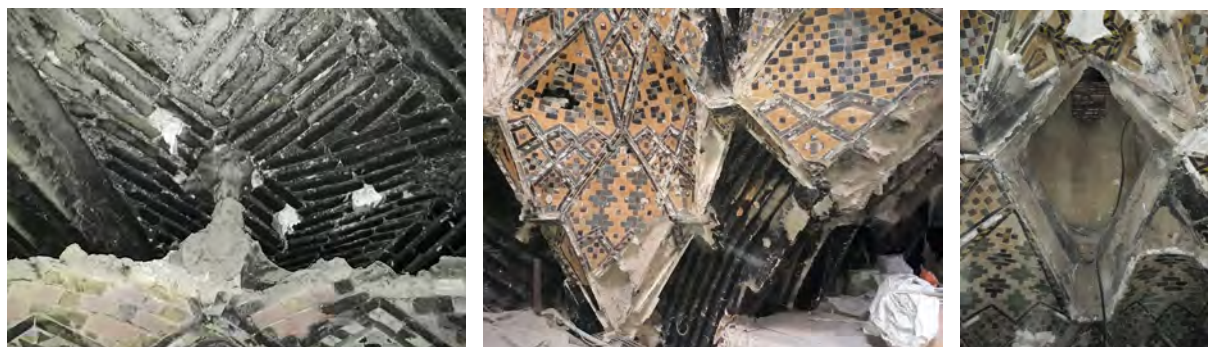
بررسی هندسه واحدهایی که در تمام ردیف‌ها تکرار شده‌اند، می‌توان عنوان کرد این واحدها برگرفته از قسمتی از یک نوع رسمی بندی در زمینه دایره است. در نتیجه هندسه سه‌بعدی این نوع یزدی‌بندی تشکیل شده از هم‌نشینی تعداد زیادی از واحدهای هندسی لوزی شکل است که در چند ردیف افقی تکرار شده‌اند و تخت‌های ستاره شکل میان آنها چیده شده‌اند.

این ویژگی (چیدمان آلت‌های کاربردی در ردیف‌های افقی)، تا حدودی شبیه به خصوصیات هندسی مقرنس است که تشکیل شده از تکرار چند آلت هندسی مشخص است (Kazem-pourfard, 2016, 90) که بر روی ردیف‌های افقی قرار گرفته‌اند. اما وجه تمایز ردیف‌های افقی در این نوع یزدی‌بندی و مقرنس، در شکل هندسه خطوط افقی ردیف‌ها است. در این نوع یزدی، خطوط افقی ردیف‌ها کاملاً به شکل حلقوی و متناسب با فرم گنبد است و از پای کار تا بالای کار از قطر دهانه آن کاسته می‌شود، اما در مقرنس ردیف‌های افقی، شکل هندسی مشخصی ندارند و اصولاً استادکاران مقرنس اصطلاحاً با هدف به "چرخ انداختن"^{۱۷} هندسه مقرنس، خطوط این ردیف‌ها را پیچیده‌تر ترسیم می‌کنند (تصویر ۱۶). وجه تمایز دیگری که نشان‌دهنده شباهت بیشترین نوع یزدی به رسمی بندی است تا مقرنس، تفاوت در ترسیم انحنای قوس مبنای واحدهای تکرار شونده در این نوع یزدی‌بندی و مقرنس است. بر اساس روش پیشنهادی الکاشی در ترسیم انحنای قوس مبنای مقرنس، این قوس (مقرنس) شامل دو قسمت خط عمودی (قدپا) (AH) و قسمت قوسی (GH) می‌شود (تصویر ۱۷)، اما تحلیل هندسی این نوع یزدی‌بندی نشان



تصویر ۱۷- قوس مبنای مقرنس (راست) به استناد ترسیم الکاشی (Dold, 2004, Samplonius et al.) و قوس مبنای یزدی‌بندی.

تصویر ۱۶- مقایسه خطوط ردیف‌های یزدی‌بندی (شکل راست) و مقرنس (خطوط پرنگ نشان‌دهنده هریک از ردیف‌ها است).



تصویر ۱۸- شیوه کلاف‌کشی، تویزه‌های باربر پنهان و طرز آویز شدن واحدهای تشکیل دهنده یزدی‌بندی.

(US, 1992). نوع اول آن ساده‌ترین نوع مقرنس است که مانند آنچه در تخت سلیمان یافت شد (Harb, 1978, 30)، تنها از خطوط مستقیم و شبکه راست گوش مستطیل یا سه‌گوش انتظام پیدا می‌کند و عناصر افقی در هندسه آنها دیده نمی‌شود و همچنین چهارمین نوع مقرنس که الکاشی از آن با عنوان مقرنس شیرازی یاد می‌کند متاخرترین و پیچیده‌ترین نوع مقرنس از لحاظ هندسی است. با تحلیل هندسی مقرنس شیرازی مشاهده می‌شود مقرنس شیرازی بر خلاف سه نوع دیگر مقرنس، بر اساس یک چیدمان شعاعی انتظام پیدا می‌کند و عناصر افقی ستاره‌ای شکل آن که در دیگر انواع مقرنس وجود ندارند، بر روی این شعاع‌های ترسیم قرار می‌گیرند (Wilber & Golombek, 1988) و تنوع عناصر سازنده آن بیشتر است (Hoeven & Veen, 2010, 21). این نوع یزدی بندی از لحاظ چیدمان شعاعی و وجود آلت تخت، و همچنین وجود ردیف‌های افقی^{۲۱} در ساختار کلی تحت تاثیر مقرنس شیرازی است. علاوه بر این، ساختار ردیف‌های افقی یزدی بندی نوع دوم، برخلاف ساختار ردیف‌های افقی یزدی بندی نوع اول (تخت دار)، همانند مقرنس هندسه‌ای پیچیده‌تر دارند (تصویر ۱۶). روش ساخت و تمهیداتی که جهت ایستایی این نوع یزدی بندی به کار می‌رود، همانند مقرنس، به روش ردیف‌های معلق^{۲۲} (Yaghan, 2011, 247) است. همانطور که در تصویر (۲۲-۱) دیده می‌شود، در این روش ساخت، ابتدا ردیف‌های معلق در ترازهای ارتفاعی معین نصب می‌شوند و از پشت کار به کمک چوب یا ماده‌ای که تحمل بار کششی داشته باشد^{۲۳} برافراشته می‌شود و سپس دیگر آلت‌های کاربردی بر روی ردیف‌ها مستقر می‌شوند. شباهت دیگر این نوع یزدی بندی و مقرنس، در روش ترسیم قوس مبنای آنهاست.

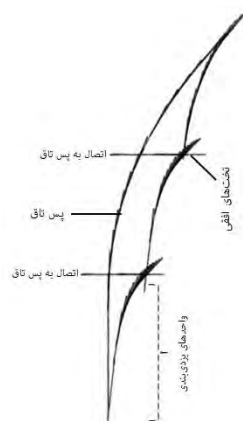
نیمه معلق یزدی بندی را نیز برعهده دارند. مشابه این چنین تمهیداتی را می‌توان در تاملین ایستایی مقرنس‌ها نیز مشاهده کرد^{۲۴}. در نمونه‌های دیگر این نوع یزدی بندی، واحدها و اجزای کار، مستقیماً به پوسته گنبد متصل شده‌اند و با اتصالات ملاتی ایستایی آنها تامین شده است (تصویر ۱۹).

۷. یزدی بندی نوع دوم

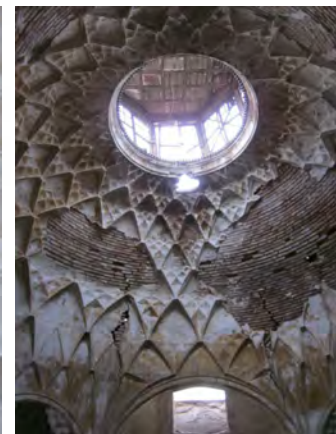
پس از بررسی هندسی و نقش سازه‌ای یزدی بندی های نوع اول، یک نوع یزدی بندی دیگری در بناهای معماری ایرانی به چشم می‌خورد که بعضی خصوصیات یزدی های نوع اول (تخت دار) در آن قابل مشاهده است. اما بر خلاف یزدی های نوع اول، که بر پایه خرد کردن آلت‌های رسمی یا از تغییر و تحول آن شکل گرفته بودند، این کار تا حد زیادی به مقرنس شباهت دارد. وجود آلت هندسی سینه فخری و خرد شدن آلت‌های کار (تصویر ۲۱) که از خصوصیات مشترک این دو نوع یزدی بندی است و در دیگر انواع کاربردی دیده نمی‌شود، دلیل اطلاق نام یزدی بندی به این نوع کاربردی است. از جمله نمونه‌های این گونه یزدی بندی می‌توان به مدرسه چهارباغ اصفهان، حجره‌های اطراف میدان نقش جهان و سردر حمام گنجعلی خان کرمان اشاره کرد.

۱-۷. بررسی هندسی و سازه‌ای

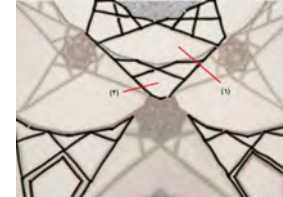
کاشانی، مقرنس‌ها را برطبق ویژگی‌های هندسه و استراکچر به چهار نوع اصلی دسته‌بندی کرده است (Dold-samploni -



تصویر ۲۰- برش عمودی نشان‌دهنده جزئیات اتصال یزدی بندی به پس تاق.



تصویر ۱۹- تصویر قبل و بعد از مرمت یزدی بندی خانه ناصرالدین میرزا تهران.



تصویر ۲۱- یک نمونه از یزدی نوع دوم. (۱): آلت سینه فخری. (۲): آلت‌های هندسی خرد شده. تصویر ۲۲- از راست: ۱. ساخت مقرنس به روش ردیف‌های معلق. ۲. یزدی بندی حجره‌های مدرسه چهارباغ اصفهان. ۳. سازه پنهان پشت ردیف‌های معلق. مآخذ: (Galdieri, 1979, 105).

برخلاف یزدی نوع اول، قوس مبنای این نوع یزدی‌بندی همانند مقرنس از دو بخش عمودی (قدپا) و بخش قوسی تشکیل شده

است (تصویر ۱۷). همین شباهت باعث شده است بسیاری از محققین به اشتباه از این نوع یزدی به عنوان مقرنس یاد کنند.

نتیجه

عنوان تنها آلت افقی در میان دیگر آلات کاربردی، تاثیر زیادی بر نقش سازه‌ای یزدی‌بندی دارد. در نمونه‌های بدون تخت، هندسه یزدی‌بندی در اثر خرد شدن هندسه یک رسمی به وجود می‌آید و نقش سازه‌ای آن بر حسب رفتار سازه‌ای رسمی می‌تواند سازه‌ای یا به صورت پوششی تزئینی ظاهر شود. اما گونه دوم به علت داشتن عناصر افقی به به نظر می‌رسد کاملاً رفتار تزئینی داشته باشد و نمی‌توان قابلیت تحمل بار برای آنها قایل بود. در مراحل ترسیم هندسه دوبعدی این گونه، از یک یا چند نوع رسمی استفاده شده است و همچنین هندسه سه‌بعدی آنها از چیدمان واحدهای لوزی شکل تکرار شونده و تخت‌های ستاره شکل تشکیل شده است که بر روی ردیف‌های حلقوی شکل قرار دارند و ایستایی آنها در اثر اتصال تخت‌ها به پس‌تاق (گنبد) تامین شده است. قابل توجه است هندسه واحدهای لوزی شکل در این گونه، برگرفته از قسمتی از قوس‌های متقاطع و شمشه‌ی یک رسمی کامل است. نوع دوم یزدی‌بندی شامل یزدی‌هایی می‌شود که خصوصیات هندسی و سازه‌ای آنها شباهت بیشتری به مقرنس دارند اما همچنان آلت سینه فخری در هندسه آنها مشاهده می‌شود. در این نوع یزدی که مصادیق آن از نوع اول کم‌تر یافت می‌شود، همانند مقرنس، دارای ردیف‌های افقی معلقی هستند که به کمک عناصر پنهان از پس‌تاق آویز شده‌اند. همچنین قوس مبنای آلت سینه فخری این نوع یزدی‌بندی بر خلاف نوع اول، همانند مقرنس از یک قوس دو قسمتی تشکیل شده از خط عمودی (قدپا) و قسمت قوسی تشکیل شده است.

پوشش یزدی‌بندی در کنار رسمی‌بندی، کاسه‌سازی و مقرنس، یکی از انواع کاربردی در معماری آسمانه بناهای ایرانی است. شرط اطلاق یزدی‌بندی به یک کار، وجود آلت هندسی "سینه فخری" در نظر گرفته شده است و با این فرض، می‌توان دو آسمانه کاربردی در شبستان جنوبی مسجد جامع اصفهان و همچنین هشتی ورودی مسجد جامع یزد را به عنوان خاستگاه شکل‌گیری هندسه پوشش یزدی‌بندی معرفی کرد که از آنها با اصطلاح "شبه یزدی‌بندی" نام برده شده است. در این دو نمونه، برای اولین بار بر اثر خرد شدن هندسه آلت‌های کار، هندسه آلت سینه فخری که مشخصه اصلی یزدی‌بندی است و در تمامی مصادیق قابل مشاهده است، به وجود آمده است. با آنالیز هندسی و سازه‌ای نمونه‌های مشاهده شده، می‌توان این نظریه را مطرح کرد که در عنصر یزدی‌بندی، از تغییر، تحول و یا اقتباس هندسی و یا ساختار سازه‌ای رسمی‌بندی یا مقرنس به وجود آمده است و وجه مشترک همه‌ی نمونه‌های برداشت شده و همچنین شرط لازم یزدی‌بندی تلقی کردن یک کار، وجود آلت هندسی سینه فخری است. در نتیجه دسته‌بندی انواع یزدی‌ها نیز بر اساس وجوه شباهت آنها با رسمی‌بندی و مقرنس انجام پذیرفته شده است. نوع اول یزدی‌ها، در هندسه دو بعدی، سه بعدی و خصوصیات سازه‌ای شباهت بیشتری به رسمی‌بندی دارند و به نظر می‌رسد بر اثر تغییر و تحول آن به وجود آمده است. این نوع یزدی‌ها از نظر هندسی به دو نوع تخت‌دار و بدون تخت تقسیم می‌شوند. وجود عنصر تخت به

پی‌نوشت‌ها

6 Sunburst Medallion.
۷ Pseudo Yazdi-Bandi. منظور از شبه یزدی‌بندی، اولین نمونه‌های کاربردی است که خصوصیات شبیه به یزدی‌بندی در آنها قابل مشاهده است اما نمی‌توان از آنها به عنوان یزدی‌بندی یاد کرد.
۸ این نتیجه‌گیری (آلت سینه فخری = شناسه یزدی‌بندی) در پی بررسی حدود پنجاه نمونه یزدی‌بندی در بناهای مختلف بدست آمده است.
۹ این جدول موارد برداشت و مشاهده شده توسط نگارندگان مقاله را شامل می‌شود و تنها برای نشان دادن نسبت فراوانی یزدی‌بندی در چهار شهر مورد نظر بیان شده است.
۱۰ اوزن گالدیری سرپرست کارهای مرمتی موسسه شرق‌شناسی (ایسمئو) ایتالیا در دهه ۶۰ میلادی در ایران بود. وی در کتاب مسجد جامع اصفهان، برای شناخت بهتر و سهولت کار، هر چشمه از تاق‌های مسجد جامع اصفهان را با عدد شماره‌گذاری کرده است.
۱۱ این احتمال با در نظر گرفتن کتیبه بنای سردر حمام گنجعلی خان کرمان (متعلق به اوایل سده یازدهم هجری) که نام معمار آن سلطان محمد یزدی ذکر شده است، پررنگ‌تر می‌شود. قابل ذکر است طی پژوهش‌های نویسندگان

۱ لوح گچی یافت شده در مجموعه تخت سلیمان، قدیمی‌ترین نقشه به جا مانده مقرنس مربوط به دوره ایلخانیان است. این نقشه لوحه‌ای است گچی به طول ۵۰ سانتی‌متر حاوی تصویری یک ربع تاق مقرنس که در حفاری آلمانی‌ها در تخت سلیمان بدست آمده است.
۲ طومار تویقایی مربوط به دوره تیموری و نقشه‌های منسوب به میرزااکبر، معمار دربار ایران در دوره قاجار، دو سند کم نظیر در خصوص کاربردی و تزئینات گره معماری اسلامی ایران محسوب می‌شود که در موزه تویقایی استانبول و موزه ویکتوریا و آلبرت انگلستان نگهداری می‌شوند.
3 Domes Internal Decorative Elements.
۴ غیاث‌الدین جمشید کاشانی از دانشمندان و ریاضی‌دانان ایرانی در سده نهم (۸۳۲-۷۹۰ هجری) است. وی در کتاب خود با عنوان "مفتاح الحساب"، در مبحث هندسه پس ذکر مساحت اشکال مختلف هندسی و موارد استفاده‌ی آنها، قسمتی را هم به مساحت ابنیه و عمارات اختصاص داده است.
۵ Pseudo Muqarnas، منظور از شبه مقرنس، نمونه‌های نخستین مقرنس در معماری ایران است که هندسه‌ای ساده‌تر از مقرنس‌های متاخرتر دارند (Kazempour, 2016, 90).

معماریان، غلامحسین (۱۳۹۱)، *معماری ایرانی: نیارش*، جلد اول، انتشارات نغمه نو اندیش، تهران.

محمدیان منصور، صاحب و سینا فرامرزی (۱۳۹۰)، *گونه‌شناسی و تدوین ساختار هندسی کاربردی در معماری ایران، هنرهای زیبا - معماری و شهرسازی*، شماره چهل و هشتم، صص ۹۷-۱۰۹.

مفید، حسین و مهناز رییس‌زاده (۱۳۸۴)، *احیای هنرهای از یاد رفته*، انتشارات مولی، تهران.

موسوی، فرشید (۱۳۹۰)، *روند شکل‌گیری فرم، مترجمان: فرناز نظری، میلاد میانجی*، انتشارات علم معمار روبال، تهران.

نجیب‌اوغلو، گلرو (۱۳۷۹)، *هندسه و تزئین در معماری اسلامی، برگردان: مهرداد قیومی بیدهدنی*، انتشارات روزنه، تهران.

ویلبر، دونالد (۱۳۶۵)، *معماری ایران در دوره ایلخانیان*، ترجمه عبدالله فریار، انتشارات علمی فرهنگی، تهران.

Dold-Samplonius, Yvonne (1992), *Practical Arabic Mathematics: Measuring the Muqarnas by Al-Kashi*, *Centaurus*, 35, pp. 242-193.

Dold-Samplonius, Y & Harmsen, S. Krömker (2004), *Muqarnas, Construction and Reconstruction*. In K. Williams & F.D Cepeda, eds. *Nexus: Architecture and Mathematics*, Florence, Kim Williams books, pp. 69-70

Galdieri, Eugenio (1984), *Esfahan: Masgid-i Gum'a*, IsMeo, Rome.

Galdieri, Eugenio (1979), *Esfahan: Ali Qapu (An architectural Survey)*, Ismeo, Rome.

Golombek, Lisa and Donald Wilber (1988), *The Timurids architecture of Iran and Turan*, Princeton University press, Princeton N.J.

Harb, Ulrich (1978), *Ilkhanidische Stalaktiten gewölbe: Beiträge zu Entwurf und Bautechnik*, Reimer, Berlin.

Harmsen, S; Jungblut, D & Krömker, S (2007), *Seljuk Muqarnas along Silk Road*, Zentrum für Wissenschaftliches Rechnen der Universität Heidelberg, pp. 1-11.

HashemiNik, Reza (2008), *Evolution, Taxonomy and Terminology of Rasmi*, Master of Architecture Thesis, University of Technology (UTM), Malaysia.

Hoag, John (1987), *Islamic Architecture*, Electa Editrice, Milan.

Hoeven, S & Veen, M (2010), *Muqarnas: Mathematics in Islamic art*, Seminar Mathematics in Islamic Arts. Utrecht University, Faculty of Science, Department of Mathematic.

Kazempourfard, Hamidreza (2016), *The Evolution of Muqarnas in Iran*, Publisher: Supreme Century, Reseda, Ca, USA.

Nejad ebrahimi, Ahad; Aliabadi, M & Aghaei, S (2013), *Domes Decorative Elements in Persian Architecture*, Alam Cipta, University of Putra Malaysia, Vol(2), pp. 113-127.

Notkin, Iosif Isakevic (1995), *Decoding Muqarnas Drawings by a Sixteenth-Century Bukharan Master Builder Muqarnas*, *Muqarnas: an Annual on Islamic Art and Architecture*, Vol. 12, pp. 148-71.

Smith, Mayron. B (1947), *The vault in Persian architecture: a provisional classification with notes on construction*, Johns Hopkins University, Baltimore.

Pope, Arthur. U (1977), *Architectural Ornament*, In A. U. Pope & P. Ackerman, eds. *A survey of Persian Art*, Tehran, Soroush Press, pp. 1258-364.

Tabba, Yasser (1985), *The Muqarnas dome: Origins and Meaning*, *Muqarnas: an annual on Islamic Art and Architecture*, Vol. 3, pp. 61-74.

Yaghan, M.A (2011), *Self-supporting "Genuine" Muqarnas Units*, *Architectural Science Review*, Taylor & Francis, pp. 245-256.

Yazar, Hatice. Aqa Khan visual Archives MIT. <http://archnet.org/library/images>.

این مقاله، اصطلاح یزدی بندی در متون تاریخی مشاهده نشده است.

۱۲ Fragmentation، منظور از خرد شده، تقسیم یک آلت هندسی کاربردی به آلت‌هایی با هندسه ریزتر است. اغلب هنگامی که اندازه و ابعاد یک آلت هندسی کاربردی از نظر تناسب با دیگر اعضا متفاوت می‌شود، آن آلت به آلت‌های ریزتر خرد می‌شود تا هندسه همه‌ی آلت‌های کاربردی در تناسب باشند.

۱۳ اصطلاح رسمی بندی، دروازان معماری غرب با اصطلاحاتی نظیر "Ribbed Vaults" یا "Crossed Arches" به معنای قوس‌های متقاطع معرفی می‌شود.

۱۴ محمد بهاء‌الدین نقشبند بخاری از عارفان سده هشتم هجری (۷۱۸-۷۹۱ هجری) از بنیان‌گذاران طریقتی به نام نقشبندیه است. مقبره او در شهر بخارا واقع است.

۱۵ Crypto Arches، منظور از تویزه‌های دزد، باریکه تاق‌های پنهانی هستند که ممکن است در پس یک کاربردی وجود داشته باشند. در این مواقع باریکه تاق‌ها نقش تحمل بار و کاربردی نقش تزئینی به خود می‌گیرد. در یکی از قدیمی‌ترین منابع مرتبط با تاق‌های ایرانی در این خصوص صحبت به میان آمده است (Smith, 1947).

۱۶ Tiers، منظور از ردیف‌ها، ترجمه‌ای است که از واژه در Tier در منابع خارجی شده است.

۱۷ منظور از به چرخ انداختن هندسه مقرنس، پیچیده‌تر شدن هندسه مقرنس به کمک پس و پیش کشیدن خطوط ردیف‌ها (دم قطارها) است.

خطوط ردیف‌های مقرنس همانند این نوع یزدی بندی معمولاً حلقوی نیست. جهت مطالعه بیشتر در مورد قوس مینای مقرنس به کتاب "مفتاح الحساب" نوشته الکاشی و تصحیح علیرضا جذبی مراجعه شود.

۱۸ منظور از این نمونه، تیمچه صدرالاعظم بازار تهران است که به دلیل فرو ریختن قسمت‌هایی از تاق یزدی بندی آن، امکان مشاهده پشت کار و اتصالات سازه‌ای آن وجود دارد.

۱۹ تفاوت ایستایی این نمونه یزدی بندی (تیمچه صدرالاعظم) با مقرنس‌های ایرانی، در نحوه آویزان بودن واحدهای تشکیل دهنده است.

واحدهای این نوع یزدی به طور کامل آویز نیستند بلکه واحدها در قسمت‌های پایین تر به وسیله ملات به پس تاق متصلند و در قسمت‌های بالایی که خیز کار بیشتر می‌شود، با استفاده از طناب ایستایی آنها به طورت نیمه معلق تامین شده است در صورتی که مقرنس‌های ایرانی به طور کامل آویز هستند.

۲۰ منظور از ردیف‌های افقی، قطارهای مقرنس است.

۲۱ Suspended Layer، ردیف‌های معلق، بر خلاف ردیف‌های یزدی بندی نوع اول (تخت‌دار) که به پس تاق چسبیده بود، به کمک سازو یا هر وسیله کششی دیگر از پس تاق آویز می‌شود.

۲۲ در این خصوص معمولاً از وسیله‌ای به نام سازو که از لیف خرما تهیه شده و در مقابل موریانه مقاوم است استفاده می‌شود.

فهرست منابع

بزرگمهری، زهره (۱۳۸۵)، *هندسه در معماری ایران*، انتشارات سازمان میراث فرهنگی کشور، تهران.

پورنادری، حسین (۱۳۷۹)، *شعریاف و آثارش (جلد دوم گره و کاربردی)*، سازمان میراث فرهنگی کشور (پژوهشگاه)، تهران.

ریبسی، مهدی؛ محمدرضا بمانیان و فرهاد تهرانی (۱۳۹۰)، *بازنگری در مفهوم کاربردی بر مبنای هندسه نظری، عملی و نقش ساختمانی، مرمت و معماری ایران*، شماره پنجم، ۳۳-۵۴.

شعریاف، اصغر (۱۳۷۹)، *گره و کاربردی*، انتشارات سازمان میراث فرهنگی، تهران.

شعریاف، اصغر (۱۳۸۵)، *گزیده آثار استاد اصغر شعریاف، گره و کاربردی*، به اهتمام مهدی مکی‌نژاد، فرهنگستان هنر، تهران.

کاشانی، غیاث‌الدین جمشید (۱۳۶۶)، *رساله طاق و ازج*، ترجمه و تحشیه: علیرضا جذبی، انتشارات سروش، تهران.

لرزاده، حسین (۱۳۵۸)، *احیای هنرهای از یاد رفته*، به کوشش محمد خواجه‌ای، بی‌جا.