نشریه هنرهای زیبا- معماری و شهرسازی • شماره ۴۸ • زمستان ۱۳۹۰

گونه شناسی و تدوین ساختار هندسی کاربندی در معماری ایران

صاحب محمدیان منصور*[۱]، سینا فرامرزی[۲]

[۱] مربی دانشکده هنر و معماری، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.

[۲] دانشجوی کارشناسی ارشد معماری، دانشکده هنر، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

(تاریخ دریافت مقاله: ۹۰/٤/۱، تاریخ پذیرش نهایی: ۹۰/۱۰/۳)

چکیده:

کاربندی یکی از الگوهای اصیل و کهن در معماری ایران و حاصل شناخت معماران ایرانی نسبت به علم هندسه و ریاضیات پیشرفته است. باززنده سازی این الگو مستلزم شناخت کافی نسبت به تمامی ابعاد موضوع نظیر گونه شناسی، شناخت ویژگی‌های هندسی، ساختاری و اجرایی آن است. در این راستا در این مقاله سعی شده است به گونه شناسی کاربندی پرداخته شود و در ضمن این گونه‌شناسی نیز به تدوین ساختار هندسی کاربندی رسمی در قالب جدول هندسی/ حسابی پرداخته شود. از آنجا که این تحقیق به کمک سامانه‌های صوری-ریاضی انجام شده و به میزان زیادی به گزاره‌های قاعده‌مند وابسته می‌باشد، لذا روش تحقیق این پژوهش روش استدلال منطقی است. در این مقاله ابتدا به تاریخچه کاربندی سپس تعاریف اصطلاحات تخصصی و در نهایت نیز به گونه‌شناسی انواع کاربندی پرداخته شده است. یکی از یافته‌های این مقاله تدوین ساختار هندسی کاربندی رسمی است که قابلیت سامان دهی تمامی مصادیق مربوطه را دارد، از دیگر یافته های این مقاله، معرفی و نامگذاری کاربندی رسمی منفرد دو پا، کاربندی رسمی مرکب، کاربندی رسمی خاص و همچنین معرفی گونه کاربندی غیر ساده و پنج زیر شاخه آن یعنی، کاربندی پرور، سوار، دو چفدی، گسترش و درون زا می باشد که تاکنون کمتر مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

واژه های کلیدی:

کاربندی، رسمی بندی، هندسه، معماری ایران.

*نویسنده مسئول: تلفن: ۰۸۱۱-٤۲۲۰٤٦٥، نمابر: ۰۸۱۱-٤۲۲۷۸٥۲، E-mail: mansoor@basu.ac.ir.

مقدمه

مسئله انتقال سطح مربع شکل به دایره یکی از مسائل مهم ساختمانی در تاریخ معماری جهان است. از جمله مصادیق نمود این مسئله الگوی ساختمانی گنبدخانه است که در معماری ایران قبل از دوره اسلامی تاکنون مورد استفاده می باشد و از اولین نمونه های جسورانه و با شکوه آن می توان به کاخ بزرگ شاپور و تالار تشریفات آن با گنبدی شلجمی یاد کرد. چارطاقی ها نیز از دیگر مصادیق بارز این الگو می باشند. گنبدخانه در دوران اسلامی جایگاه شاخصی یافت و در روزگار سلجوقیان [به یکی از عناصر اصلی مساجد ایرانی مبدل شد]. الگوی ساختمانی گنبدخانه در معماری ایرانی به سه ناحیه متمایز از یکدیگر قابل تفکیک است(هوف ،۱۳۷۹، ۴۰۳) .

۱)منطقه چهار گوش ۲) منطقه انتقالی (چپیره) ۳)گنبد

این الگوی ساختمانی به دلیل کثرت استفاده توسعه فراوانی یافت و به تبع آن ناحیه انتقالی نیز تنوع بسیاری پیدا نمود و روش‌های متعددی در این ناحیه انتقالی ابداع شد. از جمله این شیوه های انتقالی می توان به ترمبه تخت، ترومبه، پتکانه، مقرنس، دمغازه، سکنج، طاق بندی و کاربندی (پیرنیا، ۱۳۷۰-۵۴، ۱۵) اشاره کرد.

در این میان کاربندی[1] پیشرفته ترین شیوه انتقالی و حاصل شناخت معماران ایرانی نسبت به علم هندسه و ریاضیات پیشرفته است. مطالعاتی که سال های اخیر روی رابطه میان ریاضیات و هندسه و هنر ایرانی صورت گرفته است حاکی از این است که هنرمندان مسلمان ایرانی در قرون میانی پیشرفت های شگرفی در ریاضیات و هندسه داشته اند (Lu, 2007, 1106).

با توجه به قابلیت های هندسی و سازه ای که در کاربندی مشهود است، این الگو در ادوار مختلف تاریخ ایران توسعه فراوانی نموده و گونه های فراوانی از آن منشعب شده است. در این مقاله سعی شده است تا در خصوص گونه شناسی و تدوین ساختارهندسی کاربندی مطالبی ارائه گردد.

۱)تاریخچه کاربندی

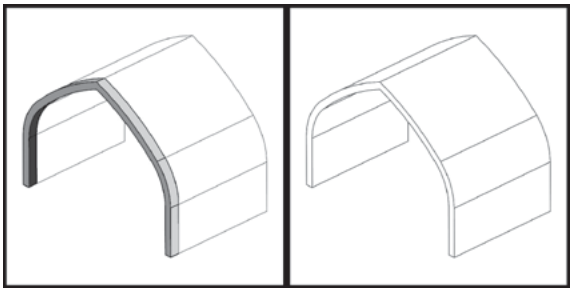
تا قرن سوم هجری قمری در ایران نمونه‌ای از کاربندی باقی نمانده است(بزرگمهری، ۱۳۸۵، ۵). اولین نمونه‌ی کاربندی که تا امروز شناسایی شده در مسجد جامع شیراز متعلق به دوره صفاریان (۲۶۲ ه. ق، قرن نهم میلادی) است، این نمونه، از کاربندی[2] موجود در مسجد قرطبه(کوردوبا) اسپانیا که در قرن دهم میلادی (Grube,1978,125) ساخته شده نیز کهن‌تر است. از قرن چهارم نمونه های متکامل تری از کاربندی به جای مانده است، در مسجد جامع نایین (۳۴۹ ه. ق) چند کاربندی در بالای محراب، مقصوره و در ایوان شمالی وجود دارد. در مسجد جامع اردستان و مسجد جامع اصفهان نیز در همین دوره نمونه‌هایی وجود دارد. در قرن پنجم در شبستان شرقی گنبد خواجه نظام‌الملک مسجد جامع اصفهان کاربندی به کار رفته است. در قرن ششم در گنبد چهل دختران یزد، گنبد سلطان سنجر مرو و گنبد مقبره شیخ احمد جام کاربندی به کار رفته است. تقریباً از قرن هفتم هجری قمری، بعد از حمله مغول‌ها به ایران و نیاز شدید به ساخت و ساز، کاربندی به دلیل قابلیت‌های منحصر به فرد به صورت فراگیر در تمام نقاط ایران استفاده شده است.

تا قبل از این دوره کاربندی فقط به صورت سازه‌ای مورد استفاده قرار می گرفت، اما بعد از این دوره هم به صورت سقف باربر اصلی و هم به صورت سقف آمودی و کاذب به کار رفته است (بزرگمهری، ۱۳۸۵، ۷).

۲)تعاریف

۲-۱) تیرطاق (تویزه[3])

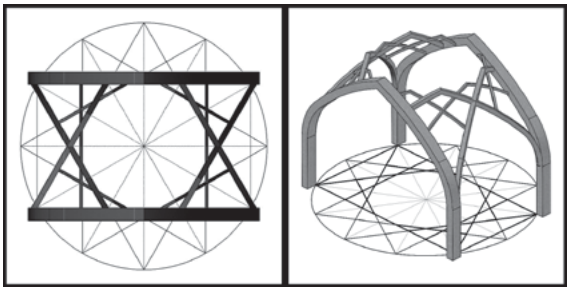
باریکه‌ای از طاق را تیر طاق، لنگه طاق یا تویزه می‌گویند. (تصویر۱)



تصویر ۱- طاق و تیر طاق.

۲-۲) کاربندی

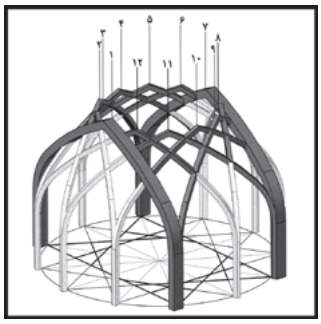
کاربندی نوعی پوشش است متشکل از تیر طاق هایی با قوس معین که تحت قواعد هندسی ویژه ای همدیگر را قطع می‌کنند(تصویر۲)(بزرگمهری، ۱۳۸۵، ۱).



تصویر۲- تصویر سه بعدی و پلان کاربندی.

۲-۳) اضلاع کاربندی

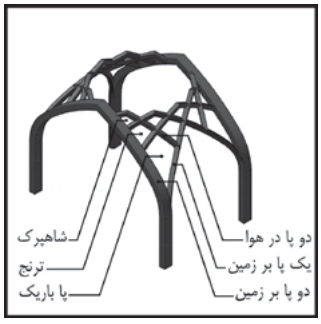
تعداد تیر طاق های تشکیل دهنده کاربندی را اضلاع کاربندی می‌گویند. در تصویر ۳ تعداد تیر طاق های تشکیل دهنده کاربندی ۱۲ عدد است، بنابراین به آن کاربندی ۱۲ گفته می شود.



تصویر۳- کاربندی۱۲.

۲-٤) اجزای کاربندی

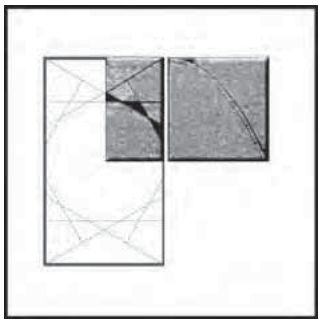
اجزای کاربندی را می توان از دو حیث بررسی نمود. اول از جهت سطوح مابین تیر طاق ها، که در اصطلاح به آنها آلت های کاربندی می گویند و دوم از جهت نوع تیر طاق های بکار رفته در کاربندی. آلت های کاربندی چنانچه در تصویر ٤ نشان داده شده عبارتند از: شاهپرک، ترنج و پا باریک (رئیس زاده، مفید، ۱۳۷٤، ۳۳) و انواع تویزه ها نیز، چنانچه در تصویر٤ نشان داده شده است، عبارتند از: دو پا بر زمین، یک پا بر زمین و دو پا در هوا.



تصویر۴- اجزاء کاربندی - ترسیم: نگارندگان.

۲-۵) طریقه ترسیم کاربندی

بر اساس شواهد موجود در طومارهای متعلق به میرزا اکبر، معمار دوره قاجار، که هم اکنون در موزه ویکتوریا و آلبرت لندن موجود می باشد، در گذشته برای معرفی و رسم کاربندی از تصویر پلان استفاده شده است. در بعضی از این تصاویر پلان کامل کاربندی و در بعضی نیز یک چهارم پلان کاربندی ارائه شده است. معمولاً در مجاور پلان، تصویری نیز از نمای قوس سازنده تیر طاق آورده شده است (نجیب اوغلو، ۱۳۷۹، ۲۱). در دوره های بعد نیز روش استفاده از تصویر پلان مرسوم بوده است، در حال حاضر نیز تقریباً از همین شیوه استفاده می شود.



تصویر۵- کاربندی رسمی منفرد یک پا {۱۲/۴} ، نسخه خطی شماره ۳۳، قرن ۱۲، ۱۳، موزه ویکتوریا و آلبرت لندن. ماخذ: (نجیب اوغلو، ۱۳۷۹، ۲۱- با اندکی تصحیح)

۳) گونه شناسی کاربندی

بر اساس مطالعات و بررسی های صورت گرفته در اسناد و کتب معماری و مشاهدات میدانیِ مصادیق واقعی، کاربندی به دو شاخه ساده و غیر ساده قابل تقسیم است.

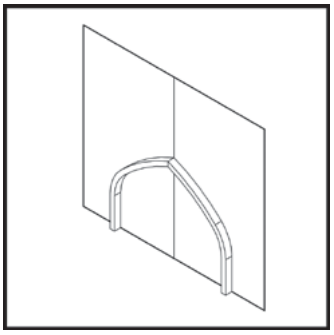
۳-۱)کاربندی ساده

کاربندی ساده از دَوَران تنها یک نوع تیر طاق حول محیط دایره ایجاد می شود. کاربندی ساده خود به دو شاخه کاربندی رسمی (قالب شاقولی) و کاربندی سرسفت (قالب غیر شاقولی) تقسیم می شود.

۳-۱-۱) کاربندی رسمی (قالب شاقولی)[٤]

کاربندی رسمی پرکاربرد ترین و مرسوم ترین گونه کاربندی است و به همین دلیل به آن رسمی گفته می‌شود.

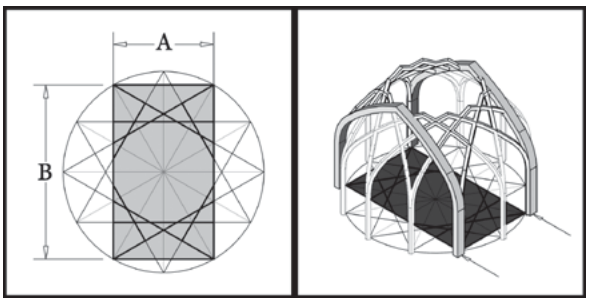
زمانی که هر دو نیمه تیر طاق سازنده کاربندی، بر یک صفحه و در امتداد هم واقع باشند، کاربندیِ تشکیل شده از این تیر طاق را، رسمی (قالب شاقولی) می‌گویند. بدلیل در امتداد هم بودن هر دو نیمه تیر طاق بار وارده بر تیر طاق به تکیه گاه ها منتقل می‌شود و لذا کاربندی رسمی از قابلیت باربری بالایی برخوردار است (شعرباف، ۱۳۸۵، ۱۰)(تصویر٦).



تصویر۶- تیر طاق کاربندی رسمی(قالب شاقولی).

۳-۱-۱-۱) کاربندی رسمی منفرد یک پا[٥]

زمانی که کاربندی رسمی (قالب شاقولی) دارای حداقل دو تیر طاق دو پا بر زمین موازی با یکدیگر باشد و در زمینه مستطیل یا مربع قرار گیرد کاربندی حاصله را کاربندی رسمی منفرد یک پا[٦] نامیده ایم. در این گونه برخی از اجزای کاربندی از آنجایی که در محدوده پلان قرار نمی گیرند، حذف می شوند (تصویر ۷).



تصویر۷- تصویر سه بعدی و پلان کاربندی رسمی منفرد یک پا ۱۲.

در کتاب هندسه در معماری فرمولی به قرار ذیل ارائه شده که با داشتن اندازه ابعاد زمینه می توانیم نوع کاربندی رسمی (کاربندی رسمی منفرد یک پا) را از نظر تعداد اضلاع مشخص نماییم

n= 2(A+B-2) (بزرگمهری، ۱۳۸۵، ۱۲)

در این فرمول n تعداد اضلاع کاربندی، A عرض زمینه و B طول زمینه می باشد. این فرمول از چند جهت دارای مشکلاتی است.

- اول اینکه چنانچه مقدار A و B غیر صحیح باشد، این فرمول غیرکارا خواهد بود.
- دوم اینکه دقت آن کم است. به عنوان مثال چنانچه مقدار A و Bبه ترتیب ۳ و ٤ باشد، مقدار n برابر ۱۰ خواهد شد. در صورتی که در کاربندی رسمی منفرد یک پا، {۱۰/۳}، چنانچه مقدار عرض زمینه ۳ باشد مقدار طول آن برابر ٤/۱۲۹ خواهد بود.
- سوم اینکه این فرمول اطلاعی در خصوص چند به چند وصل نمودن اضلاع به ما نمی دهد.
- چهارم اینکه در زمینه هایی با نسبت های متشابه، جواب‌های متفاوت به ما می دهد. به عنوان مثال

A = 3 B = 4 → n = 2 (3 + 4 - 2) = 10

A = 6 B = 8 → n = 2(6 + 8 - 2) = 24

در صورتی که این دو زمینه متشابهند و می بایست در هر دو مورد جواب های یکسانی بدست می‌آوردیم. با توجه به اشکالات فوق الذکر در خصوص فرمول ارائه شده در کتاب هندسه در معماری و عدم وجود سامانه‌ای منطقی در این خصوص، به بررسی مصادیق و نمونه‌های به جای مانده از معماری سنتی ایران پرداختیم و به کمک استدلال منطقی و گزاره های قاعده‌مند و مدل سازی رایانه‌ای (گروت و وانگ، ۱۳۸٤، ۳۰۲) هر مصداق را به صورت الگویی هندسی/ حسابی صورت بندی نمودیم. با ساماندهی این الگوها به جدول هندسی/حسابی کاربندی رسمی ٤ الی ۲۰(جدول۱)دست یافتیم که قابلیت ساماندهی تمامی نمونه‌های کاربندی رسمی را داراست. در گام بعدی با ساماندهی عبارت‌های ریاضی نوشته شده در زیر هر خانه جدول، فرمولی جدید را استخراج نمودیم، این فرمول می‌تواند نواقص و کاستی‌های فرمول ارائه شده در کتاب هندسه در معماری را مرتفع نماید.

بر اساس مطالعات صورت گرفته باید گفت، در هر زمینه ای با هر ابعادی نمی توان کاربندی رسمی منفرد یک پا ایجاد نمود، اگر عرض زمینه ای A و طول آن B باشد، در صورتی می‌توان در این زمینه کاربندی رسمی منفرد یک پا ایجاد نمود که با قرار دادن مقادیر A و B در فرمول ذیل مقدار {n/d} قابل تبدیل به کسری با صورت زوج باشد. تعداد اضلاع کاربندی نیز تنها بر سلیقه و دلخواه معمار نیست بلکه ابعاد زمینه مشخص کننده اضلاع کاربندی رسمی منفرد یک پا است. به کمک فرمول ذیل همچنین می توان تعداد اضلاع کاربندی و چند به چند وصل شدن اضلاع کاربندی را نیز مشخص نمود.

$$\left\{\frac{n}{d}\right\} = \frac{\pi}{\tan^{-1}(B/A)},\quad n \geq 4,\ 1 \leq d < \left\lceil\frac{n}{2}\right\rceil$$

در این فرمول، n برابر تعداد اضلاع کاربندی و d نیز برابر چند به چند وصل شدن اضلاع کاربندی می باشد[۷].

به عنوان مثال وقتی نسبت B/A برابر $3/\sqrt{3}$ باشد[۸]؛

$$\left\{\frac{n}{d}\right\} = \frac{\pi}{\tan^{-1}(3/\sqrt{3})} = \frac{\pi}{\pi/3} = 3$$

در این صورت نسبت {n/d} برابر است با:

$$\left\{\frac{n}{d}\right\} = \frac{6}{2} = \frac{9}{3} = \frac{12}{4} = \frac{15}{5} = \frac{18}{6} = \cdots$$

از آنجایی که کاربندی رسمی منفردِ یک پارا نمی توان در زمینه فرد اجرا نمود - چون در صورت استفاده از مقادیر فرد دیگر دو تیر طاق دو پا بر زمین موازی با یکدیگر نخواهیم داشت- لذا مقادیر $\frac{6}{2} = \frac{12}{4} = \frac{18}{6}$ مورد قبول است یعنی می توان به ترتیب از خانه های $(B_۲)\{٦/۲\}$، $(E_٤)\{۱۲/٤\}$، $(E_٦)\{۱۸/٦\}$ و ... جدول ۱ استفاده نمود.

به عنوان مثال برای رسم پلان کاربندی منفرد $(E_٤)\{۱۲/٤\}$، ابتدا زمینه کاربندی را ترسیم می نماییم، سپس اقطار زمینه را رسم نموده و به مرکز اقطار، دایره محیطی زمینه را ترسیم می‌نماییم و محیط دایره را به ۱۲ قسمت تقسیم نموده و ٤ قسمت به ٤ قسمت به هم وصل می نماییم(تصویر۷).

از بین خانه‌های جدول۱، خانه های خاکستری کاربندی رسمی منفرد یک پا می‌باشند. همانطور که در جدول مشاهده می‌شود در یک کاربندی n ضلعی فقط در تعدادی از خانه ها امکان ایجاد کاربندی رسمی منفرد یک پا وجود دارد. تعداد کاربندی‌های رسمی منفرد در یک کاربندی nضلعی (تعداد خانه‌های خاکستری هر ستون) را می‌توان با استفاده از فرمول ذیل بدست آورد.

$\left\lfloor\frac{n}{4}\right\rfloor$ = تعداد کاربندی های رسمی منفرد در یک کاربندی Nضلعی

یعنی به عنوان مثال در ستون کاربندی رسمی ۱٤ ضلعی خواهیم داشت.

$\left\lfloor\frac{14}{4}\right\rfloor$ = ۳ تعداد کاربندی های رسمی منفرد در کاربندی ۱٤ضلعی

و چنانچه در جدول ذیل می بینیم در ستون ۱٤ ضلعی فقط ۳ خانه خاکستری وجود دارد. بسیاری از خانه های خاکستری جدول ۱ در معماری ایران به کار برده شده است، اما از آنجایی که در خصوص کاربندی رسمی منفرد یک پا نمونه های فراوانی در کتاب هندسه و معماری خانم بزرگمهری آورده شده است در این مقاله اشاره ای به نمونه های آن نشده است.

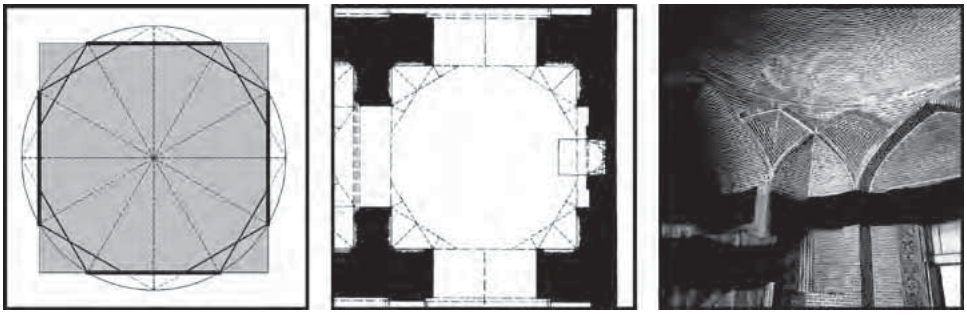
۳-۱-۱-۲) کاربندی رسمی منفرد دو پا[۹]

در کاربندی رسمی (قالب شاقولی) زمانی که کاربندی دارای حداقل چهار تیر طاق دو پا بر زمین (دو به دو موازی) در زمینه مربع و ندرتاً هشت ضلعی[۱۰] قرار گیرد و همچنین دایره پاطاق مرکزی در بزرگ‌ترین حالت خود باشد یعنی مماس با اضلاع زمینه باشد، کاربندی حاصله را کاربندی رسمی منفرد دو پا می‌نامیم. واژه دو پا که در عنوان این کاربندی به کار رفته بدین معناست که در ربع پلان کاربندی دو عضو باربر وجود دارد و این مسئله اصلی ترین تمایز این گونه با کاربندی

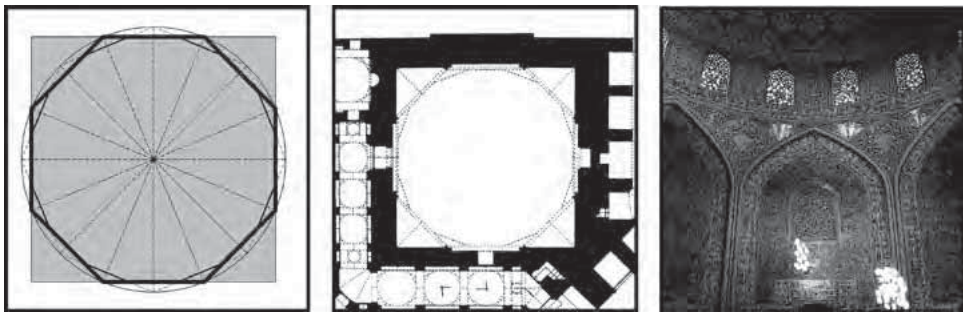
جدول ۱- جدول هندسی/حسابی کاربندی رسمی ۴ الی ۲۰ - ترسیم: نگارندگان

۹	۹ به ۹									
										A/B= tan π/20
۸	۸ به ۸									
									A/B= tan π/18	A/B= tan 2π/20
۷	۷ به ۷									
								A/B= tanπ/16	A/B= tan 2π/18	A/B= tan 3π/20
۶	۶ به ۶									
							A/B= tan π/14	A/B= tan 2π/16	A/B= tan 3π/18	A/B= tan 4π/20
۵	۵ به ۵									
						A/B= tan π/12	A/B= tan 2π/14	A/B= tan 3π/16	A/B= tan 4π/18	A/B= tan 5π/20
۴	۴ به ۴									
					A/B= tan π/10	A/B= tan 2π/12	A/B= tan 3π/14	A/B= tan 4π/16		
۳	۳ به ۳									
				A/B= tan π/8	A/B= tan 2π/10	A/B= tan 3π/12				
۲	۲ به ۲									
			A/B= tan π/6	A/B= tan 2π/8						
۱	۱ به ۱									
d		A/B= tan π/4								
	n	۴ ضلعی	۶ ضلعی	۸ ضلعی	۱۰ ضلعی	۱۲ ضلعی	۱۴ ضلعی	۱۶ ضلعی	۱۸ ضلعی	۲۰ ضلعی
		A	B	C	D	E	F	G	H	I

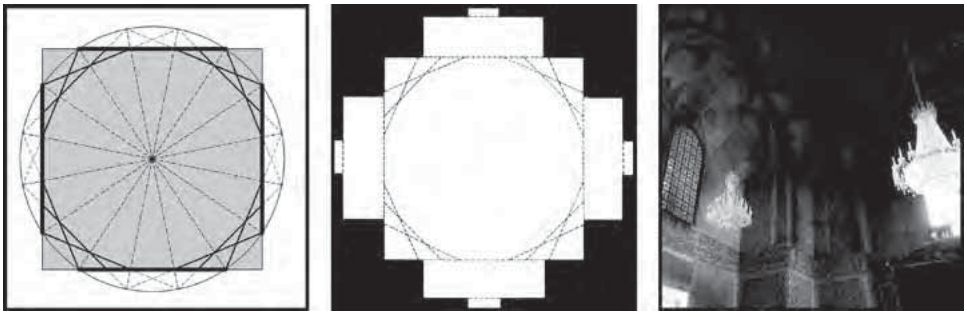
رسمی منفرد یک پاست. یکی از ویژگی های این کاربندی که به دلیل وجود هشت پای نگهدارنده آن می باشد قابلیت باربری بسیار زیاد آن است و ویژگی مهم دیگر این کاربندی قابلیت احداث گنبد در بزرگ‌ترین حالت ممکن خود، یعنی مماس به اضلاع زمینه می‌باشد. این دو ویژگی موجب گشته است تا بسیاری از بزرگ‌ترین گنبد های معماری ایران روی این نوع از کاربندی استوار گردند. در این نوع از کاربندی نوعی آلت جدید شکل می‌گیرد که در کتاب احیا هنرهای از یاد رفته تحت عنوان، فیل گوش و در کتاب گره و کاربندی، هفتی و در مقاله گنبد در معماری ایران، پاباریک سوسنی نامگذاری شده است. لازم به ذکر است این نوع کاربندی در تعدادی از خانه های غیر خاکستری جدول ۱ شکل می گیرد. در ادامه نمونه هایی[11] از این گونه به اختصار ارائه می گردد.



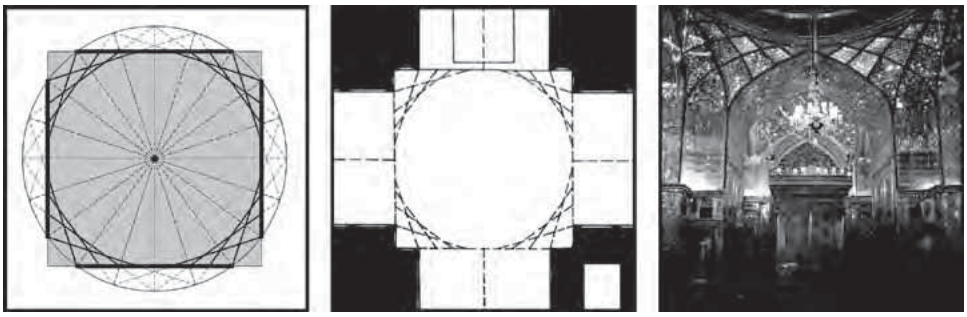
تصویر۸-کاربندی رسمی منفرد دو پا.
{۱۲/۲}= {n/d} خانه شماره E۲ [12]
نوع زمینه: مربع
مسجد جامع شهرکرد
• ماخذ: گنج نامه جلد ۸
•• ماخذ: گنج نامه جلد ۸
••• ترسیم: نگارندگان



تصویر۹-کاربندی رسمی منفرد دو پا.
{۱۶/۲}= {n/d} خانه شماره G۲ [13]
نوع زمینه: مربع
مسجد شیخ لطف‌الله اصفهان
• ماخذ: گنج نامه جلد۲
•• ماخذ: گنج نامه جلد۲
••• ترسیم: نگارندگان



تصویر۱۰-کاربندی رسمی منفرد دو پا.
{۱۶/۳}= {n/d} خانه شماره G۳ [14]
نوع زمینه: مربع
خواجه ربیع مشهد
• ماخذ: گنج نامه جلد۱۳
•• ماخذ: گنج نامه جلد۱۳
••• ترسیم: نگارندگان

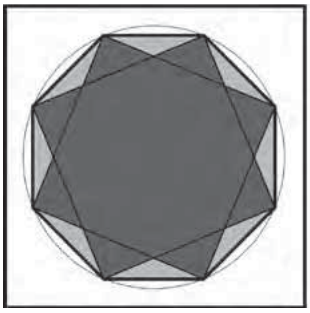
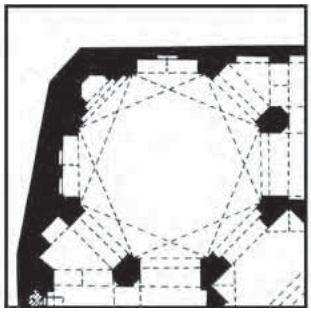


تصویر۱۱-کاربندی رسمی منفرد دو پا.
{۲۰/۴}= {n/d} خانه شماره I۴ [15]
نوع زمینه: مربع
شاهچراغ شیراز
• ماخذ: گنج نامه جلد۱۲
•• ماخذ: گنج نامه جلد۱۲
••• ترسیم: نگارندگان

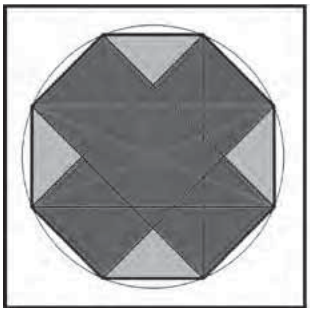
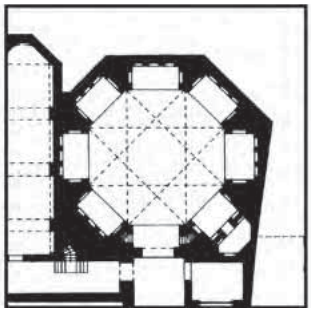
۳-۱-۱-۳) کاربندی رسمی مرکب[۱۶]

از ترکیب دو یا چند کاربندی رسمی منفرد یک پا، کاربندی رسمی مرکب ایجاد می‌شود. می‌توان گفت کاربندی رسمی مرکب بعد از کاربندی رسمی منفرد یک پا بیشترین فراوانی را در بین انواع گونه های کاربندی داراست. کاربندی های رسمی مرکب در بیشتر اقسامشان مانند کاربندی رسمی منفرد دوپا در ربع پلان خود دارای دو پا می باشند اما تمایز اصلی این گونه با کاربندی رسمی منفرد دوپا، اینست که، در کاربندی رسمی مرکب دایره پاطاق مرکزی بر اضلاع زمینه مماس نیست اما در کاربندی رسمی منفرد دوپا دایره پاطاق مرکزی بر اضلاع زمینه مماس می‌باشد. قابل ذکر است نمونه هایی از کاربندی مرکب در کشورهای فرانسه و ایتالیا {۸/۳}، اسپانیا {۸/۲} و {۸/۳}، الجزیره و مراکش {۱۲/۵} نیز موجود می‌باشد. تفاوت این کاربندی‌ها با کاربندی‌های معماری ایران در اینست که اکثر[۱۷] کاربندی‌های معماری ایران در ناحیه انتقالی بین گنبد و فضای گوشه دار زیرین قرار می‌گیرند، اما در نمونه های خارجی مذکور، تیرطاق‌ها (تویزه‌ها) جزئی از سازه تشکیل دهنده گنبد هستند و به همین جهت است که این نمونه ها را گنبد تویزه ای[۱۸] نامیده اند.

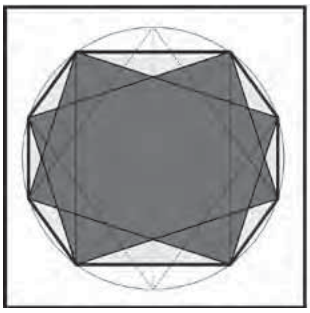
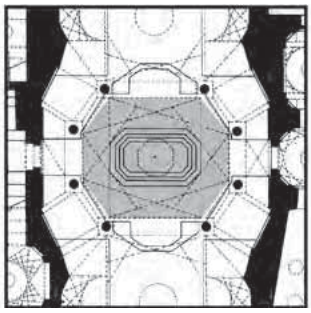
از آنجا که مصادیق کاربندی رسمی مرکب تاکنون مورد بررسی دقیق قرار نگرفته اند در ادامه نمونه هایی به اختصار ذکر می گردد. قابل ذکر است که جدول۱ قابلیت ساماندهی این گونه را نیز دارا می باشد.

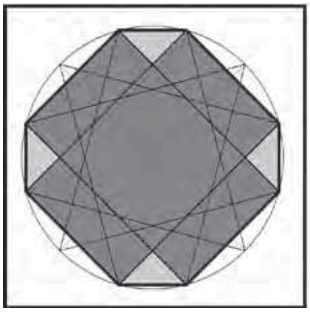
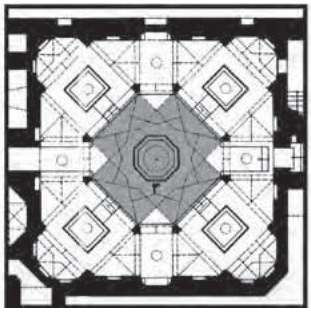
تصویر۱۲- ترکیب دو کاربندی رسمی.
{۸/۲}-{n/d} خانه شماره C۲ [۱۹]
نوع زمینه: هشت ضلعی
مسجدشـــــــــناوتفرش
• ماخذ: گنـــــج نامه جلد۶
•• ماخذ: گنج نامه جلد۶
••• ترسیم: نگارندگان

تصویر۱۳- ترکیب دو کاربندی رسمی.
{۸/۳}-{n/d} خانـه شماره C۳ [۲۰]
نوع زمینه: هشت ضلعی
حسینیه بالامحله محمدیه نایین
• ماخذ: گنـــــج نامه جلد۶
•• ماخذ: گنـــج نامه جلد۶
••• ترسیم: نـــگارندگان

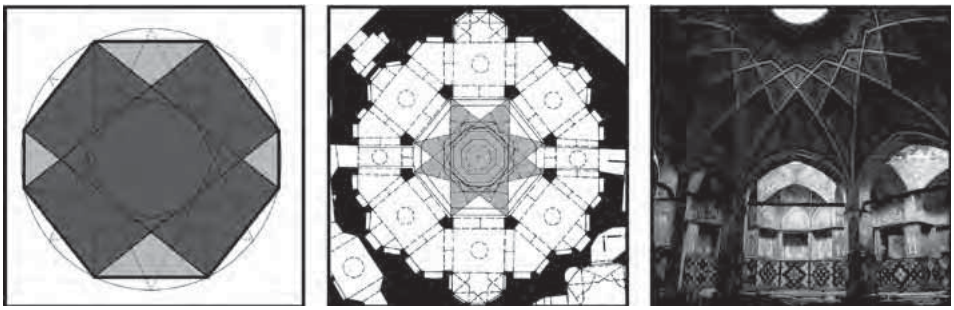



تصویر۱۴- ترکیب دو کاربندی رسمی.
{۱۰/۳}-{n/d} خانـه شماره D۳
نوع زمینه: هشت ضلعی خاص
سربینه حمام وکیـــل کرمان
• ماخذ: گنـــــج نامه جلد ۱۸
•• ماخذ: گنـج نامه جلد ۱۸
••• ترسیم: نـگارندگان

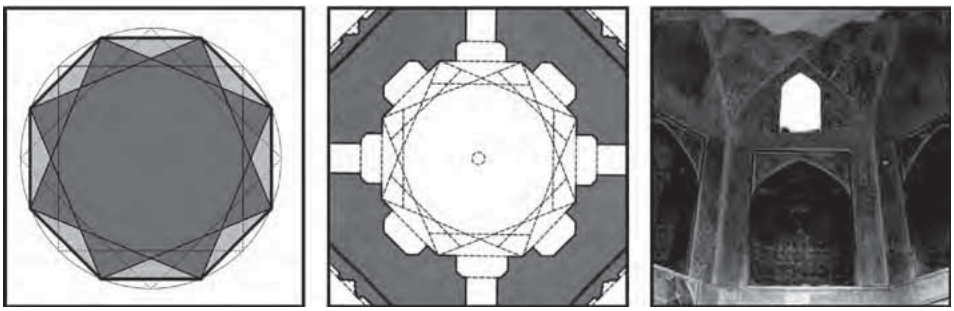



تصویر۱۵- ترکیب دو کاربندی رسمی.
{۱۲/۴}-{n/d} خانه شماره E۴ [۲۱]
نوع زمینه: هشت و نیم هشت
سربینه حمام خـــــان کاشان
• ماخذ: گنـــــج نامه جلد ۱۸
•• ماخذ: گنج نامه جلد ۱۸
••• ترسیم: نگارندگان

تصویر ۱۶- ترکیب دو کاربندی رسمی.
{۱۲/۵}= {n/d} خانه شماره E5 [۲۲]
نوع زمینه: هشت و نیم هشت
سربینه اقلیتها حمام چهار فصل اراک
• ماخذ: گنـــج نامه جلد ۱۸
•• ماخذ: گنج نامه جلد ۱۸
••• ترسیم: نگارندگان



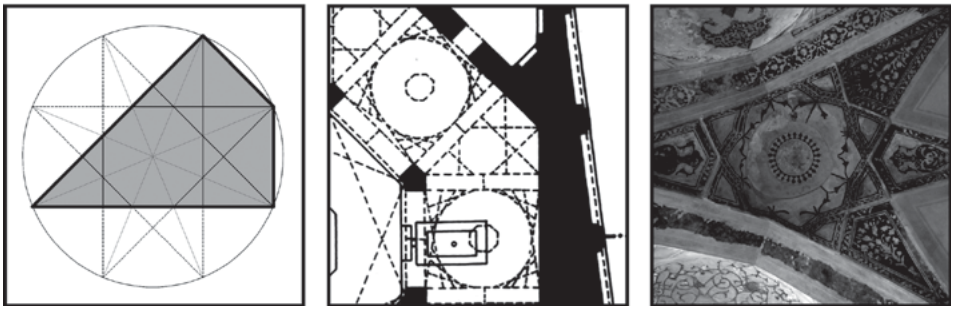
تصویر ۱۷- ترکیب دو کاربندی رسمی.
{۱۴/۵}= {n/d} خانـــه شماره F5
نوع زمینه: هشت ضلعی خاص
سربینه حمام سلطان میر احمد کاشان
• ماخذ: گنـــج نامه جلد ۱۸
•• ماخذ: گنج نامه جلد ۱۸
••• ترسیم: نگارندگان



تصویر ۱۸- ترکیب دو کاربندی رسمی.
{۱۶/۴}= {n/d} خانـه شماره G4 [۲۳]
نوع زمینه: هشت ضلعی
کلات نادری، قصـــر خورشید
• ماخذ: نـــــــگارندگان
•• ماخذ: نقش عـــــجب
••• ترسیم: نگارندگان

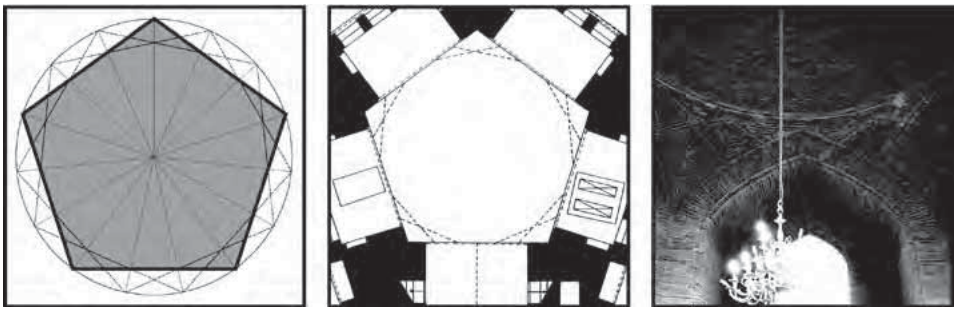
۳-۱-۱-٤) کاربندی رسمی خاص

چنانچه کاربندی دارای حداقل دو تیرطاق دو پا بر زمین باشد و در زمینه ای غیر از مربع یا مستطیل قرار گیرد، کاربندی حاصله را کاربندی رسمی خاص نامیده ایم. لازم به ذکر است که جدول ۱ به شرط اضافه نمودن اعداد فرد به مقادیر n قابلیت ساماندهی این گونه را نیز دارا می باشد. با استفاده از کاربندی رسمی خاص زمینه های بسیار متنوعی شکل می گیرد که در ادامه نمونه هایی به اختصار ذکر می گردد.



تصویر ۱۹- کاربندی رسمی خاص.
{۸/۳}= {n/d} خانه شماره C3
نوع زمینه: خاص
فضای سربینه در حمام وکیل شیراز
•ترسیم: نـــــــگارندگان
•• ماخذ: گنج نامه جلد ۱۸
••• ترسیم: نگارندگان

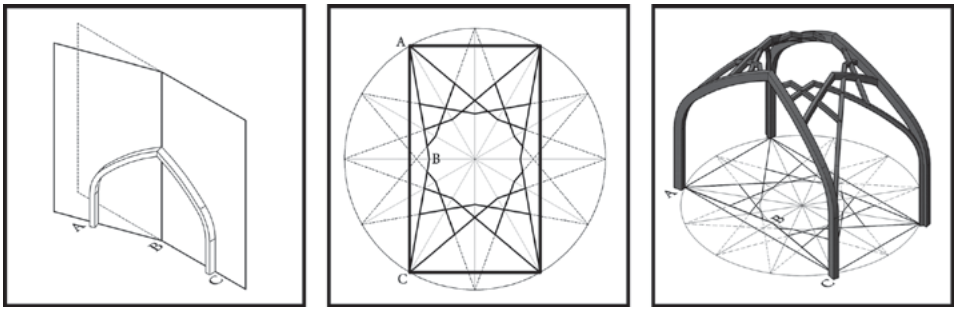
تصویر ۲۰- کاربندی رسـمی خاص.
{۱۱/۴}= {n/d}
نوع زمینه: مثلث
دالان ورودی مسجد جامع اردستان
•ترسیم: نـــــــگارندگان
•• ماخذ: گنـــج نامه جلد ۷
••• ترسیم: نـــگارندگان



تصویر ۲۱- کاربندی رسمی خاص.
{n/d} = {۱۵/۳}
نوع زمینه: پنج ضلعی
گنبد خانه بقعه بابا رکن الدین اصفهان
• ترسیم: نـــــگارندگان
•• ماخذ: گنج نامه جلد ۱۱
••• ترسیم: نگارندگان

۳-۱-۲) کاربندی سرسفت (قالب غیرشاقولی)

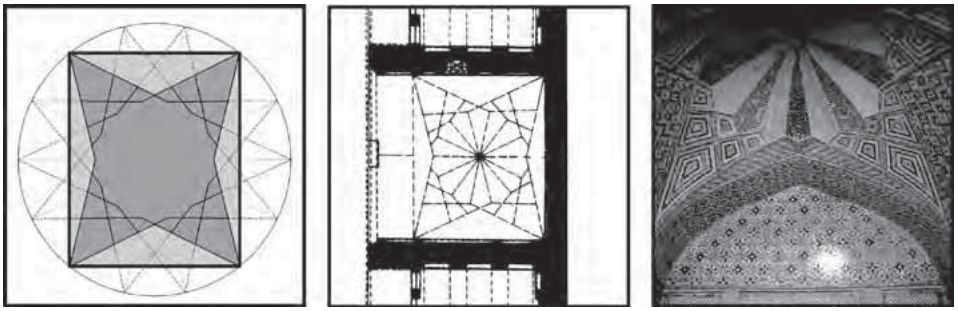
چنانچه دو نیمه تیر طاق بر یک صفحه واقع نباشند[۲۴] کاربندی تشکیل شده از این تیر طاق را سرسفت (قالب غیر شاقولی) می گویند (تصویر۲۲). عدم قرارگیری این دو نیمه تیر طاق در امتداد یکدیگر سبب خواهد شد که این دو نیمه تیر طاق نتوانند به صورت یک قوس کامل بار را به دو طرف تکیه گاه ها منتقل کنند و می بایست به شمسه مرکزی (نهنبن) یا گنبدی که روی کاربندی قرار می گیرد، تکیه کنند و لذا کاربندی سرسفت در مقایسه با کاربندی رسمی از مقاومت ایستایی و باربری کمتری برخوردار است (شعرباف، ۱۳۸۵، ۹).



تصویر۲۲- کاربندی سرسفت.
{n/d} = {۱۲/۴}
نوع زمینه: مستطیل
•ترسیم: نـــــگارندگان
•• ترسیم: نـــــگارندگان
••• ترسیم: نگارندگان

در کاربندی سرسفت نیز اساس هندسه و ترسیم مانند کاربندی رسمی است. به عنوان مثال در کاربندی سرسفت ۱۲ ضلعی ٤ به ٤ دایره محیطی را به ۱۲ قسمت تقسیم نموده و محیط دایره را ٤ به ٤ توسط تیر طاق زاویه دار ABC به یکدیگر متصل می نماییم. زاویه تیر طاق ABC در اختیار طراح است و تابع قاعده خاصی نیست. در کاربندی سرسفت شمسه مرکزی کوچکتر از کاربندی رسمی است و بسته به زاویه تیر طاق ABC می تواند کوچک یا بزرگ شود.

تمام انواع و گونه های منفرد، ترکیبی و خاص را که در مورد کاربندی رسمی عنوان شد با کاربندی سرسفت نیز می‌توان به‌وجود آورد با این تفاوت که شمسه مرکزی را در کاربندی سر سفت هر اندازه که بخواهیم می توانیم کوچک نماییم. اما کاربندی سر سفت همانطور که ذکر شد قابلیت باربری کاربندی رسمی را ندارد و لذا در معماری ایران کم کاربردتر از کاربندی رسمی می‌باشد.



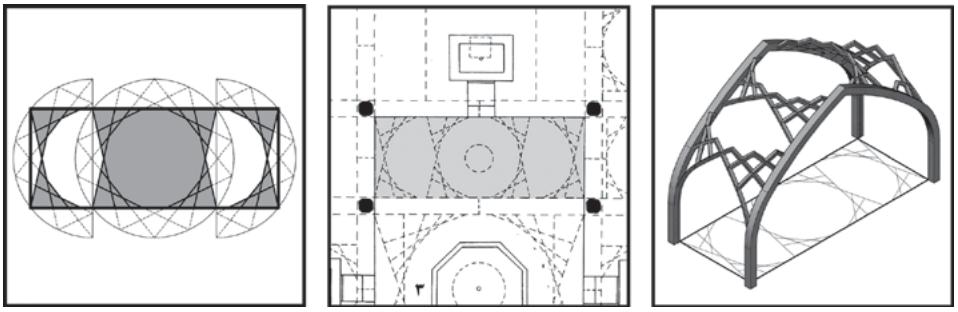
تصویر۲۳- کاربندی سرسفت.
{n/d} = {۱۴/۴}
نوع زمینه: مستطیل
ایوان غربی و شرقی مسجد جامع زنجان
• ماخذ: گنـــــج نامه جلد۷
•• ماخذ: گنـج نامه جلد۷
••• ترسیم: نگارندگان

۳-۲) کار بندی غیر ساده

کار بندی غیر ساده را در این نوشتار به پنج دسته، کاربندی پرور، کاربندی سوار، کاربندی دو چفدی، کاربندی گسترش و کاربندی درون‌زا تقسیم نموده ایم، باید خاطر نشان کرد که گونه‌های دیگری از کاربندی غیرساده مورد شناسایی قرار گرفته که در پژوهش های آتی بدان ها پرداخته خواهد شد. در ادامه به توضیح هریک از پنج گونه مذکور می پردازیم.

۳-۲-۱) کاربندی پرور

هرگاه نسبت طول به عرض زمینه کاربندی نسبتاً زیاد باشد می‌توانیم در میانه دهانه یک کاربندی رسمی منفرد یک پا اجرا نماییم و در هر طرف آن یک نیمه کاربندی از همان نوع یا از نوعی دیگر[۲۵] اجرا نماییم، کاربندی حاصل از این روش را کاربندی پرور می نامند(بزرگمهری، ۱۳۸۵، ۵۰)(تصویر ۲۴).



تصویر ۲۴- کاربندی پـــرور.
{۱۴/۴} = {n/d}
نوع زمینه: مستطیل
سربینه حمام خسرو آقا
اصـــفهان
•ترسیم: نـــــــگارندگان
•• ماخذ: گنـــج نامه جلد ۱۸
••• ترسیم: نـــگارندگان

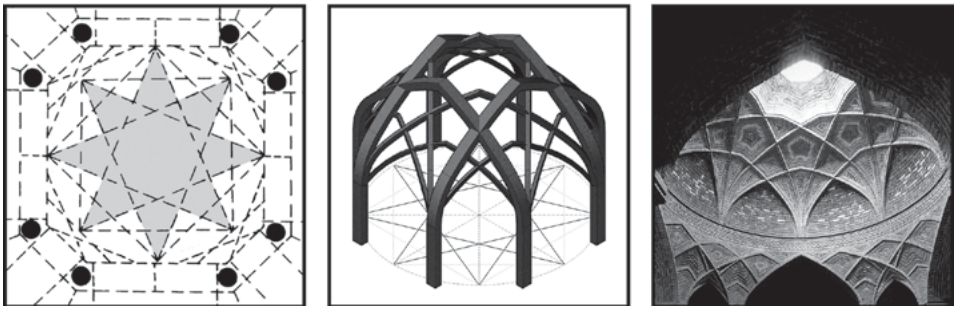
۳-۲-۲) کاربندی سوار

هرگاه یک کاربندی روی کاربندی دیگری سوار شود کاربندی حاصله را کاربندی سوار نامیده ایم. کاربندی زیرین می تواند از هر نوعی باشد و کاربندی سوار بر آن نیز می تواند قالب شاقولی یا قالب غیر شاقولی باشد(تصویر ۲۵).

تصویر ۲۵- کاربندی سوار.
{۱۶/۵} روی {۱۶/۶} = {n/d}
نوع زمینه: مستطیل
سربینه حـــمام خـــان یزد
• ماخذ: گنـــــج نامه جلد ۱۸
••ترسیم: نـــگارندگان
••• ماخذ: گنج نامه جلد ۱۸

۳-۲-۳) کاربندی دو چفدی

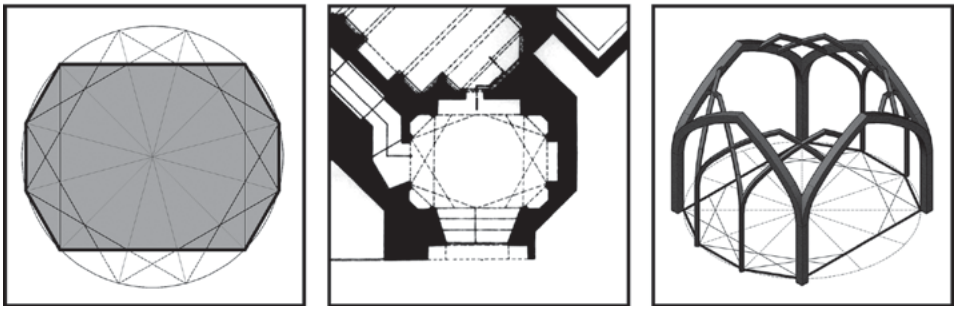
همانطور که قبلا گفته شد، کاربندی از دَوَران تعداد مشخصی تیر طاق با چفد یکسان حول محیط یک دایره بوجود می آید. علت اینکه چفد تیر طاق ها می بایست یکسان باشد اینست که این چفدها در هر نقطه از پلان که یکدیگر را قطع می کنند باید در فضای سه بعدی نیز با یکدیگر تلاقی کنند. حال چنانچه در ساخت یک کاربندی از دو گونه تیر طاق با دو چفد متفاوت استفاده شود کاربندی حاصله را کاربندی دو چفدی نامیده ایم. چفد دوم می‌بایست طوری انتخاب گردد که در فضا با تیر طاق های چفد اول تلاقی داشته باشد. در کاربندی دو چفدی علاوه بر آلت‌هایی که در بخش ۲-٤ گفتیم آلت های دیگری نیز شکل می گیرد که موجب تنوع و زیبایی بیشتر می گردد(تصویر ۲٦).



تصویر ۲۶- کاربندی دو چـــفدی.[۲۶]
چفد اول: {۸/۳} = {n/d}
چفد دوم: {۸/۲} = {n/d}
نوع زمینه: هشت ضـــلعی[۲۷]
سربینه حـــمام نـــوبر تبریز
• ماخذ: گنـــــج نامه جلد ۱۸
••ترسیم: نـــگارندگان
••• ماخذ: گنج نامه جلد ۱۸

۳-۲-٤) کاربندی گسترش

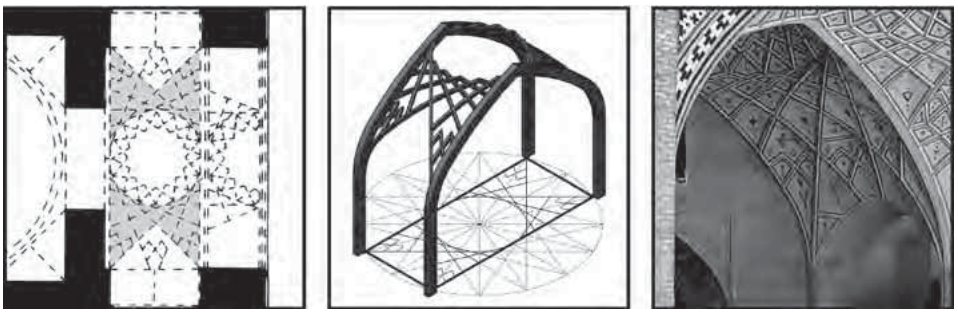
چنانچه در یک کاربندی رسمی منفرد یک پا بعضی از تیر طاق ها از جهت عرض و یا طول زمینه تا دایره محیطی کاربندی گسترش یابند، کاربندی حاصله را کاربندی گسترش نامیده ایم. با این تعریف طیف وسیعی از انواع کاربندی ها را می توان در گونه کاربندی گسترش طبقه بندی کرد اما به جهت رعایت اختصار از ذکر این نمونه ها خودداری می کنیم تا در مجالی دیگر به طور مفصل بدان بپردازیم (تصویر ۲۷).



تصویر ۲۷- کاربندی گسترش.
{۱۲/۳}= {n/d} خانه شماره E۳ [۲۸]
نوع زمینه: هشت ضلعی خاص
هشتی ورودی مسجد بابا ولی کاشان
• ماخذ: نگارندگان
•• ماخذ: گنج نامه جلد ۶
••• ترسیم: نگارندگان

۳-۲-۵) کاربندی درون زا

چنانچه روی آلت های یک کاربندی، کاربندی دیگری اجرا شود، این نوع کاربندی را درون زا نامیده ایم (تصویر ۲۸).



تصویر ۲۸- کاربندی درون زا.
{۱۶/۶}= {n/d}
نوع زمینه: مستطیل
مسجد جامع کاشان [۲۹]
• ماخذ: گنج نامه جلد ۸
•• ترسیم: نگارندگان
••• ماخذ: گنج نامه جلد ۸

نتیجه

در طول تاریخ، هر جامعه ای که زنده مانده است دارای الگوهای فرهنگی غنی و کارآمد بوده است. به اعتقاد نگارندگان این نوشتار کاربندی یکی از الگو های اصیل، کهن و کارآمد در معماری ایرانی-اسلامی است.

باززنده سازی این الگوی اصیل در دوره معاصر مستلزم شناخت کافی نسبت به تمامی ابعاد و ویژگی های هندسی، ساختاری و اجرایی آن است. در این مقاله سعی شده تا با ایجاد نظمی منطقی در مطالب پراکنده قبلی به گونه‌شناسی کاربندی بپردازیم تا شناختی اولیه نسبت به آن ایجاد نماییم. البته می بایست خاطر نشان نمود که کاربندی آنقدر در ایران ریشه دوانیده و توسعه یافته که قطعاً گونه هایی که در این مقاله معرفی شده، تمام انواع آن نیست و قطعاً گونه های ناشناخته دیگری هنوز قابل بررسی است.

یکی از تفاوت های گونه شناسی مطرح شده در این مقاله با گونه‌شناسی های پیشین، اضافه نمودن سه زیر شاخه‌ی کاربندی رسمی منفرد دوپا، کاربندی رسمی مرکب و کاربندی رسمی خاص می باشد. کاربندی رسمی مرکب جزء پرکاربردترین نمونه های کاربندی در معماری ایرانی است و تاکنون کمتر مورد ارزیابی قرار گرفته است و در خصوص کاربندی رسمی خاص باید یاد آور شد که این گونه تاکنون مورد بررسی قرار نگرفته است.

همچنین در این مقاله در ضمن گونه شناسی کاربندی به تدوین ساختار هندسی کاربندی رسمی در قالب جدول هندسی/حسابی پرداخته ایم که قابلیت ایجاد نظمی سامان یافته در تمام زیر شاخه های کاربندی رسمی را داراست (جدول۱). اما تفاوت دیگر این گونه شناسی جدید با نمونه های قبل اضافه نمودن یک زیر شاخه اصلی به نام کاربندی غیر ساده است. این زیر شاخه اصلی خود به پنج [۳۰] زیر شاخه فرعی تقسیم شده است که عبارتند از، کاربندی پرور، کاربندی سوار، کاربندی دو چفدی، کاربندی گسترش و کاربندی درون زا، که در جدول۲ ارائه شده‌اند.

جدول۲ - جدول گونه شناسی کاربندی در معماری ایران.

کاربندی	ساده	رسمی (قالب شاقولی)	منفرد یک پا
			منفرد دو پا
			مرکب
			خاص
		سر سفت (قالب غیر شاقولی)	
	غیر ساده	کاربندی پرور	
		کاربندی سوار	
		کاربندی دو چفدی	
		کاربندی گسترش	
		کاربندی درون زا	

در خصوص کاربندی غیر ساده باید یاد آور شد که این شاخه بسیار ناشناخته است و هنوز گونه های مغفول فراوانی وجود دارد که نیازمند بررسی و پژوهش می باشد.

پی نوشت ها:

۱ در کتاب فرهنگ واژهای معماری برای کاربندی دو معنی آورده شده است. ۱- مجموعه باریکه تاق های موربی که با همدیگر تلاقی دارند. ۲- به مجموعه سقف سازی ها (اعم از رسمی بندی، یزدی بندی، کاسه سازی و مقرنس) گفته می شود (فلاح فر، ۱۳۸۷، ۲۰۳). در این مقاله بر مبنای تعریف اول فرهنگ واژهای معماری و کتاب هندسه در معماری، کاربندی را اسم عام همه گونه پوشش هایی که از تقاطع لنگه طاق ها بوجود می آیند در نظر گرفته ایم لازم به ذکر است که در کتاب گره و کاربندی و احیای هنرهای از یاد رفته از واژه رسمی بندی برای این مقصود استفاده شده است.

۲ در زبان انگلیسی معادل دقیقی برای این واژه وجود ندارد اما در مورد پوشش های گنبدی مسجد قرطبه (کوردوبا) از واژه Ribbed dome استفاده شده است. عبارات Stellar vault(Necipoğlu,1992,57) و star vault (چینگ، ۱۳۸۲، ۱۰۰) و Ribbed vault نیز با کاربندی و رسمی بندی دارای قرابت معنایی هستند.

۳ واژه تویزه علاوه بر تیرهای باربر آجری به قالب‌های ظریف و غیر باربر گچی نیز گفته می‌شود و همچنین قابل ذکر است که نوعی از تویزه‌های مسلح خشتی نیز وجود دارد که قدمت آن به دوره ماد می‌رسد و در نوشیجان تپه و همچنین در دوره اشکانی در شهر قومس به عنوان سازه باربر مورد استفاده قرار گرفته است (Stronach and Roaf. 2007, 78).

٤ در کتاب هندسه در معماری، خانم بزرگمهری، کاربندی شاقولی را به دو گونه رسمی و اختری طبقه بندی نموده اند (بزرگمهری، ۱۳۷۱، ۱۲). اما از آنجا که تمامی کاربندی هایی که خانم بزرگمهری تحت عنوان اختری نامگذاری نموده اند، در جدول کاربندی رسمی (جدول ۱) قرار دارند، لذا درگونه شناسی انجام شده در این مقاله، کاربندی اختری، به عنوان یک گونه مستقل عنوان نشده است، پس می توانیم کاربندی رسمی را معادل کاربندی شاقولی در نظر بگیریم.

۵ آنچه که در این مقاله تحت عنوان کاربندی رسمی منفرد یک پا نامگذاری شده، در کتاب هندسه در معماری، کاربندی رسمی (بزرگمهری، ۱۳۷۱، ۱۲) و در کتاب گره و کاربندی آقای شعر باف تحت عنوان کونه‌بندی نامگذاری شده است (شعر باف، ۱۳۸۵، ۱۲۰).

٦ واژه یک پا بدین معناست که در ربع پلان کاربندی فقط یک عضو باربر وجود دارد. واژه یک پا و دو پا ماخوذ از نامگذاری کتاب گره و کاربندی آقای شعر باف است (شعر باف، ۱۳۸۵، ۷٦).

۷ علامت اختصاری n و d از گرونبام و شپرد، که روی فرموله کردن گره چینی مطالعاتی انجام داده اند، اخذ شده است (Kaplan, 2002, 62).

۸ چنانچه نسبت B/A طوری انتخاب شود که حاصل n/d عددی غیر صحیح شود، در این صورت مثلاً چنانچه n/d=۳,۲ باشد، می توانیم آن را در ۵/۵ ضرب نماییم تا تبدیل به ۱٦/۵ شود در این صورت از کاربندی ۱٦، ۵ به ۵ استفاده نماییم. اما اگر مقدار n/d طوری باشد که به هیچ عدد کسری با صورت و مخرج صحیح قابل تبدیل نباشد، در این صورت در آن زمینه نمی توان کاربندی رسمی اجرا نمود (البته با مقادیر اندکی کم و زیاد نمودن اندازه ها می توان به کاربندی دلخواه رسید) و می بایست از کاربندی سرسفت استفاده نماییم.

۹ مشابه این گونه از کاربندی تحت عنوان «کاربندی یزدی» نیز نامگذاری شده است (پیرنیا، ۱۳۷۰، ۲۰). اما با توجه به گویایی بیشتر عنوان دوپا که در کتاب گره و کاربندی به کار رفته است، در این مقاله این واژه را برای این گونه پیشنهاد می نماییم.

۱۰ از جمله نمونه هایی در زمینه هشت ضلعی به کار رفته است می‌توان به حمام شاهزاده اصفهان، حمام شاه اصفهان، حمام گله داری بندرعباس، که همگی از نوع ۱٦، ۳ به ۳ می باشند، اشاره کرد.

۱۱ یکی از مهم‌ترین نمونه های این گونه کاربندی بکار رفته در گنبد خانه مسجد امام اصفهان است. اما از آنجا که این کاربندی بیست و چهار ضلعی (۲٤، ٤ به ٤) است و در جدول۱ فقط تا گونه بیست ضلعی آورده شده است لذا از ارائه آن در قسمت نمونه ها صرف نظر نمودیم.

۱۲ مشابه این نوع کاربندی رسمی منفرد دو پا در مسجد حکیم اصفهان نیز موجود است.

۱۳ مشابه این نوع کاربندی رسمی منفرد دو پا در مسجد جامع همدان نیز موجود است.

۱٤ مشابه این نوع کاربندی رسمی منفرد دو پا در مسجد آقا نور اصفهان نیز موجود است.

۱۵ مشابه این نوع کاربندی رسمی منفرد دو پا در مقبره پیر پالان دوز مشهد نیز موجود است.

۱٦ در کتاب هندسه در معماری تحت عنوان «در هم» اشاره‌ای به این گونه شده است (بزرگمهری، ۱۳۸۵، ۷۳-۷۰) ولی به جهت درک بهتر کارکرد این گونه، در این مقاله واژه مرکب را به جای درهم پیشنهاد نموده‌ایم.

۱۷ بعضی از گونه‌های کاربندی به عنوان ناحیه انتقالی محسوب نمی‌شوند، به عنوان مثال در بعضی از انواع کاربندی‌های مرکب و کاربندی سوار، کاربندی خود به عنوان گنبد هم ایفای نقش می نماید.

۱۸ رجوع کنید به سایت www.qantara-med.org.

۱۹ مشابه این نوع کاربندی رسمی مرکب در فضای سربینه حمام وکیل شیراز، خانه حاج حسن غفوری در اصفهان و هشتی ورودی حمام رنان اصفهان نیز موجود است.

۲۰ مشابه این نوع کاربندی رسمی مرکب در فضای چال حوض و فضای خلوت حمام گنجعلیخان کرمان، هشتی کاروانسرای گلشن همدان و تیمچه سرای حاج کریم اصفهان نیز موجود است.

۲۱ مشابه این نوع کاربندی رسمی مرکب در هشتی مدرسه صدر خواجو اصفهان، هشتی و سربینه حمام سلطان میر احمد کاشان، گرمخانه حمام وکیل کرمان، مجموعه بازار ساروتقی اصفهان، سرداب مدرسه امام خمینی یزد، حوضخانه خانه انگورستان ملک اصفهان و هشتی خانه زوولیان اصفهان نیز موجود است.

۲۲ مشابه این نوع کاربندی رسمی مرکب در هشتی ورودی مسجد جامع سنندج نیز موجود است.

۲۳ مشابه این نوع کاربندی رسمی مرکب در مجموعه مشیر شیراز(گلشن) نیز موجود است.

۲٤ در کتاب هندسه در معماری، تعریف کاربندی سرسفت بدین گونه عنوان شده، «کاربندی هایی که قالبشان در فضا نسبت به صفحه زمین به طور مایل است» (بزرگمهری، ۱۳۸۵، ۱۱). این تعریف با توجه به ترسیم نقشه کاربندی سرسفت در همین منبع دارای اشکال است و جالب توجه است که در کتاب گره و کاربندی آقای شعرباف عنوان شده که صفحات قالب ها در هردو گونه قالب شاقولی و قالب غیر شاقولی (سرسفت) صفحاتی هستند عمود بر زمین یعنی با سطح تراز زاویه ۹۰ درجه می‌سازند (شعرباف، ۱۳۸۵، ۱۰).

۲۵ در تیمچه مظفریه تبریز نیز کاربندی پرور خاصی وجود دارد که

چشمه مرکزی آن ۱۶، ٤ به ٤ است و نیمه کاربندی های مجاور آن ۱۲، ٤ به ٤ است.

۲۶ مشابه این نوع کاربندی دو چفدی در مقبره شیخ احمد جام و مقبره سلطان سنجر مرو نیز موجود است.

۲۷ البته لازم به ذکر است که این کاربندی دو چفدی روی کاربندی دیگری سوار است.

۲۸ کاربندی گسترش در هشتی وروردی مسجد جامع قم و در هشتی غربی مسجد امام سمنان نیز موجود است.

۲۹ البته لازم به ذکر است که این کاربندی هم گسترش یافته و هم سوار و هم درون زا می‌باشد.

۳۰ از این پنج گونه فقط به کاربندی پرور در کتاب هندسه در معماری اشاره‌ای شده(بزرگمهری، ۱۳۸۵، ٤۲) و تاکنون نامی برای سایر گونه‌های غیر ساده پیشنهاد نشده است و لذا نامگذاری های انجام شده پیشنهاد نگارندگان می باشد.

فهرست منابع:

الکساندر، کریستوفر (۱۳۸۸)، الگوهای استاندارد در معماری، ترجمه فرشید حسینی، نشر مهرازان، تهران.

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

پیر نیا، محمد کریم (۱۳۷۳)، چفد ها و طاقها، اثر، شماره ۲٤، ۵-۲۲۰.

پیر نیا، محمد کریم (۱۳۷۰)، گنبد در معماری ایران، اثر، شماره ۲۰، ۵-۱۵۳.

چینگ.د.ک، فرانسیس (۱۳۸۲)، فرهنگ تصویری معماری، ترجمه محمد احمدی نژاد، نشر خاک، اصفهان.

حاجی قاسمی، کامبیز (۱۳۷۵)، گنجنامه، دفتر دوم، سوم، پنجم، ششم، هفتم، هشتم، نهم، دهم، دوازدهم، سیزدهم، هفدهم، هجدهم، انتشارات دانشگاه شهید بهشتی، سازمان میراث فرهنگی کشور، تهران.

رئیس زاده،مهناز و مفید، حسین (۱۳۷٤)، احیای هنرهای از یاد رفته، انتشارات مولی، تهران.

شعرباف، اصغر (۱۳۸۵)، گره و کاربندی، انتشارات سازمان میراث فرهنگی کشور، سبحان نور، تهران.

شعرباف، اصغر (۱۳۸۵)، گزیده آثار استاد اصغر شعر باف، گره و کاربندی، به اهتمام مهدی مکی نژاد، فرهنگستان هنر، تهران.

فلاح فر، سعید(۱۳۸۷)، فرهنگ واژه های معماری سنتی ایران، انتشارات کاوش پرداز، تهران.

گروت، لیندا و وانگ، دیوید(۱۳۸٤)، روش‌های تحقیق در معماری، ترجمه علیرضا عینی فر، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.

مرکز اسناد و مدارک میراث فرهنگی (۱۳۸۲)، نقش عجب، مجموعه نقشه های بناهای تاریخی تهران، جلد نخست، انتشارات مرکز اسناد و مدارک میراث فرهنگی، تهران

نجیب اوغلو، گلرو (۱۳۸۷)، هندسه و تزیین در معماری اسلامی، ترجمه مهرداد قیومی بید هندی، انتشارات روزنه، تهران.

هوف، دیتریش (۱۳۷۹)، گنبد ها در معماری اسلامی، در معماری ایران دوره اسلامی، محمد یوسف کیانی، انتشارات سمت، تهران.

Grube, Ernest (1978), *Architecture of the Islamic World Its History and Social Meaning*, Thames and Hudson LTD, London.

Kaplan, Craig (2002), *a dissertation submitted in partial fulfilment of the requirements*, for the degree of Doctor of Philosophy, University of Washington.

Necipoğlu, Gülru (1992) Geometric Design in Timurid/ *Turkmen Architectural Practice: Thoughts on a Recently Discovered Scroll and Its Late Gothic Parallels*, inTimurid Art and Culture: Iran and Central Asia in the Fifteenth Century. Lisa Golombek and Maria Subtelny (ed.s). Leiden: E.J. Brill.

Peter J. Lu and Paul J. Steinhardt (2007), Decagonal and Quasi-crystalline Tilings in Medieval Islamic Architecture, Science, Vol. 315, pp. 1106-1110.

Stronach. D, and M.D. Roaf (2007), *Nush-i Jan I: the major buildings of the Median settlement*, Volume 1, The British Institute of Persian Studies, London.