

## مطالعه مقایسه‌ای نسبت‌های عناصر کاربردی چهارده در گستره شیوه‌های ترسیم\*

(صفحه ۴۶-۳۴)

شهرزاد آئینه‌چی<sup>۱</sup>، نیما ولی‌بیگ<sup>۲</sup>، فرهاد تهرانی<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی دکتری مرمت بنا و بافت‌های تاریخی، دانشگاه هنر اصفهان

۲- استادیار دانشکده مرمت، دانشگاه هنر اصفهان (نویسنده مسئول)

۳- دانشیار گروه مرمت و تاریخ معماری، دانشگاه شهید بهشتی

### چکیده

برای ترسیم تمامی اشکال هندسی (گره، کاربردی) احتیاج به زمینه کار است تا با تقسیمات داخلی آن، هندسه موردنظر رسم شود. در یک زمینه مشخص می‌توان چند مدل کاربردی متفاوت را اجرا نموده و راهکارهای گوناگونی جهت پوشاندن فضا ارائه داد. شیوه‌های گوناگون ترسیم، تفاوت‌ها و تشابه‌هایی را در عناصر کاربردی و ویژگی‌های آن‌ها پدید می‌آورند. لذا در این مقاله بررسی نمونه‌ای که بتواند ویژگی‌ها را به طور کامل تری مشخص سازد، مد نظر قرار گرفت. از بین کاربردی‌های گوناگون، کاربردی زمینه چهارده بیشترین و کامل‌ترین تعداد شیوه‌های ترسیم را دارد. لذا کاربردی زمینه چهارده به عنوان نمونه مطالعاتی مورد بررسی قرار گرفت. پژوهش‌های مختصری در سال‌های اخیر در رابطه با نحوه ترسیم، گونه‌شناسی و نحوه اجرای کاربردی‌ها ارائه شده است؛ اما بررسی عناصر کاربردی با دید محاسباتی و مقایسه آن‌ها در یک زمینه مشخص جهت ارائه تعریفی خاص، برای نخستین بار توسط نگارندگان انجام پذیرفته است. این پژوهش بر پایه شیوه‌های ترسیم، بنیان‌گذاری شده است. پس از ترسیم پلان و مقاطع انواع کاربردی‌ها در زمینه چهارده، مساحت تک‌تک عناصر تشکیل‌دهنده آن‌ها با نرم‌افزارهای ترسیمی به دست آمد؛ سپس بر اساس ویژگی منحصر به فردشان دسته‌بندی شدند. این مقاله در راستای تکمیل و مقایسه روابط و ساختارهای ریاضی فراموش شده نهفته در کاربردی‌های دارای زمینه مشترک، به نگارش درآمده است. ماهیت این بررسی‌ها در ذیل روش‌های تحقیق کیفی- کمی با شیوه غیر تجربی از نوع علی- مقایسه‌ای است. نتیجه پژوهش مبین این مطلب است که شیوه‌های گوناگون ترسیم کاربردی زمینه چهارده به هفت دسته کلی تقسیم می‌شوند. بررسی‌ها از دیدگاه هندسی و نسبت عناصر تشکیل‌دهنده آن انجام شده است. در شیوه‌های گوناگون ترسیم کاربردی زمینه چهارده ویژگی‌های متفاوتی از لحاظ نسبت‌های حسابی، مساحت هر عنصر و تعداد عناصر مشاهده شد.

**واژه‌های کلیدی:** فرم کاربردی، ویژگی هندسی پوشش، عناصر کاربردی، زمینه چهارده، شاغولی و غیر شاغولی بودن کار.

1- Email: Ainechi.shahrzad@yahoo.com

2- Email: n.valibeig@au.ac.ir

3- Email: F\_tehrani@cc.sbu.ac.ir

## مقدمه

هندسه به دانشی اطلاق می‌شود که رابطه ریاضی مابین نقاط، طول‌ها، سطوح و حجم‌ها را تعیین می‌کند و نسبت‌های میان آن‌ها و مشتقات و توابعشان را نشان می‌دهد (مولوی، ۱۳۸۱:۱۲). دانشمندانی نظیر فارابی در احصاءالعلوم در تقسیم‌بندی علوم سنتی، معماری و مکانیک (علم‌الحیل) را ذیل هندسه عملی و هندسه را نیز ذیل علوم ریاضی طبقه‌بندی نموده‌اند و این نشانگر جایگاه ممتاز ریاضیات و هندسه در علوم سنتی است (نجیب اوغلو، ۱۳۷۹:۱۸۸). هندسه به دو مفهوم عدد و شکل وابسته است. هنرمندان با بهره‌گیری از دانش ریاضیات و با تقسیمات متوالی، هندسه‌ای پیچیده و اشکال متنوعی را ایجاد می‌نمودند (نقره‌کار و دیگران، ۱۳۸۷:۴۰۶ و کاشانی، ۱۳۶۶:۱۰). هندسه و تناسبات مفاهیمی ریاضی هستند که در هنرهای تجسمی بر رابطه مناسب میان اجزا با یکدیگر و با کل اثر دلالت دارند (بمانیان و دیگران، ۱۳۹۰:۱۱). کاربرد هندسه در ساخت پوشش‌های معماری آشکارتر می‌شود؛ آن‌چنان‌که برای پیاده کردن قالب توزیه‌ها به ریسمان و اندازه‌گذاری نیاز است که آن‌هم مستلزم آگاهی از دانش هندسه است (حلی، ۱۳۶۵:۵۳). در بررسی پوشش‌هایی که دارای کاربردی هستند ساختار شکلی پلان بر روی فرم کاربردی تأثیرگذار است؛ این بدان معناست که در یک زمینه مشخص با نسبت طول به عرض مشخص می‌توان کاربردی‌های خاصی را پیاده کرد که عوامل گوناگونی بر روی آن‌ها تأثیرگذارند. این عوامل گوناگون در اختیار معمار مجری است که تصمیم‌گیری‌هایی را درباره جزئیات این ویژگی‌ها انجام دهد. پس یک سری ویژگی‌های مشترک و متفاوت در فرم نهایی کاربردی پدید می‌آید که برگرفته از هندسه پلان ترسیمی و عوامل تأثیرگذار دیگر است. مقاله حاضر تلاشی است در جهت یافتن ویژگی‌های منحصربه‌فرد هندسی و حسابی هفت نوع شیوه ترسیم کاربردی در یک زمینه مشخص. در این راستا دسته‌بندی کاربردی‌ها در زمینه چهارده انجام می‌پذیرد.

## پیشینه پژوهش

براساس منابع موجود در زمینه کاربردی، پژوهش‌های صورت

گرفته به چند دسته عمده تقسیم می‌شوند:

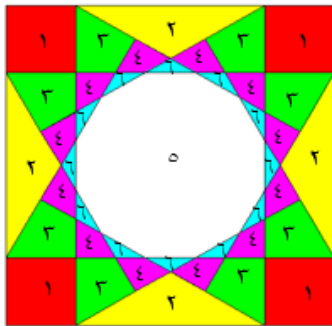
(۱) کتاب‌ها و مقالات در زمینه تعریف کاربردی و نحوه ترسیم آن به روش سنتی و مدرن؛ برای نمونه، پژوهشگری هندسه کاربردی را برگرفته از مربع‌های گردان در دایره می‌داند (پاپادوپولو، ۱۳۶۸:۴۴). بر اساس شواهد موجود در طومارهای متعلق به میرزااکبر، در گذشته برای معرفی و رسم کاربردی از تصویر پلان استفاده شده است. در بعضی از این تصاویر، پلان کامل کاربردی و در بعضی نیز یک‌چهارم پلان کاربردی ارائه شده است (نجیب اوغلو، ۱۳۷۹:۲۱). در روش دیگر ترسیم کاربردی بر پایه ابعاد مستطیل زمینه و تقسیم‌بندی دایره محیطی و در نهایت به هم وصل کردن نقاط تقسیم روی دایره برای به دست آوردن چندضلعی مورد نظر ذکر شده است (پیرنیا، ۱۳۶۲:۱۱۹؛ بزرگمهری، ۱۳۷۱:۱۹). اندیشمندانی ترسیم کاربردی را براساس تقسیم نیم‌دایره توسط شعاع‌هایی از مرکز دهانه و امتداد آن‌ها تا روی مستطیل زمینه بیان داشته‌اند (رئیس‌زاده و مفید، ۱۳۷۴:۳۸؛ شعرباف، ۱۳۸۵:۷۶). نحوه ترسیم تعداد دیگری از انواع کاربردی‌ها به خصوص در زمینه‌های نادر شرح داده شده است (پورناداری، ۱۳۷۹:۲۶). محققانی به بازخوانی برخی از روش‌های گذشته پرداخته‌اند (معماریان، ۱۳۹۴:۳۵۶؛ نوایی و حاجی قاسمی، ۱۳۹۰:۹۸). در رویکرد مدرن به ترسیم کاربردی، پژوهشگران دیگری نیز تلاش‌هایی برای رفع ابهام از روش ترسیم کاربردی داشته‌اند. به شکل ویژه در برخی متون دیگر کاربردی‌های خاصی در بناها مورد بررسی قرار گرفته‌اند؛ از این میان تحلیل کاربردی هشتی باغ دولت‌آباد یزد را می‌توان برشمرد (Ga-rofalo, 2016:169). پژوهشگری روش جدیدی برای نام گذاری و ترسیم انواع کاربردی‌ها بر طبق ویژگی‌های هندسی اصلی آن‌ها ارائه نموده‌است (Pour Ahmadi, 2012:391)؛ هم‌چنین نویسندگانی روش جدیدی برای ترسیم کاربردی در زمینه‌های غیر منتظم و خاص مطرح کرده‌اند (Moham-madi and et. al, 2018:331). تناسب ابعادی زمینه‌های کاربردی، نظام هندسی و روابط ریاضی بین آن‌ها در پژوهش دیگر مورد بررسی قرار گرفته‌است (فرشچی و دیگران، ۱۳۹۵:۱۲۷). پژوهشگری از چهار فاکتور (اضلاع کاربردی، فواصل اتصال، شاغولی یا غیر شاغولی بودن، زمینه) برای

می‌شود (تهرانی، ۱۳۸۸: ۱). هر کاربردی چون دارای تناسبات و اندازه‌های معین است، باید روی طول و عرض معینی سوار شود و لذا معمار در ابتدا نوع کاربردی مناسب را انتخاب می‌کند و، ابعاد فضا را تابع ابعاد و تناسبات کاربردی برمی‌گزیند. هر کاربردی مختص فضایی معین با تناسباتی خاص است (ابوالقاسمی و عمرانی‌پور، ۱۳۸۴: ۸۳).

### اجزای کاربردی

یک کاربردی معمولی شامل اجزای زیر است:

- ۱- هفتی یا فیل‌گوش (رئیس‌زاده و مفید، ۱۳۷۴: ۳۳)
- ۲- سوسنی: عضو واسط برای رساندن کارها به شمشه وسط
- ۳- پاباریک: چهارگوش‌های نهایی در پایین‌ترین قسمت مجاور پاتاق
- ۴- شاپرک یا ترنج: لوزی‌های کوچک که اضلاع آن نسبت به محور طولی شکل متقارن‌اند.
- ۵- شمشه: شکل خورشیدمانند حاصل از ترکیب سنبوسه‌ها در زیر عرقچین
- ۶- سنبوسه: مثلث‌های منحنی‌الاضلاع در قسمت بالا



شکل ۱: نام‌گذاری اجزای کاربردی (نگارندگان، ۱۳۹۷).

### شاغولی و غیرشاغولی بودن کاربردی‌ها

کاربردی‌ها به دودسته کلی «قالب شاغولی» و «قالب سرسفت» تقسیم می‌شوند. کاربردی قالب شاغولی عبارت است از: کاربردی‌هایی که قالب‌های (تویزه) تشکیل‌دهنده آن‌ها در امتداد یکدیگر و در یک صفحه قرار دادند؛ به همین خاطر می‌توانند به صورت یک دور (قوس) کامل بار را به تکیه‌گاه‌ها منتقل کنند و برابر باشند. در کاربردی‌های قالب

فرمول‌نویسی و مدل‌سازی ریاضی انواع کاربردی‌های ساده استفاده کرده است (ریحانی همدانی و دیگران، ۱۳۹۷: ۲۲۰).  
 (۲) پژوهش‌هایی که توسط استادکاران با تجربه و محققان در زمینه گونه‌شناسی کاربردی تحریر شده‌اند؛ طی چند سال اخیر تنی چند از استادکاران باتجربه در زمینه گونه‌شناسی و نام‌گذاری انواع کاربردی براساس شکل هندسی و نحوه ترسیمشان تحقیق کرده‌اند (رئیس‌ی و دیگران، ۱۳۹۲: ۳۳)، (صاحب محمدیان و فرامرزی، ۱۳۹۰: ۹۷).

(۳) پژوهش‌های به عمل آمده در زمینه کاربردی به‌ویژه با تأکید بر تکنولوژی ساخت و نحوه اجرای این سازه پیچیده سنتی؛ در مقالاتی مراحل اجرای کاربردی در برخی نمونه‌های تاریخی و معاصر توضیح داده شده‌است (صلواتی، ۱۳۹۳: ۵۳؛ سلطان احمدی و تهرانی، ۱۳۹۲: ۶۵).

### روش پژوهش

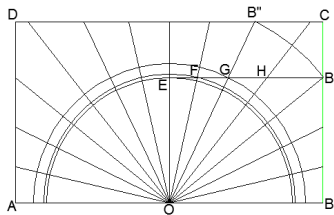
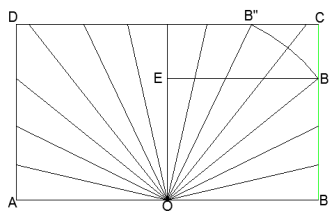
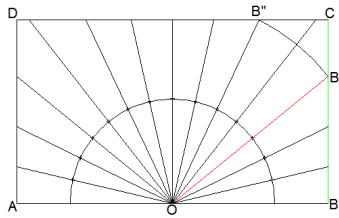
نوع مطالعه در این پژوهش کتابخانه‌ای، مطالعه و برداشت میدانی و روش مورد استفاده، یافته‌اندوزی و تحلیل محتوا به استناد کتب مربوط به ترسیم کاربردی به‌ویژه کتاب‌های «هندسه در معماری»، «گره و کاربردی» و درس‌نامه‌های باقی‌مانده از زنده‌یاد استاد پیرنیا است؛ سپس جهت ارائه تعریفی مشخص برای انواع کاربردی در یک زمینه مشخص، از محاسبه مساحت عناصر کاربردی‌های مختلف و مقایسه تطبیقی شکل‌های هندسی آن‌ها بهره گرفته شده است؛ بنابراین پژوهش حاضر از نظر چیستی کمی- کیفی، از نظر گردآوری اطلاعات و آزمون فرضیه از نوع شیوه غیر تجربی، از نظر عنصر زمان متوجه حال بوده و از نوع علی- مقایسه‌ای است.

### فرم کاربردی

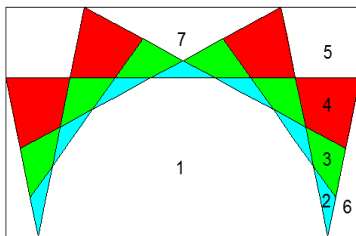
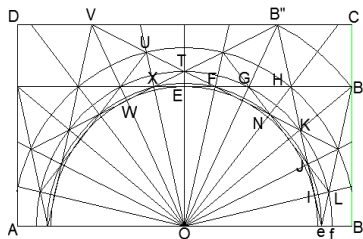
کاربردی نوعی پوشش است متشکل از لنگه‌طاق‌هایی که با قواعدی هندسی همدیگر را قطع می‌کنند و قواره اصلی پوشش را به وجود می‌آورند (بزرگمهری، ۱۳۷۱: ۷). فرم کاربردی متأثر از تحمل نیروها در انواع مواد و مصالح است. هر چه ضخامت و حجم مصالح به کاررفته کمتر باشد نقش فرم و نزدیک نمودن آن به هندسه نظری (هندسه دوبعدی) مهم‌تر می‌شود و فرم شکل تکامل‌یافته‌تری به خود می‌گیرد و در نهایت به یک پوسته تبدیل

۵: عناصر این کاربردی:

- ۱- شمسه ۲- ترنج ۳- ترنج ۴- پا باریک ۵- هفتی ۶-  
نصف سوسنی ۷- سوسنی



۱۲۳



۴۵

شکل ۴: مراحل ترسیم کاربردی چهارده (دوپا قالب شاغولی)  
(نگارندگان، ۱۳۹۶).

شاغولی، شمسه وسط خودبه‌خود بر اساس ترسیم وترهای بین نقاط تقسیم دایره به دست می‌آید و استاد کاربرد در تعیین اندازه آن نقشی ندارد (شعریف، ۱۳۸۵: ۱۰).

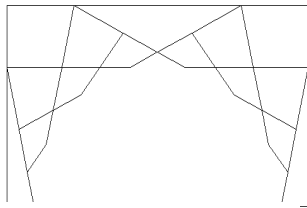
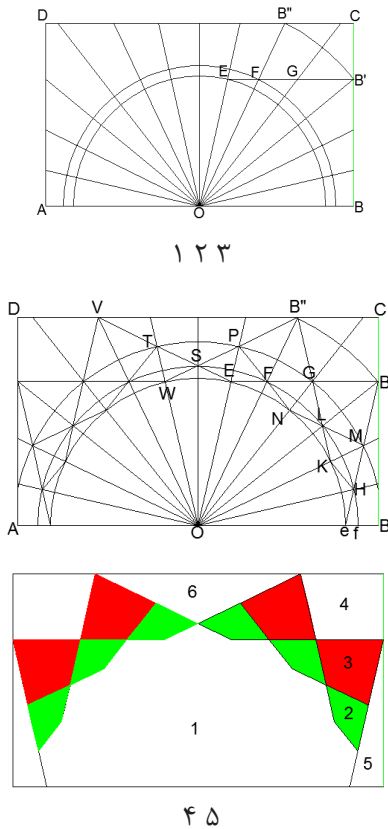
کاربندی قالب سر سفت: گاهی اوقات استادان اندازه شمسه به دست آمده را برای بعضی فضاها مناسب نمی‌دانند و شمسه‌ای کوچک‌تر و بالطبع سقفی پرکارتر را می‌پسندند. در این صورت شمسه را به اندازه دلخواه رسم می‌کنند و بدون آن که جای پاهای کاربردی را روی زمینه تغییر دهند، رئوس قوس‌ها را بر روی دایره شمسه جدید قرار می‌دهند. به این ترتیب قوس‌ها می‌شکنند و به دو نیم‌قوس که روی شمسه سر به هم می‌آورند تبدیل می‌شوند. در تصویر افقی نیز تصویر قوس‌ها از یک خط مستقیم (حالت قالب شاغولی) خارج و به یک خط شکسته مبدل می‌شود؛ خط شکسته‌ای که دوپایه را به یک نقطه از شمسه وصل می‌کند. این‌گونه کاربردی‌ها به «کاربندی‌های قالب سر سفت» معروف‌اند. در این کاربردی‌ها، تغییر اندازه شمسه بسیار حساس است و چنانچه تصمیم در تغییر شمسه، با تجربه و کاردانی همراه نباشد شکل و تناسب کاربردی را به هم می‌زند و شبکه‌ای ناهمگون پدید می‌آورد (نوایی و حاجی قاسمی، ۱۳۹۰: ۱۰۴).

### انواع کاربردی چهارده ضلعی

#### • کاربردی چهارده ضلعی (دوپا قالب شاغولی)

- ۱: زمینه کار مانند کاربردی چهارده دو پا قالب سر سفت با به دست آوردن نقاط B و B' روی شعاع‌های چهارم و ششم به دست می‌آید.
- ۲: از B خطی به موازات AB رسم کرده تا شعاع وسط را در نقطه E قطع کند.
- ۳: نیم‌دایره‌هایی به مرکز O و به شعاع‌های OE, OF, OG رسم می‌شود.

۴: شروع ترسیم رسمی از نقطه B' واقع بر BC است که به e وصل می‌شود. از e به I وصل می‌کرده، امتداد داده می‌شود. نقاط J, K, H, B' نیز بر این امتدادند. همین‌طور از L به M وصل کرده، نقاط J, N, G و P در امتداد همین خط هستند. کار را ادامه داده تا کاربردی کامل شود.



شکل ۳: مراحل ترسیم کاربردی چهارده ضلعی (دو پا قالب شاغولی مشتک شکسته) و ترسیم کاربردی حمام رهنان اصفهان به عنوان نمونه (نگارندگان، ۱۳۹۶).

### • کاربردی چهارده ضلعی (دو پا قالب شاغولی مشتک شکسته)

کاربندی چهارده صورتی دیگر هم دارد که «مشتک شکسته» خوانده می‌شود. در یک نیمکار دو ترنجی که در دورترین فاصله از اضلاع کاربردی قرار گرفته‌اند، دو موقعیت نسبت به لبه ایوان دارند. اگر ترنج‌ها در لبه ایوان قرار گیرند شعرباف برای آن‌ها اسم خاصی نمی‌گذارد ولی اگر ترنج‌ها بر لبه ایوان قرار نگرفته و از آن فاصله داشته باشند و زیر آن‌ها خالی باشد یعنی سنبوسه‌ای نباشد «مشتک شکسته» خوانده می‌شوند. کاربردی قالب شاغولی و مشتک شکسته از نظر پلان هندسی همانند یکدیگر است با این تفاوت که ترنج‌ها در نیمکار مشتک شکسته از لبه ایوان فاصله دارند.

۱: بستن زمینه و به دست آوردن دو پای رسمی یعنی نقاط  $B'$  و  $B''$  مانند حالت قبل است.

۲: از  $B'$  به موازات  $AB$  رسم کرده تا شعاع ماقبل وسط را در  $E$  قطع کند (OE شعاع شمس است).

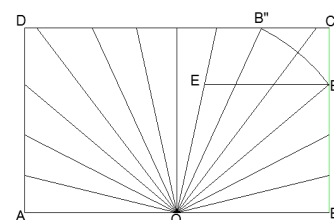
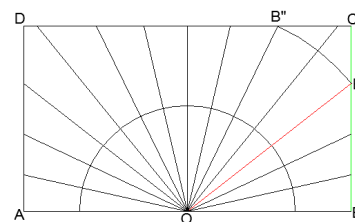
۳: نیم‌دایره‌هایی به مرکز  $O$  و به شعاع‌های  $OE$  و  $OF$  رسم می‌شود.

۴: شروع ترسیم از  $B'$  است که به  $e$  وصل می‌شود. (در همین نقطه مشتک می‌شکند یعنی نوک سوسنی و رأس منطبق بر نوک شمس می‌شود). از  $H$  به  $K$  و از  $K$  به  $L$  وصل کرده که ادامه آن از  $G$  و  $b''$  می‌گذرد. از  $M$  به  $N$  وصل کرده که از  $L$  می‌گذرد. کار را همین‌طور ادامه داده تا کاربردی کامل شود.

۵: عناصر این کاربردی:

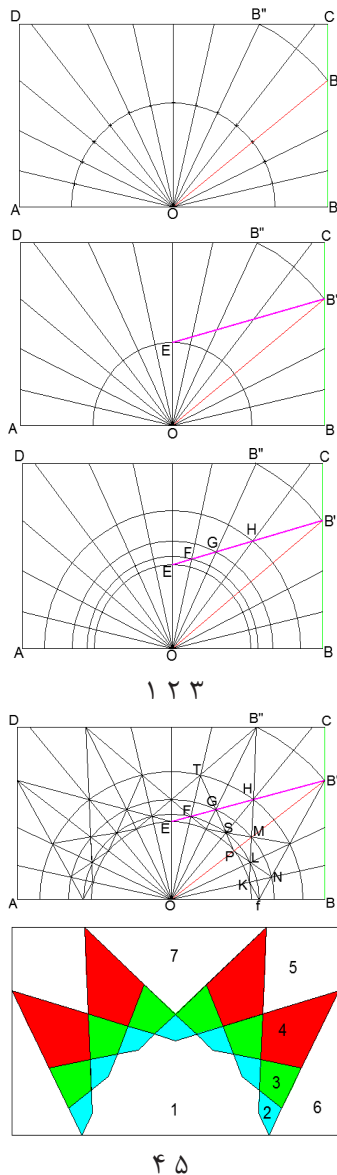
۱- شمس ۲- ترنج ۳- پاباریک ۴- هفتی ۵- نصف سوسنی

۶- سوسنی



- ۲: نیم‌دایره دلخواه محو و از B به E واقع بر شعاع وسط وصل می‌شود (OE شعاع شمسه دلخواه است).
- ۳: نیم‌دایره‌هایی به مرکز O و به شعاع‌های OE, OF, OG, OH و رسم می‌شود.
- ۴: شروع ترسیم کاربردی از نقطه B واقع بر BC است که به f وصل می‌شود. از f به k و از k به L وصل کرده، ادامه داده تا نقاط M و H و B به دست آید. از N به P وصل می‌کنیم از L می‌گذرد. کار را ادامه داده تا کاربردی رسم شود.
- ۵: عناصر این کاربردی:

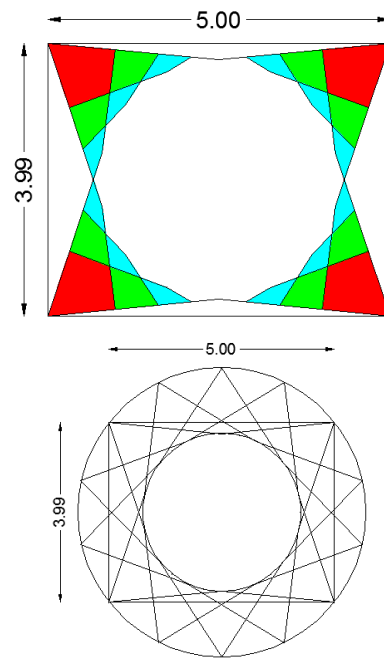
- ۱- شمسه ۲- ترنج ۳- ترنج ۴- پاباریک ۵- هفتی ۶- نصف سوسنی ۷- سوسنی



شکل ۵: ترسیم کاربردی چهارده ضلعی (دو پا قالب سرسفت) (نگارندگان، ۱۳۹۷).

• کاربردی چهارده ضلعی (یک پا قالب سرسفت) یا کاربردی ساده ۱۴ ضلعی قالب سرسفت

دایره محیطی به ۱۴ قسمت تقسیم شده است. لنگه‌های کاربردی به جای این که مستقیماً ۴ به ۴ (مثل کاربردی ساده ۱۴ ضلعی) به هم متصل شوند، چرخیده‌اند تا دایره دلخواه خورشیدی وسط را دربرگیرند. این دایره با این که به اندازه دلخواه توسط معمار تعیین می‌شود ولی ترجیحاً طوری است که خیز لنگه‌ها برای این که به آن متصل شود خیلی پایین نیاید (یعنی زیاد کوچک نیست).



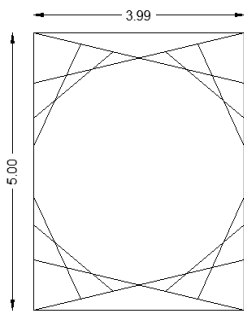
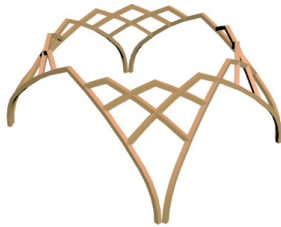
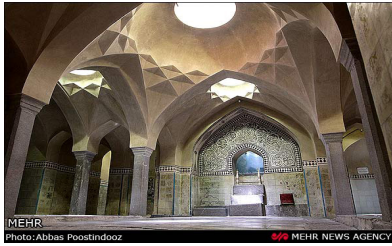
شکل ۴: ترسیم کاربردی چهارده ضلعی (یک پا قالب سرسفت)، (نگارندگان، ۱۳۹۷).

• کاربردی چهارده ضلعی (دو پا قالب سرسفت)

۱: AB دهنه ایوان است. به مرکز O وسط AB و به شعاع دلخواه OR نیم‌دایره‌ای رسم و به چهارده قسمت مساوی تقسیم می‌شود. شعاع‌ها رسم شده؛ شعاع چهارم از مبنای عمود اخراج شده است؛ از نقطه B بر AB را در نقطه B قطع می‌کند؛ OB را بر شعاع ششم جدا شده B به دست می‌آید؛ زمینه بسته می‌شود. معلوم است که B و B در طرفین نقطه C شروع پاباریک‌ها هستند. BC عمق ایوان از نصف دهنه ایوان یعنی OB بزرگ‌تر است.

شکل ۵: ترسیم کاربردی چهارده ضلعی (دو پا قالب سرسفت) (نگارندگان، ۱۳۹۷).





شکل ۶: ترسیم کاربندی چهارده (یک‌پا قالب شاغولی) و کاربندی حمام علی‌قلی‌آقای اصفهان به‌عنوان نمونه (نگارندگان، ۱۳۹۷).

#### • کاربندی ساده رسمی کشیده چهارده ضلعی

در این‌گونه، شاپرک‌هایی با دم‌های باریک و بلند به دست می‌آید. اصولاً در این نوع کاربندی‌ها ارتفاع زیاد می‌شود به همین دلیل به آن کاربندی کشیده می‌گویند. به‌منظور جلوگیری از بالا رفتن زیادی ارتفاع از چفد گفته استفاده می‌کنند. به کاربندی‌هایی که طول و عرض مستطیلشان اختلاف زیادتری دارند، کاربندی کشیده می‌گویند (پیرنیا، ۱۳۶۲: ۱۳۰). حدوداً زمینه این کاربندی مستطیلی به‌تناسب  $۶*۲,۸۹$  است. دایره محیطی به ۱۴ قسمت می‌شود و چون مقابل طول مستطیل ۵ قسمت از تقسیمات دایره قرارداد. نقاط را ۵ به ۵ متصل می‌کنیم.

#### • کاربندی چهارده (یک‌پا قالب شاغولی) یا کاربندی ساده ۱۴ ضلعی رسمی (بزرگمهری، ۱۳۷۱: ۲۶)

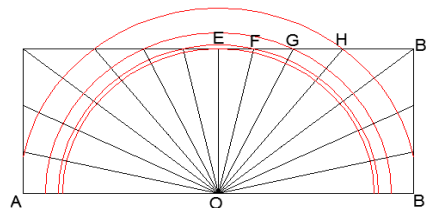
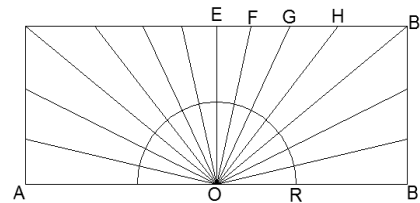
۱: AB دهنه ایوان است. به مرکز O وسط AB و به شعاع دلخواه OR (شکل ۱۸) فلکهای رسم و آن به چهارده قسمت مساوی تقسیم می‌شود. شعاع‌ها رسم می‌شود؛ شعاع چهارم از مبنای عمود اخراج می‌شود؛ از نقطه B بر AB را در نقطه B' قطع می‌کند. B' خطی به موازات AB رسم کرده تا شعاع وسط را در نقطه E قطع کند.

۲: فلکه دلخواه را محو و فلکه‌هایی به مرکز O و به شعاع‌های OE, OF, OG, OH رسم می‌شود.

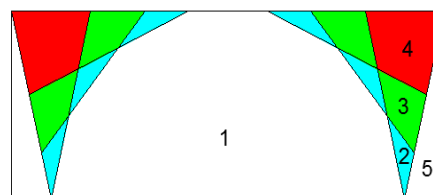
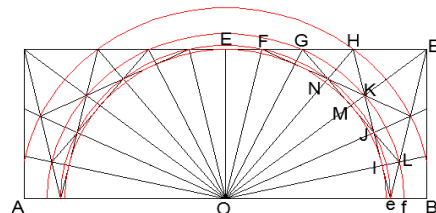
۳: شروع ترسیم رسمی از نقطه B' است که به e وصل می‌شود. از e به I وصل کرده و امتداد داده می‌شود. نقاط J, K, H نیز بر این امتدادند. همین‌طور از L به J وصل کرده، نقاط M, N, G در امتداد همین خط هستند. کار را ادامه داده تا کاربندی کامل شود.

۴: عناصر این کاربندی:

۱- شمس ۲- ترنج ۳- ترنج ۴- پاباریک ۵- نصف سوسنی

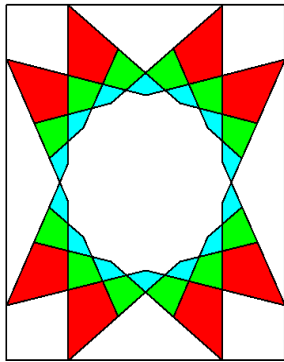
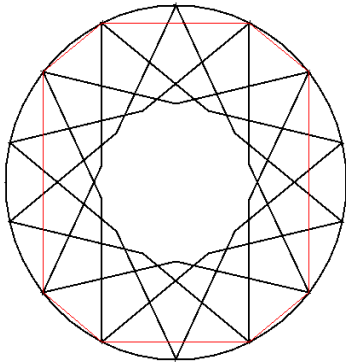


۱۲

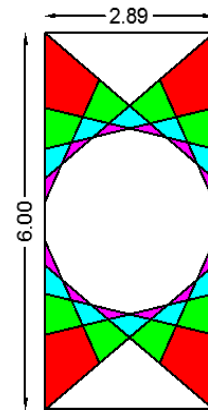
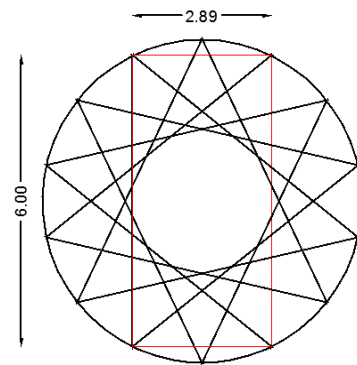


۳۴

اختری‌های پیوسته از حرکت یک خط در داخل دایره شکل می‌گیرد. این خط کمان‌های دایره را مثلاً ۵ به ۵ به هم متصل می‌کند تا به نقطه اول برسد (بزرگمهری، ۱۳۷۱: ۸۱). دایره محیطی زمینه چون کاربردی ۱۴ ضلعی است باید به ۱۴ قسمت تقسیم شود. نقاط را ۵ به ۵ به هم متصل می‌کنیم.



شکل ۸: ترسیم کاربردی اختری پیوسته چهارده ضلعی ۵ به ۵ (نگارندگان، ۱۳۹۷).



شکل ۷: ترسیم کاربردی ساده رسمی کشیده چهارده ضلعی (نگارندگان، ۱۳۹۷).

#### • کاربردی اختری<sup>۲</sup> پیوسته چهارده ضلعی ۵ به ۵:

اختری به دو شیوه پیوسته و گسیخته کار می‌شود. روش ترسیمی آن از بقیه کاربردی‌ها ساده‌تر است. اختری گسیخته از حرکت یک مربع در داخل یک دایره به دست می‌آید.

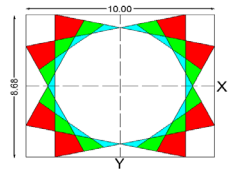
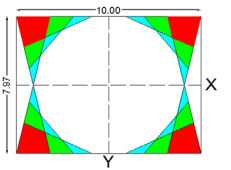
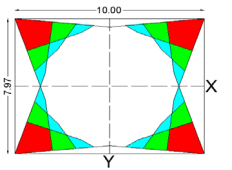
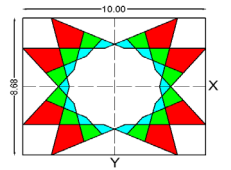
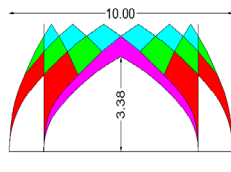
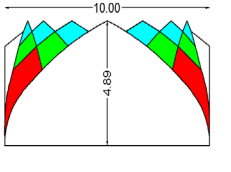
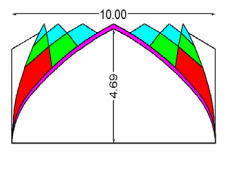
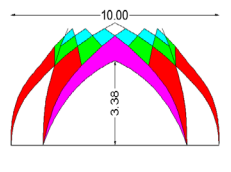
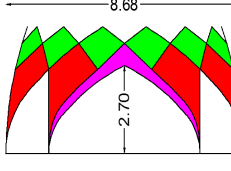
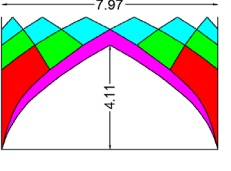
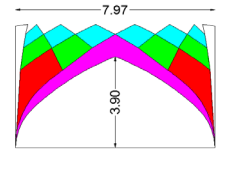
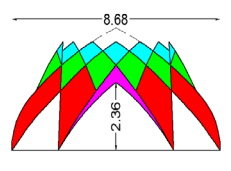
جدول ۱: مساحت عناصر انواع کاربردی در زمینه چهارده ضلعی (نگارندگان، ۱۳۹۷).

ردیف	قیاس مساحت‌ها	کاربردی چهارده دو پا قالب شاغولی	کاربردی چهارده دو پا قالب شاغولی مشتک شکسته	کاربردی چهارده دو پا قالب سرسفت	کاربردی چهارده یک پا قالب سرسفت	کاربردی چهارده یک پا قالب شاغولی	کاربردی ساده رسمی کشیده چهارده ضلعی	کاربردی اختری پیوسته چهارده ضلعی ۵ به ۵
۱	مساحت پاباریک	۲,۲۳	۲,۲۳	۲,۹۰	۲,۵۰	۲,۲۳	۲,۱۲	۲,۱۲
۲	مساحت ترنج سبز	۰,۹۹	۰,۹۹	۱,۰۵	۱,۰۷	۰,۹۹	۰,۸۱	۱,۰۸
۳	مساحت ترنج آبی	۰,۳۹	-	۰,۴۶	۰,۴۷	۰,۳۹	۰,۳۶	۰,۴۸
۴	مساحت هفتی	۳,۵۸	۳,۵۸	۴,۷۵	-	-	-	۴,۵۱
۵	مساحت نصف شمشه	۲۴,۹۷	۲۴,۹۷	۱۰,۷۰	۱۹,۱۸	۲۴,۹۷	۹,۱۰	۱۲,۷۲
۶	مساحت سنبوسه	۰,۳	-	-	-	۰,۳۹	۰,۱۴	-
۷	مساحت سوسنی در راستای محور Y	۲,۷۳	۲,۷۳	۵,۷۶	۲,۴۶	-	-	-



۸	مساحت سوسنی در راستای محور X	۲,۷۹	۲,۷۹	۴,۶۲	۵,۳۱	۳,۶۲	۴,۶۲	-
۹	ابعاد چهار گوش زمینه	۱۰*۱۱,۵۲	۱۰*۱۱,۵۲	۱۱,۵۲*۱۰	۱۰*۷,۹۷	۱۰*۷,۹۷	۱۰*۴,۸۲	۱۱,۵۲*۱۰

جدول ۲: تحلیل انواع کاربردی‌ها در زمینه چهارده ضلعی از دید هندسی (نگارندگان، ۱۳۹۷).

ردیف	ابعاد قیاس	کاربندی چهارده دو پا قالب شاغولی	کاربندی چهارده یک پا قالب شاغولی	کاربندی چهارده یک پا قالب سرسفت	کاربندی چهارده دو پا قالب سرسفت
۱	هندسه پلان				
۲	مقطع طولی				
۳	مقطع عرضی				
۴	تعداد ردیف ترنج‌ها	یک ردیف	یک ردیف	دو ردیف	دو ردیف
۵	تعداد سوسنی	چهار عدد	دو عدد	چهار عدد	چهار عدد
۶	تعداد هفتی	چهار عدد	-	-	چهار عدد
۷	زاویه دونیمه یک قوس کاربردی	۱۸۰	۱۸۰	۱۶۹	۱۴۹

جدول ۳: تحلیل انواع کاربردی‌ها در زمینه چهارده‌ضلعی از دید هندسی (نگارندگان، ۱۳۹۷).

ردیف	ابعاد مقیاس	کاربردی چهارده دو پا قالب شاغولی مشتک شکسته	کاربردی ساده رسمی کشیده چهارده‌ضلعی	کاربردی اختری پیوسته چهارده ضلعی ۵ به ۵
۱	هندسه پلان			
۲	مقطع طولی			
۳	مقطع عرضی			
۴	تعداد ردیف ترنج‌ها	یک ردیف	دو ردیف	دو ردیف
۵	تعداد سوسنی	چهار عدد	دو عدد	-
۶	تعداد هفتی	چهار عدد	-	-
۷	زاویه دونیمه قوس یک کاربردی	۱۸۰	۱۸۰	۱۵۴

جدول ۴: تحلیل انواع کاربردی‌ها در زمینه چهارده‌ضلعی از دید کاربری فضایی (نگارندگان، ۱۳۹۷).

نام	کاربری فضایی
کاربردی چهارده‌ضلعی قالب شاغولی	دارای باربری فراوان است و بیشتر پوشش اصلی را تشکیل می‌دهد. در دهانه‌های بزرگ مانند چهارسوق‌های بازارها، تیمچه‌ها و... استفاده می‌شود. چون قالبشان در فضا نسبت به سطح زمین به‌طور عمودی واداشته می‌شود؛ بنابراین اکثراً قابلیت حمل بار را دارند و در حالتی که کاربردی‌ها خود پوشش اصلی باشند، مثل چهارسوق‌ها و بازارها حتماً از قالب شاغولی استفاده می‌شود (معماریان، ۱۳۷۴: ۷۱).
کاربردی چهارده‌ضلعی قالب سرسفت	بیشتر در جاهایی که لازم می‌دانند کاربردی ارتفاع کوتاه‌تری پیدا کند از این نوع کاربردی استفاده می‌کنند. دایره وسط کاربردی (نه‌نبن یا خورشیدی) از حد معمول کوچک‌تر است. این دایره با این‌که به‌اندازه دلخواه توسط معمار تعیین می‌شود ولی ترجیحاً طوری است که خیز لنگه‌ها برای این‌که به آن متصل شود خیلی پایین نیاید (زیاد کوچک نیست) (زمرشیدی، ۱۳۸۹: ۱۹۷). تویزه‌های کاربردی سرسفت از قالب شاغولی بلندتر و کشیده‌تر هستند. در انتقال بار اصلی ساختمان نقش ندارند؛ و زیر پوشش‌های اصلی اجرا می‌شوند.
کاربردی چهارده‌ضلعی مشتک شکسته	بیشتر در جاهایی که لازم می‌دانند کاربردی ارتفاع کوتاه‌تری پیدا کند و در دهانه‌های کوچک از این نوع کاربردی استفاده می‌کنند. زیاد معمول و مورد قبول در معماری ایرانی نیست.

در طاق‌های بین تویزه ها در دهانه‌های طولانی مثل بازارها، در طاق و تویزه با طاق کژاوه، کشیدگی دهانه این تاق سه یا چهار برابر عرض آن است (معماریان، ۱۳۹۴:۲۲۶). به کاربردی‌هایی می‌گویند که در سطح مستطیل به‌خصوص مستطیل‌های کشیده اجرا می‌شوند. در این حالت برای رساندن کارها به خورشیدی ۱۳ میانی، سوسنی ۱۴ یا سینه‌باز در دو ضلع کوچک مستطیل شکل می‌گیرد (همان: ۳۵۰).	کاربندی ساده رسمی کشیده چهارده‌ضلعی
این نوع کاربردی بیشتر درزمینه های مربع و نزدیک به مربع مشاهده می‌گردد. اختری نوعی پوشش است برای ارتفاعات کم. مثلاً برای افزودن طبقه‌ها و... به کار می‌رود.	اختری پیوسته چهارده ضلعی ۵ به ۵
در کنج‌های زمينه، پایه‌های کاربردی قرارداد که به آن اصطلاحاً «پا» گفته می‌شود. در کاربردی وضعیت پاهای کاربردی به ترتیبی است که یا در کنج قرار می‌گیرند که به آن کاربردی‌های یک‌پا گفته می‌شود و یا در فواصل مساوی از کنج‌ها قرار می‌گیرند که در این صورت به آن کاربردی دو پا گفته می‌شود. اگرچه شعریاف تعریف روشنی برای کاربردی یک‌پا و دو پا ارائه نکرده است؛ اما می‌توان چنین استنباط کرد که: اگر در نیمکار کاربردی رسم شده هرکدام از پاهای لاغر کاربردی دقیقاً بر یک‌گوشه از مستطیل زمينه نشسته باشد، کاربردی یک‌پا گویند؛ و اگر در نیمکار کاربردی رسم شده، دو پای لاغر کاربردی در کناره‌های هر گوشه مستطیل زمينه نشسته باشند کاربردی دو پا گویند.	کاربندی چهارده‌ضلعی یک پا و دو پا

### نتیجه‌گیری

#### قیاس انواع کاربردی‌های چهارده‌ضلعی از نظر حسابی

##### (مطابق جدول ۱)

در کاربردی‌های قالب شاغولی شمسه وسط خودبه‌خود بر اساس ترسیم وترهای بین نقاط تقسیم دایره به دست می‌آید و استاد کاربرد در تعیین اندازه آن نقشی ندارد. در کاربردی‌های قالب شاغولی به میزانی که طول وترها افزایش می‌یابد. شمسه مرکزی کوچک‌تر می‌شود و تعداد آلت‌ها بیشتر و اندازه آن‌ها کوچک‌تر می‌گردد. در کاربردی‌های قالب سر سفت دایره خورشیدی مرکزی از حد متعارف کوچک‌تر است. در این حالت اجزا کاربردی حالت کشیده‌تری به خود می‌گیرند و از صورت معمولی خود (در حالت قالب شاغولی دایره مرکزی حدی مشخص دارد و به سلیقه معمار بستگی ندارد) خارج می‌شوند. این کشیدگی به سمت مرکز باعث می‌شود که مساحت پاباریک‌ها، ترنج‌ها و هفتی‌ها و سوسنی‌ها در کاربردی قالب سرسفت از قالب شاغولی بیشتر شود (جدول ۱ ردیف ۱-۴). زاویه خمیدگی منحنی قوس کاربردی از خط عمود در کاربردی‌های قالب سر سفت به علت کوچک بودن مساحت شمسه بیشتر از کاربردی‌های قالب شاغولی است. قوس‌های کاربردی چرخیده و نسبت به صفحه زمین به‌طور مایل قرار می‌گیرند هم‌ارتفاعشان نسبت به صفحه زمین کمتر می‌شود و هم‌دایره تنگ‌تری را که مطلوب معمار است در بر می‌گیرند. مساحت شمسه در کاربردی‌های قالب سرسفت کمتر از قالب شاغولی و در کاربردی دوپا قالب

شاغولی مشتک‌شکسته به علت نبود سنبوسه از بقیه بیشتر است. همچنین در کاربردی کشیده به علت زیاد بودن نسبت طول به عرض و کشیدگی مستطیل زمينه از بقیه کاربردی‌ها و همچنین در کاربردی‌های دوپا نسبت به یک‌پا کمتر است (جدول ۱ ردیف ۵). وقتی شمسه مرکزی بر طول یا عرض مستطیل زمينه مماس باشد مساحت آن بیشتر شده، در نتیجه تزئینات بیشتری را می‌شود روی آن پیاده کرد. اگر طول مستطیل زمينه همه کاربردی‌های چهارده‌ضلعی برابر ۱۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شود، اختلاف ابعاد طول و عرض در کاربردی ساده کشیده از بقیه بیشتر است که همین مسئله باعث کشیدگی پلان آن می‌شود. همچنین در کاربردی‌های یک‌پا نسبت به دو پا این مسئله بیشتر مشهود است (جدول ۱ ردیف ۹).

#### قیاس انواع کاربردی‌های چهارده‌ضلعی از نظر هندسی

##### (مطابق جدول ۲ و ۳)

دهانه شمسه کاربردی‌های قالب شاغولی به‌اندازه دو تویزه اصلی روبه‌روی هم در عرض کار است، به سخنی دیگر محیط شمسه مماس بر دو تویزه اصلی موازی هم‌سازه اصلی فضای آن است که در کاربردی قالب شاغولی یک‌پا، برای رساندن کارها به خورشیدی میانی، سوسنی یا سینه‌باز در دو ضلع کوچک مستطیل قرار می‌گیرد، اما در قالب شاغولی دو پا، در هر چهار ضلع مستطیل شکل می‌گیرد (جدول ۲ و ۳ ردیف ۱). هر چه نسبت دهانه به عمق مستطیل زمينه بیشتر باشد

حرکت یک خط در داخل دایره شکل می‌گیرد. این خط کمان‌های دایره را مثلاً ۵ به ۵ به هم متصل می‌کند تا به نقطه اول برسد (بزرگمهری، ۱۳۷۱: ۸۱).

### فهرست منابع

- ابوالقاسمی، لطیف؛ عمرانی‌پور، علی. (۱۳۸۴). هنر و معماری اسلامی/ ایران. تهران: وزارت مسکن و شهرسازی.
- بزرگمهری، زهره. (۱۳۷۱). هندسه در معماری. چاپ سوم. تهران: میراث فرهنگی کشور و سبحان نور.
- بمانیان، محمدرضا؛ اخوت، هانیه؛ بقایی، پرهام. (۱۳۹۰). کاربرد هندسه و تناسب در معماری. تهران: هله/ طحان.
- پاپادوپولو، آکساندر. (۱۳۶۸). معماری اسلامی. مترجم: حشمت جزئی. تهران: رجاء.
- پورنادری، حسین. (۱۳۷۹). شعرایف و آثارش (جلد دوم گره و کاربندی). تهران: میراث فرهنگی کشور.
- پیرنیا، محمدکریم. (۱۳۶۲). درس نامه معماری اسلامی. تهران: دانشگاه تهران. صص ۱۱۹-۱۴۵.
- تهرانی، فرهاد. (۱۳۸۸). سخنرانی با موضوع کاربندی ویژه. تهران: کمیته ملی ایکوموس ایران.
- حلی، علی‌اکبر. (۱۳۶۵). گره‌ها و قوس‌ها در معماری ایران. تهران: بی‌جا.
- رئیس‌زاده، مهناز؛ مفید، حسین. (۱۳۷۴). احیای هنرهای از یادرفته: مبانی معماری سنتی در ایران به روایت استاد حسین لرزاده. چاپ دوم. تهران: مولی.
- رئیسی، مهدی؛ بمانیان، محمدرضا؛ تهرانی، فرهاد. (۱۳۹۲). «بازنگری در مفهوم کاربندی بر مبنای هندسه نظری، عملی و نقش ساختمانی»، دو فصلنامه علمی- پژوهش‌های باستان‌شناسی ایران، دوره ۳، شماره ۵: ۳۳-۵۴.
- ریحانی همدانی، حسن؛ صاحب‌محمدیان، منصور؛ افشین‌مهر، وحید؛ بمانیان، محمدرضا. (۱۳۹۷). «تحلیل ریاضی کاربندی‌های ساده معماری ایران»، مجله پژوهش‌های باستان‌شناسی ایران، شماره ۱۷: ۲۰۱-۲۲۰.
- زمرشیدی، حسین. (۱۳۸۹). گنبد و عناصر طاقی ایران. تهران: نشر زمان.

ارتفاع کاربندی بیشتر می‌شود؛ مانند کاربندی‌های کشیده (جدول ۲ و ۳ ردیف ۲ و ۳).

ارتفاع کاربندی‌های قالب شاغولی بیشتر از قالب سرسفت و کاربندی‌های یک‌پا بیشتر از دوپا است. هم‌چنین کاربندی‌های گونه کشیده به دلیل زیاد بودن نسبت دهانه به عمق آن‌ها بیشترین ارتفاع را دارند و در فضاهای با ارتفاع زیاد استفاده می‌شوند (جدول ۲ و ۳ ردیف ۲ و ۳). کاربندی‌های گونه اختری کمترین ارتفاع را داشته به همین جهت یا به صورت سوار بر کاربندی‌های دیگر یا در فضاهای با ارتفاع کم هم‌چون زیرزمین‌ها استفاده می‌شوند (جدول ۳ ردیف ۲). استفاده از کاربندی‌های مشتک‌شکسته زیاد رایج نبوده و معمولاً جهت پوشش فضاهایی با دهانه کوچک به کار می‌روند. هفتی‌ها در کاربندی‌های یک‌پا و کشیده حذف شده و تعداد سوسنی‌ها از چهار عدد به دو عدد کاهش می‌یابد (جدول ۲ و ۳ ردیف ۵ و ۶). در کاربندی‌های قالب شاغولی، مشتک‌شکسته و کشیده بین دو نیم قوس زاویه ۱۸۰ درجه است؛ یعنی در امتداد یکدیگرند؛ اما در کاربندی‌های قالب سرسفت و اختری بین دو نیم قوس زاویه وجود دارد و در امتداد همدیگر نیستند؛ به همین جهت باربری آن‌ها در برابر انتقال نیروها کاهش می‌یابد (جدول ۲ و ۳ ردیف ۷).

### پی‌نوشت‌ها

۱- مشتک‌شکسته: کاربندی ده و چهارده صورتی دیگر هم دارند که به نام مشتک‌شکسته است. در یک نیم‌کار دو ترنجی که در دورترین فاصله از اضلاع کاربندی قرار گرفته‌اند دو موقعیت نسبت به لبه ایوان دارند. اگر ترنج‌ها در لبه ایوان قرار گیرند شعرایف برای آن‌ها اسم خاصی نمی‌گذارد ولی اگر ترنج‌ها بر لبه ایوان قرار نگرفته و فاصله از آن داشته باشند و زیر آن‌ها خالی باشد یعنی سنبوسه‌ای نباشد، توسط استاد شعرایف مشتک‌شکسته خوانده می‌شوند.

۲- کاربندی اختری: این نوع کاربندی بیشتر در زمینه‌های مربع و نزدیک به مربع مشاهده می‌گردد. اختری به دو شیوه پیوسته و گسیخته کار می‌شود. روش ترسیمی آن از بقیه کاربندی‌ها ساده‌تر است. اختری گسیخته از حرکت یک مربع در داخل یک دایره به دست می‌آید. اختری‌های پیوسته از

- Garofalo, Vincenza. (2016). "The Geometry of a Domed Architecture: A Stately Example of Karbandi at Bagh-e Dolat Abad in Yazd", *Nexus Network Journal Architecture and Mathematics*, 18(1), Springer Verlag.
- Mohammadi, Amir Amjad; Asefi, Maziar; Nejad Ebrahimi, Ahad. (2018). "The Geometrical Regularization for Covering Irregular Bases with Karbandi", *Nexus Network Journal Architecture and Mathematics*, 20(2).
- Pour Ahmadi, Mojtaba. (2012). "A Geometrical Analysis of the Mausoleum of Sheikh Zahed-e Gilani", *Nexus Network Journal*, (14)2.
- سلطان احمدی، بهمن؛ تهرانی، فرهاد. (۱۳۹۲). «بازنگری در فناوری پوشش فضا توسط باریکه تاق در کاربندی»، *مجله پژوهش هنر*، شماره ۴: ۶۵-۷۰.
- شعرفاف، اصغر. (۱۳۸۵). *گره و کاربندی*. تهران: سازمان میراث فرهنگی کشور. سبحان نور.
- صاحب محمدیان، منصور؛ فرامرزی، سینا. (۱۳۹۰). «گونه شناسی و تدوین ساختار هندسی کاربندی در معماری ایران»، *نشریه هنرهای زیبا- معماری و شهرسازی*، شماره ۴۸: ۹۷-۱۰۹.
- صلواتی، عباس. (۱۳۹۳). «بررسی روش‌ها و جزییات پوشش‌های کاربندی، با تأکید بر باریکه طاق‌های برابر در برخی از نمونه‌های معاصر و تاریخی»، *فصلنامه علمی فنی هنری/ اثر*، شماره ۶۲: ۵۳-۶۸.
- فرشچی، حمیدرضا؛ دانایی‌نیا، احمد؛ تهرانی، فرهاد. (۱۳۹۵). «نظام هندسی زمینه‌های رسمی بندی یک‌پا، برگرفته از دایره محیطی»، *دو فصلنامه علمی- پژوهشی مرمت و معماری ایران*، شماره ۱۲: ۱۲۷-۱۳۸.
- کاشانی، غیاث‌الدین جمشید. (۱۳۶۶). *رساله طاق و ازج*. مترجم و تحشیه: سید علیرضا جذبی. تهران: سروش.
- معاریان، غلامحسین. (۱۳۷۴). *نیارش سازه‌های تاقی در ایران*. تهران: دانشگاه علم و صنعت.
- هادی صفایی‌پور. تهران: موسسه فرهنگی هنری نغمه نواندیش. (۱۳۹۴). *معماری ایران نیارش*. تدوین:
- مولوی، بهزاد. (۱۳۸۱). *بررسی کاربرد هندسه در معماری گذشته ایران*. تهران: نشر وزارت مسکن و شهرسازی مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.
- نجیب اوغلو، گل‌رو. (۱۳۷۹). *هندسه و تزیین در معماری اسلامی (طومار توپکایی)*. مترجم: مهرداد قیومی بیدهندی. تهران: روزنه.
- نقره‌کار، عبدالحمید؛ حمزه‌نژاد، مهدی؛ رنجبر کرمانی، علی‌محمد؛ نعیم اورزانی، سعید. (۱۳۸۷). *درآمدی بر هویت اسلامی در معماری و شهرسازی*. تهران: پیام سیماگران.
- نوایی، کامبیز و حاجی‌قاسمی، کامبیز. (۱۳۹۰). *خشت و خیال: شرح معماری اسلامی ایران*. تهران: دانشگاه شهیدبهشتی؛ سروش (انتشارات صدا و سیما جمهوری اسلامی ایران).