

## Analysing Arithmetical and Geometrical Features of the Elements of *Karbandies* in Different Bases

Shahrzad Ainechi<sup>1\*</sup>, Nima Valibeig<sup>2</sup>

1. PhD, Department of Architectural and Urban Conservation, Faculty of Conservation, Art University of Isfahan, Isfahan, Iran
2. Assistant Professor, Department of Architectural and Urban Conservation, Faculty of Conservation, Art University of Isfahan, Isfahan, Iran


### Article Info

#### Original Article

Received: 2020/02/19;

Accepted: 2020/08/21;

Published Online 2020/08/31

 10.30699/athar.40.2.58

Use your device to scan  
and read the article online



### Corresponding Author

Shahrzad Ainechi

PhD, Department of Architectural and Urban Conservation, Faculty of Conservation, Art University of Isfahan, Isfahan, Iran

#### Email:

[Ainechi.shahrzad@yahoo.com](mailto:Ainechi.shahrzad@yahoo.com)

### ABSTRACT

All bases of *Karbandies* have their own exclusive geometrical features. Employing mathematics, one can proceed with reading geometrical proportions of *Karbandi* elements in different bases. Although in most of the researches in the field of *Karbandies*, the geometrical aspect is studied, in some cases, their structural aspect has been considered. In this paper, for the first time, arithmetic and geometric proportions in the plan and façade of *Karbandies* is studied. The drawing procedure is established on the rectangular dimensions and its peripheral circle divisions using graphic software. First, the *Karbandies* are drawn in different bases using AUTOCAD and 3D software. After the drawing is completed, *Karbandies* are classified based on their common dimensional features. As a result, *Karbandies* are categorized into two types: *Karbandies* with the same length, and *Karbandies* with the same width. After determining the characteristics of each category, the features of these two categories are compared to each other. The drawings presented in this study involved plan, vertical and horizontal sections of *Karbandies*. This research is based on documentary studies. In this comparative study, the relationship among the number of sides, the area of each *Karbandi*'s element and overall base through the analysis of geometric system and mathematical relations in *Karbandies* in different bases are determined (24, 20, 22, 18, 16, 14, 12, 10). Hence, the area and frequency of each element are calculated for each existing base and then they are compared in different *Karbandies*. The area of the *Pa-Bariks*, *Toranjs*, and *Soosanies* in *Karbandies* follows an inverse relationship with the area of *Sanboosehs*. The area of the central *Shamseh* is not necessarily increased by increasing the number of sides in *Karbandi* and increasing the number of rows of *Toranjs*. In all of the mentioned *Karbandies*, the area of the consisting parts of the *Karbandi* is decreased by moving into the direction of the vault. In the cross-section of the *Karbandies* in which after dividing them by 2, the given number is even (*Karbandies* number 12, 16, 18, 20) there would be a single *Toranj* in the apex of the arc. However, in all other *Karbandies*, the position of *Toranjs* is on the two opposite sides of the arc's apex. As the number of sides increases, the size of the *Shamseh* increases. The higher the ratio of the span to the depth of the rectangle, the higher the height of the *Karbandi*. The height of the *Karbandi* is directly related to the connection distance of the points on the circle. As the distance increases, the dimensions of the *Karbandi* ribs increase. The height of the *Karbandi* and the size of the *Shamseh* are always inversely related. As the dimensions of the *Shamseh* increase, the height of the *Karbandi* decreases.

**Keywords:** Counting features in architecture, Geometry in architecture, *Karbandi* elements, *Karbandi* base

Copyright © 2019. This open-access journal is published under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License which permits Share (copy and redistribute the material in any medium or format) and Adapt (remix, transform, and build upon the material) under the Attribution-NonCommercial terms.

### How to Cite This Article:

Ainechi S, Valibeig N. Analysing Arithmetical and Geometrical Features of the Elements of *Karbandies* in Different Bases. Athar. 2019; 40 (2): 43-58

## مقاله پژوهشی

## تحلیل ویژگی‌های حسابی و هندسی عناصر کاربردی‌ها در زمینه‌های گوناگون

شهرزاد آئینه چی<sup>۱\*</sup>، نیما ولی بیگ<sup>۲</sup>

۱. دکتری، گروه مرمت بنا و بافت‌های تاریخی، دانشکده مرمت، دانشگاه هنر اصفهان، شهر اصفهان، ایران

۲. استادیار، گروه مرمت بنا و بافت‌های تاریخی، دانشکده مرمت، دانشگاه هنر اصفهان، شهر اصفهان، ایران

اطلاعات مقاله	خلاصه
دریافت: ۱۳۹۸/۱۱/۳۰ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۵/۳۱ انتشار آنلاین: ۱۳۹۹/۰۶/۱۰	هرکدام از زمینه‌های کاربردی دارای ویژگی هندسی مختص به خود هستند. با دانش ریاضی می‌توان به خوانش تناسب‌های هندسی عناصر کاربردی‌ها در زمینه‌های گوناگون پرداخت. با بررسی تک‌تک عناصر کاربردی در زمینه‌های مختلف می‌توان نسبت‌های به‌کاررفته در آن‌ها را تعیین کرد. در پژوهش‌های انجام‌شده درباره کاربردی، بیشتر جنبه هندسی و در بعضی موارد جنبه سازه‌ای آن مدنظر بوده است. لذا همواره این سؤال مطرح است که چه ویژگی‌های مشترک حسابی و هندسی بین عناصر کاربردی‌ها در زمینه‌های مختلف وجود دارد. در تحقیق حاضر، با هدف پاسخ‌گویی به سؤال مذکور برای نخستین بار تناسب‌های حسابی و هندسی در پلان و نمای انواع کاربردی‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد. این پژوهش بر پایه شیوه‌های ترسیم، انجام شده است. مراحل ترسیم بر پایه ابعاد مستطیل زمینه و تقسیمات دایره محیطی آن با نرم‌افزارهای ترسیمی ادامه می‌یابد. ترسیمات در این مقاله شامل پلان، مقاطع طولی و عرضی کاربردی‌ها است. در این پژوهش با استناد به منابع کتابخانه‌ای و با استفاده از نرم‌افزار اتوکد، تحلیلی در گستره شناخت روابط حسابی و هندسی انواع کاربردی‌ها در زمینه‌های گوناگون صورت می‌گیرد. روش پژوهش از نوع علی-مقایسه‌ای است. این مقاله بر آن است تا با تحلیل نظام هندسی و روابط ریاضی کاربردی‌ها در زمینه‌های گوناگون (۱۰، ۱۲، ۱۴، ۱۶، ۱۸، ۲۰، ۲۲، ۲۴)، رابطه بین تعداد اضلاع، مساحت تک‌تک عناصر کاربردی و کل زمینه را به‌دست آورد. بر اساس تحلیل‌های انجام‌شده در این پژوهش، نحوه ارتباط بین تعداد اضلاع و عناصر مختلف تشکیل‌دهنده کاربردی در پلان و نما با شناخت روابط حسابی و هندسی آن‌ها در زمینه‌های گوناگون، به‌طور بارز مشخص شد.
<b>نویسنده مسئول:</b> شهرزاد آئینه چی دکتری، گروه مرمت بنا و بافت‌های تاریخی، دانشکده مرمت، دانشگاه هنر اصفهان، شهر اصفهان، ایران	
<b>پست الکترونیک:</b> <a href="mailto:Ainechi.shahrzad@yahoo.com">Ainechi.shahrzad@yahoo.com</a>	
<b>کلیدواژه‌ها:</b> ویژگی‌های شمارگانی در معماری، هندسه در معماری، عناصر کاربردی، زمینه کاربردی	
حق کپی رایت انتشار: این نشریه ی دارای دسترسی باز، تحت قوانین گواهی‌نامه بین‌المللی Creative Commons Attribution 4.0 International License منتشر می‌شود که اجازه اشتراک (تکثیر و بازآرایی محتوا به هر شکل) و انطباق (بازترکیب، تغییر شکل و بازسازی بر اساس محتوا) را می‌دهد.	

## مقدمه

اما رابطه مشخصی بین عناصر تشکیل‌دهنده کاربردی‌ها در زمینه‌های گوناگون از نظر هندسی و حسابی ارائه نشده است.

در این پژوهش پس از بازخوانی متون مکتوب در ارتباط با شیوه‌های ترسیمی پلان کاربردی‌ها، فرایند ترسیم آن به‌شکل دقیق بررسی و گام‌به‌گام پیاده‌سازی می‌شود. سپس از بین گونه‌های متفاوت کاربردی، شیوه‌های ترسیم کاربردی‌های ۱۰ با ابعاد اضلاع (۳\*۱۳)، ۱۲ با ابعاد اضلاع (۵\*۲۸)، ۱۴ با ابعاد اضلاع (۵\*۳۹)، ۱۶ با ابعاد اضلاع (۴\*۵۹)، ۱۸ با ابعاد اضلاع (۵\*۹۶)، ۲۰ با ابعاد اضلاع (۵\*۱۴۸)، ۲۲ با ابعاد اضلاع (۸\*۱۴۵) و ۲۴ با ابعاد اضلاع

در بررسی پوشش‌هایی که دارای کاربردی هستند ساختار شکلی پلان بر روی فرم کاربردی تأثیرگذار است. نسبت و شکل پلان مشخص‌کننده اصول غیرقابل‌تغییری در فرایند ایجاد کاربردی‌هاست. هر کاربردی چون دارای تناسب‌ها و اندازه‌های معین است، باید روی طول و عرض معینی سوار شود. معمار در ابتدا نوع کاربردی مناسب را انتخاب نموده، ابعاد فضا را تابع ابعاد و تناسب‌های کاربردی برمی‌گزیند. هر کاربردی مختص فضایی معین با تناسب‌های خاص است (Omran Pour, 2005, P. 83). تحلیل هندسی کاربردی مستلزم تجزیه آن به اجزای سازنده‌اش است. پژوهش‌های صورت گرفته تاکنون در زمینه کاربردی بیشتر به‌گونه شناسی و نحوه ترسیم آن پرداخته‌اند.

ویژگی‌های مساحتی آن‌ها در کاربردی‌های مختلف با هم مقایسه می‌شود.

### ادبیات پژوهش

پژوهشگران بسیاری به نقوش کاربردی پرداخته‌اند. از بین آن‌ها تعدادی به ارائه مطالبی در خصوص هندسه نظری کاربردی (ترسیم و گونه شناسی هندسه پلان) پرداخته‌اند برای نمونه:

(Pirnia, 2006), (Pirnia, 1983), (Bozorgmehri & (Raeisi, Bemanian & Tehrani, 2013), (Farshchi, (Raeiszade & Mofidi, Danaie Nia & Tehrani, 2016), (Garofalo, 2016), 1995).

نحوه ترسیم تعداد دیگری از انواع کاربردی‌ها به خصوص در زمینه‌های نادر شرح داده شده است. (Pour Naderi, 1999), (Mohammadi et al., 2018), (Said & Parman, 1976) محققانی به بازخوانی برخی از روش‌های گذشته پرداخته‌اند.

(Memarian 2015), (Nava'i & Haji Qassemi 2011).

مقالات فوق عمدتاً کاربردی‌ها را از شیوه‌های تحلیلی موردبررسی قرار داده‌اند. پژوهشگری هندسه کاربردی را برگرفته از مربع‌های گردان در دایره می‌داند (Papadopoulo & Jazani 1989, P. 44) در این کتاب ترسیم کاربردی بر پایه تقسیم دایره و اتصال نقاط به یکدیگر توضیح داده شده است (Golombek & Wilber 1988).

دسته‌ای دیگر پژوهشگرانی هستند که براساس نظرات مکتوب استادکاران تلاش نموده‌اند تا با تحلیل‌های خود روابط ریاضی موجود بین اشکال هندسی کاربردی با استفاده از نرم‌افزار در زمینه‌های گوناگون را به دست آورند من جمله: (Ahmadi P. 2012), (Saheb Mohammadian & Faramarzi 2011), (Reyhani et al. 2018) در معدودی از منابع به چگونگی ساخت کاربردی‌ها اشاره شده است. (Nejad Ebrahimi et al., 2017) (Chenaghrou et al., 2017), (Salavati, 2014).

تاکنون کاربردی‌ها در منابع مختلف از دیدگاه روش ترسیم موردبررسی قرار گرفته‌اند، لیکن روش تحلیل مقاله در این قسمت بررسی ویژگی هندسی کاربردی‌ها در زمینه‌های مختلف براساس تناسب حسابی عناصر تشکیل‌دهنده آن‌ها صورت گرفته است.

### هندسه

معماری ادوار گذشته ایران همواره ملهم از به‌کارگیری هندسه و شیوه‌های ترسیم غنی و دقیق بود، تا حدی که

(۸\*۶.۱۴) انتخاب شده‌اند. نحوه انتخاب کاربردی‌ها با توجه به فرایند ترسیم و چگونگی قرارگرفته آن‌ها درزمینه است. کاربردی‌هایی که زمینه آن‌ها مضرب ۴ است و آن‌هایی که زمینه آن‌ها مضرب ۴ نیست. برای زمینه‌های مربع و مستطیل مورداستفاده قرار می‌گیرند. دارای ویژگی‌های شکلی متفاوتی هستند و در زمینه‌های متفاوت اجرا می‌شوند. لذا از هرگونه ۲ زمینه پرکاربردتر انتخاب شده است. با توجه به جنبه‌های مختلف مقایسه، ویژگی‌های مشترک و متفاوت آن‌ها آشکار شده، و دلایل این ویژگی‌ها مشخص می‌گردد. روش داده اندوزی به صورت کتابخانه‌ای است. فرایند انجام کار به این گونه است که پس از انجام محاسبات و ترسیم‌های گوناگون کاربردی‌ها با نرم‌افزار اتوکد، مقایسه بین نمونه‌ها انجام می‌گیرد.

این نوشتار درصدد شناخت، آشکار ساختن و مقایسه روابط هندسی و حسابی موجود کاربردی‌ها در زمینه‌های گوناگون نگاشته شده است. در این راستا پرسش‌های زیر مطرح می‌شود:

### پرسش‌های پژوهش

چه ویژگی‌های مشترکی بین کاربردی‌های دارای طول یکسان با تعداد ردیف تریج یکسان وجود دارد؟  
کاربردی‌های دارای عرض یکسان که دارای یک ردیف تریج بیشتر یا کمتر از تعداد متداول هستند چه ویژگی‌های مشترکی دارند؟  
ویژگی‌های مشترک حسابی و هندسی اجزای کاربردی در ارتباط با یکدیگر درزمینه‌های گوناگون چیست؟

### روش پژوهش

ابتدا پلان و نمای کاربردی‌ها درزمینه‌های گوناگون با نرم‌افزار اتوکد ترسیم می‌شوند. پس از ترسیم دسته‌بندی آن‌ها بر اساس ویژگی مشترک ابعادی صورت می‌گیرد. لذا کاربردی‌ها در دودسته کاربردی‌های با طول یکسان و کاربردی‌های با عرض یکسان تقسیم می‌شوند. ویژگی‌های هر دسته به‌طور مجزا بررسی شده، سپس ویژگی‌های دو گروه با یکدیگر مقایسه می‌شود. پس از مقایسه ویژگی‌های هر گروه به‌طور مجزا ویژگی‌های مشترک هر دو گروه مشخص می‌شود. روش پژوهش از نوع علی-مقایسه‌ای است. مقایسه بین آن دسته از کاربردی‌هایی صورت می‌گیرد که در نسبت‌های بین طول و عرض اضلاع آن‌ها یک عدد مشترک باشد. پس از ترسیم پلان و برش‌های کاربردی‌ها درزمینه‌های مختلف با استفاده از نرم‌افزار ترسیمی اتوکد، مساحت هر عنصر درزمینه موجود محاسبه می‌شود. سپس

در زمینه کاربردی، به یک اندام واسطه‌ای نیاز است که روی آن کارهای یک‌پا و دو پادرها جای می‌گیرند، به این عضو سوسنی می‌گویند.

۲. پا باریک: در گوشه‌های پایین کاربردی عضوی کشیده و لوزی شکل با دو ضلع بلند و دو ضلع کوتاه است.  
۳. شاپرک یا ترنجی: لوزی‌های کوچک که اضلاع آن نسبت به محور طولی شکل متقارن‌اند. شاپرک‌ها می‌توانند در چند ردیف روی هم تکرار شوند.

۴. سنبوسه: در فاصله بین دو ضلع شاپرک و قاعده عرقچین یک مثلث ساخته می‌شود که به سنبوسه می‌گویند.  
۵. خورشیدی یا شمسه: شکل خورشیدمانندی است که از ترکیب سنبوسه‌ها در زیر عرقچین پدید می‌آید.

۶. عرقچین: پوششی است که بر روی خورشیدی کاربردی زده می‌شود (Memarian, 2015, PP. 341, 344) (شکل ۲).

۷. فیل‌گوش: آلتی است که در گوشه‌های کار و همیشه بین دو پا باریک قرار گرفته است و باید اضلاع آن دوجه‌دو با هم مساوی باشند. در غیر این صورت فیل‌گوش در کار ناگزیر به سوسنی تبدیل می‌شود و زمینه کار به شکل هشت‌ضلعی یا شش و یا ... درمی‌آید.

۸. فضای واسط بین تبدیل‌کننده‌های کاربردی و دایره طاق (شکل ۳).

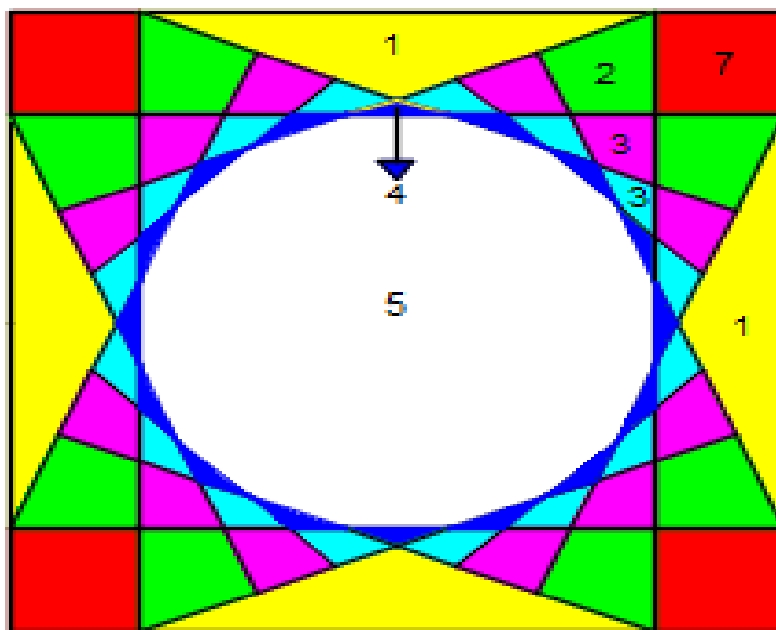
آگاهی از قواعد ریاضی و ترسیم و به‌کار گرفتن انواع خاص آن وظیفه هر معماری بود (Moulavi, 2002, P. 9) هنرمندان با بهره‌گیری از دانش ریاضیات و با تقسیمات متوالی، هندسه‌ای پیچیده و اشکال متنوعی را ایجاد می‌نمودند (Noghrekar et al., 2008; Kashani, 1987, PP. 10-41).

دانشمندانی نظیر فارابی در احصال‌العلوم در تقسیم‌بندی علوم سنتی، معماری و مکانیک (علم الحیل) 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 (Necipoğlu, 1996, P. 188). هندسه به شناخت اندازه‌ها و نسبت‌ها می‌پردازد (Farabi, 2005, P. 82) 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 (Moulavi, 2002, P. 12).

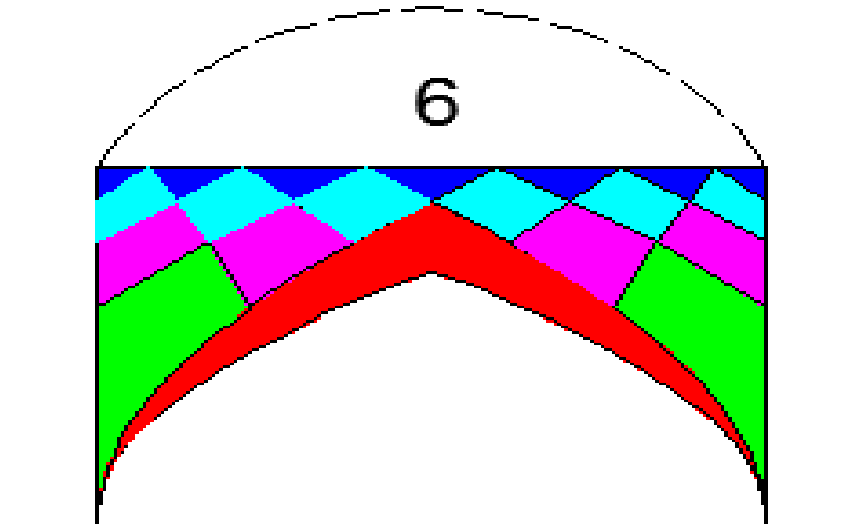
### معرفی عناصر کاربردی

ساختمان هندسی اجسام به‌وسیله سطوح آن‌ها معین می‌شود. سطوح بین لنگه‌های کاربردی که در اصطلاح به آن‌ها آلت‌های کاربردی می‌گویند که عبارتند از: سینه‌باز یا سوسنی، سنبوسه، خورشیدی، فیل‌گوش، شاپرک یا ترنج، پا باریک (Pirnia, 1992, PP. 140-156) (شکل ۱).

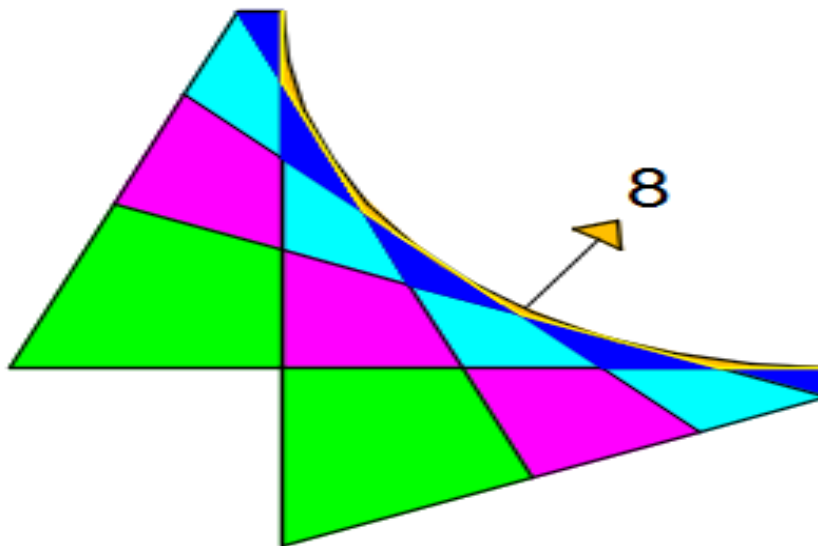
۱. سینه‌باز یا سوسنی: در کاربردی‌های رسمی کشیده برای رساندن کارها به شمسه یا خورشیدی وسط



شکل ۱. عکس پلان ترسیم‌شده (منبع: نگارندگان)



شکل ۲. مقطع  
(منبع: نگارندگان)



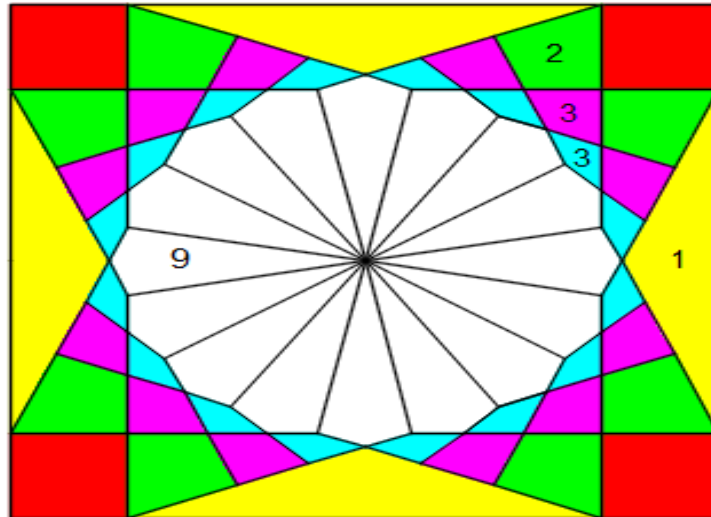
شکل ۳. فضای واسط  
(منبع: نگارندگان)

تویزه اصلی: قوس باربری است که وزن چشمه یا طاق را به پایه‌ها و زمین منتقل می‌کند.  
لنگه‌های کاربندی: قطعاتی که یک یا دو پای آن‌ها روی تویزه اصلی یا روی سایر لنگه‌های کاربندی قرار می‌گیرد (شکل ۶).  
دسته‌بندی کاربندی بر اساس عناصر کاربندی:  
۱) دارای عناصر متداول (که در بالا ذکر شد).  
۲) دارای عناصر خاص (مانند تشکیل سرمه‌دان مشتک شکسته در موارد بسیار محدود که در عکس روبه‌رو نشان داده شده است)، (شکل ۷).

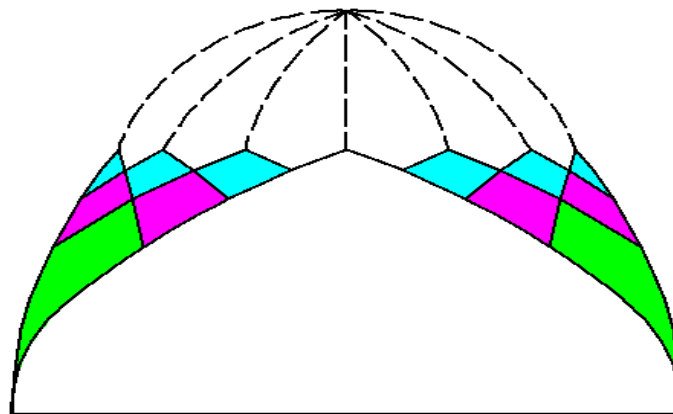
۹. سروی

### پرکننده‌ها در عرقچین

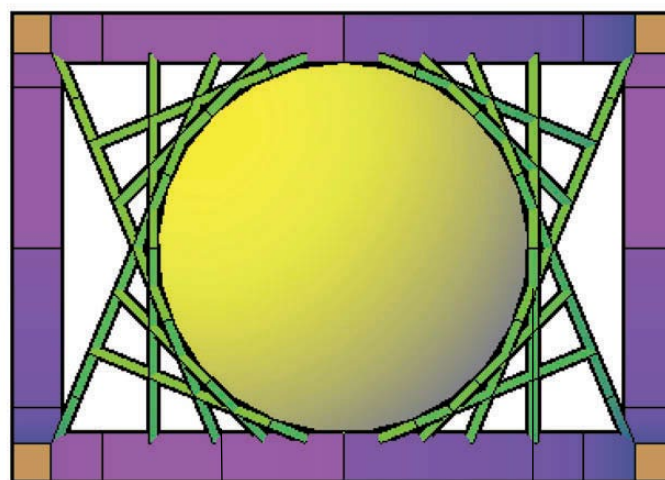
الف: یا سنبوسه وجود دارد که خود عنصری از کاربندی است.  
ب: یا به شکل مستقیم بر روی لنگه‌های کاربندی عرقچین شروع می‌شود. در این صورت عرقچین به شکل دندانه‌ای (ترکین) ساخته می‌شود که به هر ترک آن سروی گویند (Pirnia & Bozorgmehri, 2006, P. 12) (شکل ۴ و ۵).  
منظور از ترک در گنبدهای ترکین، قاچ‌هایی از استوانه و یا نیم‌کره است، نباید ترک با لنگه اشتباه گرفته شود.



شکل ۴. عکس پلان ترسیم‌شده (منبع: نگارندگان)



شکل ۵. مقطع  
(منبع: نگارندگان)



شکل ۶. تویزه اصلی و لنگه‌های کاربردی (منبع: نگارندگان)



شکل ۷. بخشی از آجرکاری تیمچه مهدیه بازار تهران (منبع: نگارندگان)

دارند. این عناصر کاربردی محسوب نشده در تعریف اصلی کاربردی قرار نمی‌گیرند (شکل ۸).

### ۲. عرقچین به صورت نیمه در نیمه کارها

(شکل ۹)

۳. ترکیبی از عرقچین کامل + عرقچین نیمه کاربردی (پرور):

قسمت پایینی مبنای ساخت نیم کارهای طرفین شده و قسمت بالایی لنگه مبنای ساخت کار کاملی که در بالاست می‌گردد (شکل ۱۰).

پرکننده‌های پوشش تاق به شکل عرقچین به سه دسته تقسیم می‌شوند:

### ۱. عرقچین به صورت کامل در وسط که به سه صورت است:

۱-۱ تاق را کامل چیده

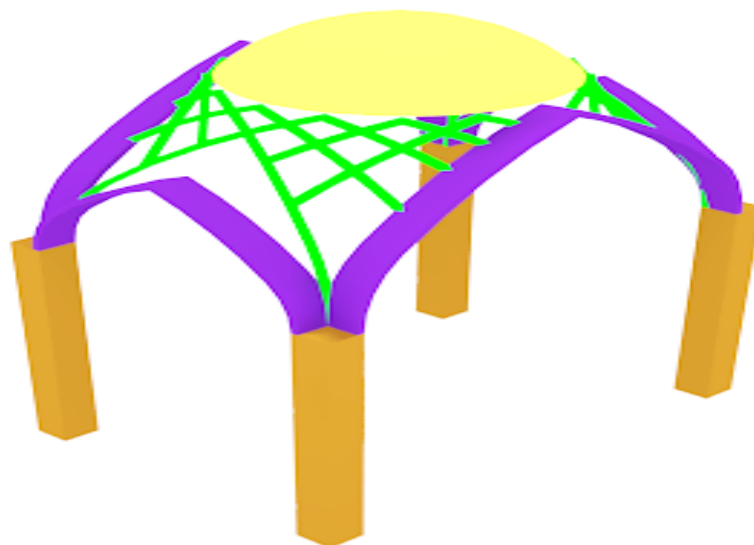
۱-۲ تاق را ترک ترک اجرا می‌کنند که به هر کدام از

این ترک‌ها سروی گویند.

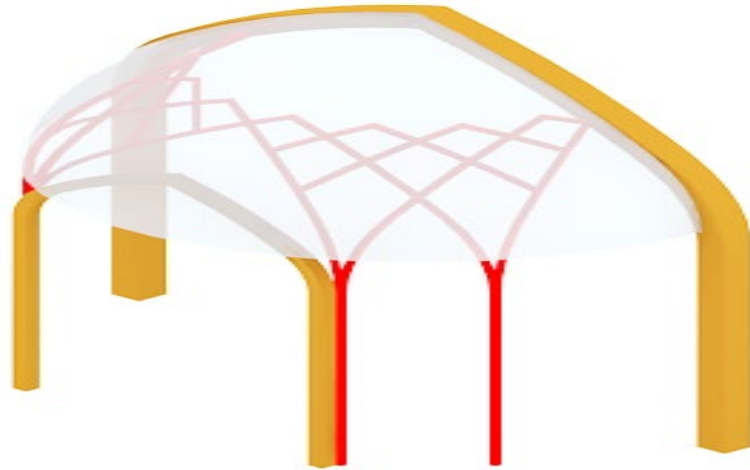
۱-۳ لنگه‌های شبه کاربردی را در عرقچین به کار می‌برند

(در برخی موارد شبه کاربردی در بخش پوسته (عرقچین)

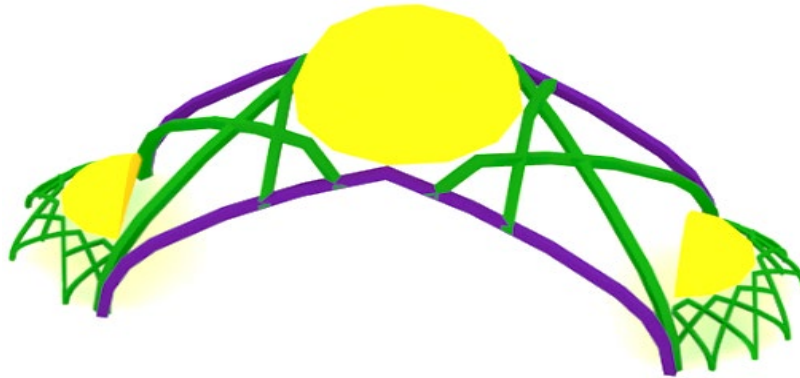
کاربردی به کار می‌رود که شباهت بسیاری به لنگه‌های کاربردی



شکل ۸. نما و برش طبقات ترسیم شده توسط هیئت ایرانی، ۱۳۷۶



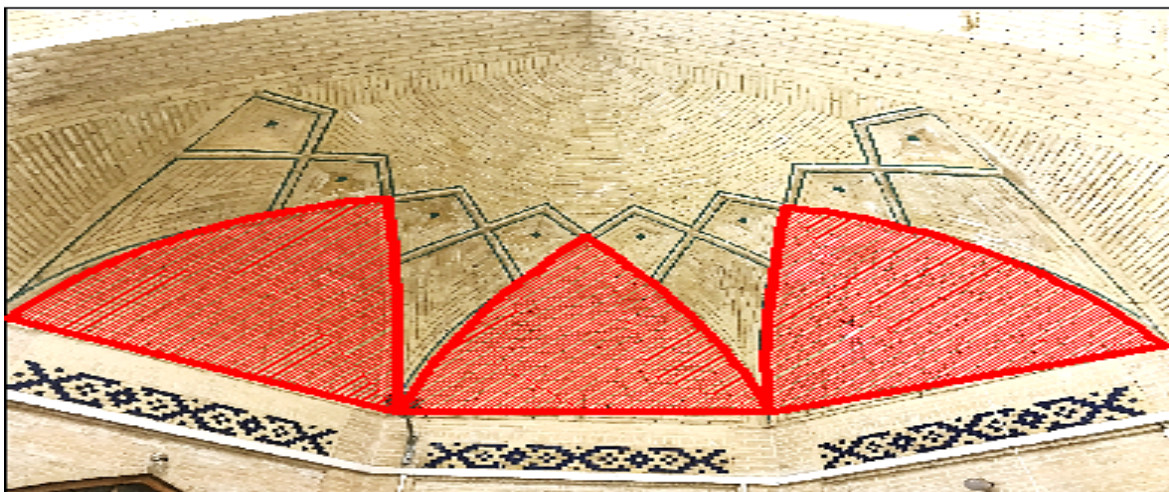
شکل ۹. عرقچین به صورت نیمه در نیم کارها (منبع: نگارندگان)



شکل ۱۰. ترکیبی از عرقچین کامل + عرقچین نیمه (کاربندی پرور) (منبع: نگارندگان)

اصفهان بسیار معمول است (شکل ۱۲). در کاربردی‌های دارای زمینه مستطیل عموماً در عرض زمینه از سینه‌باز استفاده می‌کنند (شکل ۱۳). تک‌تک عناصر کاربردی از دید پژوهشگران مختلف به صورت‌های گوناگونی نام‌گذاری شده‌اند (جدول ۱).

در نمونه‌هایی که عمدتاً بر روی دیوار کاربردی اجرا می‌شود (به‌ویژه در نیم کارها) در اسپر پشت از سوسن و در اسپرهای دو طرف از نیم سوسنی استفاده می‌کنند (شکل ۱۱). هنگامی که وسط زمینه‌های مستطیل کشیده کاربردی با تعداد اضلاع زوج اجرا کنند، در دو طرف دو ناخنک می‌ماند. در



شکل ۱۱. سوسنی (منبع: نگارندگان)



شکل ۱۲. ناخنک  
(منبع: نگارندگان)

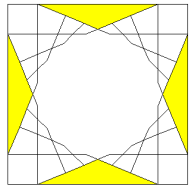

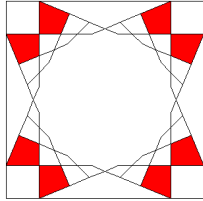
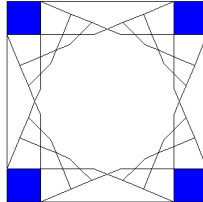

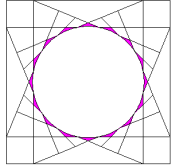
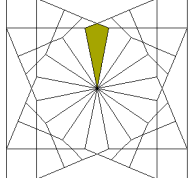

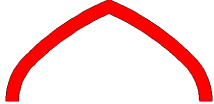


شکل ۱۳. سینه‌باز  
(منبع: نگارندگان)

جدول ۱. نام‌گذاری عناصر کاربردی از دید پژوهشگران مختلف

(Memarian, 2015, PP. 341-344) (Pirnia, 1992, PP. 50-63), (Raeiszade & (Pirnia & Bozorgmehri, 2006, P. 12),  
( Zamarshidi, 2012, P. 35), ( Racisi, Bemanian & Tehrani, 2013,P. 38), (Sharbaf, 2006,P. 18), Mofidi,1995, P. 33),  
( Lorzadeh, 1979, P. 12

شکل عناصر کاربردی / پژوهشگران	لرزاده و رئیس زاده و مفید	شعراف	پیرنیا	بزرگمهری	رئیس‌ی بمانیان و تهرانی	معماریان	زمرشیدی
	شاپرک یا ترنج	شاپرک یا ترنجی	ترنج یا شاپرک	شاپرک	سرمه‌دان یا شاپرک	ترنج	ترنج
	شمسه یا عرقچین	شمسه یا عرقچین	شمسه	شمسه	شمسه یا عرقچین یا نهنبین	شمسه	شمسه

شکل عناصر کاربردی / پژوهشگران	لرزاده و رئیس زاده و مفید	شعرباف	پیرنیا	بزرگمهری	رئیس‌ی بمانیان و تهرانی	معماریان	زمرشیدی
	سوسنی	سوسنی یا سینه‌باز	سوسنی	-	-	سوسنی	سوسنی
	-	ناخنک	-	-	-	-	-
	لچکی (پا باریک)	پا باریک	پا باریک	پا باریک یا سوسنی	پا باریک	پا باریک	پا باریک
	فیل گوش	-	فیل گوش	سه کنج	سه کنج	هفتی	فیل گوش
	سرمه‌دان مشتک شکسته	-	-	-	-	-	-
	سنبوسه	سنبوسه	-	سنبوسه	سنبوسه	ترنج	شاپرک یا پرک
	سروی	-	-	-	سروی	-	-
	سینه فخری (سینه‌باز)	-	سینه‌باز	سینه‌باز	سینه‌باز	-	-
	زیر هفتی	زیر هفتی (باریکه تاق کامل)	-	زیر هفتی	زیر هفتی	-	-

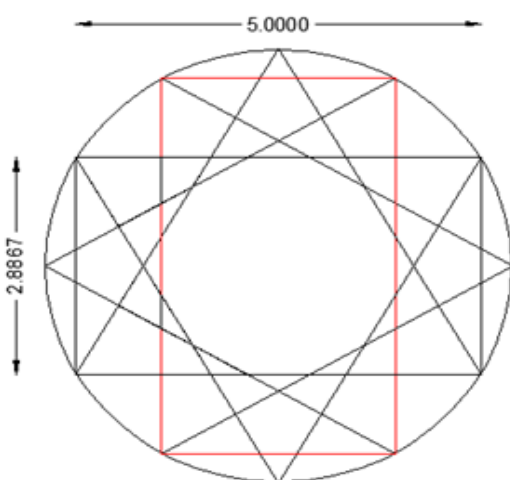
رئییسی بمانیان و تهرائی	معماریان	زمرشیدی	پیرنیا	بزرگمهری	شعرباف	لرزاده و رئیس زاده و مفید	شکل عناصر کاربردی / پژوهشگران
-	-	-	-	-	-	شاپرک دم کل (بدون دو ضلع پایین)	

معمار تعیین نمی‌شود. بلکه ابعاد مختلف سطحی که باید در آن کاربردی اجرا شود نوع آن را مشخص می‌کند. قوانین تناسب به‌طور سنتی مبتنی بر تقسیم دایره توسط اشکال منتظمی است که مماس با آن در داخل آن رسم شده است. در این مقاله کلیه ترسیم‌ها براساس روش ترسیم Pirnia به نقل از Bozorgmehri بنا نهاده شده است. کاربردی به دلیل هندسه دقیق و منظم، به زمینه معلوم و مشخص نیاز دارد. علاوه بر این، اجرای هر نوع کاربردی زمینه خاص خود را می‌طلبد (Pirnia & Bozorgmehri, 2006, 12).

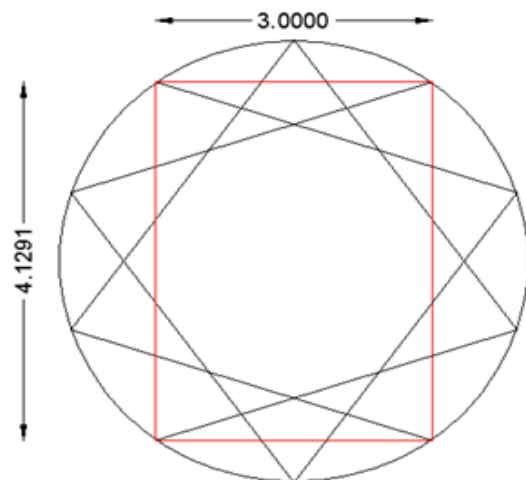
به این ترتیب که هرگاه مستطیلی داشته باشیم به طول  $a$  و عرض  $b$  با تقریبی نزدیک واقعیت فرمول زیر مبدأ کار خواهد بود. (فرمول ۱) تعداد اضلاع کاربردی  $2(a+b-2) =$  در فرمول ۱، جهت تعیین تعداد ضلع کاربردی ابعاد مستطیل زمینه رند شده است. اما کاربردی‌های زیر (شکل ۱۴-۲۱) با ابعاد دقیق مستطیل زمینه ترسیم شده‌اند. در تمامی کاربردی‌های ذکر شده در زیر، شمشه وسط بر دو ضلع بزرگ‌تر مستطیل زمینه مماس است. در جداول زیر ویژگی‌های هندسی و حسایی عناصر کاربردی‌ها در زمینه‌های مختلف باهم مقایسه شده‌اند (جدول ۵-۲).

### ۶. ترسیم کاربردی

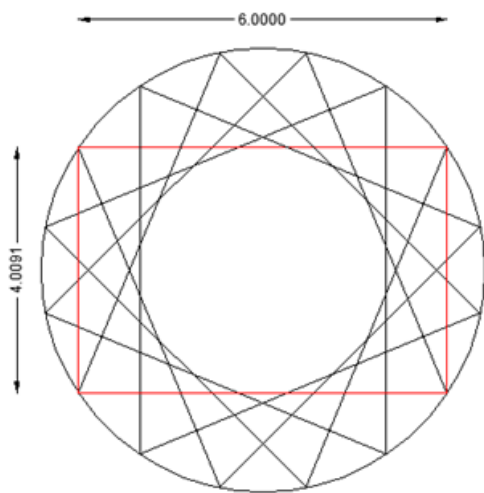
اولین گام در راه درک نظام موجود در کاربردی، شناخت روش ترسیم آن است. کاربردی انواع بسیار زیادی دارد و این تنوع در پوشش کاربردی می‌تواند حالت‌های متفاوتی برای فضا ایجاد نماید. در روش‌های تاریخی که در رساله‌های هندسه عملی مشاهده می‌شود مثل رساله فی تداخل الاشکال المتشابهه و المتوافقه (رساله‌ای منضم به ترجمه کتاب ابوالوفا بوزجانی مربوط به قرن چهارم هجری) بیشتر از شبکه‌های شعاعی با دوایر هم‌مرکز استفاده شده است. این روش در رساله عبدالرحمن صوفی مربوط به قرن چهارم درباره "هندسه پرگاری" نیز دیده می‌شود که بیشتر درباره تقسیم دایره به قسمت‌های مساوی و ترسیم چندضلعی‌های منتظم است (Mirabulqasemi & Bagheri, 2003, 89-142). در این مقاله شیوه‌های اساسی برای تقسیم و تکثیر متناسب با استفاده از پرگار و دهانه ثابت مطرح می‌شود. در روش‌های سنتی ترسیم کاربردی، گام ابتدایی تعیین بستر یا زمینه کاربردی براساس قواعد هندسی است که پس از آن ترسیم کاربردی براساس شکل و تناسبات بستر ادامه می‌یابد. انتخاب تعداد اضلاع کاربردی تنها بر سلیقه و دلخواه



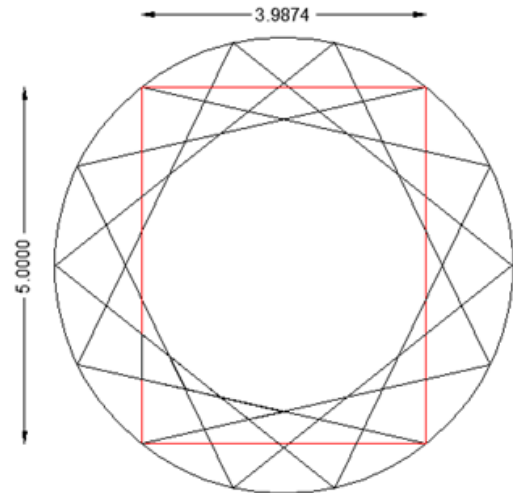
شکل ۱۵. کاربردی ۱۲ ضلعی



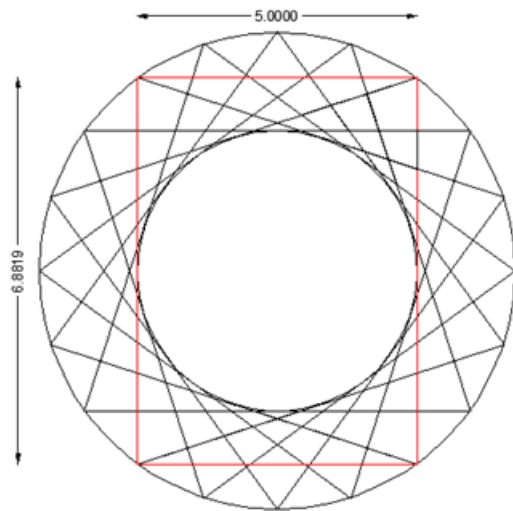
شکل ۱۴. کاربردی ۱۰ ضلعی



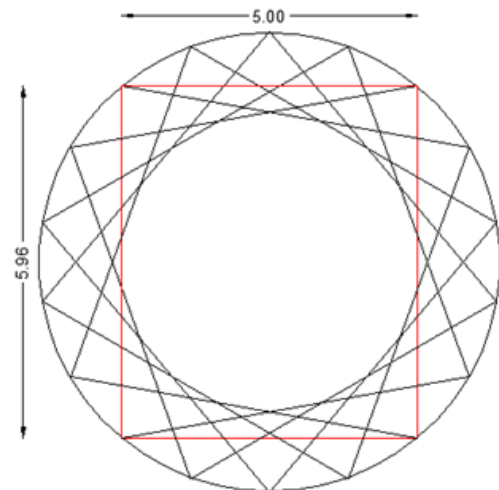
شکل ۱۷. کاربردی ۱۶ ضلعی



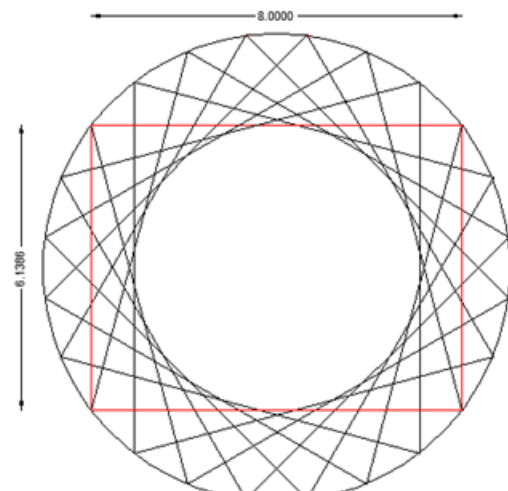
شکل ۱۶. کاربردی ۱۴ ضلعی



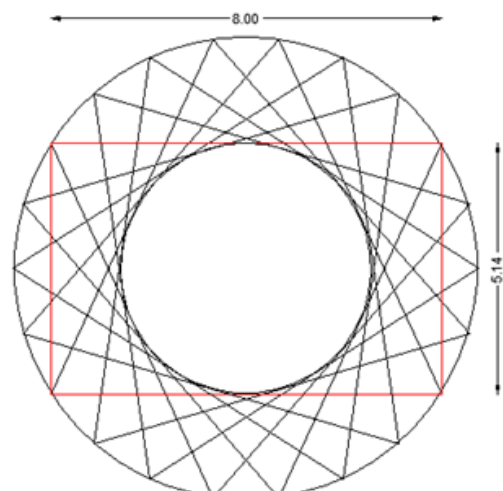
شکل ۱۹. کاربردی ۲۰ ضلعی



شکل ۱۸. کاربردی ۱۸ ضلعی



شکل ۲۱. کاربردی ۲۴ ضلعی



شکل ۲۰. کاربردی ۲۲ ضلعی

(Source: Authors)

جدول ۲. بررسی کاربردی‌های ۱۰، ۱۲، ۱۴، ۱۶ از نظر هندسی (منبع: نویسندگان)

ردیف	ابعاد قیاس	کاربردی ۱۰	کاربردی ۱۲	کاربردی ۱۴	کاربردی ۱۶	کاربردی ۱۶
۱	شکل هندسی پلان					
۲	مقطع عرضی					
۳	مقطع طولی					

جدول ۳. بررسی کاربردی‌های ۱۸، ۲۰، ۲۲، ۲۴ از نظر هندسی (منبع: نویسندگان)

ردیف	ابعاد قیاس	کاربردی ۱۸	کاربردی ۲۰	کاربردی ۲۲	کاربردی ۲۴
۱	شکل هندسی پلان				
۲	مقطع عرضی				
۳	مقطع طولی				

جدول ۴. بررسی کاربردی‌های دارای طول مشترک (۱۴و۱۲)، (۱۶و۱۸) و (۲۴و۲۲) از نظر حسابی (منبع: نویسندگان)

ردیف	ابعاد قیاس	کاربردی ۱۲	کاربردی ۱۴	کاربردی ۱۶	کاربردی ۱۸	کاربردی ۲۲	کاربردی ۲۴
۱	تعداد ردیف ترنج	یک ردیف	یک ردیف	دو ردیف	دو ردیف	چهار ردیف	چهار ردیف
۲	زاویه بین طول مستطیل زمینه و منحنی کاربردی در مقطع طولی	۶۳	۶۹	۶۹	۸۰	۷۰	۷۵
۳	مساحت شمشه در پلان	۶.۵۲	۱۲.۴۸	۱۲.۶۲	۱۹.۹۰	۲۰.۷۶	۲۹.۵۹
۴	مساحت سوسنی در پلان	۱.۱۹	۰.۹	۱.۶۶	۱.۱۱	۳.۰۱	۲.۵۲
۵	مساحت پا باریک در پلان	۰.۶۴	۰.۵۵	۰.۶۶	۰.۵۷	۰.۷۵	۰.۶۶
۶	مساحت سنبوسه در پلان	۰.۰۸	۰.۰۹	۰.۰۶	۰.۰۷	۰.۰۴	۰.۰۴
۷	مساحت ترنج در پلان	۰.۲۳	۰.۲۴	۰.۳۱	۰.۳۰	۰.۴۲	۰.۴۰
۸	ارتفاع قوس در مقطع طولی	۲.۴۵	۲.۴۵	۲.۹۱	۲.۹۱	۳.۹۱	۳.۹۱
۹	ارتفاع قوس در مقطع عرضی	۱.۴۱	۱.۹۴	۱.۹۵	۲.۴۴	۲.۵۱	۲.۹۸

جدول ۵. بررسی کاربردی‌های دارای عرض مشترک (۱۲و۱۰)، (۱۶و۱۴) و (۲۰و۱۸) از نظر حسابی (منبع: نگارندگان)

ردیف	ابعاد قیاس	کاربردی ۱۰	کاربردی ۱۲	کاربردی ۱۴	کاربردی ۱۶	کاربردی ۱۸	کاربردی ۲۰
۱	تعداد ردیف ترنج	-	یک ردیف	یک ردیف	دو ردیف	دو ردیف	سه ردیف
۲	مساحت شمشه در پلان	۷.۰۶	۷.۰۲	۱۲.۵۶	۱۲.۵۶	۱۹.۶۳	۱۹.۶۳
۳	مساحت سوسنی در پلان	۰.۷۳	۱.۲۸	۰.۹۱	۱.۶۵	۱.۱۰	۲.۰۳
۴	مساحت پا باریک در پلان	۰.۵۵	۰.۶۸	۰.۵۶	۰.۶۵	۰.۵۶	۰.۶۴
۵	مساحت سنبوسه در پلان	۰.۱۷	۰.۰۹	۰.۱۰	۰.۰۶	۰.۰۷	۰.۰۵
۶	مساحت ترنج در پلان	-	۰.۲۵	۰.۲۵	۰.۳۱	۰.۳۰	۰.۳۵
۷	ارتفاع قوس در مقطع طولی	۲.۰۲	۲.۵۴	۲.۴۴	۲.۹۱	۲.۸۹	۳.۳۷
۸	ارتفاع قوس در مقطع عرضی	۱.۴۷	۱.۴۷	۱.۹۴	۱.۹۴	۲.۴۳	۲.۴۳

## نتیجه‌گیری

در صفحه دوبعدی (پلان) نقوش کاربردی برپایه خصوصیات اشکال چندضلعی‌ها شکل می‌گیرد و با ارتباط بین گوشه‌های شکل توسط خطوطی که به موازات اضلاع رسم می‌شوند و با هم متقاطع می‌باشند سطح چندضلعی اصلی به سطوحی کوچک‌تر تقسیم می‌شود که دارای خصوصیات زیر است: در کاربردی‌هایی که دارای طول و تعداد ردیف ترنج برابر هستند (۱۴و۱۲) و (۱۸و۱۶) و (۲۴و۲۲)، با کاهش تعداد ضلع کاربردی در مقطع طولی تمایل منحنی کاربردی به سمت درون بیشتر می‌شود (کاهش بلندای پوشش). علاوه بر آن، مساحت شمشه در پلان کاهش می‌یابد (جدول ۴، ردیف ۱ و ۲ و ۳ و ۴). با کاهش

مساحت شمشه، مساحت سوسنی و پا باریک در پلان افزایش

پیدا می‌کند (جدول ۴، ردیف ۴ و ۵).

ارتفاع قوس کل کار در مقطع طولی ثابت بوده، در مقطع عرضی با کاهش تعداد ضلع کاربردی کاهش می‌یابد (جدول ۴، ردیف ۹). البته اگر نوع قوس را در همه انواع کاربردی‌ها از یک نوع فرض کنیم:

در کاربردی‌هایی که دارای عرض مشترک هستند (۱۰ و ۱۲)، (۱۴ و ۱۶) و (۱۸ و ۲۰) با افزایش تعداد ضلع و افزایش طول، یک ردیف ترنج اضافه شده (جدول ۵، ردیف ۱ و جدول ۳، ردیف ۲) و به دلیل کشیدگی طول پلان، مساحت پا باریک‌ها، ترنج‌ها و سوسنی‌ها افزایش می‌یابد (جدول ۵، ردیف ۳ و ۴ و ۶). با افزایش تعداد ضلع کاربردی و افزایش طول

افزایش این فاصله ابعاد توپزه‌های کاربردی نیز بیشتر می‌شوند.

### سیاسگزاری

از تمامی کسانی که در انجام این پژوهش ما را یاری کردند، سپاسگزاریم.

### منابع مالی

منابع مالی این مطالعه توسط نویسندگان تهیه شده است.

### تعارض منافع

بین نویسندگان هیچ‌گونه تعارضی در منافع وجود ندارد.

### پی‌نوشت

۱. چپیره سازی: گوشه سازی یعنی ساختن و تبدیل کردن شکل چهارگوشه بشن به هشت‌گوشه و به ترتیب ۱۶ و ۳۲ و ۶۴ گوشه و بالاخره دایره و با تبدیل کردن شکل مستطیل نزدیک به مربع به ۶ و ۱۲ گوشه و بالاخره بیضی است. در حالت اخیر مستطیل بشن باید نسبت اندازه‌های اضلاعش طوری باشد که به راحتی قابل تبدیل به شش گوشه شود.

۲. توپزه: توپزه یک تیر خمیده است که وظیفه انتقال بارهای تاق به ستون‌های باربر و یا دیوار، شاخص‌ترین وظیفه آن است (Dadkhah and Valibeig, 2017, P. 3).

مستطیل ارتفاع قوس کل کار (پوشش) در مقطع طولی بیشتر می‌شود (جدول ۵، ردیف ۷). در حالی که ارتفاع قوس کل کار (پوشش) در مقطع عرضی ثابت می‌ماند (جدول ۵، ردیف ۸).

با توجه به این دو پاراگراف، در تمام کاربردی‌ها مساحت پابریک‌ها و سوسنی‌ها رابطه معکوس با مساحت سنبوسه‌ها دارند. الزاماً با افزایش تعداد ضلع کاربردی و افزایش تعداد ردیف ترنج‌ها مساحت شمسه وسط بیشتر نمی‌شود. در تمام کاربردی‌های ذکر شده، با حرکت به سمت بالای تاق، مساحت عناصر تشکیل‌دهنده آن کمتر می‌شود. در مقطع عرضی کاربردی‌هایی که پس از تقسیم آن‌ها بر ۲، عدد به دست آمده زوج باشد (۲۰، ۱۸، ۱۶، ۱۲ و ۲۴) یک ترنج در تیزه قوس وجود دارد. اما در بقیه کاربردی‌ها مکان قرارگیری ترنج‌ها در دو طرف تیزه قوس است (جدول ۲ و ۳، ردیف ۲). هر چه نسبت دهانه به عمق مستطیل زمینه بیشتر باشد ارتفاع کاربردی بیشتر می‌شود. در نما زاویه خمیدگی منحنی قوس‌های کاربردی از خط عمود در کاربردی‌های با مساحت شمسه کوچک‌تر بیشتر بوده و هم ارتفاعشان نسبت به صفحه زمین کمتر می‌شود و هم دایره تنگ‌تری را که مطلوب معمار است در برمی‌گیرند. ارتفاع کاربردی در ارتباط مستقیم با فاصله اتصال نقاط تقاطع روی دایره است. به طوری که با

## References

- Ahmadi, M. P. (2012). A Geometrical Analysis of the Mausoleum, Sheikh Zāhed-e Gilāni. *Persian Architecture and Mathematics*. Nexus Network Journal, 14(2), (391-406). Birkhäuser, Basel. [in Persian]
- Bemanian, M., Okhovat, H., & Baqaiee, P. (2010). *The usage of geometry and proportions in architecture*. Tehran: Hale Publishing. [in Persian]
- Chenaghlo, M. R., Ebrahimi, A. N., Shahbazi, Y., Kheirollahi, M., & Mohammadi, A. A. (2017, September). Structural morphology of a masonry space dome in historical Tabriz bazaar complex. In *Proceedings of IASS Annual Symposia* (Vol. 2017, No. 11, pp. 1-7). International Association for Shell and Spatial Structures (IASS).
- Dadkhah, E., & Valibeig, N. (2017). Geometric study in the construction technology of masonry ribs of Isfahan Grand Mosque. *Iranian Islamic and Historical Architecture and Urban Planning Research Conference*, Shiraz. [in Persian]
- Farshchi, H., Danaie Nia, A., & Tehrani, F. (2016). The Geometric System of Single Impost Rasmibandi, Derived from Peripheral Circle. *Maremat & memari-e Iran*, 1(12), 127-138. [in Persian]
- Golombek, L., Wilber, D., & Held, R. (1988). *The Timurid architecture of Iran and Turan*, Translated by Muhammad Yusef Kiyani & Keramatullah Afsar. Tehran: Iranian Cultural Heritage Organization. [in Persian]
- Garofalo, V. (2016). The Geometry of a Domed Architecture: A Stately Example of Kārbandi at Bagh-e Dolat Abad in Yazd. *Nexus Network Journal*, 18(1), 169-195.

- Kashani, G.J. (1987). *Treatise vault and azag*, Translated by Seyyed Alireza Albabi. Tehran: Soroush. [in Persian]
- Lorzadeh, H. (1979). *Ehya-ye Honar Ha-ye Az Yad Raffeh (Revival of Forgotten Arts). Without official publisher.* [in Persian]
- Memarian, Gh. (2015). *Persian Architecture: Niaresh*. Tehran: *Naghme-ye No-andish*. [in Persian]
- Moulavi, B. (2002). *An Investigation of the Application of Geometry in Iran's Past Architecture*. Tehran: Publication of the Ministry of Housing and Urban Development Research Center for Building and Housing. [in Persian]
- Mohammadi, A. A., Asefi, M., & Ebrahimi, A. N. (2018). The geometrical regularization for covering irregular bases with Karbandi. *Nexus Network Journal*, 20(2), 331-352.
- Mirabulqasemi, M. T., & Bagheri, M. (2003). Treatise of Abdurrahman Sufi on Reflection Geometry. *History of Science Journal*, 1(1) 89,142.
- Nava'I, K., & Haji Qassemi. K. (2011). *Khesht-o Khial, An Interpretation of Iranian Islamic Architecture*. Tehran: Soroush. [in Persian]
- Necipoglu, G. (1996). *The Topkapi scroll: geometry and ornament in Islamic architecture*. Los Angeles: Getty Publications.
- Nejad Ebrahimi A, Shahbazi Y, Amjad Mohammadi A. (2017). Structural Typology of Karbandi and Rasmibandi in Persian Architecture based on the Place and Method of Usage. *CIAUJ*, 3 (1):25-41.
- Noghrekar, A.H., Hamza Nejad, M., Ranjbar Kermani, A. M., & Naem Orazani, S. (2008). *An Introduction to Islamic Identity in Architecture and Urbanism*. Tehran: Payam Simagaran. [in Persian]
- Omrani Pour, A. (2005). *The Islamic art and architecture of Iran in memory*. Tehran: Publication of the Ministry of Housing and Urban Development. [in Persian]
- Pirnia, M.K., & Bozorgmehri, Z. (2006). *Hendese Dar Memari (Geometry in Architecture)*. Tehran: Sazman-e Miras-e Farhangi-ye Keshvar (Iranian Cultural Heritage Organization) [in Persian]
- Papadopoulo, A., & Jazani, H. (1989). *Mi'māri-i Islāmi: Islamic Architecture*. Tehran: Raj Cultural Publishing Center. [in Persian]
- Pirnia, M.K. (1983). *Islamic Architecture Course*, Tehran: Tehran University. [in Persian]
- Pirnia, M.K. (1992). Dome in Iranian Architecture. *Asar*, 20, 5-153. [in Persian]
- Pour Naderi, H. (1999). *Sharbaf and his works (second volume of Gereh and Karbandi)*. Tehran: Sa'zma'n-e Mira's-e Farhangi-ye Keshvar (Iranian Cultural Heritage Organization). [in Persian]
- Raeiszade, M., & Mofidi. H. (1995). *Revival of a Forgotten Art*. Tehran: Mola. [in Persian]
- Raeisi, M., Bemanian, M., & Tehrani, F. (2013). Rethinking the Concept of Karbandi Based on theoretical geometry, practical geometry and building function. *Maremat & Me'mari-e Iran*, 3(5), 33-54. [in Persian]
- Reyhani Hamedani, H., Saheb Mohammadian, M., Afshinmehr, V., & Bemanian, M. (2018). Mathematical Analysis of Simple Karbandi in Iranian Architecture. *Archaeological Research in Iran*, 8(17), 201-220. doi: 10.22084/nbsh.2017.13894.1607 [in Persian]
- Said, I. E., & Parman, A. (1976). *Geometric concepts in Islamic Art*. Translated by Massoud Rajabniya .Tehran: World of Islam Festival Publ. Comp. [in Persian]
- Sharbaf, A. (2006). *Gereh va Karbandi (Gereh and Karbandi)*. Tehran: Sazman-e Miras-e Farhangi-ye Keshvar (Iranian Cultural Heritage Organization) [in Persian]
- Saheb Mohammadian, M., & Faramarzi, S. (2011). Typology and Formulation of Geometry structure of Karbandi in Persian Architecture. *Honar-Ha-Ye-Ziba-Memari-Va-Shahrsaz*, 48(3), 97-109. [in Persian]
- Salavati, A. (2014). Evaluation Methods and Karbandi coatings Details, with an emphasis on contemporary and historical examples in some of the load-bearing beam ribs. *Athar*, 62, 53-68. [in Persian]
- Zamarshidi, H. (2012). *Dome and elements of architectural coverings in Iran*. Tehran: Zaman. [in Persian]