Original Article | Athar. 2019; 40 (2): 43-58

Athar – ISSN: 2538-1830

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

Shahrzad Ainechi[1*], Nima Valibeig[2]

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

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

فصلنامه علمی اثر - ۱۸۳۰-۲۵۳۸ - سال ۴۰، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۸

مقالهٔ پژوهشی

تحلیل ویژگی‌های حسابی و هندسی عناصر کاربندی‌ها در زمینه‌های گوناگون

شهرزاد آئینه چی[1*]، نیما ولی بیگ[2]

۱. دکتری، گروه مرمت بنا و بافت‌های تاریخی، دانشکدهٔ 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

دریافت: ۱۳۹۸/۱۱/۳۰
پذیرش: ۱۳۹۹/۰۵/۳۱
انتشار آنلاین: ۱۳۹۹/۰۶/۱۰

نویسندهٔ مسئول:
شهرزاد آئینه چی
دکتری، گروه مرمت بنا و بافت‌های تاریخی، دانشکدهٔ مرمت، دانشگاه هنر اصفهان، شهر اصفهان، ایران

پست الکترونیک:
Ainechi.shahrzad@yahoo.com

خلاصه

هرکدام از زمینه‌های کاربندی دارای ویژگی هندسی مختص به خود هستند. با دانش ریاضی می‌توان به خوانش تناسبات هندسی عناصر کاربندی‌ها در زمینه‌های گوناگون پرداخت. با بررسی تک‌تک عناصر کاربندی در زمینه‌های مختلف می‌توان نسبت‌های به‌کاررفته در آن‌ها را تعیین کرد. در پژوهش‌های انجام‌شده دربارهٔ کاربندی، بیشتر جنبهٔ هندسی و در بعضی موارد جنبهٔ سازه‌ای آن مدنظر بوده است. لذا همواره این سؤال مطرح است که چه ویژگی‌های مشترک حسابی و هندسی بین عناصر کاربندی‌ها در زمینه‌های مختلف وجود دارد.

در تحقیق حاضر، با هدف پاسخ‌گویی به سؤال مذکور برای نخستین بار تناسبات حسابی و هندسی در پلان و نمای انواع کاربندی‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد.

این پژوهش بر پایهٔ شیوه‌های ترسیم، انجام شده است. مراحل ترسیم بر پایهٔ ابعاد مستطیل زمینه و تقسیمات دایره محیطی آن با نرم‌افزارهای ترسیمی ادامه می‌یابد. ترسیمات در این مقاله شامل پلان، مقاطع طولی و عرضی کاربندی‌ها است. در این پژوهش با استناد به منابع کتابخانه‌ای و با استفاده از نرم‌افزار اتوکد، تحلیلی در گسترهٔ شناخت روابط حسابی و هندسی انواع کاربندی‌ها 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 کاربندی‌ها در زمینه‌های گوناگون (۱۰، ۱۲، ۱۴، ۱۶، ۱۸، ۲۰،۲۲، ۲۴)، رابطهٔ بین تعداد اضلاع، مساحت تک‌تک عناصر کاربندی و کل زمینه را به‌دست آورد. بر اساس تحلیل‌های انجام‌شده در این پژوهش، نحوهٔ ارتباط بین تعداد اضلاع و عناصر مختلف تشکیل‌دهندهٔ کاربندی در پلان و نما با شناخت روابط حسابی و هندسی آن‌ها در زمینه‌های گوناگون، به‌طور بارز مشخص شد.

کلیدواژه‌ها: ویژگی‌های شمارگانی در معماری، هندسه در معماری، عناصر کاربندی، زمینهٔ کاربندی

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

در بررسی پوشش‌هایی که دارای کاربندی هستند ساختار شکلی پلان برروی فرم کاربندی تأثیرگذار است. نسبت و شکل پلان مشخص‌کننده اصول غیرقابل تغییری در فرایند ایجاد کاربندی‌هاست. هر کاربندی چون دارای تناسبات و اندازه‌های معین است، باید روی طول و عرض معینی سوار شود. معمار در ابتدا نوع کاربندی مناسب را انتخاب نموده، ابعاد فضا را تابع ابعاد و تناسبات کاربندی برمی‌گزیند. هرکاربندی مختص فضایی معین با تناسباتی خاص است (Omrani Pour, 2005, P. 83). تحلیل هندسی کاربندی مستلزم تجزیه آن به‌اجزای سازنده‌اش است. پژوهش‌های صورت گرفته تاکنون درزمینه کاربندی بیشتر به‌گونه شناسی و نحوه ترسیم آن پرداخته‌اند. اما رابطه مشخصی بین عناصر تشکیل‌دهنده کاربندی‌ها درزمینه‌های گوناگون ازنظر هندسی و حسابی ارائه نشده است.

در این پژوهش پس از بازخوانی متون مکتوب در ارتباط با شیوه‌های ترسیمی پلان کاربندی‌ها، فرایند ترسیم آن به‌شکل دقیق بررسی و گام‌به‌گام پیاده‌سازی می‌شود. سپس از بین گونه‌های متفاوت کاربندی، شیوه‌های ترسیم کاربندی‌های ۱۰ با ابعاد اضلاع (۳*۴.۱۳)، ۱۲ با ابعاد اضلاع (۵*۲.۸۹)، ۱۴ با ابعاد اضلاع (۵*۳.۹۹)، ۱۶ با ابعاد اضلاع (۴*۵.۹۹)، ۱۸ با ابعاد اضلاع (۵*۵.۹۶)، ۲۰ با ابعاد اضلاع (۵*۶.۸۸)، ۲۲ با ابعاد اضلاع (۸* ۵.۱۴)، ۲۴ با ابعاد اضلاع

(۸*۶.۱۴) انتخاب‌شده‌اند. نحوه انتخاب کاربندی‌ها با توجه به فرایند ترسیم و چگونگی قرارگرفته آن‌ها درزمینه است. کاربندی‌هایی که زمینهٔ 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 انتخاب‌شده است. با توجه به جنبه‌های مختلف مقایسه، ویژگی‌های مشترک و متفاوت آن‌ها آشکارشده، و دلایل این ویژگی‌ها مشخص می‌گردد. روش داده اندوزی به‌صورت کتابخانه‌ای است. فرایند انجام کار به‌این‌گونه است که پس از انجام محاسبات و ترسیم‌های گوناگون کاربندی‌ها با نرم‌افزار اتوکد، مقایسه بین نمونه‌ها انجام می‌گیرد.

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

پرسش‌های پژوهش

چه ویژگی‌های مشترکی بین کاربندی‌های دارای طول یکسان با تعداد ردیف ترنج یکسان وجود دارد؟

کاربندی‌های دارای عرض یکسان که دارای یک ردیف ترنج بیشتر یا کمتر از تعداد متداول هستند چه ویژگی‌های مشترکی دارند؟

ویژگی‌های مشترک حسابی و هندسی اجزای کاربندی در ارتباط با یکدیگر درزمینه‌های گوناگون چیست؟

روش پژوهش

ابتدا پلان و نمای کاربندی‌ها درزمینه‌های گوناگون با نرم‌افزار اتوکد ترسیم می‌شوند. پس از ترسیم دسته‌بندی آن‌ها بر اساس ویژگی مشترک ابعادی صورت می‌گیرد. لذا کاربندی‌ها در دودسته کاربندی‌های با طول یکسان و کاربندی‌های با عرض یکسان تقسیم می‌شوند. ویژگی‌های هر دسته به‌طور مجزا بررسی‌شده، 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 کاربندی‌هایی صورت می‌گیرد که در نسبت‌های بین طول و عرض اضلاع آن‌ها یک عدد مشترک باشد. پس از ترسیم پلان و برش‌های کاربندی‌ها درزمینه‌های مختلف با استفاده از نرم‌افزار ترسیمی اتوکد، مساحت هر عنصر درزمینه موجود محاسبه می‌شود. سپس ویژگی‌های مساحتی آن‌ها در کاربندی‌های مختلف با هم مقایسه می‌شود.

ادبیات پژوهش

پژوهشگران بسیاری به‌نقوش کاربندی پرداخته‌اند. از بین آن‌ها تعدادی به ارائهٔ مطالبی در خصوص هندسه نظری کاربندی (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), .1995), (Garofalo, 2016)

نحوهٔ ترسیم تعداد دیگری از انواع کاربندی‌ها به‌خصوص 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 کاربندی‌ها را از شیوه‌های تحلیلی موردبررسی قرار داده‌اند. پژوهشگری هندسه کاربندی را برگرفته از مربع‌های گردان در دایره می‌داند (Papadopoulo & Jazanī 1989, P. 44) در این کتاب ترسیم کاربندی بر پایه تقسیم دایره و اتصال نقاط به یکدیگر توضیح داده‌شده 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 کاربندی با استفاده از نرم‌افزار در زمینه‌های گوناگون را به‌دست آورند من‌جمله:

(Ahmadi P. 2012), (Saheb Mohammadian & Faramarzi 2011), (Reyhani et al. 2018)

در معدودی از منابع به‌چگونگی ساخت کاربندی‌ها اشاره‌شده است. (Nejad Ebrahimi et al., 2017) (Salavati, 2014)، (Chenaghlou et al., 2017).

تاکنون کاربندی‌ها در منابع مختلف از دیدگاه روش ترسیم موردبررسی قرارگرفته‌اند، لیکن روش تحلیل مقاله در این قسمت بررسی ویژگی هندسی کاربندی‌ها در زمینه‌های مختلف براساس تناسبات 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

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 احصاالعلوم 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 کاربندی

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

۱. سینه‌باز یا سوسنی: در کاربندی‌های رسمی کشیده برای رساندن کارها به شمسه یا خورشیدی وسط درزمینه‌کاربندی، به یک اندام واسطه‌ای نیاز است که روی آن‌کاره‌ای یک‌پا و دو پادرهوا جای می‌گیرند، به این عضو سوسنی می‌گویند.

۲. پا باریک: در گوشه‌های پایین کاربندی 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 روی‌هم تکرار شوند.

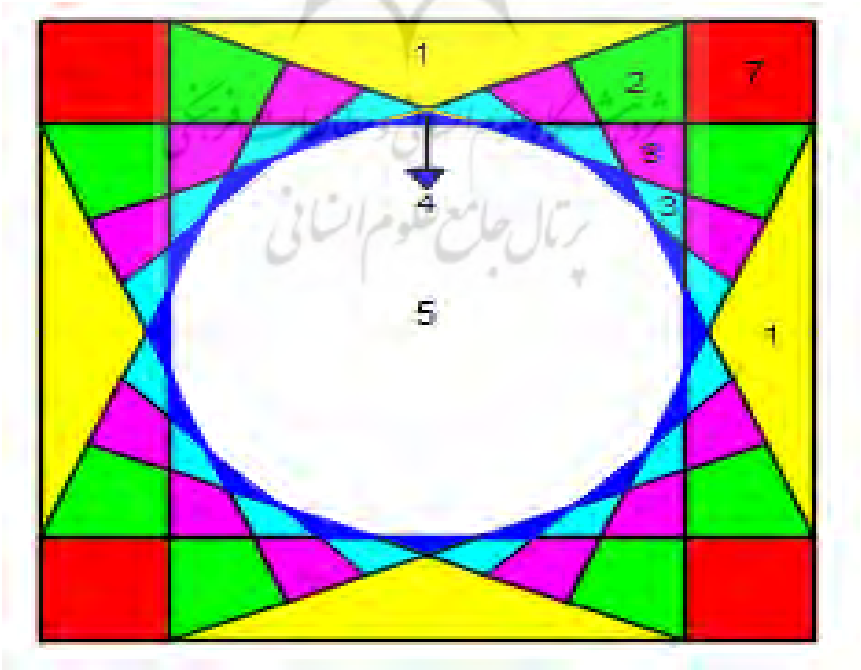
۴. سنبوسه: در فاصله بین دو ضلع شاپرک و قاعده عرقچین یک مثلث ساخته می‌شود که به سنبوسه می‌گویند.

۵. خورشیدی یا شمسه: شکل خورشید مانندی است که از ترکیب سنبوسه‌ها در زیر عرقچین پدید می‌آید.

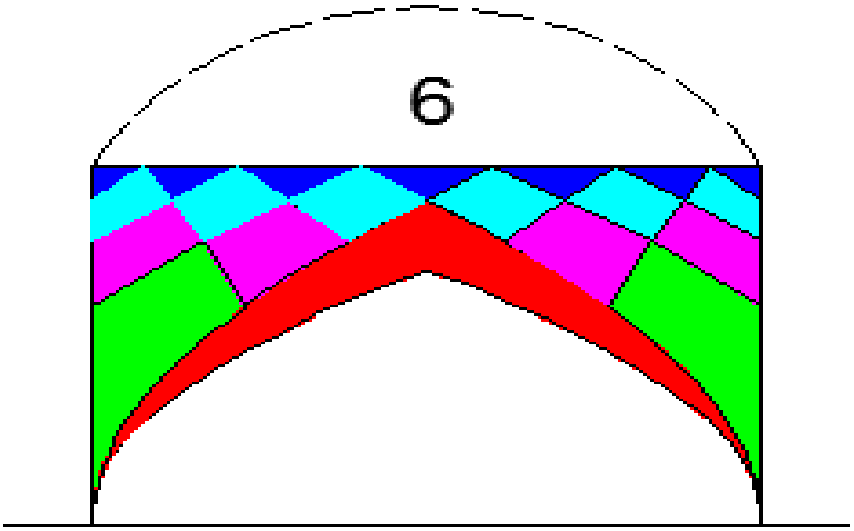
۶. عرقچین: پوششی است که بر روی خورشیدی کاربندی زده می‌شود (Memarian, 2015, PP. 341, 344) (شکل ۲).

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

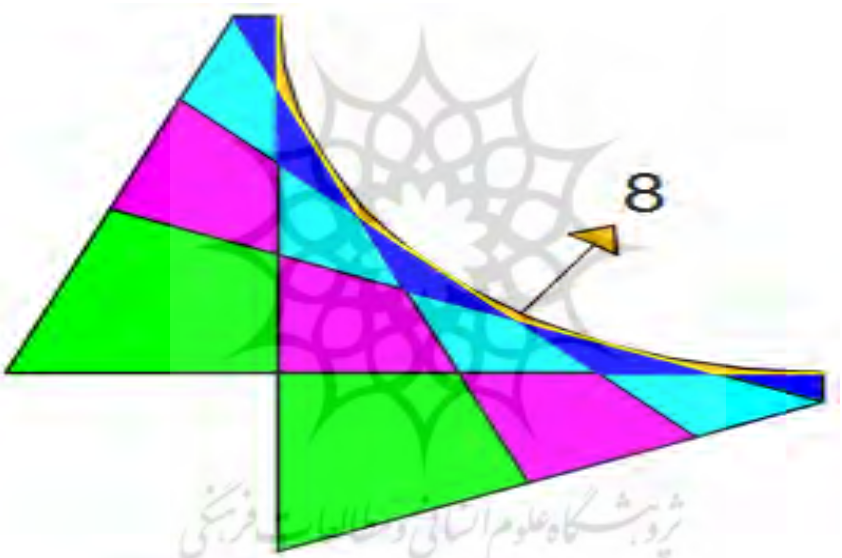
۸. فضای واسط بین تبدیل‌کننده‌های کاربندی و دایره طاق (شکل ۳).



شکل ۱. عکس پلان ترسیم‌شده
(منبع: نگارندگان)



شکل ۲. مقطع
(منبع: نگارندگان)



شکل ۳. فضای واسط
(منبع: نگارندگان)

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.

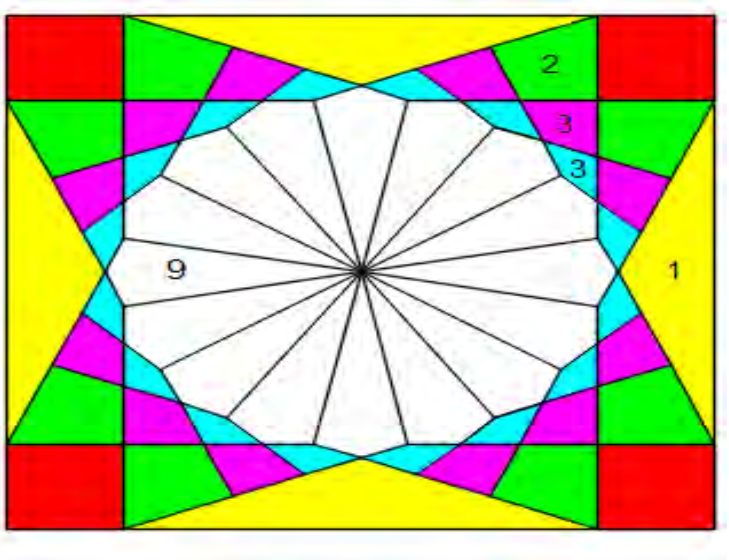
تویزه اصلی: قوس باربری است که وزن چشمه یا طاق را به پایه‌ها و زمین منتقل می‌کند.

لنگه‌های کاربندی: قطعاتی که یک یا دو پای آن‌ها روی تویزه اصلی یا روی سایر لنگه‌های کاربندی قرار می‌گیرد (شکل ۶).

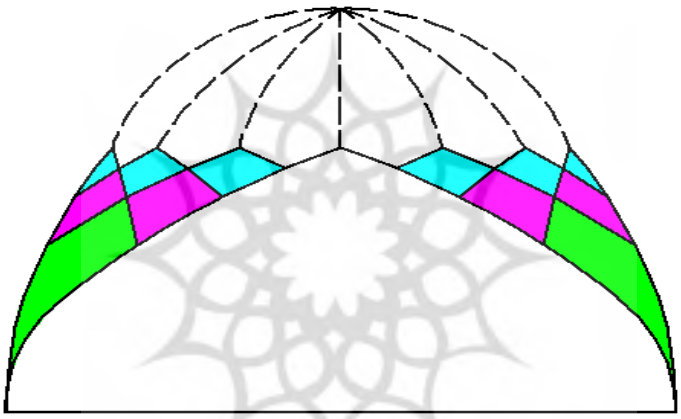
دسته‌بندی کاربندی بر اساس عناصر کاربندی:

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).

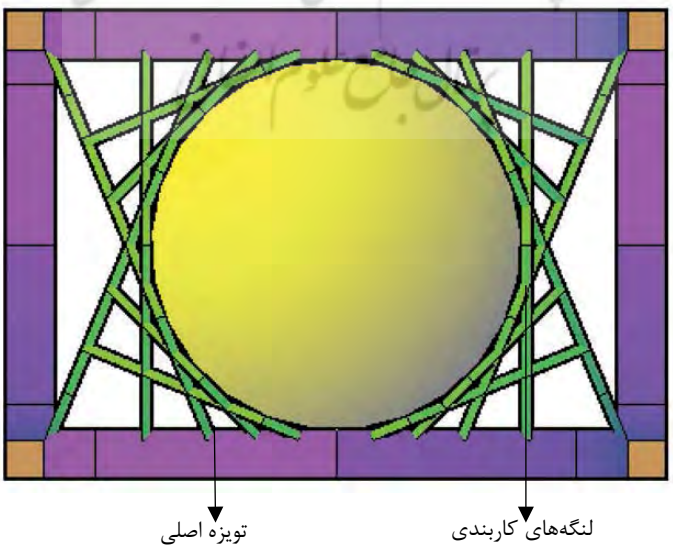


شکل ۴. عکس پلان ترسیم‌شده (منبع: نگارندگان)



شکل ۵. مقطع
(منبع: نگارندگان)

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی



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

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

پرکننده‌های پوشش تاق به‌شکل عرقچین به سه دسته تقسیم می‌شوند:

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

۱-۱ تاق را کامل چیده

۱-۲- تاق را ترک ترک اجرا می‌کنند که به هرکدام از این ترک‌ها سروی گویند.

۱-۳- لنگه‌های شبه کاربندی را در عرقچین به‌کار می‌بردند (در برخی موارد شبه کاربندی در بخش پوسته (عرقچین) کاربندی به کار می‌رود که شباهت بسیاری به‌لنگه‌های کاربندی دارند . این عناصر کاربندی محسوب نشده در تعریف اصلی کاربندی قرار نمی‌گیرند) (شکل ۸).

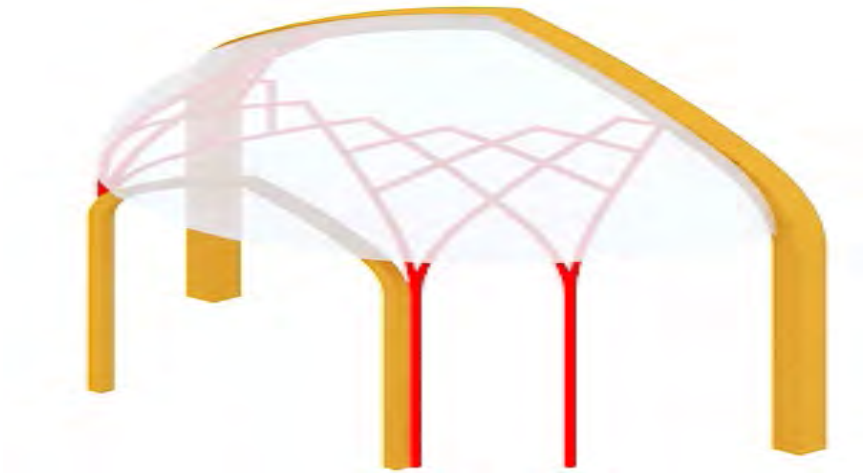
۲.عرقچین به‌صورت نیمه در نیم کارها

(شکل ۹)

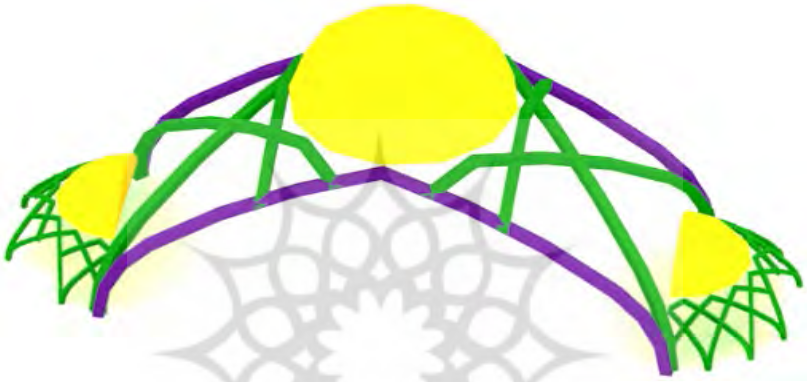
۳. ترکیبی از عرقچین کامل + عرقچین نیمه (کاربندی پرور):

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

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



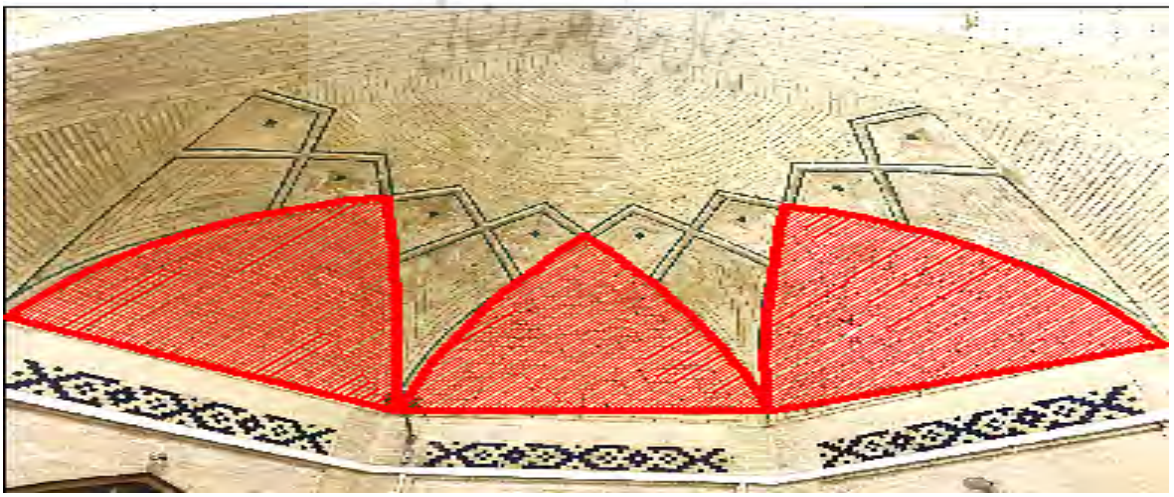
شکل ۹. عرقچین به‌صورت نیمه در نیم کارها (منبع: نگارندگان)



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

در نمونه‌هایی که عمدتاً بر روی دیوار کاربندی اجرا می‌شود (به‌ویژه در نیم کارها) در اسپر پشت از سوسن و در اسپرهای دو طرف از نیم سوسنی استفاده می‌کنند (شکل ۱۱). هنگامی‌که وسط زمینه‌های مستطیل کشیده کاربندی با تعداد اضلاع زوج اجرا کنند، در دو طرف دو ناخنک می‌ماند. در اصفهان بسیار معمول است (شکل ۱۲). در کاربندی‌های دارای زمینه مستطیل عموماً در عرض زمینه از سینه‌باز استفاده می‌کنند (شکل ۱۳).

تک‌تک عناصر کاربندی از دید پژوهشگران مختلف به‌صورت های گوناگونی نام‌گذاری شده‌اند (جدول ۱).



شکل ۱۱. سوسنی
(منبع: نگارندگان)

شکل ۱۲. ناخنک

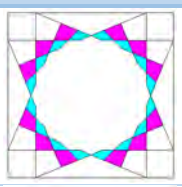
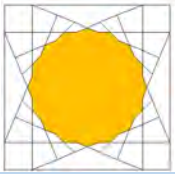
(منبع: نگارندگان)

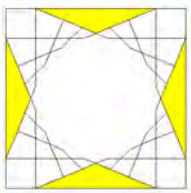
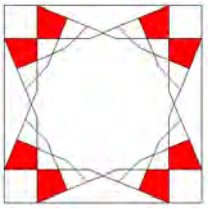
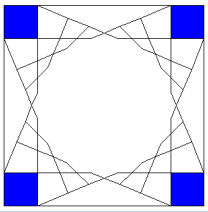
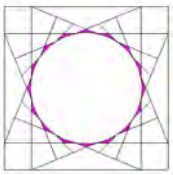
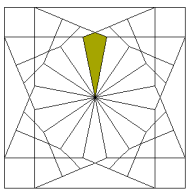
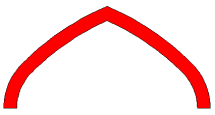
شکل ۱۳. سینه‌باز

(منبع: نگارندگان)

جدول ۱. نام‌گذاری عناصر کاربندی از دید پژوهشگران مختلف

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

شکل عناصر کاربندی / پژوهشگران	لرزاده و رئیس زاده و مفید	شعرباف	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 نهنبن	شمسه	شمسه

شکل عناصر کاربندی / 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
	فیل‌گوش	-	فیل گوش	سه‌کنج	سه‌کنج	هفتی	فیل‌گوش
	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	-	-

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

۶. ترسیم کاربندی

اولین گام درراه درک نظام موجود در کاربندی، شناخت روش ترسیم آن است. کاربندی انواع بسیار زیادی دارد و این تنوع در پوشش کاربندی 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 استفاده‌شده 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.

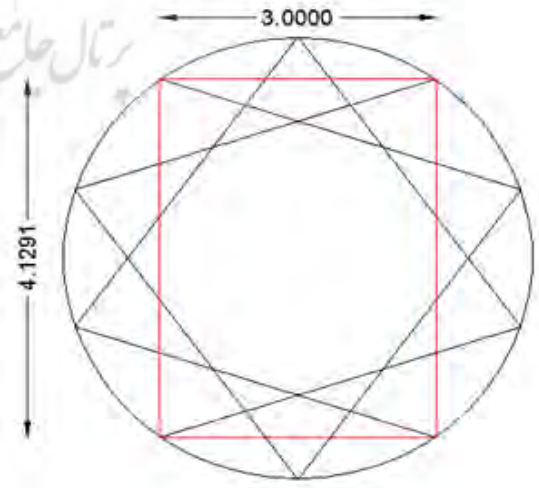
در روش‌های سنتی ترسیم کاربندی، گام ابتدایی تعیین بستر یا زمینهٔ کاربندی براساس قواعد هندسی است که پس از آن ترسیم کاربندی براساس شکل و تناسبات بستر ادامه می‌یابد. انتخاب تعداد اضلاع کاربندی تنها برسلیقه و دلخواه معمار تعیین نمی‌شود. بلکه ابعاد مختلف سطحی که باید درآن کاربندی اجرا شود نوع آن را مشخص می‌کند. 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. کاربندی به‌دلیل هندسه دقیق و منظم، به زمینه معلوم و مشخص نیاز دارد. علاوه براین، اجرای هر نوع کاربندی زمینهٔ خاص خود را می‌طلبد (Pirnia & Bozorgmehri, 2006, 12).

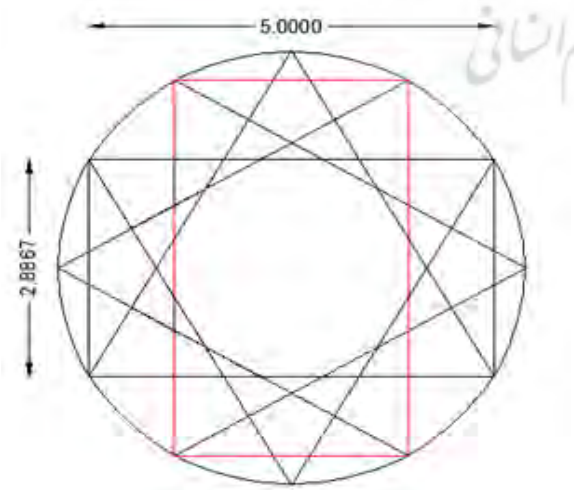
به‌این‌ترتیب که هرگاه مستطیلی داشته باشیم به‌طول a و عرض b با تقریبی نزدیک واقعیت فرمول زیر مبدأ کار خواهد بود. (فرمول ۱) تعداد اضلاع کاربندی = 2 (a+b-2)

در فرمول ۱، جهت تعیین تعداد ضلع کاربندی ابعاد مستطیل زمینه رند شده است. اما کاربندی‌های زیر (شکل ۱۴-۲۱) با ابعاد دقیق مستطیل زمینه ترسیم‌شده‌اند. در تمامی کاربندی‌های ذکرشده در زیر، شمسه وسط بر دو ضلع بزرگ‌تر مستطیل زمینه مماس است.

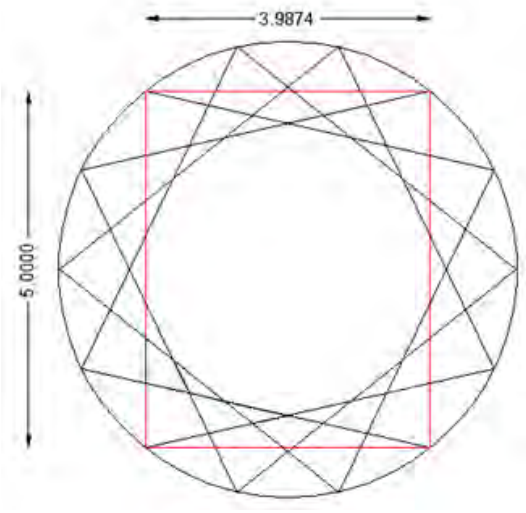
در جداول زیر ویژگی‌های هندسی و حسابی عناصر کاربندی‌ها درزمینه‌های مختلف باهم مقایسه شده‌اند (جدول ۵-۲).



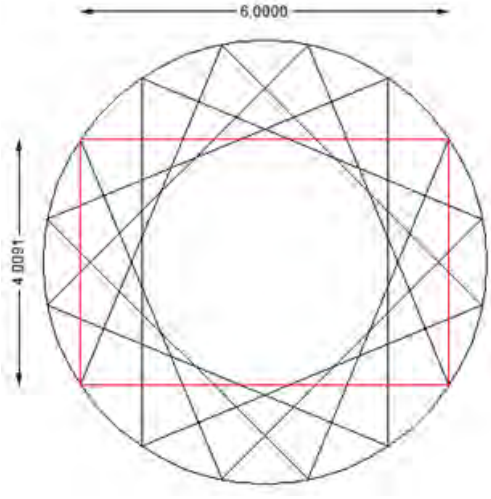
شکل ۱۴. کاربندی ۱۰ ضلعی



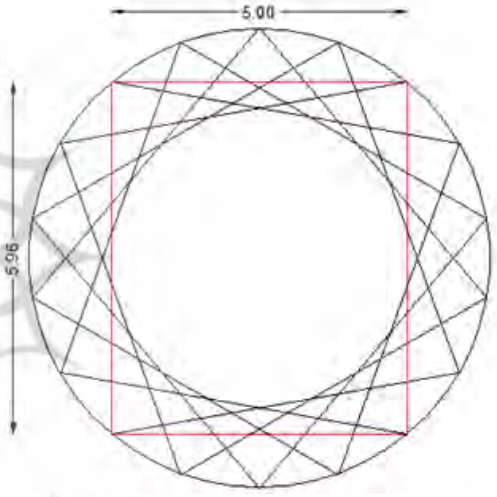
شکل ۱۵. کاربندی ۱۲ ضلعی



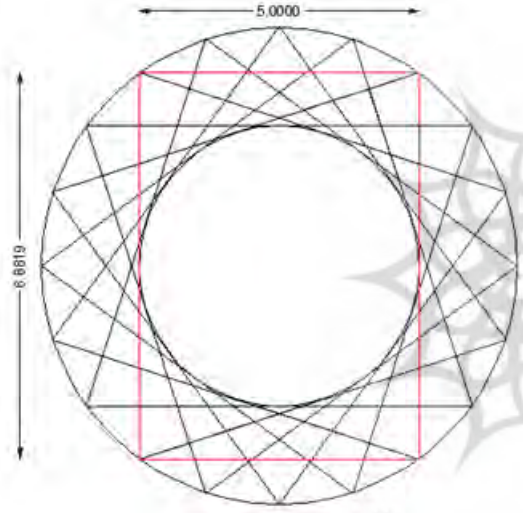
شکل ۱۶. کاربندی ۱۴ ضلعی



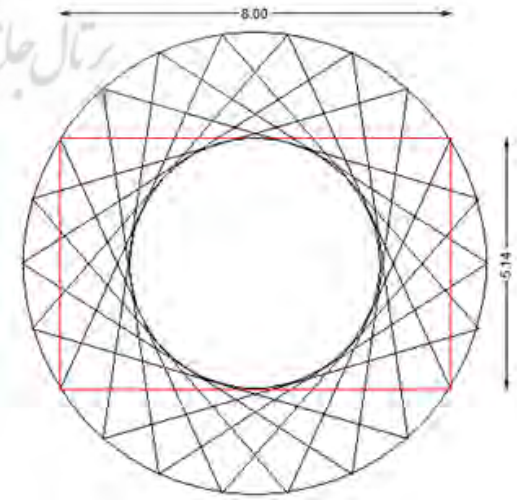
شکل ۱۷. کاربندی ۱۶ ضلعی



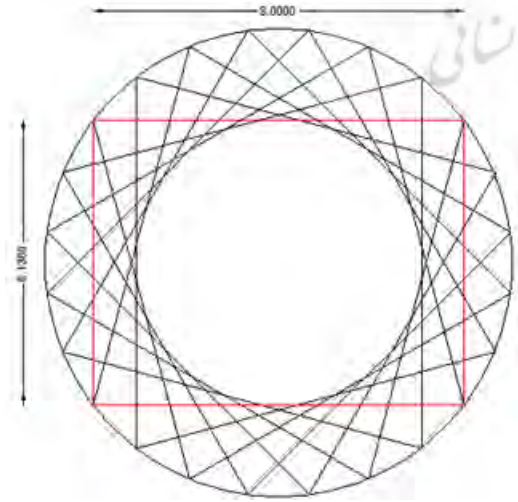
شکل ۱۸. کاربندی ۱۸ ضلعی



شکل ۱۹. کاربندی ۲۰ضلعی



شکل ۲۰. کاربندی۲۲ ضلعی

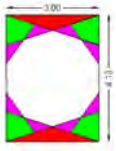
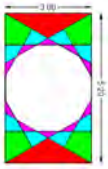
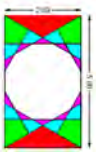
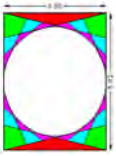
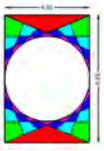
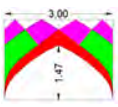
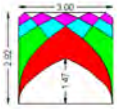
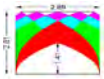
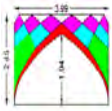
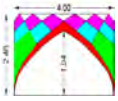
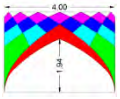
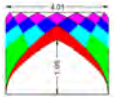
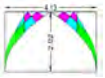
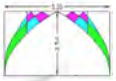
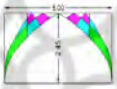
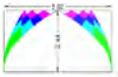
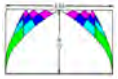
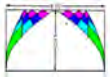


شکل ۲۱. کاربندی ۲۴ ضلعی

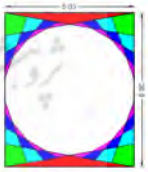
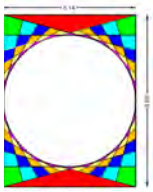
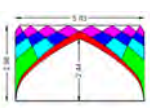
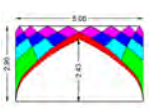
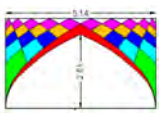
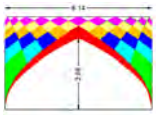
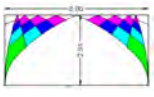
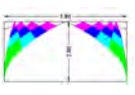
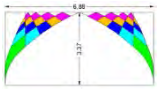
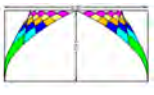
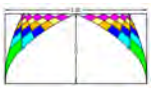
(Source: Authors)

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

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

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

جدول۳. بررسی کاربندی‌های ۱۸ ، ۲۰، ۲۲، ۲۴ ازنظر هندسی (منبع: نویسندگان)

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

جدول ۴. بررسی کاربندی‌های دارای طول مشترک
(۱۲و۱۴)، (۱۶و۱۸) و (۲۲و۲۴) ازنظر حسابی (منبع: نویسندگان)

ردیف	ابعاد قیاس	کاربندی ۱۲	کاربندی ۱۴	کاربندی ۱۶	کاربندی ۱۸	کاربندی ۲۲	کاربندی 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 کاربندی در مقطع طولی	۶۳	۶۹	۶۹	۸۰	۷۰	۷۵
۳	مساحت شمسه 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 کاربندی‌های دارای عرض مشترک (۱۰و۱۲)، (۱۴و۱۶) و (۱۸و۲۰) از نظر حسابی (منبع: نگارندگان)

ردیف	ابعاد قیاس	کاربندی ۱۰	کاربندی ۱۲	کاربندی ۱۴	کاربندی ۱۶	کاربندی ۱۸	کاربندی ۲۰
۱	تعداد ردیف ترنج	-	یک ردیف	یک ردیف	دو ردیف	دو ردیف	سه ردیف
۲	مساحت شمسه 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 کاربندی 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 کاربندی‌هایی که دارای طول و تعداد ردیف ترنج برابر هستند (۱۲و۱۴) و (۱۶و۱۸) و (۲۲و۲۴)، با کاهش تعداد ضلع کاربندی در مقطع طولی تمایل منحنی کاربندی به سمت درون بیشتر می‌شود (کاهش بلندای پوشش). علاوه بر آن، مساحت شمسه در پلان کاهش می‌یابد (جدول ۴، ردیف ۱و۲و۳و۴). با کاهش مساحت شمسه، مساحت سوسنی و پا باریک در پلان افزایش پیدا می‌کند (جدول ۴، ردیف ۴و۵).

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

در کاربندی‌هایی که دارای عرض مشترک هستند (۱۰ و۱۲)، (۱۴و۱۶) و (۱۸ و۲۰) با افزایش تعداد ضلع و افزایش طول، یک ردیف ترنج اضافه‌شده (جدول ۵، ردیف ۱ و جدول ۳، ردیف۲) و به دلیل کشیدگی طول پلان، مساحت پا باریک‌ها، ترنج‌ها و سوسنی‌ها افزایش می‌یابد (جدول ۵ ردیف ۳و۴و۶). با افزایش تعداد ضلع کاربندی و افزایش طول

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

با توجه به این دو پاراگراف، در تمام کاربندی‌ها مساحت پا باریک‌ها و سوسنی‌ها رابطه معکوس با مساحت سنبوسه‌ها دارند. الزاماً با افزایش تعداد ضلع کاربندی و افزایش تعداد ردیف ترنج‌ها مساحت شمسه وسط بیشتر نمی‌شود. در تمام کاربندی‌های ذکرشده، با حرکت به سمت بالای تاق، مساحت عناصر تشکیل‌دهندهٔ آن کمتر می‌شود. در مقطع عرضی کاربندی‌هایی که پس از تقسیم آن‌ها بر ۲، عدد به‌دست‌آمده زوج باشد (۲۰،۱۸،۱۶،۱۲و۲۴) یک ترنج در تیزه قوس وجود دارد. اما در بقیه کاربندی‌ها مکان قرارگیری ترنج‌ها در دو طرف تیزه قوس است (جدول ۲و۳، ردیف ۲).

هر چه نسبت دهانه به عمق مستطیل زمینه بیشتر باشد ارتفاع کاربندی بیشتر می‌شود. در نما زاویهٔ خمیدگی منحنی قوس‌های کاربندی از خط عمود در کاربندی‌های با مساحت شمسه کوچک‌تر بیشتر بوده و هم ارتفاعشان نسبت به صفحه زمین کمتر می‌شود و هم‌دایره تنگ‌تری را که مطلوب معمار است دربرمی‌گیرند. ارتفاع کاربندی در ارتباط مستقیم با فاصله اتصال نقاط تقاطع روی دایره است. به‌طوری‌که با افزایش این فاصله ابعاد تویزه‌های کاربندی نیز بیشتر می‌شوند.

سپاسگزاری

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.

پی نوشت

۱. چپیره سازی: گوشه سازی یعنی ساختن و تبدیل کردن شکل چهارگوشه بشن به هشت‌گوشه و به‌ترتیب 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 اندازه های اضلاعش طوری باشد که به‌راحتی قابل‌تبدیل به شش‌گوشه شود.

۲. تویزه: تویزه 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).

References

Ahmadi, M. P. (2012). A Geometrical Analysis of the Mausoleum, Sheikh Zāhed-e Gīlāni. *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]

Chenaghlou, 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 masony 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 Rasmi-bandi, 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 Rafteh (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]

Necipoğlu, 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., & Naeem 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., & Jazanī, H. (1989). *Mi'mārī-i Islāmī: 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 Karbandy 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]