

## تقسیمات هندسی کاربندی‌های خاص در زمینه‌های غیرمتداول (با نگاهی ویژه به تومار میرزا اکبر)\*

شهرزاد آئینه‌چی

دکتری مرمت بنا و بافت‌های تاریخی، دانشکده حفاظت و مرمت، دانشگاه هنر اصفهان، اصفهان، ایران

E-mail: Ainechi.shahrzad@yahoo.com

نیما ولی‌بیگ

استادیار گروه مرمت و احیاء بناها و بافت‌های تاریخی، دانشکده حفاظت و مرمت، دانشگاه هنر اصفهان، اصفهان، ایران (نویسنده مسئول مکاتبات)

E-mail: n.valibeig@au.ac.ir

فرهاد تهرانی

دانشیار گروه مرمت و تاریخ معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

E-mail: F-Tehrani@sbu.ac.ir

### چکیده

در برخی موارد شکل زمینه کاربندی به گونه‌ای است که از ترکیب مربع و مستطیل به دست نمی‌آید. این زمینه‌ها غیرمتداول بوده و به ندرت دیده می‌شوند. در شرایط خاص، هندسه کاربندی را می‌توان بر زمینه‌های غیرمنتظم هندسی پیاده‌سازی کرد. کتاب‌ها و مقاله‌های نوشته شده در مورد هندسه انواع کاربندی‌ها همگی بیشتر به شیوه ترسیم کاربندی در زمینه‌های منتظم و متداول پرداخته‌اند. کمبود چنین نگاهی در میان بسیاری از مطالعات انجام شده منجر به بررسی چگونگی ترسیم کاربندی در زمینه‌های غیرمتداول و نامنتظم شده است. بدین منظور، در این مقاله پس از تقسیم‌بندی زمینه‌های کاربندی، اطلاعات مربوط به نمونه‌های واقعی در زمینه‌های غیرمنتظم از طریق مشاهده و برداشت مستقیم میدانی به دست می‌آید. سپس نمونه‌های موجود در تومار میرزا اکبر با مطالعات کتابخانه‌ای ترسیم می‌شوند. پس از آن، نظام هندسی نمونه‌ها با نرم افزار اتوکد مدل‌سازی می‌شوند. هدف تحقیق مشخص کردن هندسه کاربندی‌ها در زمینه‌های غیرمعمول از منظر شکل پلان زمینه است. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهند تعداد اضلاع اصلی‌ترین وجه تمایز این کاربندی‌ها از بقیه کاربندی‌ها می‌باشد. عواملی همچون تعداد اضلاع کاربندی، فواصل اتصال، شکل زمینه و غیره در شیوه ترسیم انواع کاربندی‌ها موثر هستند.

**کلیدواژه‌ها:** هندسه نظری، کاربندی، زمینه‌های غیرمتداول، تومار میرزا اکبر

\* این مقاله برگرفته از رساله دکتری شهرزاد آئینه‌چی با عنوان «تحلیل اثر ساختار فرمی بر فناوری ساخت و مرمت کاربندی‌های بازار تبریز» است که با راهنمایی دکتر نیما ولی‌بیگ و دکتر فرهاد تهرانی در دانشکده حفاظت و مرمت دانشگاه هنر اصفهان انجام شده است.

## مقدمه

پایه‌سازی هندسه کاربردی در هر زمینه‌ای، مقتضیات و الزامات خاص خود را می‌طلبد که دقیقاً در ارتباط با ابعاد و تناسبات زمینه مورد نظر است (فرشچی، دانایی‌نیا، اشرفی، ۱۳۹۵). در طول تاریخ معماری ایران اجرای کاربردی‌ها علاوه بر زمینه‌های منتظم و متداول در زمینه‌های غیرمنتظم و خاص ممکن شده است. در جامع‌ترین منبع برای ترسیم کاربردی (پیرنیا، ۱۳۶۶)، روش ترسیم بر اساس تقسیم یک دایره به بخش‌های مساوی و وصل کردن بین نقاط تقسیم ارائه شده است. فرمول‌های این روش فقط برای زمینه‌های مستطیلی و مربع شکل استفاده می‌شود. در مدل‌های غیر مستطیلی، زمینه در ابتدا به عنوان ترکیبی از دو یا چند مستطیل یا چند ضلعی متقاطع دیگر فرض می‌شود. برخی از این گونه زمینه‌های غیرمستطیلی بسیار متداول هستند از جمله هشت، چلیپا و هشت و نیم هشت. کاربردی‌های غیر متداول بیشتر در زمینه‌های با تعداد اضلاع فرد و زمینه‌های غیرمنتظم هندسی بدون تقارن محوری اجرا می‌شوند که بسیار نادر هستند. طرح‌های دستی معماران و صنعتگران، از دیگر آثار به جا مانده از گذشته می‌باشد که گاهی در قالب تومارهایی تدوین و نگه‌داری شده‌اند. سند کم نظیر موجود از معماری ایران، تومار «میرزا اکبر» (معمار دوره قاجار) است که از آن هندسه افقی و عمودی کاربردی قابل فهم است؛ اما از فن ساخت چیزی یافت نمی‌شود (نجیب اوغلو، ۱۳۸۹، ۲۱). در این تومار نمونه‌های زمینه‌های غیرمنتظم و غیر متداول کاربردی بسیار دیده می‌شود. هدف از این مقاله تقسیم‌بندی زمینه‌های استقرار کاربردی و پیشنهاد راه حل علمی برای ترسیم کاربردی در زمینه‌های چند ضلعی غیرمنتظم است. برای این منظور کاربردی‌های دارای زمینه نامنتظم موجود در تومار میرزا اکبر مورد تحلیل هندسی قرار گرفته‌اند. در این راستا این مقاله در پی پاسخ‌گویی به پرسش‌های زیر است:

۱. چگونه در ترسیمات، کاربردی‌های زمینه‌های منتظم به زمینه‌های غیرمنتظم هندسی تبدیل می‌شوند؟
۲. کاربردی‌های غیر متداول دارای چه ویژگی‌هایی هستند؟
۳. ویژگی خاص ترسیمات میرزا اکبر در کاربردی‌های غیرمنتظم غیر معمول چیست؟

## پیشینه پژوهش

معماران و محققان گوناگونی به کندوکاو‌هایی هدفمند در عرصه معرفت به نظام طرح و خلق کاربردی پرداخته و آثاری نیز منتشر کرده‌اند. جامع‌ترین منبع در مورد شیوه ترسیم کاربردی، درس‌نامه‌های استاد پیرنیا است که در کلاس‌های دانشگاه تدریس شده است. شیوه ترسیمی در این درس‌نامه با روش ارائه شده در کتاب بزرگمهری متفاوت است. این روش‌ها تا کنون مستند نشده‌اند (پیرنیا، ۱۳۶۶). فرمولی که در این کتاب ارائه شده از چند جهت دارای مشکلاتی بوده و دقیق نیست (بزرگمهری، ۱۳۸۵). استادکار دیگری روش ترسیم کاربردی را بر اساس نیم‌کار بیان داشته و از زمینه‌های کاربردی و از تناسب ابعادی آن سخنی به میان نیاورده است (شعرباف، ۱۳۸۵). در منبعی ساده‌ترین روش ترسیم با هندسه شعاعی برای ترسیم کاربردی ارائه شده است، اما این روش‌ها تنها برای کاربردی‌هایی که تعداد اضلاعشان زوج هست به غیر از (۱۰)، قابلیت ترسیم دارند (رئیس زاده و مفید، ۱۳۷۴). پژوهشگرانی نیز به بازخوانی روش‌های ترسیمی پیرنیا و شعرباف پرداخته‌اند (معماربان، ۱۳۹۴؛ نوایی و حاجی قاسمی، ۱۳۹۰). در مقاله‌ای مطالعه مقایسه‌ای بین انواع شیوه‌های ترسیم سنتی صورت گرفته و مزایا و معایب هر کدام از شیوه‌ها بیان گردیده است (آئینه چی و دیگران، ۱۳۹۸). همچنین منابعی که در این گستره توسط مستشرقین غربی جمع‌آوری و تألیف شده‌اند شامل گالدیری (۱۳۷۸)، پاپادوپولو (۱۳۶۸)، و ویلبر (۱۳۶۵) است. کتاب‌ها

و مقاله‌های متعددی در مورد هندسه انواع کاربردی‌ها نوشته شده است که همگی بیشتر به شیوه ترسیم کاربردی در زمینه‌های منتظم و متداول پرداخته‌اند.

دسته‌ای دیگر، پژوهشگرانی هستند که بر اساس نظرات مکتوب استادکاران تلاش نموده‌اند تا با تحلیل‌های خود روابط ریاضی موجود بین اشکال هندسی کاربردی را با استفاده از نرم افزار در زمینه‌های گوناگون به دست آورند. پژوهشگری روش جدیدی برای نام‌گذاری و ترسیم انواع کاربردی‌ها بر طبق ویژگی‌های هندسی اصلی آنها ارائه نموده است (Pour Ahmadi, 2014). همچنین نویسندگانی در مقاله‌ای روش جدیدی برای ترسیم کاربردی در زمینه‌های غیرمنتظم و خاص مطرح کرده‌اند (Amjad Mohammadi et al., 2018). تناسب ابعادی زمینه‌های کاربردی، نظام هندسی و روابط ریاضی بین آنها در پژوهش دیگر مورد بررسی قرار گرفته است (فرشچی و دیگران، ۱۳۹۵). محقق در پایان‌نامه کارشناسی ارشد خود روشی جدید برای پیاده کردن کاربردی در سطوح و زمینه‌های آزاد مطرح کرده است (امجد محمدی، ۱۳۹۶). پژوهشگری از چهار فاکتور (اضلاع کاربردی، فواصل اتصال، شاغولی یا غیر شاغولی بودن، زمینه) برای فرمول‌نویسی و مدل‌سازی ریاضی انواع کاربردی‌های ساده استفاده می‌کند (ریحانی همدانی و دیگران، ۱۳۹۷، ۲۲۰). در این مقاله راهکاری نوین بر پایه فرمول‌های ریاضی جهت چگونگی ترسیم هندسه کاربردی در زمینه‌های غیرمنتظم هندسی پیشنهاد شده است. زمینه‌های ترسیم شده همگی داخل دایره‌ای محاط هستند و به چگونگی ترسیم کاربردی در زمینه‌های غیر محاطی پرداخته نشده است (آصفی و دیگران، ۱۳۹۷). نویسندگانی نحوه تقسیم‌بندی مستطیل زمینه برای طراحی کاربردی‌های یک پا و دو پا بر روی آن را به صورت یک مسئله ریاضی صورت‌بندی نموده‌اند و با نگارش برنامه‌ای به زبان میپل، ابزار علمی دقیقی برای حل آن در اختیار طراحان قرار داده‌اند (پوراحمدی و سهرابی، ۱۳۹۸). در تحقیق دیگری، ترسیم پلان و مقاطع انواع کاربردی در زمینه ۱۴ و مقایسه ویژگی‌های هندسی و حسابی عناصر تشکیل دهنده آنها برای پی بردن به ویژگی‌های منحصربه‌فردشان صورت گرفته است (آئینه‌چی و دیگران، ۱۳۹۸). این تحقیق با هدف کشف روابط و اصول هندسی کاربردی برای تنظیم و تسهیل روند طراحی آن در معماری معاصر انجام شده است (Amjad Mohammadi et al., 2019).

در این دسته از منابع راهکارهایی بر پایه روابط ریاضی و هندسی برای ترسیم کاربردی‌ها در زمینه‌های متنوع (منتظم و نامنتظم هندسی) ارائه گردیده است؛ اما هیچ کدام از راهکارها برای تمام زمینه‌های کاربردی پاسخگو نیست. اکثر زمینه‌های منتظم و نامنتظم هندسی دارای تقارن محوری مورد بحث قرار گرفته‌اند. همچنین برخی از فرمول‌های ارائه شده فقط برای اعداد صحیح کارآمد هستند. درحالیکه هنگام ترسیم زمینه کاربردی بر اساس تقسیم‌بندی دایره محیطی چند ضلعی، اندازه ابعاد چند ضلعی محاطی زمینه اعداد غیر صحیحی به دست می‌آیند که اختلاف اندکی با اعداد صحیح استفاده شده در فرمول دارند. این اختلاف به دلیل اجرای مصالح بنایی در حدی نیست که نمود آشکار پیدا کند.

منابعی نیز در زمینه ترسیم و گونه شناسی کاربردی موجود است: گونه شناسی و تدوین ساختار هندسی کاربردی و بیان روابط ریاضی بین آنها (صاحب محمدیان و فرامرزی، ۱۳۹۰)، بیان دو وجه هندسی و اجرایی (هندسه‌ی نظری و عملی) کاربردی با تکیه بر نمونه‌های متعدد (رئیس‌ی، بمانیان و تهرانی، ۱۳۹۲)، از شناخته‌شده‌ترین آثار تدوین شده در این فرایند هستند. البته در این منابع گونه‌شناسی و تحلیل خصوصیات هندسی تمام انواع کاربردی‌ها صورت نگرفته است.

با توجه به نایاب بودن استادکاران مشرف بر جنبه‌های مختلف فنون معماری سنتی، اندک منابعی در گستره تکنولوژی ساخت اجزای تشکیل دهنده کاربردی موجود است که بسیار ارزشمند هستند (Ainechi, Valibeig, & Tehrani, 2019).

مروری بر منابع مختلف نشان می‌دهد سند تاریخی مستقیم از کاربردی در معماری اسلامی بسیار کم است. سند کم‌نظیر موجود، تومار میرزا اکبر است که در آن رسم هندسه و انتقال خطوط به قوس مینا و بازتعریف آن در کتابی آشکار است (نجیب اوغلو، ۱۳۸۹). این پژوهش به ترسیمات گزیده‌ای از کاربردی‌های تومار میرزا اکبر نگاه کلی داشته و آنها مورد تحلیل دقیق هندسی قرار نگرفته‌اند. در هیچ‌کدام از منابع مطالعه شده، به‌طور خاص به مبحث چگونگی ترسیم کاربردی‌های موجود در تومار میرزا اکبر که اکثر در زمینه‌های نامنتظم ترسیم شده‌اند، اشاره نشده است که همین نکته به‌عنوان وجه نوآورانه این مقاله محسوب می‌گردد.

## روش تحقیق

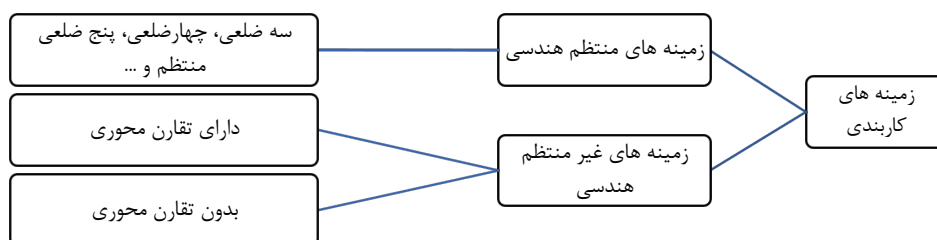
این تحقیق از نظر هدف از نوع تحقیق‌های کاربردی و به شیوه مطالعه مقایسه‌ای انجام شده است. اطلاعات لازم برای پژوهش از طریق مطالعات کتابخانه‌ای، پیمایش‌های میدانی (مشاهده) و ترسیم هندسه انواع کاربردی‌ها با استفاده از نرم افزار اتوکد و تری دی مکس به دست آمده است. امروزه با توجه به وجود نرم افزارهایی مانند اتوکد سریع‌تر می‌توان اشکال هندسی غیرمنتظم ایجاد کرد. جامعه آماری در این پژوهش کلیه ترسیمات هندسی در زمینه‌های غیرمنتظم در تومار میرزا اکبر است. نمونه‌گیری در این پژوهش تمام شمار است؛ به این معنا که تمامی نمونه‌های غیرمنتظم تومار میرزا اکبر ترسیم شده‌اند. داده‌ها در این پژوهش از اسناد تصویری بر جای مانده از این تومار مورد استفاده قرار گرفته‌اند. روش تحلیل داده‌ها، در گام اول ترسیم تک به تک آنها به صورت شماتیک است و سپس در گام بعدی کلیه کاربردی‌ها به صورت دقیق با نرم افزار اتوکد ترسیم می‌شوند. در ترسیم کاربردی‌ها تلاش شده است اصول پایه ترسیم رعایت گردد. محدودیت‌های این پژوهش عدم دسترسی به شیوه ترسیم زمان ترسیم نقشه‌ها است که تلاش می‌شود با شیوه‌های گوناگون ترسیم به جای مانده توسط استادکاران دیگر جایگزین شود.

## تعریف کاربردی

نوعی سیستم پوشاننده فضا است که دارای چهار بخش اصلی شامل تویزه<sup>۱</sup>، لنگه‌های متقاطع<sup>۲</sup>، پرکننده‌ها و عرقچین است. تعدادی از لنگه‌ها الزاماً زاویه تقاطع غیر از ۹۰ درجه دارند.

## زمینه‌های کاربردی

هندسه کاربردی از روش‌های ترسیمی کاملاً دقیق و ریاضی‌وار به دست می‌آید که درست به همین دلیل محدودیت و الزاماتی برای زمینه‌های کاربردی وجود دارد (آصفی و همکاران، ۱۳۹۷). زمینه‌های کاربردی به دو دسته تقسیم می‌شوند (شکل ۱).



شکل ۱. زمینه‌های کاربردی

### زمینه‌های منتظم هندسی<sup>۲</sup>

در زمینه‌های منتظم و زمینه‌های غیرمنتظم دارای تقارن محوری تقسیمات دایره مبنا به طور متقارن بر اضلاع چند ضلعی زمینه انطباق می‌یابند.

### زمینه‌های نامنتظم هندسی

هرکجا که هندسه سطوح اندکی از اشکال منتظم ذکر شده خارج شده‌اند معمار آن تدابیر دیگری به کار بسته است. در زمینه‌های نامنتظم هندسی بدون تقارن محوری، ابتدا زمینه به چند بخش با هندسه منتظم یا نامنتظم دارای تقارن محوری تقسیم شده، سپس کاربردی بر روی آن پیاده‌سازی می‌شود (جدول ۸ و ۹). زمینه‌های متداول کاربردی:

زمینه‌هایی که برای اجرای کاربردی بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرند زمینه‌های متداول نام دارند. از جمله زمینه‌های مربع، مستطیل، هشت، هشت و نیم هشت، چلیپا (جدول ۶ و ۸).

### زمینه‌های غیر متداول کاربردی

اگر یک کاربردی در زمینه‌های غیر مرسوم و خاص همچون سه ضلعی، چهارضلعی‌های غیر مستطیلی و غیر مربعی، پنج‌ضلعی، کَشکولی، نگینی و غیره اجرا شود، کاربردی حاصله را کاربردی خاص گویند. کاربردی را اساتید گذشته همواره با عدد معرفی می‌کنند. این عدد همیشه زوج و به ندرت فرد است. رمز این زوج بودن آن است که در دایره‌ای که به عددی زوج تقسیم شود، هر وتر آن با وتر دیگری موازی است. در دایره‌ای که به عددی فرد تقسیم گردد، هیچ وتر نمی‌تواند وتر دیگری جفت و موازی داشته باشد (جدول ۷ و ۹).

### ترسیم کاربردی

به‌طور کلی تا کنون دو روش عمده برای ترسیم کاربردی ذکر شده است که عبارتند از: روش استاد پیرنیا (پیرنیا، ۱۳۶۶) و روش استاد شعرباف (شعرباف، ۱۳۸۵). شیوه ترسیمی نقل شده از پیرنیا متکامل‌تر و گویاتر است. روش پیشنهادی پیرنیا تنها برای کاربردی‌های در زمینه‌های مربع و مستطیل شکل و گسترش این زمینه‌ها قابل استفاده است. بخشی از روش‌های ترسیم استاد پیرنیا ذکر شده در کتاب هندسه در معماری بزرگمهری، به صورت خلاصه به قرار زیر می‌باشد:

۱. طبق فرمول زیر، با داشتن اندازه ابعاد زمینه می‌توان تعداد ضلع کاربردی را تشخیص داد. تعداد اضلاع یک عدد طبیعی زوج است.

$$\text{تعداد اضلاع کاربردی } n = 2(a+b-2)$$

متأسفانه این فرمول  $n=2(a+b-2)$  به شکل حدودی بوده و دیمانسیون (واحدها) دو طرف الزاماً

یکسان نیست. ولی با قرار دادن براکت [ ] واحد حذف خواهد شد. باید توجه داشت که برای

نشان دادن دیمانسیون هر کمیتی آن را در علامت [ ] قرار می‌دهند. براکت نمایانگر جز صحیح

$$\text{عدد است. برای نمونه } 3 = [3.4]$$

۲. ترسیم زمینه مستطیل

۳. رسم اقطار مستطیل

۴. ترسیم دایره محیطی مستطیل

۵. تقسیم دایره: با توجه به اینکه کاربردی مورد نظر چند ضلعی است، دایره را به قسمت‌های مساوی تقسیم می‌کنیم. آنگاه زمینه طوری در دایره محاط می‌شود که گوشه‌های آن بر نقاط تقسیم منطبق شود.
۶. طول مستطیل هر چند تعداد از تقسیمات دایره را در برمی‌گیرد نقاط دایره را به همان نسبت به هم وصل می‌کنیم. نقاطی که بر دایره اند، با فاصله ای مساوی به یکدیگر متصل می‌شوند و هر خط، سایه ی یک تویزه است که بعد ساخته می‌شود. پس هم دایره به قطعاتی مساوی بخش می‌شود و هم این بخش‌ها با فواصل مساوی به یکدیگر متصل می‌شوند. از وترهای رسم شده هر آنچه برون از زمینه است، پاک می‌شود و کارشویو کاربردی به دست می‌آید. این روش، به روش «وتری» مرسوم بوده و بیشتر برای رسم کاربردی روی کاغذ مناسب است (بزرگمهری، ۱۳۸۵، ۱۹-۹۸).

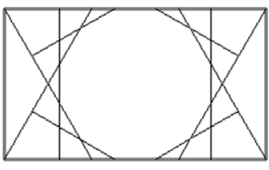
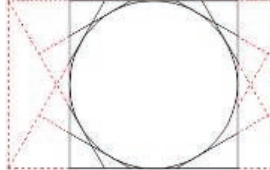

### شیوه‌های ترسیم کاربردی در زمینه‌های غیرمنتظم

قابلیت‌های هندسه کاربردی در امتداد یافتن از جهات متفاوت باعث به وجود آمدن فضاهای متفاوت با زمینه‌های گوناگون می‌گردد.

### امتداد اضلاع زمینه کاربردی در یک راستا

با تصور اینکه عناصر کاربردی از کدام طرف زمینه امتداد پیدا کنند، عنصر سوسنی<sup>۴</sup> به کاربردی اضافه می‌شود. در این صورت زمینه به آن سمت کشیده و طویل می‌شود (جدول ۱: مرحله ۱، ۲ و ۳).

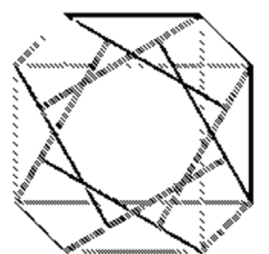
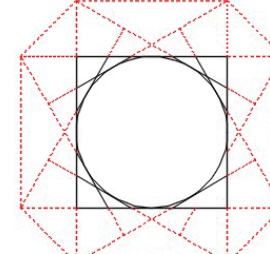
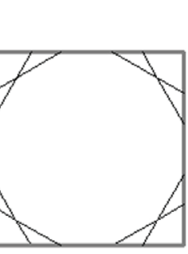
جدول ۱. مراحل ترسیم کاربردی ساده ۱۲ ضلعی با امتداد دادن اضلاع زمینه در یک راستا

		
مرحله ۳: تشکیل کاربردی ساده ۱۲ ضلعی	مرحله ۲: گسترش و امتداد کاربردی در یک راستا - - - - - امتداد خطوط	مرحله ۱: کاربردی ۱۲ ضلعی در زمینه مربع

### گسترش و امتداد اضلاع زمینه کاربردی در دو راستا

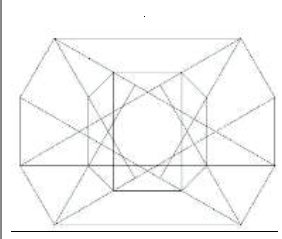
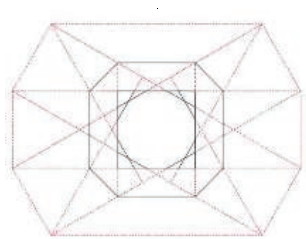
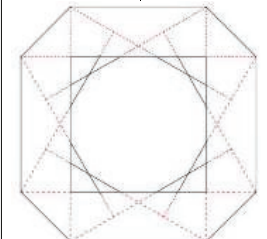
از ترکیب دو کاربردی ساده در زمینه مستطیل، کاربردی در زمینه هشت و نیم هشت به دست می‌آید (جدول ۲: مرحله ۱، ۲ و ۳).

جدول ۲. مراحل ترسیم کاربردی ساده ۱۲ ضلعی در زمینه هشت و نیم با امتداد اضلاع زمینه کاربردی در دو راستا

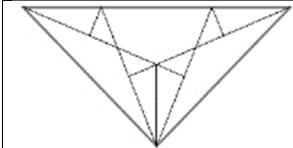
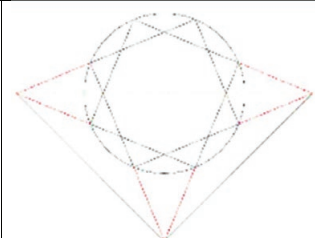
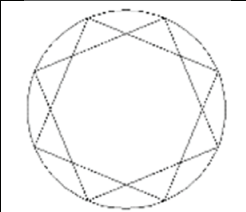
		
مرحله ۳: تشکیل کاربردی ساده ۱۲ ضلعی در زمینه هشت و نیم هشت (بزرگمهری، ۱۳۷۱)	مرحله ۲: گسترش و امتداد کاربردی در دو راستا - - - - - امتداد خطوط	مرحله ۱: کاربردی ۱۲ ضلعی در زمینه مربع

با توجه به نمونه‌های موجود در کتاب هندسه در معماری و اشاره پیرنیا به بحث امتداد اضلاع کاربردی با عنوان «گسترش درهم» می‌توان به این نکته توجه داشت که در یک کاربردی  $n$  ضلعی، بسته به اینکه در چند مرحله گسترش یابد اشکال متفاوتی برای زمینه کاربردی ایجاد می‌شود. اشکال زیر نشان می‌دهند که چگونه یک کاربردی  $n$  ضلعی در یک گسترش در یک زمینه (مثلاً هشت و نیم هشت) و در گسترشی دیگر در یک زمینه دیگر (مثلاً کشکولی) قرار می‌گیرد (شکیبا، ۱۳۹۵، ۳۲) (جدول ۳: مرحله ۱، ۲ و ۳) و (جدول ۴: مرحله ۱، ۲ و ۳).

جدول ۳. مراحل گسترش طولی کاربردی ۱۲ ضلعی در زمینه کشکولی

		
مرحله ۱: کاربردی ۱۲ ضلعی در زمینه هشت و نیم هشت	مرحله ۲: گسترش و امتداد اضلاع کاربردی در دو راستا - - - - امتداد خطوط	مرحله ۳: گسترش طولی کاربردی ۱۲ ضلعی در زمینه کشکولی

جدول ۴. مراحل به‌وجود آمدن کاربردی ۸ ضلعی در زمینه سه ضلعی غیرمنتظم

		
مرحله ۱: ترسیم کاربردی ۸ ضلعی با اتصال نقاط ۲ به ۲	مرحله ۲: امتداد اضلاع کاربردی تا جایی که به هم برسند. - - - - امتداد خطوط	مرحله ۳: به‌وجود آمدن کاربردی ۸ ضلعی در زمینه سه ضلعی غیرمنتظم

### اتصال نقاط تقسیم دایره بر اساس شکل زمینه و حذف برخی پایه‌ها

در چند ضلعی‌های نامنتظم نیز همچون زمینه‌های مستطیلی نقاط تقسیم دایره با فاصله  $k$  به  $k$  به هم وصل می‌شوند. چنانچه فاصله اتصال برابر با ضلع بزرگ چهارضلعی باشد، کاربردی رسمی است. چنانچه فاصله دلخواه و بدون در نظر گرفتن اینکه طول مستطیل چند تقسیم را در برمی‌گیرد باشد، کاربردی اختری است (بزرگمهری، ۱۳۸۵، ۱۲-۱۵). در کاربردی‌های غیرمنتظم می‌توان بر حسب شکل زمینه، بعضی از پایه‌ها را حذف کرد. تعداد پایه‌های کاربردی بستگی به نوع زمینه و نوع کاربردی دارد. یک کاربردی  $n$  ضلعی، در زمینه‌هایی قابل اجرا است که با تقسیم دایره محیطی به  $n$  قسمت مساوی، رئوس زمینه بر روی نقاط تقسیم دایره منطبق باشد. پس از اتصال نقاط تقسیم دایره مبنای به هم امتداد تمامی خطوطی که بیرون از زمینه و یا داخل سوسنی‌ها قرار دارند را پاک کرده و بدین صورت هندسه کاربردی شکل می‌گیرد (امجد محمدی، ۱۳۹۶).

در جدول زیر نحوه ترسیم چند نمونه کاربردی‌های غیرمنتظم در زمینه‌های پنج، یازده و پانزده ضلعی با ذکر مراحل ترسیم نشان داده شده است (جدول ۵).

جدول ۵. مراحل ترسیم هندسه نظری کاربردی در زمینه‌های غیرمنتظم و فرد

مرحله ۳: ایجاد کاربردی ۵ ضلعی در زمینه سه ضلعی با حذف خطوط بیرون از زمینه و همچنین داخل سوسنی‌ها	مرحله ۲: ایجاد سه ضلعی نامنتظم با اتصال نابرابر نقاط تقسیم دایره محیطی	مرحله ۱: ترسیم کاربردی ۵ ضلعی با اتصال نقاط ۳ به ۳
مرحله ۳: ایجاد کاربردی ۱۱ ضلعی در زمینه دوزنقه با حذف خطوط اضافی	مرحله ۲: ایجاد چهارضلعی نامنتظم با اتصال نابرابر نقاط تقسیم دایره محیطی	مرحله ۱: ترسیم کاربردی ۱۱ ضلعی با اتصال نقاط ۴ به ۴
مرحله ۳: ایجاد کاربردی ۱۵ ضلعی در زمینه پنج‌ضلعی غیرمنتظم با حذف خطوط اضافی	مرحله ۲: ایجاد پنج‌ضلعی نامنتظم با اتصال نابرابر نقاط تقسیم دایره محیطی	مرحله ۱: ترسیم کاربردی ۱۵ ضلعی با اتصال نقاط ۶ به ۶
<p>خطوط زمینه کاربردی — باباریک — تریج ردیف ۱ — تریج ردیف ۲ — تریج ردیف ۳ — سنبوسه</p>		

جدول ۶. نمونه‌هایی از کاربردی‌های متداول در زمینه‌های منتظم هندسی دارای تقارن محوری و مرکزی

نام	نوع زمینه	عکس	پلان اولیه	پلان نهایی	سه بعدی
چهارضلعی ۱۲	کاربردی ۱۲ ضلعی در زمینه چهارضلعی منتظم				
هشت‌ضلعی ۱۶	کاربردی ۱۶ ضلعی در زمینه هشت				
<p>خطوط زمینه کاربردی — تویزه های کناری کاربردی — لنگه های کاربردی — ستون ها</p>					

شهرزاد آینه چی  
تقسیمات هندسی کاربردی‌های خاص در زمینه‌های غیر متداول  
(با نگاهی ویژه به تومار میرزا اکبر)



جدول ۷. نمونه‌هایی از کاربردی‌های غیر متداول در زمینه‌های منتظم هندسی دارای تقارن محوری و مرکزی

نام	نوع زمینه	عکس	پلان اولیه	پلان نهایی	سه بعدی
تراس یکی از حجره‌های بازار تبریز	کاربندی ۹ در سه ضلعی منتظم				
گنبدخانه قعه جبارکن الدین اصفهان	کاربندی ۱۵ ضلعی در زمینه پنج ضلعی منتظم				


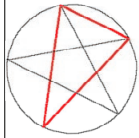

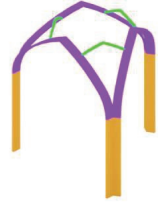

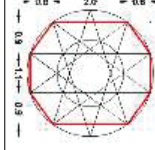
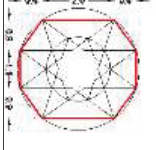






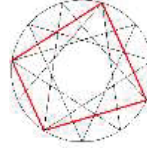




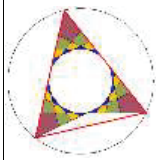

خطوط زمینه کاربردی - تویزه های کناری کاربردی - لنگه های کاربردی - ستون ها

جدول ۸. نمونه‌هایی از کاربردی‌های متداول در زمینه‌های نامنتظم هندسی دارای تقارن محوری

نام	نوع زمینه	عکس	پلان اولیه	پلان نهایی	سه بعدی
خانه میرزا احمد خان تاتین	زمینه مستطیل				
چهار سوق کلاهدوزان بازار تبریز	زمینه هشت و نیم هشت				

خطوط زمینه کاربردی - تویزه های کناری کاربردی - تویزه های میانی - لنگه های کاربردی - ستون ها

جدول ۹. نمونه‌هایی از کاربردی‌های غیر متداول در زمینه‌های نامنتظم هندسی دارای تقارن محوری و بدون تقارن محوری

نام	نوع و زمینه کاربردی	عکس	پلان اولیه	پلان نهایی	پرسپکتیو
مسجد جامع اردستان	کاربندی ۵ در زمینه سه ضلعی غیرمنتظم				
بازار حمام (چایخانه سنتی) وکیل کرمان	کاربندی ۱۰ ضلعی در زمینه نگینی				
دالان ورودی مسجد جامع اردستان	کاربندی ۱۱ در زمینه سه ضلعی غیرمنتظم				
مفصل ارتباطی مسجد جامع و بازار نجاران تبریز	کاربندی ۱۱ در زمینه دوزنقه				
یکی از مفصلات ارتباطی بازار اصفهان	کاربندی ۱۴ زمینه سه ضلعی غیرمنتظم				

				<p>کاربندی ۱۴ ضلعی در زمینه هشت ضلعی غیرمنتظم</p>	<p>سربینه حمام امیر سلطان احمد کاشان</p>
				<p>کاربندی ۱۶ ضلعی در زمینه کشکولی</p>	<p>قسمت مرکزی با شاه قیون کاشان</p>
<p>خطوط زمینه کاربندی — تویزه های کناری کاربندی — لنگه های کاربندی — ستون ها — باباریک — سنبوسه — ترنج</p>					

**توضیحات:** اکثر کاربندی‌ها روی زمینه‌های متقارن و منتظم هندسی همچون مربع، مستطیل و هشت ضلعی های متقارن یا در زمینه‌های با تعداد ضلع زوج به کار رفته‌اند (جدول ۶ و ۸). استفاده از کاربندی در زمینه‌های با تعداد اضلاع فرد زیاد متداول نیست اگرچه منتظم هم باشند (جدول ۷). استفاده از کاربندی در زمینه‌های چند ضلعی نامنتظم نیز ممکن است. برخی زمینه‌های نامنتظم نیز همچون کشکولی از امتداد دادن خطوط کاربندی در زمینه هشت و نیم هشت به دست می‌آیند (جدول ۳). همچنین در برخی مواقع از امتداد دادن خطوط کاربندی در زمینه منتظم، کاربندی در زمینه نامنتظم شکل می‌گیرد (جدول ۴)؛ اما در هر زمینه نامنتظمی کاربندی اجرا نمی‌شود. روش دیگر ترسیم کاربندی‌های در زمینه‌های هندسی نامتقارن استفاده از دایره محیطی است (جدول ۵ و ۹). کاربندی‌های ترسیم شده در این روش به گونه‌ای تصویر شده‌اند که گوشه‌های اضلاع کاربندی بر روی رئوس اضلاع زمینه جای می‌گیرند.

## تومار میرزا اکبر

روند طراحی بنایان عصر تیموری-ترکمانی نه بر محاسبات حسابی که بر مجموعه‌ای از ترسیمات تناسبی هندسی مبتنی بوده است. تومارهای تویقایی و تاشکند نیز این نتیجه را تأیید می‌کند (نجیب اوغلو، ۱۳۸۹، ۲۱۵). در اسناد تویقایی، نقشه نمای ساختمان کمتر مشاهده شده است و این حاکی از آن است که سنت معماری در سده نهم بیشتر متکی بر طراحی پلان ساختمان بوده است. معماران از همان نقشه‌ها می‌توانستند نماها را حین عملیات احداث بنا به دست آورند. برای نماها به احتمال بسیار به روش‌های هندسی الگوهایی به مقیاس واقعی روی زمین تهیه می‌کردند (نجیب اوغلو، ۱۳۸۹). ترسیمات میرزا اکبر در زمینه‌های غیر معمول غیرمنتظم به دو دسته تقسیم می‌شوند: (۱) زمینه‌هایی که تا حدودی نظم در بخش‌های مختلف آنها وجود دارد (جدول ۱۰، ۲) زمینه‌هایی که بسیار پیچیده هستند. پیچیدگی زمینه در نمونه‌های مورد استفاده تومار میرزا اکبر بسیار بیشتر از نمونه‌های موجود است. این بیانگر آن است که احتمالاً برخی از این نمونه‌ها الزاماً اجرا نشده‌اند یا تخریب شده‌اند. به دلیل تسلط بسیار بالایی که میرزا اکبر به هندسه داشته، نمونه‌های با هندسه پیچیده غیرمنتظم و غیر متداول ترسیم و اجرا نموده است (جدول ۱۱).

جدول ۱۰. قطعاتی از تومارهای میرزا اکبر در موزه ویکتوریا و آلبرت انگلیس دارای زمینه‌های منتظم هندسی

نام کاربردی	نوع زمینه	تصویر	پلان اولیه	پلان نهایی	مدل سه بعدی
کاربندی ضلعی ۱۰	زمینه پنج ضلعی منتظم				

جدول ۱۱. قطعاتی از تومارهای میرزا اکبر در موزه ویکتوریا و آلبرت انگلیس دارای زمینه‌های غیر معمول و نامنتظم هندسی

نام کاربردی	نوع زمینه	تصویر	پلان اولیه	پلان نهایی	مدل سه بعدی
کاربندی ضلعی ۸	زمینه پنج ضلعی غیرمنتظم				
کاربندی ضلعی ۱۰	شش ضلعی غیرمنتظم دارای تقارن محوری				
کاربندی ضلعی ۱۱	زمینه هفت ضلعی غیرمنتظم				
کاربندی اختری ۱۲ به ۴	زمینه هشت ضلعی غیرمنتظم				
کاربندی ضلعی ۱۳	زمینه هشت ضلعی غیرمنتظم				
کاربندی ضلعی ۱۴	شش ضلعی غیرمنتظم دارای تقارن محوری				

نام کاربردی	نوع زمینه	تصویر	پلان اولیه	پلان نهایی	مدل سه بعدی
کاربندی ۱۵ ضلعی	زمینه پنج ضلعی منتظم				
کاربندی ۱۷ ضلعی	زمینه ۹ ضلعی غیرمنتظم				
کاربندی ۲۰ ضلعی	زمینه ۴ ضلعی غیرمنتظم				

■ سنبوسه   
 ■ تریج ردیف ۳   
 ■ تریج ردیف ۲   
 ■ تریج ردیف ۱   
 ■ پاباریک   
 ■ لنگه های کاربردی   
 — خطوط زمینه کاربردی

**یافته‌ها و بحث:** بررسی‌ها آشکار کرد که کاربردی‌ها یا در زمینه‌های منتظم هندسی یا در زمینه‌های غیرمنتظم هندسی قابلیت اجرا دارند.

ترسیم کاربردی بر پایه هندسه زمینه عمدتاً روشی است که در ترسیم‌های افرادی همچون لرزاده، پیرنیا و بزرگمهری مورد استفاده قرار گرفته است. روش ترسیم در زمینه‌های نامنتظم هندسی بدون تقارن محوری نیز همانند روش ترسیم در زمینه‌های منتظم هندسی است؛ اما برای کاربردی‌هایی که تعداد اضلاع آنها فرد است، نمی‌توان از فرمول ذکر شده در کتاب بزرگمهری استفاده کرد.

روشی که برای پیاده‌سازی کاربردی‌ها در زمینه‌های نامنتظم هندسی بدون تقارن محوری همانند نمونه‌های مصور شده در تومار میرزا اکبر پیشنهاد می‌شود به صورت زیر است:

۱. ابتدا تعداد اضلاع کاربردی ترسیم شده با نگاه کردن به شمس کاربردی تشخیص داده می‌شود.
۲. مرحله بعد تقسیم دایره محیطی بر اساس تعداد ضلع کاربردی به قطاع مساوی می‌باشد.
۳. نقاط تقسیمی را بر اساس اینکه طول مستطیل مماس بر شمس کاربردی چه تعدادی از کمان‌های دایره را دربرمی‌گیرد، با وترهایی مساوی به هم وصل کرده تا هندسه کاربردی شکل گیرد.
۴. سپس برخی نقاط تقسیمی موجود بر روی دایره محیطی بر اساس شکل و تناسب ابعاد چندضلعی نامنتظم مورد نظر مصور شده به هم وصل می‌شوند.
۵. بخشی از وترهای دایره که بیرون زمینه یا در سوسنی قرار دارند، حذف می‌شوند. این روش عمدتاً برای ترسیم کاربردی‌ها در زمینه‌های نامنتظم پاسخگو است. در این مقاله به دلیل آنکه ترسیمات از پیش مشخص است لذا بر اساس ترسیماتی که استاد میرزا اکبر ارائه داده، ساختار شکل پیاده‌سازی شده است. این مقاله برای نخستین بار زمینه‌های غیرمنتظم تومار میرزا اکبر را مورد تحلیل قرار داد و چگونگی فرایند ترسیم آنها را آشکار ساخت.

نتایج بررسی نمونه‌های مطالعاتی نشان می‌دهد که در تمامی کاربردی‌ها رئوس چند ضلعی زمینه بر نقاط تقسیم دایره محیطی منطبق هستند. مرکز دایره محیطی و شمس کاربردی در وسط زمینه قرار می‌گیرند. در زمینه‌های منتظم دارای تقارن محوری تمامی اضلاع و زاویای چند ضلعی با هم برابر هستند؛ اما در

زمینه‌های نامنتظم هندسی ممکن است بین اندازه زوایا و اضلاع کاربندی رابطه ریاضی به‌خصوصی برقرار باشد که پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی مورد بررسی قرار گیرند. همچنین ممکن است با ترکیب انواع زمینه‌های کاربندی‌ها، نمونه‌های پیچیده‌تری به دست آید.

### نتیجه‌گیری

سه شیوه برای ترسیم کاربندی در زمینه چندضلعی‌های غیرمنتظم وجود دارد: (۱) امتداد اضلاع کاربندی در یک راستا (۲) امتداد اضلاع کاربندی در دو راستا (۳) اتصال نقاط تقسیم دایره بر اساس شکل زمینه و حذف برخی پایه‌ها (تعداد پایه‌ها و ارکان فضا در تناسبات متفاوت زمینه و نیز در تناسبات یکسان بسته به شکلی که برای فضا مدنظر می‌باشد تغییر می‌کند) (جدول ۱). در شیوه اول و دوم، با امتداد دادن اضلاع کاربندی اولیه در یک یا دو راستا انواع زمینه‌های غیرمنتظم دارای تقارن محوری همچون کشکولی، نگینی، چهارباهو (چلیپا)، هشت و نیم هشت به دست می‌آید. این دو شیوه بسیار پرکاربرد هستند.

کاربندی در زمینه‌های منتظم و غیرمنتظم هندسی قابل اجرا است. از بین آنها زمینه‌های با تعداد اضلاع زوج معمول هستند. زمینه‌های پرکاربردتر برای استقرار کاربندی عبارتند از: مربع، مستطیل، هشت، هشت و نیم هشت، چهارباهو و غیره (جدول ۶ و ۸). کاربندی‌های با تعداد اضلاع فرد اکثراً در زمینه‌های غیرمنتظم و به ندرت اجرا می‌شوند که یا نامتقارن بوده یا حداکثر در یک جهت متقارن هستند (جدول ۷ و ۹).

عمده ترسیمات کاربندی‌های میرزا اکبر دارای این ویژگی هستند که به شکل عملی اجرا شده‌اند. به زبانی دیگر بر اساس زمینه‌های موجود ترسیمات کاربندی انجام پذیرفته است. در حالی که در سایر ترسیمات ذکر شده در دیگر منابع نظم بیشتری وجود دارد. به عبارتی معمار عمدتاً پیش از اجرای کاربندی زمینه را با راهکارهای معماری منتظم و به زمینه معمول نزدیک کرده، سپس به اجرای آن پرداخته است. ترسیمات میرزا اکبر اکثراً دارای هندسه پیچیده بوده و در زمینه‌های نامنتظم هندسی غیر معمول پیاده‌سازی شده‌اند (جدول ۱۰ و ۱۱).

### پی‌نوشت

۱. تویزه: تیر خمیده که وظیفه انتقال کل بارهای پوشش را به ستون‌ها دارند.
۲. لنگه: قطعاتی که یک یا دو پای آنها بر روی پاکارتویزه، بر روی تویزه یا سایر لنگه‌های کاربندی قرار می‌گیرند. لنگه‌ها بیشتر نقش هدایت‌کننده و پخش‌کننده بار اصلی از تویزه‌ها به ستون‌ها و سایر عناصر را دارند.
۳. زمینه منتظم هندسی: به نابه هندسه اقلیدسی چند ضلعی منتظم به چند ضلعی گفته می‌شود که دارای اضلاع و زوایای برابر باشد.
۴. سوسنی: در کاربندی‌های رسمی کشیده برای رساندن کارها به شمسه یا خورشیدی وسط در زمینه کاربندی، به یک اندام واسطه‌ای نیاز است که روی آن کارهای یک پا و دو پا در هوا جای می‌گیرند. به این عضو سوسنی می‌گویند.

### فهرست منابع

- ~ آئینه‌چی، شهرزاد، ولی بیگ، نیما، و تهرانی، فرهاد (۱۳۹۸). مقایسه هندسه و روش ترسیم طاق کاربندی نمونه‌های مطالعاتی کاربندی‌های زمینه ۱۰، ۱۲، ۱۴ و ۱۶. مجله صفا، ۲۹(۸۴)، ۷۳-۹۱.
- ~ آئینه‌چی، شهرزاد، ولی بیگ، نیما، و تهرانی، فرهاد (۱۳۹۸). مطالعه مقایسه‌ای نسبت‌های عناصر کاربندی چهارده در گستره شیوه‌های ترسیم. دو فصلنامه علمی- ترویجی نگارینه هنر اسلامی، ۶ (۱۷)، ۳۴-۴۶.
- ~ آصفی، مازیار، نژاد ابراهیمی، احد، و امجد محمدی، امیر (۱۳۹۷). ارائه راهکار ترسیمی جهت طراحی نوآورانه کاربندی

- نمونه مطالعاتی: کاربردی‌های بازار تاریخی تبریز. دو فصلنامه علمی- پژوهشی مرمت و معماری ایران، ۱(۱۶)، ۱-۲۰.
- امجد محمدی، امیر (۱۳۹۶). پژوهشی در هندسه کاربردی‌های بازار تاریخی تبریز برای کاربردی‌ها در طراحی سطوح آزاد. پایان نامه کارشناسی ارشد معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز.
- بزرگمهری، زهره (۱۳۸۵). هندسه در معماری. تهران: میراث فرهنگی کشور و سبحان نور.
- پیرنیا، محمدکریم (۱۳۶۶). دستنامه معماری اسلامی پیرنیا. تهران: بی نا.
- پاپادوپولو، آلكساندر (۱۳۶۸). معماری اسلامی (مترجم: حشمت جزئی). تهران: رجاء.
- پوراحمدی، مجتبی، و سهرابی، مهدی (۱۳۹۸). طراحی کاربردی: مسأله تقسیم‌بندی زمینه از منظر ریاضی. فصلنامه پژوهش‌های معماری اسلامی، ۷(۲)، ۲۲-۴۰.
- ریحانی همدانی، حسن، صاحب محمدیان، منصور، افشین مهر، وحید، و بمانیان، محمدرضا (۱۳۹۷). تحلیل ریاضی کاربردی‌های ساده معماری ایران. مجله پژوهش‌های باستان‌شناسی ایران، ۸(۱۷)، ۲۰۱-۲۲۰.
- رئیس‌زاده، مهناز، و مفید، حسین (۱۳۷۴). احیای هنرهای از یادرفته: مبانی معماری سنتی در ایران به روایت استاد حسین لرزاده (چاپ دوم). تهران: مولی.
- رئیس، مهدی، بمانیان، محمد رضا، و تهرانی، فرهاد (۱۳۹۲). بازنگری در مفهوم کاربردی بر مبنای هندسه نظری، عملی و نقش ساختمانی، دو فصلنامه علمی- پژوهش مرمت و معماری ایران، ۳(۵)، ۳۳-۵۴.
- شعرباف، اصغر (۱۳۸۵). گره و کاربردی، سازمان میراث فرهنگی کشور. تهران: سبحان نور.
- شکیبا، مریم (۱۳۹۵). طراحی معماری حسینه مبتنی بر تأثیر کاربردی در نظام شکل یابی معماری قاجار کاشان. پایان نامه کارشناسی ارشد معماری، دانشکده معماری و هنر، دانشگاه کاشان.
- صاحب محمدیان، منصور، و فرامرزی، سینا (۱۳۹۰). گونه‌شناسی و تدوین ساختار هندسی کاربردی در معماری ایران. نشریه هنرهای زیبا- معماری و شهرسازی، ۴۸، ۹۷-۱۰۹.
- فرشچی، حمیدرضا، دانایی نیا، احمد، و اشرفی، احمد (۱۳۹۵). نظام هندسی زمینه‌های رسمی بندی یک پا، برگرفته از دایره محیطی. دو فصلنامه علمی- پژوهشی مرمت و معماری ایران، ۶(۱۲)، ۱۲۷-۱۳۸.
- گالدیری، اوژن (۱۳۷۸). مرمت گنبد‌های آجری، تجربه‌ای از ایران (مترجم: فرهاد تهرانی). مجله صفا، ۲۸، ۷۳-۷۷.
- معاریان، غلامحسین (۱۳۹۴). معماری ایران نیارش (تدوین: هادی صفایی پور). تهران: موسسه فرهنگی هنری نغمه نواندیش.
- نوایی، کامبیز، و حاجی قاسمی، کامبیز (۱۳۹۰). خشت و خیال: شرح معماری اسلامی ایران. تهران: سروش.
- نجیب اوغلو، گل رو (۱۳۸۹). هندسه و تزیین در معماری اسلامی (تومار توپکاپی) (مترجم: مهرداد قیومی بید هندی). تهران: روزنه.
- وبگاه الگو در هنر اسلامی: <https://patterninislamicart.com/drawings-diagrams-analyses>; mirza-akbar-architectural-scrolls/ma.۳۵
- ویلبر، دونالد (۱۳۶۵). معماری اسلامی ایران در دوره ایلخانان (مترجم: عبدالله فریار). تهران: علمی و فرهنگی.
- Ainechi, S. H., Valibeig, N., & Tehrani, F. (2019). Karbandies' Traditional Construction Technique in Tabriz and Isfahan. *International Journal of Architectural Heritage Conservation, Analysis, and Restoration*, 14(9), 2-19.
- Amjad Mohammadi, A., Asefi, M., & Nejad Ebrahimi, A. (2018). The Geometrical Regularization for Covering Irregular Bases with Karbandi. *Nexus Network Journal*, 20 (2), 331-352.
- Amjad Mohammadi, A., Nejad Ebrahimi, A., & Shahbazi, Y. (2019). Geometric design of a masonry lattice space dome titled karbandi in Persian architecture. *International journal of space structures*, 34(1-2), 22-39.
- Pour Ahmadi, M. (2014). *A Basic Method for Naming Persian Karbandis Using a Set of Numbers*. *Nexus Network Journal*, 16(2), 313-343.

## Theoretical Geometry of Special Karbandies in Uncommon Bases (With a Focus on the Mirza Akbar Scrolls)

**Shahrzad Ainechi**

Assistant professor, Department of Architectural and Urban Conservation, Restoration and Conservation Faculty,  
Art University of Isfahan, Isfahan, Iran

**Nima Valibeig**

Assistant professor, Department of Architectural and Urban Conservation, Restoration and Conservation Faculty,  
Art University of Isfahan, Isfahan, Iran (Corresponding Author)

**Farhad Tehrani**

Associate Professor, Department of Architecture, Faculty of Architecture and Urban Planning, Shahid Beheshti University,  
Tehran, Iran

### Abstract

The main feature of karbandies is the precise geometry and the particular graphic rules in their design and implementation. Different types of karbandies are defined based on their drawing method. Karbandies are used in the regular and unconstrained geometric fields. The pairing method is among the commonly used methods. A close connection between the "design geometry" and "proportions and dimensions of the base of execution" is required to draw the applied geometry in a particular base. Sometimes, the shape of the base is not obtained from the combination of a square and a rectangle. These bases are uncommon and are rarely seen. Under certain conditions and according to the application, the geometry of the karbandi can be implemented on unusual geometric bases and with irregular sides. Several books and papers are published on the geometry of all sorts of karbandies. In almost all of these studies, the usual and regular geometry applied in karbandies has been studied. In this paper, the use of unusual and irregular bases in karbandies has been reviewed. For this purpose, first, the bases of karbandies are categorized, then the data collection about the real instances of irregular bases has been carried out through direct observation and field survey. Also, by using library documents, some samples from Mirza Akbar's scrolls have been drawn. Finally, the geometric system of the samples has been implemented in a 3D modeling software. The magnificent collections of Iranian art at the Victoria and Albert Museum (V&A) include the unique archive of nineteenth-century architectural drawings associated with Mirza Akbar's scrolls. The drawings in the scrolls present a variety of structural and decorative ideas in Qajar architecture, and also reveal how design methods were used in practice at the time. The purpose of this research is to determine the geometry of karbandies with irregular bases from the perspective of the form of the base plan (theoretical geometry). This unique document of Iranian architecture is the "Mirza Akbar (architect of the Qajar period) Scrolls". The horizontal and vertical geometry rules of this document are comprehensive, but the application methods of these geometry rules in practice is not determined. There are some examples of unusual and irregular bases of karbandies in these scrolls. The findings of this study indicate that the number of the sides is the most important aspect in distinguishing these applications from the rest of the karbandies. Also, factors such as the number of karbandi's sides, connection distances, base shape, etc., are important in determining the design method of karbandies. There are three methods to draw karbandi in the bases of irregular polygons: 1) Extending the sides of the work in one direction, 2) Extending the sides of the work in two directions, 3) Connecting the circle splitting points based on the shape of the base and removing some of the bases (the number of bases and the elements of space varies according to the different proportions in the bases. In case of similarity of proportions in the bases, the number of bases varies according to the intended shape for space). While most architects approach the regular architectural solutions on the usual bases to design karbandies before implementation, Mirza Akbar's drawings follow complex geometry and are implemented in irregular geometry and unusual bases.

**Keywords:** Theoretical geometry, Karbandi, unusual bases, Mirza Akbar Scrolls