

۵ و ۷ یا پنج او هفت؟ بیان هندسی در ساختار قوس‌های پرگاری ایران و رفع ابهام موجود در نام و ترسیم یکی از دورهای معروف

حجت گلچین

عضو هیئت علمی دانشکده هنر و معماری دانشگاه شهید باهنر کرمان
Golchin_hojat@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۱/۲۲

تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۱/۱۵

چکیده

یکی از قوس‌های رایج در معماری که به سبب زیبایی و فراگیر بودن آن در نقاط مختلف فلات ایران در منابع آموزشی و درسی امروز مورد توجه قرار گرفته است، قوس یا دور «پنج او هفت» است که روایات مختلف و بعضاً متناقضی از شیوه ترسیم آن بیان شده است. از جمله معروف‌ترین و مهم‌ترین این روایات - که به‌ویژه در حوزه منابع درسی و آکادمیک به عنوان مأخذ به آن استناد می‌شود - تعبیری است که اساس هندسی قوس را بی‌ارتباط با اعداد ۵ و ۷ می‌داند. در حالی که روایات دیگری ترسیم این قوس را مرتبط با نسبت این قوس با این اعداد بیان دانسته‌اند. این مقاله سعی دارد با تبیین ساختار قوس‌های پرگاری و به طور اخص قوس‌های چهارپرگاری متداول در ایران زمین و تحلیل ریاضی ساختار آنها، در مورد روایات مختلف ترسیم قوس پنج او هفت، ضمن در نظر گرفتن ویژگی‌های ترسیم ریسمانی قوس در مقیاس واقعی، وجود نسبت اعداد ۵ و ۷ را در ساختار این قوس معروف ایرانی به اثبات برساند.

واژه‌های کلیدی

قوس‌های چهارپرگاری، پنج او هفت، پنج و هفت، ساختار هندسی، محمدکریم پیرنیا، مراکز دور و نزدیک.

با فراموش شدن تدریجی سنت‌ها، تجارب، و فونوی که در نظام استاد - شاگردی سینه به سینه جریان اصیل معماری ایران را طی قرن‌ها تداوم و تکامل می‌بخشید، برخی معماران و پژوهشگران بر آن شدند تا در جهت بازخوانی، احیا و یادآوری این سنت‌ها و انتقال آن به نسل آینده تلاش کنند. تشکیل سازمان ملی حفاظت آثار باستانی در میانه دهه ۱۳۴۰ خورشیدی و اوج فعالیت‌های آن در دهه ۱۳۵۰، فرصتی مغتنم بود برای برخی مهندسان و کارشناسان تحصیل کرده تا ضمن بررسی جدی‌تر و عمیق‌تر ابنیه تاریخی، از محضر آخرین نسل استادکاران سنتی معماری ایران نیز بهره‌مند شوند. از جمله این پژوهشگران که ضمن همکاری با سازمان مزبور، در دانشگاه نیز تدریس می‌کرد، محمدکریم پیرنیا بود. اگر چه معدودی از پیشکسوتان این عرصه مانند حسین لرزاده که خود از آخرین یادگاران نظام استاد - شاگردی در معماری این سرزمین بودند نیز این ضرورت را دریافته بودند و مطالبی که بیان کرده اند بی شک از نظر اصالت و سندیت جایگاه ممتازی در میان اندک مدارک موجود دارد، لیکن حضور پیرنیا در بطن حوزه آموزش آکادمیک معماری از حیث میزان تأثیرگذاری و امکان آموزش سیستماتیک، اهمیت ویژه‌ای پیدا می‌کند. از سوی دیگر تقدم حضور پیرنیا در دانشگاه نسبت به دیگران، به نوعی، دیگر محققان و کارشناسان این حوزه را از ایشان متأثر کرده است.

یکی از مهم‌ترین مطالبی که در این فرآیند از دیدگاه پیرنیا بیان شده، مبحث طاق‌ها و قوس‌هاست که علاوه بر جزوات درسی دهه ۱۳۵۰ دانشکده هنرهای زیبا و سایر مطالب پراکنده در درسگفتارها، کרוکی‌ها و دست‌نوشته‌ها (پیرنیا، ۱۳۷۸: ۱۰۴) به طور جداگانه و به تفصیل در شماره ۲۴ مجله اثر تدوین شده است. بازچاپ این شماره همراه شماره دیگری (اثر شماره ۲۰) که به مبحث گنبدها می‌پردازد در سال ۱۳۹۰، خود نشان از اهمیت آن در حوزه منابع درسی و آموزشی دارد. از جمله مباحث مهم مطرحه در این منبع، ترسیم و تحلیل ساختار هندسی یکی از دوره‌های معروف معماری ایران به نام قوس «پنج او هفت» است که در میان دانشجویان و پژوهشگران همواره به عنوان روایتی مهم و معتبر شناخته شده است.

با مروری بر پیشینه مطالعاتی این حوزه، به روش‌ها و روایات مختلفی بر می‌خوریم که بعضاً متناقض هستند و مصداق اصلی این تناقض در روایت مرحوم پیرنیا از این قوس معروف است که ساختار هندسی آن را بی ارتباط با اعداد ۵ و ۷ می‌داند (پیرنیا، ۱۳۷۳: ۱۸). او ضمن خطا دانستن مفهوم عددی نام این قوس، روش‌هایی را بر اساس ترسیم پرگاری یا تداخل دو بیضی ارائه می‌دهد (همان: ۱۸؛ پیرنیا، ۱۳۷۸: ۱۰۲). سایر تقریرات و مطالبی

که برخی شاگردان و محققان از سخنان و آموزه‌های ایشان گرد آورده یا بر اساس آن بیان کرده اند نیز کم و بیش بیان همین مطالب است و اینکه نام این قوس برگرفته از دو واژه «پنجره» و «اوهفتن» (پوشاندن) است (میرلطیفی، ۱۳۸۴: ۸۱). سید علیرضا جذبی در ضمیمه‌ای که بر ترجمه رساله تاق و ازج جمشید کاشانی منتشر کرده است، بدون اظهار نظر در رد یا تأیید نسبت ۵ و ۷، چند روش ترسیم را با نام «پنج او هفت» و به عنوان مشهورترین قوس ایرانی از قول معماران و استادکاران روایت کرده که برخی بر تقسیمات ۵ و ۷ و برخی بر نسبت‌های اصم پرگاری در تقسیم بندی مبتنی است (کاشانی، ۱۳۶۶: ۶۱) و این در حالی است که در متن رساله جمشید کاشانی از قرن نهم هجری، روایتی از ترسیم این قوس دیده نمی‌شود. حسین زمرشیدی نیز در کتاب طاق و قوس در معماری ایران چند روش ترسیم را با تعبیر «پنج و هفت» روایت کرده و در مورد ساختار هندسی قوس رویکردی مشابه علیرضا جذبی دارد (زمرشیدی، ۱۳۷۳: ۱۷۲). از سوی دیگر لرزاده در تعبیری متفاوت‌تر این قوس را به نام «هفت دو پنج» روایت کرده و اساس ترسیم را با رویکرد جدی‌تری نسبت به اعداد در تقسیمات و مکان‌یابی مراکز قوس یا به تعبیر ایشان مرکز اول و دوم بیان کرده است (رئیس‌زاده و مفید، ۱۳۷۴: ۹؛ لرزاده، ۱۳۵۸: ۱۴). این رویه در روایت استاد محمود ماهرالنقش نیز با همان شیوه ترسیم لرزاده مشهود است و اگر چه ماهرالنقش آن را با عنوان «شبدری سه و پنج» معرفی کرده است! لیکن همان تقسیمات و نسبت‌های لرزاده را اساس ترسیم می‌داند (ماهرالنقش، ۱۳۵۱: ۲۳۸). افزون بر این، لرزاده تنها کسی است که به طور واضح مفهوم هندسه عملی مرکز اول و دوم (مرکز نزدیک و دور به تعبیر مقاله حاضر) را با تعبیر «ریسمان آزاد» و «ریسمان ثابت» در رسم ریسمانی دورها مد نظر قرار داده است (رئیس‌زاده و مفید، ۱۳۷۴: ۲۸). این در حالی است که به طور کلی در منابع موجود به‌ندرت اصول و قواعد تعمیم‌پذیری که بتوان ساختمان هندسی دوره‌های ایرانی را براساس آن توضیح داد، بیان شده و فقط به طور پراکنده ترسیم مجموعه‌ای از قوس‌ها با اسامی منتسب به آنها ارائه شده است.

در این مقاله ضمن تبیین ساختار هندسی قوس‌های چهارپرگاری ایران، اساس ترسیم قوس در مقیاس واقعی و اصول هندسه عملی در کارکرد ریسمان با مراکز دور و نزدیک توضیح داده شده است و روایات مختلف ترسیم قوس پنج او هفت بر همین اساس (دستگاه میخ و ریسمان به تعبیر مقاله حاضر) بیان شده اند. در ادامه، این پژوهش می‌کوشد تا با قیاس و تحلیل ریاضی روایات مزبور ضمن مد نظر قرار دادن میزان دقت و خطا در رسم ریسمانی قوس بر روی زمین، وجود نسبت اعداد ۵ و ۷ را در ساختار هندسی این

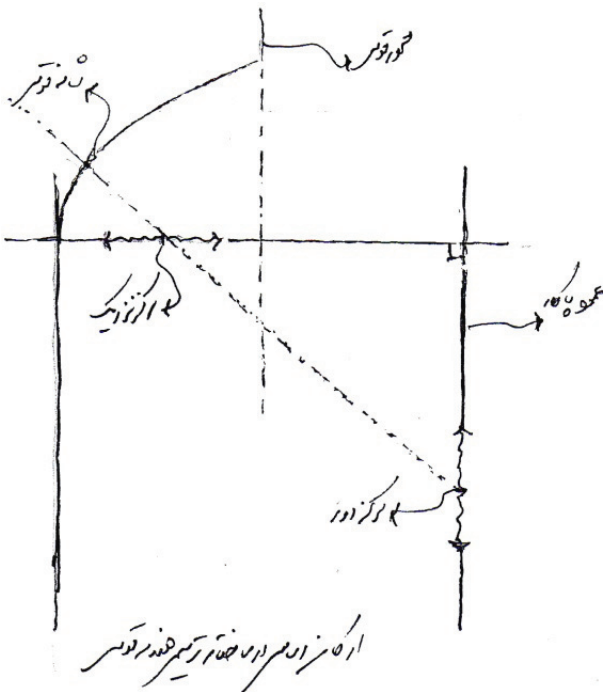
قوس تحقیق کند و به اثبات برساند و پرده از ابهامی که در نام و ترسیم این قوس معروف ایرانی وجود دارد، بردارد.

قوس‌های چهارپرگاری و دستگاه میخ و ریسمان

همچنان که از نام این قوس‌ها برمی‌آید، ساختار هندسی آن‌ها متشکل از چهار کمان است که به صورت قرینه در طرفین محور تقارن، قوسی تیزه‌دار را پدید می‌آورند. بدیهی است که از نظر هندسی این چهار کمان متناظر چهار مرکز هستند که آنها نیز دو به دو مختصاتی قرینه نسبت به محور تقارن قوس (محور قوس) دارند. بنا بر این اگر این قوس‌ها را چهارمرکزی (Four centred arches) (اسمیت، ۱۳۸۰: ۱۶۴) نیز بنامیم، درست گفته ایم. در نگاهی دقیق‌تر به فرم این قوس‌ها در می‌یابیم که اگر به جای ۴ کمان (مرکز) ۲ یا ۶ کمان نیز به همین ترتیب در طرفین محور قوس قرار گیرند، به فرمی مشابه خواهیم رسید. از این رو در عبارتی کامل‌تر و جامع‌تر می‌توان واژه «زوج پرگاری»^۲ را به جای چهارپرگاری برای بیان هندسه قوس‌های تیزه‌دار (pointed arches) به کار برد. چرا که اگر تعداد کمان‌ها در فرم متقارن یک قوس زوج باشد، رأس قوس محل تلاقی دو کمان و تیزه قوس خواهد بود (تصویر ۱). در حالی که اگر تعداد کمان‌ها در همین شرایط، فرد باشد، (مثلاً در قوس سه‌پرگاری) وجود یک کمان در رأس قوس، ساختاری بدون تیزه را پدید می‌آورد که در منابع انگلیسی، «oval arches» (قوس تخم مرغی)^۳ خوانده می‌شود (تصویر ۱).

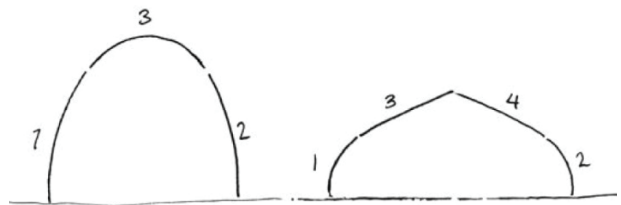
رواج اصطلاحاتی چون تیزه‌دار، مازه‌دار، جناغی، تند، کند، باربر و غیرباربر، اسلامی، پیش از اسلام، مغولی، و... که بارها و بارها در منابع مختلف خوانده ایم و شنیده ایم، خود شاهدی آشکار بر این مدعاست. در اندک مواردی هم که تعبیری مورد اجماع باشد در لابلای روش‌های ترسیم پراکنده و بی‌هدف و تعاریف و نام‌های متفاوت و متناقض، از یاد پژوهشگر و دانشجو می‌رود. بنا بر این اگر چه موضوع این مقاله دسته‌بندی و تعریف قوس‌های ایرانی نیست، لیکن ارائه مفهوم فردپرگاری و زوج‌پرگاری در بیان هندسه قوس‌های چهارپرگاری ضروری است.

با مطالعه روش‌ها و روایات موجود در ترسیم قوس‌ها، می‌توان ساختار هندسی قوس‌های چهارپرگاری را مطابق شکل بر اساس مراکز دور و نزدیک، دهانه قوس و محور قوس (عمود منصف دهانه) تعبیر کرده و توضیح داد (تصویر ۲).



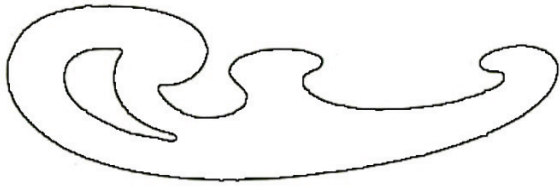
تصویر ۲. اساس هندسی قوس‌های چهارپرگاری و محل تغییر مکان رایج مراکز دور و نزدیک (ترسیم از نگارنده).

بدیهی است که در یک دهانه ثابت، این تغییر مکان مراکز دور و نزدیک است که اشکال مختلف و متنوع قوس‌ها را پدید می‌آورد و صورت رایج این تغییر مکان برای مرکز نزدیک معمولاً روی خط دهانه و برای مرکز دور بیشتر روی خط عمود پاکارهاست (تصویر ۲). در این میان، محل تحویل دو کمان در طرفین محور قوس (شانه) در پیوند با مراکز دور و نزدیک اهمیتی ویژه در هندسه



تصویر ۱. بیان هندسی قوس‌های تیزه‌دار و بدون تیزه. سمت راست، قوس چهار (زوج) پرگاری. سمت چپ، قوس سه (فرد) پرگاری (ترسیم از نگارنده).

طرح این موضوع در آغاز بحث از این رو ضرورت دارد که همین مطالب به ظاهر ساده و بدیهی، یکی از ارکان اصلی و اصول تعمیم‌پذیر در تعریف و دسته‌بندی قوس‌های ایرانی است که به‌ندرت واضح و تعیین‌کننده مطرح شده است. به همین علت اکثر منابع موجود در این حوزه، به جای اینکه ذات و ماهیت اصلی فرم و ساختار قوس یعنی هندسه را مبنای تعاریف و دسته‌بندی قرار دهند، برخی ویژگی‌های ظاهری یا ساختاری یا تاریخی را عنوان کرده‌اند که اکثراً تفسیرپذیر یا نسبی و مشکوک هستند.



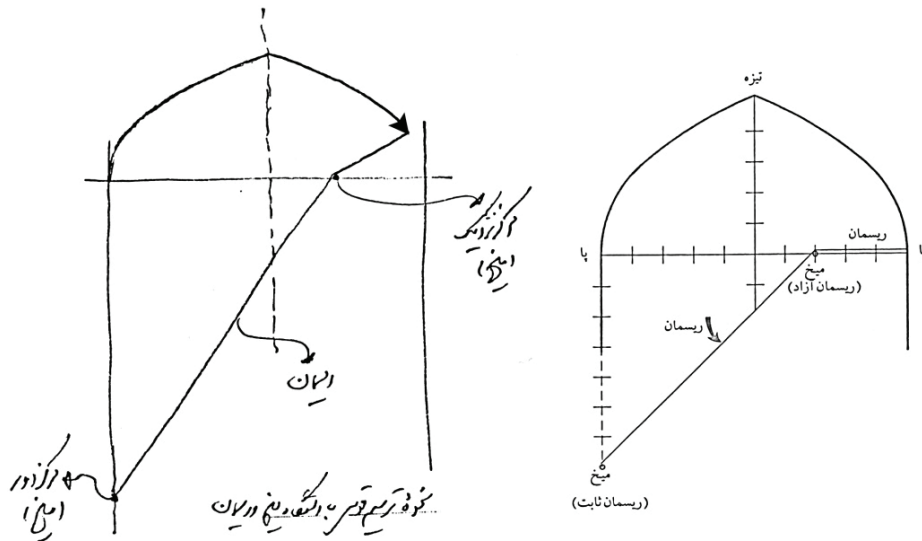
تصویر ۳. پیستوله نقشه‌کشی، نمونه‌ای از توالی کمان‌های مماس با شعاع‌های مختلف (ترسیم: نگارنده).

این اصل ریاضی در هنگام ترسیم قوس در مقیاس واقعی، در فرآیندی محقق می‌شود که آن را «دستگاه میخ و ریسمان» می‌نامیم. به این ترتیب که در یک لحظه یعنی درست زمانی که ریسمان در امتداد دو مرکز (دو میخ) قرار می‌گیرد، خود به خود از میخ مرکز نزدیک آزاد و مابقی قوس به مرکز دور کمان رسم می‌شود. نگارنده در هنگام ترسیم ریسمانی با دانشجویان، به طور اتفاقی این فرآیند را برعکس و از تیزه به سمت پایین امتحان کرده است. به این ترتیب که بعد از به دست آوردن طول ریسمان که مطابق شکل، عبارت از فاصله دو مرکز به علاوه فاصله مرکز نزدیک تا پاکار است، ریسمان را تا محل تلاقی با عمود منصف (محور قوس) کشیده و سپس ترسیم را از تیزه قوس شروع می‌کنیم. در نتیجه در مسیر ترسیم قوس به سمت پایین، باز هم در همان لحظه‌ای که ریسمان در امتداد دو میخ قرار می‌گیرد، خود به خود به دور میخ مرکز نزدیک افتاده و مابقی قوس تا پاکار، حول این مرکز ترسیم می‌شود (تصویر ۴). نکته مهم در فرآیند ترسیم با دستگاه میخ و ریسمان این است که قوس با کمترین زمان و با یک حرکت ضمن اجرای صحیح و یکدست در مقیاس واقعی حاصل می‌شود و خود حکایتی است از تجربه و پختگی استادکاران و بنایان که صدها سال در نهایت سادگی این روش را آزموده‌اند. پس از شرح ساختار ترسیمی و هندسی قوس‌های چهارپیرگاری، ذکر این نکته ضرورت می‌یابد، که به هیچ وجه نمی‌توان به صرف دیدن تصویر یک طاق یا حتی مشاهده واقعی آن، در مورد روش ترسیم و نام قوس به‌کاررفته در آن اظهار نظر کرد. مگر اینکه قوس مذکور در محل، نقطه به نقطه به صورت دقیق برداشت شده و بعد از پیاده کردن این نقاط با مقیاس منطقی و متصل کردن آنها به یکدیگر شکل قوس به صورت مستند بر روی کاغذ ترسیم شود. در این صورت اگر قوسی با همین دهانه و همین مقیاس با قوس برداشت‌شده، منطبق شود یا اینکه خطای آن با توجه به مقیاس ناچیز باشد، می‌توان نام و روش ترسیم آن را به قوس مذکور نسبت داد (تصویر ۵). اگرچه نظر معدودی از استادکاران چیره‌دست در این مورد را می‌توان تا اندازه‌ای محترم شمرد، لیکن با مطالعه منابع موجود درمی‌یابیم که اتفاقاً استادانی چون لرزاده

قوس پیدا می‌کند که در بین مطالعات انجام‌شده، مرحوم لرزاده این اهمیت را با تعابیر مرکز اول و مرکز دوم و شانه قوس متذکر شده و در ترسیم «دوره‌های ریسمانی» در بیان هندسه عملی قوس به مفهوم کاربردی (practical) آن با تعابیر «ریسمان ثابت و ریسمان آزاد» اشاره کرده است (لرزاده، ۱۳۵۸: ۱۴؛ رئیس‌زاده و مفید، ۱۳۷۴: ۲۸). این مطلب مهم که در ادامه در قالب یک اصل ریاضی بیان خواهد شد، به‌ندرت در مطالعات و منابع موجود به صورت تعیین‌کننده بیان شده و در ترسیم قوس‌ها نیز به جای آنکه شانه و مراکز قوس با ویژگی‌های تعمیم‌پذیر به عنوان اساس ترسیم هندسی، راهنما و یادآور مبانی هندسی قوس‌ها باشند، بدون هیچ تأکیدی و هم‌ارز سایر نقاط و تقسیمات دیگر با علائم انتزاعی حروف انگلیسی یا فارسی، شخصیت و ماهیت هندسی خود را در بین علائم دیگر گم کرده‌اند. در نتیجه اکثر مطالعات مذکور به جای بیان ساختار هندسی ترسیم قوس‌ها عملاً مجموعه‌ای از دستورالعمل‌های ترسیم را به طور پراکنده و بی‌هدف با اسامی و تعابیر بعضاً متفاوت و متناقض ارائه می‌کنند. اگر چه این رویه در قدیمی‌ترین منبع موجود ترسیم قوس‌ها یعنی رساله تاق و ازج جمشید کاشانی نیز دیده می‌شود (کاشانی، ۱۳۶۶: ۲۴). لیکن در ارزیابی آن رساله باید آن را به مثابه یک اثر ریاضی و از منظر یک ریاضیدان دید. در این صورت مفهوم هندسی نقاط از نظر تعاریف ریاضی، یکسان و هم‌ارز بوده و روش کاشانی در علامت‌گذاری نقاط، قابل توجیه است. ولی در توضیح ساختار هندسی یک قوس، ارزش نقاط از منظر هندسه عملی و کاربردی اهمیت می‌یابد.

دستگاه میخ و ریسمان و ترسیم قوس در مقیاس واقعی

همان‌طور که پیشتر نیز اشاره شد، محل تحویل دو کمان در قوس، نقطه‌ای تعیین‌کننده است. چرا که در این مرحله از ترسیم، مرکز قوس از نقطه‌ای به نقطه دیگر منتقل شده و دو کمان با دو شعاع مختلف در امتداد یکدیگر مماس می‌شوند به گونه‌ای که منحنی قوس بدون اینکه پایان کمان اول و آغاز کمان دوم را فاش سازد، از تیزه تا پاکار به صورت یکدست ترسیم می‌شود و این مهم امکان‌پذیر نیست مگر اینکه مرکز نزدیک، مرکز دور، و محل تحویل دو کمان در یک راستا قرار گیرند. در غیر این صورت به قول مرحوم لرزاده «قوس، پله می‌کند». (رئیس‌زاده و مفید، ۱۳۷۴: ۲۸). در ساخت ابزار «پیستوله» نیز مشابه این فرآیند، مجموعه‌ای از کمان‌ها با شعاع‌های مختلف به صورت متواتر در امتداد هم بدون هیچ‌گونه شکستگی مماس می‌شوند و این نیز مصداق همین اصل است که مانند ساختار قوس‌های ایرانی برای هر دو کمان پشت سر هم عینیت می‌یابد^۴ (تصویر ۳).



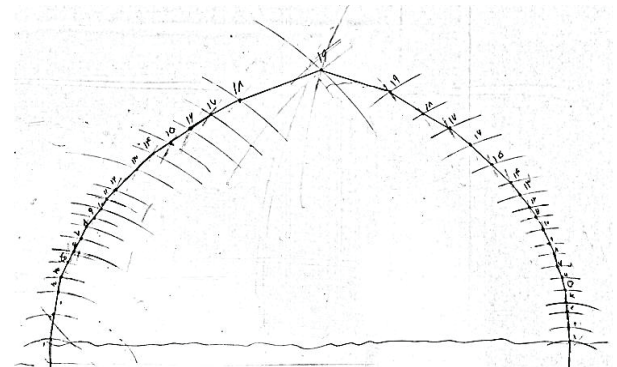
تصویر ۴. دستگاه میخ و رسمان، تحقق هندسه عملی در کارکرد رسمان با مراکز دور و نزدیک، سمت راست (مأخذ: رئیس‌زاده و مفید، ۱۳۷۴، ۲۸) سمت چپ (ترسیم: نگارنده).

همانگونه که قبلاً اشاراتی شد، تناقض اصلی در بیان مفهوم هندسی و ترسیم این قوس، بیشتر در مورد عقیده‌ای است که اساس هندسی و ترسیم قوس را بی‌ارتباط با ۵ و ۷ می‌داند. اگر روایات موجود و مکتوب را در این مورد مرور کنیم، به طور کلی هفت روایت از شیوه ترسیم این دور ایرانی می‌توان پیدا کرد که بیشتر آنها مشترکاً از دو یا چند راوی نقل شده‌اند. چهار روایت ساختار قوس را چهارپرگاری، دو روایت آن را شش‌پرگاری و یک روایت نیز هندسه قوس را مبتنی بر تداخل دو بیضی بیان کرده است. در این بخش از مقاله ساختار هندسی هر روایت را بررسی و تحلیل می‌کنیم:

روایت اول: در این شیوه، مطابق شکل مرکز نزدیک به مقدار ۷ قسمت از ۱۰ قسمت روی دهانه (دومین قسمت از محور قوس) اختیار شده و مرکز دور نیز به فاصله ۷ قسمت پایین پاکار قرار می‌گیرد. با توجه به شکل، اعداد ۵ و ۷ را می‌توان در نسبت فاصله مرکز دور و نصف دهانه و یا به تعبیری، نصف دهانه و فاصله مرکز نزدیک از پاکار به‌وضوح دید. البته ماهرالنقش فاصله مرکز نزدیک را از پاکار نزدیکتر یعنی ۳ واحد (به جای ۷ واحد که از پاکار دورتر فاصله دارد) گرفته و به نام سه و پنج خوانده است. این شیوه را لرزاده «۷،۲،۵» (هفت، دو، پنج)، (رئیس‌زاده و مفید، ۱۳۷۴: ۹)، جذبی، «پنج او هفت» (کاشانی، ۱۳۶۶: ۶۲) و ماهرالنقش، «شیدری سه و پنج» (ماهرالنقش، ۱۳۵۱: ۲۳۸) نامیده است (تصویر ۶).

روایت دوم: در این روش مرکز نزدیک به اندازه ۵ قسمت از ۷ قسمت دهانه مطابق شکل اختیار شده و مرکز دور نیز به فاصله ۷

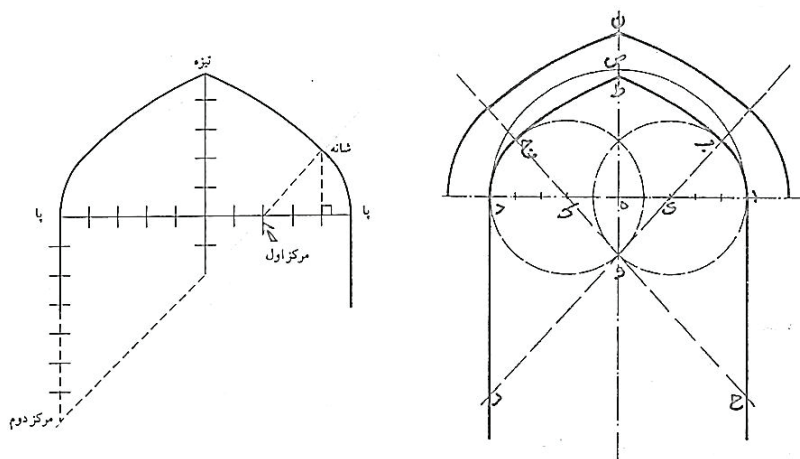
و ماهرالنقش و شعرابف کمتر چنین اظهار نظرهایی کرده‌اند در حالی که در برخی منابع بدون ارائه هیچ سندی از رولوه قوس و تنها با ارائه یک عکس، صراحتاً نام و شیوه ترسیم قوس را به آن نسبت داده‌اند.^۵



تصویر ۵. نمونه‌ای از برداشت قوس از طریق مثلث‌بندی به‌منظور آزمون کردن ساختار هندسی قوس از طریق انطباق (ترسیم: اسدالله خادم، کریم نیکبخت، شبنم قاسم‌پور).

پنج او هفت یا ۵ و ۷

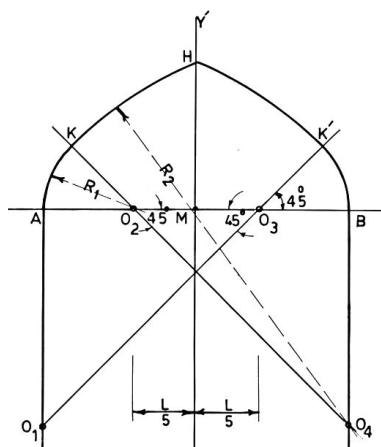
بعد از بیان هندسه و ساختار ترسیمی قوس‌های چهارپرگاری و اشاره به تفاوت و تناقض نام و ترسیم برخی قوس‌ها در روایات مختلف - که به عقیده نگارنده نتیجه مستقیم عدم ارائه مبانی و اصول دقیق و شفاف در تبیین و تعریف ساختار هندسی انواع قوس‌های ایرانی است - به یکی از معروف‌ترین مصادیق این موضوع یعنی قوس «پنج او هفت» که در منابع و روایات مختلف و متفاوتی ذکر شده است، می‌پردازیم.



تصویر ۶ دو نمونه از ترسیم قوس با استفاده از تقسیم دهانه به ده قسمت (نصف دهانه به پنج قسمت). سمت راست: از سیدعلیرضا جذبی در ضمیمه ترجمه رساله تاق و ازج (مأخذ: کاشانی، ۱۳۶۶، ۶۳). سمت چپ به روایت لرزاده (مأخذ: رئیس‌زاده و مفید، ۱۳۷۴، ۲۸).

قسمت پایین پاکار در نظر گرفته می‌شود. به روایت زمرشیدی این قوس به نام «پنج و هفت معمولی» خوانده شده است (زمرشیدی، ۱۳۷۳: ۱۷۶) (تصویر ۷). نام «پنج و هفت تند» معرفی کرده است (همان: ۱۷۲) (تصویر ۸).

نسبت ۴۵° نسبت به خط دهانه از محل مرکز نزدیک و از تلاقی آن (خط مرکزین) با عمود پاکار به دست می‌آید. زمرشیدی آن را به نام «پنج و هفت تند» معرفی کرده است (همان: ۱۷۲) (تصویر ۸).

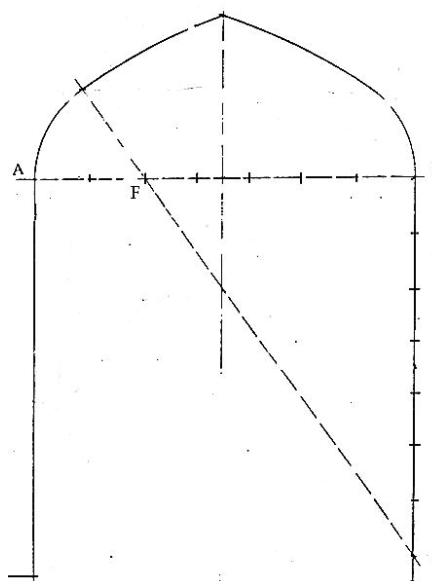


تصویر ۸ روایتی دیگر از ترسیم قوس پنج و هفت با استفاده از زاویه ۴۵ درجه و نسبت ۱ به ۵ از دهانه (مأخذ: زمرشیدی، ۱۳۷۳: ۱۷۲).

در این صورت خواهیم داشت:

$$\frac{L}{5} + \frac{L}{2} = \frac{(5L+2L)}{10} = \frac{7L}{10} = \frac{7}{10}L$$

به این ترتیب، این روایت همان روایت اول است که زمرشیدی به گونه‌ای دیگر تعبیر کرده است. یعنی در این شیوه هم خواهیم داشت:



تصویر ۷. ترسیم قوس با تقسیمات هفت‌گانه دهانه. مرکز دور به فاصله اندازه دهانه زیر پاکار قرار دارد (مأخذ: زمرشیدی، ۱۳۷۳: ۱۷۶).

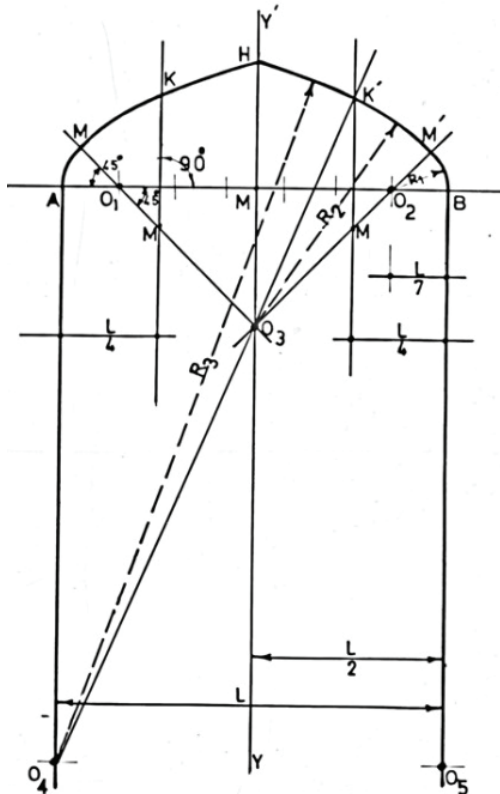
روایت سوم: در این شیوه مراکز نزدیک به فاصله ۱/۵ دهانه از محور قوس قرار دارند و مرکز دور ضمن ترسیم خطی با زاویه

$$\frac{AO_7}{AB} = \frac{\gamma}{10}$$

$$\sqrt{2}a = 1.41a \rightarrow \frac{\sqrt{2}}{\gamma}a = 0.7a = \frac{\gamma}{10}a$$

چنانکه معلوم است، در این روایت نیز دهانه با همان نسبت ۷ و ۱۰ تعبیر می‌شود.

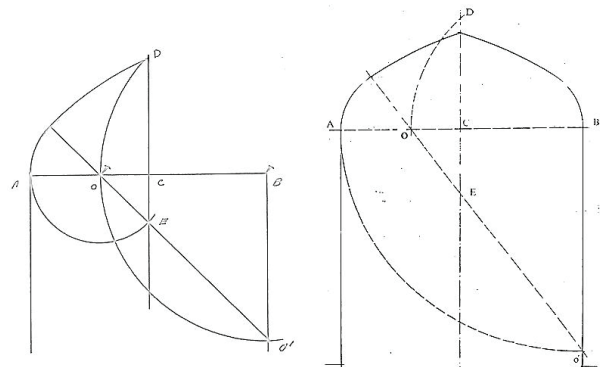
روایت پنجم: در روایت دیگری از زمرشیدی (زمرشیدی، ۱۳۷۳: ۱۸۰) قوس با ۶ کمان یا به عبارتی به صورت شش‌پرگاری ترسیم می‌شود. او با تقسیم دهانه به ۷ قسمت قوس را به نام «پنج و هفت کند» معرفی می‌کند. مطابق شکل در این روایت فاصله بین دو مرکز نزدیک با توجه به موقعیت آنها ۵ قسمت از دهانه ۷ قسمتی است (تصویر ۱۰).



تصویر ۱۰. روایتی دیگر از قوس پنج و هفت به صورت شش‌پرگاری با تقسیمات هفتگانه دهانه (مأخذ: زمرشیدی، ۱۳۷۳، ۱۸۰).

روایت ششم: این روایت نیز مانند روایت پنجم ساختار قوس را به صورت شش‌پرگاری معرفی می‌کند. سیدعلیرضا جذبی در ضمیمه‌ای که بر ترجمه رساله تاق و ازج آورده آن را «پنج و هفت

روایت چهارم: در این روایت مرکز نزدیک از طریق کمانی که به مرکز پاکار و با شعاعی به اندازه قطر مربع نصف دهانه روی خط دهانه فرود می‌آید، مطابق شکل پدید آمده است و با ادامه همین کمان، مرکز دور نیز با همین فاصله، پایین پاکار به وجود می‌آید. این شیوه که مرسوم‌ترین روایت است، توسط پیرنیا و شاگردانش (میرلطیفی، بزرگمهری، معماریان) (معماریان، ۱۳۶۷: ۴۱؛ میرلطیفی، ۱۳۸۴: ۸۳)، سیدعلیرضا جذبی (کاشانی، ۱۳۶۶: ۶۱) و حسین زمرشیدی (زمرشیدی، ۱۳۷۳: ۱۷۴) بیان شده است و همگی آن را پنج و هفت تند (پنج و هفت تند به روایت زمرشیدی) معرفی کرده اند با این تفاوت که پیرنیا نام قوس یعنی پنج و هفت را اشاره‌ای به دو واژه‌ی «پنجره» و «اوهفتن» (پوشاندن) و بی ارتباط با اعداد ۵ و ۷ می‌داند ولی در روایات جذبی و زمرشیدی در این مورد اظهار نظری نشده است. لازم به ذکر است با دورتر کردن مرکز دور از پاکار (به اندازه کل دهانه مطابق شکل)، صورتی دیگر از این قوس ارائه می‌شود که زمرشیدی آن را «پنج و هفت معمولی» و سایر راویان «پنج و هفت کند» خوانده اند (تصویر ۹).

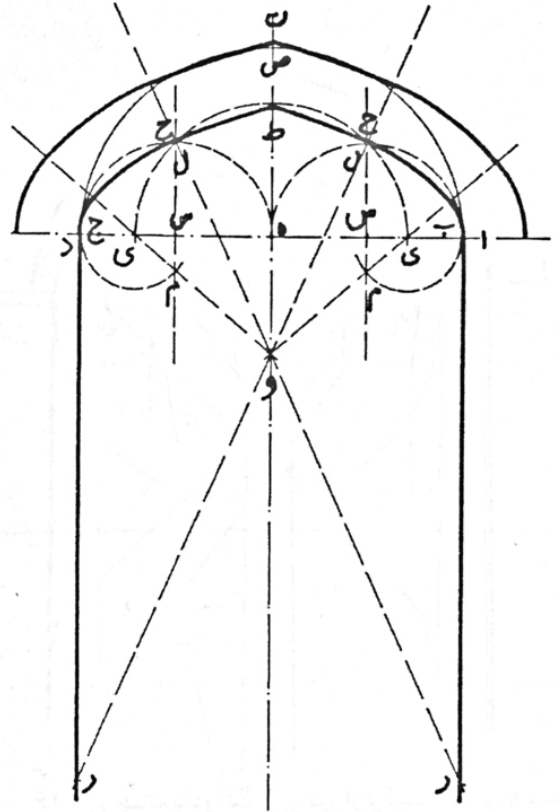


تصویر ۹. ترسیم قوس پنج و هفت با استفاده از نسبت‌های پرگاری اصم، برای یافتن مراکز قوس. سمت راست کند (مأخذ: معماریان، ۱۳۶۷، ۴۲) سمت چپ، تند (مأخذ: میرلطیفی، ۱۳۸۴، ۸۳).

با توجه به شکل و تحلیل ریاضی تناسبات و فواصل خواهیم داشت:

$$\begin{aligned} AB &= a \\ BC &= CD = \frac{a}{\gamma} \\ \rightarrow BD &= BO = \frac{\sqrt{2}}{\gamma} a \end{aligned}$$

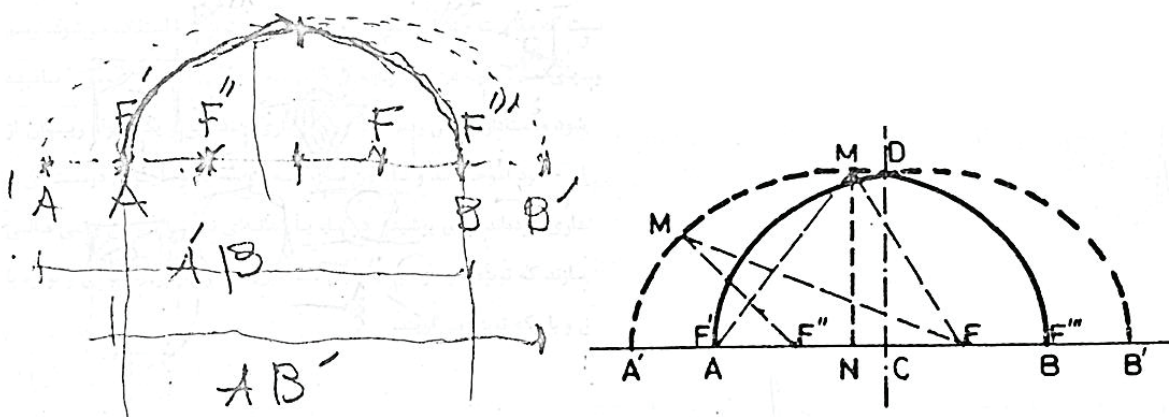
خوابیده» خوانده است (کاشانی، ۱۳۶۶: ۶۴) با این تفاوت که در اینجا تعداد تقسیمات دهانه مشخص نیست و مراکز نزدیک و دور از طریق ایجاد کمان‌هایی مطابق شکل پدید آمده اند (تصویر ۱۱).



تصویر ۱۱: ترسیم قوس پنج او هفت (خوابیده) به صورت شش‌پرگاری با تقسیمات اصم دهانه به روایت جذبی (مأخذ: کاشانی، ۱۳۶۶: ۶۴).

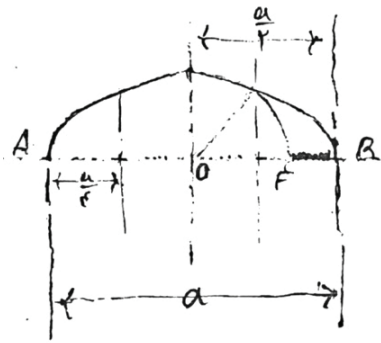
روایت هفتم: در روایتی دیگر از مرحوم پیرنیا که رویکردی کاملاً متفاوت دارد، ضمن انکار نسبت ۵ و ۷ در ساختار قوس، به جای هندسه‌پرگاری و ساختار مراکز دور و نزدیک، هندسه قوس بر اساس تداخل دو بیضی توضیح داده شده است (پیرنیا، ۱۳۷۸: ۱۰۳). پیرنیا این روش را صحیح‌تر و اصیل‌تر دانسته و استحکام قوس را در این روش بیشتر می‌داند (پیرنیا، ۱۳۷۳: ۱۸) (تصویر ۱۲).

از روایت هفتم که بگذریم، سایر روایات به دو صورت، مراکز و موقعیت قوس را تعبیر کرده اند؛ یا تقسیمات متوالی ۷ یا ۱۰ گانه دهانه یا از طریق نسبت پرگاری، با زدن کمان بر روی دهانه. در روایات اول تا سوم، دو تعبیر از نسبت ۵ و ۷ به دست داده شده است که یکی در دهانه ۷ واحدی و دیگری در دهانه ۱۰ واحدی موقعیت مرکز نزدیک را به نسبت پاکارها توضیح می‌دهد (تصویر ۱۳) لیکن مسئله اصلی جدای از نام و تناسب، ترسیم قوس در مقیاس واقعی با حداکثر صحت و دقت و حداقل زمان است که با ابزاری بسیار ساده و کارا موسوم به دستگاه میخ و ریسمان همانطور بیان شد، محقق می‌شود. بدیهی است که رسم قوس بر روی زمین در قیاس با مقادیر عددی و مفاهیم جبری آن، به صورتی اجتناب‌ناپذیر دارای خطا بوده و هر چه تقسیم‌بندی‌ها، نشانه‌گذاری‌ها و ترسیمات میدانی بیشتر شود میزان خطا نیز افزایش می‌یابد. از این رو است که معماران، قرن‌هاست که با ترفندها و کاست و افزودها به جبران و اصلاح این خطاها پرداخته اند. در مورد این قوس نیز رسم عمود منصف، اخراج عمود از پاکارها و مهم‌تر از همه، تقسیم‌بندی دهانه با ریسمان که بر مبنای قضیه تالس انجام می‌شود، عاری از خطا نمی‌تواند باشد. از طرفی اگر چه تقسیم دهانه به ۷ قسمت در تصویر ۱۳ (الف) نسبت



تصویر ۱۲. قوس پنج او هفت حاصل از تداخل دو بیضی سمت چپ (مأخذ: پیرنیا، ۱۳۷۸: ۱۰۳) و سمت راست (مأخذ: پیرنیا، ۱۳۷۳: ۱۸).

$$\frac{AB}{FB} = \frac{a}{0.14a} = 7.1 \quad \text{(شکل ۱۴):}$$



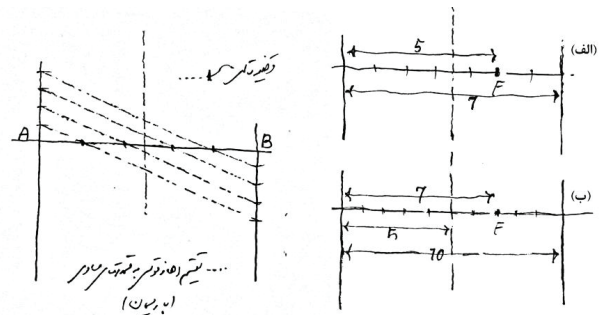
تصویر ۱۴. نسبت‌های هندسی مأخوذ از دهانه برای تعیین موقعیت مرکز F در ترسیم روایت ششم (ترسیم: نگارنده).

و این بدان معناست که در این شیوه نیز به نوعی دهانه به ۷ واحد تقسیم شده و به فاصله‌ی $\frac{1}{7}$ آن در طرفین، مراکز نزدیک قرار دارند که نسبت به هم فاصله‌ی $\frac{5}{7}$ واحدی، و در نسبت با دهانه تعبیر دیگری از همان اعداد ۵ و ۷ را بیان می‌کنند.

بعد از شرح و تفسیر روش‌های پرگاری روایت‌شده، به روایت هفتم که رویکردی متفاوت در قیاس با سایر روایات دارد، می‌رسیم. چنانچه مطابق تصویر ۱۲ اشاره شد، این روایت هندسه قوس را حاصل از تداخل دو بیضی بیان کرده به نحوی که هر پاکار در هنگام ترسیم به عنوان یکی از دو کانون ایفای نقش می‌کند. به عبارتی دیگر دو پاکار هر کدام یکی از کانون‌های دو بیضی متقاطعی هستند که با توجه به تقسیمات دهانه و موقعیت کانون دیگر بر اساس این تقسیمات، ساختار هر بیضی را مشخص و در نهایت با تداخل دو بیضی، قوس به صورت بخش مشترک حاصل از این تداخل تعبیر می‌شود. بر همین اساس، پیرنیا دو نوع دیگر از این قوس را به نام «پنج او هفت کند» و «گفته» (خوابیده) با تغییر تقسیمات دهانه روایت کرده است (پیرنیا، ۱۳۷۳: ۱۹). این شیوه ترسیم که منحصرأ از سوی پیرنیا روایت شده از چند زاویه قابل بحث و نقد است:

نخست اینکه اساساً ترسیم بیضی نسبت به ترسیم پرگاری مشکل‌تر است. این موضوع را نگارنده، هم در تجربه میدانی و هم در گفتگو با استادکاران مورد ارزیابی قرار داده است. به‌ویژه در مورد ترسیم قوس گفته که ۱۶ قسمت کردن دهانه‌ی آن زحمتی مضاعف دارد و احتمال خطا را نیز در ترسیم قوس بر روی زمین

به ۱۰ قسمت در تصویر ۱۳ (ب) آسان‌تر به نظر می‌رسد لیکن در شکل ۱۳ (ب) می‌توان از تقسیم نصف دهانه به ۵ قسمت و تممیم آن برای یافتن مرکز قوس بهره جست. ضمن اینکه نزدیک بودن دو نسبت ۵ از ۷ و ۷ از ۱۰ به یکدیگر، این گمان را به ذهن متبادر می‌شود که شاید روایات اول تا سوم در واقع یک روایت باشند. از طرفی دیگر با دقیق‌تر شدن در تحلیل ریاضی روایت چهارم درمی‌یابیم که اگر چه $\sqrt{2}$ و به تبع آن $\frac{\sqrt{2}}{2}$ اعدادی گنگ هستند لیکن نسبت $\frac{\sqrt{2}}{2}$ که در روایت چهارم تعیین‌کننده مرکز نزدیک است، در واقع مقداری بین $\frac{5}{7}$ و $\frac{7}{10}$ است و به هر دو نسبت بسیار نزدیک:



تصویر ۱۳. موقعیت مرکز نزدیک روی خط دهانه در دو نسبت ۵ از ۷ (الف) و ۷ از ۱۰ (ب). با استفاده از تقسیمات دهانه بر اساس قضیه تالس (ترسیم: نگارنده).

$$\frac{7}{10} = 0.7 < \frac{\sqrt{2}}{2} = 0.707 < \frac{5}{7} = 0.714$$

بنا بر این معمار و استادکار چیره‌دست با نهایت رندی و زیرکی بدون آن که زحمت تقسیمات ۵ و ۷ گانه را - که انجام آن به صورت متوالی امکان خطای اجرا را نیز قوت می‌بخشد - به خود بدهد، تنها با یک اندازه و یک کمان و کمترین زمان ممکن و حداقل خطا، نسبت مورد نظر را با ایجاد مرکز نزدیک بر روی دهانه پدید می‌آورد. به عبارت دیگر جدای از نام قوس که به شکلی در تقسیمات کلی و جزئی دیده می‌شود، هر چهار روایت به نوعی یک ساختار هندسی یعنی همان نسبت ۵ و ۷ را در پیوند میان سرعت، سهولت، و میزان خطا بیان می‌کنند. به همین ترتیب در مقایسه و تحلیل روایات پنجم و ششم نیز با توجه به ساختار مشابه شش‌پرگاری که دارند، با توجه به تصویر ۱۰ چنانچه فاصله مرکز نزدیک تا پاکار را به نسبت دهانه جستجو کنیم، خواهیم داشت

قوت می‌بخشد. در نتیجه این شیوه با رویه رایج استادکاران - همانطور که شرح داده شد - متناقض است.

مسئله دوم این است که سایر راویان که بعضاً دو یا سه روش ترسیم را بیان کرده اند، هیچ اشاره‌ای به این شیوه نداشته اند و از آنجایی که پیرنیا این شیوه را اصیل‌تر و بهتر ذکر کرده است، دستکم می‌بایست در مطالب لرزاده که خود معمار و هم معمارزاده است، این موضوع بیان می‌شد.

مسئله سوم، در نسبت دادن استحکام بیشتر و باربری بهتر این قوس در قیاس با شیوه پرگاری است که بدون ارائه هیچ تحلیل فنی و استدلال سازه‌ای بیان شده است که با توجه به عدم اشاره به این شیوه از سوی دیگر معماران، تصدیق این حکم بر مبنای تجربه و آزمون و خطا نیز بعید است. مسئله دیگر که در کنار سایر موارد در نقد این روایت می‌توان بیان داشت، بی‌ارتباط دانستن ساختار تریسمی این قوس با نسبت اعداد ۵ و ۷ است که صراحتاً بیان شده است. حال آن که به گونه‌ای که در روایات اول تا ششم با محاسبات و تحلیل‌ها آشکار شد، تمامی روایات به نوعی همین نسبت را در ساختار هندسی و ترسیم قوس بیان می‌کنند. گذشته از این انبوهی از نام‌ها، واژگان، و اصطلاحات معماری ایران بر مبنای همین اعداد و نسبت‌ها شکل گرفته اند؛ تعبیری چون چهارطاقی، چهارباغ، هفت‌رنگ، پنج‌کند، ده‌تند، پنج‌دری، سه‌دری، چارک، نیمه، هشت و نیم‌هشت، و... همچنین عبارات و نام‌هایی چون قوس ثلاثی، دور پنج‌قسمتی، هفت‌قسمتی شکسته، پنج‌قسمتی افزوده، سه‌بخشی‌تند، کلیل سه و شش، و... که به طور اخص در مورد قوس‌های ایرانی وجود دارند، همه و همه مصداقی آشکار بر حضور و وجود اعداد و نسبت‌های هندسی متنوعی است که به صورت آشکار و پنهان در قالب تعبیر و عبارات مزبور در زوایای معماری ایران تجلی یافته است. با این اوصاف، پذیرفتنی و منطقی نیست که ترکیب «پنج و هفت» به جای تأویل عددی و نسبت آنها - که همواره در مفاهیم و اصطلاحات نزد معماران رایج و تعیین‌کننده بوده - ادبی و کلامی تفسیر شود و در مقابل این همه مصادیق واضح و آشکار به یکباره به پنجره و اوهفتن منسوب شود؛ آن هم در موضوعی که اساس آن بر نسبت‌ها و تقسیمات عددی استوار است.

نتیجه‌گیری

رسم قوس‌های پرگاری ایران در مقیاس واقعی بر روی زمین، به صورت اجتناب‌ناپذیری در نسبت با میزان دقت و مهارت عوامل انسانی و شرایط کارگاهی خطاپذیر بوده است و برای چاره آن معماران و استادکاران زبردست ضمن استفاده و بهره‌وری از ویژگی اجرایی و کاربردی دستگاه میخ و ریسمان، همواره در پی ابداع روش‌های زندانه و راه‌حل‌های هوشمندانه بوده و برای ترسیم دقیق‌تر و در عین حال ساده‌تر و صحیح‌تر این قوس‌ها کوشیده اند.

قوس «پنج و هفت» به عنوان یکی از معروف‌ترین دوره‌های ایرانی، ساختاری چهارپرگاری دارد و ماهیت هندسی آن مانند سایر نمونه‌های

رایج بر اساس موقعیت مراکز دور و نزدیک به نسبت دهانه و پاکارها شکل می‌گیرد. با وجود روایات مختلف و بعضاً متناقض از این قوس، مطالعه و تحلیل ریاضی این روایات و محاسبه فواصل و نسبت‌های آن آشکار می‌سازد که همه روایات به نوعی همان نسبت ۵ و ۷ را در دهانه با مراکز قوس و در پیوند میان سرعت و سهولت و میزان خطا بیان می‌کنند. نام این قوس نیز در ادامه همان سنت رایج نام‌گذاری قوس‌های معماری، تعبیری از نسبت و تقسیماتی است که اساس هندسی قوس را آشکارا و صادقانه در عبارت «پنج و هفت» (۵ و ۷) بیان می‌کند.

پی‌نوشت‌ها

۱. این عنوان در چاپ بعدی کتاب (۱۳۷۸) به صورت «پنج اُ هفت» تغییر یافته است.
۲. «زوج‌پرگاری» و «فردپرگاری» تعبیری است که مهندس علی‌اکبر سعیدی در کلاس درس سازه‌های سنتی به کار می‌بردند و نگارنده این موضوع را برای اولین بار از ایشان آموخته است.
۳. در منابع انگلیسی عبارت «pointed arches» برای قوس‌های جناغی (تیزه‌دار) و عبارت «oval arches» (قوس‌های تخم مرغی) به طور کلی برای قوس‌های بدون تیزه از جمله فردپرگاری و بیضوی به کار رفته است. (Huerta, 2007: 220).
۴. این مطلب را نگارنده در کلاس درس سازه‌های سنتی برای اولین بار از مهندس علی‌اکبر سعیدی فراگرفته است.
۵. از مصادیق بارز این رویکرد می‌توان کتاب طاق و قوس در معماری ایران تألیف حسین زمرشیدی نام برد. که تعداد زیادی از دستورالعمل‌های ترسیم را تنها با استناد به یک تصویر - در حالی که اکثر تصاویر در وضع دید قائم نیستند - ارائه کرده است. در مطالعات پیرنیا که توسط زهره بزرگمهری گردآوری شده است نیز بعضاً این نقیصه دیده می‌شود.

منابع

- اسمیت، ادوارد لوسی. (۱۳۸۰). فرهنگ اصطلاحات هنری. ترجمه ف. گشایش. تهران: عفاف.
- پیرنیا، محمدکریم. (۱۳۷۳). «چفتها و تاقها». در: اثر، ش ۲۴.
- پیرنیا، محمدکریم. (۱۳۷۸). تحقیق در معماری گذشته ایران. تهران: دانشگاه علم و صنعت.
- رئیس‌زاده، مهناز، و حسین مفید. (۱۳۷۴). احیای هنرهای از یاد رفته، مبانی معماری سنتی ایران به روایت حسین لرزاده. تهران: مولی.
- زمرشیدی، حسین. (۱۳۷۳). طاق و قوس در معماری ایران. تهران: کیهان.
- کاشانی، غیاث‌الدین. (۱۳۶۶). رساله تاق و ازج. ترجمه سیدعلیرضا جذبی. تهران: سروش.
- لرزاده، حسین. (۱۳۵۸). احیاء هنرهای از یاد رفته. ج ۱. تهران: ...
- ماهرالنقش، محمود. (۱۳۵۱). اصول فنی ساختمان. تهران: بهمن.
- معاریان، غلامحسین. (۱۳۶۷). نیارش سازه‌های تاقی در معماری ایران. تهران: دانشگاه علم و صنعت.
- میرلطیفی، سیدجلال. (۱۳۸۴). آشنایی با معماری ایران (شیوه پارتی و پارسی و سازه های طاقی). تهران: قاضی.
- Huerta, Santiago. (2007). "Oval Domes: History, Geometry and Mechanics". in *NEXUS NETWORK JOURNAL*, no. 9(2), pp. 211-248.