

## روش ارزیابی زیبایی نماهای خانه‌های مدرن با روش تناسب هندسی نمونه موردی: خانه‌های مدرن شهر تهران

مریم امان پور

دانشجوی دکتری معماری، دانشکده هنر و معماری، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

منصوره طاهباز<sup>۱</sup>

دانشیار، دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

لیلا کریمی فرد

استادیار، دانشکده هنر و معماری، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۰۱/۲۹ تاریخ صدور پذیرش: ۱۳۹۹/۰۵/۲۸

### چکیده

در سنت دیرین استاد و شاگردی و پیوند آن با آیین جوانمردی (فتوت)، معمار گذشته ضمن شناخت آداب و رسوم فرهنگی، فنون و مهارت‌های حرفه خود را که قوانین و تناسب هندسی جزئی از آن به شمار می‌آمد از استاد آموخته و در طراحی خود رعایت می‌کرد. امروزه بر خلاف گذشته، طراحی، با رعایت تناسب و قوانین هندسی، دقت و اهمیت گذشته را از دست داده و یا از شدت اهمیت آن کاسته شده است، با این وجود بعضی از نماهای عصر حاضر دارای زیبایی دلنوازی هستند که به نظر می‌رسد پیرو قوانینی می‌باشند. در پژوهش حاضر، ابتدا محقق به دنبال انتخاب خانه‌هایی با نماهای زیبای مدرن از دیدگاه گروه‌های مختلف متخصصین، معماران حرفه‌ای، مردم عادی و... می‌باشد. هدف، استخراج اجزای مختلف این نماها و بررسی تناسب هندسی موجود در آنها می‌باشد. به این منظور، ۲۳ خانه منتخب بر اساس نتایج مصاحبه و پرسشنامه‌ها از ۳۵ نفر در دو گروه اصلی تقسیم بندی می‌گردد. زیبایی و تناسب، به ترتیب معیار اصلی انتخاب در گروه اول و دوم، در نظر گرفته شده است. سپس از نماهای منتخب مشاهده مشارکتی با سیستم بلند فکر کردن، نسبت به علت وجود زیبایی صورت می‌گیرد و محقق به دنبال اثبات وجود قوانین تناسبی مشخصی در این نماها می‌باشد. به دلیل تعداد زیاد نمونه‌های منتخب، نتایج به صورت متون وارد نرم افزار ATLAS TI شده و به روش کدینگ، کدگذاری باز و محوری می‌شوند. می‌توان برای القای زیبایی در نماها از بکارگیری مستطیل افقی و عمودی و یا ترکیب همزمانی آنها با بهره‌گیری از تناسب تداعی کننده این موضوع، بهره جست.

**کلمات کلیدی: تناسب هندسی، زیبایی، خانه‌های دوره مدرن، شهر تهران.**

## مقدمه

سیستم تناسبات، مجموعه‌ای از نسبت‌های ثابت بصری را بین اجزا و کل یک مجموعه به وجود می‌آورد. در دوران گذشته طراحی اجزای مختلف بناها با اتکا به قوانین تناسباتی و تناسبات موزون انجام می‌گرفت و به نظر می‌رسد که بنا بخشی از زیبایی خود را مدیون این قوانین و مهارت استفاده از این قوانین می‌باشد. ولی امروزه در دانشکده‌های معماری چنین مهارت‌هایی به تفکیک آموزش داده نمی‌شود و طراح خود را در استفاده از این تناسبات هندسی مقید نمی‌داند و به عبارتی تناسبات هندسی تعریف شده‌ای جهت طراحی ندارد. آیا این موضوع یکی از عواملی است که منجر به مواجهه بیننده با نماهای نازیبا در معماری مدرن شده است؟ در دوره‌های تاریخی برای بیان زیبایی از تناسبات مختلفی بهره گرفته شده است. حال در دوره مدرن ساختمان‌هایی به وجود آمده که از زیبایی چیزی کم نداشته اما به نظر می‌رسد که از تناسبات جدیدی پیروی کرده و یا پیروی ترکیبی از تناسبات هندسی عنوان شده بوده‌اند. این پژوهش با هدف استخراج تناسبات موجود در بناهای مدرن کشور ایران و ایجاد رابطه بین مفاهیم و کشف تناسبات حاکم بر این بناها می‌باشد که سعی بر پاسخ به این سوالات دارد که: ۱- تناسبات موجود در بناهای مدرن کدام است؟ ۲- نماهای مدرن از چه تناسباتی جهت ارائه زیبایی پیروی می‌کنند؟ پاسخ به این سوالات می‌تواند راهی برای طراحان در زمینه ایجاد طراحی نظام مند در نماهای ساختمان‌های مسکونی ایجاد نماید. در این پژوهش برای رسیدن به پاسخ این سوالات، لازم است که تا حدودی با این تناسبات هندسی و روش‌های محاسبات تناسباتی آشنا بود. به این منظور پژوهش حاضر به دو بخش تفکیک می‌گردد. در بخش اول به صورت خلاصه مفاهیم و تعاریف موجود در تناسبات هندسی در ایران و جهان در مبانی نظری مطرح می‌شود. سپس در بخش دوم پژوهش، روش تحقیق و شیوه نمونه‌گیری شفاف می‌گردد؛ و در نهایت آزمون فرضیه و تحلیل تناسبات هندسی بر نماهای زیبای منتخب بر اساس روش دلفی می‌باشد.

روش تحقیق حاضر از نوع ترکیبی تو در تو با رویکرد کیفی در کیفی است (کرسول، ۱۳۹۸: ۸۳). همچنین از لحاظ نوع و هدف کاربردی، بنیادی و همچنین توصیفی - تحلیلی است. این پژوهش ابتدا به انتخاب مواردی می‌پردازد که از لحاظ زیبایی بصری بهترین باشند. لذا نیاز است تا بتوان بهترین‌های ساختمان‌های مسکونی را استخراج کرد. برای این منظور، با توجه به سه رویکرد، دست به انتخاب زده شد. یکی از رویکردها انتخاب نمونه بر اساس عنوان طراح و شناخته شده بودن طراح بنا به عنوان معمار مطرح دوره مدرن علی‌الخصوص برای انتخاب نمونه‌های دوران قبل از انقلاب بوده است. رویکرد دوم اعتماد نگارنده به خود و انتخاب به روش نورماتیو و انتخاب خانه‌هایی که از دید نگارنده از لحاظ بصری زیبا و چشم نواز بود و رویکرد سوم اعتماد به ساختمان‌های شاخصی که در مجلات معماری و کتب و مسابقات معماری مطرح، دارای رتبه و همچنین حائز اهمیت بودند که برای تایید انتخاب به متخصصین مراجعه می‌گردد. سپس از لحاظ بهترین در حیطه زیبایی مورد دسته بندی قرار می‌گیرند و در سه گروه از بسیار خوب تا معمولی به لحاظ میزان حد زیبایی، قرار می‌گیرند. از روش مصاحبه با ۳۵ نفر از متخصصین، از آن‌ها خواسته می‌شود که این بناها را در طبقه بندی از بهترین به لحاظ زیبایی و بدترین به لحاظ زیبایی قرار دهند.

در این مرحله جهت انتخاب نمونه‌ها بسیار دقت شده و نمونه‌ها بارها پالایش شده‌اند. به بناهایی که در بالاترین حد قرار می‌گیرند نسبت به بقیه امتیاز بیشتری داده می‌شود (آن‌هایی برگزیده می‌شوند که از میانگین عبور کرده باشند). سپس نمونه‌های زیبای منتخب در سیستم‌های تناسبی معرفی شده در مبانی نظری، مورد تحلیل قرار می‌گیرند و جهت کنترل مداخله گر‌ها فقط نمای دوبعدی ساختمان مدنظر قرار گرفته و تناسبات نیز تنها در صفحه دوبعدی سنجیده شده‌اند نه در پرسپکتیو و از سوی دیگر تنها از لحاظ زیبایی بصری منتج شده از تناسبات بررسی می‌گردد زیرا به نظر می‌رسد که از سیستم تناسبی بهره‌برده‌اند که دارای زیبایی هستند و نتایج در اختیار متخصصین قرار می‌گیرند و نظرات خود را در بررسی نماها و توصیف علت‌های زیبایی بیان می‌کنند و برای استخراج مهم‌ترین عوامل و بیان میزان برجستگی عوامل آن با سیستم بلند فکر کردن شروع به یادداشت ذهنیت‌های آن‌ها می‌شود سپس برای سهولت در امر کدگذاری، متون وارد نرم افزار اطلس تی می‌شود و با سیستم گراند تئوری مورد کدگذاری قرار می‌گیرد و کدهای معرف زیبایی استخراج می‌گردد و با نتایج بررسی نماهای ساختمان‌های مدرن مورد جمع‌بندی نظری قرار می‌گیرد. نرم افزار اطلس تی برای بهره‌بردن و خلاصه سازی و ایجاد کدهای مفهومی مستخرج از کدهای باز (توصیفی و تفسیری) مورد استفاده قرار می‌گیرد که خروجی‌های این نرم افزار به صورت گرافیکی و نمودار آبخاری بوده و همچنین می‌توان از این نرم افزار خروجی‌هایی مبتنی بر جداول و آمار توصیفی کدها گرفت.

### رویکرد مفهومی و نظری

#### تناسبات:

تناسب که در دیدگاه اقلیدس به مقایسه کمی دو چیز مشابه اطلاق می‌شود، اساس آفرینش کل طبیعت اعم از آسمان‌ها و زمین و به ویژه انسان نیز بوده است. تناسبات همواره در دوره‌های مختلف و تمدن‌های کهن در طراحی بناها مورداستفاده قرار می‌گرفته است. وجود تناسب در شیء باعث می‌شود که همواره جسم متعادل‌تر به نظر آید. تناسب یکی از اصول اولیه اثر هنری است که رابطه هماهنگ میان اجزا آن را بیان می‌کند (انصاری و دیگران، ۱۳۹۰: ۴۶). تناسب می‌تواند تناسب بین کمیات ابعادی و فیزیکی دنیای مادی باشد که به کمک اعداد اندازه‌گیری شده و تناسب حسابی را نتیجه می‌دهد و هم می‌تواند تناسب بین کیفیات مکانی یعنی تناسب بین اشکال و احجام باشد که به کمک هندسه اندازه‌گیری شده و تناسب هندسی را نتیجه می‌دهد، یا می‌تواند تناسب بین کیفیات زمانی یعنی تناسب بین اصوات یا حرکات باشد که به کمک موسیقی یا ریتم حرکت اندازه‌گیری می‌شود و تناسب‌های هارمونی را نتیجه می‌دهد (طاهباز، ۱۳۸۳: ۱۰۸). در عرصه معماری تناسبات نسبت‌های مقایسه‌ای کمیت‌ها و کیفیت‌های مختلف ناهمسانی را شامل می‌شود و از این‌رو درک آن پیچیده‌تر می‌گردد (کریر، ۱۳۸۴: ۹).

#### تئوری‌های مربوط به سیستم‌های تناسبی و واحدهای اندازه‌گیری

منظور تمامی تئوری‌های تناسبات ایجاد احساس نظم بین اجزای یک ترکیب بصری است. سیستم تنظیم تناسبات مجموعه‌ای از نسبت‌های ثابت بصری را بین اجزا یک بنا و نیز بین اجزا و کل به وجود می‌آورد. سیستم‌های تنظیم تناسبات از صورت تعیین کننده‌های عملکردی و تکنیکی فرم و فضای معماری فراتر رفته، استدلال‌های زیبایی‌شناسانه‌ای در مورد خود ارائه می‌دهند (چینگ، ۱۹۹۸، ۲۹۸). تئوری‌های مربوط به سیستم‌های تناسبات و واحدهای اندازه‌گیری را

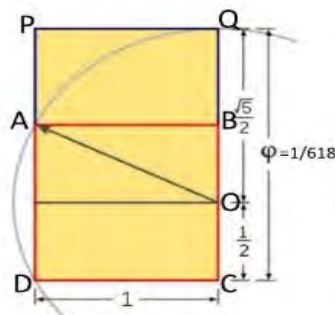
در دو اندیشه می‌توان مورد بررسی قرار داد: ۱- هندسه و تناسب در اندیشه جهانی ۲- هندسه و تناسب در اندیشه ایرانی-اسلامی. تناسب در اندیشه جهانی را می‌توان در ۴ دسته تقسیم بندی نمود: ۱- تناسب طلایی ۲- تئوری‌های رنسانس ۳- مدولار لوکوربوزیه ۴- تناسب انسانی.

### تناسبات طلایی

مصریان باستان، تناسباتی را به کار بستند که آن را نسبت لاهوتی می‌نامیدند. بعدها این تناسبات، توسط ویتروویوس، معمار ایتالیای سده دوم، با اصطلاح نسبت خدایی معروف شد؛ اما در اواخر قرن نوزدهم و اوایل قرن بیستم که طلا معیار سنجش اقتصادی شد، این تناسبات با اصطلاح تناسبات طلایی رایج گردید (السعید، پارمان، ۱۳۶۳. آیت الهی، ۱۳۷۷). پس از مدتی یونانی‌ها به نقش غالبی که تناسب طلایی در تناسبات بدن انسان بازی می‌کرد پی بردند. در این تناسب به‌گونه‌ای عمل می‌شود که خطی به دو قسمت نامساوی تقسیم می‌شود که نسبت طول قطعه کوچک‌تر به قطعه بزرگ‌تر برابر است با نسبت طول قطعه بزرگ‌تر به کل خط (ضیای نیا، ۱۳۹۴:۹۳). نسبت طلایی، نسبت ۱ به  $1/618$  است (Haslam, 2006). هرگاه شکل یا حجمی دارای ابعاد و اندازه‌های تمثیلی یا موردقبول باشد، آن را متناسب یا دارای اندازه‌های طلایی می‌نامند (کریر، ۱۳۸۴:۷۱). در این میان تناسبات طلایی (تناسبات زرین) به یک معنی می‌توان به‌عنوان فراعقل، الهی یا آسمانی تلقی شود. در انجیل نیز اشاره‌ای به نسبت طلایی شده است، به همین دلیل این نسبت را از قدیم «نسبت الهی» هم گفته‌اند. دوره رنسانس نیز معماران از این قانون بهره گرفتند. لوکوربوزیه سیستم مدولار خود را بر مبنای تناسبات طلایی تنظیم نمود. تناسب طلایی پاره خط با بیست و یکمین حرف الفبای یونانی یعنی  $\Phi$  نشان داده می‌شود (لولر، ۱۳۶۸). فی دیاس، مجسمه ساز یونانی، نسبت طلایی را به صورت دقیق مطالعه کرده و به همین دلیل این نسبت به نام فی ( $\Phi$ ) نیز معروف شده است (کاشف پور، ۱۳۸۸). از تقسیم پاره خط به دو بخش متناسب می‌توان در ساخت مستطیل و ماریپچ طلایی استفاده کرد.

### مستطیل و ماریپچ طلایی

در ساخت مستطیل طلایی، مانند  $\sqrt{2}$  از مربع شاخص استفاده می‌شود. با این تفاوت که برای ترسیم مستطیل طلایی به اندازه قطر مربع از قطر نصف مربع شاخص کمان می‌زنیم، نقطه به دست آمده محل شکل‌گیری مستطیل طلایی را نشان می‌دهد. مربع ABCD را در نظر بگیرید با طول ضلع یک واحد. (تصویر ۱) نقطه O وسط ضلع CB است. به مرکز این نقطه و به شعاع OA کمانی بکشید تا امتداد CB را در نقطه Q قطع کند. مربع مستطیل PQCD یک «مستطیل طلایی» است و نسبت طول به عرض آن برابر  $1/618$  می‌باشد.



تصویر ۱: نحوه ترسیم هندسی مستطیل طلایی به کمک مربع (https://blog.faradars.org)

گفته شده است که چنین مستطیلی به چشم انسان زیباتر از سایر مستطیل‌ها است. به همین دلیل از دوران باستان تا به امروز در معماری بسیار به کار رفته است و امروز هم وقتی می‌خواهند چیزی را مستطیل شکل بسازند که چشم نواز هم باشد آن را به شکل مستطیل طلایی می‌سازند یعنی اگر طولش را بر عرضش تقسیم کنیم عددی نزدیک به  $1/6$  به دست می‌آید. از نسبت طلایی در شکل‌های مختلف نیز می‌توان استفاده کرد. برای مثال با ضرب کردن یکی از اضلاع مربع در عدد  $1/618$  مستطیلی با تناسب هارمونیک به دست می‌آوریم. (تصویر ۲).



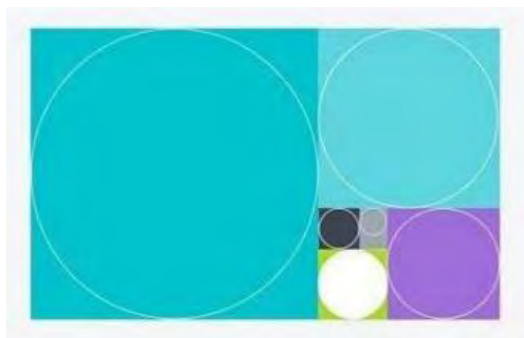
تصویر ۲: مستطیل با تناسب هارمونیک (<https://blog.faradars.org>)

اینک اگر مربع را بر روی این مستطیل قرار دهیم، این دو شکل نسبت طلایی را به دست می‌دهند. اگر به استفاده از فرمول نسبت طلایی بر روی این مستطیل جدید ادامه دهیم، در نهایت مانند تصویر زیر نموداری به دست می‌آوریم که رفته رفته مربع‌های کوچک‌تری دارد. (تصویر ۳).



تصویر ۳: نحوه شکل‌گیری مربع‌های تشکیل دهنده مارپیچ طلایی (<https://blog.faradars.org>)

اگر در نمودار نسبت طلایی فوق برای هر مربع یک کمان از یک گوشه به گوشه مقابل ترسیم کنیم، نخستین منحنی مارپیچ طلایی یا دنباله فیبوناچی را ترسیم کرده‌ایم. دنباله فیبوناچی در حقیقت یک سری است که در آن هر عدد برابر با مجموع دو عدد قبلی خود است. این دنباله با آغاز از صفر به این صورت است: ۰، ۱، ۱، ۲، ۳، ۵، ۸، ۱۳، ۲۱، ۳۴، ۵۵، ۸۹، ۱۴۴، ... با افزودن کمان به هر مربع در نهایت به نمودار مارپیچ طلایی می‌رسیم. خاصیت جذاب دنباله فیبوناچی یا همان مارپیچ طلایی در این است که وقتی هر کدام از عددهای آن را به عدد قبل از خودش تقسیم کنیم، به عددی نزدیک به  $1/618$  می‌رسیم که به «نسبت طلایی» مشهور است (Rawles, 1997, Schneider, 1994). اینک یک گام جلوتر می‌رویم و داخل هر مربع یک دایره می‌کشیم. در این حالت دایره‌هایی داریم که از نسبت  $1:1/618$  پیروی می‌کنند و نسبت به همدیگر تناسب متعادلی دارند بنابراین در حال حاضر، مربع‌ها، مستطیل‌ها و دایره‌هایی داریم که همگی دارای نسبت طلایی هستند و این عدد جادویی را در سراسر طراحی ما گسترش داده‌اند. (تصویر ۴).



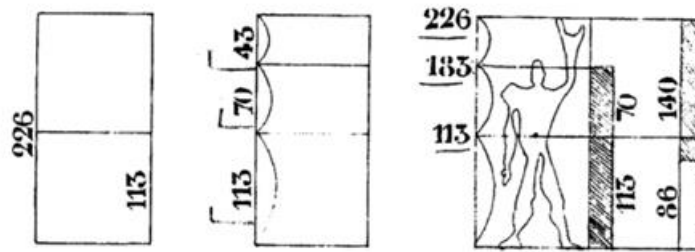
تصویر ۴: دایره‌های پیرو نسبت ۱:۱/۶۱۸ (https://blog.faradars.org)

### تئوری‌های رنسانس

فیثاغورث پی برد که هماهنگی صدای سیستم موسیقی یونان را می‌توان توسط تصاعد ساده زیر بیان نمود ۱ و ۲ و ۳ و ۴ و نسبت‌هایشان را به صورت ۱:۲ و ۱:۳ و ۲:۳ و ۳:۴. این نسبت یونانی‌ها را بر آن داشت که اعتقاد پیدا کنند که کلید هماهنگی اسرارآمیزی که جهان را فراگرفته پیدا کرده‌اند. اعتقاد فیثاغورثی بر آن بود که همه چیز برحسب اعداد ترتیب یافته‌اند. بعدها پلاتو علم محاسبات اعداد فیثاغورث را به صورت علم تناسب تکمیل نمود. او این تصاعد عددی ساده را مربع و مکعب نمود تا تصاعد دو برابر و سه برابر را به دست آورد. از نظر پلاتو این اعداد و نسبت‌هایشان نه تنها هماهنگی صداها در گام موسیقی یونان را در برداشتند بلکه مبین ساختار هماهنگ جهان نیز بودند. معماران رنسانس با اعتقاد به اینکه بناهایشان بایستی به یک نظم عالی تعلق داشته باشد به سیستم تناسبات ریاضی یونان رجوع نمودند. این مجموعه نسبت‌ها نه فقط خود را در ابعاد یک اتاق یا یک نما نشان می‌دادند بلکه در تناسبات به هم پیوسته یک رشته فضا یا کل پلان نیز ظاهر می‌شدند (چینگ، ۱۹۹۸، ۳۱۲). با استفاده از تناسبات طلایی و  $\sqrt{2}$ ، این مجموعه نسبت‌ها، در ابعاد یک اتاق، نما و در تناسبات به هم پیوسته فضا و یا کل پلان دید می‌شود، که پالادیو ۷ نوع از متناسب‌ترین اتاق‌ها را در کتاب ۴ کتاب در مورد معماری، پیشنهاد نمود. (اخوت، ۱۳۹۲: ۵۰) لازم به ذکر است که مستطیل معمولی ترین شکل در طراحی است که با نسبت عرض به طول آن بیان می‌شود، مثل: ۳ : ۲، ۵ : ۳، ۸ : ۵ و از این دست (السعید و پارمان، ۱۳۶۳).

### سیستم مدولار لوکوربوزیه

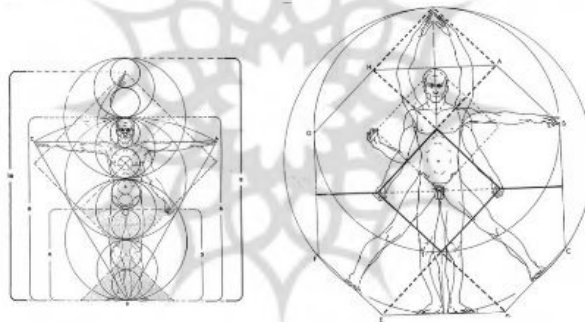
لوکوربوزیه ابزار سنجش یونان و مصر و ... را که بخشی از ریاضیات بدن انسان را تشکیل می‌دادند و منشأ هماهنگی حاکم بر زندگی انسان‌ها بودند بسیار غنی می‌دانست به همین دلیل وسیله سنجش خود یعنی سیستم مدولار را بر پایه ریاضیات (تناسبات طلایی و مجموعه فیبوناچی) و نیز تناسبات بدن انسان (ابعاد عملکردی بنا) تکمیل نمود. (چینگ، ۳۱۶، ۱۹۹۸). لوکوربوزیه به مدولار نه فقط به صورت مجموعه‌ای از اعداد دارای توافق ثابت نگاه می‌کرد بلکه آن را به‌عنوان سیستم سنجشی در نظر می‌گرفت که طول‌ها، وجوه و احجام تابع آن بودند و می‌توانست تناسب و مقیاس انسانی را در همه‌جا برقرار کند. شبکه اصلی از سه اندازه تشکیل شده بود ۴۳، ۷۰، ۱۱۳. (تناسبشان بر اساس تناسب طلایی تنظیم شده بود) (انصاری و دیگران، ۱۳۹۰: ۵۰). لوکوربوزیه با احتساب طول یک انسان متوسط که معادل ۱۸۳ صدم متر بود نسبت‌های خود را به دست آورد. این نسبت‌ها از سویی عبارتند از: ۸۶، ۱۴۰، ۲۲۶ (با دست افراشته) و از سوی دیگر ۷۰، ۱۱۳، ۱۸۳ (تا بالای سر) (چینگ، ۳۵۱: ۳۸۰). (تصویر ۵)



تصویر ۵: اندازه‌های ۴۳، ۷۰ و ۱۱۳ و اندازه‌های ۱۱۳، ۱۸۳ و ۲۲۶ معرف فضای اشغال شده توسط پیکر انسان (مایس، ۱۳۸۷)

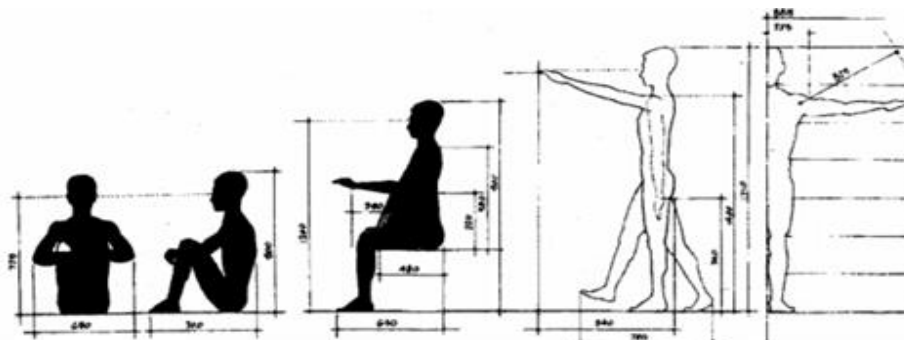
### تناسبات انسانی

سیستم تنظیم تناسبات بر حسب تناسبات انسانی، بر مبنای ابعاد و تناسبات بدن انسان پایه‌گذاری شده‌اند. (چینگ، ۳۵۱، ۱۳۸۰). اگر اندازه قسمت میانی بدن تا کف پا یک واحد در نظر گرفته شود، بلندی قامت برابر است با  $1/618$  که همان عدد  $\Phi$  می‌باشد (کاشف پور، ۱۳۸۸: ۸۸). لئوناردو داوینچی ابعاد هندسی بدن انسان را با نشان دادن اینکه بشر آشکارا ابعاد نسبت طلایی را در بدن خود بر اساس نسبت  $1/618$  به نمایش می‌گذارد را به تصویر کشید. مرد ویتروویوس (تصویر ۶) که توسط داوینچی بر مبنای ویتروویوس کشیده شد، کسی که نوشت ابعاد انسان باید با معماری در ارتباط باشد، است. ویتروویوس معتقد بود که اگر ابعاد انسان می‌توانست با ساختمان پیوندد در هندسه خود کامل می‌شدند (Gunon, 1995).



تصویر ۶: انسان ویتروویوس (Dabbour, 2012)

طبق گفته رابرت لائولر؛ «بدن انسان شامل ابعاد آن در همه اندازه‌ها و عملکردهای ژئودزیک هندسی مهم می‌شود. ابعاد انسان ایده آل در مرکز یک دایره روابط کیهانی ثابتی قرار دارد» (Lawlor, 1982). از مقایسه سیستم تناسباتی مدولار لوکوربوزیه و تناسبات انسانی این نتیجه قابل لمس است که از تقسیم اعداد لوکوربوزیه به یکدیگر با استفاده از نسبت طلایی پاره خط  $(AC/BC=BC/AB)$  یعنی  $2/52 = 70/113 = 43/70$  که تقریباً معادل  $2/23 = \sqrt{5}$  می‌باشد و در سیستم تناسبات انسانی قامت انسان معادل عدد طلایی  $\Phi$  لحاظ شده که برابر است با  $(\sqrt{5}+1)/2$  یا  $\Phi = 1/618.0339000$ . (تصویر ۷)

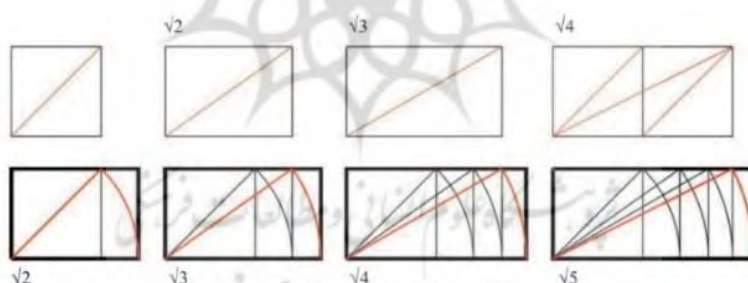


تصویر ۷: تناسبات انسانی و اندازه‌های تعیین‌شده توسط بدن انسان (نویفرت، ۱۳۷۸)

### هندسه و تناسبات در اندیشه ایرانی-اسلامی

بهره‌گیری از دانش هندسه و تناسب در معماری ایران چه پیش از اسلام و چه در دوران اسلامی جایگاه ویژه‌ای داشته است. سیستم تناسبات انسانی بر اساس خواص هندسی مربع، مربع مضاعف، مثلث متساوی الاضلاع و پنج ضلعی که برابر با اعداد اصم هستند، قرار دارد (کلمبک و ویلبر، ۱۹۴، ۱۳۷۴) و جهان تناسبات موزون یا همان تناسبات ایرانی به صورت  $\sqrt{2}=1/41$  و  $\sqrt{3}=1/73$  و  $\sqrt{5}$  و  $\sqrt{1/25}=1/118$  و  $\sqrt{5/2}$  که برگرفته از  $\sqrt{2}$  و  $\sqrt{3}$  هستند بوجود می‌آید (بمانیان و همکاران، ۱۳۹۰:۱۳۹۰).

استفاده از نسبت‌های  $\sqrt{2}$  و  $\sqrt{3}$  در معماری کهن ایران و نیز بهره‌گیری از پیمون در معماری ایران پس از اسلام، نشانگر بهره‌گیری از سیستم دقیق تنظیم تناسبات در معماری ایران می‌باشند (بمانیان و دیگران، ۱۳۹۰:۱۷۵).  $\sqrt{2}$  بیانگر شکل هندسی مربع است و اشکال حاصل از آن نمود سطح می‌باشند در صورتی که  $\sqrt{3}$  بیانگر شکل هندسی مثلث است و اشکال حاصل از آن نمود حجم می‌باشند. چنانچه مربعی به ضلع یک واحد در نظر گرفته و به اندازه قطر آن با پرگار یک کمان بزنیم، ضلع بزرگتر مستطیل به دست آمده برابر با قطر مربع یعنی  $\sqrt{2}$  است. با قطر مستطیل به دست آمده نیز می‌توان مستطیل  $\sqrt{3}$  و با قطر مستطیل  $\sqrt{3}$  می‌توان مستطیل  $\sqrt{4}$  را رسم کرد و این روند می‌تواند همچنان ادامه یابد. اینگونه مستطیل‌ها را مستطیل پویا (دینامیک) می‌گویند (آیت الهی، ۱۳۷۷؛ Barrat, 1980). (تصویر ۸) لازم به ذکر است که مستطیل  $\sqrt{3}$  مستطیل افلاطونی نامیده می‌شود که یک مثلث متساوی الاضلاع را تشکیل می‌دهد. (برت، ۱۹۸۰)



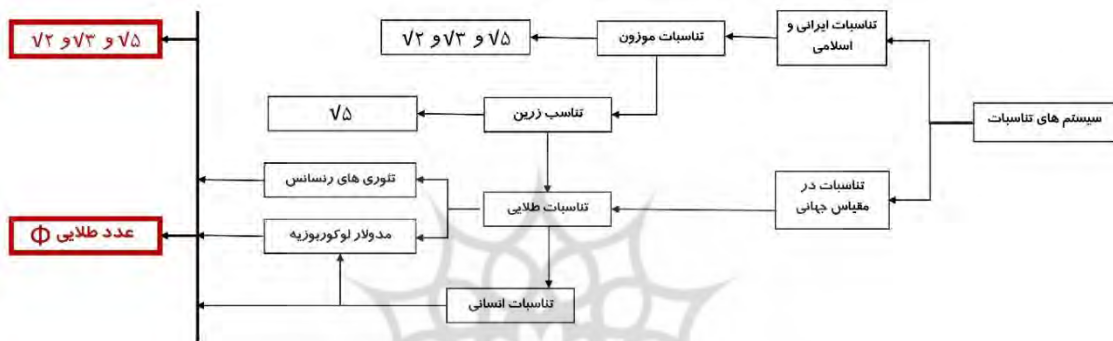
تصویر ۸: ساختارهای متوالی در مستطیل‌های متناسب بر اساس قطر مربع (Dabbour, 2012).

### نسبت زرین

نسبت زرین (که تناسب زرین، میانگین زرین، نسبت الهی، تناسب الهی، برش مقدس، یا به سادگی نسبت  $\Phi$  نامیده می‌شود) یک نسبت مافوق عقلی یا متعالی است که در اشکال بنیادی همچون گیاهان، گلها، ویروس‌ها، DNA، صدفها، سیارات و کهکشان‌ها و ... پیدا می‌شود.  $\sqrt{5}$  نسبتی است که راه را برای اصل نسبت‌هایی که تناسب زرین خوانده می‌شوند باز می‌کند. نسبت زرین قبل از هرچیز یک تناسب است نه یک عدد، از نظر کمی برابر با  $1/2$   $\Phi = (\sqrt{5}+1)$  تقریباً مساوی  $1/118$  است. نسبت زرین نسبت منحصر بفرد دو قسمت است وقتی که نسبت قسمت بزرگتر به قسمت کوچکتر مساوی نسبت قسمت کوچکتر به علاوه قسمت بزرگتر به قسمت بزرگتر است. این نسبت نماد تولد دوباره و تصاعد و بسط از واحد است چون هر تولد مرتبط با وجود قبل از خود است. نسبت زرین تقسیم کامل واحد است.

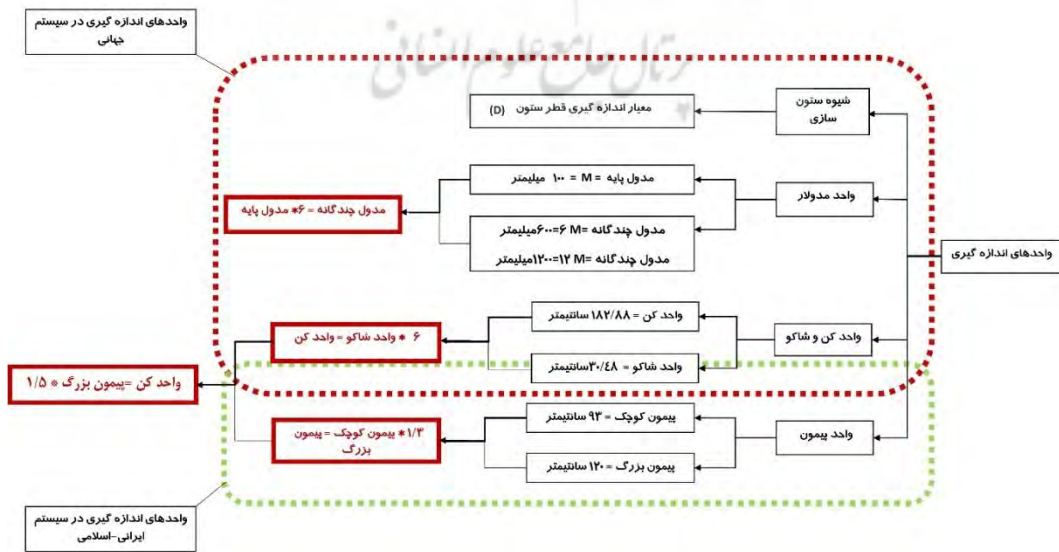


از جمع‌بندی مطالب ارائه شده در مورد سیستم‌های تناسبات که در دو مقیاس ایران و جهان مورد بررسی قرار گرفت، می‌توان چنین برداشت کرد که تناسبات ایرانی-اسلامی را می‌توان با عنوان تناسبات موزون  $\sqrt{2}$  و  $\sqrt{3}$  و  $\sqrt{5}$  معرفی نمود که از این میان  $\sqrt{5}$  تحت عنوان تناسب زرین معرفی می‌گردد و تناسبات در مقیاس جهانی در کل شامل دو تقسیم‌بندی تناسبات طلایی و تناسبات انسانی می‌گردد که تئوری‌های رنسانس بر مبنای تناسبات طلایی تنظیم شده و سیستم مدولار لوکوربوزیه هم با تناسبات طلایی و هم با تناسبات انسانی و در کل با عدد طلایی  $\Phi$  که معادل  $\sqrt{2}$  و  $(\sqrt{5}+1)$  می‌باشد سروکار دارد و می‌توان در نهایت ادعا نمود که کلیه سیستم‌های تناسباتی با یکی از  $\sqrt{2}$  و  $\sqrt{3}$  و  $\sqrt{5}$  و عدد طلایی  $\Phi$  قابل تحلیل می‌باشند. لذا این نتیجه در نمودار زیر قابل مشاهده است. (تصویر ۹)



تصویر ۹: نمودار سیستم‌های تناسبات (نگارنده)







از سوی دیگر با مطالعاتی که در زمینه شناخت واحدهای اندازه‌گیری تناسبات انجام گرفت، این نتیجه حاصل گردید که واحدهای اندازه‌گیری تناسبات را می‌توان در چهار دسته ستون‌سازی، کن و شاکو، مدولار و پیمون تقسیم‌بندی نمود که در شیوه‌ساز معیار تناسباتی بر اساس قطر ستون و به روش‌های مختلف که بیان شد نسبت‌های متفاوتی دارد و در کن و شاکو واحد کن بوده که معیار تقسیم‌بندی بر اساس مربع‌هایی به قطر یک کن جهت شناسایی تناسبات بکار می‌رفته و در سیستم مدولار از مدول پایه و چندگانه استفاده می‌گردد و پیمون کوچک و بزرگ نیز بر پایه گره‌سنجیده می‌شده است. همچنین چنین نتیجه می‌گردد که واحد کن حدوداً معادل  $1/5$  برابر پیمون بزرگ می‌باشد. (تصویر ۱۰)



تصویر ۱۰: نمودار سیستم‌های اندازه‌گیری (نگارنده)

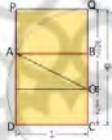



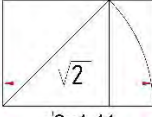
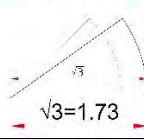
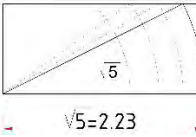
جهت جمع بندی مطالبی که در مبانی نظری به آن اشاره شد می‌توان چنین بیان کرد که در این پژوهش جهت بررسی پیروی یا عدم پیروی خانه‌های مورد مطالعه از تناسب هندسی لازم است تا ۹ سیستم تناسبی مورد بررسی قرار گیرد. این سیستم‌های تناسبی عبارت‌اند از: ۱- مدول پایه و چندگانه، ۲- مستطیل طلایی، ۳- ماریچ طلایی، ۴- دایره‌های پیرو نسبت ۱ به  $1/618$ ، ۵- مستطیل افلاطونی، ۶- نسبت‌های رادیکالی ( $\sqrt{2}$ ،  $\sqrt{3}$  و  $\sqrt{5}$ )، ۷- تناسبات کن و شاکو ۸- نسبت زرین و ۹- سیستم مدولار لوکوربوزیه. لازم به توضیح است که مدول پایه و چندگانه یک سیستم مدولار می‌باشد که در آن مدول پایه معادل ۱۰۰ میلی‌متر و مدول چندگانه معادل ۶ یا ۱۲ برابر مدول پایه تعریف می‌گردد. محقق جهت بررسی پیروی یا عدم پیروی نما از این سیستم مدولار، تمامی ابعاد و اندازه‌های نمای کلی و اجزای تشکیل دهنده نما را بر اساس ضریبی از مدول پایه (۱۰ سانتیمتر) یا مدول چندگانه (۶۰ سانتیمتر) لحاظ نموده، چنانچه اندازه‌ها ضریب رندی از این ضرایب باشد نشانه پیروی و چنانچه ضریب رندی از این مدول‌ها نباشد به عنوان عدم پیروی لحاظ می‌گردد. مستطیل طلایی نیز مستطیلی است که نسبت طول به عرض آن عدد  $\Phi$  یا همان  $1/618$  است که محقق در این پژوهش سعی نموده تا کل نما و اجزای تشکیل دهنده نما را به صورت مجزا با مستطیل‌هایی برابر با ضرایبی از این مستطیل پر نماید، چنانچه کل قسمت مورد بررسی با این مستطیل پوشش داده شد نشان دهنده پیروی نما یا اجزای آن از این سیستم تناسبی است و در صورت عدم پوشش، قسمت خارج از محدوده این مستطیل باهاشور مشخص شده است. به عبارتی وجودهاشور نشان دهنده عدم پیروی از این تناسب می‌باشد. چنانچه میزان‌هاشور در نمای کلی بسیار ناچیز بود آن را در نظر نگرفته و پیروی از سیستم تناسبی لحاظ می‌گردد و اگر میزان‌هاشور قابل ملاحظه بود به معنای عدم پیروی از سیستم تناسبی مورد تحلیل می‌باشد. از سوی دیگر جهت بررسی ماریچ طلایی که منحنی است که درون مربع‌هایی شکل می‌گیرد که از تقسیم اندازه هر عدد به عنوان ضلع مربع به عدد قبل از خودش به عددی نزدیک به  $1/618$  می‌رسیم که در واقع نشان دهنده همان دنباله فیبوناچی است و همانند روش مستطیل طلایی که پیش‌تر توضیح داده شد عمل می‌شود. دایره‌های پیرو نسبت ۱ به  $1/618$  یک گام از ماریچ طلایی جلوتر رفته و نشان دهنده دایره‌هایی است که از نسبت ۱ به  $1/618$  پیروی کرده و درون مربع محاط شده‌اند. جهت پیروی یا عدم پیروی نماها از این نسبت نیز محقق همچون روش مستطیل طلایی عمل می‌کند. مستطیل افلاطونی نیز همان مستطیل  $\sqrt{3}$  است و به همان روش مستطیل طلایی مورد بررسی قرار می‌گیرد. نسبت‌های  $\sqrt{2}$ ،  $\sqrt{3}$  و  $\sqrt{5}$  نیز هر کدام معرف یک مستطیل می‌باشند که قطرشان معادل این اعداد است و به شیوه مستطیل طلایی بررسی می‌گردد. کن و شاکو نیز یک واحد اندازه‌گیری جهانی است که در آن واحد شاکو معادل  $30/48$  سانتیمتر و واحد کن معادل ۶ شاکو یعنی  $182/88$  سانتیمتر می‌باشد. روش بررسی این سیستم تناسبی نیز همچون روش مستطیل طلایی می‌باشد. در بررسی نسبت زرین که معادل نسبت قسمت بزرگ‌تر به قسمت کوچک‌تر یک پاره خط مساوی نسبت قسمت کوچک‌تر به علاوه قسمت بزرگ‌تر، در قرارگیری اشکال نما در کنار یکدیگر در عرض و ارتفاع مورد تحلیل قرار می‌گیرد. در نهایت محقق به بررسی سیستم مدولار لوکوربوزیه می‌پردازد که در آن ملاک اعداد و اندازه‌های بدن انسان و مقیاس انسانی است. این سیستم، انسانی را با دست برافراشته با ابعاد ۸۶، ۱۴۰ و ۲۲۶ نشان می‌دهد که معرف فضای اشغال شده توسط پیکر انسان است به همین دلیل غیر قابل مقیاس دادن و بزرگ و کوچک کردن است. جهت تحلیل نهایی و مشخص شدن پیروی یا عدم پیروی از تعاریف زیر با عدد مربوطه استفاده خواهد شد. (جدول شماره ۱)

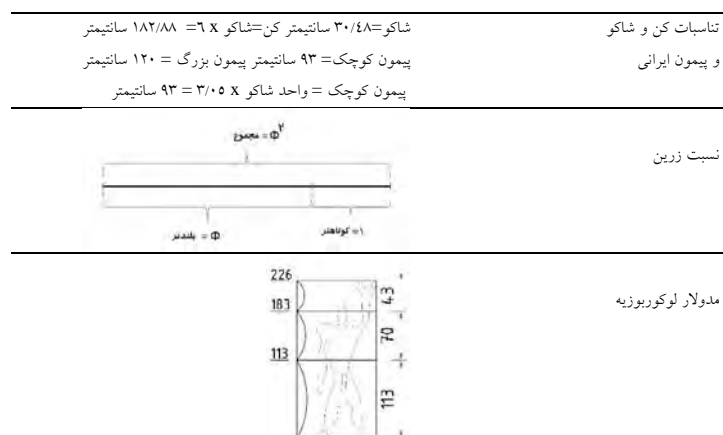
جدول ۱: معرفی علائم و اعداد و معانی مربوطه در تحلیل‌های تناسبی (نگارنده)

معرفی علائم قراردادی مورد استفاده	معانی علائم و اعداد
	هاشور نشان دهنده عدم پیروی و نسبت تکرار آن نشان دهنده میزان عدم پیروی
	عدد ۰ = عدم پیروی
	عدد ۱ = تعداد بسیار کمی پیروی
	عدد ۲ = تعداد کمی پیروی
	عدد ۳ = اکثریت پیروی
	عدد ۴ = کاملاً پیروی

در نهایت در جدول شماره ۲ سیستم‌های تناسبی تعریف شده جهت تحلیل و تصاویر مربوط به هر سیستم قابل دسترسی و مشاهده می‌باشد.

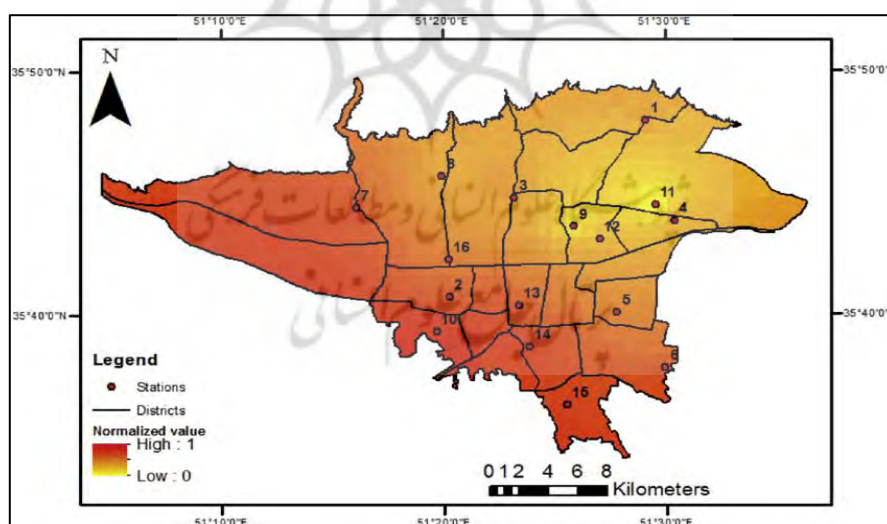
جدول ۲: معرفی سیستم‌های تناسبی و معیارهای مربوطه در تحلیل‌های تناسبی (نگارنده)

سیستم تناسبی	معیارهای مربوطه جهت تحلیل سیستم تناسبی معرفی شده
مستطیل طلایی	نسبت ضرایب رند بر اساس مدول پایه و چندگانه مدول پایه = ۱۰۰ = میلیمتر = M و مدول چندگانه = ۶۰۰ = میلیمتر = M
	
ماریچ طلایی	
	
دایره‌های پیرو نسبت ۱ به ۱/۶۱۸	
	
مستطیل افلاطونی	
	
نسبت $\sqrt{2}$	نسبت‌های رادیکالی
	
نسبت $\sqrt{3}$	
	
نسبت $\sqrt{5}$	
	



### محیط مورد مطالعه پژوهش

پرجمعیت‌ترین شهر و پایتخت ایران است. جمعیت آن ۸۲۴۴۵۳۵ نفر است و بیست و پنجمین شهر پرجمعیت جهان است. تهران در پهنه‌ای بین دو وادی کوه و کویر و در دامنه‌های جنوبی البرز و ۷۳۰ کیلومتر مربع مساحت دارد. از نظر جغرافیایی نیز در ۵۱ درجه و ۱۷ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۳۳ دقیقه طول خاوری و ۳۵ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۴۴ دقیقه عرض شمالی قرار دارد. گستره کنونی تهران از ارتفاع ۹۰۰ تا ۱۸۰۰ متری از سطح دریا امتداد یافته است؛ این ارتفاع از شمال به جنوب کاهش می‌یابد. برای مثال، ارتفاع در میدان تجریش، در شمال شهر حدود ۱۳۰۰ متر و در میدان راه‌آهن که ۱۵ کیلومتر پایین‌تر است، ۱۱۰۰ متر است.



نقشه ۱: تقسیمات داخلی شهر تهران

منبع: <https://www.researchgate.net>

تهران به دلیل پایتخت بودن و تمرکز بنیادهای سیاسی و اقتصادی در آن، نسبت به دیگر شهرهای ایران، زودتر با مظاهر نوگرایی و به تبع آن با معماری نوین آشنا شد. این آشنایی در دوران قاجار و به خصوص دوره ناصرالدین‌شاه آغاز شد اما در عمل، در دوران پهلوی بود که جنبه‌های زندگی مدرن از حصار دربار و ارگ سلطنتی خارج شد و چهره شهر را دگرگون ساخت. در دوران رضاشاه، معماران و دانش‌آموختگان مطرح اروپایی نقش مهمی در

دگرگونی چهره شهر داشتند. بعدتر سبک تازه‌ای از معماری ایران باستان وارد تهران شد. این سبک در برخی پروژه‌ها، در کالبد مدرن بود اما در تزئینات و نماسازی‌ها از معماری باستانی ایران الهام گرفته بود؛ این سبک در ساختمان‌های اداری و مهم آن زمان تهران استفاده شد. چند چهره شاخص ارمنی، تعدادی از مهم‌ترین ساختمان‌های دولتی، عمومی و خانه‌های شخصی را در تهران طراحی کرده‌اند. وارطان هوانسیان، پل آبکار، گابریل گورکیان و اوژن آفتاندلیانس از جمله این معماران مشهور هستند. ساختار اداری ایران در تهران متمرکز شده و به ۲۲ منطقه، ۱۳۴ ناحیه (شامل ری و تجریش) و ۳۷۰ محله تقسیم شده است. آب و هوای شهر تهران در تابستان گرم و خشک و در زمستان سرد است. متوسط درجه حرارت سالانه شهر تهران ۱۷/۱ درجه سانتیگراد، حداکثر مطلق آن ۴۴ درجه سانتیگراد و حداقل مطلق آن ۸ درجه سانتیگراد گزارش شده است. متوسط بارندگی ۲۳۱ میلی‌متر و میانگین روزهای یخبندان در طول سال ۴۹ روز می‌باشد.



نقشه ۲: موقعیت شهر تهران

منبع: <https://commons.wikipedia.org>

### یافته‌های پژوهش

در نهایت خانه‌ها بر اساس نتایج مصاحبه و پرسشنامه‌ها در دو گروه اصلی تقسیم‌بندی می‌گردد. در گروه اول معیار اصلی انتخاب زیبایی و در گروه دوم معیار اصلی انتخاب تناسب در نظر گرفته شده است. هر یک از این دو گروه در سه دسته بسیار خوب، خوب و معمولی با توجه به نظرات مصاحبه‌شوندگان تفکیک شده‌اند. در جدول شماره ۳ خانه‌های گروه بسیار خوب منتخب بر اساس زیبایی که ۵ مورد مطالعه در مقاله حاضر می‌باشند معرفی می‌گردد.



جدول ۳: معرفی بناهای برگزیده بر اساس معیار زیبایی (نگارنده)

نام معمار	دهه یا سال ساخت	نام خانه	خانه‌های منتخب بر اساس زیبایی
پل آبکار	۱۳۳۰	خانه میردامادی (خانه شماره ۹)	گروه بسیار خوب
فرامرزشریفی	۱۳۷۵	خانه امیری (خانه شماره ۳۰)	
احسان ملکی	۱۳۹۴-۱۳۹۵	آپارتمان لوسان (خانه شماره ۲۴)	
جوپونتی	۱۳۳۹	ویلا ی نمازی (خانه شماره ۱۶)	
پل آبکار	۱۳۳۲	خانه دکتر باهر (خانه شماره ۸)	

در این بخش از کار به تحلیل تناسبی خانه‌های منتخب نام برده شده پرداخته می‌شود. لازم به توضیح است که در خانه میردامادی و خانه امیری تمامی تحلیل‌های تناسبی در جداولی به عنوان نمونه ارائه می‌گردد و در سه خانه دیگر تنها نتایج حاصل از تحلیل‌های تناسبی بیان می‌گردد.

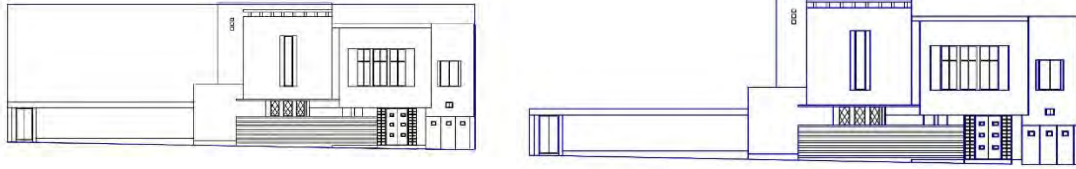
### خانه میردامادی:

در استخراج اشکال تشکیل دهنده نمای اصلی کل نما درون یک دوزنقه قابل محاط شدن است. همچنین اشکال موجود در نمای خانه میردامادی بر اساس پیش‌آمدگی و عقب‌نشینی و تفکیک متریال استخراج گردید و شکل غالب بر نمای خانه میردامادی شناسایی شد. ۲۲ مستطیل افقی و ۲۵ مستطیل عمودی و ۳ دوزنقه اشکال اصلی تشکیل دهنده نمای خانه میردامادی می‌باشند که در تمامی مراحل بررسی تناسب، به تنهایی مورد تحلیل قرار خواهند گرفت. با بررسی مدول نما در کل و اجزا ساختمان به تفکیک، این نتیجه حاصل گردید که طول و عرض کلی نما از ضرایب رندی از مدول چندگانه پیروی می‌کنند ولی تنها برخی از اجزای نما از ضرایب رندی از مدول‌های پایه یا چندگانه پیروی می‌کنند. در بررسی برای مستطیل طلایی این نتیجه حاصل گردید که نمای کلی خانه میردامادی از تناسب مستطیل طلایی پیروی می‌کند ولی اجزا از این تناسب پیروی نمی‌کنند، همچنین در تصاویر می‌توان شاهد این موضوع بود که با توجه به قسمت‌های هاشورخوده که نشانگر خروج بخش کمی از کل نما از تناسب مربوط به دایره‌های پیرو نسبت ۱ به  $\frac{1}{\sqrt{6}}$  می‌باشد، کل نمای خانه میردامادی از این نسبت پیروی می‌کند ولی اجزای نما از تناسب نام برده بسیار کم پیروی می‌کنند. از سوی دیگر طرح کلی نما از تناسب مستطیل افلاطونی پیروی می‌کند و اجزا از تناسب مستطیل افلاطونی بسیار کم پیروی می‌کند. مطابق تصاویر و قسمت‌های هاشورخورده، طرح کلی نما از هیچ یک از نسبت‌های  $\frac{1}{\sqrt{2}}$ ،  $\frac{1}{\sqrt{3}}$  و  $\frac{1}{\sqrt{5}}$  پیروی نمی‌کند و اجزای نما نیز به میزان کم از تناسب  $\frac{1}{\sqrt{2}}$ ،  $\frac{1}{\sqrt{3}}$ ،  $\frac{1}{\sqrt{5}}$  پیروی می‌کنند. تعداد کمی از اجزا از نسبت زرین پیروی می‌کنند و سیستم مدولار لوکوربوزیه به طور کلی استفاده نشده است. نسبت کن و شاکو نیز در طرح کلی نما وجود دارد و در اجزای نما پیروی بسیار کم را نشان می‌دهد.



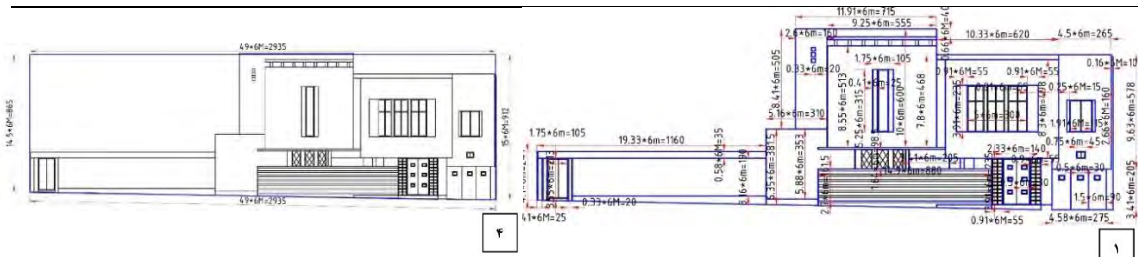
تصویر ۱۱: تصاویر خانه میردامادی (شافعی و همکاران، ۱۳۹۷)

شکل غالب کلی و اشکال استخراج شده از نمای اصلی

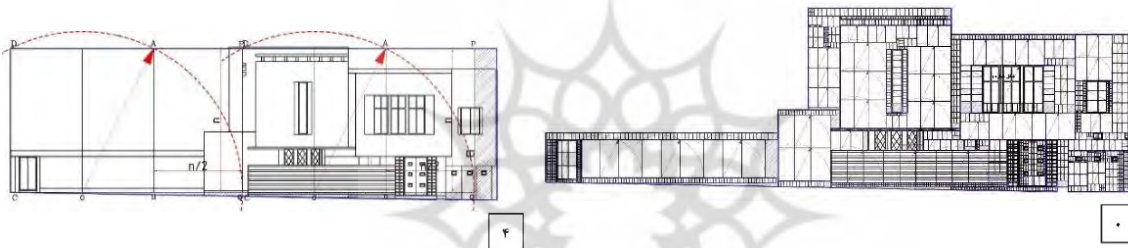


بررسی کل نما

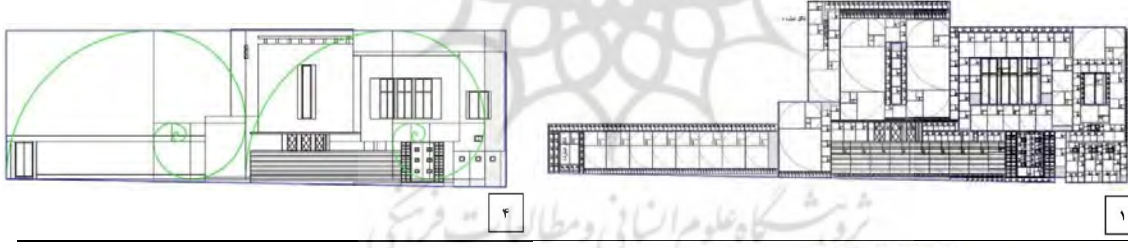
بررسی اجزای نما



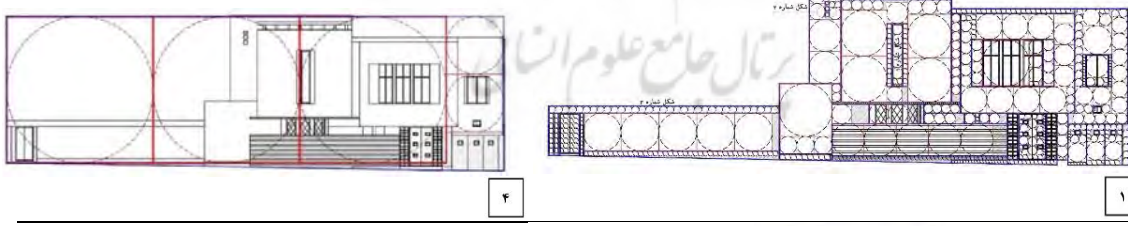
مدول پایه و چندگانه



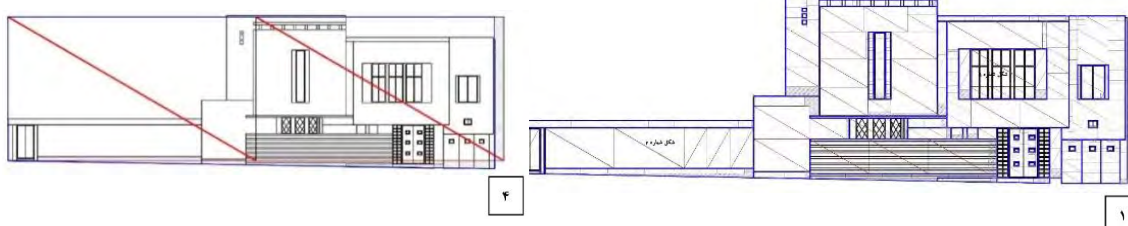
مستطیل طلایی



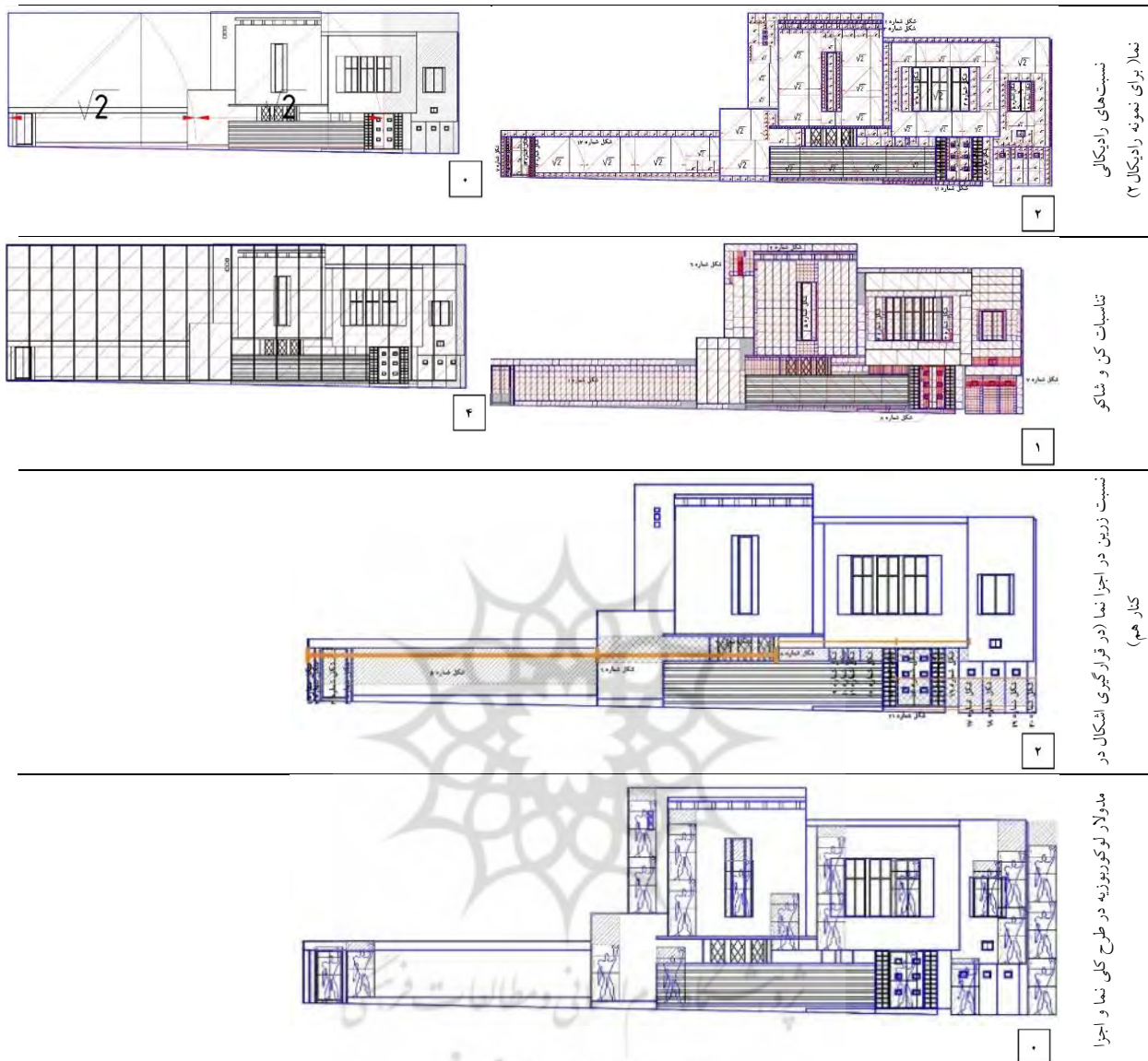
ماریچ طلایی



دایره‌های پیرو نسبت (۱/۱۸۱۸)



مستطیل افلاطونی



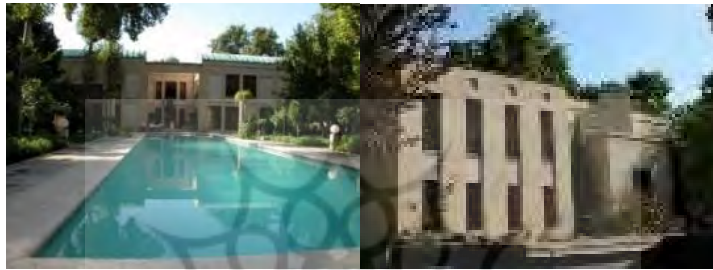
تصویر ۱۲: تحلیل‌های تناسباتی نمای اصلی خانه میردامادی (منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۹)

### خانه امیری

با توجه به آنچه که در تصاویر قابل مشاهده است کل نما درون یک مستطیل قابل محاط شدن است. همچنین اشکال موجود در نمای خانه امیری بر اساس پیش‌آمدگی و عقب‌نشینی و تفکیک متریال استخراج گردید و شکل غالب بر نمای خانه امیری شناسایی شد. در این خانه، نما به چندین مستطیل و مربع و نیم دایره قابل تفکیک می‌باشد. ۲۰ مستطیل افقی و ۳۴ مستطیل عمودی، ۴ مربع و یک نیم دایره اشکال اصلی تشکیل دهنده نمای خانه امیری می‌باشند که در تمامی مراحل بررسی تناسبات، به تنهایی مورد تحلیل قرار می‌گیرند. نتایج تحلیل نشان می‌دهد که طول و عرض کلی نما از ضرایب رندی از مدول چندگانه پیروی نمی‌کنند و تنها تعداد کمی از اجزای نما از ضرایب رندی از مدول‌های چندگانه پیروی می‌کنند. نمای کلی خانه امیری از تناسبات مستطیل طلایی پیروی می‌کند همچنین تعداد کمی از اجزای نما از تناسبات مستطیل طلایی پیروی می‌کنند. نمای کلی خانه، از تناسبات ماریچ طلایی



پیروی می‌کند و به غیر از تعداد بسیار کمی از اجزا بقیه از این نسبت پیروی نمی‌کنند. دایره‌های پیرو نسبت ۱ به ۱/۶۱۸ در طرح کلی نما استفاده نشده ولی تعداد بسیار کمی از اجزا از این تناسب بهره برده‌اند. طرح کلی نما از تناسبات مستطیل افلاطونی پیروی نمی‌کند. همچنین به غیر از تعداد بسیار کمی از اجزا، بقیه اجزای نما از تناسبات مستطیل افلاطونی پیروی نمی‌کنند. طرح کلی نما نیز از هیچ یک از نسبت‌های  $\sqrt{2}$ ،  $\sqrt{3}$  و  $\sqrt{5}$  پیروی نمی‌کند. در تحلیل اجزای نما نیز به غیر از تعداد بسیار کمی از اجزا، بقیه از تناسبات  $\sqrt{2}$ ،  $\sqrt{3}$ ،  $\sqrt{5}$  پیروی نمی‌کنند. همچنین از سیستم مدولار لوکوربوزیه در کل و اجزا به میزان بسیار کمی استفاده شده است. همچنین تعداد بسیار کمی از ارتفاع اجزا از تناسب زرین پیروی می‌کنند. نسبت کن و شاکو نیز در طرح کلی نما وجود ندارد و در اجزای نما به میزان کمی وجود دارد.



تصویر ۱۳: تصاویر خانه امیری/ <https://arel.ir/>



 <p>۴</p>	 <p>۱</p>	<p>ماریج طلایی</p>
 <p>۰</p>	 <p>۱</p>	<p>دایره‌های پیرو نسبت اینه ۱/۳۱۸</p>
 <p>۰</p>	 <p>۱</p>	<p>مستطیل افلاطونی</p>
 <p>۰</p>	 <p>۱</p>	<p>نسبت‌های رادیکالی نماد برای نمونه رادیکال (۳)</p>
 <p>۴</p>	 <p>۲</p>	<p>تناسبات کن و شاگرد</p>
 <p>۴</p>	 <p>۱</p>	<p>نسبت زمین در اجرا نما (در قرارگیری اشکال در کنار هم)</p>



مدولار لوکوربوزیه در طرح کلی نما و آپارتمان

۱

تصویر ۱۴: تحلیل‌های تناسبی نمای اصلی خانه امیری (منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۹)

### آپارتمان لواسان

نتایج حاصل از تحلیل نمای آپارتمان لواسان بیانگر این موضوع است که کل نما درون یک مربع مستطیل قابل محاط شدن است. همچنین اشکال موجود در نمای خانه که بر اساس پیش‌آمدگی و عقب‌نشینی و تفکیک متریا ل استخراج شده مشخص نمود که ۴۹ مستطیل افقی و ۳۸ مستطیل عمودی اشکال اصلی تشکیل دهنده نمای خانه می‌باشند که در تمامی مراحل بررسی تناسبات، به تنهایی مورد تحلیل قرار خواهند گرفت. طول کلی نما از ضریب رندی از مدول چند گانه پیروی نمی‌کند ولی ارتفاع نما از ضریب رندی از مدول چند گانه پیروی می‌کند همچنین تعداد کمی از اجزای نما نیز از ضرایب رندی از مدول‌های پایه یا چند گانه پیروی می‌کنند. نمای کلی خانه آپارتمان لواسان از تناسبات مستطیل طلایی پیروی می‌کند ولی به جز تعداد کمی از اجزا بقیه اجزای نما از تناسبات مستطیل طلایی پیروی نمی‌کنند. نمای کلی خانه، از تناسبات مارپیچ طلایی پیروی می‌کند و همچنین به جز تعداد کمی، بقیه اجزای نما از تناسبات مارپیچ طلایی پیروی نمی‌کنند. طرح کلی نما از دایره‌های پیرو نسبت ۱ به  $\sqrt{618}$  پیروی می‌کند و به غیر از تعداد کمی، بقیه اجزای نما از تناسب ۱ به  $\sqrt{618}$  پیروی نمی‌کنند. طرح کلی نما از تناسبات مستطیل افلاطونی نیز پیروی می‌کند ولی اجزای نما به غیر از تعداد کمی، بقیه از تناسبات مستطیل افلاطونی پیروی نمی‌کند. طرح کلی نما از نسبت  $\sqrt{2}$  پیروی می‌کند و در اجزای نما نیز به غیر از تعداد کمی، بقیه اجزا از تناسبات  $\sqrt{2}$ ،  $\sqrt{3}$ ،  $\sqrt{5}$  پیروی نمی‌کنند. همچنین تعداد کمی از ارتفاع اجزا از نسبت زرین پیروی می‌کنند. سیستم مدولار لوکوربوزیه نیز در طرح کلی نما وجود دارد و تعداد بسیار کمی از اجزا نما نیز از تناسبات کن و شاکو پیروی می‌کنند.



تصویر ۱۵: تصاویر آپارتمان لواسان <https://caoi.ir>

### ویلا ی نمازی:

در ویلا ی نمازی اشکال موجود بر اساس پیش‌آمدگی و عقب‌نشینی و تفکیک متریا ل استخراج گردید و شکل غالب بر نمای ویلا شناسایی شد. در این ویلا، اشکال غالب نما عبارتند از ۲۲ مستطیل افقی و ۳ مستطیل عمودی که در



تمامی مراحل بررسی تناسبات، به تنهایی مورد تحلیل قرار خواهند گرفت. نتایج حاصل از تحلیل‌های انجام شده چنین است که طول و عرض کلی نما از ضرایب رندی از مدول چندگانه پیروی می‌کند ولی تنها تعداد بسیار کمی از اجزای نما از ضرایب رندی از مدول‌های پایه یا چندگانه پیروی می‌کنند. نمای کلی ویلای نمازی تقریباً از تناسبات مستطیل طلائی پیروی می‌کند و به جز تعداد بسیار کمی از اجزاء، بقیه اجزای نما از تناسبات مستطیل طلائی پیروی نمی‌کنند. همچنین نمای کلی ویلای نمازی تا حدود زیادی از تناسبات مارپیچ طلائی پیروی می‌کند و به جز تعداد بسیار کمی از اجزای نما بقیه اجزاء از تناسبات مارپیچ طلائی پیروی نمی‌کنند. از سوی دیگر نمای کلی از دایره‌های پیرو نسبت ۱ به  $\frac{1}{618}$  پیروی نمی‌کند و به جز تعداد بسیار کمی از اجزاء، بقیه اجزای نما نیز از این نسبت پیروی نمی‌کنند. از سوی دیگر طرح کلی نما از تناسبات مستطیل افلاطونی پیروی نمی‌کند و تنها تعداد بسیار کمی از اجزاء نما از تناسبات مستطیل افلاطونی پیروی می‌کند. طرح کلی نما از  $\sqrt{2}$ ،  $\sqrt{3}$  و  $\sqrt{5}$  پیروی نمی‌کند؛ و به غیر از تعداد بسیار کمی از اجزای نما بقیه از تناسبات  $\sqrt{2}$ ،  $\sqrt{3}$ ،  $\sqrt{5}$  پیروی نمی‌کنند. از سوی دیگر اجزاء نما به میزان کمی از نسبت زرین پیروی می‌کند. همچنین ارتفاع کل نما و ارتفاع هیچ یک از اجزاء نما از سیستم مدولار لوکوربوزیه پیروی نمی‌کند. نسبت کن و شاکو نیز در طرح کلی نما رعایت شده و در تعداد بسیار کمی از اجزای نما نیز وجود دارد.

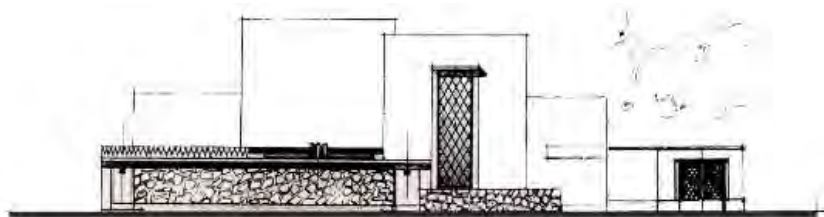


تصویر ۱۶: تصاویر ویلای نمازی/ <https://caoi.ir>

#### خانه دکتر باهر:

در تحلیل خانه دکتر باهر، اشکال موجود در نمای خانه بر اساس پیش‌آمدگی و عقب‌نشینی و تفکیک متریاال استخراج و شکل غالب بر نمای خانه دکتر باهر شناسایی شد. در این خانه، کل نما در یک مستطیل افقی کشیده جای گرفته است که خود به مستطیل‌های افقی و عمودی قابل تفکیک می‌باشد. ۱۳ مستطیل افقی و ۱۶ مستطیل عمودی اشکال اصلی تشکیل دهنده این نما می‌باشند که در تمامی مراحل بررسی تناسبات، به تنهایی مورد تحلیل قرار خواهند گرفت. طول کلی نما از ضریب رندی از مدول چندگانه پیروی می‌کند ولی ارتفاع نما از ضریب رندی پیروی نمی‌کند. همچنین در اجزای نما نیز تنها تعداد بسیار کمی از شکل‌ها از ضرایب رندی از مدول‌های چندگانه پیروی می‌کنند. نمای کلی از تناسبات مستطیل طلائی پیروی می‌کند ولی تنها تعداد بسیار کمی از اجزای نما از تناسبات مستطیل طلائی پیروی می‌کنند. همچنین نمای کلی از تناسبات مارپیچ طلائی پیروی می‌کند و تنها تعداد بسیار کمی از اجزای نما از تناسبات مارپیچ طلائی پیروی می‌کنند. از سوی دیگر به غیر از تعداد بسیار کمی از اجزای نما، کل نما و بقیه اجزای نما از دایره‌های پیرو نسبت ۱ به  $\frac{1}{618}$  پیروی نمی‌کند. به غیر از تعداد بسیار کمی از اجزای نما، بقیه اجزای نما از تناسب مستطیل افلاطونی پیروی نمی‌کند در صورتی که طرح کلی نما از این نسبت پیروی می‌کند. همچنین طرح کلی نما از  $\sqrt{2}$ ،  $\sqrt{3}$  و  $\sqrt{5}$  پیروی نمی‌کند ولی طرح کلی از ترکیب نسبت  $\sqrt{2}$ ،  $\sqrt{3}$  و  $\sqrt{5}$

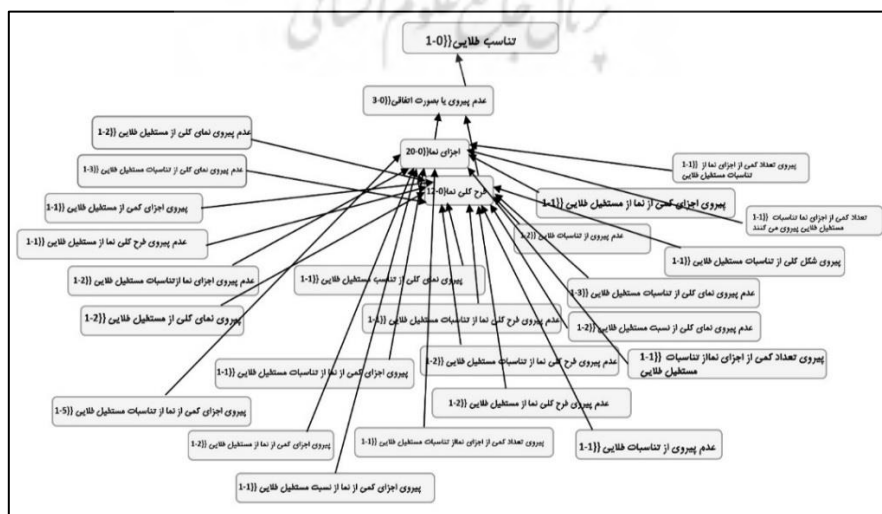
پیروی می‌کند. در تحلیل اجزای نما، تنها تعداد بسیار کمی از اجزاء، تناسبات  $\sqrt{2}$ ،  $\sqrt{3}$ ،  $\sqrt{5}$  پیروی می‌کنند. از سویی تعداد کمی از اجزای نما از نسبت زرین پیروی می‌کنند. نمای کلی از سیستم مدولار لوکوربوزیه پیروی نمی‌کند ولی تعداد بسیار کمی از اجزای نما از این نسبت پیروی می‌کنند. همچنین کل نمای خانه دکتر باهر و تعداد کمی از اجزای نما نیز از نسبت کن و شاکو پیروی می‌کنند.



تصویر ۱۷: نمای خانه دکتر باهر (شافعی و همکاران، ۱۳۹۷)

### استخراج کدهای مربوط به بکارگیری تناسبات:

پس از مشاهده مشارکتی توسط متخصصین و اظهار نظر آن‌ها در ارتباط با کاربرد تناسبات برای هر مورد، شروع به کدگذاری با نرم‌افزار ATLASTI گردید که ابتدا کدهای توصیفی مشخص شد. کدگذاری توصیفی بیان چیزهایی است که حائز اهمیت است. گام بعدی، مشخص نمودن هر چیزی در متن است که ممکن است به ما در فهم دیدگاه‌ها، تجربیات و ادراکات مشارکت کنندگان کمک نماید. سپس کدهای توصیفی طی مقایسه مستمر چندباره، در یکدیگر ادغام یا در ذیل یکدیگر قرار می‌گیرند. برای هر پاسخ توسط مشاهده‌کنندگان مشارکتی به شرطی که به این موضوع اشاره کرده باشند که از نوع سیستم خاصی از تناسبات پیروی می‌کنند یا نمی‌کنند یا هر یک از اجزای این تناسبات باشند یا نباشند، یک شاخه آبخاری وارد می‌شود. در نهایت به شکل زیر در می‌آیند و اعداد کنار هر کد بیانگر نوع رابطه مستقیم یا غیر مستقیم و شماره تناسبات مورد تحلیل و میزان تکرار آن کد است. در نمودار زیر به عنوان نمونه سیستم تناسبات مستطیل طلایی که توسط این نرم افزار کدگذاری شده ارائه می‌گردد. به همین ترتیب بقیه سیستم‌های تناسباتی نیز در مورد نماهای منتخب کدگذاری می‌شوند.



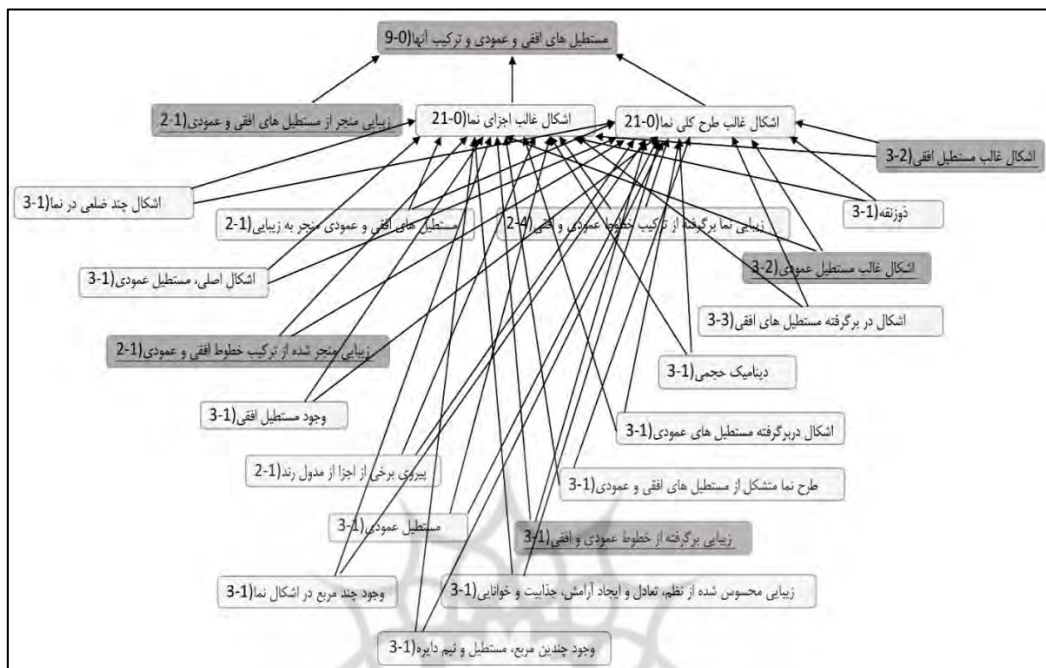
تصویر ۱۸: نمونه‌ای از کدهای استخراج شده از متون برگرفته شده از مشاهده مشارکتی توسط نرم‌افزار اطلس تی (منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۹)

در نهایت پس از بررسی‌های انجام گرفته، در کاربرد تناسب اعداد با ضرایب رند برگرفته از مدول پایه و چندگانه در مشاهده و تحلیل هندسی از نماهای بناهای منتخب، مشخص گردید که تعداد کمی از اجزای نما در دو مورد از بناها دارای پیروی از این تناسب می‌باشند که نمی‌تواند نشان دهنده کاربرد این نسبت در اجزا باشد و همچنین در پیروی طرح نمای کلی نیز همین امر مشهود می‌باشد. در مورد میزان و کاربرد مستطیل طلایی، پس از تحلیل هندسی از نماهای بناهای منتخب مشخص گردید که تعداد بسیار کمی از اجزای نماها دارای این تناسب هستند و در پیروی طرح نمای کلی در اکثریت بناها این امر وجود دارد. در بررسی‌های انجام گرفته در مورد میزان و کاربرد نسبت زرین، پس از تحلیل هندسی از نماهای بناهای منتخب مشخص گردید که کاربرد این نسبت در طرح کلی بسیار کم و در اجزا به تعداد کم از این نسبت پیروی کرده‌اند. در بررسی‌های انجام گرفته نسبت به کاربرد تناسب مستطیل افلاطونی می‌توان اذعان کرد که در طرح کلی نما اکثریت از این نسبت پیروی می‌کند در صورتی که در اجزا تعداد بسیار کم پیروی را نشان می‌دهد. در بررسی‌های انجام گرفته نسبت به کاربرد تناسب نسبت‌های رادیکالی مشخص گردید که در نماهای بناهای منتخب، در طرح کلی نماها به تعداد کم و اجزای بسیار کمی از نماها از نسبت‌های رادیکالی پیروی می‌کنند که مقدار  $\sqrt{3}$  از همه بیشتر و به ترتیب  $\sqrt{2}$  و  $\sqrt{5}$  قرار می‌گیرند. در بررسی‌های انجام گرفته در کاربرد دایره‌های پیرو نسبت ۱ به  $1/618$  مشخص گردید که در طرح کلی نماها این نسبت در بناها به تعداد کم و در اجزای نما نیز به میزان بسیار کمی از این نسبت پیروی می‌کنند که به طور کلی می‌توان بیان نمود که از این تناسب در این بناها استفاده نمی‌شود و یا پیروی به صورت اتفاقی می‌باشد. در بررسی‌های انجام گرفته در کاربرد نسبت مدولار لوکوربوزیه مشخص گردید که در نماهای کلی بناهای منتخب کاربرد این نسبت وجود ندارد و وجود چند مورد در اجزا نیز می‌تواند به صورت اتفاقی باشد. در بررسی‌های انجام گرفته در مورد کاربرد نسبت کن و شاکو مشخص گردید که در نماهای بناهای منتخب کاربرد این نسبت در اکثر طرح کلی نماها وجود دارد ولی در اجزای نماها به میزان بسیار کمی به کار رفته که این امر به علت کاربرد کم می‌تواند به صورت اتفاقی باشد. نتایج حاصل از کدگذاری در جدول ۴ ارائه می‌گردد.

جدول ۴: نتایج به دست آمده از مشاهده مشارکتی توسط متخصصین منبع: (یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۹)

نوع تناسب	طرح کلی نما	اجزای نما
نسبت ضرایب رند بر اساس مدول پایه و چندگانه	۱	۱
مستطیل طلایی	۴	۱
ماریچ طلایی	۴	۱
دایره‌های پیرو نسبت ۱ به $1/618$	۲	۱
مستطیل افلاطونی	۳	۱
نسبت $\sqrt{2}$	۲	۱
نسبت $\sqrt{3}$	۲	۱
نسبت $\sqrt{5}$	۲	۱
تناسبات کن و شاکو	۴	۱
نسبت زرین	۱	۲
مدولار لوکوربوزیه	۰	۱

پس از مصاحبه شوندگان خواسته شده بود علت زیبایی بناهای مذکور را بیان نمایند که نتیجه مستخرج گردیده نسبت به این امر با استفاده از نرم افزار ATLAS TI به صورت زیر می‌باشد.



تصویر ۱۹: نمودار کدگذاری دلایل زیبایی نماهای منتخب از دیدگاه مصاحبه شوندگان منبع: (یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۹)

در بررسی نما با سیستم مشاهده مشارکتی پس از تشریح اجزای نما توسط مشاهده گران مشخص گردید که بیشترین برجستگی این بررسی‌ها مربوط به بکارگیری مستطیل‌های افقی و عمودی در اجزای نما و شکل غالب مربوط به بهره‌گیری از این دو و یا ترکیب هم‌زمانی آن‌هاست. به عبارتی برجسته‌ترین کدهای به دست آمده، در تصویر شماره ۳۰ با رنگ خاکستری تیره تفکیک شده است. در برخی از کدهای مستخرج شده به استفاده خطوط افقی و عمودی یا هم‌زمانی بکارگیری این دو اشاره می‌شود؛ که این نیز می‌تواند نشان‌دهنده به کارگیری مستطیل‌های عمودی و افقی باشد که به صورت کشیده می‌باشند. همچنین مشاهده گران نیز علت زیبایی را در بکارگیری این دو می‌دانستند که در بررسی تناسبات نیز می‌توان به این امر رسید زیرا اکثر تناسبات بکار رفته تداعی‌کننده مستطیل و ایجاد کننده آن می‌باشند.

### نتیجه‌گیری و دستاورد علمی پژوهشی

در هنر مدرن نوع بیان و ارائه کار مهم جلوه می‌نماید و جنبه نمایشی و نمادین آن سبب بردن هنر به موزه و نمایشگاه می‌شود. از آن زمان به بعد پرسش از راه و روش و سبک ارائه کار مطرح می‌شود که ماحصل آن پیدایش ایسم‌ها و سبک‌ها در معماری است که ظاهراً در آن از اصولی پیروی می‌کنند ولی برای طراحی‌ها و ترسیمات خود قواعدی ندارند. آنچه که مسلم است در دنیای مدرن باید از کلیتی که در گذشته قرار دارد فاصله گرفت ولی شناخت اصول و قوانین گذشتگان به لحاظ مانا بودن اثر معماری خلق شده در گذشته، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در دنیای امروز در کشور ما همچنان به‌کارگیری نماهای مدرن رواج خاصی دارد و به نظر می‌رسد دارای تنوع زیادی

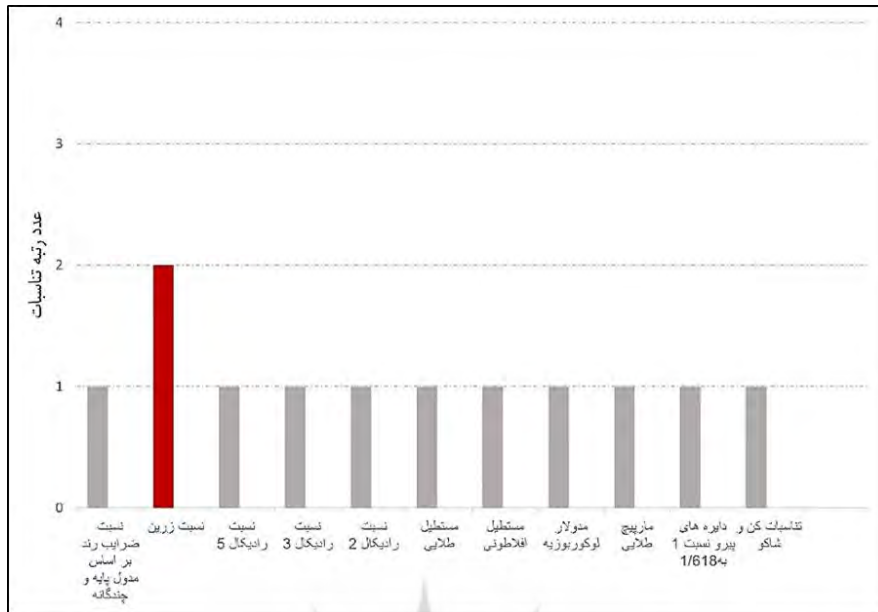
نیز می‌باشند. پس خالی از لطف نیست تا بتوان از بهترین کارهای معماری اصولی را استخراج نمود که از آن اصول در نمونه‌های دیگر جهت ارائه هرچه بهتر زیبایی بهره جست. لذا شناخت روش و بررسی تناسب هندسی موجود در نماهای مدرن ساختمان‌های شهر تهران با توجه به زیبایی، موضوع این مقاله است. در این مقاله نخست قوانین و تناسب هندسی که در گذشته و در فرهنگ ایران و جهان مطرح بوده در مبنای نظری به تفسیر بیان و نتایج کار به صورت جمع‌بندی شده مشخص گردید سپس جهت آنالیز نماهای منتخب بر اساس سیستم‌های تناسب هندسی، پژوهشگر دریافت که می‌توان ۹ سیستم تناسبی که در جدول شماره ۲ به تفکیک نام برده شده است را بکار بسته و روش کار تحلیل نیز مشخص می‌گردد. مرحله تحلیل شکلی به شیوه ترسیم تناسب در نمای کلی و در جزئیات نما می‌باشد و سپس از متخصصین در ارتباط با علت زیبایی این بناها پرسش می‌شود. در نهایت مشاهده شد که نتایج تحلیل تناسب در ۵ حالت قابل تفسیر می‌باشد که این ۵ حالت در جدول شماره ۱ معرفی شد و از راه تحلیل شکلی نماها با بهره‌گیری از تناسب بیان شده، مشخص گردید که در نمای کلی می‌توان ترتیب قرارگیری میزان بهره‌بری از تناسب را به شرح زیر ارائه نمود:

طرح کلی نما: تناسب کن و شاکو، مستطیل طلائی و ماریچ طلائی < مستطیل افلاطونی < نسبت‌های رادیکالی و نسبت ۱ به  $1/618$  < نسبت زرین و نسبت ضرایب رند مدول پایه و چندگانه < مدولار لوکوربوزیه  
 اما در بکارگیری این تناسب در اجزای نما کمی تفاوت وجود دارد و به شرح زیر قابل ارائه می‌باشد:  
 اجزای نما: نسبت زرین < تناسب کن و شاکو، مستطیل طلائی، ماریچ طلائی، مستطیل افلاطونی، نسبت‌های رادیکالی، نسبت ۱ به  $1/618$ ، نسبت زرین، نسبت ضرایب رند مدول پایه و چندگانه و مدولار لوکوربوزیه  
 نتایج ذکر شده در بالا به تفکیک در نمودارهای زیر نیز قابل ارائه می‌باشد:



تصویر ۲۰: نمودار فراوانی تناسب هندسی در طرح کلی نماهای منتخب منبع: (یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۹)





تصویر ۲۱: نمودار فراوانی تناسبات هندسی در اجزای نماهای منتخب منبع: (یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۹)

با مقایسه این دو نمودار می‌توان تفاوت را در میزان بکارگیری تناسبات چه در اجزا و چه در نمای کلی مشاهده نمود. آنچه که از نتایج قابل تأمل است استفاده زیاد از تناسبات کن و شاکو در طرح کلی نما و استفاده از نسبت زرین در قرارگیری اجزای نما در کنار یکدیگر می‌باشد. شاید بتوان چنین ادعا نمود که با توجه به این که واحد شاکو معادل  $30/48$  سانتیمتر و پیمون کوچک ایرانی نیز معادل  $93$  سانتیمتر است، هر دو تقریباً ضریب عدد  $30$  یا همان یک فوت می‌باشد که به جهت دانه‌ریز بودن، واحد شاکو نقش بیشتری در ترسیمات هندسی ایفا می‌کند. از سوی دیگر هم در نمای کلی و هم در اجزای نما، به میزان خیلی کمی از مدولار لوکوربوزیه بهره گرفته می‌شود. در نهایت می‌توان به این نتیجه رسید که در خصوص ارتباط زیبایی و خوشایندی نماها، تناسبات هندسی در نمای کلی بیشتر مشاهده می‌گردد و از طرفی متخصصین نیز علت این زیبایی را در بکارگیری شکل غالب که مستطیل‌های افقی و عمودی بودند می‌دانسته‌اند که می‌توان از آن در طراحی نماهای خانه‌های مختلف برای القای حس زیبایی استفاده نمود. همچنین می‌توان در آموزش دانشجویان معماری از این امر بهره برد. همچنین از تحلیل نتایج به دست آمده می‌توان این‌گونه نیز برداشت نمود که طراحان برای طرح کلی نماهای ساختمان‌ها به تناسبات هندسی اهمیت داده ولی در بکارگیری این تناسبات در اجزای نماها کمی تردید وجود دارد و بیشتر به تناسبات قرارگیری اجزا در کنار یکدیگر که با نسبت زرین قابل ارائه بود توجه شده است.

## منابع

- السعيد، عصام، پارمان، عايشه، ۱۳۶۳، نقش‌های هندسی در هنر اسلامی، ترجمه رجب نیا، مسعود، سروش، تهران.
- آیت الهی، حبیب‌الله، ۱۳۷۷، مبانی نظری هنرهای تجسمی، تهران: سمت.
- انصاری، مجتبی، اخوت، هانیه و علی‌اکبر تقوایی، ۱۳۹۰، تحقیقی پیرامون سیر تاریخی سیستم‌های تنظیم تناسبات در معماری با تأکید بر ملاحظات کاربردی و زیبایی‌شناسی، کتاب ماه هنر، شماره ۱۵۱، صص: ۶۶-۵۷.

- بمانیان، محمدرضا، اخوت، هانیه و بقائی، پرهام، ۱۳۹۰ ف کاربرد هندسه و تناسب در معماری، چاپ اول، تهران: هله، ص ص، ۱۵، ۱۷۱، ۱۳۹، ۱۷۵، ۱۸۰، ۱۸۲.
- بورگ، والتر، گال، مردیت دامین، ۱۳۹۱، روش‌های تحقیق کمی و کیفی در علوم تربیتی و روانشناسی، ترجمه جمعی از مؤلفان زیر نظر دکتر احمدرضا نصر اصفهانی، تهران، ناشر دانشگاه شهید بهشتی.
- جرموزی، شیماء، صالحی، سودابه، ۱۳۹۲، تناسب زیبا: مقایسه تطبیقی تناسب ساختاری یکی از قباله‌های ازدواج موجود در گنجینه آستان قدس رضوی با نظام تناسب متداول در غرب، مجله گنجینه اسناد، شماره ۹۰، ص ص ۱۲۰-۱۳۷.
- دی ک چینگ، فرانسیس، ۱۹۹۸، معماری فرم، فضا و نظم، ترجمه: زهرا قراگزلو، انتشارات دانشگاه تهران.
- شافعی، بیژن، سروشیانی، سهراب و دانیل، ویکتور، ۱۳۹۷، معماری پل آبکار، انتشارات شافعی.
- ضیایی نیا، محمدحسن، هاشمی زرج آبادی، حسن، ۱۳۹۵، تناسب طلایی و سیستم تناسب ایرانی- اسلامی در مسجد جامع قائن، دو فصلنامه علمی- پژوهشی مرمت و معماری ایران، شماره ۱۱، ص ص ۸۹-۹۹.
- طاهباز، منصوره، ۱۳۸۳، شکل مقدس، مجله صفا، شماره ۳۸، ص ص، ۹۵-۱۲۵.
- کاشف پور، نیلوفر، ۱۳۸۸، از واحد تا احد، مشهد، سخن گستر.
- کرسول، جان دبلیو، کلارک، ویکی پلانو، ۱۳۹۸، روش‌های پژوهش ترکیبی، ترجمه جاوید سرایی و علی رضا کیامنش، انتشارات آبیژ. کریر، راب، ۱۳۸۴، فضای شهری، ترجمه خسروهاشمی نژاد، تهران: نشر خاک.
- کلمبک، لیزا، ویلبر، دونالد، ۱۳۷۴، معماری تیموری در ایران و توران، ترجمه محمد یوسف کیانی و کرامت الله افسر، چاپ اول، تهران: سازمان میراث فرهنگی.
- لولر، رابرت، ۱۳۶۸، هندسه مقدس، ترجمه‌هایده معیری، تهران: علمی و فرهنگی. ص ص ۶۲، ۶۶، ۶۹.
- مایس، پی یر فون، ۱۳۸۷، نگاهی به مبانی معماری از فرم تا مکان، ترجمه: سیمون آیوازیان، چاپ سوم، انتشارات دانشگاه تهران.
- نویفرت، ارنست، ۱۳۷۸، اطلاعات معماری، ترجمه: حسین مظفری و طیبه پرهیزکار، انتشارات دانشگاه تهران.
- Barrat, K. (1980). *Logic and design in art, science & mathematics*, London: The Herbert.
- Dabbour, Loai, 2012, *Geometric proportions: The underlying structure of design process for Islamic geometric patterns*, *Frontiers of Architectural Research*, 380-391.
- Guenon, Rene, 1994. *The Great Triad*. South Asia Books, New York, USA, P.23.
- Guenon, Rene, 1995. *The Reign of Quantity and the Sign of the Times*. Sophia Perennis, Ghent, p. 8, 170.
- Haslam, A. (2006). *Book design*. London: Laurence king.
- Lings, Martin, 1976. *The Quranic Art of Calligraphy and Illumination* Tajir Trust, London, p. 13
- Lawlor, Robert, 1989. *Sacred Geometry: Philosophy and Practice*. Thames and Hudson, New York, p. 3, 48, 82, 92.
- Rawles, Bruce, 1997. *Sacred Geometry Design Sourcebook*. Elysian Publishing, Eagle Point, Oregon, p. 87.
- Schneider, Michael, 1994. *A Beginner's Guide to Constructing the Universe: The Mathematical Archetypes of Nature, Art and Science*. Harper Collins, New York, p. 10.