

درآمدی بر مبانی شکل‌گیری نظام پیمون و مدول و مقایسه تطبیقی آنها در معماری مسکونی در مقیاس ایران و جهان

فرهاد احمدنژاد^۱: دانشیار و عضو هیئت علمی دانشگاه هنر اسلامی تبریز

f.ahmadnejad@tabriziau.ac.ir

مهسا شب‌آهنگ: کارشناس ارشد معماری دانشگاه هنر اسلامی تبریز

m.shabahang@tabriziau.ac.ir

سیده آيسان سيد حاجي آقائي: کارشناس ارشد معماری دانشگاه هنر اسلامی تبریز

a.seyedhaji@tabriziau.ac.ir

چکیده

هنر و معماری از دیر باز ویرای محلی که در آن نمود و رشد یافته‌اند دارای چند اصل اساسی می‌باشند که در اشکال مختلف ولی در یک چارچوب ثابت نمایان شده‌اند. نظام‌های ساماندهی فضا و اندام‌های گوناگون ساختمان که در معماری نقاط مختلف جهان استفاده شده‌اند می‌توانند از نظر هندسی در یک سیستم تناسبی دسته‌بندی شوند. پیمون در معماری سنتی ایران یکی از این نظام‌هاست که به عنوان معیار و الگویی جهت رعایت این اصول به کار گرفته شده است. شبکه بندی کن و شاکو در ژاپن، تناسبات طلایی در معماری کلاسیک اروپا، طوریست که پیروی از آنها نگرانی معماران شرق و غرب را درباره نا استواری و نازیبایی ساختمان از میان برده است. در عصر مدرن نیز شاهد نظام‌های تناسبی رنسانس، مدول لوکوربوزیه و نظام ساختمان سازی مدولار هستیم که در تقابل با نظام تناسبی معماری کلاسیک در صدد هر چه انسانی تر کردن مقیاس‌ها و افزایش قابلیت ساخت پذیری بوده‌اند. هدف این پژوهش مروری بر ادبیات شکل‌گیری نظام‌های تناسب هندسی و بازشناسی نقش پیمون به عنوان الگوی سازمان دهنده فضا در معماری سنتی ایرانی و مدول در معماری غرب برای ادراک بهتر الگوی هندسی بکار رفته در معماری مسکونی است. روش تحقیق این نوشتار، استدلال منطقی در راستای تطبیق نحوه کار بست نظام‌های تناسبی پیمون و مدول در معماری مسکونی است که از روش گردآوری داده‌های توصیفی-تحلیلی برای نیل به اهداف، استفاده شده است. این تحقیق بر پایه مطالعات کتابخانه‌ای صورت پذیرفته و نتایج حاصل از آن نشان داد که تناسبات از دیرباز عامل مهمی در نظم دادن به اجزا و عناصر موجود در طراحی می‌باشد که در نظام‌های تناسبی پیمون ایرانی مبنای عمل تناسب انسانی و بازسوها می‌باشند، این روند در نظام تناسبی ژاپن هم صادق است و بر مبنای کف پوش و آکس ستون‌هاست. در طرف مقابل نظام‌های معماری غرب بیشتر بر پایه متریکال‌ها و فرمول‌های ریاضی می‌باشند و توجهی به مقیاس انسانی در آنها نشده است.

واژه‌های کلیدی: پیمون، مدول، تناسبات، هندسه، معماری مسکونی

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

مقدمه

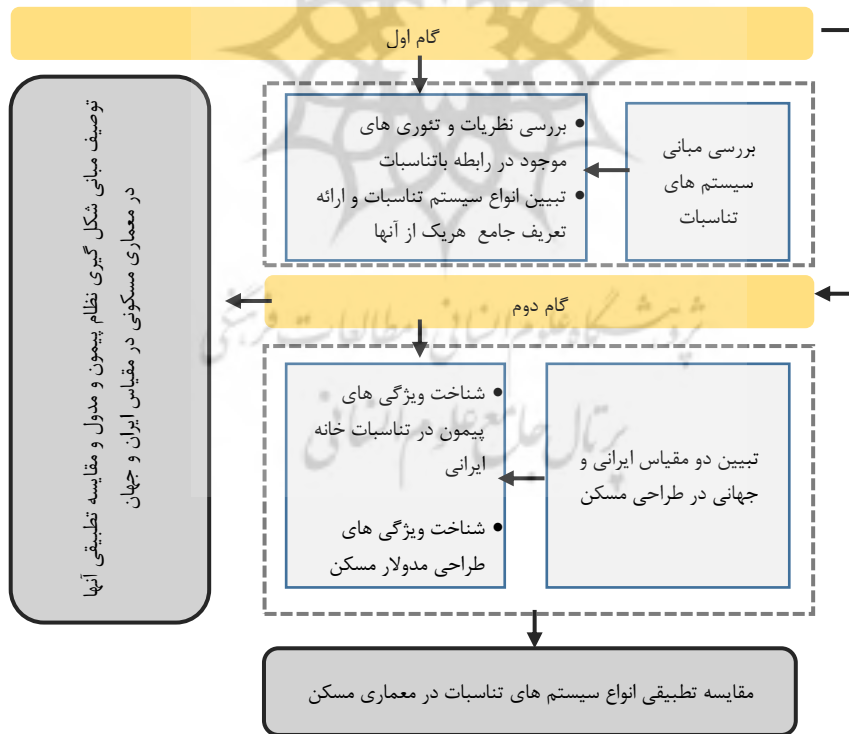
بنیاد طبیعت و چیزهایی که در آن هستند بر پایه تناسبات ویژه پی ریزی شده است و بشر از گذشته های دور در پی کشف این تناسبات بوده است، تا هم به کنجکاوی خود پاسخ دهد و هم از این تناسبات در آفریده های خویش بهره گیری کند. از طرفی هندسه ابزاری مناسب جهت نظم بخشیدن به معماری و برقراری روابط آگاهانه میان اجزای بنا با یکدیگر است تا در عین مرکب بودن، یکپارچگی فضا را به عنوان یک ترکیب خلاق و هدفمند میسر سازد. اشراف معمار به علم هندسه و استفاده خلاقانه از آن تبدیل مفهوم به فضا و فرم را در فرآیند طراحی تسهیل می کند و فرسایش مفهوم را در این روند به حداقل می رساند (پور کلاتتری و همکاران، ۱۳۹۶). هندسه به دلیل دارا بودن ابعاد کمی و کیفی خویش می تواند بر تمامی ابعاد کالبدی و زیبایی هر اثر معماری تأثیر گذار باشد (حسینی، ۱۳۹۰)؛ همچنین موجب می گردد تا نظمی واحد در تمامی ابعاد آن پدیدار شود (علی آبادی، ۱۳۸۶).

موضوع استفاده از تناسبات از ابتدای خلقت بشر و آگاهی او نسبت به مسائل و محیط اطرافش مطرح بوده و از دیر باز تا کنون مورد پژوهش و بررسی هنرمندان و دانشمندان گوناگون قرار گرفته است. منظور تمامی تئوری های تناسبات، ایجاد احساس نظم بین اجزا یک ترکیب بصری است (Groter, 2004). معماران با استفاده از تناسبات و هندسه تیگو در طول اعصار و زمانه ها موفق به خلق نظم، هماهنگی، رعایت اصول سلسله مراتب و آراستگی در مجموعه ای از بناها با کاربری های متفاوت در همجواری یکدیگر شده اند (انصاری و دیگران، ۱۳۹۰). تناسبات، مجموعه ای از نسبت هاست. هر دستگاه ساماندهی تناسب، دارای نسبت های ویژه ای است که میان اجزا با یکدیگر و نیز هر جزء با کل برقرار است. در عرصه معماری، تناسبات نسبت های مقایسه ای کمیت ها و کیفیت های مختلف ناهمسانی را شامل می شود. حال آنکه، تناسبات متکی بر علم هندسه و ریاضی در جای خود و در شکل تخصصی اش، ارزش انکارناپذیری در مبادی درک هنر دارد و از ملاحظات اساسی تلقی می شود (Ching, 1998).

با نظر به آنچه که بیان شد، شناخت تناسبات و ویژگی های آنها و بکارگیری آنها در معماری مسکن از اهمیت ویژه ای برخوردار می باشد. تناسبات دارای نظام های مختلفی است که در اقصی نقاط جهان به گونه های متفاوتی خود را نشان داده است، به طور ویژه، پیمون در ایران، کن در ژاپن، تناسبات طلایی در اروپا و مدولار در غرب از بارزترین سیستم های تناسبات در معماری هستند. برای شناسایی مبانی شکل گیری و نحوه کاربست آنها در طراحی مسکونی ابتدا لازم است تعاریف و نتایج یافته های گذشته را بررسی گردد. پس از این مرحله مولفه های هر کدام مشخص میشود و میتوان به صورت تطبیقی نظام های تناسبات را در معماری مسکونی بررسی کرد این مرحله شامل سه مرحله توصیف، تفسیر و مقایسه تطبیقی بر اساس شاخصه های هر نظام میباشد.

روش تحقیق

این پژوهش از حیث هدف کاربردی میباشد و در صدد است تا نحوه کاربست نظام های تناسباتی را باهم مقایسه کند و از روش گرد آوری داده های توصیفی-تحلیلی بر اساس استدلال منطقی برای نیل به اهداف، استفاده شده است. ای پژوهش بر پایه مطالعات کتابخانه ای است.



نمودار ۱- دیاگرام فرایند تحقیق (ماخذ: نگارندگان، ۱۴۰۰)

پیشینه تحقیق

در زمینه پیمون اولین نظریه پرداز مرحوم پیرنیا میباشد که نخستین بار وجود نظام پیمون در معماری ایرانی را مطرح کرد. پس از آن بمانیان، طاهباز، ابولقاسمی و دیگر بزرگان تحقیقاتی انجام دادند و توصیفی برای پیمون ارائه کردند که تمرکز این تحقیقات بیشتر در راستای ارائه تعریفی از پیمون و اثبات استفاده از پیمون و گز به عنوان یک قاعده و اصل کلی در معماری ایرانی بوده است. در مطالعات یک دهه اخیر پیمون در معماری ایرانی همتراز یا معادل با معماری مدولار در اروپا در نظر گرفته شده است و در مطالعاتی نظیر پژوهش رحمان اقبالی، پدram حصاری ۱۳۹۱ با رویکرد مدولار در مسکن انعطاف پذیر، مجتبی رضازاده، مجتبی ثابت فرد

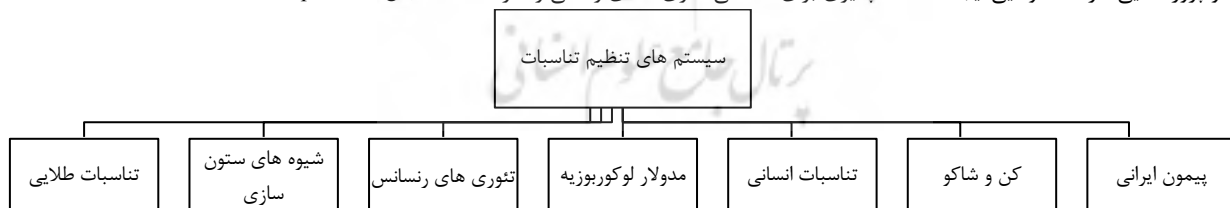
۱۳۹۲ در بازشناسی اصول هندسی در معماری سنتی، Arta Jakupi, Berat Istogu ۲۰۱۷ مقاله ای با موضوع معماری مدولار به عنوان هم افزایی میان هرج مرج و نظم، محمدحسین شوکت پور و دیگران ۱۳۹۸ مقاله محصولات مدولار راهبردی آینده نگر برای طراحی فضاهای آینده، ابعاد مختلف نظام تناسبات مدولار را بررسی کرده اند و شباهت ها و تفاوت هایی در مقایسه پیمون ایرانی و مدولار جهانی بیان کرده اند. از سوی دیگر با شاخه ای از مطالعات مانند تلاشهای ارزشمند سیدمحمد حسین ذاکری و دیگران ۱۳۹۵، علی اکبر حیدری و دیگران ۱۳۹۷، فاطمه جوانمردی و دیگران ۱۳۹۷، جواد مهرداد، محسن روشن ۱۳۹۸ و... در حوزه پیمون مواجه هستیم که تمرکز خود را بر روی تحلیل و اثبات حضور پیمون در معماری دوره های مختلف از زمان هخامنشیان تا کنون گذاشته اند و در مرحله بعدی گام فراتر نهاده و پژوهش های اخیر با مبنا قرار دادن نظام های پیمون به تاثیر استفاده از این نظام در معماری ایرانی بر سایر جنبه های معماری در گونه های مختلف پرداخته اند. تاثیر راندمان فضایی در نظام های پیمونی توسط علی اکبر حیدری، و دیگران در سال ۱۳۹۸ مورد مطالعه قرار گرفته است همچنین رابطه کیفیت مصرف انرژی و نظام پیمون در معماری خانه های تاریخی توسط آرش پسران و دیگران در سال ۱۳۹۸ تحلیل گردیده و مطالعاتی از این دست در سالهای اخیر صورت پذیرفته اند که نشان میدهد در عین حال که مسیری برای شناخت و بررسی پیمون در معماری ایرانی آغاز شده است اما پژوهش ها بصورت پراکنده انجام گرفته اند و پیمون در ذیل سایر موضوعات و یا در تناظر با معیارهای دیگری مورد سنجش قرار گرفته است و کمتر مطالعاتی سیر شکل گیری و تکامل و ادامه نظام های پیمون در گونه معماری مسکونی را بررسی کرده اند.

مبانی نظری تحقیق

اساس آفرینش طبیعت و کل هستی بر پایه تناسب بوده است. تناسب، عبارت است از رابطه نسبی و قیاسی بین اجزای مختلف یک عنصر، در واقع، سنجش میان اندازه دو چیز، یک نسبت را پدید می آورد و تناسب، به برابری این نسبتها گفته میشود هندسه و تناسبات، مفاهیمی ریاضی هستند که در هنر و معماری بر رابطه میان اجزا یا یکدیگر و با کل اثر دلالت دارند (فلاح نیا و زارع، ۱۳۹۳). استفاده از تناسبات و هماهنگی در طرح، یکی از کارهایی است که طراحان در گذشته در پی تلاش های فراوان به آن دست یافتند (مهدی زاده، ۱۳۹۴). در معماری نیز طرح مناسب را با استفاده از ابعاد و اندازه های مشخص و معقول برای کاربرد اشکال و ایجاد انتظام و به دست آوردن تناسبات صحیح، طرح مناسب را به وجود می آورند (فلاح نیا و زارع، ۱۳۹۳). رابطه های تناسبی، غالباً بر یک مدول یا واحد مبتنی هستند و بخش های مختلف یک ساختمان یا هر اثر دیگر نیز به عنوان بعدی از این روابط، کسرهای مضرب هایشان به شمار می روند (همان). به عنوان مثال معماران ایرانی در زمینه تناسب و مدول، تناسبی به نام «پیمون» را به کمک هندسه برای طراحی هرچه بهتر ایجاد کردند.

سیستم های تناسب دهنده می توانند با ایجاد تناسباتی مشابه و هم خانواده در یک طرح معماری، چندگانگی اجزای آن را از بین ببرند و از لحاظ دیداری باعث وحدت آن طرح بشوند (مهدی زاده، ۱۳۹۴). تصویر ۱ انواع سیستم های تنظیم تناسبات را در دوره های مختلف نشان می دهد. مدولار در دنیای مدرن، کنه در ژاپن، پیمون در ایران و... همه شاهد این ادعا هستند که همواره مفهوم طراحی مدولار در معماری با شدت و ضعف وجود داشته است. هدف اصلی کلیه تئوری های تناسبات، ایجاد حسی از نظم و هماهنگی میان عناصر بصری یک ساختمان است (فلاح و محمدی، ۱۳۹۰). به طور کلی در تمام مراحل مربوط به تکوین یک اثر معماری، کاربرد تناسبات هندسی در تعیین و کنترل ابعاد و اندازه ها، عامل دستیابی به نتیجه ای مطلوب است (فلاح نیا و زارع، ۱۳۹۳) در نتیجه می توان گفت مدولاریته براساس اصول هندسی و تناسبات و رابطه های تناسبی بین اجزای واحد بنیان شکل گرفته است.

طراحی مدولار امروزه یک موضوع محبوب در صنعت است، که شامل واحدهای حجمی پیش ساخته در اندازه می باشد که به طور معمول کاملاً در کارخانه تولید می شوند و به عنوان "بلوک های ساختمانی" در سایت نصب می گردند. ساخت و ساز مدولار به طور گسترده ای برای ساختمان های مسکونی چهار تا هشت طبقه استفاده می شود و فشار برای گسترش این شکل نسبتاً جدید ساخت به ۱۲ طبقه یا بیشتر وجود دارد (Lawson & Richards, 2010). مدول ها واحدهایی در یک سیستم بزرگتر هستند که از نظر ساختاری مستقل از یکدیگر ساخته شده، اما با هم کار کنید. بنابراین سیستم به طور کلی باید چارچوبی را فراهم کند - یک معماری - که هم استقلال ساختار و هم یکپارچه سازی عملکرد را امکان پذیر سازد (Baldwin & Clark, 2000). مدولار بودن مزایای مختلفی را به همراه دارد، از جمله: کاهش سرمایه گذاری های مالی به ویژه هنگامی که مقیاس و دامنه پروژه نسبتاً زیاد باشد. در چنین مواردی، یک گزینه عملی و اقتصادی است. معماری نیاز به ایجاد ساختارها و پروژه هایی دارد که توانایی ایجاد انعطاف پذیری برای شخصی سازی فضای زندگی را دارند (Jakupi & Istogu, 2017).



شکل ۱- انواع سیستم های تنظیم تناسبات (ماخذ: فلاح نیا و زارع، ۱۳۹۳)

یافته های تحقیق

۱- پیمون ایرانی

برای برقراری تناسبات لازم بین بخش های مختلف بنا و انسان وار کردن آن، از ضابطه ای به نام «پیمون» و یا «مدول» استفاده شده است. در لغت نامه دهخدا عبارت «پیمون» معادل واژه ی «مدول» گرفته شده است؛ اما این برابری در لفظ به معنای برابری در معنی نیست. پیمون به معنای «اندازه و معیارهایی است که تناسب اندام های ساختمان را از نظر درستی طرح، تناسب، استواری و زیبایی تضمین نموده است» (بمانیان، ۱۳۸۱: ۱). با استفاده از پیمون، اجزا و اندام های بنا در بهترین صورت ممکن از نظر زیبایی و کارکرد به هم پیوند می خورند؛ همچنین پیمون به اندازه ی معین و مقیاس مشخصی گفته میشود که در طرح تکرار می شود (فلاح و محمدی، ۱۳۹۰: ۳). معنی و مفهوم پیمون در کتاب دایره المعارف معماری و شهرسازی به شرح جدول یک میباشد:

جدول ۱- مفهوم پیمون در دایره المعارف معماری و شهرسازی (سیدصدر، ۱۳۱۱)

معنی و مفهوم	پیمون
واحد یا میزانی که تناسب اجزای هر معماری یا اثر هنری بر پایه ضریب ها یا کسرهایی از آن تنظیم می گردد.	
اندازه و مقیاس، اندازه های مشخص و معین که در طرح تکرار شود.	
واحد اندازه گیری که در تناسبات شیوه های معماری بکار می رفت. در بعضی از کتاب ها، قطر دایره بخش پایینی ستون به عنوان یک پیمون بکار رفته که به ده بخش تقسیم شده است. در منابع دیگر، پیمون ممکن است نصف قطر یک دایره باشد و به سی بخش تقسیم شود.	
مقیاس، مدول، اشل، سنج، عرض در که دیگر اندازه ها را بدان می سنجند، مرجعی که دیگر اندازه ها را در قیاس با آن بسنجند.	

از آنجا که مکتب ها و روش های معماری، به تقریب از عصر رنسانس به بعد مکتوب و مستند شده، از وجود قطعی نظام پیمون در بناهای پیش از این دوره نمی توان با قطعیت سخن گفت؛ در نتیجه برای جستجوی نظام پیمون، ابتدا به بررسی ابزارهای اندازه گیری و نحوه ی به کارگیری آنها در معماری می پردازیم. چراکه استفاده از پیمون یک مرحله ی پیشرفته و تکوینی در معماری محسوب می شود. در این زمینه، همواره دو منبع مورد مطالعه قرار می گیرند که شامل اسناد مکتوب و داده های باستان شناسی می شوند. از سومر، بابل، آشور، مصر و ایران، اسناد مکتوبی به دست آمده که در آن ها به استفاده از واحدهای اندازه گیری نظیر طول، وزن، حجم و غیره اشاره شده است. یکی دیگر از منابع مورد استفاده، داده های باستان شناسی هم چون ابزارهای اندازه گیری و بقایای معماری هستند که با مطالعه ی آن ها می توان به اطلاعات ارزشمندی دست یافت.

پیشینه ی استفاده از پیمون و واحدهای اندازه گیری استفاده از ابزارهای اندازه گیری در معماری مسابقه ی طولانی دارد. ابزارهای اندازه گیری دره سومر، مصر، آشور، هند، یونان و ایران مورد استفاده بوده، اما مشخص نیست که این نظام نخستین بار در کدام منطقه مورد استفاده قرار گرفته است. بسیاری از پژوهشگران اتفاق نظر دارند که تقریباً در تمام ساختمان های باستانی از واحدهای غیر متریکی چون ذراع، پا و کف دست استفاده شده است (Lelgemann, 2004). این واحدهای طولی به ترتیب از کوچکترین به بزرگترین شامل: دانه ی جو، انگشت، کف دست، پا (کوچک و شاهی)، ذراع (کوچک، استاندارد و شاهی)، ئی (أعصا)، شاخص، ریسمان، خط و دسته (گروه) بودند (Sergre, 1994). براساس شواهد موجود، قدیمی ترین مورد استفاده از واحدهای اندازه گیری استاندارد در بین النهرین دیده شده است.

استفاده از پیمون به عنوان وسیله ای جهت تنظیم ابعاد، اندازه ها و هندسه به عنون راهنمای معمار در تامین تناسبات بنا همواره در معماری نقشی تعیین کننده دارد که به نظر میرسد به صورت پیمون بزرگ و کوچک در معماری هخامنشی مورد استفاده قرار گرفته است.

پیمون در معماری سنتی ایران به عنوان معیار و الگویی جهت رعایت این اصول به کار گرفته شده، به طوری که پیروی از آن هر گونه نگرانی معمار را درباره نا استواری یا نازیبایی ساختمان از میان برده است. معماران همراه با بهره گیری از پیمون و تکرار آن در اندازه ها و اندام ها، ساختمان ها را بسیار گوناگون از کار در می آورده اند. با این وجود هیچ دو ساختمانی یکسان کار در نیامده و هر یک ویژگی خاص خود را دارند، گرچه از یک پیمون در آنها پیروی شده است. (پیرنیا، ۱۳۸۲)

۲- تناسبات طلایی

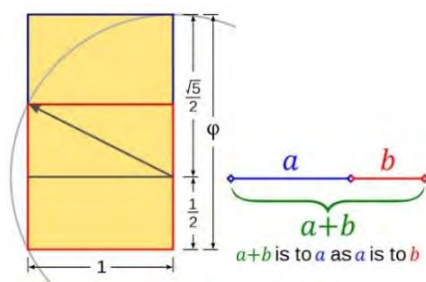
نسبت طلایی، نسبت ۱ به $\frac{1}{\phi}$ است (Haslam, 2006) از جمله اندازه های طلایی می توان به مستطیل $\sqrt{2}$ ، $\sqrt{3}$ ، $\sqrt{4}$ و ... و اعداد فیبوناچی اشاره کرد (Carrier, 2005). نسبت های طلایی که در معماری اسلامی کاربرد بسیار داشته است نسبت به دست آمده از اقطار پنج ضلعی است (انصاری و دیگران، ۱۳۹۰). ویترویوس در سده دوم میلادی این نسبت هندسی (نسبت طلایی) را نسبت لاهوتی خواند. نسبت لاهوتی: نسبی است که یک پاره خط را به دو بخش متناسب تقسیم می کند به طوری که نسبت بخش کوچکتر به بزرگتر برابر باشد با نسبت بخش بزرگتر به کل پاره خط. (شکل ۲).



$$\frac{a}{b} = \frac{a+b}{a} = 1.618... = \text{نسبت طلایی}$$

شکل ۲- تناسبات طلایی، (ماخذ: www.hamyar.com)

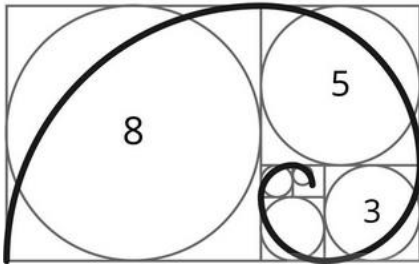
– «مستطیل طلایی»: مربع ABCD را در نظر بگیرید با طول ضلع یک واحد (تصویر ۳). نقطه ی O وسط ضلع CB است. به مرکز این نقطه و به شعاع OA کماتی بکشید تا امتداد CB را در نقطه ی Q قطع کند. مربع مستطیل PQCD یک «مستطیل طلایی» است و نسبت طول به عرض آن برابر $\frac{1}{\phi}$ می باشد. (تصویر ۳).



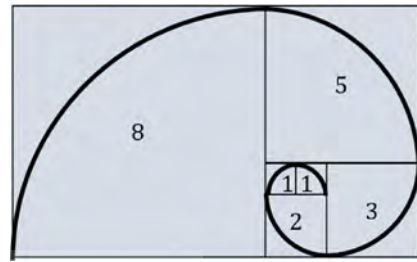
شکل ۳- نحوه ترسیم مستطیل طلایی به کمک مربع، (ماخذ: ویکی پدیا)

گفته شده است که چنین مستطیلی به چشم انسان زیباتر از سایر مستطیل ها است. به همین دلیل از دوران باستان تا به امروز در معماری بسیار به کار رفته است و امروز هم وقتی می خواهند چیزی را مستطیل شکل بسازند که چشم نواز هم باشد آن را به شکل مستطیل طلایی می سازند یعنی اگر طولش را بر عرضش تقسیم کنیم عددی نزدیک به $1/6$ بدست می آید. (امان پور و دیگران، ۱۴۰۰).

«مارپیچ طلایی»: از نسبت طلایی در شکل های مختلف نیز می توان استفاده کرد. برای مثال با ضرب کردن یکی از اضلاع مربع در عدد $1/618$ مستطیلی با تناسب هارمونیک به دست می آوریم. اینک اگر مربع را بر روی این مستطیل قرار دهیم، این دو شکل، نسبت طلایی را به دست می دهند (شکل ۴). اگر در نمودار نسبت طلایی فوق برای هر مربع یک کمان از یک گوشه به گوشه مقابل ترسیم کنیم، نخستین منحنی مارپیچ طلایی با دنباله فیبوناچی را ترسیم کرده ایم. با افزودن کمان به هر مربع در نهایت به نمودار مارپیچ طلایی می رسیم. 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 $1/618$ می رسیم که به "نسبت طلایی" مشهور است. اینک یک گام جلوتر می رویم و داخل هر مربع یک دایره می کشیم. در این حالت دایره هایی داریم که از نسبت $1:1/618$ پیروی می کنند و نسبت به همدیگر تناسب متعادلی دارند بنابراین در حال حاضر، مربع ها، مستطیل ها و دایره هایی داریم که همگی دارای نسبت طلایی هستند و این عدد جادویی را در سراسر طراحی ما گسترش داده اند. (تصویر ۵). (امان پور و دیگران، ۱۴۰۰).



شکل ۵- نسبت حلقه های طلایی نسبت $1:1/618$ (ماخذ: Berberich 2020)



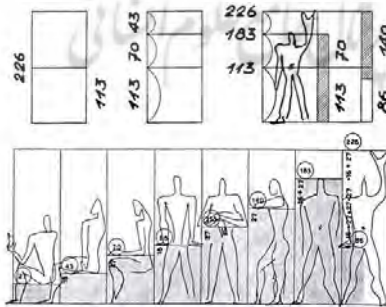
شکل ۴- نحوه شکل گیری مربع های تشکیل دهنده مارپیچ طلایی، (ماخذ: Berberich 2020)

۳- تئوری های رنسانس

اعتقاد فیثاغورثی بر آن بود که همه چیز بر حسب اعداد ترتیب یافته اند. بعدها پلاتو علم محاسبات اعداد فیثاغورث را به صورت علم تناسب تکمیل نمود. معماران رنسانس یا اعتقاد به اینکه بناهایشان بایستی به یک نظم عالی تعلق داشته باشد به سیستم تناسبات ریاضی یونان رجوع نمودند. یونانی ها عقیده داشتند که موسیقی به صورت هندسه ای است که به صدا برگردانده شده، معماران رنسانس عقیده داشتند که معماری، ریاضیاتی است که به واحدهای فضایی برگردانده شده است. با کاربرد تئوری فیثاغورث در مورد واسطه های نسبت های فواصل در گام های موسیقی یونان آنها تصاعد بی کرانه نسبت ها را که مبنایی برای نسبت های بی کرانه معماریشان تشکیل می داد تکمیل نمودند. این مجموعه نسبت ها نه فقط خود را در ابعاد یک اتاق با یک تما نشان می دادند بلکه در تناسبات به هم پیوسته یک رشته فضا با کل پلان تیز ظاهر می شدند. (امان پور و دیگران، ۱۴۰۰).

۴- سیستم مدولار لوکوربوزیه

لوکوربوزیه ابزار سنجش یونان و مصر و ... را که بخشی از ریاضیات بدن انسان را تشکیل می دادند و منشأ هماهنگی حاکم بر زندگی انسانها بودند بسیار غنی می دانست 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. شبکه اصلی از سه اندازه تشکیل شده بود ۴۳، ۷۰، ۱۱۳. (تناسبات بر اساس تناسب طلایی تنظیم شده بود). لوکوربوزیه با احتساب طول یک انسان متوسط که معادل ۱۸۳ متر بود نسبت های خود را بدست آورد. این نسبت ها از سوی عبارتند از: ۸۶، ۱۴۰، ۲۲۶ (با دست افراشته) و از سوی دیگر ۷۰، ۱۱۳، ۱۸۳ (تا بالای سر) (شکل ۶).



شکل ۶- اندازه های ۴۳، ۷۰، ۱۱۳، اندازه های ۱۸۳ و ۲۲۶ معرف فضای اشغال شده توسط پیکر انسان، (ماخذ: Le Corbusier 1946)

۵- سیستم تناسبات انسانی

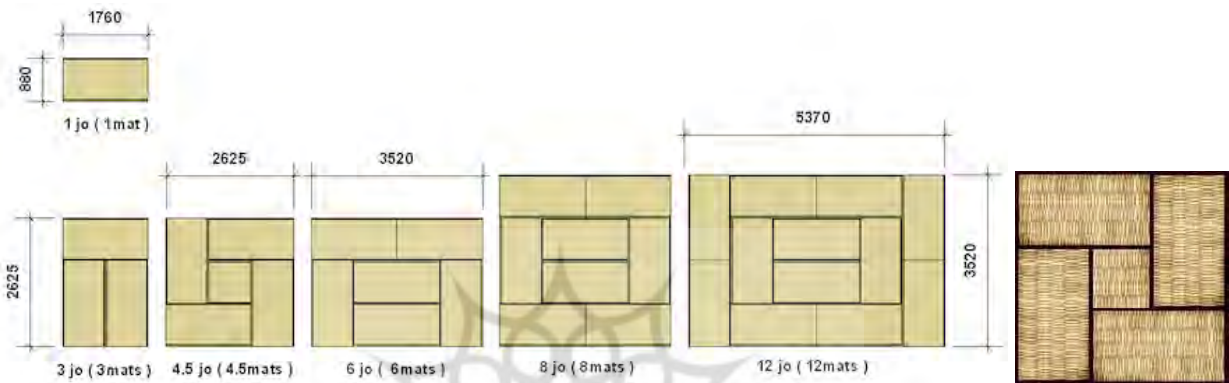
سیستم تنظیم تناسبات بر حسب تناسبات انسانی، بر مبنای ابعاد و تناسبات بدن انسان پایه گذاری شده اند. در این سیستم از این تئوری استفاده می کنند که فرم و فضاها در معماری در بر گیرنده و در تصرف بدن انسان هستند و بنابراین باید به وسیله ابعاد آن تعیین شوند. اگر اندازه قسمت میانی بدن تا کف پا یک واحد در نظر گرفته شود، بلندی قامت برابر است با $1/618$ که برابر با عدد Q است. مرد ویتروویوس 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 می توانست با ساختمان پیوند در هندسه خود کامل می شدند.

۶- کن و شاکو

در معماری ژاپنی مقیاس یا پیمونی وجود دارد که براساس آن ساختمان را بنیاد می گذارد. شاکو واحد اندازه گیری سنتی ژاپن در اصل از چین آمده است. این واحد تقریباً معادل پای (فوت) انگلیسی بوده و قابل تقسیم به واحدهای اعشاری است. کن واحد دیگر سنجش در نیمه دوم قرون وسطی در ژاپن بود، این واحد در ابتدا برای فاصله بین دو ستون به کار می رفت. کن اندازه های مطلق و غیر مشروط بود. این واحد نه تنها برای سنجش ابعاد و قصاها بلکه به صورت مدولی زیبا در سازه، مصالح و نمای معماری به کار می رفت و به آنها نظم می بخشید. دو روش طراحی با شبکه مدوله کن توسعه یافت: (زارعی، ۱۳۷۹):

الف) روش ایناکا - ما: شبکه کن (۶ شاکو) فواصل آکس تا آکس ستون ها را تعیین می کرد. بنابراین اندازه مقرر حصیر کف اتاق تاتامی (۶*۳ شاکو یا ۱*۱/۲ کن) به خاطر احتساب ضخامت ستون ها فرق می کرد.

ب) کیوما: حصیر کن ثابت باقی می ماند. (۳۰/۶ * ۱۵ شاکو) و فاصله ستون (مدول کن) بر حسب اندازه اتاق بین ۶/۴ تا ۶/۷ شاکو تغییر می کرد. یکی دیگر از واحدها یا مقیاس ها در معماری ژاپن تاتامی بوده که متشکل از حصیر های برنجی با بافت نی بوری است. به طور متوسط در ازای ابعاد آن ۶*۳ پا و ضخامت آن ۲ اینچ است. تاتامی ممکن است در شکل های مختلفی برای ایجاد کردن اتاق هایی با اندازه های مختلف تنظیم گردد (تصویر شماره ۳). ۴/۵ تاتامی معمولاً برای اتاق های چای خوری به کار می رود به جای نیمه تاتامی ممکن است از یک تخته چوب استفاده گردد، در اتاق هایی با ۱۲-۱۰-۸-۶ حصیر تاتامی، حصیرها طوری چیده شده اند که از تقاطع چهار خط جلوگیری گردد (تصویر ۷) (تیموری، ۱۳۹۵).



شکل ۷- چیدمان ۵ تاتامی به شکل قدیم آن برای ایجاد تناسب در معابد، قصرها و ساختمان های اشرافی

۷- مدول

در مقابل پیمون، مدول برای رعایت تناسب در معماری کلاسیک یونان و رم به کار می رفت و به ظاهر نزدیک ترین ضابطه ی مشابه با پیمون است؛ مدول، عبارتست از: یک واحد اندازه گیری با کاربردی که در نقشه کشی، ثبت و ساخت بنا مورد استفاده قرار می گیرد (Harris ۲۰۰۶، ۶۳۹). این کلمه برگرفته از واژه لاتین مدوس به معنی اندازه است و معمولاً به چیزی از قبل تعیین شده و دارای یک استاندارد از نظر شکل، اندازه و... که به دفعات قابل تکرار است، اطلاق می شود. به زبان عامیانه یک فرم از پیش تعیین شده است که با پر کردن موارد خواسته شده در آن، جهت کار مشخصی مصرف می شود (صفا و فتحیه، ۱۳۹۵). به عبارت دیگر مدول ها در یک سیستم بزرگ تر هستند که از لحاظ ساختاری از هم مستقل اند ولی با یکدیگر کار می کنند (بهزادیان و برادران کاظم زاده، ۱۳۸۵). الف. محصولات مدولار: گروهی از محصولات که دارای شباهت در فناوری، اجزا و ترکیبات هستند و به منظور به دست آوردن یک محصول نهایی منحصر به فرد با استفاده از قطعات کوچک به کار گرفته می شوند (خضریان و همکاران، ۱۳۹۵).

به عبارت دیگر می توان گفت، محصول مدولار محصولی است که توسط کاربر از تولید خوشه های همان محصول انتخاب و ایجاد می شود (صدری، ۱۳۹۱)؛ زیرا در تولید خوشه ای برای هر یک از قطعات محصول، چند جایگزین وجود دارد که توسط کاربر در زمان خرید و یا پس از آن قابل گزینش است. ب. ساختمان های مدولار: این ساختمان ها در سال ۱۹۸۳ م. از جمله فناوری های اساسی در آمریکا و اروپا بودند که در این دوران توسعه پیدا کردند (اسدی و بیگزاده، ۱۳۹۴). سیستم های مدولار ساختمان سازی، سیستم های بسته ای هستند که اجزا به صورت پیش ساخته در کارخانه و به صورت مستقل از ساختمان خاصی تولید شده اند. در این حالت کل سیستم به نحوی به زیر مجموعه هایی تقسیم می شود که در گسترش خود عمدتاً قابل انطباق و نیز مستقل است (ثبوتی و احمدی، ۱۳۹۴)؛ لذا امکان پیش ساخته سازی را برای اجرا ممکن می سازد و باعث ایجاد بنایی با کیفیت از لحاظ مصالح کاربردی می شود که به شیوه کارخانه ای به دست می آید.

این روش از دوباره کارها که خود هزینه ای مضاعف دارند، جلوگیری می کند و حتی انعطاف پذیری در مسکن را نیز به راحتی فراهم می کند (اسدی و بیگ زاده، ۱۳۹۴). خانه سازی مدولار بسیاری از عملیات ها را به یک محیط کارخانه کنترل شده منتقل می کند و از آیین نامه های ساختمانی محلی مشابه با خانه های ساخته شده در محیط سایت تبعیت می کند. خانه های مدولار از قسمت های سه بعدی ای تشکیل شده است که معمولاً پس از ترک کارخانه در حدود ۹۵٪ تکمیل شده اند و شامل کف پوش های تکمیل شده، دیوارها و سقف رنگ آمیزی شده، کابینت های نصب شده، ایزوگام بام تکمیل شده، ناماسازی و... می شوند. ساخت و ساز این خانه ها شامل استفاده از مصالحی مشابه با خانه های ساخته شده در سایت است، اما در یک محیط کارخانه ای کنترل شده انجام می شود. هنگامی که خانه در کارخانه تکمیل شد، قسمت های تکمیل شده به محل سایت ساخت و ساز منتقل می شوند، سپس به وسیله جرثقیل بلند شده و بر روی فونداسیون قرار داده می شوند (اشرف گنجویی و دهقانی، ۱۳۹۵). در مجموع باید گفت، مدولار یک روش ساخت و ساز و یا فرایندی است که در آن مدل های فردی، مستقل و یا مونتاژ شده و با هم ساختارهای بزرگتر را تشکیل می دهند (شوکت پور، ۱۳۹۸).

در تمامی تعاریف ارائه شده از مفهوم مدولار اشاره به یک جزء از یک سیستم می شود که این جزء، مستقل و کامل است و نیازی به جزء دیگری ندارد و در ارتباط و اتصال مناسب با دیگر اجزا قرار دارد (رضایی منش و تقدیری، ۱۳۹۵). مدولار قادر است در مورد بی نهایت ترکیب به کار رود و وحدت را در عین تنوع تأمین کند

و این همان معجزه اعداد است (فلاح نیا و زارع، ۱۳۹۳). امکانی که نظام مدولار می آفریند استراتژی های سفارشی شده هستند که در آن معماران میتوانند التراناتیوهای گوناگونی را با توجه به تعدد خواسته های کارفرما و نیازهای مختلف پروژه در قالب یک عملکرد پویا ارائه دهند. این درحالیست که این نظم منعطف میتواند از بیرون به صورت یک بی نظمی و هرج مرج دیده شود. (Jakupi, 2017). مدول ها واحدهایی از یک سیستم بزرگتر هستند که از نظر ساختاری از یکدیگر متمایز هستند ولی با هم کار میکنند. بنابراین این سیستم به طور کلی باید چارچوبی را فراهم کند - یک معماری - که هم استقلال ساختار و هم یکپارچه سازی عملکرد را امکان پذیر سازد. (Baldwin & Clark, 2000). با معماری مدولار، کاربرد آن میتواند کنترل کنندگان تنوع مدول ها باشند در واقع مزیت استفاده از سیستم مدولار اینست که مجوز تغییر مکان ماژول ها از معمار به کاربر منتقل میشود. (Sanchez & Mahoney, 2003) همبستگی معماری مدولار و ساختمانهای غیررسمی به عنوان یک پیوند طبیعی باید در نظر گرفته شود چراکه معماری مدولار در پاسخ به ساخت و ساز های پس از جنگ به وجود آمدند و ابتکاری بودند که معماران به وسیله آن بتوانند بر تولیدات ساختمانی پس از جنگ کنترل داشته باشند. (Cohen, 2014)

تفاوت پیمون و مدول

در مباحث معماری ایرانی بزرگانی همچون پیرنیا مدول و پیمون را هم ارز یکدیگر قرار داده و پیمون را واحدی تکرار شونده همچون مدول در معماری کلاسیک یونان در نظر گرفته اند. در میان صاحب نظران ابولقاسمی سخن از تفاوت مدول و پیمون به میان آورده است که نتایج آن بدین شرح است: بعضا مدول و پیمون با هم مقایسه شده و پیمون را به عنوان یک مدول مورد استنتاج قرار می دادند. مدول که برای رعایت تناسب در معماری کلاسیک یونان و روم به کار می رفته، به ظاهر نزدیکترین ضابطه مشابه با پیمون است؛ لکن در عمل اختلافات چندی این دو را با یکدیگر مغایر می کند؛ از جمله با امکان بسیار محدودی، در جزئیات و نقوش، آزادی ابتکار عمل دارد در صورتی که پیمون با عنایت به جای نگذار (خالی و بدون استفاده نگذاشتن فضا) و فضای مقصود، وسیله ی تنظیم ابعاد و اندازه هاست و هندسه راهنمای معماری در تعیین تناسب و هماهنگی اصولی. (ابولقاسمی ۱۳۸۵).

در عمل، اختلافات چندی پیمون و مدول را از یکدیگر متمایز می کند. مدول به منزله ی الگوی حاکم است و در اصل برابر با قطر ستون است که خود برقرار کننده ی تناسب بتا می باشد. معمار با استفاده از مدول، کمترین میزان آزادی عمل در انتخاب جزئیات و نقوش را دارد؛ وی برای خلق اثری که حجم کلی آن در دست است، طول مدول را در قیاس با بناهای موجود، محاسبه و مشخص می کند و پس از آن، بر اساس مناسبات مقرر پیش می رود. او به ناچار ابعاد تمام قسمت های ساختمان را در تناسب با سایر اجزای ساختمان به یک نسبت کوچک یا بزرگ می کند و به ناچار، یتا خارج از میزان انسانی شده و معمولا مانند معابد یونانی فاقد مقیاس انسانی می گردد. درحالی که پیمون ایرانی در دو نوع پیمون بزرگ و کوچک به کار می رفت و در نظام ساختمان سازی هر کدام از این پیمونها دارای ابعادی بودند که اندازه ی آن ها همواره از اجزا و عناصر معماری بناتبعیت می کند. با استفاده از این پیمون هیچ دو ساختمانی یکسان در نمی آمد و هر یک ویژگی خود را داشت، اگرچه از یک پیمون در آن ها پیروی شده بود (بمانیان و دیگران، ۱۳۸۹: ۱۸۰). از همه مهم تر، پیمون براساس آسایش و تناسب انسانی طراحی شده بود. مدولار در تاریخ معماری ایران (پیمون) در معماری گذشته ایران از ضابطه ای مشابه با مدول معمول بهره گرفته می شد که آن را «پیمون» می نامیدند (محسنین، ۱۳۸۶). پیمون اندازه های معین و مشخصی بود که در طرح تکرار می شد و پیروی از آن، هر گونه نگرانی معمار را درباره ناستواری و نازیبایی از بین می برد (فلاح و محمدی، ۱۳۹۰).

معماران ایرانی با اینکه از یک پیمون بهره می بردند، اما ساختمان ها را بسیار گوناگون از کار در می آوردند (فلاح نیا و زارع، ۱۳۹۳). در واقع پیمون بندی، مفاهیمی چون انعطاف و تنوع پذیری را در خود نهفته دارد. به عبارت دیگر، امروزه با صنعتی شدن و صنعتی ساختن ساختمان ها، این مفهوم به نوعی دیگر مطرح شده است. مقایسه پیمون و مدول الف. شباهتها: هر دو به تناسب دلالت دارند و مجموعه ای از قوانین را وضع می کنند (مهدی زاده، ۱۳۹۴)؛ یعنی مبنایی برای رعایت تناسب هستند (فلاح نیا و زارع، ۱۳۹۳). بنابراین به کار گیری آنها باعث به وجود آمدن نظم و هماهنگی در طرح می شود. همچنین در هر دو نظام، امکان پیش ساختگی وجود دارد (مهدی زاده، ۱۳۹۴). ب. تفاوتها: یکی از تفاوت ها این است که وقتی مدول به کار گرفته شود، تناسب از حالت انسانی خارج می شود. بنابراین برای قسمت هایی از بنا که تناسب انسانی نیاز است، به کار نمی آید و بیشتر برای قسمت هایی استفاده می شود که به تناسب انسانی نیاز نیست. این در حالی است که نظام پیمون در هر دو حالت قابل استفاده است (فلاح نیا و زارع، ۱۳۹۳). به عبارت دیگر از آنجایی که معماری ایرانی معماری درونگرا است، پیمون هم بر درونگرایی دلالت دارد، در حالی که مدولار بیشتر به برونگرایی می پردازد. همچنین، مدول یک الگوی ریاضی بر مبنای رشته های عددی و خطی است، در حالی که پیمون جوابگوی نیازهای طراحی و ساخت به صورت عددی و هندسی است (مهدی زاده، ۱۳۹۴).

نظام پیمون و مدول در معماری مسکن

خانه بر اساس پیمون

خانه، گونه ای از معماری بوده که در طول تاریخ، فراوانی قابل توجهی نسبت به گونه های دیگر معماری داشته است. ادیان، اندیشه ها و مکاتب مختلف فکری، مفاهیم و راه حل های متفاوتی جهت تبیین مسأله سکونت بیان داشته اند. از منظر اسلام، خانه، مکانی است که در آن امکان احقاق حقوق الهی انسان (حقوق مادی و معنوی)، ایجاد مکانی متناسب با شئون انسانی (کرامت، کمال، قرب الهی)، فضای تزول معانی الهی و زمینه آرامش و توازن میان انسان و طبیعت فراهم می شود. بنا به تفکر اسلامی، یکی از مهم ترین اصول در ایجاد آرامش و رفاه، خصوصی بودن زندگی در اندرون بنا است. قلمرو خصوصی با پوشش جنبه های اصلی زندگی انسان به ویژه در حیاط مرکزی خانه نسبت به عرصه عمومی، ارجحیت پیدا می کند که این موضوع تحت عنوان اصل حریمیت شناخته می شود. (حیدری و دیگران، ۱۳۹۷) در ادبیات معماری سنتی ایران به ویژه در حوزه خانه، مهم ترین دسته بندی از منظر پیکربندی فضایی، توسط پیرنیا انجام گرفته و در دسته بندی خود از خانه ها، از سه نظام پیمون بزرگ، کوچک و خرده پیمون یاد کرده است. ابولقاسمی هم به صراحت به صحت مستطیل طلایی ایرانی اشاره نموده است: میانسرا با تناسب طلایی ایرانی و جهتگیری دستوری خود، در تمام طول سال محیط بهداشتی مطبوعی فراهم کرده؛ از گردش آفتاب و نور خورشید بهترین استفاده را برای یورت های گرداگرد خود کسب و تامین می کند. در جدول ۲، ابعاد در نظام پیمون کوچک و بزرگ آورده شده است (ابولقاسمی، ۱۳۸۵).

جدول ۲- ابعاد در نظام پیمون کوچک و بزرگ، (ماخذ: ابوالقاسمی، ۱۳۸۵)

پیمون بزرگ		پیمون کوچک		اجزا و عناصر
اندازه به سانتی متر	اندازه به گره	اندازه به سانتی متر	اندازه به گره	
۱۲۰	۱۸	۹۳	۱۴	عرض در و پنجره
۲۷	۴	۱۳	۲	عرض تابش بند
۶۰	۹	۶۰	۹	ارتفاع روزن
۷۳	۱۱	۶۰	۹	قطر دیوار
۲۰۰	۳۰	۱۸۶	۲۸	ارتفاع در
۲۹۳	۴۴	۲۱۳	۳۳	عرض جبهه دو دری
۴۳۰	۶۶	۳۲۰	۴۸	عرض جبهه سه دری
۷۲۳	۱۱۰	۵۳۳	۸۰	عرض جبهه پنج دری

بررسی موردهای مطالعاتی بر اساس دیدگاه پیرنیا (۱۳۸۷)، خانه های سنتی ایران در سه نظام پیکره بندی تحت عنوان سه نظام پیمون بزرگ، پیمون کوچک و خرده پیمون طراحی و ساخته شده اند. بر این اساس کلیه فضاهای خانه شامل اندرونی، بیرونی، باربند، حیاط، باغچه، انواع اتاق ها (سه دری و پنج دری)، تالار تهرانی، مهمان خانه، راهروها و دیگر فضاها در هر کدام از نظام های فوق با یک مقیاس خاص به اجرا در می آمدند و در هر پیمون، مقیاس و نحوه ارتباط میان این فضاها با یکدیگر از الگوی خاص آن پیمون تبعیت می نماید. پیمون وسیله ای برای سهولت در کار و جهت دادن به تمامی اندازه ها در نیارش است که سبب می شود تا یک معمار از یک اندازه و مقیاس خاص در ساخت بنا استفاده کند. پیمون به این صورت در معماری تنوع ایجاد کرده و به همین دلیل است که در هیچکدام از بناهای سنتی، اثری از تقلید مشاهده نمی شود. (حیدری و دیگران، ۱۳۹۷)

در خانه با «پیمون بزرگ» ترکیب فضاها به این صورت است که خانه از دو بخش اندرونی و بیرونی تشکیل شده است. فضاها عبارت اند از: فضای بیرونی، سفره خانه، اتاق مهمان، فضای اندرونی، تهرانی، تالار و تزر، حمام و آشپزخانه، ابعاد خانه در پیمون بزرگ ۴۸*۴۸ متر است و شکل حیاط در خانه با پیمون بزرگ از تناسب طلایی به دست آمده است.

خانه در «پیمون کوچک» خانه ای ارزان و راحت است. ترکیب آن چیزی شبیه به خانه با پیمون بزرگ می باشد که در فضای اندرونی آن دواتاق سه دری، یک اتاق پنج دری، تالار و آشپزخانه قرار گرفته است و اتاق مهمان در بخش بیرونی خانه می باشد. ابعاد این خانه ۳۲*۳۲ متر است و حیاط آن نیز با تناسب طلایی به دست آمده است.

در نظام «خرده پیمون»، خانه کوچک و درویشانه بوده و از دو تا سه اتاق تشکیل شده است و در عین حال دارای اندرونی و بیرونی نیز می باشد. در این خانه ها سه دری ها به پنج دری تبدیل شده و دارای تالار و تهرانی نیز می باشد، در فضای بیرونی خانه، تالار و مهمان خانه واقع شده است و در فضای اندرونی پنج دری یا شکم دیده، تالار و آشپزخانه قرار دارد. این خانه ها زیباتر از خانه های با پیمون بزرگ هستند و در آن ها حداکثر استفاده از سانت به سانت زمین شده است.

خانه مدولار

تمایلات اخیر در ساختمان سازی به سمت پیش ساختگی بیشتر پیش می رود و ایده پیش ساختگی نیز به قرن ۱۸ بر می گردد که استفاده از مدول های ساده اساس این کار قرار گرفت و ایده اصلی آن مدولار کردن عناصر با کار کمتر بود. این روش تحت عنوان معماری پیش ساخته شناخته و در سه گروه دسته بندی شد (اقبالی و حصار، ۱۳۹۲):

۱. خانه های قطعه ای (که در "محل تولید" قطعات مدولار شده و با طرح های متنوع ساخته می شود).
۲. خانه های مدولار (قطعات به صورت کاملاً پیش ساخته در "محل نصب" به یکدیگر متصل می شوند).
۳. خانه های متحرک (مثل کاروان ها که قابلیت حرکت جابه جایی همراه با ساکنین را دارد).

در صنعت پیش ساختگی استاندارد سازی حرف اول را می زند، روند استاندارد سازی منجر به توسعه طراحی مدولار در مسکن می گردد. توسعه قابلیت تعویض و استاندارد سازی قطعات، در بیشتر روش ها یک پیشروی برای طراحی مدولار بود. طراحی مدولار به میزان زیادی، زمان و هزینه مونتاژ را کاهش می دهد و سفارشی سازی انبوه را میسر می سازد، منظور طراحی از مدولار گروهی از محصولات است که دارای شباهت در فناوری، اجزا و ترکیبات باشند، به منظور به دست آوردن یک محصول نهایی منحصر به فرد با استفاده از قطعات کوچک. در طراحی مدولار، مسیر تولید در خطوط تولید یکنواخت است، به طوری که کلیه محصولات از مسیر مشخص و یکنواختی عبور نموده و فرایند تولید برای همه محصولات مشابه، یکسان می باشد، فقط در مونتاژ نهایی مطابق با سلیقه مشتریان قطعات اضافی جایگذاری می شود. (خریدار، ۹۰: ۴۷) از اهداف اصلی در استفاده از اصول سیستم، هماهنگی مدولار و اندازه های هماهنگ و هدایت ساختمان به سوی مجموعه ای از اندازه های استاندارد پایه است (نیکرون مفرد و ارفعی، ۸۱: ۳۳).

به طور بالقوه، ساختمان های مدولار می توانند دوباره تفکیک شده و مورد استفاده مجدد قرار گیرند، در نتیجه ارزش دارایی خود را به طور موثر حفظ می کنند. طیف وسیعی از کاربردهای ساختمانی مدولار در ساختمان های سلولار مانند هتل ها، اقامتگاه های دانشجویی، محل اسکان وزارت دفاع و مسکن اجتماعی است، جایی که اندازه مدول با ساخت کارخانه ای و تحمل نیروهای برشی ناشی از باد سازگار است و در برابر آن مقاومت می کند. با این وجود، فشار برای گسترش این فناوری به ساختمان های بلندمرتبه با استفاده از هسته های بتونی اضافی یا قاب های سازه ای برای ایجاد ثبات و مقاومت وجود دارد. انواع مختلف ساختمان های بلند مرتبه که در آن مدول ها به دور یک هسته جمع شده اند در شکل ۸ ارائه شده اند. (Lawson & Richards, 2010).



شکل ۸- فرم های رایج ساختمان های بلند مرتبه با استفاده از مدول ها و هسته های بتونی، (ماخذ: Lawson & Richards 2010)

بحث و نتیجه گیری

تناسبات از دیرباز عامل مهمی در نظم دادن به اجزا و عناصر موجود در طراحی می باشد، که همواره در ادوار مختلف به آن توجه شده است، از این رو سیستم های تناسبات مختلفی با توجه به هندسه و معماری هر دوره به وجود آمده است که هر کدام ویژگی های خاص خود را دارا می باشد. با گذر زمان و پیشرفت صنعت ساخت و تولید، امروزه طراحی مدولار و پیش ساخته سازی در امر ساختمان سازی به جهت کاهش زمان ساخت و هزینه های مربوط به آن و تامین سریع نیازهای انسان، از موضوعات شایان توجه معماران می باشد. در طراحی مدولار نیز، ابعاد و تناسبات تعیین شده با در نظر گرفتن نیازهای انسانی، منجر به ایجاد نظم و تسهیل روند ساخت شده است. از این رو، هدف از پژوهش حاضر، توصیف و تدقیق انواع سیستم ها و بیان ویژگی های آنها در مقایسه با یکدیگر می باشد. بر اساس آنچه که در متن پژوهش گفته شد، نظام تناسبات پیمون ایرانی در سه مقیاس به کار میرود که مبنای عددی آنها بر اساس ابعاد جبهه های باز شو میباشد، در نظام مدولار مینا بر اساس متریا لهای ساخت میباشد با توجه به پیچیدگی ها و تنوع ابعاد و اندازه ها و اینکه تکنولوژی های ساخت در دوره های مختلف پیشرفت کرده اند به صورت کلی ابعاد پانل های چوبی و صفحات بتنی پرکاربردترین گزینه ها در ساخت مدولار می باشند.

در تناسبات ژاپنی شاهد استفاده از دو مقیاس (بزرگ) کن و مقیاس (کوچک) شاکو هستیم که کن فواصل ستون ها در برمیگردد و شاکو معادل فوت یا تقریباً ۳۰ سانتی متر است، در طراحی اتاق ها در فضای مسکونی ژاپنی علاوه بر شبکه کن تناسبات کفپوش های حصیری معروف به تاتمی هم اهمیت زیادی دارد و این سه عامل در کنار هم ساختار فضای مسکونی را رقم میزنند. تناسبات طلایی شاید معروف ترین نسبت در جهان میباشد که نه تنها در هنر و معماری بلکه گفته میشود در آفرینش کل هستی هم بکار رفته است. این تناسبات در دو حالت مستطیل طلایی و مارپیچ طلایی خود را نشان میدهد که مستطیل طلایی از نسبت ۱ به ۱/۶۱۸۰۳ و مارپیچ طلایی دنباله عددی $\sqrt{2}$ ، $\sqrt{3}$ ، $\sqrt{4}$ و... تبعیت میکند. دو نظام تناسباتی دیگر که کمتر مورد توجه قرار گرفته اند تناسبات رنسانسی و سیستم مدولار لوکوربوزیه است. تناسبات رنسانس در طراحی اتاق ها از دیگر اضلاع اتاق تبعیت میکند و سعی در حفظ تناسبات ۱ به ۳ دارد اما در طرف دیگر لوکوربوزیه با الهام از انسان داوینچی، یک مقیاس بر اساس مردی که دست خود را بالا برده است تعریف کرد و در پروژه های خود سعی بر رعایت این تناسبات داشت. از طرف دیگر به نظر میرسد انسان واری در ابعاد ساخته ها در نظام های ایرانی و شرقی بیشتر رعایت شده و حالات و استاندارد های انسان مد نظر بوده است. در نظام مدولار که متعلق به عصر جدید است و تناسبات طلایی که در معماری کلاسیک رواج داشته است مبنای عمل بر اساس متریا لهی ها و یا فرمول های ریاضی میباشد و توجهی به مقیاس انسانی در آنها نشده است.

جدول ۳- مقایسه تطبیقی انواع سیستم های تناسبات و طراحی مدولار، ماخذ: نگارندگان، ۱۴۰۰

نظام تناسبات بر اساس پیمون ایرانی	نظام تناسبات طراحی پیش ساخته و مدولار			نظام تناسبات بر اساس کن و شاکو			تناسبات طلایی			
	پیمون بزرگ	پیمون کوچک	خرده پیمون	خانه های مدولار	خانه های متحرک	روش ایناکاما	روش کیوما	واحد تاتامی	مستطیل طلایی	مارپیچ طلایی
ابعاد و اندازه های عددی بر اساس ابعاد باز شو اتاق ها (واحد گره): پنج دری	۱۱۰	۸۰	۵۸	خانه قطعه ای: پانلهای داخلی و خارجی از ورق نئوپان با روکش سیمانی رو رو (بتوپان) به ابعاد ۲۵۰*۱۲۵*۰۸ سانتی متر	خانه های متحرک	فواصل آکس تا آکس ستون ها که بر اساس شبکه کن، ۶ شاکو که برابر است با ۱/۸۱۸ متر.	روش ایناکاما	روش کیوما	نسبت طلایی، نسبت ۱ به ۱/۶۱۸۰۳ است.	ارتفاع اتاق های با سقف صاف: برابر است با عرض اتاق.
سه دری	۶۶	۴۸	-	خانه مدولار: پانل های بتنی بصورت میانگین در ابعاد: ۳۵۰*۵۳۰*۱۱۸۰	خانه های متحرک	طراحی اتاق ها با اندازه های مختلف، مثلاً اتاق چاپخوری: برابر است با ۴/۵ تاتامی.	روش ایناکاما	روش کیوما	از جمله اندازه های طلایی می توان به مستطیل $\sqrt{2}$ ، $\sqrt{3}$ ، $\sqrt{4}$ و... را نام برد.	ارتفاع اتاق های مربع با سقف قوس دار: برابر است با ۱/۳ بیشتر از عرض آن.
دو دری	۴۴	۳۳	-	خانه مدولار: پانل های بتنی بصورت میانگین در ابعاد: ۳۵۰*۵۳۰*۱۱۸۰	خانه های متحرک	ارتفاع فاصله ستون (مدول کن) بر حسب اندازه اتاق بین ۶/۴ تا ۶/۷ شاکو: برابر است با ۱/۹۳۹۲ تا ۲/۰۳۰۱ متر.	روش ایناکاما	روش کیوما	ارتفاع سقف برای هر اتاق برابر است: ۰/۳ شاکو*تعداد حصیرهای اتاق.	نسبت تاتامی

قمرز: ۲۰۷۰۹۰۱۶۰۲۵۰۴۱۶۶۰							
آبی: ۲۰۹۰۱۱۰۲۰۳۱۰۵۱۸							

مراجع

۱. ابوالقاسمی، لطیف. ۱۳۸۵. هنجار شکل یابی معماری اسلامی ایران. به کوشش محمدیوسف کیانی. تهران: سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه ها (سمت)
۲. اسدی، شهرام و بیگ زاده، عطااله. ۱۳۹۴. مسکن ارزان قیمت وبا کیفیت با تأکید بر مدولار سازی. اولین کنفرانس تخصصی معماری و شهرسازی ایران. شیراز: مؤسسه عالی علوم و فناوری حکیم عرفی.
۳. اشرف گنجویی، علیرضا و دهقانی، حمزه. ۱۳۹۵. بهبود عملکرد توسعه پایدار با استفاده از ساخت و ساز ناب (مطالعه موردی: خانه سازی مدولار). اولین کنفرانس بین المللی و سومین کنفرانس ملی معماری و منظر شهری پایدار. مشهد: مؤسسه بین المللی معماری و شهرسازی مهرآز شهر.
۴. انصاری، مجتبی؛ اخوت، هانیه؛ تقوایی، علی اکبر. ۱۳۹۰. تحقیقی پیرامون سیر تاریخی سیستمهای تنظیم تناسب در معماری با تأکید بر ملاحظات کاربردی و زیباشناسی. تهران: کتاب ماه هنر فروردین ۱۳۹۰ - شماره ۱۵۱ (۱۲ صفحه - از ۴۶ تا ۵۷)
۵. بمانیان، محمدرضا. ۱۳۸۱. مقدمه ای بر نقش و کاربرد پیمون در معماری ایرانی. مجله هنر و معماری: مدرس هنر، شماره اول.
۶. بمانیان، محمدرضا؛ اخوت، هانیه؛ و بقایی، پرهام. ۱۳۸۹. کاربرد هندسه و تناسب در معماری. تهران: انتشارات نشر هله.
۷. بهزادیان، مجید و برادران کاظم زاده، رضا. ۱۳۸۵. گسترش کارکرد کیفیت برای معماری مدولار محصول. هفتمین کنفرانس بین المللی مدیران کیفیت. تهران: مجموعه همایش های بین المللی اجلاس.
۸. ثبوتی، هومن و احمدی، جلال. ۱۳۹۴. مدولار و پیش ساختگی در معماری و تولید انبوه مسکن. دومین کنفرانس ملی معماری و منظر شهری پایدار. مشهد: مؤسسه بین المللی معماری و شهرسازی مهرآز شهر.
۹. حیدری علی اکبر، پیوسته گر یعقوب، محبی نژاد سارا، کیایی مریم. ۱۳۹۷. ارزیابی شیوه های ایجاد حریمیت در سه نظام پیمون بزرگ، کوچک و خرده پیمون در پیکره بندی مسکن ایرانی - اسلامی با استفاده از تکنیک نحو فضا. مرمت و معماری ایران (مرمت آثار و بافت های تاریخی فرهنگی).
۱۰. خضریان، علیرضا؛ دماوندی، مجید و حسینی، سیدسیحان. ۱۳۹۵. رویکرد مدولار و پیش ساختگی در مسکن انعطاف پذیر. پنجمین کنفرانس ملی توسعه پایدار در علوم جغرافیا و برنامه ریزی، معماری و شهرسازی. تهران: مرکز راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار - مؤسسه آموزش عالی مهر اروند.
۱۱. رضایی منش، میثم و تقدیری، علیرضا. ۱۳۹۵. چگونگی استفاده از سیستم کانتینر به عنوان واحد مدولار ساختمانی. سومین کنفرانس سراسری نوآوری های اخیر در مهندسی عمران، معماری و شهرسازی. تهران: مؤسسه آموزش عالی نیکان.
۱۲. شوکت پور محمدحسین، محمدی مهدی، اصلانی علیرضا، منطقی منوچهر، چوپانکاره وحید. ۱۳۹۸. محصولات مدولار؛ راهبردی آینده نگر برای طراحی فضاهای آینده. باغ نظر.
۱۳. صدری، آرشی. ۱۳۹۱. سیستم ساخت ابنیه پری فابریکه با شبکه مدولار پلانی. اولین همایش ملی اندیشه ها و فناوری های نو در معماری. تبریز: انجمن مهندسان معمار تبریز.
۱۴. صفا، ملیکا و فتحیه، صادق. ۱۳۹۵. جایگاه مدولار و پیش ساختگی در معماری مدرن. پنجمین کنفرانس ملی توسعه پایدار در علوم جغرافیا و برنامه ریزی، معماری و شهرسازی. تهران: مرکز راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار.
۱۵. فلاح نیا، مرجان و زارع، سهیلا. ۱۳۹۳. طراحی مدولار در معماری ساختمان های مسکونی؛ مقایسه نظام پیمون ایرانی سیستم مدولار لوکوربوزیه و سیستم کن در ژاپن. اولین کنگره بین المللی افق های جدید در معماری و شهرسازی. تهران: دانشگاه تربیت مدرس
۱۶. فلاح، محمد و صادق و محمدی، حسین. ۱۳۹۰. از پیمون در معماری سنتی تا مدولار سازی در سازه های فضاکار. سومین کنفرانس ملی سازه های فضاکار. تهران: دانشگاه تهران، قطب علمی فناوری معماری پردیس هنرهای زیبا.
۱۷. محسنین، مهسان. ۱۳۸۶. تطبیق مدولار سازه و معماری در ساختمان های مسکونی ایران. اولین کنفرانس سازه و معماری. تهران: دانشگاه تهران.
۱۸. مهدی زاده، میثم. ۱۳۹۴. مقایسه تطبیقی نظام مدولار در معماری غرب و نظام پیمون در معماری ایرانی. اولین کنفرانس سالانه پژوهش های معماری، شهرسازی و مدیریت شهری. یزد: مؤسسه معماری و شهرسازی سفیران راه مهرآزی.

19. Arta Jakupi.Berat Istogu: "Modular Architecture As A Synergy Of Chaos And Order – Case Study Prishtina", International Journal Of Contemporary Architecture "The New ARCH" Vol. 4, No. 2 (2017).Pp. ۸۱-۷۱

20. Carliss Y. Baldwin And Kim B. Clark .۲۰۰۰ .Book: Design Rules Volume ۱. The Power Of Modularity The MIT Press Cambridge, Massachusetts London, England.
21. Carrier, Rob, ۲۰۰۵, Urban Space, Translated By Khosrow Hasheminejad, Tehran: Khak Publishing.
22. Haslam, A.(2006). Book Design. London: Laurence King.
23. Jean-Louis Cohen,2014. Le Corbusier's Modulor And The Debate On Proportion In France, Architectural Histories, Vol.۲, No. ۱, ۲۰۱۴, Pp. ۱-۱۴
24. LELGEMANN, Dieter. On The Ancient Determination Of The Meridian Arc Length By Eratosthenes Of Kyrene: WSHS1 History Of Surveying And Measurement. Athens, Greece, May 22-27, 2004
25. Ron Sanchez; Joseph T. Mahoney.۲۰۰۲ , Modularity, Flexibility, And Knowledge Management In Product And Organization Design . Strategic Management Journal , Vol. 17, Special Issue: Knowledge And The Firm. (Winter, 1996),Pp. 63-76.
26. Segré, D., Pilpel, Y., Glusman, G. And Lancet, D.: 1996, In C. B. Cosmovici, S. Bowyer And D. Werthimer, Astronomical And Biochemical Origins And The Search For Life In The Universe, Bologna, Editrice Compositori, 469-476.

