ISSN: 2538-3019, EISSN: 2676-4806
DOI: 10.30479/AT.2019.11383.1299
دوفصلنامهٔ اندیشهٔ معماری، نشریهٔ علمی، سال سوم، شمارهٔ ششم، پاییز و زمستان ۱۳۹۸، صص ۱۶۰-۱۷۴

بازشناسی نقش پیمون در طراحی خانه های سنتی از منظر سرمایش ایستا (نمونه موردی: خانه های قجری شهر شیراز)

آرش پسران[۱*]، شهاب کریمی‌نیا[۲]، الهام ناظمی[۳]، شیرین طغیانی[۴]

تاریخ دریافت مقاله : ۱۳۹۸/۰۵/۲۳
تاریخ پذیرش مقاله : ۱۳۹۸/۰۷/۰۵

چکیده

تبعات پیشرفت انرژی و سهولت استفاده از وسایل سرمایش و گرمایش مکانیکی، منجر به افزایش مصرف انرژی و کمرنگ شدن نقش کالبد و عناصر معماری در تامین شرایط آسایش شده‌است. این امر خصوصاً در طراحی ساختمان‌های مسکونی کوچک و متوسط بیشتر به چشم می‌خورد. در این ساختمان‌ها حتی انرژی مصرفی به درستی مهندسی نمی‌شود. این درحالی است که کنکاش در مطالعات معماری سنتی و بومی ایران خصوصاً در اقلیم گرم و خشک، گویای توانایی ساختمان‌های سنتی در تامین شرایط آسایش بدون استفاده از تجهیزات مکانیکی می‌باشد. این نوشتار فرضیه‌ی «وجود رابطه معنادار میان ساختار هندسی و سرمایش ایستا در خانه های سنتی شهر شیراز »را با روش توصیفی –تحلیلی و با هدف یافتن ارتباط در ساختار هندسی طراحی معماری در جهت رسیدن به شرایط بهینه آسایش با کمترین مصرف انرژی و در سریع‌ترین زمان طراحی، بررسی می‌کند. در این راستا از منابع اسنادی، مطالعات و برداشت‌های میدانی و مشاهده بهره‌گرفته شده است. رایانه، نرم‌افزار دیزاین بیلدر و اتوکد، دوربین عکاسی و وسایل اندازه‌گیری از جمله ابزار تحقیق بوده‌اند. نمونه‌ها شامل پنج ساختمان مسکونی و سنتی مربوط به دوره قاجار در شهر شیراز هستند که بر اساس الگوی هندسی آن‌ها، مدل های مبنا استخراج، در نرم‌افزار دیزاین بیلدر شبیه سازی و آنالیز انرژی انجام گرفته است. در ادامه با تطبیق آنالیزها با استاندارد رده بندی انرژی در ایران، امکان ارزیابی و یافتن سطح خانه‌های مذکور از منظر انرژی به‌وجود آمد. در نهایت از آنالیزهای نرم‌افزار دریافت شد که الگوهای هندسی و ساختاری بکار رفته در خانه‌های انتخاب شده با تامین شرایط آسایش منطبق است. همه الگوهای مبنای استخراج شده بدون هیچ تغییری در اجزا، موفق به دریافت برچسب رده انرژی C شد. در مرحله بعد با بهینه‌کردن ساختار بنا امکان ارتقاء به سطح B و A به وجود آمد، که می‌توان گفت، طراحی معماری نوین برگرفته از نظریه پیمون قادر است با سرعت و سهولت بالا امکان افزایش کیفیت مصرف انرژی در ساختمان را به‌وجود آورد.

کلمات کلیدی: پیمون، سرمایش ایستا، معماری سنتی، دیزاین بیلدر، خانه‌های قاجار شیراز

[۱] دانشجوی دکتری، گروه معماری ، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران، Arch.a.pesaran@gmail.com
[۲] استادیار، گروه معماری ، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران، drshahabkariminia@gmail.com
[۳] استادیار، گروه شهرسازی، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران، elhamnazemi@par iaun.ac.ir
[۴] استادیار، گروه شهرسازی، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران، Toghyani.shir\in@gmail.com

مقدمه

ارتقاء فنون و علوم از مظاهر پیشرفت جامعه است و از برنامه‌های اصلی کشورهای در حال توسعه محسوب می‌گردد. به دنبال این پیشرفت محدودیت-ها و مشکلاتی نیز پدیدار می‌گردد. افزایش مصرف انرژی مشکلات متعددی از جمله آلودگی‌های زیست محیطی، قطعی‌های تاگهانی برق و هزینه‌های مصرف را به همراه دارد. درحالی‌که در گذشته با توجه به الگوهای سنتی معماری ایرانی سرمایش ایستا بدون مصرف انرژی، مهم‌ترین بخش تامین شرایط آسایش در اقلیم گرم و خشک را بر عهده داشته‌است. نکته حائز اهمیت آنجا است که ساختمان‌های مذکور در زمانی ساخته شده‌اند که کامپیوترها و آنالیزهای پیچیده امروزی برای ایجاد شرایط بهینه‌ی آسایش وجود نداشته است. در صورتی که مطالعات نشان داده، اکثر ساختمان‌های سنتی در شرایط غیرفعال نسبت به ساختمان‌های مدرن، شرایط آسایش بهتری برای ساکنین دارند و انرژی کمتری مصرف می‌کنند (Nematchoua et. al, 2014). همچنین به نظر می‌رسد پیوند ویژه-ای بین الگوهای طراحی معماری که به کمک تناسبات هندسی شکل می‌گرفته است و طراحی اقلیمی وجود داشته که طراحی را سریع و با امکان کمتر غفلت از تامین شرایط آسایش انجام می‌داده است. هرچند امروزه با وجود تکنولوژی‌های پیشرفته محاسباتی همچنان بناهای متعدد با کمبودهای جدی در طراحی‌های اقلیمی مشاهده می‌گردد. بنابراین اگر بتوان راهی یافت تا طراحی معماری از همان ابتدا و نه پس از شکل گرفتن طرح، قابلیت ادغام با الگوهای تامین کننده شرایط آسایش حرارتی را داشته باشد نه تنها از جنبه هزینه و زمان صرفه‌جویی خواهد شد، بلکه معماری بیش از پیش از جنبه زیست‌محیطی پایدار است.

ساختار تحقیق برمبنای دو پرسش اصلی شکل می‌گیرد:

۱- چگونه روش طراحی معماری می‌تواند از جنبه صرفه‌جویی در مصرف انرژی و به کمک ساختار طرح عملا و با سرعت، استفاده و کاربردی شود؟

۲- چه ارتباطی بین هندسه و پیمون در ساختمان‌های سنتی، و مصرف انرژی و شرایط آسایش حرارتی وجود دارد؟

در این پژوهش فرض بر این است که ارتباطی معنادار بین رعایت هندسه پیمون و تامین شدن شرایط مناسب سرمایش ایستا و در نتیجه کاهش مصرف انرژی وجوددارد. در واقع در زمان طراحی معماری ساختاری از ابعاد و همنشینی اجزا به کمک نظریه پیمون ایجاد می‌شود که علاوه بر تامین نیاز سازه‌ای، در کنترل مصرف انرژی نقش دارد.

پیشینه تحقیق

یافتن الگوهای ماندگار معماری سنتی همواره اهمیت ویژه‌ای برای طراحان داشته است. در زمینه اقلیم گرم و خشک و معماری آن عده‌ای به تشریح ویژگی‌های اقلیمی و بافت و شناخت عوامل اقلیمی، اقلیم و انسان، اقلیم و ساختمان می‌پردازند(شاطریان، ۱۳۹۴) و (کسمایی، ۱۳۹۵). الگوها و فاکتورهای کالبدی تاثیرگذار درمعماری خانه‌های تاریخی ارزیابی و راهکارهای طراحی به صورت کل‌نگر و محدود ارائه شده است (میرسجادی و فرکیش، ۱۳۹۵). در زمینه ساختار و الگوی بنا از جمله حیاط مرکزی در شهر یزد و دزفول مطالعاتی انجام و تناسبات و مصالح حیاط، مورد تطبیق با اقلیم قرار گرفته است(زارعی و میردهقان، ۱۳۹۵) و (زینلیان و اخوت، ۱۳۹۶) همچنین مطالعات کلی در زمینه هندسه و تناسبات در معماری سنتی ایرانی انجام شده و آن را هویت معماری دانسته، تعاریف و الگوهای معنایی هندسه

مورد بحث قرار داده‌اند. (نجفقلی پورکلانتری و دیگران، ۱۳۹۶)، (رضازاده اردبیلی و ثابت فرد، ۱۳۹۲) و (موسویان، ۱۳۹۶) نظریه پیمون و مستطیل طلایی در خانه های سنتی شیراز مورد آزمون قرار گرفته و نظریه پیمون مورد تایید قرار گرفته است (ذاکری و دیگران، ۱۳۹۵).

روند مصرف و تبیین روش‌هایی جهت بهینه‌سازی، موردتوجه پژوهشگران و مدیران انرژی در بخش مسکونی قرار گرفته است .از جمله تکنیک‌های مختلف رده‌بندی انرژی و اهمیت اساسی آن در کنترل مصرف انرژی مورد توجه و بررسی بوده است(Summerfield et. al, 2019: 997). ژیتونگ و همکارانش یک الگوریتم شبکه عصبی، برای پیش‌بینی مصرف انرژی ساختمان در جنوب چین استفاده کردند(ma et. al, 2019: 3433). برای بدست آوردن اطلاعات تخصصی‌تر در زمینه مدیریت انرژی ساختمان، لی و کونگ در مقاله خود پیشنهاد تعدیل روش سنتی را با استفاده از طبق بندی آب و هوایی و تحلیل پوششی داده‌ها(DEA) مطرح کردند(Lee and kung, 2011: 1801).

تجزیه و تحلیل داده‌های آماری انرژی در بخش‌های مسکونی اسپانیا که در نهایت به ارزیابی شاخص‌های کلیدی انرژی مسکونی، در جهت رعایت اهداف طرح توسعه اروپا برای سال ۲۰۲۰ رسیده، نیز انجام شده است. نتایج در این پژوهش خود به عنوان یک ابزار کنترل، برای برنامه‌ریزی انرژی عمل می‌کنند (Luis M. López et.al, 2018: 2358) همچنین تاثیر تابش دریافتی خورشید در بدنه‌های ساختمان بر مصرف انرژی بخش خانگی و در شهر شیراز مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است (برزگر، ۱۳۹۲). وکیلی نژاد و همکارانش مقاله‌ای در رابطه با اصول سرمایش ایستا در عناصر سنتی ارائه داده و عناصر تاثیرگذار را به طور مختصر توضیح داده‌اند(وکیلی نژاد و دیگران، ۱۳۹۲). لازم به توجه است که در پژوهش‌های انجام شده غالبا به الگوی طراحی هندسی پیمون به عنوان عاملی نیارشی و سازه‌ای و کمتر به عنوان الگوی طراحی اقلیمی توجه شده‌است و اگر هم از ارتباط بین ساختار هندسی و انرژی سخن به میان آمده است عموماً به طور کلی و یا صرفا محدود به بخش‌های مشخصی است. در رابطه با بررسی‌های اقلیمی نیز با وجود پژوهش‌های تخصصی متعدد کمتر موردی می‌توان یافت که ارتباط ریاضی‌وار ساختار بنا را در ارتباط با بهینه‌سازی انرژی و طراحی اقلیمی دیده‌باشد. هرچند طراحی اقلیمی در معماری گذشته ایران اتفاقی عجیب نیست، معماران سنتی به گونه‌ای تجربی و در طی سالیان با آزمون و خطا، حذف اشکالات و استفاده از الگوهای بناهای ماندگار در طراحی‌های آتی موفق به اصلاح بسیاری از مسائل شدند(Amiriparyan & kiani, 2016: 2). با وجود اینکه کاربرد هندسه در ساختار طراحی معماری این مرز و بوم چه از منظر نیارش و چه طراحی اقلیمی ریشه‌ای طولانی دارد. اما بررسی این ارتباط با علم روز امری نسبتا نو است. هیچکدام از منابع مورد بررسی ارتباط بین این الگوها و تناسبات پیمون را با مسایل اقلیمی و به کمک شبیه‌سازی دقیق مورد بررسی قرارنداده اند و یا بسیار کلی بحث شده است و یا فقط بخش مستقلی مورد بررسی جزیی و تخصصی قرار گرفته است.

روش تحقیق

در این پژوهش ارتباط بین الگوی هندسی مورد استفاده جهت طراحی معماری از یک طرف و نیازهای طراحی‌اقلیمی در حیطه انرژی و سرمایش ایستا از طرف دیگر، به کمک نمونه‌های موردی انتخاب شده در شهر شیراز و دوره قاجار مورد آزمون قرار می‌گیرد. روش پژوهش از نوع

توصیفی‌تحلیلی و به کمک شبیه‌سازی رایانه ای است. مراحل انجام کار به این صورت است که پس از استخراج الگوی هندسی موجود در نمونه‌ها به کمک منابع کتابخانه‌ای و برداشت میدانی، خروجی‌ها در کنار نیازهای اقلیمی بناها مورد توجه قرار می‌گیرد. سپس به کمک شبیه‌سازی نرم افزاری و تحلیل اطلاعات بدست‌آمده، صحت فرض بررسی می‌شود.

مبانی نظری

معماری سنتی ایران

معماری سنتی ایران دارای اصول مختلفی است که از جمله آنها می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

نیارش ، هندسه و پیمون: پیمون با عنایت به جای‌نگذار (خالی و بدون استفاده نگذاشتن فضا) و فضاهای مقصود، وسیله تنظیم ابعاد و اندازه‌هاست و هندسه راهنمای معماری در تأمین تناسب و هماهنگی اصولی(ذاکری و دیگران، ۱۳۹۵: ۱۸) و در تمام مراحل مربوط به تکوین یک اثر معماری، رابطه و همیاری تنگاتنگ نیارش، هندسه، پیمون و گز نقش اساسی دارد. هندسه و نیارش با استفاده از پیمون و عنایت به نیاز، عامل تعیین و کنترل ابعاد و اندازه‌ها و راهنمای دستیابی به نتیجه‌ای مطلوب است (کیانی، ۱۳۹۵)

هماهنگی با اقلیم: در معماری بومی ایرانی همواره راهکارها و شیو های ارزشمندی در جهت فراهم‌کردن شرایط زندگی مناسب در ساختمان‌ها مطرح شده‌است .معماران با اصول ابداعی خویش بهترین و مناسب‌ترین شیو های تطبیق با اقلیم و استفاده مناسب از شرایط اقلیمی را فراهم می‌آوردند. این اصول و الگوها امروزه می‌تواند با تلفیق مناسب با فناوری جدید در ساختار معماری معاصر قرارگرفته و ضمن دارا بودن هویت خاص خود، معماری به‌روز و اصطلاحاً پایداری را ایجاد کند. نگرشی بر آثار ارزشمند معماری بومی نشان دهنده تفکری جامع و هدفمند در استفاده از شرایط اقلیمی است .تفکری که بازشناخت آن به همراه استفاده صحیح و ترکیب مناسب با اصول معماری معاصر، می‌تواند ارتقا این معماری را درپی‌داشته باشد(مولانایی و سلیمانی، ۱۳۹۵). به طورکلی در معماری سنتی آسیای مرکزی و خاورمیانه ارتباط بنا با طبیعت و محیط اطراف و بهره‌مندی معماری از شرایط مطلوب جوی و اقلیمی یکی از مهمترین شیوه‌های پاسخگویی به نیاز انسان ها در فضاهای معماری بوده است(El-Shorbagy, 2012: 21). در معماری سنتی ایران، ساختمان بر اساس موقعیت جغرافیاییش، از طریق سقف‌ها، کنترل سطح خارجی در برابر تابش مستقیم آفتاب، انتخاب مصالح مناسب، و... چنان با محیط خارج مقابله می‌کند که بهترین آسایش فضای داخلی را بدون استفاده از دستگاه پیچیده انرژی و آلوده کننده امکان پذیر می‌سازد(کسمایی، ۱۳۹۵). عوامل سرمایش ایستا به عنوان زیر شاخه اقلیم از اصول معماری سنتی و بومی ایران پیروی می کند.

از نظر پژوهش حاضر دو اصل مذکور، در سیر تاریخی تکامل بناها کنار یکدیگر و به طور هماهنگ شکل گرفته‌اند، به گونه ای که منجر به آن شده که هندسه و پیمون نه تنها الگویی برای مسائل سازه ای و ساختاری باشد بلکه، تناسباتی ارایه شده که شرایط بهینه از منظر سرمایش ایستا را مدنظر قرار داده است.

هندسه در اندیشه و معماری ایرانی

هندسه معرب کلمه اندازه است و به دانشی اطلاق می‌شود که رابطه ریاضی مابین نقاط، طول‌ها، سطوح و حجم‌ها را تعیین می‌کند و نسبت‌های میان آنها و مشتقات و توابعشان را نشان می‌دهد. کلمه هندسه در زبان‌های اروپایی ریشه یونانی دارد و به معنای مساحی است (مولوی، ۱۳۸۱: ۱۲). تاکید

معماری ایرانی بر زیبایی متمرکز بوده و علم هندسه ابزار قدرتمندی است که معمار ایرانی را قادر به اندازه‌گیری تناسبات فضایی و خلق توازن، نظم و زیبایی در زمین می‌کرده است. در بنای تاریخی معماری، تمام اندازه‌ها در کمال خود (ارتفاع، طول و عرض) و در اجزای ترکیب‌کننده آن (شامل الگوهای هندسی سطحی) وابسته به هم بوده و هرگز از هندسه جدا نبوده‌اند. به این شکل، هنر هندسه کلید اساسی برای ایجاد ارتباط بین ساختمان و انگاره‌هاست که سازنده در ذهن خود دارد (خوارزمی و افهمی، ۱۳۸۹: ۱۰). داشتن نظم هندسی مشخص باعث انسجام اجزا بنا با کل بنا می‌گردد. با رعایت هندسه‌ای منطقی در نقشه بنا، می‌توان هیات و حجم کلی بنا را بهتر درک کرد. این هندسه همواره شبکه‌ای ملموس و قابل رویت نبوده بلکه نظامی است که وظیفه تنظیم و کنترل فضاهای مختلف را در یک دستگاه واحد دارد تقارن، نظم هندسی مستطیل، نظم هندسی مربع، نظم هندسی دایره، انضباط هندسی نما، درک هندسی از ایستایی، تناسبات طلایی ایران، مدول و پیمون کل و جز (تجانس هندسی) اعداد خاص و هندسه پنهان از کلید واژه‌های تنوع در هندسه‌ی ایرانی به حساب می‌آیند(رضازاده اردبیلی و ثابت فرد، ۱۳۹۲).

مدول و پیمون

مجموعه‌ای از اندازه‌ها و نسبت‌های کمّی یا ارزیابی‌های کیفی است که در معماری هر گونه سازه‌ای از دیرباز در معماری سنتی ایران پیاده می‌شده است. این گردایه به مانند الگویی فراگیر در همه انواع سازه‌ها از کاخ و دژ و ارگ و کوشک گرفته تا آب‌انبار و گرمابه و پل و بازار و خانه کارایی جدی داشته و همه معماران و رازیگران در سرتاسر پهنه فرهنگی ایران آن را به مانند یک دستور کار راهگشا و خردورزانه که جایگزین دیگری ندارد می‌دیده و به آن اهتمام مسئولانه داشته‌اند. نکته بسیار مهم درباره‌ی پیمون آموزش شفاهی و سینه به سینه آن بوده که از استاد به شاگرد در یک روند هزاران ساله به اوج دقت و کارایی رسیده بود. به همین خاطر هم هست که اکنون سند مشخصی از این تناسبات و اندازه‌ها به جز متونی مانند رساله طاق و اَزَج غیاث الدین جمشید کاشانی که به طور غیر مستقیم به بخشی از پیمون پرداخته در دسترس نیست. از دست رفتن سنت استاد و شاگردی که در پی ورافتادن شیوه‌های معماری سنتی ایران و جایگزینی اش با روش‌های مدرن مهندسی عمران روی داد اکنون بیش از پیش این گردایه شفاهی بزرگ را در آماج نابودی قرار داده است(بمانیان،۱۳۸۱).

پیمون روشی برای سهولت در کار و جهت دادن به تمامی اندازه‌ها در نیارش بوده‌است. پیمون سبب می‌شود تا یک معمار از یک اندازه و مقیاس استفاده کند. پیمون به این صورت در معماری تنوع ایجاد کرده، به همین دلیل در هیچ‌کدام از بناها اثری از تقلید مشاهده نمی‌گردد(شمس، ۱۳۸۱) و (پیرنیا و معماریان ۱۳۹۷). پیمون نه تنها در نقشه و اندازه پایه‌ها و ستون‌ها در عرض و طول اتاق‌ها و راهروها اثر دارد، بلکه حالت در و پنجره و نسبت بین آن‌ها را نیز معین می‌کند و پس از همه در پوشش درگاه‌ها، ایوان‌ها، طاق‌ها و گنبدخانه‌ها تأثیر دارد. این تأثیر آن‌جا آشکار می‌گردد که معمار ایرانی می‌تواند با تضمین کافی با کاربرد پیمون کست افزود، طرح و محاسبه و اجرای آن را در آن واحد انجام دهد؛ بدون این که نا استواری به وجود بیاید (پیرنیا و دیگران، ۱۳۹۵). استاد پیرنیا پیمون را یکی از ویژگی های مهم معماری ایرانی برمی‌شمارد و آنرا ذیل اصل نیارش معرفی می‌کند. او گرچه تعریف جامع و شفافی برای این ویژگی ارایه نمی‌دهد اما برای توضیح، پیمون را با مدول تقریبا

مشـابه خوانده و متذکر می‌شـود که تفاوت این دو در نتیجـه بـه کـارگیری آنهاسـت. به گونه ای که اسـتفاده از مدول نتیجه ای جز خلق بناهای یکسان و تکراری در بر نـدارد در حـالی کـه بهره‌گیری از پیمون علاوه بر حفظ اسـتحکام تناسب و زیبایی به خلق بناهای متنوع می‌انجامد(رسـتگارمقدم بقراطی و دیگران، ۱۳۹۶)

ضرورت پیمون در معماری ایرانی

پیمون نه تنها در نقشه و اندازه پایه‌ها و ستون‌ها در عرض و طول اتاق‌ها و راهروها اثر دارد، بلکه حالت در و پنجره و نسبت بین آن‌ها را نیز معین می‌کند و پس از همه در پوشش درگاه‌ها، ایوان‌ها، طاق‌ها و گنبد خانه‌ها تأثیر دارد. این تأثیر آن جا آشکار می‌گردد که معمار ایرانی می‌تواند با تضمین کافی با کاربرد پیمون کست افزود، طرح و محاسبه و اجرای آن را در آن واحد انجام دهد؛ بدون این که نااستواری به وجود بیاید(پیرنیا و دیگران، ۱۳۹۵). (*جدول ۱*). پس پیمون نه تنها کلیات بلکه جزییات بنا را در جنبه های مختلف ساختاری آن در کنار یکدیگر قرار داده است. ساختاری که معماری خانه ایرانی را شکل داده، تکامل و سرعت بخشیده و حتی سعی در تامین نیاز زیبایی‌شناسانه بنا داشته است.

جـدول ۱- ابعـاد اسـتاندارد در نظام طراحی به کمک پیمون (مأخذ: ذاکری و دیگران: ۱۳۹۵)

	پیمون کوچک		پیمون بزرگ	
	اندازه به گره	اندازه به سانتیمتر	اندازه به گره	اندازه به سانتیمتر
عرض در و پنجره	۱۴	۹۳	۱۸	۱۲۰
ارتفاع در	۲۸	۱۸۷	۳۰	۲۰۰
ارتفاع روزن	۹	۶۰	۹	۶۰
ضـخامت دیوار	۹	۶۰	۱۱	۷۳
عرض جبهه دو دری	۳۳	۲۱۳	۴۴	۲۹۳
عرض جبهه سه دری	۴۸	۳۲۰	۶۶	۴۳۰
عرض جبهه پنج دری	۸۰	۵۳۳	۱۱۰	۷۲۳

هماهنگی با اقلیم

تمهیـدات بکـار رفتـه برای تـامین آسـایش در سـاختمان به سـه مرحله طراحی اولیه سـاختمان، سـیسـتمهای ایسـتا، سـیسـتمهای مکانیکی تقسیم می‌شـود.. این سـه مرحله به صـورت آگاهانه و یا ناآگاهانه همواره در طراحی یک سـاختمان وجود دارند .لازم به ذکر اسـت که اسـتفاده از سامانه‌های ایسـتا با پیش فرض طراحی مناسـب ساختمان در مرحله اول و رعایت اصـول اولیه طراحی اقلیمی می‌تواند موثر واقع شود(لکنر ، ۱۳۹۶).

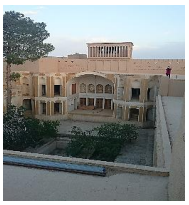
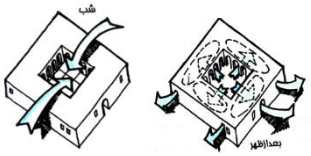
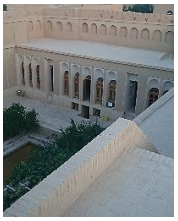
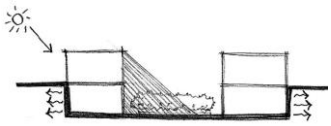
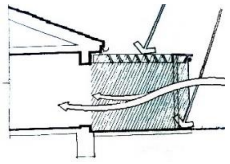
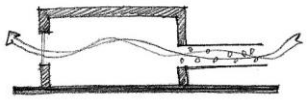
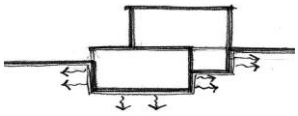
شـرایط محیطی درون بنا باید به گونه‌ای متعادل شـود که بتواند آسـایش کالبدی و روانی را برای ساکنین فراهم کند .منظور از آسایش کالبدی تامین شـرایط آسـایش حرارتی (گرمایش و سرمایش) و آسـایش بصـری(تامین نور و روشـنایی) است که مسـتلزم مصـرف انرژی می‌باشد. در میان روشهای مختلف تامین شـرایط آسـایش، سامانه های ایستا، از عناصـر معماری سـاختمان، اسـت .اهمیت این عناصـر در ترکیب با شـاکله اصـلی ساختمان کاملا نمود پیدا می‌کند .هرچند عناصـری که در معماری سـنتی جهت ایجاد سـرمایش بکار رفته‌اند در معماری معاصـر چندان مورد استفاده نیستند اما از آنجا که اصـول فیزیک حرارت مورد اسـتفاده در آنها با اصـول طراحی سـامانه‌های ایستای امروزی یکسان است، در برخی موارد مشابهت‌های کالبدی میان عناصـر سـنتی و امروزی سـیسـتم‌های ایسـتا مشـاهده می‌شـود و الگوی موجود در سـاختارهای گذشته راهگشای ساختارهای جدید خواهد بود. در سـامانه‌های ایسـتا، گرمایش، سرمایش و روشنایی

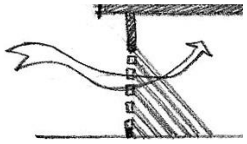
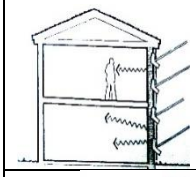
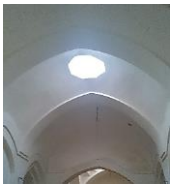
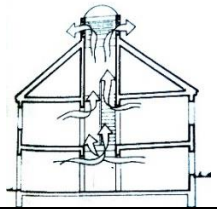
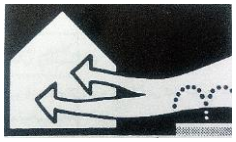
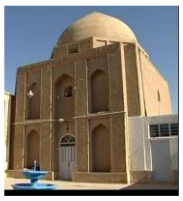
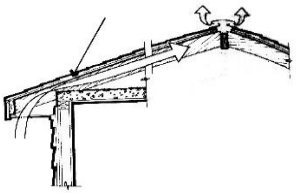
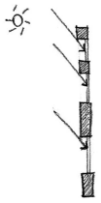
موردنیاز برای ایجاد آسایش کالبدی در بنا از منابع طبیعی و تجدیدپذیر انرژی تامین‌شده و تنها برای انتقال انرژی گردآوری شده به میزان بسیار کم از وسایل مکانیکی استفاده می‌شود .پس از طراحی اولیه ساختمان، طراحی این سیستم‌ها به طور مستقیم در ارتباط با تصمیمات معمار در هم‌خوانی با سایر عوامل طرح معماری شکل خواهدگرفت (وکیلی‌نژاد و دیگران ۱۳۹۲).

تکنیک های سرمایش ایستا در خانه سنتی

با توجه به کاربری و محل انتخاب نمونه‌ها تکنیک‌های موثر در ساختمان‌های سنتی که در زمینه سرمایش ایستا موثر بوده‌اند به شرح زیر ارائه شده‌است (جدول ۲).

جدول ۲- تکنیک‌های سرمایش ایستا در عناصر معماری سنتی برمبنای از (وکیلی‌نژاد و دیگران، ۱۳۹۲)، (واتسون و لبز، ۱۳۹۶)، (پسران و پورمحمد، ۱۳۹۰) و (فولادی و دیگران، ۱۳۹۵)

عنصر معماری	تصویر	اصول طراحی سرمایش ایستا	توضیحات
حیاط مرکزی		سرمایش تبخیری(مستقیم -)سرمایش تابشی- سرمایش از طریق تهویه (تهویه عبوری و تهویه دودکشی)- سرمایش از طریق تهویه شبانه - تابش شبانه سرمایش تبخیری(مستقیم و غیر مستقیم) در ترکیب با بدنه های آب مجاور سایه اندازی -تله سرمایی	
گودال باغچه		سرمایش تبخیری(مستقیم -)سرمایش تابشی - سرمایش از طریق تهویه (تهویه عبوری و تهویه دودکشی)- سرمایش از طریق تهویه شبانه - تابش شبانه- سرمایش تبخیری(مستقیم و غیر مستقیم) در ترکیب با بدنه های آب مجاور- سایه اندازی -تله سرمایی- سرمایش با اثر جرم (تماس مستقیم)	
ایوان		سرمایش از طریق تهویه(تهویه عبوری و تهویه دودکشی) سرمایش تبخیری (مستقیم و غیر مستقیم) در ترکیب با بدنه های آب مجاور - سایه اندازی	
حوض- خانه		سرمایش از طریق تهویه (تهویه دودکشی) سرمایش تبخیری(مستقیم و غیر مستقیم)	سامانه متناظر کولرهای تبخیری(سیستم حلقه باز) 
شبستان		سرمایش با اثر جرم(تماس مستقیم) سرمایش از طریق تهویه (تهویه عبوری و تهویه دودکشی) ذخیره سازی فصلی حرارت	

پنجره مشبک		سرمایش از طریق تهویه(تهویه عبوری سرمایش تبخیری(مستقیم و غیر مستقیم) در ترکیب با بدنه های آب مجاور -سایه اندازی	
مصالح با ظرفیت حرارتی زیاد		سرمایش با تهویه شبانه- تاخیر در زمان حرارت- کاربرد در گرمایش به صورت- جذب مستقیم و دیوار ذخیره‌ساز حرارتی	سامانه متناظر دیوار ترومب 
پنجره های زیر سقفی		سرمایش از طریق تهویه(تهویه عبوری و تهویه دودکشی)	
بدنه های آب مجاور ساختمان		سرمایش تبخیری (مستقیم و غیرمستقیم)	
اجزای ساختمانی دو پوسته		سرمایش از طریق تهویه(تهویه عبوری) سایه اندازی- کاربرد در سرمایش و گرمایش	سامانه متناظر دیوار و سقف دو پوسته مدرن 
گره‌بندی چوبی و گچی پنجره		سایه اندازی	سامانه متناظر سایبانهای قابی شکل سایه اندازی سایبان های عمودی و افقی 

با بکار گیری اصول سامانه‌های ایستا، عناصر سنتی مطرح شده می‌توانند منبع الهام طراحان در ساختمان‌های امروزی واقع شوند. بدیهی است مدنظر قرار دادن این اصول از ابتدای فرآیند طراحی، در همخوانی و هماهنگی کامل طرح معماری با عناصر لازم جهت ایجاد آسایش حرارتی موثر خواهدبود (وکیلی‌نژاد و دیگران، ۱۳۹۲). با توجه به تعدد تکنیک‌های تاثیرگذار بر سرمایش ایستا در یک بنا، به‌نظر می‌رسد که بررسی فرض پژوهش بدون شبیه‌سازی رایانه‌ای از دقت کافی برخوردار نخواهدبود. بنابراین یکی از ابزارهای این پژوهش نرم افزار شبیه ساز انرژی دیزاین‌بیلدر، جهت کمک به برآورد خواهدبود. همچنین درنظرگرفتن همزمان آیتم های متعدد تاثیرگذار بدون شبیه‌سازی بسیار پیچیده و عملا غیرقابل‌بررسی است.

شبیه سازی مدل نمونه بر اساس نظام اندازه گیری پیمون

جهت امکان بررسی دقیق وجود ارتباط، بین ساختار هندسی طراحی بنای سنتی (که ظاهرا کاربرد نیارش و ساختاری داشته) و سرمایش ایستا، نیاز به ایجاد مدل بنا به کمک ابعاد استاندارد مورد استفاده در نظام پیمون(جدول ۱) است. بدین صورت امکان بررسی و تطبیق شرایط این بنای مرجع با مولفه‌های مختلف تاثیرگذار بر مصرف انرژی و در زیرمجموعه آن سرمایش ایستا به‌وجود می آید. لازم به ذکر است که که در اقلیم گرم و خشک تامین شرایط آسایش در بناهای مذکور به‌طور جدی با بحث سرمایش ایستا گره خورده است. مورد دیگری که باید مورد توجه قرار گیرد این است که، به‌دلیل تنوع در جزییات معماری، تقسیم‌بندی‌های فضایی و ابعاد مربوط به ساختمان‌های سنتی بعضاً در منابع کتابخانه‌ای نمی‌توان اطلاعات تکمیلی جهت مدل مرجع را بدست آورد. بنابراین جهت تکمیل فرم نهایی از نمونه‌های واقعی موجود الگوبرداری شده است. جهت افزایش دقت و رسیدن به الگوی واحد نیاز به بررسی چند نمونه مشابه و کاهش حداکثری عوامل مداخله‌گر، لازم به نظر می‌رسد.

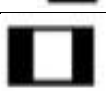
انتخاب نمونه‌ها

جهت بدست آوردن سایر اندازه‌های موردنیاز در تهیه مدل مرجع برای آنالیز مولفه‌های انرژی، نمونه-های موردی با کنترل عوامل مداخله‌گر انتخاب و به عنوان الگوی مدلینگ و ابعاد تکمیلی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. اقلیم گرم و خشک با توجه به نیاز بالا به صرف انرژی برای تامین شرایط آسایش حرارتی در فصل گرم به عنوان بستر اقلیمی و شهر شیراز به دلیل ویژگی‌های خاص اقلیمی و تاریخی‌اش انتخاب شده است. بناهای انتخابی از بناهای با ارزش شهر، براساس درجه‌بندی میراث فرهنگی فارس بوده و جهت کاهش حداکثری عوامل مداخله‌گر در یک منطقه شهری و از یک دوره تاریخی انتخاب گردیده است. سپس پس از بررسی گونه‌بندی شکلی خانه-های منطقه بر اساس تنها یک گونه مورد آنالیز قرار گرفته است. بنابراین محله اسحاق‌بیگ با ۱۶۳۷ پلاک ثبتی انتخاب گردید که از این بین ۱۰۲۴ پلاک مسکونی و از آنها ۳۹ مورد بناهای دارای ارزش تاریخی با قابلیت بررسی است. با دسته‌بندی بناها براساس چهار دسته: یک، دو ، سه و چهارطرفه، دسته یکطرفه بدلیل مشابهت به بناهای معاصر انتخاب گردید(جدول ۳). همچنین دسته دو طرفه نیز با توجه به تفکیک بخش‌های دوگانه آن و شباهت قابل‌قبول به گونه یکطرفه مد نظر قرار گرفته شده است. نهایتا ۵ بنا باقی‌مانده، که به کمک آنها الگوی مدل مبنا تولید شده است.

جدول ۳- انواع گونه های شکلی بنا های با ارزش شیراز در دوره قاجار (مأخذ: نگارندگان)

نام گونه	یکطرفه	دوطرفه	سه‌طرفه	چهارطرفه
گرافیک بنا				

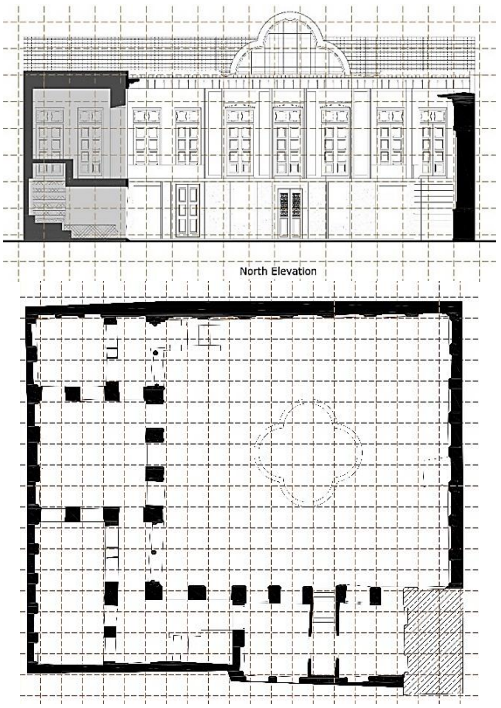
جدول ۴- مشخصات تاثیر گذار بناهای انتخابی(برداشت میدانی)- انتخاب الگوی بنا (مأخذ: نگارندگان)

نام بنا	فرم پلان	تعداد طبقات	ارتفاع	طول نما	عمق پلان
عطروش		۲	۶,۸	۱۵	۶,۸
منصوری		۲	۵,۵۴	۱۱,۷	۵,۱
صراف ۱		۲	۵,۶	۱۳,۶	۷,۷
فتوت آبادی		۲	۴,۶۵	۸,۴۵	۴,۴
فیلی ۲		۲	۵,۵	۸	۵
مصالح قالب	آجر- چوب- شیشه- فلز				

مصالح ساختار	آجر

ساخت مدل مبنا

با بررسی اولیه در نمونه‌ها الگوی پیمون در طراحی اندازه‌ها به ویژه در بناهای باارزش تاریخی درجه یک، به وضوح مشخص است(تصویر ۱). جهت رسیدن به نتایج صحیح، از بین نمونه‌های ذکر شده آنهایی که دارای نزدیکی بیشتر به ابعاد پیمون هستند، انتخاب و سپس مدل مبنا بر اساس الگوی نمونه و اصلاح اندازه ها بر اساس نظام استاندارد پیمون طراحی شده است. از بین نمونه‌ها خانه عطروش از نوع دو طرفه و خانه صراف به دلیل نزدیکی بیشتر به ابعاد پیمون به عنوان پایه‌ی مدل استفاده شده‌اند. که اولی مدل مبنا ۱ و دومی مدل مبنا ۲ را شکل داده‌اند.



تصویر ۱- الگوی طراحی بر اساس شبکه پیمون در خانه عطروش(هر واحد شبکه یک گز است)(مأخذ: نگارندگان)

انتخاب روش محاسبه بنا از حیث مصرف انرژی

استانداردهای متنوعی در جهان جهت ارزیابی ساختمان‌ها از حیث پایداری و در نهایت مبحث انرژی ارائه شده است. از جمله LEED، از ایالات متحده، BREEAM در بریتانیا، CASBEE در ژاپن، DGNB از آلمان، HQE از فرانسه و بسیاری موارد دیگر که در مقیاس ملی و یا بین‌المللی طراحی شده‌اند(مفیدی شمیرانی و دیگران ۱۳۹۷). تقریباً تمام روش‌های امتیازدهی زیست‌محیطی با توجه به قلمروهای خاص طراحی شده‌اند .شواهد نشان می‌دهد که روش‌های امتیازدهی زیست‌محیطی موجود برای مقاصد مختلف ملی، تنظیم شده و به طورکامل برای کشورهای مختلف قابل اجرا نیستند .در کشور ایران، برخی از عوامل محیطی منطقه مانع استفاده از سیستم‌های امتیازدهی زیست‌محیطی سایر کشورها می‌شوند(رئیسی و نیکروان ، ۱۳۹۵).

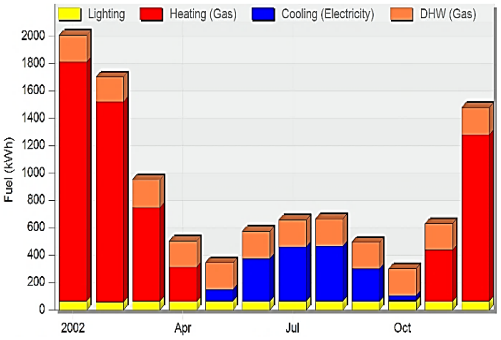
روش محاسبه و تعیین رده انرژی ساختمان بر اساس استاندارد ایران

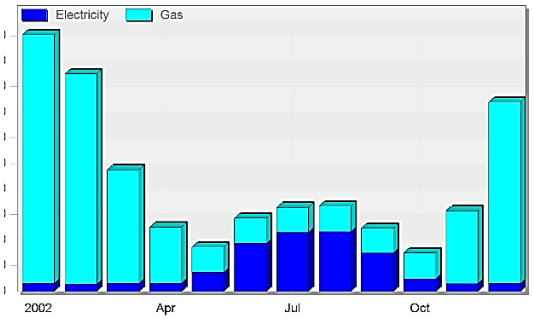
جهت تعیین رده مصرف انرژی ساختمان در هر اقلیم در ابتدا بایستی میزان مصرف انرژی اولیه ساختمان موردنظر را مشخص نمود. با محاسبه میزان مصرف انرژی در نرم‌افزارهای شبیه‌سازی انرژی می‌توان میزان آن را تعیین‌کرد. رده مصرف انرژی ساختمان بر اساس نسبت انرژی (R) که در این استاندارد از حاصل قسمت شاخص مصرف انرژی ساختمان در وضعیت موجود به مصرف انرژی ساختمان در حالت ایده‌آل تعیین می‌شود:

$$R = \frac{E_{act}}{E_{ideal}}$$

E_{act} شاخص مصرف انرژی سالیانه ساختمان موجود برحسب واحد زیربنای مفید ($kwh/m^2/year$) و E_{ideal}شاخص مصرف انرژی سالیانه ساختمان ایده‌آل است. بر اساس استاندارد ملی ایران برای شهر شیراز و ساختمان‌های کوچک زیر ۱۰۰۰ مترمربع E_{ideal} برابر با ۸۳ ($kwh/m^2/year$) است(سازمان ملی استاندارد، ۱۳۹۰: ۶-۸). بنابراین بااستفاده از میزان محاسبه‌شده انرژی سالیانه در نرم-افزار(با درنظرگرفتن ضرایب هر نوع از انرژی

مصرفی ساختمان) و تقسیم آن به زیربنای مفید، E_{act} و با تقسیم آن به عدد ۸۳ مقدار R بدست خواهدآمد. برای بدست آوردن E_{act} لازم است تا انرژی مصرفی سرمایش، گرمایش، آب گرم مصرفی، و روشنایی بدست‌بیاید. بدین‌منظور پس از مدل کردن نمونه مبنا که بر اساس ابعاد استاندارد پیمون و بر روی الگوی نمونه‌های واقعی انتخابی ساخته شده، اقدام به آنالیز شده است(تصویر ۲).





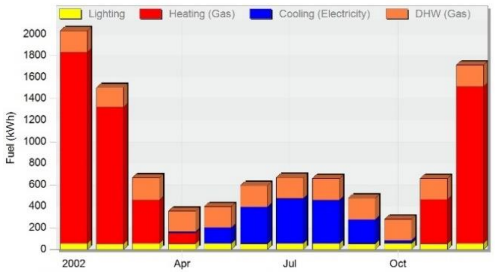
تصویر ۲- انواع انرژی مصرفی(راست) و دسته بندی کل انرژی مصرفی (چپ)در نمونه مبنا۱(مأخذ: نگارندگان)

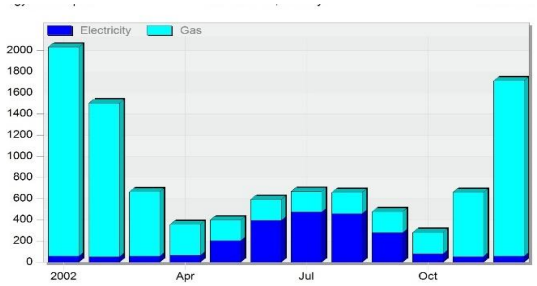
براین‌اساس انرژی مصرفی سالیانه بخش‌های سرمایش، گرمایش، آب گرم مصرفی و روشنایی در نرم‌افزار محاسبه و درنهایت با درنظرگرفتن ضرایب، E_{act} برابر با ۱۶۷,۷۸.بدست آمد. بنابراین R مساوی با ۲,۰۲ است. باتوجه به جدول تعیین رده-بندی مصرف انرژی ساختمان (جدول ۵) مدل مبنا ۱ برچسب انرژی با رده مصرف انرژی C را دریافت می‌کند.

جدول ۵- تعیین رده مصرف انرژی ساختمان بر اساس نسبت انرژی (R) (سازمان ملی استاندارد، ۱۳۹۰: ۸).

رده مصرف انرژی	کاربری	
	مسکونی بزرگ	مسکونی کوچک
A	R < ۱	R < ۱
B	۱ ≤ R < ۲	۱ ≤ R < ۱,۹
C	۲ ≤ R < ۲,۹	۱,۹ ≤ R < ۲,۷
D	≤ R < ۳,۷ ۲,۹	۲,۷ ≤ R < ۳,۴
E	≤ R < ۴,۴ ۳,۷	۳,۴ ≤ R < ۴
F	۴,۴ ≤ R < ۵	۴ ≤ R < ۴,۵
G	۵ ≤ R < ۵,۴	۴,۵ ≤ R < ۵
برچسب تعلق نمی-گیرد	۵,۴ ≤ R	۵ ≤ R

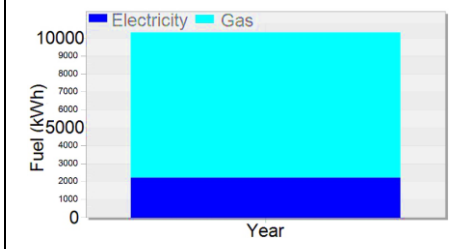
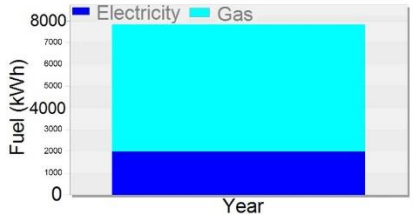
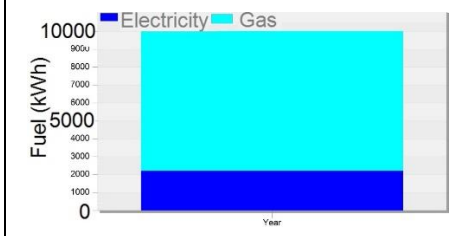
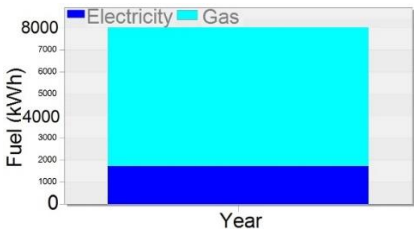
در رابطه با نمونه مبنا ۲، E_{act} برابر با ۱۸۷,۹۸ بدست‌آمد. بنابراین R مساوی با ۲,۲۶ است. باتوجه به جدول تعیین رده‌بندی مصرف انرژی ساختمان (جدول ۵) مدل مبنا۲ نیز برچسب انرژی رده C را دریافت می‌کند (تصویر ۳).





تصویر ۳- انواع انرژی مصرفی(راست) و دسته بندی کل انرژی مصرفی (چپ)در نمونه مبنا۲(مأخذ: نگارندگان)

به نظر می‌رسد هر دو الگوی بدست آمده موفق به کسب برچسب انرژی شدند و این مطلب فرض پژوهش مبنی‌بر ارتباط بین روش طراحی به کمک پیمون و ارتقاء الگوی مصرف انرژی را نشان می-دهد. نکته جالب توجه آنجاست که این ارتباط در زمانی طراحی و ایجاد شده که نه ابزارهای شبیه سازی پیشرفته، نه سیستم‌های تاسیساتی به گونه کنونی و نه عایق های حرارتی با تاثیر بالا در دسترس بوده اند، سامانه‌های پایدار تولیدکننده هم جهت تامین انرژی در نظر گرفته نشده است؛ و با این حال این ساختار هندسی موفق به کسب رده انرژی C شده است. حال اگر از تکنولوژی و امکانات کنونی استفاده شود قطعا بنا، قابلیت دریافت امتیاز بالاتری خواهد داشت. تنها با استفاده از عایق حرارتی به ضخامت ده سانتیمتر و پنجره‌ی دوجداره با پروفیل PVC به همراه کاهش ضخامت دیوارها و جایگزین کردن آجر با سفال برای مدل مبنا ۱، E_{act} ۱۲۸,۴۸ و در نتیجه R ۱,۵۵ است. همچنین دررابطه با مدل مبنا ۲، E_{act} ۱۴۸,۷۳ و R ۱,۷۹ است. این بدان معنا است که رده انرژی برای هردو الگو به B ارتقا می‌یابد(تصویر ۴). بدیهی است که با اضافه کردن سامانه های پایدار تولید کننده انرژی می‌توان به رده A هم دست یافت.

	مدل با مصالح اصلی	اضافه کردن عایق ده سانتی و پنجره دوجداره
مدل مبنا۱		
مدل مبنا ۲		

تصویر ۴- مقایسه انرژی مصرفی سالیانه دو الگوی بدست آمده و تاثیر اضافه کردن عایق و پنجره دوجداره(مأخذ: نگارندگان)

نتیجه گیری

همانطور که در مبانی نظری عنوان گردید الگوی پیمون در بناهای باارزش تاریخی، در ساخت اجزا و چیدمان آنها استفاده شده است هرچند بر اساس منابعی که در این زمینه اشاره کرده اند، عموما استفاده از پیمون به تامین‌نیاز سازه و بعضاً اصول زیبایی-شناسی نسبت داده‌شده‌است. در حالی که با بررسی الگوی بدست آمده از نمونه‌های انتخابی در شهر شیراز می‌توان رعایت هندسه پیمون و تامین شدن شرایط مناسب سرمایش ایستا را به یکدیگر نسبت داد. به بیان دیگر تناسبات عددی موجود در پیمون می‌توانسته است در زمان طراحی معماری، ساختاری از ابعاد و همنشینی اجزا، را تولید کند که علاوه بر تامین نیاز سازه ای و زیبایی‌شناسی در حد قابل‌قبولی

طبق استاندارد کنونی مصرف انرژی پاسخگو باشد. این پژوهش با استفاده از جدول یک (ابعاد استاندارد در نظام طراحی به کمک پیمون) و اطلاعات برداشت شده از پنج بنای عنوان شده، به مدل‌های مبنا با ساختار پیمون دست یافته است. این مدل‌ها در نرم افزار دیزاین بیلدر آنالیز و با تطبیق نتایج با آیین‌نامه رده بندی انرژی ایران، رده C برای هر دو مدل مبنای یک و دو بدست آمد. در نتیجه سازگاری پیمون‌های موجود در خانه‌های قجری شیراز و مصرف انرژی بهینه اثبات می‌گردد.

در زمان طراحی بناها به دلیل عدم وجود سیستم‌های تاسیساتی این امتیاز صرفا از طریق سامانه‌های ایستا بدست می‌آمده است. در حالی که در شرایط مشابه به کمک تنها نصب عایق ده سانتی متری وپنجره‌های دوجداره PVC به رده انرژی B دست‌یافتند و با کمی جزییات بیشتر به رده A می‌رسند. حال اگر در بناهای امروزی در روند طراحی معماری از روشی مبتنی بر الگوی موجود در ساختار پیمون حداقل در بخش‌های ممکن مثل نما و یا هندسه کلی استفاده شود؛ نه تنها زمان طراحی می تواند کاهش یابد، بلکه بدون نیاز به محاسبات مهندس تاسیسات در زمینه انرژی (که معمولا در طراحی خانه های کوچک و بعضا متوسط کشور عملا حذف می گردد) می‌توان به شرایط بسیار بهتری در زمینه کسب رده انرژی دست یافت. پیشنهاد می‌گردد در ادامه این روش طراحی با آنالیز تعداد بسیار بیشتری از بناها ساختار مناسب برای قسمت‌های نامشخص که برای آن پیمون بدست نیامده‌است استخراج و الگوی جامع برای انواع شکل‌های کلی خانه در انطباق با طراحی امروزی بدست آید.

فهرست منابع

- بمانیان، محمدرضا. ۱۳۸۱. *مقدمه‌ای بر نقش و کاربرد پیمون*. هنر و معماری. ۱(۱): ۱-۱۰.
- پسران، آرش و پورمحمد، سها. ۱۳۹۰. *حیاط مرکزی شهری (بازیابی ارزشهای حیاط مرکزی جهت حفظ انرژی و سرمایش ایستا)*. همایش معماری در بستر فرهنگ. سقز.
- پیرنیا، محمدکریم و معماریان، غلامحسین. ۱۳۹۷. *سبک‌شناسی معماری ایرانی*. تهران: گلجام.
- پیرنیا، محمدکریم، معماریان، غلامحسین، رنجبر کرمانی، علی محمد و طالبی، محمدرضا. ۱۳۹۵. *آشنایی با معماری اسلامی ایران*. تهران: سروش دانش.
- خوارزمی، مهسا و افهمی، رضا. ۱۳۸۹. *هندسه کاربردی در تزئینات آثار معماری ایران قبل از اسلام*. کتاب ماه علوم و فنون. ۴(۱۲۹): ۸-۱۳.
- ذاکری، سیدمحمدحسین، قهرمانی، آرزو، شهنازی، درسا و بازیارحمزه خانی، اسماعیل. ۱۳۹۵. *آزمون دو نظریه پیمون و مستطیل طلایی ایرانی در خانه‌های دوره قاجار شیراز*. فصلنامه پژوهش‌های معماری اسلامی. ۴(۱): ۱۶-۲۸.
- رستگارمقدم بقراطی، محمدحسین، جهانبخش، حیدر و امیدواری، سمیه. ۱۳۹۶. *بررسی مقایسه‌ای پیمون با مدول بر اساس آرای استاد پیرنیا*. کنفرانس پژوهشهای معماری و شهرسازی اسلامی و تاریخی ایران، شیراز.
- رضازاده اردبیلی، مجتبی و ثابت فرد، مجتبی. ۱۳۹۲. *بازشناسی کاربرد اصول هندسی در معماری سنتی مطالعه موردی: قصر خورشید و هندسه پنهان آن*. معماری و شهرسازی (هنرهای زیبا). ۱۸(۱): ۲۹-۴۹.
- رئیسی، زهرا و نیکروان، مرتضی. ۱۳۹۵. *بررسی و مقایسه سیستمهای متداول امتیازدهی ساختمان ها بر اساس شاخص های پایداری و مقایسه با مقررات ملی کشور*. نشریه معماری اقلیم گرم و خشک. ۴(۴): ۱-۱۴.

- زارعی، محمدابراهیم و میردهقان، سیدفضل اله. ۱۳۹۵. *نقش الگوی حیاط مرکزی در تعدیل شرایط سخت اقلیم گرم و خشک منطقه یزد*. مطالعات شهر ایرانی اسلامی. ۶(۲۳): ۵-۱۸.
- زینلیان نفیسه و اخوت، هانیه. ۱۳۹۶. *ساختارشناسی حیاط در خانه های قجری اقلیم گرم و خشک و گرم و مرطوب با تمرکز بر گونه «حیاط مرکزی» (مطالعه موردی: خانه های یزد و دزفول)*. مطالعات شهر ایرانی اسلامی. ۸(۳۰): ۱۵-۲۹.
- سازمان ملی استاندارد. ۱۳۹۰. *ساختمان‌های مسکونی -تعیین معیار مصرف انرژی و دستورالعمل بر چسب انرژی*. تهران: سازمان ملی استاندارد.
- شاطریان، رضا. ۱۳۹۴. *اقلیم و معماری*. تهران: انتشارات سیمای دانش.
- شمس، صادق. ۱۳۸۹. *جلوه‌هایی از هنر معماری ایران زمین*. تهران: علم و دانش.
- فولادی، وحدانه، طاهباز، منصوره و ماجدی، حمید. ۱۳۹۵. *گنبد دوپوسته از منظر عملکرد حرارتی در اقلیم کویری کاشان*. فصلنامه پژوهش های معماری اسلامی ۴(۱۱):۹۰-۱۰۶.
- کسمایی، مرتضی. ۱۳۹۵. *اقلیم و معماری*. تهران: انتشارات خاک.
- کیانی، محمدیوسف. ۱۳۹۵. *معماری ایران دوره اسلامی*. تهران: سازمان مطالعه و تدوین کتاب علوم انسانی دانشگاهها (سمت)
- لکنر، نربرت. ۱۳۹۶. *گرمایش؛ سرمایش؛ روشنایی (رویکردهای طراحی برای معماران)*. ترجمه: کی نژاد، محمد علی و آذری، رحمان. تبریز:دانشگاه هنر اسلامی تبریز.
- مفیدی شمیرانی، سید مجید، طاهباز، منصوره و مهربان، آیدا. ۱۳۹۷. *چارچوب مقایسه معیارهای ارزیابی در سامانه‌های رتبه‌بندی محیطی و پایداری ساختمان؛ (نمونه‌موردی :سامانه‌های BREEAM، LEED، CASBEE، DGNB و HQE)*. علوم و تکنولوژی محیط زیست. ۲۰(۶): ۲۹۷-۳۳۳.
- موسویان، سمیه. ۱۳۹۶. *جایگاه هندسه مقدس در بازشناسی هویت معماری سنتی ایران*. مطالعات ملی. ۱۸(۴): ۹۹-۱۱۸.
- مولانایی، صلاح الدین و سلیمانی، سارا. ۱۳۹۵. *عناصر با ارزش معماری بومی منطقه سیستان بر-مبنای مولفه‌های اقلیمی معماری پایدار*. باغ نظر. ۱۳(۴۱): ۵۷-۶۶.
- مولوی، بهزاد. ۱۳۸۱. *بررسی کاربرد هندسه در معماری گذشته ایران*. تهران: نشر وزارت مسکن و شهرسازی.
- میرسجادی، سیدامیر و فرکیش، هیرو. ۱۳۹۵. *ارزیابی الگوها و شناخت فاکتورهای کالبدی تاثیرگذار در معماری خانه‌های تاریخی نیشابور جهت دست‌یابی به راهکارهای طراحی و الگوی ساخت منازل در بافت مسکونی سنتی*. پژوهش‌های معماری اسلامی. ۴(۴): ۷۲-۹۲.
- نجفقلی پورکلانتری، نسیم؛ اعتصام، ایرج و حبیب، فرح. ۱۳۹۶. *تجلی هندسه و تناسبات در بناهای سنتی معماری ایران در محدوده جغرافیایی آذربایجان*. جغرافیای سرزمین. ۱۴(۵۴): ۱۱۵-۱۳۰.
- واتسون، دونالد و لبز، کنت. ۱۳۹۶. *طراحی اقلیمی*. ترجمه: قبادیان، وحید و فیض مهدوی، محمد. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- وکیلی نژاد، رزا، مهدی زاده سراج، فاطمه و مفیدی شمیرانی، سیدمجید. ۱۳۹۲. *اصول سامانه‌های سرمایش ایستا در عناصر معماری سنتی ایران*. معماری و شهرسازی ایران. ۴(۵): ۱۴۷-۱۵۹.
- Amiriparyan, P., |& Kiani, Z., 2016, *Analyzing the homogenous nature of*

- Ma, Z., Ye, C. & Ma, W. 2019. *Support vector regression for predicting building energy consumption in southern China*. Energy Procedia. 11(158): 3433-3438.
- Nematchoua, M. K., Tchinda, R., & Orosa, J. a. 2014. *Thermal comfort and energy consumption in modern versus traditional buildings in Cameroon: a questionnaire-based statistical stud*. Applied Energy. 40(114):.687–699.
- Summerfield, A., Oreszczyn, T., Palmer, J., Hamilton, I., Li, F., Crawley, J. & Lowe, R.2019.*What do empirical findings reveal about modelled energy demand and energy ratings? Comparisons of gas consumption across the English residential sector*. Energy Policy.Volume 47(129):.997-1007.

central courtyard structure in formation of Iranian traditional houses. Procedia-social and behavioral sciences, 8(216): 905-915.
- El-Shorbagy, A. 2012. *Design with nature: windcatcher as a paradigm of natural ventilation device in buildings*. International Journal of Civil & Environmental Engineering. 3(10): 21-26
- Lee W. & Kung C. 2011. *Using climate classification to evaluate building energy performance*. Energy. 36(3): 1797-1801
- Luis M. López, G., Luis M. López, O., Jesús Las, H. C. & César García, L. 2018. *Final and primary energy consumption of the residential sector in Spain and La Rioja (1991–2013), verifying the degree of compliance with the European 2020 goals by means of energy indicators*. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 22(81): 2358-2370.