

## بررسی تأثیر فرم هندسی چلیپا بر میزان بار سرمایشی در خانه‌های سنتی یزد

ساسان کاملی\*، علی ساکت یزدی\*\*، سمیه امیدواری\*\*\*

تاریخ دریافت مقاله:

۱۳۹۱/۱۲/۰۵

تاریخ پذیرش مقاله:

۱۳۹۴/۰۲/۲۷

### چکیده

الگوی فضایی چلیپا یکی از الگوهای فضایی غالب در معماری ایرانی و به خصوص در معماری مناطق کویری در یزد می‌باشد که در طول زمان تغییر و تحولات بسیاری را در درون خود داشته‌است. این الگوهای فضایی که حاصل تجربه‌های عقل تاریخی بوده در گذر زمان آزمون و خطاهای بسیاری را در درون خود پذیرفته است و به‌عنوان یکی از الگوهای پایدار در معماری ایرانی به حساب می‌آید. این الگوی فضایی واجد قابلیت‌های بسیاری هم از منظر کارکردی و عملکردی و هم از منظر اقلیمی و زیست محیطی در درون خود بوده است. بررسی الگوی چلیپا در خانه‌های سنتی یزد نشان می‌دهد این الگوی فضایی یکی از عناصر فضایی مهم در خانه‌های سنتی یزد به خصوص در جبهه تابستان‌نشین می‌باشد. البته توجه به این مسئله مهم است که این الگو دارای چه قابلیت‌هایی می‌باشد که در طول تاریخ معماری، پایدار مانده است. این مقاله در نظر دارد قابلیت اقلیمی این الگو را با انتخاب نمونه‌های آماری از این خانه‌ها و با بررسی رفتار حرارتی در این فضاها (در جبهه تابستان‌نشین)، تأثیر این الگوی فضایی خاص را بر میزان بار سرمایش در این فضاها تعیین نماید. این مقاله با انجام آنالیزهایی بر روی فضاها به این مهم می‌رسد که استفاده از فضای چلیپا علاوه بر قابلیت‌های رفتاری و کارکردی از منظر اقلیمی نیز بر فضای مستطیل شکل در جبهه تابستان‌نشین برتری دارد.

واژگان کلیدی: خانه‌های سنتی یزد، فضاها، تابستان‌نشین، الگوی چلیپا، بار حرارتی.

\* کارشناس معماری.

\*\* کارشناس ارشد مرمت و احیای بناها و بافت‌های تاریخی دانشگاه هنر اصفهان. [ali.saket.y@gmail.com](mailto:ali.saket.y@gmail.com)

\*\*\* دکترای تاریخ و نظریات معماری، عضو هیئت علمی دانشگاه علم و هنر یزد.

لذا مطالعه این الگوها از منظر اقلیمی در پی پاسخ به این سوال بوده است که:

وجود الگوی چلیپا در جبهه تابستان‌نشین خانه‌های سنتی یزد تا چه میزان بر کاهش بار گرمایش فضاها مؤثر بوده است؟

### روش تحقیق

از آنجا که روش تحقیق در این پژوهش به صورت کمی بوده است لذا انتخاب جامعه آماری و تعیین بازه‌های خانه‌های مورد بررسی به محاسبه میزان انرژی مورد نیاز در تابستان برای رسیدن به دمای آسایش در این خانه‌ها پرداخته خواهد شد.

لذا در ابتدا با انتخاب بازه‌ای از خانه‌های سنتی یزد (تقریباً ۵۱ خانه)، به انتخاب مصادیقی از خانه‌ها پرداخته خواهد شد که واجد الگوی فضایی با هندسه چلیپایی در جبهه‌های مختلف خود بوده است که در این میان تنها ۱۰ خانه واجد الگوی چلیپایی بوده‌اند.

در مرحله بعد در میان مصادیق گزینش شده، به انتخاب مصادیقی پرداخته خواهد شد که این الگوی چلیپایی در جبهه تابستان‌نشین<sup>۱</sup> آن‌ها قرار گرفته است و از لحاظ ارتباط با فضای خارج با یک حیاط ارتباط داشته و دارای بازشو می‌باشند که در این میان ۳ خانه انتخاب گردیده است.

جهت بررسی بار سرمایش در فضاها، از نرم افزار انرژی پلاس<sup>۲</sup> استفاده گردیده است. انرژی پلاس یکی از شاخص‌ترین نرم افزارهای شبیه‌سازی و تحلیل انرژی در ساختمان است. این نرم افزار بر پایه مشخصات ساختمان شامل ساختار فیزیکی، ساکنین، سیستم‌های مکانیکی و الکتریکی آن و همچنین داده‌های هوایی سالانه مکان ساختمان، می‌تواند بارهای گرمایش و سرمایش را به منظور حفظ دما یا محدوده آسایش حرارتی خاص در بنا تنظیم کند.

در این نرم افزار با تعیین تناسبات فضا، همجواری و همسایگی و از سویی ضخامت جداره‌ها و در نظر گرفتن

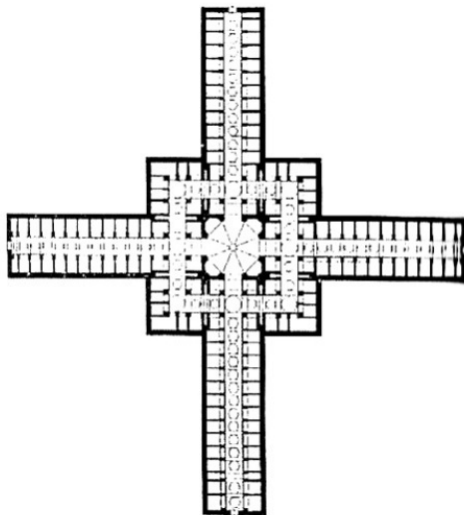
معماری امروز ایران دچار آشفتگی و نابسامانی‌هایی در درون خود می‌باشد. تلاش در جهت فائق آمدن بر این آشفتگی و بحران‌های موجود در عصر حاضر، یکی از مهم‌ترین دغدغه‌هایی است که اندیشه بسیاری از معماران معاصر را به خود مشغول داشته است.

در بیان علل ایجاد این آشفتگی‌ها شاید بتوان یکی از مهم‌ترین دلایل موجود را عدم وجود الگوهای مناسب در معماری امروز دانست. الگو حاصل تجربیات معماران در ادوار زمانی پی در پی است که به اصلاح کردن و بهبود بخشیدن به طرح‌های اولیه حاصل شده است. (طاهباز، ۱۳۸۳، ۳۹) لذا می‌توان آن‌ها را از عناصر مهم کالبدی و فضایی معماری دانست که در طول زمان توانسته است با طی آزمون و خطاهای بسیار در درون خود به فرم و هندسه‌ای پایدار دست یابد.

مطالعه بر روی معماری گذشته ایران نشان می‌دهد یکی از الگوهای فضایی ماندگار و مهم در این معماری، الگوهای فضایی چهارصفا و یا چلیپا می‌باشد که در گذر زمان تغییرات و تحولات بسیاری را در درون خود پذیرفته و تبدیل به الگویی پایدار گردیده است.

الگوی فضایی چلیپا به دلیل هندسه و تناسبات خاص خود در انطباق با رفتاری مختلف به گونه‌ای توانسته است در گذر زمان، واجد پایداری اجتماعی گردد. مطالعه وجوه مختلف این الگو نشان می‌دهد این الگوی فضایی علاوه بر پایداری اجتماعی واجد پایداری اقلیمی نیز بوده است. از سوی دیگر بررسی مصداق‌های مختلف این الگوها در خانه‌های سنتی یزد نشان می‌دهد ویژگی تناسبات و هندسه خاص این گونه الگوها تأثیر بسیاری بر بار سرمایش و خنکای هوا داشته است به طوری که می‌توان این گونه الگوهای فضایی را مصداق خاص الگوهای پایدار از منظر اقلیمی دانست.

می‌گویند چون اولین بار در تهران این اتاق اینگونه ساخته شده است." (پیرنیا، ۱۳۸۹، ۱۴۷)



ت ۱. فرم چلیپایی بازار لار (منبع: پیرنیا، ۱۳۸۹).

این الگوهای فضایی غالباً واجد هندسه و شکلی خاص بوده‌اند به طوری که غالباً با وجود مساوی بودن مساحت‌هایشان با دیگر فضاها، از لحاظ شکل یکی نبوده و با هم تفاوت دارند. به طوری که لایب‌نیتز در این باره می‌گوید "کمیات برابرند در حالی که کیفیات همانندند". پس می‌توان گفت دو شکل فقط از لحاظ مساحت یکی هستند ولی از نظر شکل تفاوت دارند و ویژگی‌ها و خواصشان با هم فرق می‌کند (طاهباز، ۱۳۸۳، ۳۸).

#### کاربرد الگوهای چلیپایی و یا شکم دریده

الگوهای چلیپایی در حوزه معماری غالباً به صورت چهار صنف وجود داشته‌اند اما در درون خود واجد تنوعات بسیاری بوده‌اند. این الگو در معماری ایران در گونه‌های فرعی مختلفی وجود دارد که در ترکیب‌های باز و نیمه باز در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند. گستره به‌کارگیری این الگو در معماری ایران از مصادیق مساجد و مدارس تا مصادیق خانه‌های را شامل می‌شده است.

محدوده آسایش معین (۲۰ تا ۲۵ درجه سانتیگراد) بار سرمایه بدون در نظر گرفتن بازدهی سیستم مکانیکی توسط نرم افزار انرژی پلاس بر حسب کیلو وات ساعت محاسبه شده است.

لذا جهت تعیین بار سرمایه در این الگوهای فضایی در مقایسه با الگوهای غیر چلیپایی از سیستم شبیه‌سازی استفاده می‌گردد و به محاسبه انرژی مورد نیاز در دو حالت پرداخته خواهد شد. لذا مراحل مختلف تحقیق را می‌توان به صورت زیر بیان داشت:

در حالت اول با آنالیز فضاها، به محاسبه بار سرمایه در الگوهای چلیپایی پرداخته خواهد شد.

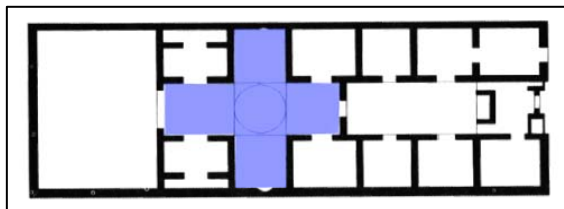
در حالت دوم شبیه‌سازی انجام گرفته است. لذا همه شرایط را حفظ نموده و تنها فرم چلیپا را به مستطیل تغییر شکل داده و با این شرایط نیز آنالیز انجام خواهد گرفت. در نهایت با مقایسه نتایج حاصله به بررسی میزان تغییرات بار سرمایه در دو حالت پرداخته خواهد شد.

#### الگوهای چلیپایی و پیشینه تاریخی این الگوها

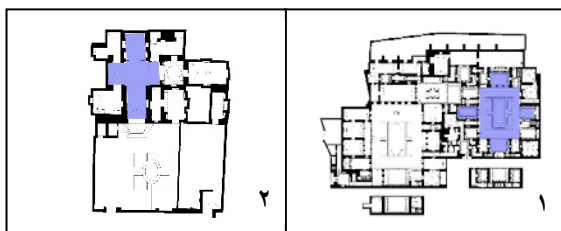
فرم‌های چلیپایی یکی از فرم‌های پایدار در معماری و هنرهای سنتی بوده است که ظهور این نوع فرم‌ها در مقیاسهای مختلف از نقوش موجود بر روی سفالینه‌ها و نقاشی جداره‌ها تا حرکت‌های آجری موجود در مشبک دیوارها را شامل می‌شود.

در مقیاسی فراتر مشاهده این الگوها را می‌توان در طراحی هندسه و تناسبات فضایی مشاهده نمود که غالباً به عنوان اتاق‌های چلیپایی یا شکم دریده معروف بوده‌اند. در تعریف اتاق‌های چلیپایی یا فضاها شکم دریده تعاریف بسیاری مطرح بوده است. پیرنیا در تعریف اتاق شکم دریده می‌گوید: "شکم دریده اتاقی بود به ریخت چلیپا و بیرون زدگی بالایی آن، شاه‌نشین اتاق بوده و از دو بیرون زدگی در دو سو به راهرو راه داشت." و در جای دیگر اشاره دارد "به اتاق چلیپا اتاق تهرانی

بوده است که در هر یک از این الگوها بنا بر تناسبات بازوها شکل‌های مختلف فرعی را به خود خواهند گرفت. این الگوها در خانه‌های سنتی یزد در فضاهاى باز و نیمه باز و یا در ترکیب بین آن‌ها وجود دارد.



ت ۴. خانه‌ای چهار صفا در همت آباد یزد (منبع: پیرنیا، ۱۳۸۹، ۱۵۸).

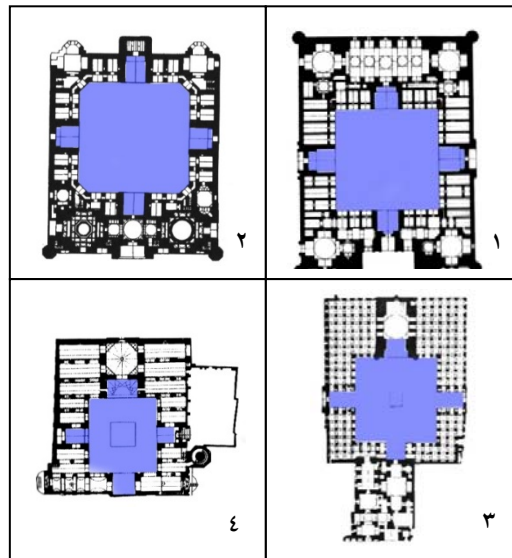


ت ۵. فرم چلیپایی در معماری مسکونی ایران؛ ۱. خانه گلشن یزد، ۲. خانه جانفدا (منبع: مرکز اسناد میراث فرهنگی یزد).

در طراحی و ساخت خانه‌های سنتی یزد بحث اقلیم از موارد با اهمیت و تأثیرگذار می‌باشد و معماران براساس تجربیاتی که از ویژگی‌های آب و هوایی، تابش، آفتاب و سوی وزش باد و دیگر عوامل داشتند برای خانه در مناطق مختلف جهت‌هایی در نظر می‌گرفتند که برای شهر یزد رون راسته (جهت شمال شرقی - جنوب غربی) را در نظر گرفتند (پیرنیا، ۱۳۸۹، ۱۳۵-۱۳۶) لذا کشیدگی این الگوها غالباً در راستا و یا رون شمال شرقی - جنوب غربی قرار داشته است.

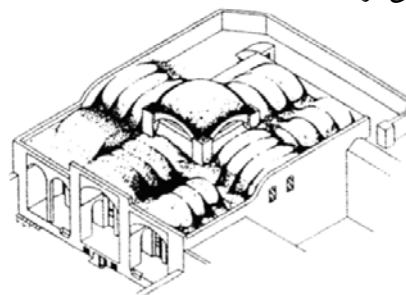
بررسی این الگوها در مناطق کویری نشان می‌دهد این الگوها غالباً به‌عنوان نقاط عطف فضایی در خانه‌های سنتی بوده که غالباً در دو راستای اصلی شمال‌غربی -

این الگوها در معماری ایران به‌لحاظ ترکیب فضاهاى باز و بسته به دو گونه می‌باشند:  
- فضایی باز در وسط و چهار فضای نیمه باز در چهار طرف: که در مجموعه مساجد و مدارس وجود دارد.



ت ۲. فرم چلیپایی در فضای باز و نیمه باز؛ ۱. مدرسه الزبیک در سمرقند، ۲. مدرسه غیاثیه خرگرد، ۳. مسجد گوهرشاد، ۴. مسجد جامع زواره. (منبع: مرکز اسناد میراث فرهنگی یزد).

- فضایی بسته در وسط و چهار فضای بسته در مجاور آن‌ها: این الگو غالباً در ترکیبات فضایی یک فضا تعریف می‌گردد.



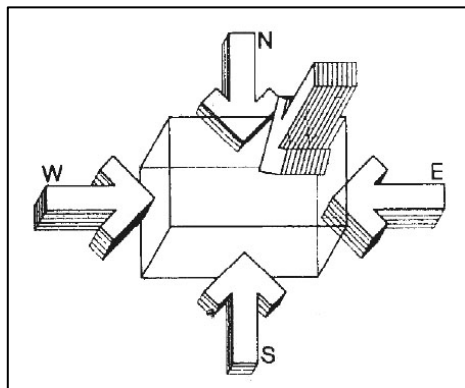
ت ۳. خانه‌ای چهار صفا در زواره (منبع: پیرنیا، ۱۳۸۹، ۱۵۱).

هر یک از این دو الگوی اصلی نیز واجد الگوهای فرعی

می‌رسد. اما در مواردی که استقرار این الگوها در جبهه زمستان‌نشین خانه باشد از طریق پنجره‌هایی به حیاط منتهی می‌شود.

### پایداری اقلیمی فضاهای تابستان‌نشین با الگوی چلیپا

فرم ساختمان عاملی است که بر میزان نیاز حرارتی و برودتی بنا مؤثر است (دیکی و براون، ۱۳۸۹، ۴۵). با توجه به ارتفاع، کشیدگی و ویژگی‌های دیگر، این میزان متفاوت می‌شود (Grondzik & others, 2012, 216). الگوی چلیپا به لحاظ فرم خاص، دارای ویژگی‌هایی می‌باشد که از منظر اقلیمی مورد بررسی قرار گرفته است: الف) با توجه به اینکه این فرم در خانه‌های یزد مورد بررسی قرار خواهد گرفت لذا خانه‌ها در این اقلیم رون راسته (شمال شرقی - جنوب غربی) را دارند (پیرنیا، ۱۳۸۹، ۱۳۶) و جداره‌های رو به حیاط فضاهای تابستان‌نشین رو به شمال شرقی می‌باشد. از سویی خورشید در تابستان از شمال شرقی طلوع می‌کند و بر این جداره تابش دارد (کسمایی، ۲۸، ۱۳۸۹).

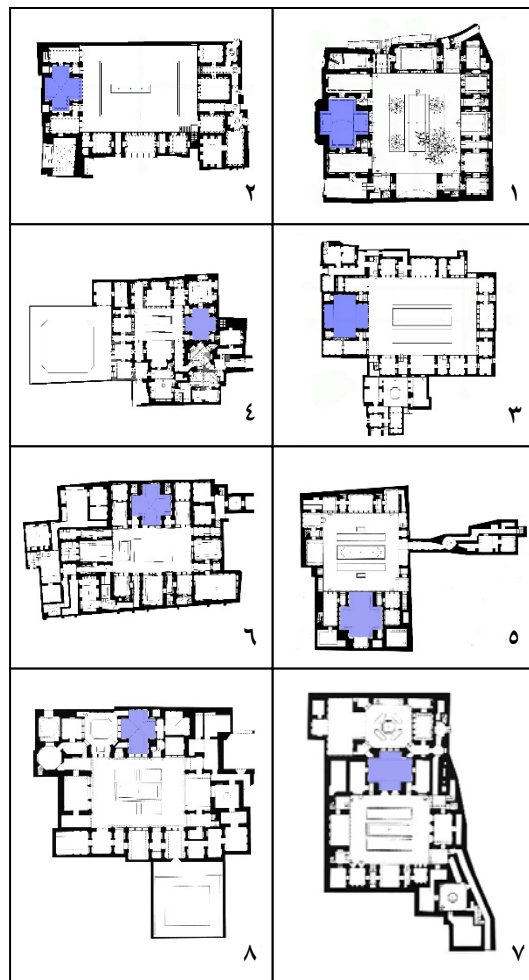


ت ۷. تابش خورشید بر جداره‌های بنا در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه (منبع: Mazria, ۱۹۷۹، ۸۱).

توجه به این واقعیت که بخش عمده گرمای هوای داخل ساختمان از تابش خورشید بر جداره بنا سرچشمه می‌گیرد لذا باید شدت تابش بر ساختمان را به حداقل ممکن رساند (رازجویان، ۱۳۸۸، ۴۶). فرورفتگی‌های دو

جنوب شرقی و به عنوان فضاهای اصلی تابستان‌نشین و زمستان‌نشین کاربرد داشته‌اند.

استقرار این الگوها در فضاهای تابستان‌نشین غالباً به صورت نیمه باز بوده که عناصر بادگیر غالباً بر روی زاویه انتهایی اتاق مستقر خواهد بود.



ت ۶. مکان استقرار فضاهای چلیپایی در خانه‌های سنتی یزد: ۱. خانه دهقان ۲. خانه لاری‌ها ۳. خانه محمودی ۴. خانه امامزاده‌ای ۵. خانه سمسار ۶. خانه تهرانی‌ها ۷. خانه ملک ۸. خانه روحانیان. (منبع: مرکز اسناد میراث فرهنگی یزد).

در بیشتر موارد این فضاهای چلیپایی به صورت نیمه باز و در مواردی با پنجره‌های ارسی و یا پنج دری به حیاط

با توجه به تصویر شماره ۸ مشاهده می‌شود که در فرم مستطیل تا میانه اتاق تابش ۸۶۰ وات ساعت را دریافت می‌کند در حالی که در تصویر شماره ۹ یکی از بال‌های چلیپا این تابش را دریافت می‌کند و بقیه بال‌ها از تابش خورشید تابستان در امان هستند.

د) به تجربه روشن شده است که هر چه سطح خارجی یک بنا (فاقد عایق حرارتی) بیشتر باشد به همان نسبت به میزان مبادله حرارت میان محیط داخل و خارج از بنا افزوده خواهد شد. (رازجویان، ۱۳۸۸، ۴۵) و سطح جداره تماس با خارج در فرم چلیپا نسبت به فرم مستطیل بیشتر می‌باشد (از آنجا که دور تا دور بناها عایق حرارتی در نظر گرفته شده است و تنها جداره رو به حیاط و سقف با محیط خارجی در ارتباط هستند) و از این منظر نامناسب‌تر می‌باشد.

#### معرفی نمونه‌ها و مراحل شبیه‌سازی

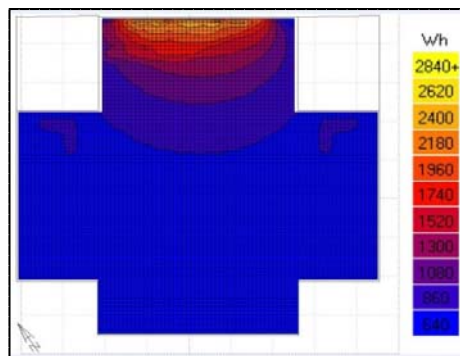
در میان ۵۱ نمونه از خانه‌های مورد بررسی، تقریباً ۱۰ نمونه از این خانه‌ها واجد الگوهای چلیپایی در جبهه‌های مختلف خود بوده‌اند که این الگوها به شکل‌های مختلف ظاهر گردیده‌اند.

ردیف	نام خانه	موقعیت چلیپا	بازشو	ارتباط با فضای خارج
۱	امامزاده‌ای	بهارنشین	دارد	با یک حیاط ارتباط دارد
۲	تهرانی‌ها	زمستان‌نشین	دارد	با یک حیاط ارتباط دارد
۳*	دهقان	تابستان‌نشین	دارد	با یک حیاط ارتباط دارد
۴	روحانیان	تابستان‌نشین	دارد	با دو حیاط ارتباط دارد
۵	سمسار	تابستان‌نشین	ندارد	با یک حیاط ارتباط دارد
۶*	محمودی	تابستان‌نشین	دارد	با یک حیاط ارتباط دارد
۷*	مستروای	تابستان‌نشین	دارد	با یک حیاط ارتباط دارد
۸	ملک	تابستان‌نشین	دارد	با دو حیاط ارتباط دارد
۹*	لاری‌ها	تابستان‌نشین	دارد	با یک حیاط ارتباط دارد
۱۰	روهنی	تابستان‌نشین	ندارد	با یک حیاط ارتباط دارد

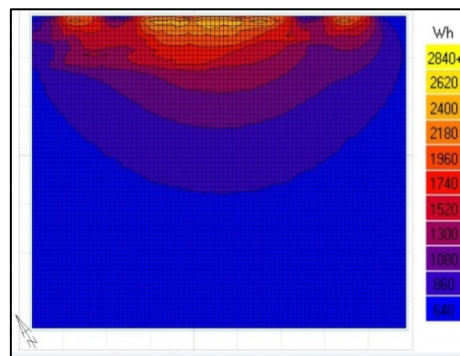
ج ۱. خانه‌های یزد که دارای فرم چلیپا در همکف می‌باشند (خانه‌های حائز شرایط با ستاره مشخص شده‌اند).

با توجه به جدول شماره ۱ از میان خانه‌های موجود، چهار خانه حائز شرایط این تحقیق یعنی استقرار فضاهای

گوشه چلیپا در سمت حیاط علاوه بر ایجاد لایه‌ای از هوا باعث ایجاد سایه بر روی قسمتی از جداره می‌شود. که این نیز منجر به جذب انرژی کمتر در داخل فضا می‌شود. ب) دو گوشه چلیپا در سمت حیاط که نسبت به حیاط فرو رفته‌اند لایه‌ای از هوا را ایجاد می‌کند که نقش عایق حرارتی را ایفا می‌کند و مانع تبادل حرارت بین داخل و خارج می‌شود و در نتیجه در تابستان کمتر گرم می‌شود. ج) فرم چلیپا به گونه‌ای است که دارای یک محدوده مرکزی و بال‌هایی در چهار سمت می‌باشد و این نوع گسترش فضایی مکان‌های سایه‌داری را ایجاد می‌کند که این فضاها، خرد اقلیم مناسب‌تری را در داخل فضا ایجاد می‌کند.



ت ۸. دریافت متوسط تابش روزانه تابستان در فرم چلیپا (کنونی)، تابستان‌نشین خانه لاری‌ها (منبع: نرم افزار اکوتکت) ۳.

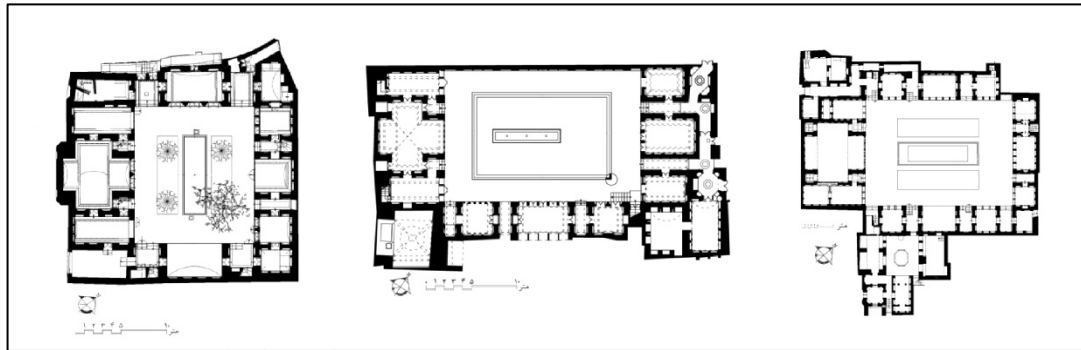


ت ۹. دریافت متوسط تابش روزانه تابستان در فرم مستطیل، با شرایط تابستان‌نشین خانه لاری‌ها (منبع: نرم افزار اکوتکت).



لاری‌ها در محله سهل بن علی برای شبیه‌سازی بار حرارتی انتخاب شدند.

چلیپایی در جبهه تابستان‌نشین می‌باشد که نهایتاً سه خانه محمودی و دهقان واقع در محله فهادان و خانه



ت ۱۰. خانه‌های یزد که دارای فرم چلیپا در همکف می‌باشند (خانه‌های حائز شرایط با ستاره مشخص شده‌اند).

هوای با میانگین ضخامت سقف گهواره‌ای در فرم مستطیل و سقف چهاربخشی در فرم چلیپا در نظر گرفته شده است تا شبیه‌ترین حالت را به نمونه واقعی داشته باشد.

۰.۸۵	رسانایی گرمایی (W/m-K)
۱۷۶۰	چگالی (Kg/m <sup>3</sup> )
۱۰۰۰	گرمای ویژه (J/Kg-K)

ج ۳. خواص مربوط به خشت (منبع: Mazria, ۱۹۷۹, ۸۱).

۴. برای آنالیز فضاها و محاسبه بار حرارتی، نرم‌افزار از الگوریتم تعادل حرارتی استفاده می‌کند<sup>۷</sup>. به این منظور انتقال حرارت از جداره‌ها (سقف، دیوار، کف، پنجره‌ها و...)، میزان تابش، تهویه طبیعی، نفوذ ناخواسته هوا و... در شبیه‌سازی‌ها لحاظ گردیده است.

۵. جهت‌گیری بنا که در خانه لاری‌ها ۳۴ درجه و در خانه دهقان ۵۰ درجه و در خانه محمودی ۴۵ درجه از شمال به سمت شرق انحراف داشته است؛ لحاظ گردیده است.  
۶. محدوده آسایش بین ۲۰-۲۵ درجه سانتی‌گراد در

در مرحله شبیه‌سازی موارد ذیل لحاظ شده است:  
۱. ابعاد و اندازه‌ها، در جدول شماره ۲ آورده شده است که در تبدیل از فرم چلیپا به مستطیل تمامی موارد ثابت مانده است.

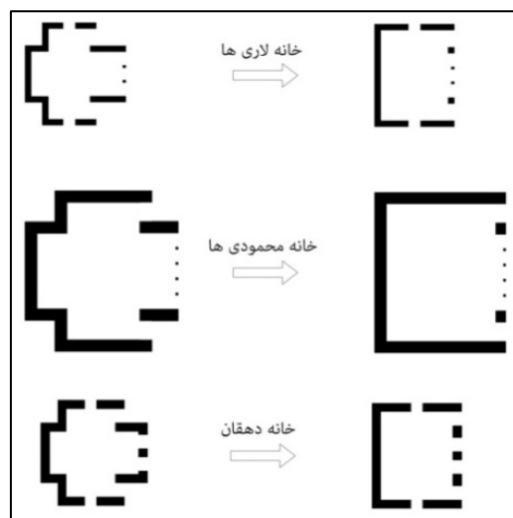
دهقان	محمودی	لاری	
۶۴	۱۴۵	۵۶	مساحت (مترمربع)
۴.۰۵	۵.۷۲	۴.۵	ارتفاع (متر)
۱۰.۱۵	۵۱.۶۱	۱۶.۴۶	سطح بازشو (مترمربع)

ج ۲. ابعاد و اندازه خانه‌های شبیه‌سازی شده.

۲. تقسیم بندی فضاها را پیرامون تابستان‌نشین به صورت عایق گرمایی<sup>۸</sup> و بیرونی<sup>۶</sup> می‌باشد که در هر سه خانه برای هر دو فرم مستطیل و چلیپا سمت حیاط، بیرونی، فضاهای کناری سایر دیوارها و کف، کنترل شده همچنین فضایی که از شکستگی فرم چلیپا به سمت حیاط ایجاد شده و فضای پیرامونی سقف نیز بیرونی در نظر گرفته شده است.

۳. از آنجا که در شبیه‌سازی‌ها نیازمند ساده‌سازی فضا هستیم جنس مصالح به کار رفته در دیوارهای فضاها خشت و جنس سقف خشت به صورت دو پوش با عایق

نظر گرفته شده است. هنگامی که دمای فضای مورد آنالیز از ۲۵ درجه بالاتر و یا از ۲۰ درجه پایین تر می رود نرم افزار به محاسبه میزان انرژی مورد نیاز برای رسیدن دما به محدوده آسایش می پردازد.



ت ۱۱. تبدیل چلیپا به مستطیل.

ماه های سال	محمودی ها		لاری ها		دهقان	
	چلیپا	مستطیل	چلیپا	مستطیل	چلیپا	مستطیل
ژانویه	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
فوریه	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
مارس	4.49	30.37	0.00	0.00	0.00	0.00
آوریل	1042.47	1280.60	191.79	285.66	249.46	349.28
می	3308.97	3524.20	1030.35	1115.36	1109.71	1192.27
ژوئن	5364.60	5555.07	1844.25	1826.38	1874.09	1918.38
جولای	5561.51	5729.45	1953.08	1922.52	1984.08	2010.50
اگوست	4939.77	5082.01	1751.23	1690.98	1777.42	1803.69
سپتامبر	2639.41	2764.85	851.02	864.94	918.77	972.44
اکتبر	578.62	661.49	141.92	172.23	161.34	190.86
نوامبر	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00
دسامبر	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
مجموع	23439.83	24628.12	7763.63	7878.07	8074.87	8437.42

ج ۴. بار سرمایش در خانه ها و حالات مختلف بر حسب کیلو وات ساعت.

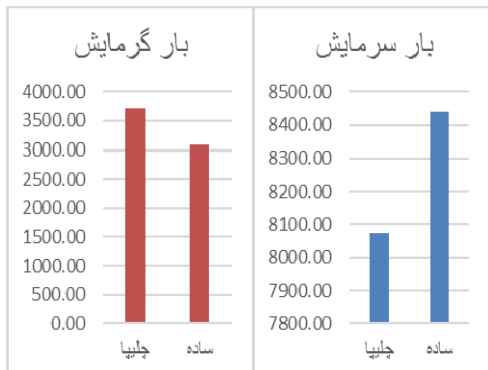
### تحلیل و بررسی محاسبات

با توجه به نقاب سایه ها در تصویر ۱۲ که برای هر دو فرم در خانه های مختلف ترسیم شده است، نشان دهنده این است که میزان ساعات دریافت تابش به صورت مستقیم و غیرمستقیم در فرم چلیپا از طریق پنجره ها به مراتب کمتر از فرم مستطیل بوده و سبب دریافت تابش

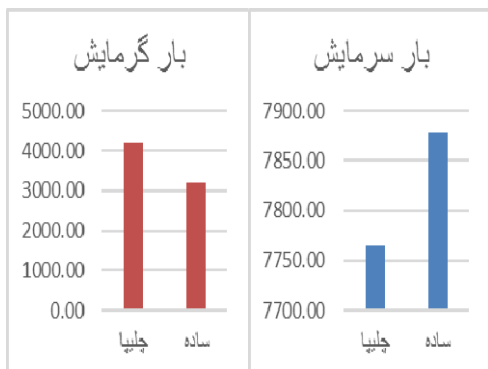
کمتری در تابستان شده است.

پس از شبیه سازی تابستان نشین با فرم های چلیپا و مستطیل در نرم افزار انرژی پلاس و دادن اطلاعات اقلیمی شهر یزد به آن، آنالیز های مربوطه با دقت ۶ بار در ساعت انجام شده است که در جدول شماره ۴ میزان و نمودارهای ۱ تا ۳ بار سرمایش توسط نرم افزار محاسبه





ن ۲. بار سرمایش بر حسب کیلو وات ساعت در خانه دهقان در فرم چلیپا و مستطیل.



ن ۳. بار سرمایش بر حسب کیلو وات ساعت در خانه لاری‌ها در فرم چلیپا و مستطیل.

در هر سه خانه جهت‌گیری فضاهای آنالیز شده رو به شمال شرقی بوده است که قابلیت تابش‌گیری از شمال غربی تا جنوب شرقی را دارا هستند. از این رو این فضاها در کلیه سال تابش خورشید را دریافت می‌کنند. از این رو بار حرارتی این فضاها با فرم چلیپا که کاربرد تابستانه دارند، در زمستان بیشتر و در تابستان کمتر می‌باشد.

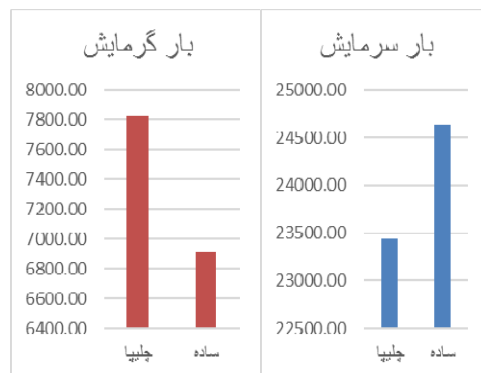
### نتیجه

با مقایسه دو فرم چلیپا و مستطیل از منظر اقلیمی و مشاهده نتایج حاصل از آنالیزها به این نتیجه می‌رسیم که

شده است. در این نمودارها مشاهده می‌شود که هر سه خانه گزینش شده فرم چلیپا در تمام ماه‌های سال انرژی کمتری نسبت به فرم مستطیل برای رسیدن به شرایط آسایش نیاز دارد و در مقابل بار گرمایش این فضاها بیشتر می‌باشد.

نوع فرم	فرم چلیپا	فرم مستطیل	نام خانه
			خانه دهقان
			خانه لاریها
			خانه محمودی

ت ۱۲. نقاب سایه بازشوی‌های کناری فضاها در دو فرم مستطیل و چلیپا.



ن ۱. بار سرمایش بر حسب کیلو وات ساعت در خانه محمودی‌ها در فرم چلیپا و مستطیل.

CIBSE می‌باشد، استفاده می‌کند. از این رو میزان دقیق تابش را نشان نمی‌دهد و تنها چگونگی توزیع انرژی تابشی را مشخص می‌کند.

۴. پس از تبدیل فرم چلیپا به مستطیل دو جداره کناری در فرم مستطیل عایق گرمایی در نظر گرفته شده‌اند تا تنها نوع فرم چلیپا و مستطیل مقایسه شوند.

5. Adiabatic

6. Outdoor

۷. برای کسب اطلاعات بیشتر و مشاهده شیوه شبیه‌سازی در

انرژی پلاس رجوع کنید به: EnergyPlus Engineering

Reference, The U. S. Department of Energy, 2013.

### فهرست منابع

- پیرنیا، محمد کریم. (۱۳۸۹)، معماری ایرانی، سروش دانش، تهران.
- دیکی، مارک؛ برون، والتر. (۱۳۸۹)، خورشید باد و نور: طراحی اقلیمی (استراتژی‌های طراحی اقلیمی در معماری)، گنج هنر، تهران.
- رازجویان، محمود. (۱۳۸۸)، معماری همساز با اقلیم، شهید بهشتی، تهران.
- رفیعی سرشکی، بیژن. (۱۳۸۱)، فرهنگ مهرازی (معماری) ایران، سرشکی، بیژن؛ رفیعی زاده، ندا؛ رنجبر کرمانی، علی محمد. تهران، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.
- کسمایی، مرتضی. (۱۳۸۹)، اقلیم و معماری، نشر خاک، اصفهان.
- بری، تامس؛ رمز و بنا و آیین، (۱۳۸۴)، ترجمه مهرداد قیومی بیدهندی، فصلنامه خیال، شماره ۱۳.
- طاهباز، منصوره. (۱۳۸۳)، ردپای قداست در معماری اسلامی، ص ۳۹، ۱۰۳ - ۱۲۳.
- طاهباز، منصوره. (۱۳۸۳)، شکل مقدس، ص ۳۸، ۹۵ - ۱۲۶.
- EnergyPlusTM Engineering Reference. (2013) University of Illinois & University of California through the Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory
- Grondzik, Walter T, Kwok, Alison G, Stein, Benjamin, Reynolds, John S. (2011), Mechanical and Electrical Equipment for Buildings, John Wiley & Sons, Inc.
- Mazria, Edward. (1979), The Passive Solar Energy Book, Rodale Press, Inc.

چلیپا هرچند که دارای سطح خارجی بیشتری نسبت به مستطیل است و گرمای زیادی از بیرون به داخل آن وارد می‌شود، ولی جداره رو به حیاط چلیپا که دارای عقب نشستگی در دو سمت می‌باشد و در سمت نسر ساختمان قرار دارد، در ساعات محدودی هنگام صبح تابش می‌گیرد و سبب گردیده انرژی تابشی کمتری به محیط انتقال یابد و در مجموع محیط داخلی به منطقه آسایش نزدیک‌تر است. این نوع قابلیت فرم چلیپا را که نسبت به قابلیت‌های رفتاری و عملکردی آن غیر ملموس‌تر می‌باشد، بارز می‌کند.

در فرم چلیپا با توجه به نتایج حاصل شده از آنجا که جهت‌گیری فضاها به گونه‌ای بوده است که در زمستان و تابستان قابلیت تابش‌گیری دارد، هرچند این فرم برای فضاهای تابستان‌نشین در خانه‌های سنتی مناسب بوده است و راهکاری برای صرفه جویی در مصرف انرژی و جلوگیری از تابش‌گیری در فصل تابستان در فضا بوده است اما این فرم در زمستان عملکرد نامناسبی داشته‌است. از این رو در استفاده از این فرم در طراحی امروزی به خاطر عملکرد آن در زمستان باید جانب احتیاط را رعایت کرد. استفاده از این فرم در همه جا توصیه نمی‌شود اما می‌توان این فرم را در قسمت‌های شمالی بنا که در زمستان تابش‌گیر نیست و یا در اقلیم‌های گرم و مرطوب حاشیه جنوبی کشور مورد استفاده قرار بگیرد.

### پی‌نوشت

۱. از خانه‌های منتخب فقط در یک خانه الگوی چلیپا در زمستان‌نشین استفاده شده است.
2. EnergyPlus
۳. نرم‌افزار اکوتک برای حل معادلات از الگوریتم‌های روش گذاری ظاهری (Admittance method) که براساس فرمول‌های