علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره سیزدهم، شماره یک، بهار ۹۰

بررسی چگونگی تاثیرگذاری پلان معماری بادگیرها در کاهش دمای محیط

مهناز محمودی [۱] *

سید مجید مفیدی [۲]

تاریخ دریافت:۸۷/۲/۱۵ **تاریخ پذیرش:۸۷/۴/۳۰**

چکیده

بادگیرها از عناصر تاریخی معماری ایران می باشند که ابداعی مهم در معماری بومی تلقی می شوند. این عناصر که با رویکرد اقلیمی طراحی گردیده اند، به عنوان یک سیستم سرمایش ایستا شناخته شده اند و تهویه مطبوع را با بهره‌گیری از انرژی تجدیدپذیر باد فراهم می آورند.

این تحقیق با هدف بررسی بادگیرهای اقلیم گرم و خشک انجام گرفته و شهر یزد به عنوان شهر مطالعه موردی برگزیده شده است. بادگیرهای یزد با فرم های متفاوتی دیده شده اند و این تحقیق نشان می‌دهد که ویژگی های شکلی آن ها نقش مهمی در عملکرد شان ایفا می‌کند.

مطالعه با بررسی های میدانی انجام گرفته و نمونه های انتخابی که ۵۴ نمونه بوده، به صورت تصادفی در ۵ محله شهر یزد انتخاب شده است. روش تحقیق توصیفی- تحلیلی است. ارتباط میان معماری و عملکرد بادگیرها برای اولین بار انجام گرفته است و در ابتدا بادگیرهای یزد گونه شناسی گردیده و سپس سرنمون ها برای تحلیل عددی و محاسبه رفتار حرارتی انتخاب شده اند.

این تحقیق با بهره گیری از علم دینامیک سیالات محاسباتی و استفاده از نرم افزار فلوئنت و تحلیل عددی انجام گرفته است. خانه رسولیان به عنوان نمونه موردی در نرم افزار مدل سازی گردیده و سپس سه نمونه پلان بادگیر در این خانه مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج حاصل حاکی از تفاوت نتایج دما و رطوبت در این سه مدل بود. پس از انجام محاسبات پلان برتر به لحاظ کارکرد رفتار حرارتی و تاثیرگذاری بر آسایش حرارتی مشخص گردیده است.

واژه های کلیدی: بادگیر، اقلیم گرم و خشک، تهویه طبیعی، نرم افزار فلوئنت.

۱- استادیار گروه معماری، دانشکده عمران و معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین (مسئول مکاتبات).

۲- استادیار گروه معماری و شهرسازی، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران.

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

بادگیر همان گونه که از نام آن پیداست جزیی از کالبد ساختمان های مناطق گرم و خشک و یا گرم و مرطوب ایران به شمار می رود که با هدایت جریان باد و بهره‌گیری از انرژی پاک طبیعت، در تعدیل دما و رسانیدن دمای فضای سکونتی به دمای در حد آسایش انسان نقش مؤثری داشته‌است.

در این مقاله سعی شده تا با بررسی معماری بادگیرها و شناخت کالبدی آن ها چگونگی تأثیر کالبد بر عملکرد آن ها معلوم گردد. شهر یزد به عنوان یکی از شهرهای اقلیم گرم و خشک ایران که بیشترین تعداد بادگیر را داشته و به عنوان شهر بادگیرها معروف است، به عنوان شهر مورد مطالعه انتخاب گردیده است.

بادگیرهای شهر یزد بسیار متنوع می باشند و هیچ دو بادگیری وجود ندارد که دقیقاً مانند هم طراحی شده باشند. بادگیرهایی که توسط یک معمار ساخته می شوند نیز تنها در تزئینات دهانه های ورودی باد یکسان بودند که این تزئینات به نوعی امضاء معمار محسوب می شده اند. هر ساختمان مسکونی در یزد با توجه به پلان معماری بنا، موقعیت آن و همچنین جهت قرار گیری نسبت به جهت باد غالب شهر بادگیری متفاوت دارد. ایده معمار نیز در طرح بادگیرها موثر بوده و تفاوتهایی را موجب می شده است. با توجه به تفاوت و تنوع بادگیرهای یزد گونه شناسی متفاوت بادگیرها در پلان و دسته‌بندی آن ها اولین گام در عرصه شناخت است و پس از آن با استفاده از نرم افزار فلوئنت و علم CFD (Computational fluid dynamics) سرنمون ها تحلیل رفتار حرارتی گردیده و مشخص می‌گردد که کدام بادگیرها با چه مشخصات و ویژگی های معماری در پلان بهترین نتیجه را جهت کاهش دمای هوا به دست می‌داده‌اند.

روش تحقیق

در بخشی که گونه شناسی بادگیرها به انجام رسیده روش کار توصیفی است. قسمتی که به بررسی رفتار حرارتی بادگیر بر مبنای تناسبات کالبدی آن ها با استفاده از نرم افزار فلوئنت می پردازد؛ روش تحلیلی است. روشی که در روند تحقیق بکار می رود:

مشاهده ⇦ مقایسه ⇦ تحلیل ⇦ استنتاج ⇦ کشف

روش کسب اطلاعات بر مبنای مطالعات کتابخانه ای و برداشت های میدانی می باشد. روش نمونه‌گیری، خوشه‌ای تصادفی متناسب است که از هر محله یزد با توجه به تعداد بادگیر آن محله درصدی از تعداد کل مورد بررسی دقیق قرار می‌گیرد و نمونه‌ها کاملاً تصادفی انتخاب شده است.

گونه شناسی بادگیرهای یزد

- گونه شناسی بادگیرهای یزد بر مبنای استقرار در پلان

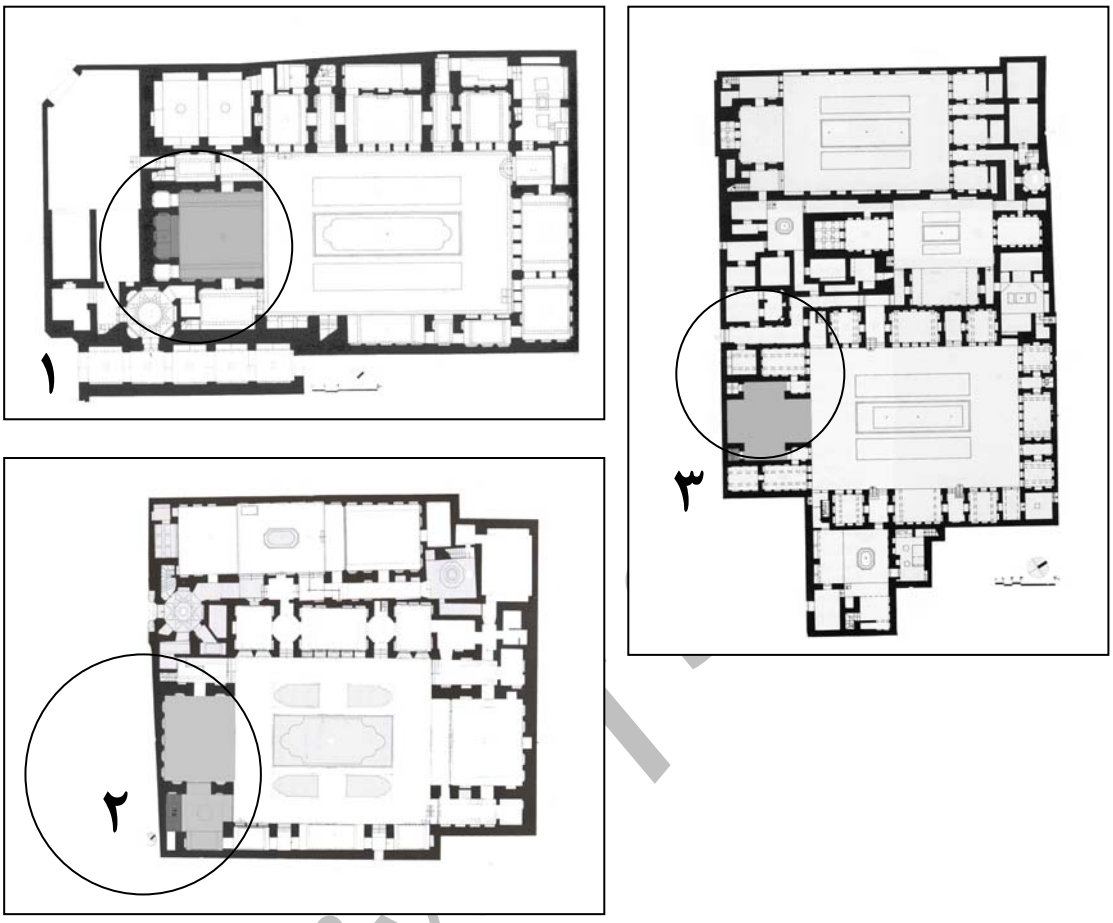
تفاوت نحوه استقرار بادگیرها در پلان خانه به طراحی پلان مربوط می‌شده است. اما احتمالاً تأثیراتی نیز بر عملکرد سرمایشی بادگیر دارد. اجزای اصلی خانه ایرانی که مرتبط با بادگیر است، عبارتند از حیاط مرکزی و تالار

تالار معمولاً به طور مستقیم با بادگیر در ارتباط است، اما گاهی این ارتباط با واسطه فضایی دیگر صورت می گیرد. به لحاظ موقعیت قرارگیری بادگیرها در منازل و ارتباط آن با فضاهای اصلی بخش تابستان‌نشین و حیاط می‌توان آن ها را به سه‌گونه تقسیم‌بندی نمود(۱) (تصویر ۱)

۱. قرارگیری بادگیر در پشت تالار و در محور تقارن آن. در این گونه، محور تقارن بادگیر و تالار و حیاط در امتداد یکدیگر می‌باشند.
۲. قرارگیری بادگیر در گوشه حیاط. در این گونه، بادگیر با واسطه فضای حوضخانه به تالار متصل می‌شود و در ارتباط مستقیم با آن نیست.
۳. قرارگیری بادگیر در یکی ازگوشه‌های شمالی تالار.

Archive of SID

www.SID.ir



تصویر ۱- نمونه پلان هایی از خانه های یزد(ماخذ: گنجنامه خانه های یزد)

گونه شناسی بادگیرها در پلان

تنوع پلان بادگیرها در شهر یزد در خاورمیانه بی نظیر است که نشان از نبوغ و خلاقیت معماران یزدی دارد. به طور کل در ایران بادگیر با پلان دایره، شش ضلعی، هشت ضلعی، مربع، مستطیل دیده شده است. با فرم مثلث بادگیر در هیچ کجای خاورمیانه شناخته شده نیست(۲). بادگیر با پلان دایره‌ای شکل، نوع بسیار نادر آن در ایران است. در شهر یزد بادگیر با پلان دایره‌ای وجود ندارد. تنها یک نمونه در اطراف یزد دیده شده است.

به جز فرم‌کلی پلان بادگیرها، بادگیرها در فرم تیغه‌های داخلی نیز متفاوتند. تیغه‌ها عناصری متشکل از خشت و آجر می‌باشند که کانال بادگیر را به چند کانال کوچک تر تقسیم می‌کنند. این تیغه‌ها را می‌توان به دو دسته تقسیم بندی کرد، تیغه‌های اصلی و تیغه‌های فرعی. تیغه‌های اصلی از ارتفاع ۲/۲۰ – ۱/۵ متری کف طبقه همکف شروع شده و تا سقف بادگیر ادامه می‌یابند وکانال بادگیر را به کانال های کوچک تر تقسیم می‌کنند(۳).

تیغه‌های اصلی بیشتر نقش کارکردی داشته و در عملکرد بادگیر تأثیرگذارند. اما تیغه‌های فرعی در دهانه ورودی بادگیر قرار می‌گیرند و نقش کارکردی جزئی بر آن ها مترتب است. و همانند پره‌های دریچه‌های کولر امروزی هستند. این تیغه‌ها بیشتر نقش زیبایی شناختی دارند. تیغه‌های اصلی در نمای بیرونی خود را نشان نمی‌دهند اما تیغه‌های فرعی در نمای بادگیر و سیما و منظر شهری تأثیرگذارند.

Archive of SID

www.SID.ir

تیغه‌های داخلی تا ارتفاع ۱/۵ تا ۲/۵ متری بالاتر از کف اتاق نشیمن پایین می‌آیند. معماران محلی تا اندازه‌ای این تیغه ها را پایین می‌آورند تا فضای زیر آن قابل استفاده باشد. برای آب انبارها معماران محلی پیشنهاد می‌دهند که تیغه ها تا ۱ متر زیر منفذها بیشتر پایین نیایند تیغه‌ها با کاهش دادن سطح مقطع های عبوری جریان هوا، سرعت آن را افـــزایش می دهند(۴).

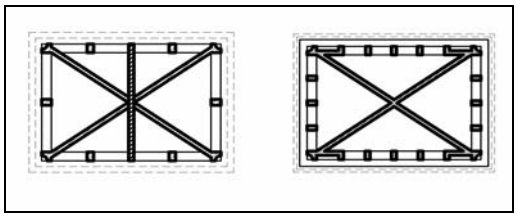
با توجه به فرم هندسی پلان و نحوه قرارگیری تیغه‌ها می‌توان بادگیرها را گونه شناسی کرد. در این مقاله با توجه به هدف نهایی که بررسی معماری پلان بادگیرها بر رفتـــار حرارتی می باشد، به گونه شناسی بادگیرهای با پلان مستطیل شکل اشاره می شود که رایج ترین نوع پلان بادگیر در شهر یزد می باشد و ۸۸/۶٪ آن را شامل می شود.

گونه شناسی بادگیرهای با پلان مستطیل

این گونه رایج‌ترین گونه بادگیر می‌باشد و از میان ۵۳ بادگیر مورد بررسی ۴۷ بادگیر با پلان مستطیل شکل ساخته شده بودند. تنوع تیغه‌های اصلی تشکیل دهنده بادگیر نیز پلان با فرم مستطیل گونه‌های متفاوتی را به وجود آورده است.

الف: بادگیر با تیغه های × شکل

این گونه به تعداد بسیار کم و شاید انگشت شـمار در یـزد وجود دارد. طول بادگیر در این نـوع تقریباً ۱/۵ برابر عرض آن می‌باشد. تنها دو خانه از ۵۳ خانه مورد مطالعه بادگیر با پلان مستطیل و تیغه × دیده شده است (تصویر ۲).



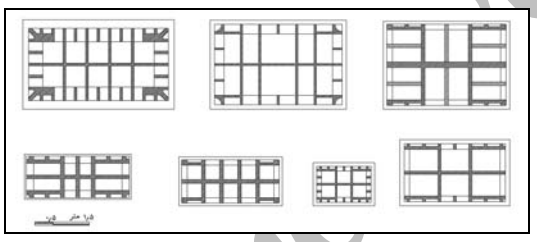
تصویر ۲- نمونه پلان هایی از بادگیرهای با تیغه ضربدری(ماخذ: نگارنده)

ب: بادگیر با تیغه های + شکل

بادگیر با تیغه‌های عمود بر هم + شکل، این گونه رایج‌ترین گونه بادگیر در یزد می‌باشد و با تناسبات متفاوت و متنوعی دیده شده است. عمق کانال در جبهه طولی تا $\frac{۱}{۲}$عمق عرضی بادگیر می‌باشد و عمق کانال در جبهه عرضی بسته به طول بادگیر و تعداد و فرم تیغه های تفکیک کننده از $\frac{۱}{۳}$ تا $\frac{۱}{۶}$عمق طولی بادگیر متغیر است. این گونه را می‌توان به دو زیر مجموعه دیگر تفکیک کرد.

ب-۱: بادگیرهای با کانال های مساوی

در این گونه تیغه‌ها به فاصله‌های مساوی در پلان قرار گرفته‌اند و در نتیجه کانال های کوچک به وجود آمده همگی برابر هستند (تصویر ۳). این نوع از بادگیر رایج‌ترین نوع پلان بادگیر در یزد است. تناسبات پلان (طول به عرض) در این نوع از ۱ به ۱/۴ تا ۱ به ۲/۲۵ متغیر است.



تصویر۳- نمونه پلان های با تیغه هـــای + شکل و با کانال های متفاوت (ماخذ: نگارنده)

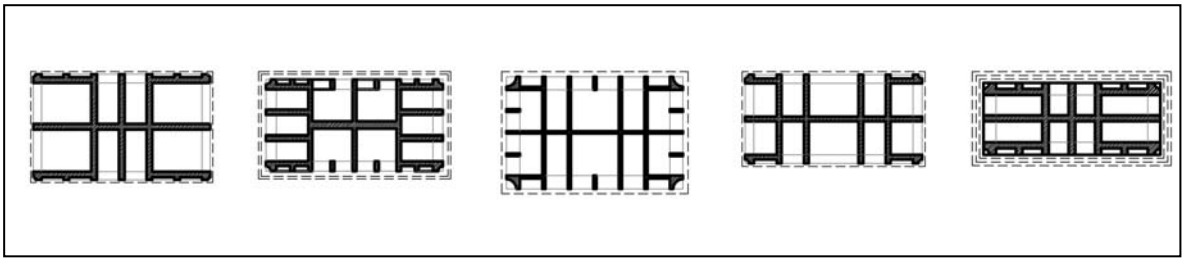
ب-۲: بادگیرهای با کانال های متفاوت

کشیدگی پلان در این گونه بیشتر به چشم می خورد. تناسبات پلان طبق بررسی های میدانی از ۱ به ۱/۵۸ تا ۱ به ۲/۹۲ متغیر است. در نمونه هایی که کانال های جبهه عرضی بادگیر بزرگ ترند، عرض پلان مستطیل در مواجهه با بادهای غالب است. در این نمونه ها به خاطر فرم پلان خانه معمار نمی توانسته است بادگیر را از جبهه طولی در معرض باد غالب شمال غربی قرار دهد و لذا معمار با تغییر فرم پلان بادگیر دریافت باد

Archive of SID

www.SID.ir

بیشتری را از جبهه عرضی نسبت به جبهه طولی فراهم آورده است(تصویر۴).

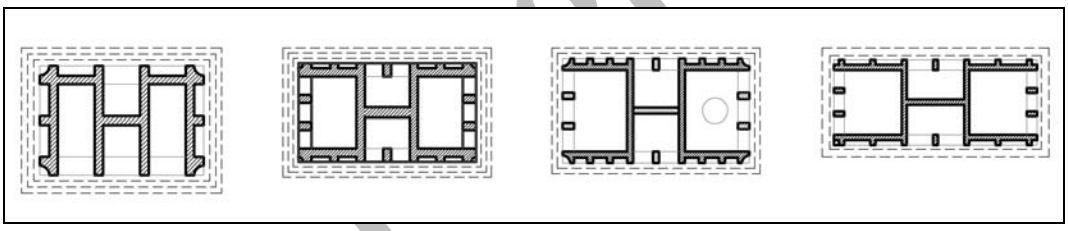


تصویر۴- نمونه پلان های با تیغه های + شکل و با کانال های متفاوت(ماخذ: نگارنده)

ج: بادگیر با تیغه‌های H شکل

در این گونه بادگیرها پلان بادگیر به گونه‌ای طراحی شده که تیغه اصلی بادگیر که از عرض، کانال بادگیر را تفکیک می‌کند، تنها در مرکز کانال وجود دارد و به دیواره‌های عرضی بادگیر نمی‌رسد. تناسبات پلان این گونه به مربع نزدیک می‌شود و پلان با مستطیل کشیده دیده نمی‌شود. تناسبات پلان ۱ به ۱/۳ و کمتر است.

این گونه نیز کمتر در یزد دیده شده است و چهار بادگیر از بادگیرهای بررسی شده، با این فرم پلان مشاهده شده‌اند.در این‌گونه نیز سطح مقطع کانال هایی که در جبهه عرضی قرار دارند بزرگ تر از کانال هایی است که از جبهه طولی باد را دریافت می‌کنند(تصویر۵).



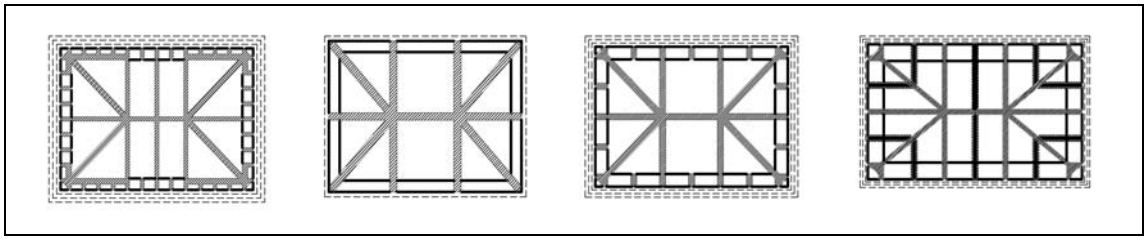
تصویر۵-نمونه پلان های با تیغه H شکل(ماخذ: نگارنده)

د: بادگیر با تیغه‌های K شکل

این گونه طراحی پلان در واقع ترکیبی از پلان با تیغه ضربدری و + شکل است. این نمونه نیز کمتر در معماری مسکونی دیده شده است. نمونه پلان های برداشت شده از این گونه در تصویر ارایه شده است.

Archive of SID

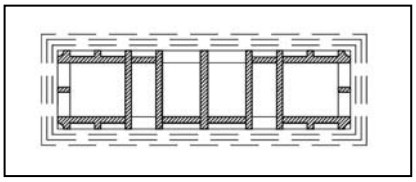
www.SID.ir



تصویر ۶- نمونه پلان های با تیغه K شکل (ماخذ: نگارنده)

ه : بادگیر با تیغه‌های I شکل

تیغه اصلی در عرض بادگیر دیده نمی‌شود و در مقابل هر منفذ باز در جبهه طولی، یک منفذ بسته در ضلع مقابل وجود دارد تا مانع فرار باد شود. چرا که در غیر این صورت باد با عبور از یک منفذ از سمت مقابل خارج می‌شد(۵). این بادگیر کشیده ترین پلان مستطیل شکل در یزد است که تناسب پلان آن ۱ به ۳/۷۵ می باشد. تنها یک نمونه از ۵۳ نمونه موردی به این صورت طراحی شده است(تصویر۷).



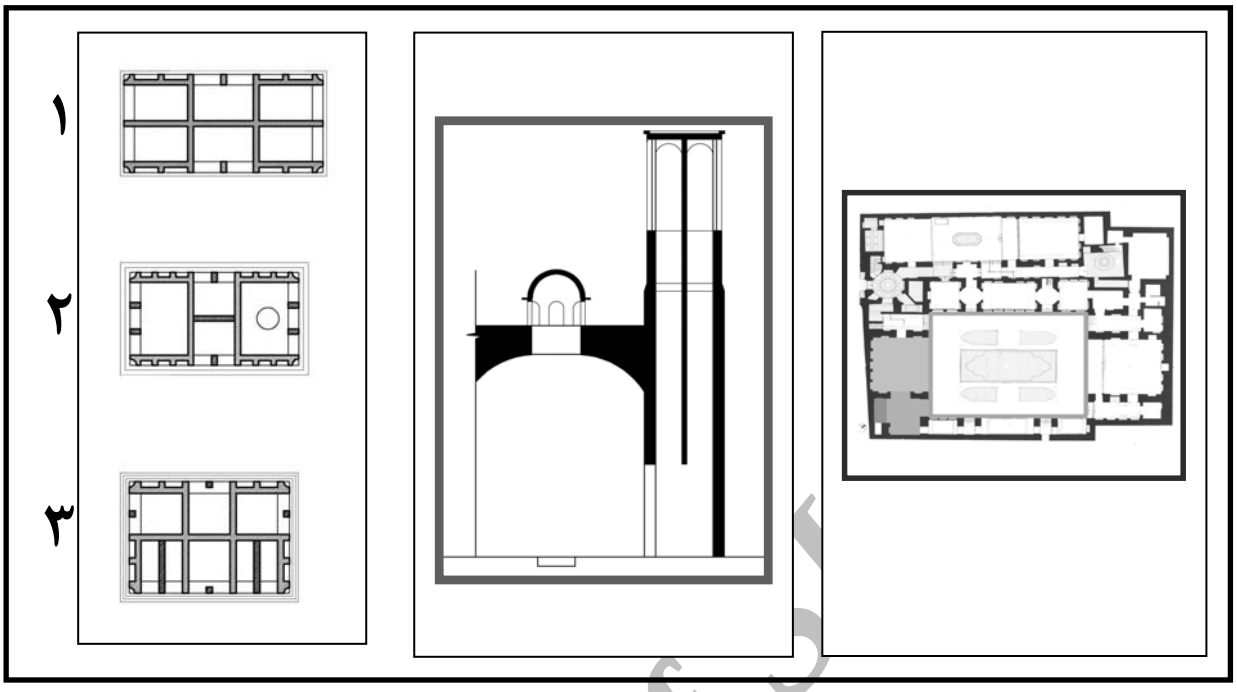
تصویر۷- نمونه پلان با تیغه I شکل(ماخذ: نگارنده)

معیارهای انتخاب نمونه ها برای تحلیل رفتار حرارتی

با توجه به اهمیت نحوه استقرار بادگیر در پلان، از بین سه گونه، نمونه خانه تیپ ۱ که تنها گونه ای بوده که در زیر بادگیر حوض آب وجود داشته و سرمایش تبخیری انجام می‌گرفته است، انتخاب گردید و خانه رسولیان به عنوان نمونه موردی برگزیده شد که خانه ای با ارزش تاریخی- معماری است و بادگیر این خانه در برداشت های میدانی این تحقیق رلوه شده بود. با توجه به انواع مختلف فرم تیغه های داخلی بادگیرهای با فرم پلان مستطیل، سه نمونه غالب پلان با ابعاد یکسان که فقط در فرم تیغه های داخلی متفاوت بودند مدل سازی رایانه ای گردیده و رفتار حرارتی آن ها مورد بررسی قرار گرفت(تصویر ۸).

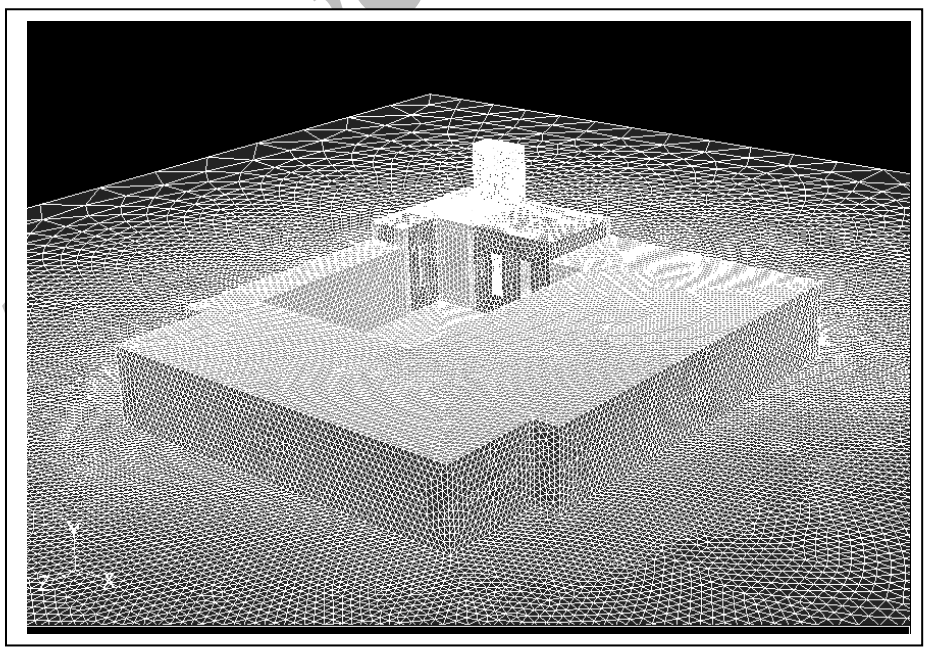
Archive of SID

www.SID.ir



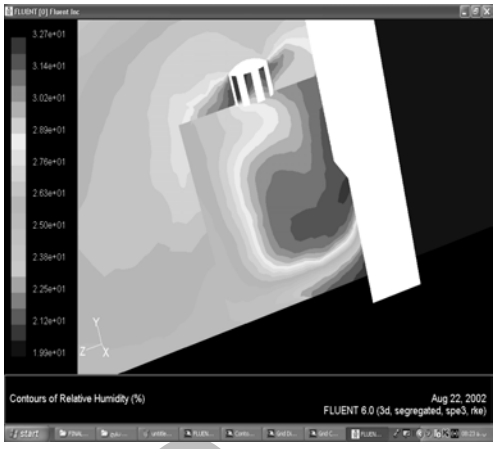
تصویر ۸- نمونه های انتخابی برای تحلیل فلوئنت(ماخذ: نگارنده)

جهت دست یابی به رفتار جریان هوای عبوری از بادگیرها، هندسه بادگیر و ساختمان با استفاده از نقشه‌های موجود در نرم‌افزارگامبیت مدل سازی گردید. در شکل۹ ایزومتریک مدل ارایه شده است.



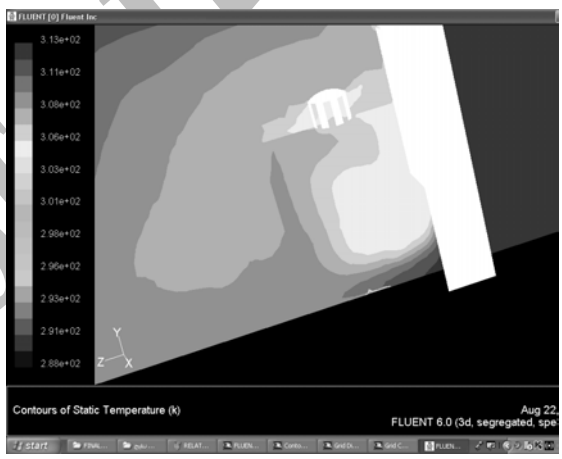
تصویر ۹- مدل سازی خانه رسولیان در نرم افزار

www.SID.ir



تصویر ۱۰- کانتور رطوبت نسبی در مقطع، مدل ۱

(ماخذ: نگارنده)

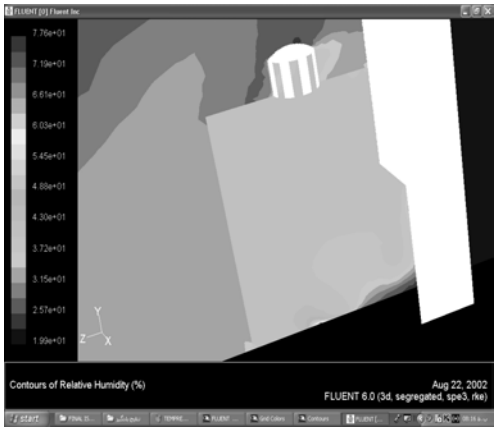


تصویر ۱۱- کانتور دمای استاتیک در مقطع، مدل ۱

(ماخذ: نگارنده)

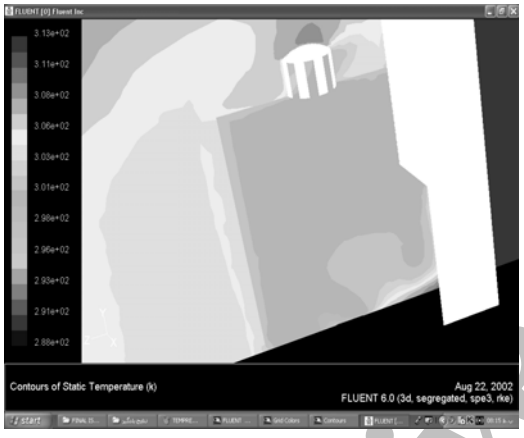
برای تحلیل میدان جریان نیاز به اعمال شرایط مرزی در نرم افزار بوده است و شرایط مرزی اعم از سرعت جریان ورودی و فشار خروجی با توجه به عوامل زیر انتخاب شده است: وضعیت پراکندگی ساختمان های موجود، که طراحی UBC (Uniform building code) شرایط آب و هوایی منطقه یزد (از قبیل دما، رطوبت نسبی و سرعت باد).

مرزهای ورودی و خروجی به اندازه کافی دور از ساختمانی در نظر گرفته شده اند تا اثرات یکنواختی جریان حفظ گردد.



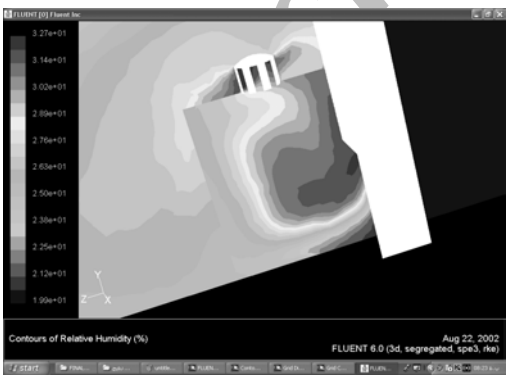
تصویر ۱۲- کانتور رطوبت نسبی در مقطع، مدل ۲

(ماخذ: نگارنده)



تصویر ۱۳- کانتور دمای استاتیک در مقطع، مدل ۲

(ماخذ: نگارنده)

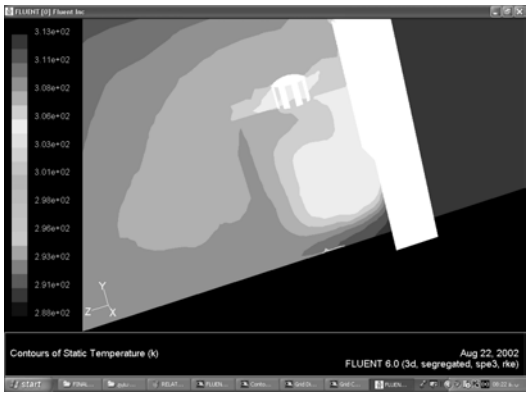


تصویر ۱۴- کانتور رطوبت نسبی در مقطع، مدل ۳

(ماخذ: نگارنده)

Archive of SID

www.SID.ir



تصویر۱۵- کانتور دمای استاتیک در مقطع، مدل ۳

(ماخذ: نگارنده)

نتیجه گیری

در ۳ مدل منتخب، سه بادگیر متفاوت در خانه رسولیان مورد بررسی قرار گرفتند و علی رغم یکسان بودن پلان خانه و نحوه استقرار در خانه و یکسان بودن مقطع و ارتفاع و سطح مقطع، دیده شد که نتایج متفاوتی حاصل آمد. در این سه مدل تنها تیغه های اصلی بادگیر ها متفاوت می باشد و بنابراین این نتیجه می‌تواند به دست آید که معماری و فرم تیغه بادگیرها در رفتار حرارتی آن نقش دارد. چون تیغه های اصلی تا مرکز برج ادامه می‌یابند و کانال بادگیر را به کانال های کوچک تر تقسیم می‌کنند، لذا در هنگام وزش باد، کانالی که رو به سمت وزش باد دارد و دریافت کننده باد است، اصطلاحاً بادخور نامیده می‌شود و کانال های دیگری که باد به سمت آن ها نمی وزد نقش بادخان را خواهند داشت و طبق اثر دودکشی (جا به جایی هوا در اثر همرفت) هوای گرم پایین را به بالای آن منتقل می‌کنند. با توجه به اثر برنولی که سرعت سیال با گذر از مقاطع جریان های مختلف، متفاوت عمل می کند و هر چه سطح مقطع کوچک تر باشد سرعت جریان بیشتر می شود، لذا تفاوت در تیغه ها تفاوت در سرعت جریان را به دنبال خواهد داشت و از میان ۳ مدل، بادگیربا تیغه + شکل بهترین جواب را خواهد داد.

پارامترهای موثر بر شرایط آسایش	مدل ۱	مدل ۲	مدل ۳
افت دما از ۴۰ درجه	۲۹/۳	۳۰/۸	۳۲/۲
افزایش رطوبت از ۱۷٪	٪۳۶/۷	٪۳۴/۱۵	٪۳۲/۹

منابع

۱. محمودی، م. ۱۳۸۶. «بادگیر جذابیت سیما و منظر شهر یزد». فصلنامه باغ نظر. شماره۵. ص ص ۹۷-۹۸.

2. Mahyari, A. 1996."The wind catcher". Ph.D thises. Sydney University. Australia. P 57.

۳. محمودی، م. مفیدی، م. ۱۳۸۱. «تاثیر اقلیم بر کالبد بادگیرهای یزد و بندر لنگه»، مجموعه مقالات سومین همایش بهینه سازی مصرف سوخت. تهران . ص ۲۳۸.

4. Roaf, S. 1988. "The wind catcher of Yazd". Ph.D thesis, Department of architecture, Oxford polytechnic.

۵. محمودی، م. ۱۳۸۶. «شناخت تاثیر مشخصات کالبدی بادگیرها بر رفتار حرارتی». رساله دکتری معماری. دانشگاه علوم و تحقیقات. تهران . ص ۲۰۰.

Archive of SID

www.SID.ir