



## تبیین طراحی مکانیکی فضای میانه در بازار مرکزی مشهد به جهت کاهش مصرف انرژی و افزایش آسایش حرارتی مراجعین

احسان کفاش<sup>۱\*</sup>، سید مهدی مداحی<sup>۲</sup>، ایمان میرشجاعیان<sup>۳</sup>

۱- کارشناسی ارشد، معماری، دانشگاه خيام، مشهد، ایران

۲- استادیار، معماری، دانشگاه خاوران، مشهد، ایران

۳- استادیار، معماری، دانشگاه فردوس، مشهد، ایران

### چکیده

یکی از اصلی ترین موضوعات در تامین نور در فضاهای اداری و تجاری، بهره گیری از نور طبیعی است. آتریوم ها یا وید ها نور طبیعی را به فضاهای داخلی ساختمان ها هدایت میکنند. نور طبیعی و استفاده از آن برای روشنایی، یکی از اهداف استفاده از ویدها در ساختمان ها هستند. استفاده از گرمای نور خورشید در زمستان، استفاده از خاصیت بادخوانی و تهویه در آتریوم ها از دیگر مواردی است که استفاده از آتریوم ها را برای اهداف صرفه جویی انرژی مورد توجه قرار داده است. مولفه هایی در هرچه بیشتر کردن کارایی کاربرد آتریوم ها دارای اهمیت است. مکانیزم جداره های داخلی، نوع و فرم پوشش سقف آتریوم و شکل کلی این فضای خالی از جمله مواردی است که باید در طراحی بهینه وید ها مورد توجه قرار گیرد. روش های بهینه سازی مکانیکی که سال هاست در علوم تکنولوژی برای بهینه سازی مسائل چند پارامتری استفاده می شود به عنوان تکنیک مناسب این پژوهش دیده می شود. مدل های ایجاد شده با نگارش الگوریتم ها در افزونه گرس هاپر به صورت متناظر بر مسائل انرژی پرداخته که در این بین افزونه هانی بی (Honey bee) به عنوان ابزاری کارا در جهت بررسی آسایش حرارتی استفاده می شود. سازوکار این تحلیل متغیر به سمت بهینه سازی مصرف انرژی و آسایش حرارتی بوده و قابلیت تغییر همزمان را در پیکره بندی فضاهای میانه داراست که طراحی پارامتریک را ممکن می سازد.

### کلمات کلیدی

صرفه جویی انرژی، آسایش حرارتی، فضای میانه، الگوریتم بهینه سازی، انرژی.

## Explaining the mechanical design of the middle space in the Bazar Markazi of Mashhad in order to reduce energy consumption and increase the thermal comfort of the audience.

Ehsan Kafash<sup>1\*</sup>, Seyyed Mahdi Madahi<sup>2</sup>, Iman Mirshojaeeian<sup>3</sup>

1- Master's degree, Architecture, Khayyam university, Mashhad, Iran

2- Grage assistant professor, Architecture, Khavaran university, Mashhad, Iran

3- Grage assistant professor, Architecture, Ferdous university, Mashhad, Iran

### Abstract

In the fire extinguishing system of large buildings in the winter season, preventing of the water from freezing inside the sprinkler system is an important issue. For this purpose, the dry pipe sprinkler system is being used. In this method, instead of water, there is air inside the system, and during a fire, a pressure drop is created when the sprinkler bulb bursts, and water is injected into the pipes by using the firefighting pumping system, and it must reach the most remote sprinkler in the minimum time. In this numerical study, by using of Ansys Fluent software, and changing the sprinkler structure and the water outlet nozzle with different angles, the duration of water discharge is investigated. The results show that adding the convergence angle of the nozzle of the sprinkler's outlet has increased the velocity of the air flow at the outlet of the nozzle, which has reduced the time for water to reach the the most remote sprinkler of the system is also reduced.

### Keywords

Dry pipe Sprinkler, Convergent-Divergent nozzle, Convergence-Divergence Angle, Supersonic flow.

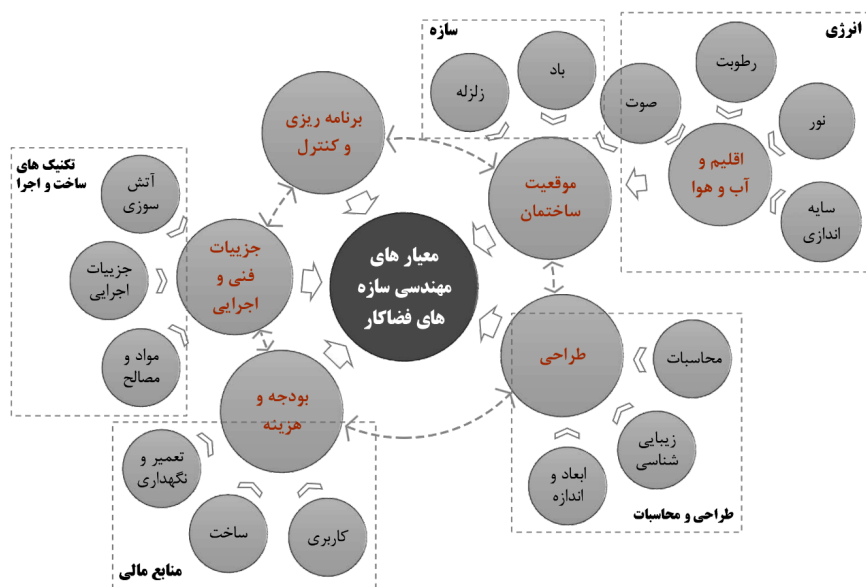
۱- مقدمه

از آنجا که معماری الگوریتمیک به عنوان تکنیکی نوین در طراحی، حالت ها و پیشنهادات متعددی را در طرح فراهم می‌آورد، در این پژوهش از این تکنیک به عنوان ابزاری در راستای تحقق ایده های بهینه شده استفاده شده است. از مهمترین پارامترهای تاثیرگذار بر طراحی معماری میتوان به فاکتورهای مرتبط با اقلیم به عنوان یکی از مهمترین عوامل برای هماهنگی بیشتر بین مصالح و خواص آنها با فرم و کارایی معماری اشاره کرد. در این پژوهش برآنیم تا پارامترهایی همچون «میزان و جهت تابش» و «جرم مخصوص و ظرفیت گرمایی مصالح» را در طراحی فضاهای میانه مورد بررسی و تحلیل قرار دهیم. در این راستا الگوریتمی بهینه، کاهش مصرف انرژی و ایجاد آسایش حرارتی ساکنین و استفاده کنندگان را در پی خواهد داشت.

پیشرفت نرم افزارهای کامپیوتری و استفاده از آنها در طراحی ساختمان، روش طراحی و مهندسی را دست خوش تغییر کرده است. امروزه علاوه بر محاسبات دستی یا ساده بر مبنای تخمین داده ها، می بایست در امر طراحی، آنالیز انرژی ساختمان مورد توجه قرار گیرد.

۲- مهندسی سازه فضاکار

فضاهای میانه در اماکن عمومی و تجاری ها همان پلازها و بازشوها در پلان یا همان ویدها هستند که نقش خود را در ایجاد کیفیت فضا و بهینه سازی انرژی به خوبی ایفا می‌کنند که جهت طراحی آن ها علاوه بر موضوع مذکور در این پژوهش، می بایست معیار های مهندسی سازه های فضاکار را مطابق شکل ۱ را لحاظ کرد. به صورت کلی فضا های میانه به دو دسته مسقف و غیر مسقف دسته بندی می شوند. در گونه مسقف این فضا تکنولوژی ساخت آن علاوه بر پاسخ گویی به عملکرد زیبایی، پاسخگویی عملکرد زیرساختی نیز بوده؛ بدین صورت که این فضا علاوه بر صرفه جویی در مصرف مصالح و نیروی کار به کار رفته در آن که از لحاظ مدیریت اقتصاد حائز اهمیت است، در تمامی فصول سال نیز از دمای مطلوبی برخوردار است و این مهم شرایط حضور مفید را برای افراد فراهم می کند. برای طراحی وید های مذکور نیازمند الگوریتمی هستیم که علاوه بر ایجاد صرفه جویی در مصارف انرژی در زیبایی طرح مدنظر نیز کارا باشد و بهینه ترین حالت ممکن را برای این مهم حاصل نماید.



شکل ۱: معیار های مهندسی سازه های فضاکار

۱-۲- فضاهای میانه

فضاهای میانه یا ویدها با نام آتریوم نیز شناخته میشوند. حدوداً ۲۰۰ سال است که از آتریومها به عنوان فضای ورودی بزرگ و به عبارتی، حیاطها استفاده می‌شود. آنها را می‌توان فضاهای نیمه عمومی نامید. با توجه به کارکردی که دارند، می‌توان از آنها در اقلیم های گرم و خشک و معتدل و مرطوب به خوبی بهره جست [۱]. با استفاده از تکنولوژی استفاده از آهن و شیشه که در قرن ۱۹ رایج شد، باعث شد تا پوشش فضاهای بزرگ میسر شود. در ابتدا این تکنولوژی برای پوشش فضای گلخانه‌های بزرگ استفاده شد. به مرور زمان در ساختمان‌های بزرگ نیز گسترش یافت [۲].

در جدول ۱ درصد های میزان بهره مندی روشنایی کف وید در مدل‌های مختلف را نشان می‌دهد. بر اساس این نمودار، سقف سه طبقه دندانه‌ای بیشترین میزان روشنایی را به خود اختصاص داده است. بر اساس این تحلیل انجام گرفته متوجه می‌شویم که ساختار دندانه‌ای بهترین حالت می‌باشد، زیرا یکنواختی بیشتری دارد [۳].

جدول ۱: درصد میزان بهره مندی روشنایی کف آتریوم

میزان روشنایی (Lux)	سقف دندانه ای			سقف مسطح			سقف هرمی		
	دو طبقه	سه طبقه	چهار طبقه	دو طبقه	سه طبقه	چهار طبقه	دو طبقه	سه طبقه	چهار طبقه
۱۰۰-۰	۰/۰	۰/۰	۹/۳۸	۰/۰	۰/۰	۱۳/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰
۳۰۰-۹۰۰	۶/۵۵	۹/۸۸	۱/۶۱	۱۳	۵۰	۲/۷۲	۶/۵	۴/۲۰	۲/۳۵
۲۰۰۰-۹۰۰	۳/۳۳	۱/۱۱	۰/۰	۰/۶۳	۶/۴۲	۳/۹	۰/۳۷	۳/۳۳	۳۷
>۲۰۰۰	۱/۱۱	۰/۰	۱/۰	۲۴	۴/۷	۵/۵	۴/۵۹	۶۹/۵۳	۸/۲۷

۲-۲- روش اخذ داده های آب و هوایی

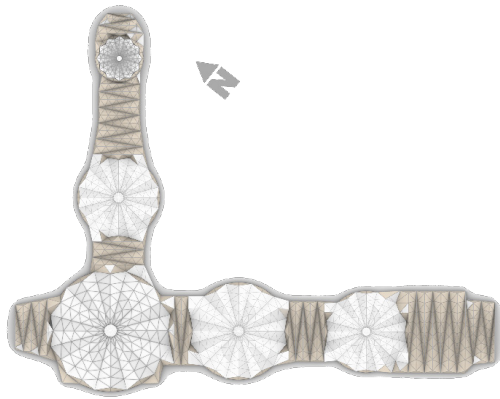
نرم افزارهای شبیه سازی انرژی با توجه به نیاز و هدف پژوهش انتخاب می‌گردند. نرم افزارهای مختلفی در این حوزه وجود دارند که در این پژوهش از افزونه Honey bee، به منظور شبیه سازی انرژی های نمونه های مطرح شده در گام نخست، و از افزونه Ladybug (شکل ۲) به منظور تهیه داده‌های آب و هوایی (EPW) نمودار های تحلیل اقلیمی استفاده گردید.

پیش بینی کارایی انرژی ساختمان پیش از ساخته شدن آن است. شبیه سازی انرژی، مصرف انرژی ساختمان را در مرحله طراحی ارزیابی می‌کند و باعث سرعت بخشیدن به روند طراحی، افزایش کارایی، ایجاد امکان جست و جو میان گزینه‌های طراحی متعدد و در نهایت هدایت به سمت طرح های بهینه تر می‌شود. در چند دهه گذشته با توسعه رایانه ها، ابزار های شبیه سازی کارایی ساختمان گسترش سریع یافته‌اند. به مرور با ارتقای رابط گرافیکی، کاهش زمان محاسبات انسانی، جابجایی اطلاعات بین برنامه ها و نمایش بصری نتایج، استفاده از این ابزارها برای طراحان آسان تر شد.

۳-۲- الگوریتم های بهینه سازی مصرف انرژی

مدل سازی و شبیه سازی انرژی ساختمان یک روند

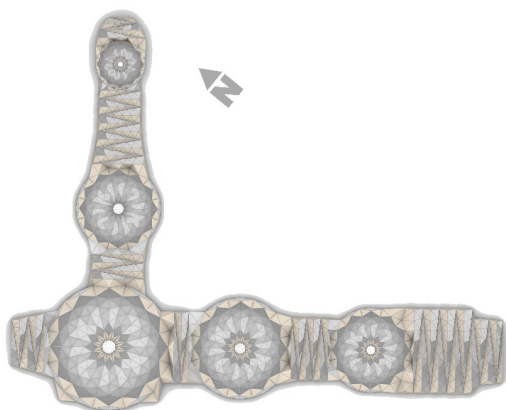
محبوب ترین ابزار های مدل سازی انرژی عبارتند از: هانی بی (Honey bee)، انرژی پلاس (Energy+)، لیدی باگ (Ladybug) و اپن استودیو (Openstudio). این ابزارها بر جنبه های مختلف کارایی ساختمان همچون کارایی و مصرف انرژی ساختمان، آسایش حرارتی، تهویه و کیفیت هوای داخل، نور پردازی محیط و آکوستیک محیط متمرکز هستند [۴].



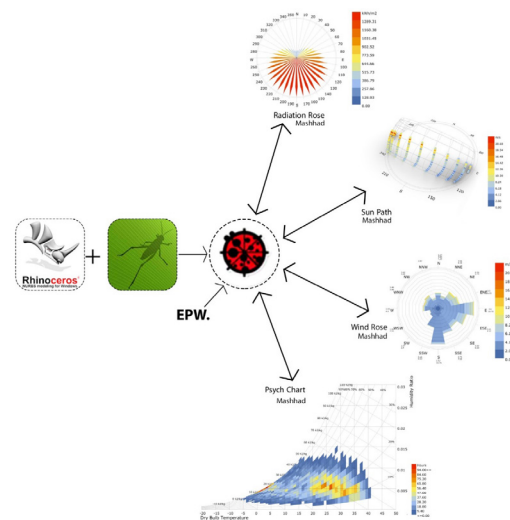
شکل ۳: سطوح نورگذر اسکای لایت هدف، پیشنهاد اول

### ۲-۲-۲-۲ مدل سازی اسکای لایت های هدف در موتور شبیه ساز انرژی Honey bee

در مدل سازی اسکای لایت هدف، پیشنهاد اول (شکل ۳)، به لحاظ شبیه سازی انرژی، نتیجه مطلوب تری نسبت به نمونه های دیگر رسیدیم. اما این نتیجه مطلوب فقط در زیر گنبد های طراحی شده در بازار به چشم می خورد. در صورتی که این مهم زمانی به نتیجه نهایی نزدیک می شود که همانند مدل سازی اسکای لایت هدف، پیشنهاد دوم (شکل ۴)؛ در سراسر سطح بازار مرکزی از پخش و جذب انرژی به صورت یکنواخت و صحیح برخوردار باشد.



شکل ۴: سطوح نورگذر اسکای لایت هدف، پیشنهاد دوم



شکل ۲: افزونه لیدی باگ

### ۲-۲-۱ تحلیل داده ها به روش شبیه سازی

یکی از کارآمد ترین روش های تحلیل داده ها در معماری پارامتریک، تحلیل به روش شبیه سازی می باشد. برای آن که بتوان درک درستی از موضوع به دست آوریم؛ بر آن شدیم تا چندین آلترناتیو را با روش های متنوع مدل سازی کرده و با وضعیت فعلی بازار مرکزی به مقایسه بگذاریم. تا در نهایت و پس از بررسی معیار های کاهش مصرف انرژی و نیز زیبایی شناسی به طرحی منتخب و کارا برسیم [۵].

بررسی گردیده است. مقایسه مجموع ظرفیت های حرارتی مصالح در سه نمونه دیگر که در زیر ارائه می گردد، نشان از این دارد که در وضعیت فعلی بازار، مصالح از موهبت انرژی گرمایش خورشید بی نصیب هستند. از رو در این مدل می بایست از تجهیزات الکتریکی سرمایشی و گرمایشی به جهت ایجاد آسایش حرارتی استفاده بیشتری شود. که این موضوع باعث مصرف انرژی بسیار زیادی در این مقیاس می گردد [۷].

۳-۲-۲- ظرفیت حرارتی مصالح بازار مرکزی- نمونه رایج

در جدول ۳ ظرفیت حرارتی مصالح با احتساب سطوح نور گذر یک نمونه اسکای لایت رایج در بازار کار فعلی بررسی گردیده است. در این مدل از مجموع ظرفیت های حرارتی بیشتری می توان استفاده کرد، ولی از آنجا که هدف ما در این پژوهش ایجاد آسایش حرارتی برای مخاطبین است، این مدل سازه باعث ایجاد اثر گلخانه ای در روز شده و عدم آسایش حرارتی را در پیش خواهد داشت. از این رو در این مدل نیز می بایست از تجهیزات الکتریکی سرمایشی و گرمایشی به جهت ایجاد آسایش حرارتی استفاده بیشتری شود. که این موضوع باعث مصرف انرژی بسیار زیادی در این مقیاس می گردد.

۳- خواص مصالح

۳-۱- ضریب هدایت حرارتی

ضریب هدایت حرارتی مصالح عبارت است از مقدار حرارت جابجا شده در یک ثانیه از میان یک متر مربع سطح و یک متر ضخامت هر مصالح در شرایطی که اختلاف درجه حرارت دو طرف آن معادل یک درجه کلون باشد (شرایط پایدار) و واحد آن  $w/m.k$  می باشد. هرچه ضریب هدایت حرارتی یک جسم بیشتر باشد، گرما را سریع تر منتقل می نماید [۶].

۳-۲- ظرفیت حرارتی مصالح

ظرفیت حرارتی مصالح به وزن مخصوص و گرمای ویژه آن ها بستگی دارد. هرچه وزن مخصوص یک جسم بیشتر باشد ظرفیت حرارتی آن بیشتر است. ظرفیت حرارتی دیوار ها نیز به ضخامت و فشردگی مصالح آن ها بستگی دارد. هرچه ظرفیت حرارتی دیوار بیشتر باشد، حرارت با سرعت کمتری از خارج به داخل انتقال می یابد [۶].

۳-۲-۱- ظرفیت حرارتی مصالح بازار مرکزی- وضع

موجود

در جدول ۲ ظرفیت حرارتی مصالح با احتساب سطوح

جدول ۲: ظرفیت حرارتی مصالح با در نظر گرفتن سطوح نور گذر سقف بازار مرکزی؛ وضع موجود

ردیف	مصالح موجود در بازار مرکزی	مقدار			وزن مخصوص (Kg)	ضریب هدایت حرارتی (w/m.k)	ظرفیت حرارتی با احتساب ضرایب سطوح نور گذر (w/m.k)				ظرفیت حرارتی مصالح بازار (w/m³.k)		
		مساحت (m2)	ضخامت (m)	حجم (m3)			ظرفیت حرارتی بدون احتساب ضرایب (m³.k)	سطح نور گذر با ۱۰٪ شفافیت	سطح نور گذر با ۵۰٪ شفافیت	سطح نور گذر با ۳۰٪ شفافیت		سطح نور گذر با ۷۰٪ شفافیت	
۱	سنگ مرمریت	۱۲۷۵۰	۰/۰۳	۳۸۲/۵	۲۵۰۰	۳/۵	۱۳۳۸/۷۵	۷۴/۹۷	-	-	-	۱۳۳/۷۹	۲۰۸/۷۶۴۷
۲	آجر سوراخدار	۳۸۵۰	۰/۳۵	۱۳۴۷/۵	۱۷۷۰	۰/۴	۵۳۹	۳۰/۱۸۴	-	-	-	۵۳/۸۶۸	۸۴/۰۵۱۶۶
۳	ورق کامپوزیت	۱۹۵۰	۰/۰۰۵	۹/۷۵	۲۰۰۰	۲۴	۲۳۴	۱۳/۱۰۴	-	-	-	۲/۳۸۵۹	۳۳۷/۲۷۲
۴	شیشه	۲۰۵۴/۸	۰/۰۱	۲۰/۵۴۸	۲۷۰۰	۱/۱	۲۲/۶۰۲۸	۱/۲۶۵۷	-	-	-	۲/۱۳۳۷	۳/۳۹۹
۵	فولاد	۹۰۰	۰/۰۰۲	۱/۸	۷۸۵۰	۵۲	۹۳/۶	۵/۲۴۱۶	-	-	-	۸/۸۳۵۸	۱۴/۰۷۷

جدول ۳: ظرفیت حرارتی مصالح با در نظر گرفتن سطوح نور گذر سقف بازار مرکزی؛ نمونه رایج

مصلح موجود در بازار مرکزی	مقدار		حجم (m <sup>3</sup> )	وزن مخصوص (Kg)	ضریب هدایت حرارتی (w/m.k)	ظرفیت حرارتی با احتساب ضرایب سطوح نورگذر w/)					مجموع ظرفیت های حرارتی مصالح بازار (w/m <sup>3</sup> .k)	
	ضخامت (m)	مساحت (m <sup>2</sup> )				ظرفیت حرارتی بدون احتساب ضرایب w/)	ظرفیت حرارتی					
							سطح نور گذر با شفافیت	سطح نور گذر با ۷۰٪ شفافیت	سطح نور گذر با ۵۰٪ شفافیت	سطح نور گذر با ۳۰٪ شفافیت		سطح نور گذر با ۱۰٪ شفافیت
سنگ مرمریت	۰/۰۳	۱۲۷۵۰	۳۸۲/۵	۲۵۰۰	۳/۵	۱۳۳۸/۷۵	۱۳۳۸/۸	-	-	-	-	۱۳۳۸/۷۵
آجر سوراخدار	۰/۳۵	۳۸۵۰	۱۳۴۷/۵	۱۷۷۰	۰/۴	۵۳۹	۵۳۹	-	-	-	-	۵۳۹
ورق کامپوزیت	۰/۰۰۵	۱۹۵۰	۹/۷۵	۲۰۰۰	۲۴	۲۳۴	۲۳۴	-	-	-	-	۲۳۴
شیشه	۰/۰۱	۲۰۵۴/۸	۲۰/۵۴۸	۲۷۰۰	۱/۱	۲۲/۶۰۲۸	۲۲/۶۰۳	-	-	-	-	۲۲/۶۰۲۸
فولاد	۰/۰۰۲	۹۰۰	۱/۸	۷۸۵۰	۵۲	۹۳/۶	۹۳/۶	-	-	-	-	۹۳/۶

۳-۲-۴- ظرفیت حرارتی مصالح بازار مرکزی - اسکای لایت هدف پیشنهاد دوم

در جدول ۵ ظرفیت حرارتی مصالح با احتساب سطوح نور گذر اسکای لایت هدف که پس از مدل سازی و طراحی پارامتریک به دست آمده است، بررسی می گردد. پس از بررسی و تحلیل انرژی و حرارت و نیز بهینه سازی فرم سایه اندازها در این مدل، بدلیل استفاده از سطوح نورگذر در اسکای لایت هدف که با درصد های معینی که در جدول ذکر شده است، حد مناسبی از مجموع ظرفیت های حرارتی مصالح به دست آمد. مطابق شکل ۴ در بند ۲-۲-۱ این حد از آسایش حرارتی در تمامی قسمت های ساختمان به صورت یکنواخت و تنظیم شده گسترانیده شده است. و این مهم باعث کاهش مصرف تجهیزات گرمایشی و سرمایشی و بالطبع استفاده حداکثری از نور روز و نیز کاهش تجهیزات روشنایی شده و علاوه بر کاهش مصرف انرژی، آسایش حرارتی مخاطبین را نیز در بردارد.

۳-۲-۳- ظرفیت حرارتی مصالح بازار مرکزی - اسکای لایت هدف پیشنهاد اول

در جدول ۴ ظرفیت حرارتی مصالح با احتساب سطوح نور گذر اسکای لایت هدف که پس از مدل سازی و طراحی پارامتریک به دست آمده است، بررسی می گردد. پس از بررسی و تحلیل انرژی و حرارت در این مدل، به دلیل فرم سایه اندازها و نیز قرار گیری سطوح نور گذر، حد مناسبی از مجموع ظرفیت های حرارتی مصالح به دست آمد، که از نمونه اولیه در وضع موجود بیشتر و از نمونه ثانوی در نمونه اسکای لایت رایج در بازار کمتر است. البته ناگفته نماند که مطابق شکل ۳ در بند ۲-۲-۱ این حد از آسایش حرارتی فقط در زیر گنبدها ایجاد شده و مابقی قسمت های ساختمان در سایه مطلق هستند. این امر نیز به دلیل عدم یکنواختی استفاده از انرژی گرمایشی خورشید متاثر از فرم سایه اندازها، نیاز به استفاده از تجهیزات الکتریکی سرمایشی و گرمایشی به جهت ایجاد آسایش حرارتی تا حدی بالا می برد.

جدول ۴: ظرفیت حرارتی مصالح با در نظر گرفتن سطوح نور گذر سقف بازار مرکزی؛ پیشنهاد اول

مصلح موجود در بازار مرکزی	مقدار			وزن مخصوص (Kg)	ظرفیت حرارتی ضریب هدایت حرارتی (w/m.k)	ظرفیت حرارتی بدون احتساب ضرایب (m³.k)	ظرفیت حرارتی با احتساب ضرایب سطوح نور گذر (w/m³.k)				مجموع ظرفیت های حرارتی مصالح بازار (w/m³.k)	
	مساحت (m2)	ضخامت (m)	حجم (m3)				سطح نور گذر با شفافیت	سطح نور گذر با ۷۰٪ شفافیت	سطح نور گذر با ۵۰٪ شفافیت	سطح نور گذر با ۳۰٪ شفافیت		سطح نور گذر با ۱۰٪ شفافیت
سنگ مرمریت	۱۲۷۵۰	۰/۰۳	۳۸۲/۵	۲۵۰۰	۳/۵	۱۳۳۸/۷۵	۶۹۶/۱۵	-	-	-	-	۶۹۶/۱۵
آجر سوراخدار	۳۸۵۰	۰/۳۵	۱۳۴۷/۵	۱۷۷۰	۰/۴	۵۳۹	۲۸۰/۲۸	-	-	-	-	۲۸۰/۲۸
ورق کامپوزیت	۱۹۵۰	۰/۰۰۵	۹/۷۵	۲۰۰۰	۲۴	۲۳۴	۱۲۱/۶۸	-	-	-	-	۱۲۱/۶۸
شیشه	۲۰۵۴/۸	۰/۰۱	۲۰/۵۴۸	۲۷۰۰	۱/۱	۲۲/۶۰۲۸	۱۱/۷۵۳	-	-	-	-	۱۱/۷۵۳۴۶
فولاد	۹۰۰	۰/۰۰۲	۱/۸	۷۸۵۰	۵۲	۹۳/۶	۴۸/۶۷۲	-	-	-	-	۴۸/۶۷۲

جدول ۵: ظرفیت حرارتی مصالح با در نظر گرفتن سطوح نور گذر سقف بازار مرکزی پیشنهاد دوم

مصلح موجود در بازار مرکزی	مقدار			وزن مخصوص (Kg)	ظرفیت حرارتی ضریب هدایت حرارتی (w/m.k)	ظرفیت حرارتی بدون احتساب ضرایب (m³.k)	ظرفیت حرارتی با احتساب ضرایب سطوح نور گذر (w/m³.k)				مجموع ظرفیت های حرارتی مصالح بازار (w/m³.k)	
	مساحت (m2)	ضخامت (m)	حجم (m3)				سطح نور گذر با شفافیت	سطح نور گذر با ۷۰٪ شفافیت	سطح نور گذر با ۵۰٪ شفافیت	سطح نور گذر با ۳۰٪ شفافیت		سطح نور گذر با ۱۰٪ شفافیت
سنگ مرمریت	۱۲۷۵۰	۰/۰۳	۳۸۲/۵	۲۵۰۰	۳/۵	۱۳۳۸/۷۵	۴۵۵/۱۸	۵۱/۵۴۲	۳۹/۴۹۳	۳۷/۸۷۳۲	۱۰/۲۵۵	۵۹۴/۳۳۸۱
آجر سوراخدار	۳۸۵۰	۰/۳۵	۱۳۴۷/۵	۱۷۷۰	۰/۴	۵۳۹	۱۸۳/۲۶	۲۰/۷۵۲	۱۵/۹۰۱	۱۵/۲۴۸۳	۴/۱۲۸۷	۲۳۹/۲۸۹۱
ورق کامپوزیت	۱۹۵۰	۰/۰۰۵	۹/۷۵	۲۰۰۰	۲۴	۲۳۴	۷۹/۵۶	۹/۰۰۹	۶/۹۰۳	۶/۶۱۹۸۶	۱/۷۹۲۴	۱۰۳/۸۸۴۳
شیشه	۲۰۵۴/۸	۰/۰۱	۲۰/۵۴۸	۲۷۰۰	۱/۱	۲۲/۶۰۲۸	۷/۶۸۵	۰/۸۷۰۲	۰/۶۶۶۸	۰/۶۳۹۴۳	۰/۱۷۳۱	۱۰/۰۳۴۵۱
فولاد	۹۰۰	۰/۰۰۲	۱/۸	۷۸۵۰	۵۲	۹۳/۶	۳۱/۸۲۴	۳/۶۰۳۶	۲/۷۶۱۲	۲/۶۴۷۹۴	۰/۷۱۷	۴۱/۵۵۳۷۲

احسان کفاش و همکاران

#### ۴- نمودار های تحلیل اقلیمی

##### ۴-۱- نمودار سایکرومتریک مشهد

مطابق نمودار زیر، ۱۱ درصد کل ساعات سال، آسایش حرارتی قالب بوده و نیازی به استفاده از سیستم ها و تجهیزات سرمایشی و گرمایشی نخواهد بود. ۳۵ درصد ساعات کل سال، در صورت استفاده صحیح از سایبانها و سطوح نورگذر، آسایش حرارتی مخاطبین تامین خواهد شد. ۱۸/۸ درصد کل ساعات سال با استفاده از تجهیزات الکتریکی سرمایشی و گرمایشی می توانیم به آسایش حرارتی برسیم. ۱۴/۴ درصد کل ساعات سال با استفاده صحیح از ظرفیت حرارتی مصالح می توان آسایش حرارتی مخاطبین را تامین کرد. در نهایت ۶/۳۴ درصد کا ساعات های سال را با استفاده از سیستم های تبخیری و ۲۵/۴۶ درصد ساعات سال را با استفاده از سیستم های گرمایشی باید به محدوده آسایش نزدیک کنیم.

$$tL = L + (\alpha L * AHL \text{ } ^\circ)$$

$$tL = 20.25 + (0.15 * 7.7) = 21.40^\circ$$

$$tu = U + (\alpha u * AHu \text{ } ^\circ)$$

$$tu = 24.25 + (0.25 * 9.8) = 26.75^\circ$$

tL را به L و tu را به U وصل کرده و ادامه می دهیم. تراز بالا و پایین محدوده آسایش به وسیله خطوط افقی رطوبت نسبی 4g/kg و 12g/kg تعیین می گردد.

براساس شکل ۵، که میزان آسایش حرارتی در طول سال را نشان می دهد، رنگ آبی به معنی سرمایش، رنگ قرمز به معنی گرما و رنگ زرد به معنی آسایش می باشد. محدوده خط قرمز به معنی آسایش حرارتی نسبی و محدوده خط سبز آسایش حرارتی با میزان رطوبت سطح پوست  $W=0.06$  که در واقع بدن بدون تعریق بوده، نه احساس گرما می کند و نه سرما را نشان می دهد [۸].

#### ۵- تبیین طراحی مکانیکی سازه

عملیات محاسبات صورت گرفته در خصوص سقف سازه اسکای لایت بازار مرکزی مشهد می باشد، طرح کلی سازه با استفاده از نرم افزار SAP2000 صورت گرفته و سعی شده است تمامی شرایط سازه به طور واقع گرایانه مدل سازی گردد.

##### ۵-۱- بارهای اعمالی بر سازه

###### ۵-۱-۱ بار مرده

بار مرده شامل وزن اعضای سازه ای و پوشش می باشد. وزن اعضای سازه ای توسط نرم افزار محاسبه و اعمال می گردد. پوشش سقف ترکیبی از ساندویچ پنل و پلی کربنات با وزن مخصوص ۲۵ کیلوگرم بر متر مربع می باشد.

###### ۵-۱-۲ بار برف

بار برف زمین، Pg، وزن لایه برف بر بروی سطح افقی زمین است که، بر اساس آمار موجود در منطقه، احتمال تجاوز از آن در سال دو درصد باشد (دوره بازگشت ۵۰ سال).

محدوده آسایش شهر مشهد که متوسط دمای سالانه آن ۱۵ درجه سانتی گراد می باشد برابر است با:

$$Tc = 0.31tm + 17.6^\circ \quad Tm = 15^\circ$$

$$tc = 0.31 * 15 + 17.6 = 22.25^\circ$$

$$L = 22.25 - 2 = 20.25^\circ$$

$$U = 22.25 + 2 = 24.25^\circ$$

تعیین نقاط tc، L و U بروی منحنی رطوبت نسبی ۵۰٪:

$$\alpha L = 0.025(L - 14) \text{ } ^\circ\text{g/kg}$$

$$\alpha L = 0.025(20.25 - 14) = 0.15 \text{ } ^\circ\text{g/kg}$$

$$\alpha u = 0.025(U - 14) \text{ } ^\circ\text{g/kg}$$

$$\alpha u = 0.025(24.25 - 14) = 0.25 \text{ } ^\circ\text{g/kg}$$

از روی جدول سایکرومتریک: رطوبت مخصوص نقاط U و L

$$AHu = 9.8 \text{ g/kg}$$

$$AHL = 7.7 \text{ g/kg}$$

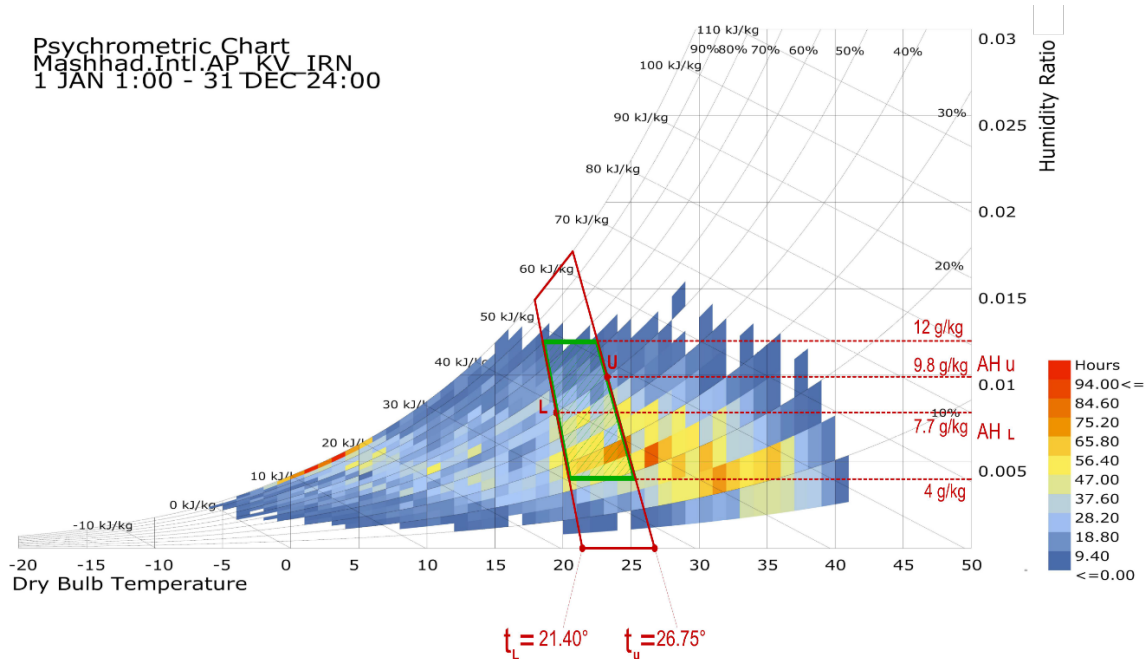


۵-۱-۳- بار باد

برای تعیین اثرات ناشی از باد، باید فرض شود که باد در هر یک امتداد و به صورت افقی، ترجیحا در امتداد محورهای ساختمان، و بطور نامنظم به ساختمان تاثیر

بار برف زمین در مناطق مختلف کشور ایران را باید

حداقل برابر با مقادیر زیر در نظر گرفت: [۹].z.



شکل ۵: طراحی اعضا در نرم افزار SAP

می‌گذارد. در طراحی اعضای سازه، اثر ناشی از بار باد با بار زلزله جمع نمی‌شود. کلیه اعضای سازه باید برای اثر هر یک از این دو که بیشتر باشد، طراحی شود.

۵-۲- طراحی اعضا

مراحل طراحی در دو فاز جداگانه تحلیل می‌شود تا قابلیت اعتماد طرح به میزان قابل قبولی برسد، این دو حالت طراحی مربوط به در نظر گرفتن صلبیت اتصالات و خاصیت نیمه صلب بودن این اتصالات و اعضا می‌بایست هر دو شرایط را تحمل نماید. (شکل ۶)

- منطقه ۱- برف بسیار کم (نادر) ۰/۲۵ کیلونیوتن بر متر مربع
- منطقه ۲- برف کم ۰/۵۰ کیلونیوتن بر متر مربع
- منطقه ۳- برف متوسط ۱ کیلونیوتن بر متر مربع
- منطقه ۴- برف زیاد (مشهد) ۱/۵۰ کیلونیوتن بر متر مربع
- منطقه ۵- برف سنگین ۲ کیلونیوتن بر متر مربع

AISC360-05/IBC2006 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)

Units : Kgf, m, C

Frame : CFB X Mid: 9.772 Combo: 5-S-Ey-Ez Design Type: Brace  
 Length: 2.727 Y Mid: -26.283 Shape: PIPE101X6 Frame Type: SMF  
 Loc : 2.727 Z Mid: 3.12 Class: Seismic Princpl Rot: 0. degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis Reduction: No Modification  
 D/C Limit=1.02 2nd Order: General 2nd Order EA factor=1. EI factor=1.  
 AlphaPr/Py=0.076 AlphaPr/Pc=0.06 Tau\_b=1.

PhiB=0.9 PhiC=0.9 PhiTY=0.9 PhiTF=0.75  
 PhiS=0.9 PhiS-RI=1. PhiST=0.9

A=0.002 I33=2.028E-06 r33=0.034 S33=4.016E-05 Av3=8.977E-04  
 J=4.056E-06 I22=2.028E-06 r22=0.034 S22=4.016E-05 Av2=8.977E-04  
 E=2.039E+10 Fy=24000000. Ry=1.1 z33=5.422E-05  
 RLLF=1. Fu=37000000. z22=5.422E-05

HSS Welding: ERW Reduce HSS Thickness? No

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 5-S-Ey-Ez)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
2.727	-3276.31	-59.27	-0.397	53.443	0.58	-0.427

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1b)

D/C Ratio: 0.109 = 0.059 + 0.051 + 0.  
 = (1/2) (Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1.	1.	1.	1.	1.	1.
Minor Bending	1.	1.	1.	1.	1.	0.466

Ltb	Kltb	Cb
1.	1.	2.628

	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
Axial	-3276.31	27867.389	38679.289

	Mu Moment	phi*Mn Capacity	phi*Mn No I.TB Capacity
Major Moment	-59.27	1171.195	1171.195
Minor Moment	-0.397	1171.195	

	Tu Moment	Tn Capacity	phi*Tn Capacity
Torsion	-0.427	1224.844	1102.36

SHEAR CHECK

	Vu Force	phi*Vn Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major Shear	53.443	11603.787	0.005	OK
Minor Shear	0.58	11603.787	4.999E-05	OK

BRACE MAXIMUM AXIAL LOADS

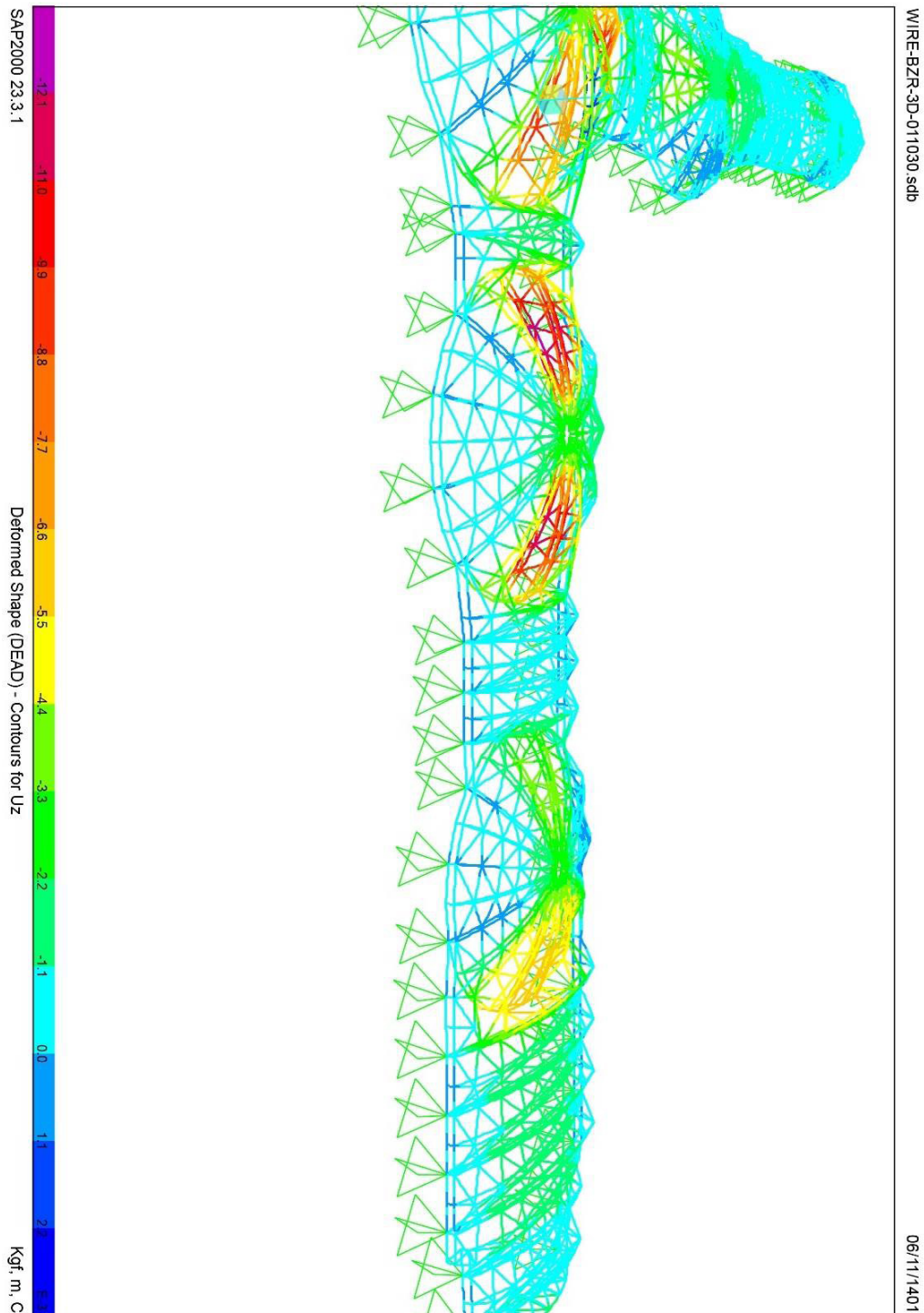
	P Comp	P Tens
Axial	-3276.31	0.

شکل ۶: طراحی اعضا در نرم افزار SAP

۵-۳- خلاصه گزارش مدل سازی سازه

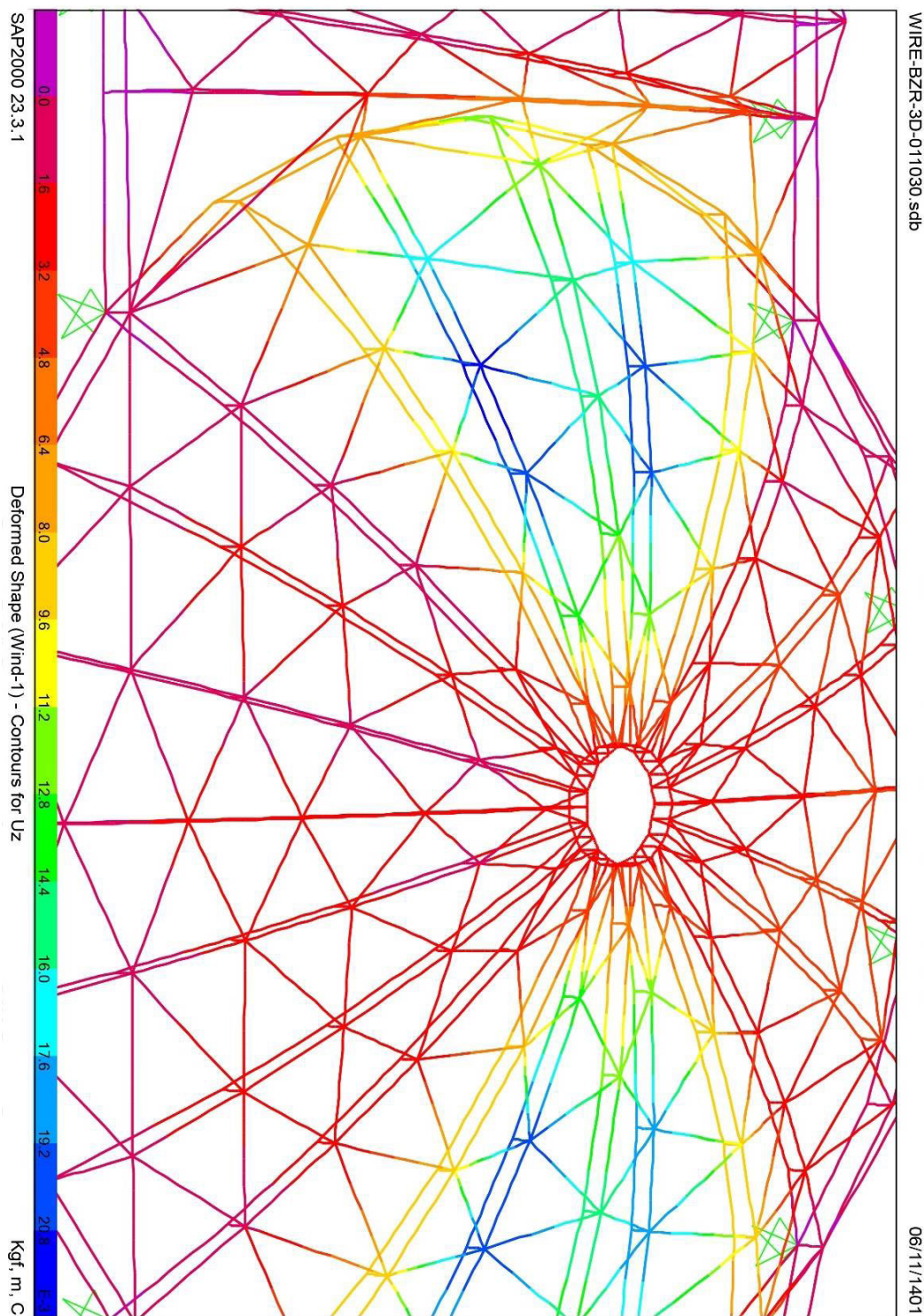
۵-۳-۱- پاسخ سازه در مقابل بار مرده مکانیکی اعمال

شده (شکل ۷)



شکل ۷: سازه تحت نیروی بار مرده

۵-۳-۲- پاسخ سازه در مقابل بار دینامیکی باد (شکل ۸)

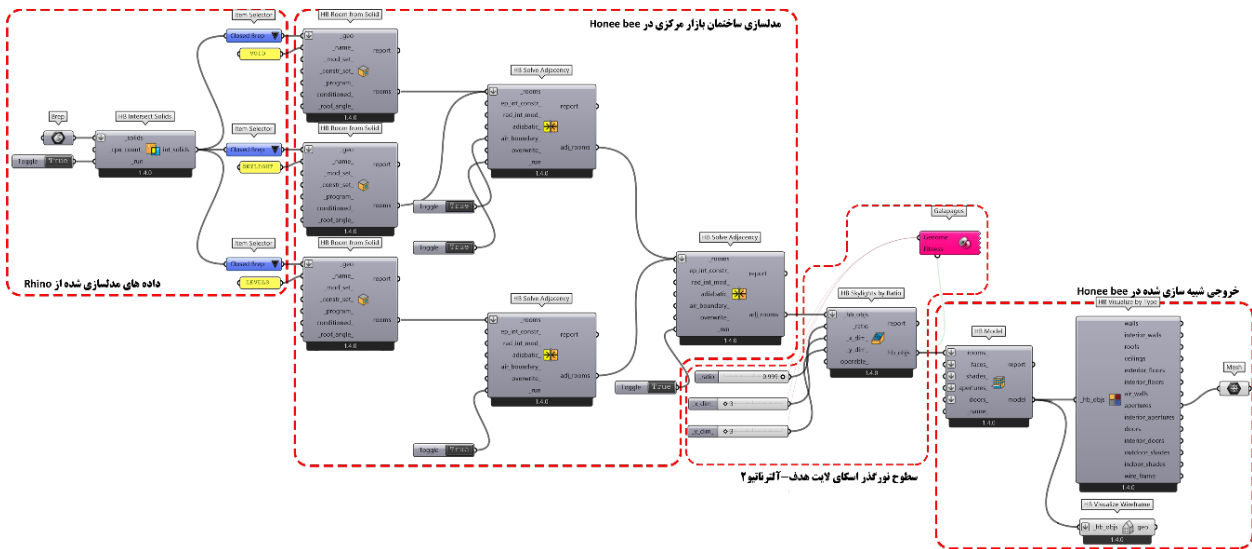


شکل ۸: سازه تحت نیروی بار باد

۴-۵- ارائه الگوریتم و پارامتر های نهایی

۴-۴-۱- مدل سازی اسکای لایت هدف در موتور شبیه ساز

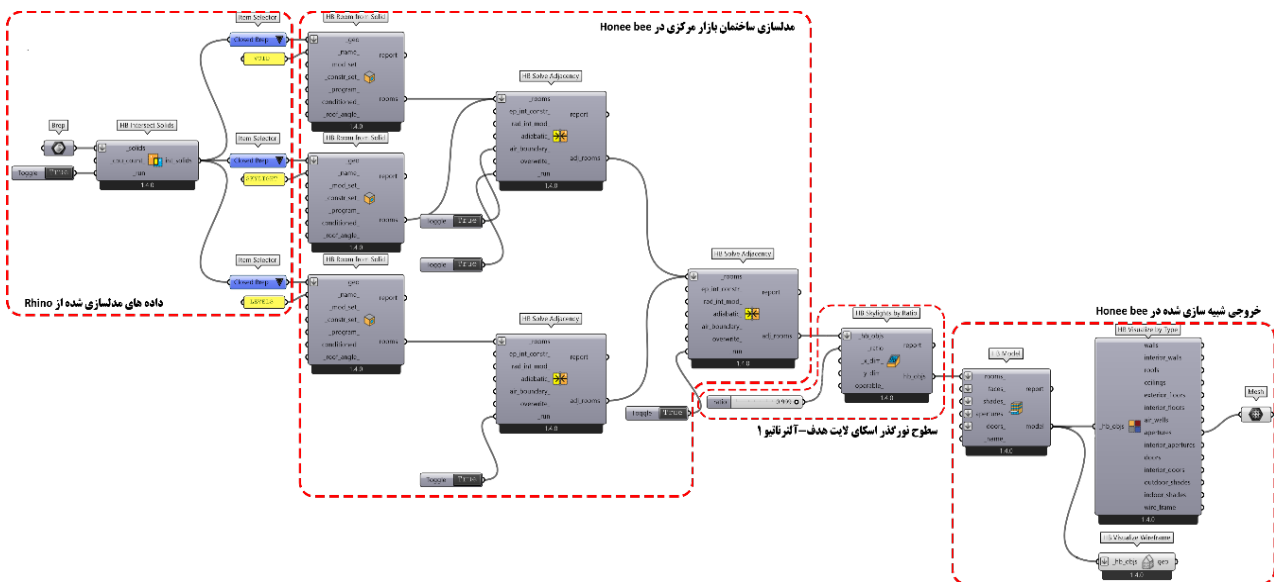
انرژی Honee bee-پیشنهاد اول



شکل ۹: مدل سازی اسکای لایت هدف (پیشنهاد اول) در هانی بی

۴-۴-۱- مدل سازی اسکای لایت هدف در موتور شبیه ساز انرژی

Honee bee-پیشنهاد دوم



شکل ۱۰: مدل سازی اسکای لایت هدف (پیشنهاد دوم) در هانی بی

## ۶- نتایج

در ساختمان های تجاری امروزی نگاه زیبایی شناسانه به داخل بنا و نیز استفاده از نور روز که اکثرا از سقف بنا تامین می گردد. از طرفی ساختمان ها همانند پاکت حجمی می باشند که از ۶ سطح تشکیل شده اند، یک سطح آن ها کف، سطح دیگر سقف و دیگر سطوح، نماها هستند؛ و با توجه به اینکه در سال های اخیر نگاه طراحان و مهندسان به مهندسی نما معطوف گردیده است و توجه کمتری به مهندسی اسکای لایت ها گردیده است، در این پژوهش بر آن شدیم به مهندسی اسکای لایت یک مجموعه تجاری در شهر مشهد با نگاه پارامتریک و الگوریتمیک پردازیم. در این مسیر با بررسی نمونه های سقف های مختلف بر روی بازار مرکزی مشهد سعی بر آن کردیم تا بهینه ترین، زیبا ترین و مقاوم ترین سقف را که بازدهی بالا در آسایش حرارتی و کاهش مصرف انرژی داشته باشد را به ارمغان بیاوریم. شبیه سازی انرژی در چهار مدل پیشنهادی برای سقف اسکای لایت مجموعه بازار مرکزی، پس از دریافت داده های اقلیمی از افزونه Ladybug، در افزونه Honey bee انجام گردید، تا بهینه ترین سقف از منظر مصرف انرژی انتخاب گردد.

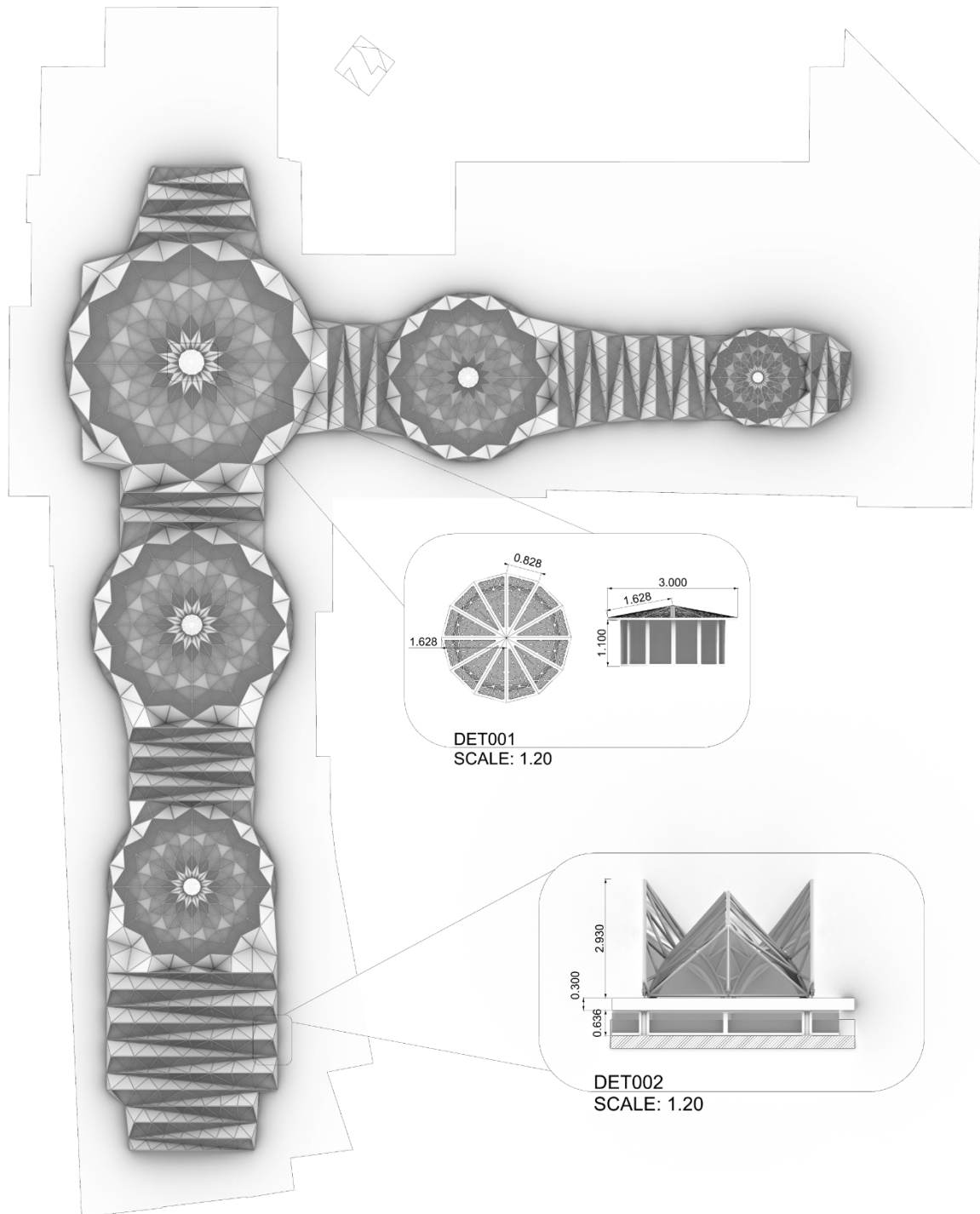
نتایج تمامی پیشنهادات را در افزونه Openstudio آنالیز کرده تا بهترین مدل سقف به جهت کاهش مصارف انرژی و ایجاد آسایش حرارتی منتخب گردد. سپس بر روی پنل های سایه انداز مدل منتخب، در افزونه Galapagos بهینه سازی ژنتیکی به جهت بیشینه سایه اندازی که از عوامل موثر در ایجاد آسایش حرارتی می باشد، انجام گردید.

در نهایت بررسی ظرفیت های حرارتی مصالح چهار مدل پیشنهادی برای سقف اسکای لایت مجموعه بازار مرکزی، به عنوان یک سند علمی که یکی از عوامل

ایجاد آسایش حرارتی می باشد، انجام گردید. ظرفیت حرارتی مصالح که یکی از مهم ترین خواص مصالح می باشد، با جذب انرژی گرمایشی خورشید در طول روز و ساطع کردن آن در طول شب به نوعی از مصرف بی جهت انرژی جلوگیری کرده و باعث آسایش حرارتی می شود. (شکل ۱۱)

عناوین مرتبط با موضوع پژوهش که در مسیر تحقیق واجد ارزش به نظر می رسند و در آینده به آن ها خواهیم پرداخت، عبارتند از:

- \* ارائه الگویی بهینه به منظور هوشمند سازی سایه انداز ها (Smart Shader) در ساخت اسکای لایت ساختمان های تجاری.
- \* ارائه الگویی کارا به جهت تهیه هوشمند هوا (Smart Exhausting Air) در زیر اسکای لایت های تجاری.
- \* ارائه الگوریتمیک ساخت اسکای لایت های متحرک حساس به سنسور های نور، باران و حضور انسان (Skylights Sensitive to Sensors) به جهت صرفه جویی در مصرف انرژی و افزایش آسایش حرارتی.



شکل ۱۱: سایت پلان و جزئیات تشکیل دهنده سازه اسکای لایت بازار مرکزی

## ۷- منابع

- [1] Applicability of Flexible Photovoltaic Modules onto Membrane Structures Using Grasshopper Integrative Model(2016) Hend Ibrahim a\*, Ayman Wagdyb, Paolo Beccarella, Robert Carpenter, John Chiltona.
- [2] Thermal performance optimization of parametric building envelope based on bio-mimetic inspiration(2021) Wael Salah Mansour Abdel-Rahman.
- [3] Atrium is a solution for providing lighting a hot and dry climate (1393), Marzieh Kazemzade. (in persian)
- [4] Residential design (1393), Maryam Anvari. (in persian)
- [5] Commercial-recreational and culture complex of Shahrood city with the approach of optimizing energy consumption (1391), Fahime Mohamadian. (in persian)
- [6] Basics of building physics 4 (Passive cooling) (1393), Zahra Ghiabakloo. (in persian)
- [7] National building regulations, topic 19, (1398). (in persian)
- [8] Climate reading of building shells in native-traditional houses in order to be models for today's housing using parametric architecture (1393), Ashkan Memariani. (in persian)
- [9] National building regulations, topic 6, (1398). (in persian)