

## طراحی پوسته باز و بسته‌شونده گلخانه با توجه به بهینه‌سازی دریافت نور و تهویه طبیعی هوا در شهرستان جلفا

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۱۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۵/۰۵

کد مقاله: ۲۶۸۶۵

مهسا زنده‌لاله<sup>۱\*</sup>، فرزین حق‌پرست<sup>۲</sup>، محمدرضا چناقلو<sup>۳</sup>

### چکیده

امروزه بهینه‌سازی عملکرد گلخانه به دلیل نقش مهم آن در تأمین امنیت غذایی جامعه و صادرات محصولات کشاورزی در ایران و جهان همواره مورد توجه می‌باشد. عوامل مختلفی بر بهینه‌سازی عملکرد گلخانه تأثیرگذار می‌باشند از جمله آب و هوا، نور، ارتفاع، تهویه و عرض جغرافیایی گلخانه. در این مقاله نور و تهویه بعنوان عامل تأثیرگذار مورد بررسی قرار گرفته است. بطوریکه برای سقف گلخانه از ایده پوسته باز و بسته شونده و برای طراحی حجم سازه گلخانه، از متابال‌ها استفاده شد. ضمناً کشیدگی سازه گلخانه بر مبنای نتایج آنالیز تابش و با هدف دریافت حداکثری نور، در جهت شرقی- غربی در نظر گرفته شد. متعاقباً بهینه‌سازی پوسته سازه بر اساس پارامترهای آب و هوایی شهر جلفا با استفاده از پلاگین Ladybug حاصل گردید. نتایج نشان دادند بیش از ۹۷٪ پوسته سقف در معرض تابش بوده و فقط کمتر از ۳٪ پوسته سقف تابش بسیار کمی در مقایسه با سایر قسمت‌ها دریافت می‌کند. سپس تحلیل جریان باد در دو حالت سقف باز و سقف بسته با استفاده از پلاگین Butterfly انجام شد که نتایج نشان‌دهنده عدم تداخل جریان‌های باد در فضای داخل و اطراف سازه می‌باشند. در مرحله آخر با استفاده از نرم‌افزار Arduino کد مربوطه نوشته شد، بطوریکه بر اساس نیاز نور و تهویه گیاهان، پوسته سقف قادر است بصورت هوشمند باز و بسته شود.

واژگان کلیدی: گلخانه، سقف باز و بسته شونده، بهینه‌سازی نور، تهویه طبیعی

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد رشته فناوری معماری دانشگاه هنر اسلامی تبریز

۲- استاد دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه هنر اسلامی تبریز

۳- استاد دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی سهند

## ۱- مقدمه

با توجه به تغییر شرایط آب و هوایی کره زمین که موجب بی‌نظمی شرایط جوی می‌شود، همواره این فکر به وجود می‌آید که برای تضمین امنیت غذایی جامعه چه باید کرد. یکی از راهکارهای موجود استفاده از گلخانه‌ها بدلیل کنترل شرایط محیطی کشت می‌باشد. بر اساس آمار جهانی سازمان غذا و کشاورزی ملل متحد (فائو)، سطح زیر کشت گلخانه‌های دنیا حدود ۳ میلیون هکتار است. کشور ایران نیز بدلیل شرایط خاص آب و هوایی و محدودیت‌های منابع آبی از جمله کشورهایی است که نیاز به تجدید نظر اساسی در ساختار نظام کشت بوده و در این راستا توسعه کشت گلخانه‌ای می‌تواند بعنوان یک راهکار مناسب مطرح باشد. بطوریکه بر اساس اعلام مسئولین سازمان جهاد کشاورزی، در حال حاضر سطح زیر کشت گلخانه‌های کشور بیش از ۲۲ هزار هکتار بوده که در پایان سال ۱۴۰۴ به بیش از ۵۲۸۰۰ هکتار و میزان تولید آن نیز به حدود ۲۱ میلیون تن افزایش خواهد یافت که با تحقق این برنامه علاوه بر تامین نیاز بیش از ۹۲ میلیون نفر جمعیت کشور با سرانه مصرف حدود ۱۲۸ کیلوگرم به ازای هر نفر، فرصت صادرات مازاد بر نیاز داخلی در حدود ۹ میلیون تن نیز امکان پذیر خواهد شد.

عوامل مختلفی بر بهینه‌سازی عملکرد گلخانه تأثیرگذار می‌باشند از جمله آب و هوا، نور، ارتفاع، تهویه و عرض جغرافیایی گلخانه. با توجه به این موضوع که گیاهان وابستگی شدیدی به نوع نور و شدت نور دریافتی دارند، کنترل میزان نور از لحاظ شدت نور حائز اهمیت می‌باشد. هدف از این تحقیق پیدا کردن سازه سقف بهینه برای گلخانه می‌باشد. این امکان با طراحی سقف‌های باز و بسته شونده که بصورت هوشمند متناسب با نور و تهویه عمل می‌کنند، میسر می‌گردد.

## ۲- ضرورت و پیشینه تحقیق

در چند سال اخیر سیاست‌های کلان کشور موجب افزایش سطح زیر کشت گلخانه‌ها و همچنین حمایت از این نوع کشت شده است. از آنجایی که بیش از ۵۰٪ وسعت گلخانه‌های موجود در سطح استان در شهر جلفا واقع شده است، نتایج این پژوهش به‌عنوان یک راهنمای عملی و تئوری می‌تواند راه‌گشای طراحی گلخانه در این شهر مورد استفاده قرار گیرد. همچنین در صورتی که بتوان دریافت نور در گلخانه‌ها را بطور عملی بهینه‌سازی کرد، ضمن کاهش مصرف انرژی، بهره‌وری و بازدهی تولیدات گلخانه‌ها به‌طور چشمگیری افزایش خواهد یافت.

پسیسا و همکاران یک گلخانه چهار دهانه با پوشش پلاستیکی در شب را شبیه‌سازی نمودند. نتایج نشان دهنده افت حرارتی از طریق تشعشع می‌باشد و همچنین دریافتند که دمای سقف گلخانه شب هنگام از قسمت‌های دیگر گلخانه کمتر می‌باشد (Piscia et al. 2012). کاماچو و همکاران تأثیر استفاده از پوشش خارجی روی شرایط آب و هوایی گلخانه در طول شب را مورد بررسی قرار دادند. آنها دریافتند که استفاده از پوشش خارجی در شب می‌تواند اثرات مثبتی را به دنبال داشته باشد. استفاده از پوشش خارجی در طول شب باعث افزایش دمای داخل گلخانه می‌شود و احتمال وقوع وارونگی دمایی را کاهش می‌دهد. آنها همچنین از یک صفحه آلومینیومی در نزدیکی سقف گلخانه استفاده کردند و مشاهده نمودند که دمای گلخانه افزایش قابل توجهی پیدا کرد و به این نتیجه رسیدند که در مناطقی با زمستان ملایم، استفاده از پوشش داخلی و خارجی کمک شایانی به پایداری دمایی در گلخانه می‌کند (Camacho et al. 2013). شهبازی و همکاران، در مقاله‌ای نور روز و عملکرد حرارتی یک ساختمان اداری را با استفاده از یک مدل طراحی مبتنی بر معماری پارامتریک، شبیه‌سازی و متعاقباً در پلاگین اکتاپوس ۱ که یک ابزار بهینه‌سازی مبتنی بر الگوریتم‌های ژنتیک توسعه‌یافته برای گرس‌هاپر ۲ است، بهینه‌سازی انجام دادند. نتایج کلی به دست آمده از ارزیابی‌ها نشان می‌دهد که بین UDI و مصرف انرژی روشنایی همبستگی مستقیم وجود دارد که با افزایش مقدار UDI و دریافت سطح بهینه نور روز، نیاز به نور مصنوعی وجود دارد. همچنین رابطه قوی بین نور روز و مصرف انرژی حرارتی، بهینه‌سازی چند هدفه مصرف انرژی در برابر پارامترهای نور روز و توانایی ارزیابی گزینه‌های مختلف طراحی و ارائه یک گزینه بهینه، پرداخته شده است. نتایج تأیید کرد که ترتیبات پنجره تأثیر قابل توجهی بر کارایی انرژی دارد (Shahbazi et al. 2019). بلکادی و همکاران یک مدل‌سازی میانی بهبود یافته برای ایجاد تعادل انرژی در گلخانه با دقت بالاتر ایجاد کردند. در حالی که مدل کلاسیک بر نیازهای سرمایش و گرمایش کارآمد تمرکز دارد و تأثیر عمیق پارامترهای روشنایی را نادیده می‌گیرد، آنها نشان دادند که این سه جزء ضروری به یکدیگر وابسته هستند و باید همه آنها را با هم در نظر گرفت تا به راحتی به تولید محصول بهینه و مصرف انرژی رسید. آنها از این مطالعه دریافتند بهبود مدل کلاسیک و نشان دادن این واقعیت که گرمای آزاد شده توسط لامپ‌ها و انرژی مصرفی این تجهیزات پیامدهای اساسی بر تعادل انرژی و همچنین انتخاب ترجیحی شکل احتمالی گلخانه و پوشش مناسب آن دارد (Belkadi et al. 2019). مونتر و همکاران تهویه طبیعی را در یک گلخانه تونلی تک دهانه بررسی کردند. از چهار ترکیب مختلف برای دریچه‌های سقفی، دیواری در این پژوهش استفاده شده است و همچنین آنها اثر نصب توری‌های فلزی روی دریچه‌ها

را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنها گویای اهمیت ترکیب درجه‌های سقفی و دیواری در تهویه هوا می‌باشد. همچنین آنها دریافتند برای کاهش نفوذ پذیری هوا وجود توری‌های فلزی نقش موثری ایفا می‌کند و در این حالت ترکیب درجه‌ها نقش بسزایی در تهویه هوا دارد (Montero et al. 2001). بورت و همکاران یک گلخانه شیشه‌ای چند دهانه را شبیه‌سازی و اثر ترکیب درجه‌ها روی تهویه هوا را مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاکی از آن است که وجود دهانه‌های سقفی و نورگیرهای جانبی تأثیر زیادی بر تهویه و پارامترهای آب و هوایی می‌گذارد. همچنین متقارن بودن نورگیرهای سقفی باعث بوجود آمدن شرایط آب و هوایی یکنواخت در گلخانه می‌شود (Bournet et al. 2007). شی و همکاران در این مقاله، تنظیم حرارتی گلخانه یک باغ گیاه شناسی در شانگهای را مورد مطالعه قرار دادند و تأثیر ناحیه سایه بر دمای داخل را با روش عددی CFD شبیه‌سازی کردند که یک مرجع کنترل سایه برای خنک کردن گلخانه در تابستان در شرایط تهویه طبیعی را ارائه می‌دهد. آنها دریافتند هنگامی که دمای بیرون زیر ۲۸/۶ درجه سانتیگراد است، گلخانه را میتوان به اندازه کافی با تهویه طبیعی بدون اعمال سایه خنک کرد و هنگامیکه دمای بیرونی ۲۸/۶ درجه سانتیگراد و بالاتر است، با افزایش دمای جامع فضای باز، سرعت رشد ناحیه سایه مورد نیاز به تدریج کاهش می‌یابد. هنگامی که دمای خارج ۳۴ درجه سانتیگراد است، سایه اندازی میتواند دمای داخل را تا حدود ۳ درجه سانتیگراد کاهش دهد. زمانیکه دمای تعیین شده داخل به دست می‌آید، دمای جامع بیرون و مناطق سایه بر میزان تهویه طبیعی تأثیر می‌گذارد. با افزایش دمای جامع فضای باز و منطقه سایه، میزان تهویه طبیعی داخلی به تدریج کاهش می‌یابد. به طور کلی، نرخ تغییر هوا ۱۲-۱۵ بار در ساعت است که برای حفظ محیط گرمایی گلخانه کافی است. در مقایسه با استفاده از تجهیزات تهویه مطبوع برای خنک کردن گلخانه، استفاده از تهویه طبیعی به کمک سایه میتواند انتشار کربن گلخانه را در حدود ۵۰۰ تن در سال کاهش دهد (Shi et al. 2023).

ژانگ و همکاران در این مقاله به بررسی نور روز، تهویه و مصرف انرژی ساختمان در مناطق گرمسیری پرداختند تا بهترین پارامترهای عملکرد صرفه جویی در انرژی را بیابند. ساختمان توسط نرم افزار گرس هاپر مدلسازی شده است و پارامترهای نور روز، عملکرد تهویه و بار خنک کننده شبیه سازی شده اند. نتایج نشان می‌دهد که مصرف انرژی تبرید از ۱۸۸,۲۰ کیلووات ساعت بر متر مربع به ۱۶۳,۰۲ کیلووات ساعت بر متر مربع کاهش می‌یابد، نور روز (DLA) از ۶۰,۷۱٪ به ۵۸,۵۶٪ کاهش می‌یابد و سرعت باد تهویه از ۰,۶۳ به ۶۳/۰ متر بر ثانیه افزایش می‌یابد. از نتایج آنها می‌توان دریافت که اگرچه اهداف روشنایی روز کاهش یافته است، اما مصرف انرژی خنک کننده تا حد زیادی کاهش می‌یابد و طرح بهینه روشنایی روز متعادل تر و معقول تر است (Zhang et al. 2021).

در این پژوهش هم با استفاده از نرم افزار راینو و افزونه گرس هاپر ابتدا به بررسی چگونگی تشکیل فرم با استفاده از آنالیز تابش پرداخته شده است و بهینه ترین حالت ممکن از لحاظ تابش برای فرم گلخانه در نظر گرفته شد سپس فرم ایجاد شده با استفاده از افزونه باتر فلای مورد تحلیل تهویه طبیعی در دو حالت سقف باز و سقف بسته انجام گرفت و نتایج نشان داد که فرم مربوطه به به لحاظ تهویه طبیعی در ایده آل ترین حالت ممکن است.

### ۳- مبانی نظری

#### ۳-۱- ورود و کنترل نور طبیعی به فضا

عالی‌ترین چشمه‌های نور برای نورپردازی بیشتر فضاهای داخلی بنا استفاده از نور طبیعی است؛ ضمناً بایستی ملاحظات اساسی معماری در کنار عوامل دیگری مانند اقلیم، فرهنگ و ... در آن مد نظر قرار گرفته شود. بدین صورت که ابتدا باید در مرحله طراحی معماری، فرایند نورگیری طبیعی ساختمان در نظر گرفته شود چون که بعد از این مرحله، طراحی بر اساس نورگیری طبیعی آن تقریباً ممکن نخواهد بود. با توجه به این موضوع، عوامل مؤثر در بکارگیری نور طبیعی و فرایند استفاده در ساختمان تبیین می‌گردد:

- جهت‌گیری بنا؛

- فرم بنا؛

- انواع ورود نور به بنا؛

- کنترل نور ورودی به بنا (استوان، ۱۳۹۰).

کنترل نور ورودی به بنا به دو طریق نورگیری سقفی و نورگیری جانبی انجام می‌شود.

#### ۳-۱-۱- نورگیری سقفی

ساده‌ترین نوع نورپردازی طبیعی در بنا نورپردازی سقفی است که جهت ساختمان و ساختمانهای مجاور تأثیر چندانی بر آن ندارد (کارلن و همکاران، ۱۳۹۲). در این روش نور مستقیماً از بالا به سمت پایین منتشر می‌شود. (اونز و همکاران، ۱۳۷۹). در واقع

یکی از عوامل محدود کننده استفاده بهینه از نورپردازی سقفی تعداد طبقات ساختمان می باشد. از نمونه های این نوع نورگیری در معماری ایران می توان به راسته بازارهای بزرگ، حمام ها، گنبدخانه ها و شبستان های زیرزمینی مساجد اشاره کرد (شکل ۱). در معماری غرب نیز این روش نورگیری، در سقف کلیساها، نیایشگاه ها و موزه ها به کار گرفته شده است. بطور کلی می توان گفت استفاده از نورپردازی سقفی مؤثرترین شیوه برای ساختمان های کوتاه مرتبه به حساب می آید.



شکل ۱- نورگیری سقفی در معماری سنتی ایران

### ۳-۱-۲- نورپردازی جانبی

نورپردازی جانبی در حقیقت همان پنجره بندی بنا به جهت وارد شدن نور به داخل بنا است. نورپردازی دیواری، برخلاف نورپردازی سقفی، نور تابناکی را به سطوح اتاق می تاباند که بعضاً منجر به چشم زدگی می شود. با این وجود، نمای مطبوع پنجره ها معمولاً چشم زدگی آنها را به موردی فرعی و قابل قبول بدل می کند (کارلن و همکاران، ۱۳۹۲). روزنه های عمودی (درها و پنجره ها) می توانند علاوه بر عملکردشان به عنوان منبع نور، وسیله ای ارتباطی نیز بین داخل و خارج باشند که اغلب اندازه، محل و فرم آنها تا حد زیادی تابع سازه بنا و پوسته آن می باشند. ولی پنجره های سقفی بیشتر برای نورگیری استفاده می شوند و کمتر بعنوان وسیله ارتباطی با بیرون قرار می گیرند (گروتر، ۱۳۸۳).

### ۳-۲- سقف های متحرک

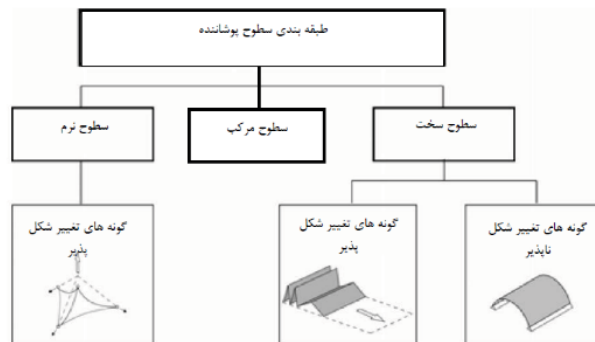
سازه سقف یکی از بخش های بنا می باشد که می تواند به صورت متحرک و پویا طراحی گردد. هر چند در ابتدا هزینه اولیه ساخت سقف های متحرک تقریباً زیاد می باشد، ولی در فضاهای معماری با ابعاد بزرگتر از جمله فضاهای ورزشی، تفریحی، آمفی تئاترها، استخرها، گلخانه ها و نیز فضاهای چندمنظوره کارایی این نوع سقف ها بیشتر قابل مشاهده است. در این گونه ساختمان ها در صورتی که از سقف ثابت استفاده شود، سبب افزایش میزان زیادی از انرژی الکتریکی به جهت استفاده از وسایل مکانیکی می شود. بکارگیری سقف های باز و بسته شونده باعث کاهش مصرف انرژی در فضاهای معماری می گردد. لازم به ذکر است طراحی سازه های متحرک از جمله سقف های باز و بسته شونده از لحاظ ملاحظات معماری و سازه ای را نمیتوان با آیین نامه های موجود در ساختمان های رایج در نظر گرفت (Asefi 2013).

### ۳-۲-۱- عوامل مؤثر در معماری سقف های متحرک

از جمله عوامل مؤثر در طراحی و اجرای سقف های باز و بسته شونده میتوان به تغییر شکل پذیری سقف، هندسه حرکت (نوع و جهت حرکت)، مصالح مورد استفاده در سقف (بصورت صلب یا انعطاف پذیر)، نصب (برگشت پذیر و برگشت ناپذیر)، سیستم عامل (هیدرولیکی، مکانیکی، مغناطیسی و ترکیبی) و مکانیزم حرکتی (غلطکی، مفصلی، لولایی، چرخشی، چرخ دنده ای و ترکیبی) اشاره نمود.

### ۳-۳- سطوح پوشاننده

سطوح پوشاننده از یک پوسته یا پوشش تشکیل شده اند که پوشش دیواره پیرامونی، محوطه فضای داخلی را تأمین می نمایند. اغلب سطوح نیازمند به فراهم شدن درجات مختلفی از پایداری سازه ای، انتقال بارها، مقاومت در برابر آب، عایق بودن در برابر بخار و صوت و کنترل نور روز می باشند. تمامی سطوح می بایست در برابر تمامی بارهای وارده باد و برف مقاومت نموده و تمامی آنها را به سازه یا تکیه گاه انتقال دهند. سطوح تغییر شکل پذیر می توانند به مانند سازه های تغییر شکل پذیر دسته بندی شده و به دو گروه اصلی سطوح جنبشی و سطوح غیر جنبشی طبقه بندی گردند (شکل ۲).



شکل ۲- دسته بندی سطوح پوشاننده؛ (روشنی و همکاران، ۱۳۹۴)

### ۳-۴- مکانیزم های تغییر شکل

مکانیزم های تغییر شکل را میتوان به دو شیوه تقسیم بندی نمود. ابتدا از نظر نوع حرکت و جابجایی مکانیکی اعضای سازه ای حین تغییر شکل و سپس از نظر فعال یا غیرفعال بودن که بر اساس عملکرد و مسائل زیبایی شناسی است. از نظر شیوه و نوع حرکت مکانیکی، مکانیزم ها به هشت نوع اصلی تقسیم می شوند (جدول ۱).

جدول ۱- مکانیزم های تغییر شکل (آصفی و گرشاسبی، ۱۳۹۰)

| عملکرد             | حرکت و جابجایی مکانیکی |                       |
|--------------------|------------------------|-----------------------|
| فعال (Active)      |                        | قیچی (Scissor-type)   |
|                    |                        | تا شدن (Folding)      |
|                    |                        | چرخشی (Rolling)       |
|                    |                        | لغزشی (Sliding)       |
| غیر فعال (Passive) |                        | پنوماتیک (Pneumatic)  |
|                    |                        | تنسگریتی (Tensegrity) |
|                    |                        | کششی (Tensile)        |
|                    |                        | تو در تویی (Nesting)  |

### ۵-۳- مکانیزم حرکتی سقف های باز و بسته شونده

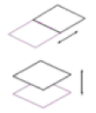
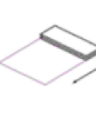
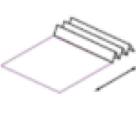
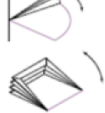
شکل و فرم سقف در انتخاب مکانیزم باز و بسته شدن سقف ها، بسیار تاثیرگذار است. طراحی سقف باز و بسته شونده بر روی سطوح منحنی به سبب انحنای موجود در سطح آن و پیچیدگی در انتخاب نحوه باز و بسته شدن قسمت متحرک آن، در مقایسه با سطوح مسطح و غیرمنحنی، مشکل تر و نیاز به دقت بیشتری دارد. سطوح منحنی از جمله سطوح بسیار جذاب در معماری می باشند که شامل سطوح استوانه ای، گنبدی، زین اسبی و مخروطی می شوند و به خصوص در سازه سقف مورد استفاده بسیاری از طراحان قرار می گردند (De Temmerman and Brebbia 2014).

فضای مورد نیاز برای تجمع سقف به موارد گوناگونی در حین حرکت وابسته است که شامل موارد زیر می باشد:

- نوع حرکت (انتقالی، چرخشی)؛
- جهت حرکت (افقی، عمودی)؛

- نحوه تغییر حالت (معمولی، همپوشانی، تاشونده).  
در حالت کلی می‌توان انواع مکانیزم‌های سقف‌های باز و بسته‌شونده را به شرح جدول ۲ ارائه کرد.

جدول ۲- مکانیزم حرکتی سقف‌های باز و بسته‌شونده (Masubuchi, 2010)

| نوع حرکت | نوع تغییر، حالت سقف و میزان فضای لازم جهت تجمع                                     |                                                                                   |                                                                                   |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
|          | معمولی (افقی-عمودی)                                                                | همپوشانی (افقی-عمودی)                                                             | تاشونده (افقی-عمودی)                                                              |
| انتقالی  |  |  |  |
| چرخشی    |  |  |  |

### ۳-۶- مصالح و پوشش گلخانه

همانگونه که ذکر شد، نور و ورود آن به محیط گلخانه، یکی از فاکتورهای مهم در طراحی گلخانه‌ها است. این موضوع رابطه مستقیم با مصالح و پوشش گلخانه دارد. به طور قطع باید از مصالح نورگذر در جداره و سقف آن بهره جست تا فرآیند فتوسنتز گیاهان به‌خوبی انجام شود.

### ۳-۷- معرفی نمای هوشمند

نمای هوشمند نوعی از نما است که به امکانات خاصی مجهز شده و در شرایط مختلف محیطی، خود را با تغییرات وفق می‌دهد و منجر به کاهش مصرف و ذخیره انرژی می‌شود. پس منظور از نمای هوشمند همان نمای پاسخگو است؛ بدین معنا که توانایی فراهم آوردن نیازهای درونی و بیرونی کاربران را دارد. نماهای متحرک هوشمند قادرند شرایط داخلی را بسنجند و نسبت به آن شرایط واکنش‌های مختلفی را به نمایش بگذارند. از طریق شبکه‌های ارتباطی رایانه‌ای که شامل حسگرها، محرک‌ها، منبع تغذیه و پردازنده است، این واکنش‌ها صورت می‌گیرد. نماهای هوشمند دارای ویژگی‌هایی همچون پویایی و فعال بودن، انعطاف‌پذیری و سازگاری با محیط داخل و خارج، واکنش‌پذیری و پاسخگو بودن می‌باشند (خوئی زاده و هادی ۱۳۹۶).

نماهای هوشمند متحرک به لحاظ کاربرد به ۴ گروه زیر تقسیم بندی می‌شوند:

- نماهای هوشمند متحرک و کنترل دما؛
- نماهای هوشمند متحرک و کنترل روشنایی و دید؛
- نماهای هوشمند متحرک و تهویه طبیعی؛
- نماهای هوشمند متحرک و تولید انرژی.

### ۴- ایده طراحی و روند شکل‌گیری طرح

#### ۴-۱- موقعیت مکانی گلخانه

جُلْفا شهر گمرکی و مرزی کشور ایران، با داشتن مساحت ۱/۷۶۰ کیلومترمربع و جمعیت ۸۵۳۵۰ (در سال ۱۳۹۵) در جنوب ساحل رود مرزی ارس در ۱۳۵ کیلومتری شمال تبریز و ۶۵ کیلومتری شمال مرنده و ۱۳۵ کیلومتری شمال غرب ورزقان در استان آذربایجان شرقی واقع شده‌است. شهرستان جلفا به دلیل موقعیت ویژه و واقع شدن در منطقه تجاری ارس، قطب مهم تجاری و بازرگانی ایران محسوب می‌شود.

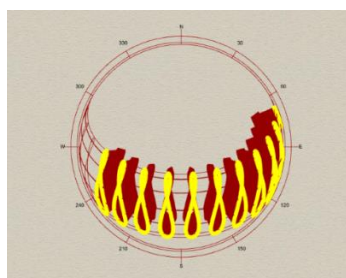
#### ۴-۲- وضعیت آب و هوای شهر جلفا

داده های آب و هوایی مربوط به شهرستان جلفا با استفاده از نرم افزار کلایمت کنسالتنت<sup>۱</sup> استخراج شده است که در شکل ۳ قابل مشاهده می‌باشد.

1 Climate consultant

| WEATHER DATA SUMMARY                                                        |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| LOCATION: jolfa, -                                                          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Latitude/Longitude: 38.941° North, 45.663° East, Time Zone from Greenwich 3 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Data Source: MN7 999 WMO Station Number, Elevation 2454 ft                  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| MONTHLY MEANS                                                               | JAN  | FEB  | MAR  | APR  | MAY  | JUN  | JUL  | AUG  | SEP  | OCT  | NOV  | DEC  |
| Global Horiz Radiation (Avg Hourly)                                         | 78   | 101  | 119  | 133  | 142  | 155  | 158  | 155  | 146  | 113  | 85   | 70   |
| Direct Normal Radiation (Avg Hourly)                                        | 131  | 147  | 141  | 121  | 120  | 148  | 156  | 162  | 183  | 139  | 135  | 137  |
| Diffuse Radiation (Avg Hourly)                                              | 29   | 34   | 41   | 56   | 61   | 52   | 50   | 50   | 38   | 41   | 31   | 23   |
| Global Horiz Radiation (Max Hourly)                                         | 173  | 221  | 268  | 308  | 327  | 329  | 321  | 297  | 283  | 253  | 188  | 177  |
| Direct Normal Radiation (Max Hourly)                                        | 299  | 313  | 317  | 309  | 311  | 306  | 294  | 297  | 318  | 306  | 305  | 298  |
| Diffuse Radiation (Max Hourly)                                              | 86   | 104  | 124  | 149  | 156  | 139  | 140  | 137  | 132  | 107  | 91   | 70   |
| Global Horiz Radiation (Avg Daily Total)                                    | 756  | 1060 | 1413 | 1748 | 2012 | 2285 | 2279 | 2097 | 1789 | 1240 | 842  | 659  |
| Direct Normal Radiation (Avg Daily Total)                                   | 1266 | 1533 | 1671 | 1584 | 1712 | 2178 | 2252 | 2183 | 2230 | 1536 | 1326 | 1278 |
| Diffuse Radiation (Avg Daily Total)                                         | 282  | 359  | 486  | 738  | 864  | 776  | 728  | 682  | 474  | 452  | 311  | 222  |
| Global Horiz Illumination (Avg Hourly)                                      | 2456 | 3162 | 3740 | 4228 | 4522 | 4968 | 5075 | 4988 | 4649 | 3605 | 2719 | 2232 |
| Direct Normal Illumination (Avg Hourly)                                     | 3480 | 3985 | 3901 | 3283 | 3304 | 4141 | 4388 | 4443 | 5308 | 3782 | 3626 | 3605 |
| Dry Bulb Temperature (Avg Monthly)                                          | 26   | 35   | 46   | 54   | 63   | 72   | 79   | 79   | 69   | 58   | 44   | 32   |
| Dew Point Temperature (Avg Monthly)                                         | 19   | 23   | 28   | 37   | 44   | 48   | 54   | 52   | 46   | 41   | 33   | 24   |
| Relative Humidity (Avg Monthly)                                             | 74   | 64   | 53   | 55   | 54   | 45   | 44   | 42   | 46   | 57   | 67   | 74   |
| Wind Direction (Monthly Mode)                                               | 310  | 300  | 300  | 300  | 290  | 290  | 300  | 310  | 290  | 320  | 300  | 160  |
| Wind Speed (Avg Monthly)                                                    | 2    | 3    | 5    | 4    | 4    | 4    | 4    | 3    | 2    | 2    | 2    | 2    |
| Ground Temperature (Avg Monthly of 1 Depths)                                | 48   | 44   | 42   | 44   | 48   | 55   | 61   | 66   | 68   | 66   | 61   | 55   |

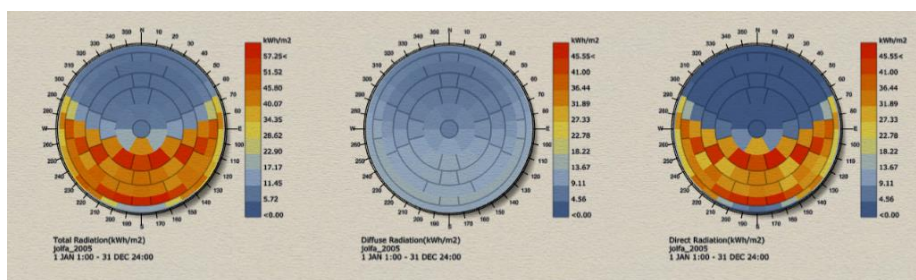
شکل ۳- داده‌های مربوط به آب و هوای شهرستان جلفا با نرم افزار climate consultant (مأخذ: نگارندگان)



#### ۳-۴- هندسه خورشید

براساس نمودار و آنالیز زاویه و تابش نور خورشید بر محدوده سایت طراحی، نمودار نقاله خورشیدی برای طول سال ترسیم می‌گردد (شکل ۴). همچنین تابش مستقیم و تابش پراکنده بر کل سطوح برای شهرستان جلفا در (شکل ۵) با استفاده از نرم‌افزار گرس هاپر<sup>۱</sup> نشان داده شده است.

شکل ۴- تغییرات دما بر حسب نقاله خورشیدی بر روی سایت طراحی در طول سال با استفاده از پلاگین لیدی باگ<sup>۲</sup>، هانی بی<sup>۳</sup> (مأخذ: نگارنده)



شکل ۵- نمودار تابش مستقیم و پراکنده خورشید در شهرستان جلفا (مأخذ: نگارنده)

#### ۴-۴- دما

دما یکی از مهمترین عناصر آب وهوایی است که ارتباط مستقیم با عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا دارد. شهر جلفا که از سال‌ها پیش دارای ایستگاه سینوپتیک بوده است، در ارتفاع ۷۰۴ متری از سطح دریاهای آزاد واقع شده است و از این نظر در بین شهرهای استان آذربایجان شرقی کمترین ارتفاع را به خود اختصاص داده است. این موقعیت ارتفاعی در مجموع به رغم آن که جلفا در شمالی‌ترین ناحیه کشور یعنی در عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۴۵ دقیقه قرار گرفته است، موجب تعدیل درجه حرارت آن نسبت به نقاط هم عرض آن در آذربایجان شده است. از لحاظ دمایی در شهرستان جلفا متوسط حداکثر دما برابر با ۳۵٫۲ درجه سانتیگراد در

- 1 Grasshopper
- 2 Ladybug
- 3 Honeybee



مردادماه، متوسط حداقل دما برابر با ۴/۶- درجه سانتیگراد در دی ماه و میانگین دما در طول سال ۱۵ درجه سانتیگراد می‌باشد (جدول ۳). در جدول ۴ مقادیر ساعات آفتابی شهر جلفا نشان داده شده‌اند بطوریکه مجموع ساعات آفتابی سالیانه در شهر جلفا ۲۶۱۰ ساعت می‌باشد.

جدول ۳- میزان دمای شهر جلفا در طول سال (مأخذ: نگارندگان)

|                | متوسط حداقل دما | متوسط حداکثر دما | دما متوسط |
|----------------|-----------------|------------------|-----------|
| فروردین        | ۶/۴             | ۱۹/۰             | ۱۲/۷      |
| اردیبهشت       | ۱۱/۱            | ۳۴/۳             | ۱۷/۷      |
| خرداد          | ۱۷/۲            | ۳۰/۸             | ۳۴/۰      |
| تیر            | ۲۲/۱            | ۳۴/۲             | ۲۸/۲      |
| مرداد          | ۲۳/۲            | ۳۵/۲             | ۲۹/۲      |
| شهریور         | ۱۸/۸            | ۳۲/۱             | ۲۵/۴      |
| مهر            | ۱۱/۷            | ۲۶/۲             | ۱۸/۹      |
| آبان           | ۵/۱             | ۱۶/۸             | ۱۱/۰      |
| آذر            | -۰/۶            | ۸/۶              | ۴/۰       |
| دی             | -۴/۶            | ۳/۸              | -۰/۴      |
| بهمن           | -۴/۱            | ۵/۵              | ۰/۷       |
| اسفند          | ۰/۹             | ۱۲/۴             | ۶/۶       |
| سالانه میانگین | ۸/۹             | ۲۰/۷             | ۱۴/۸      |

جدول ۴- ساعات آفتابی شهر جلفا در طول سال (مأخذ: نگارندگان)

| ماه          | فروردین | اردیبهشت | خرداد | تیر   | مرداد | شهریور |
|--------------|---------|----------|-------|-------|-------|--------|
| ساعات آفتابی | ۱۹۸/۴   | ۲۳۹/۸    | ۳۲۱/۸ | ۳۴۸/۶ | ۳۴۷/۵ | ۳۱۵/۱  |
| ماه          | مهر     | آبان     | آذر   | دی    | بهمن  | اسفند  |
| ساعات آفتابی | ۲۴۹/۹   | ۱۹۰/۹    | ۱۲۵/۵ | ۱۰۹/۱ | ۱۴۶/۳ | ۱۷۱/۸  |

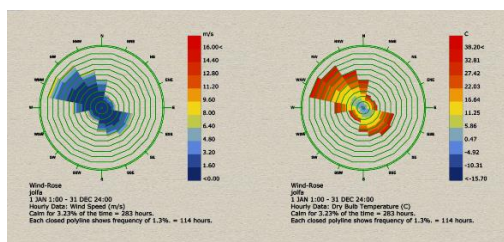
#### ۴-۵- موقعیت جغرافیایی محدوده طراحی

سایت گلخانه در محدوده جغرافیایی ۳۸۵۶۳۱/۲۸ درجه شمالی و ۴۵۳۹۵۳/۶۷ درجه شرقی و ۷۰۲/۵۶ متر ارتفاع از سطح دریا در شهرستان جلفا واقع شده است. نکات موثر در گزینش سایت عبارتند از:

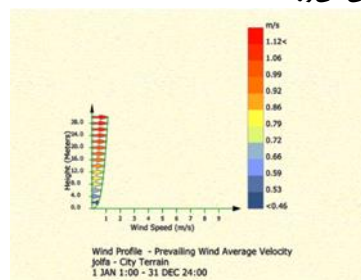
- واقع شدن در اطراف شهر جلفا؛
  - دید بسیار مناسب به طرف سایت و بالعکس؛
  - عدم مجاورت با همسایگی‌هایی که خط آسمان بلند دارند (توجه به سایه‌اندازی همسایگی).
- کلیه عوامل بالا ایجاب می‌کرد که سایت مورد نظر از نظر ایده‌پردازی برای احداث گلخانه انتخاب گردد.

#### ۴-۶- سرعت باد

پروفیل باد که نشان‌دهنده سرعت وزش باد تا ارتفاع ۲۸ متری از سطح زمین می‌باشد، برای شهر جلفا از نرم‌افزار گرس‌هایپر استخراج و در شکل ۶-الف نشان داده شده است. نتایج حاکی از آن است که متوسط سرعت وزش باد بین ۰/۴۶ الی ۱/۱۲ متر بر ثانیه در طول سال می‌باشد. ضمناً نمودار گلباد سرعت باد (شکل ۶-ب) نشان می‌دهد حداکثر سرعت باد در جهت جنوب شرقی-شمال غربی می‌وزد.



(ب)



(الف)



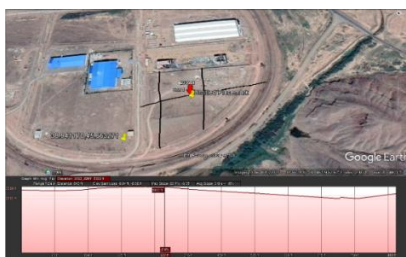
#### شکل ۶- (الف): پروفیل و (ب): نمودار گلباد سرعت باد

#### ۴-۷- ابعاد سایت طراحی

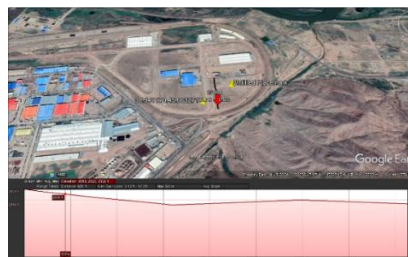
مساحت کل سایت برابر با ۱۱۶۷۰/۷۵ مترمربع و ابعاد ضلع شمالی ۱۷۵ مترمربع، ضلع غربی ۹۲/۴۸ مترمربع، ضلع شمال غربی ۱۷/۷۳ مترمربع و ضلع شمال شرقی ۱۹۴/۵۲ مترمربع است.

#### ۴-۸- زمین شناسی و تکتونیک محدوده

برای درک بهتر تکتونیک سایت و شیب حاکم بر محدوده با استفاده از نرم افزار گوگل ارث<sup>۱</sup> و آنالیزهای مورد نیاز پروفیل‌های طولی و عرضی سایت بدست آورده شده و نتایج بصورت شکل ۷ و شکل ۸ می‌باشند. آنالیز پروفیل عرضی نشان دهنده شیب ۰/۱ درصد در جهت شرقی-غربی و آنالیز پروفیل طولی نشان دهنده شیب ۲ درصد در جهت شمالی جنوبی است.



شکل ۸- آنالیز شیب پروفیل طولی، نرم‌افزار گوگل ارث (مأخذ: نگارندگان)

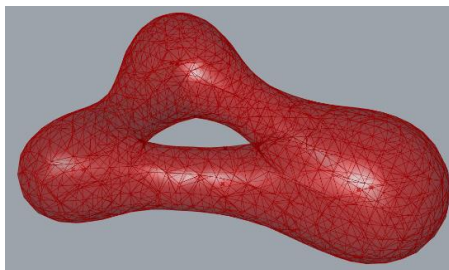


شکل ۷- آنالیز شیب پروفیل عرضی، نرم‌افزار گوگل ارث (مأخذ: نگارندگان)

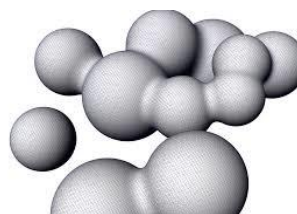
#### ۴-۹- نحوه پیشبرد طرح

پس از انجام مطالعات لازم درمورد سبک و نمونه‌های موردی و نیز انجام تحقیقات مورد نیاز درباره داده‌های بدست آمده، دورنمای کلی از ابعاد پروژه حاصل شد. روند طراحی با تاکید بر استانداردها و نیز برنامه‌ریزی فیزیکی آغاز گردید و با توجه به اهمیت فضاها، مساحت کل بنا با توجه به استانداردها محاسبه شد. در مرحله بعد با ترسیم دیاگرام‌های همجواری، موقعیت فضاهای مختلف نسبت به یکدیگر و نیز نسبت به کل مجموعه مشخص گردیدند. سپس با در نظر گرفتن مسائل اقلیمی، شیب سایت، پوشش گیاهی و داشتن دید نظرگاهی اصلی، فرم کلی آن تعیین گردید. در مورد تطابق بنا با شرایط اقلیمی، قرارگیری بنای اصلی و گلخانه‌ها به گونه‌ای است که از نورگیری لازم و مناسب برخوردار می‌باشند.

در تلفیقی از تعاریف معماری اسلامی، هندسه اسلیمی (مدول‌های چندضلعی) و گودال باغچه (نورگیری بیشتر) ایده طراحی حجم اصلی بدست آمد. در ادامه، فرایند طراحی با استفاده از متابال‌ها<sup>۲</sup> دنبال شد (شکل ۹). متابال‌ها دانشی وابسته به علوم پایه ریاضی-فیزیک می‌باشند که کاربرد امروزه آنها در معماری رایانه‌ای قابل توجه است. فرم‌های حاصل از این روش شبیه به مدل‌سازی رفتار مایعات با چگالی بالا در خلاء است بطوری که قطرات مایع یکدیگر را جذب می‌کنند و در فواصل بینابینی کش می‌آیند. (قاسمی ۱۳۹۶)



شکل ۱۰- شکل‌گیری اولیه فرم با الهام از متابال‌ها (مأخذ: نگارندگان)



شکل ۹- تولید متابال‌ها به صورت سه بعدی توسط برخی از نقاط (مأخذ: نگارندگان)

1 GoogleEarth

2 Metaball

فرم بنا استفاده ترکیبی از احجام کره مانند در فواصل معین طراحی شده است. با توجه به لزوم نورگیری مجموعه که به عنوان یک گلخانه نیاز به نور طبیعی دارد، در ادامه اقدام به بهینه‌سازی مدل با استفاده از پلاگین گالاپاگوس<sup>۱</sup> شد که بهینه‌ترین فرم با استفاده از شرایط آب و هوایی شهرستان جلفا برای مدلسازی می‌باشد. در نهایت ساختمان مجموعه اصلی در ضلع شمال غربی سایت لکه‌گذاری و تعیین گردید. بطور کلی فرایند تولید حجم و فرم‌یابی با استفاده از نرم‌افزار راینو<sup>۲</sup>، گرس هاپر و با کمک پلاگین‌های گالاپاگوس و کوکون<sup>۳</sup> انجام گرفته است (شکل ۱۰).

#### ۴-۱۰- طراحی گلخانه

موارد رعایت شده در طراحی گلخانه به شرح ذیل می‌باشند:

- نورگیر سقفی برای شکار نور خورشید گلخانه به وسیله یک سیستم کامپیوتری نشان داده می‌شود. این سیستم همچنین دما را از طریق بازشوهای سقفی کنترل می‌کند تا دما و گردش هوا را مطلوب نگاه دارد؛
- محل قرارگیری و طراحی ورودی به نحوی که مانع دید مستقیم عابرین به داخل شود؛
- اختصاص یک در میان درختان خزان‌دار و بی‌خزان در گذرگاه‌های داخل برای زنده بودن باغ در تمام فصول؛
- طراحی با تأکید بر رویشگاه بومی جلفا؛
- تعبیه پارکینگ در ضلع شرقی به طوریکه در دید عموم قرار نگرفته باشد؛
- طراحی فضاهای جمعی؛
- توجه به رویشگاه و گونه‌های گیاهی منطقه از مهمترین راهکارهای طراحی در این گلخانه بوده است. در شکل ۱۱ شاخص‌ترین گونه‌های گیاهی منطقه جمع‌آوری و مشخص شده‌اند.

| نام علمی                    | مشخصات<br>فیزیکی                                       | تصویر                                                                               | نام علمی                      | مشخصات<br>فیزیکی                                                   | تصویر                                                                               |
|-----------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| (corus mas)<br>زال اخنه     | درخت یا<br>درختچه ای<br>بلند با ارتفاع<br>۱۰ تا ۲۰ متر |  | (viburnum lantana)<br>هلب گول | درختچه یا<br>ارتفاع ۳ تا<br>۴ متر                                  |  |
| (sorbus terminalis)<br>پارک | درختی با ارتفاع<br>۲۵ متر و قطر<br>تیم متر             |  | (cotinus coggyria)<br>پا      | درختچه یا<br>ارتفاع ۳ تا<br>۴ متر برگ<br>های شانه<br>آی و<br>کشیده |  |
| (corus sanguinea)<br>شفت    | درختچه با<br>ارتفاع ۴ متر                              |  | (CORYLUS AVELLANA)<br>قلند    | درختچه یا<br>ارتفاع ۵<br>متر تا ۷<br>متر - برگ<br>های پهن          |  |

شکل ۱۱- مشخصات گونه‌های گیاهی رویشگاه جلفا (شکرپور و حق پرست ۱۳۹۹)

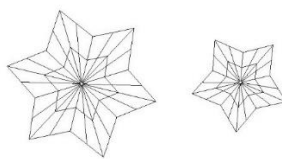
سازه گلخانه از نوع سازه فضاکار می‌باشد که با توجه به فرم‌یابی اولیه توسط نرم افزار راینو و گرس‌هاپر مدلسازی شده است. این سازه‌ها از مدول‌های یکسان و تکرارشونده تشکیل می‌گردند. سازه فضایی برای پوشش دادن دهانه‌هایی که تکیه‌گاه کم‌تعدادی دارند، به کار می‌رود. چون در سازه‌های فضایی همچون خرپاها از مثلث استفاده می‌شود، لنگرهای خمشی، به صورت بارهای کششی و فشاری به اعضای محوری خرپا منتقل می‌گردند که این خود باعث مستحکم بودن قاب‌های فضایی می‌شود. این نوع از سازه‌ها بیشتر در سقف‌هایی با دهانه‌های بزرگ بکار برده می‌شوند. ایجاد فضای باز وسیع بدون ستون مهمترین دلیل انتخاب این نوع سازه در گلخانه بوده است. سه نوع اتصال در این سازه‌ها بکار می‌روند که معمولترین آنها گره مرو می‌باشد که در سازه گلخانه بکار برده شده است. سازه گلخانه از جنس فولاد می‌باشد و بصورت دو پوسته طراحی شده است بطوریکه پوسته داخلی از مدول متغیر شش ضلعی و پنج ضلعی تشکیل شده است و پوسته خارجی از مدول شش ضلعی با تداخل دوازده ضلعی (شکل سمت راست) و

1 Galapagos

2 Rhino

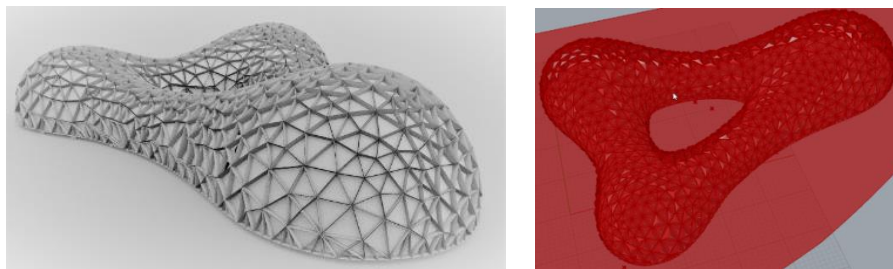
3 Cocoon

مدول پنج ضلعی با تداخل ده ضلعی (شکل سمت چپ) تشکیل شده است (شکل ۱۲).



شکل ۱۲- مدول پوسته پنج ضلعی (سمت چپ)، مدول پوسته شش ضلعی (سمت راست) (مأخذ: نگارندگان)

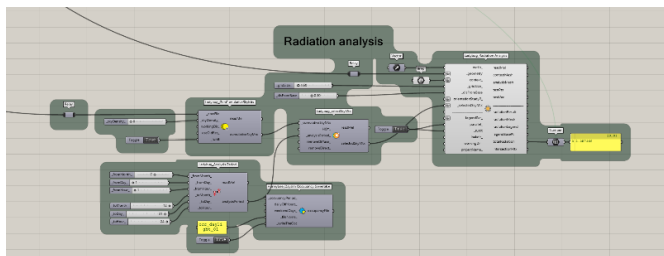
در شکل ۱۳ سازه فضاکار طراحی شده نشان داده شده است.



شکل ۱۳- سازه فضاکار گلخانه (مأخذ: نگارندگان)

#### ۴-۱۱- دیاگرام آنالیز تابش

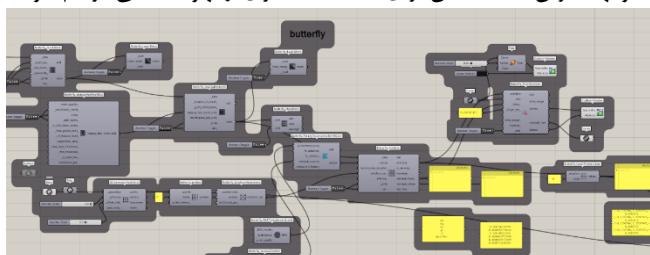
لیدی باگ فایل‌های استاندارد epw<sup>۱</sup> را به گرس‌هپر وارد می‌کند. لیدی باگ همچنین از ارزیابی گزینه‌های طراحی اولیه از طریق مطالعات تابش خورشیدی، تحلیل‌های مشاهده، مدل‌سازی ساعات نور خورشید و موارد دیگر پشتیبانی می‌کند. در ادامه روند طراحی، رفتار پوسته سازه ساختمان نسبت به تابش نور خورشید مورد بررسی قرار گرفت و تابش کلی بر روی پوسته مشخص شد (شکل ۱۴).



شکل ۱۴- الگوریتم رفتار پوسته ساختمان تحت تابش نور خورشید در محیط نرم افزار گرس‌هپر (مأخذ: نگارندگان)

#### ۴-۱۲- دیاگرام آنالیز باد

الگوریتم تحلیل باد با استفاده از پلاگین باترفلای<sup>۲</sup> استخراج گردید (شکل ۱۵). این الگوریتم نشان‌دهنده سرعت باد در داخل و خارج سطح پوسته می‌باشد. تحلیل مربوطه این امکان را می‌دهد که بردارهای سرعت باد در اطراف سازه گلخانه با لحاظ نمودن سازه‌های اطراف بررسی شوند و بهینه‌ترین حالت ممکن برای استفاده حداکثری از تهویه طبیعی فراهم شود.



1 EnergyPlus Weather

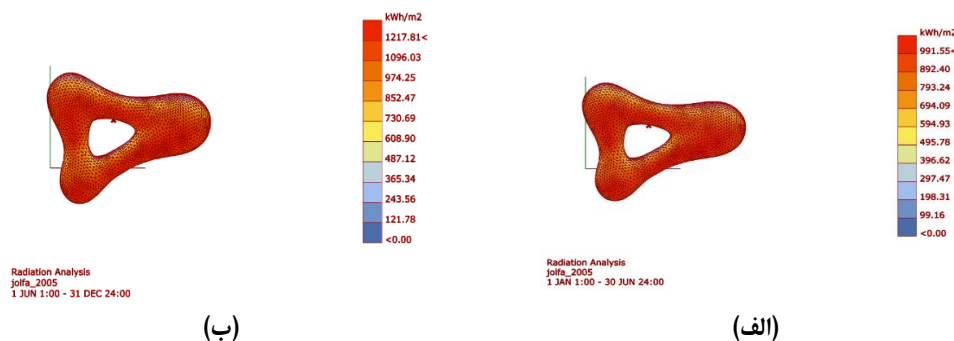
2 Butterfly

شکل ۱۵- الگوریتم رفتار پوسته ساختمان تحت تابش نور خورشید در محیط نرم افزار گرس هاپر (مأخذ: نگارندگان)

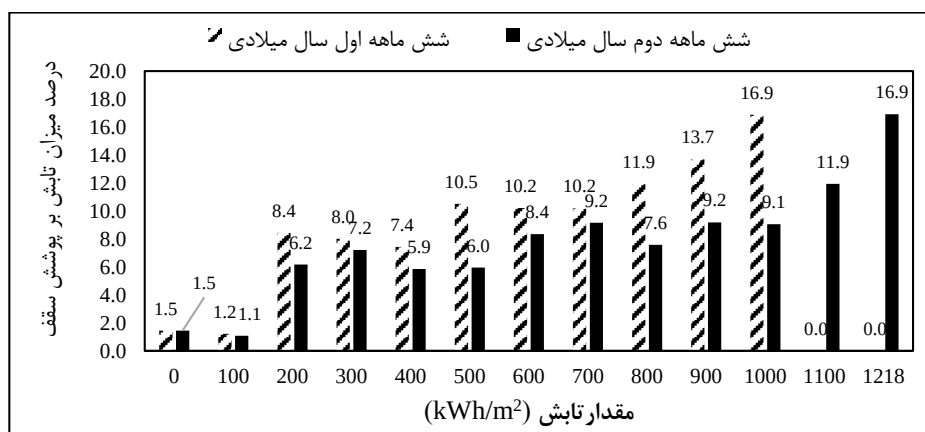
## ۵- تفسیر نتایج

### ۵-۱- نتایج آنالیز

نتایج آنالیز نور خورشید بر روی پوسته سازه گلخانه، مربوط به شش ماهه اول و دوم سال در شکل ۱۶ نشان داده شده است. بررسی نتایج نشان می‌دهد بیش از ۹۷٪ پوسته سقف در معرض تابش بوده و فقط کمتر از ۳٪ پوسته سقف تابش بسیار کمی در مقایسه با سایر قسمت‌ها دریافت می‌کنند. از طرفی، مقادیر حداکثر و میانگین تابش بر پوسته سازه در شش ماهه اول سال بترتیب در حدود  $1000 \text{ kWh/m}^2$  و  $595 \text{ kWh/m}^2$  و در شش ماهه دوم سال برابر با  $1218 \text{ kWh/m}^2$  و  $725 \text{ kWh/m}^2$  می‌باشند (شکل ۱۷).



شکل ۱۶- آنالیز نور خورشید بر روی پوسته گلخانه، (الف) شش ماهه اول سال (فصل‌های زمستان و بهار) و (ب) شش ماهه دوم سال (فصل‌های تابستان و پاییز)

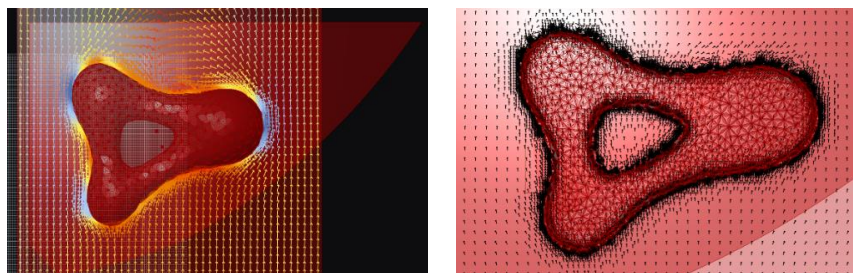


شکل ۱۷- نمودار درصد میزان تابش بر پوشش سقف در طول سال (مأخذ: نگارندگان)

با مطالعه دقیق‌تر بر روی جدار خارجی، جانمایی بهتر فضای گونه گیاهی منطقه به جهت دریافت بهینه‌ترین نور خورشید و فراهم کردن آسایش حرارتی گیاهان حاصل شد که در بخش نتیجه گیری تشریح خواهد گردید.

### ۵-۲- نتایج آنالیز باد

در شکل ۱۸ تحلیل سرعت باد در اطراف پوسته و همچنین تحلیل سرعت باد در داخل و اطراف پوسته با توجه به شرایط آب و هوایی شهرستان جلفا و وضعیت ساختمان‌های مجاور نشان داده شده است. ملاحظه می‌شود که در وضعیت سقف بسته، فقط در قسمتی از بخش شمالی پوسته تداخل جریان‌های باد ایجاد شده است که با دور شدن از سازه، بردارهای سرعت مجدداً همگرا شده‌اند.



شکل ۱۸- نتایج تحلیل سرعت باد برای حالت سقف باز (راست) و سقف بسته (چپ) (مأخذ: نگارندگان)

## ۶- نتیجه گیری

اهم نتایج بدست آمده در این مقاله به شرح ذیل می باشد:

- در طراحی گلخانه از ایده حیاط مرکزی بمنظور امکان دریافت حداکثر نور در وسط مجموعه استفاده گردید.
- جانمایی حجم در سایت بگونه ای است که دارای کشیدگی شرقی-غربی بوده و لذا دریافت حداکثری نور را در پی دارد.
- طراحی کل پوسته گلخانه بصورت سازه فضاکار شیشه ای باعث شد کل مجموعه دارای نور بوده و همچنین قابلیت تهویه داشته باشد.
- نتایج آنالیز تابش در پلاگین لیدی باگ نشان می دهد بیش از ۹۷٪ پوسته سقف در معرض تابش بوده و فقط کمتر از ۳٪ پوسته سقف تابش بسیار کمی در مقایسه با سایر قسمت ها دریافت می کنند.
- مکانیزم باز و بسته شدن سقف بصورت ساختار صلب، از نوع چرخشی محیطی می باشد.
- کنترل باز و بسته شدن پوسته بوسیله یک سیستم مرکزی در گلخانه باعث می شود شرایط بهینه ای از لحاظ تابش و تهویه حاصل شود.
- بر اساس نتایج حاصل شده از این پژوهش، میتوان راهنمای عملی طراحی سازه گلخانه در شهر جلفا را بصورت ذیل بیان نمود:

- استخراج مشخصات آب و هوایی (epw) منطقه مورد نظر با استفاده از پلاگین گرس هاپر؛
- فرم یابی حجم گلخانه با توجه به آنالیز تابش در پلاگین لیدی باگ.

## منابع

- ۱- آصفی مازیار و گرشاسبی علی، (۱۳۹۰)، «تحول نوین در معماری با استفاده از عناصر تغییر شکل پذیر»، دومین کنفرانس بین المللی معماری و سازه
- ۲- استوان محمد مهدی، (۱۳۹۰)، «نور در معماری؛ نقش نور در ایجاد تنوع فضایی (خانه ایرانی)»، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده هنر و معماری دانشگاه شیراز
- ۳- شفر اونز چارلز بنجامین، (۱۹۸۱)، «نور روز در معماری»، ترجمه: پوردیهیمی شهرام و عدل طباطبائی هوری، (۱۳۷۹)، نشر نخستین
- ۴- خوئی زاده علی اکبر، ضحی هادی، (۱۳۹۶)، «بررسی تاثیرات استفاده از نمای هوشمند»، کنگره بین المللی علوم و مهندسی
- ۵- روشنی پروانه، خاکی آزاده و پورمهدی قائم مقامی حسین، (۱۳۹۴)، «بررسی ویژگی های تکنولوژیکی سازه های تغییر شکل پذیر برای تقرب به انعطاف پذیری در بخش هایی از معماری»، کنفرانس بین المللی انسان، معماری، عمران و شهر
- ۶- شکرپور سامان، حق پرست فرزین، (۱۳۹۹)، «تجربه طراحی پوسته سبز و نحوه کاربرد آن در معماری تبریز، نمونه موردی: باغ موزه گیاه شناسی تبریز»، دومین کنفرانس ملی مدیریت شهری، شهرسازی و معماری
- ۷- کارلن مارک، بنیا جیمز، (۲۰۱۲)، «مبانی طراحی نورپردازی»، ترجمه: محمد احمدی نژاد (۱۳۹۱)، نشر خاک
- ۸- گروتز یورگ کورت، (۱۹۸۷)، «زیبایی شناسی در معماری»، ترجمه: پاکزاد جهان شاه، همایون عبدالرضا (۱۳۸۳)، انتشارات دانشگاه شهید بهشتی
- 9- Asefi, M. and Fakourian, F. (2013). Changeable Mechanical Curtain Wall for Educational Buildings, proceeding of International conference on Adaptation and Movement in Architecture, Toronto, Canada.

- 10- Belkadi, A., Mezghani, D. and Mami, A. (2019). Energy Design and Optimization of a Greenhouse. *Engineering, Technology & Applied Science Research* 9(3):4235-4242.
- 11- Bournet, P., Khaoua, S.O. and Boulard, T, (2007). Numerical prediction of the effect of vent arrangements on the ventilation and energy transfer in a multi-span glasshouse using a bi-band radiation model, *Biosystems Engineering*, 98(2): 224-234.
- 12- Camacho, J.I.M., Muñoz, P., Cantó, M., Cortés, E. and Piscia, D. (2013). Shading screens for the improvement of the night time climate of unheated greenhouses, *Spanish Journal of Agricultural Research*, (1): 32-46.
- 13- De Temmerman, N. and Brebbia, C.A. (2014). *Mobile and rapidly assembled structures IV*, WIT press.
- 14- Masubuchi, M., Bogle, A. and Schlaich, V. (2010). Study of retractable membrane roofs folding to the perimeter, *International Conference of IASS*, China.
- 15- Montero, J., Anton, A., Kamaruddin, R. and Bailey, B. (2001). SE—Structures and Environment: Analysis of Thermally Driven Ventilation in Tunnel Greenhouses using Small Scale Models, *Journal of Agricultural Engineering Research* 79(2): 213-222.
- 16- Piscia, D., Montero, J.I., Baeza, E. and Bailey, B.J. (2012). A CFD greenhouse night-time condensation model, *Biosystems Engineering*, 111(2): 141-154.
- 17- Shahbazi, Y., Heydari, M. and Haghparast, F. (2019). An early-stage design optimization for office buildings' façade providing high-energy performance and daylight, *Indoor and Built Environment*, 28(10): 1350-1367.
- 18- Shi, J., Wang, H. and Wang, J. (2023). CFD Simulation Study on the Cooling Characteristics of Shading and Natural Ventilation in Greenhouse of a Botanical Garden in Shanghai, *Sustainability*, 15(4): 3056.