مطالعات محیطی هفت حصار شماره سی‌وششم/ سال دهم/ تابستان ۱۴۰۰
صفحات ۱۸-۵

چارچوب بهینه گلخانه خورشیدی مبتنی بر عملکرد انرژی در ساختمان‌های مسکونی اقلیم سرد ایران (مطالعه موردی: شهر سنندج)[۱]

پریسا عبدخالقی*، ژاله صابرنژاد، ریما فیاض*****

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۴/۶
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۸/۲۲

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-25]

مقاله پژوهشی- مورد پژوهی

©: IAUH

ISSN: 2322-5602

[DOR: 20.1001.1.23225602.1400.9.36.3.5]

[DOI: 10.52547/hafthesar.10.36.3]

چکیده

افزایش مصرف انرژی در ساختمان بسیاری از محققان را به سمت بررسی راه‌های کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی سوق داده است، یکی از اقدامات برای استفاده مقرون به صرفه‌تر و منطقی‌تر از منابع انرژی در ساختمان‌های مسکونی، استفاده از سامانه‌های خورشیدی غیرفعال یا فضای خورشیدی است. در این مقاله اثرات معیارهای مختلف گلخانه خورشیدی بر میزان دریافت انرژی و کاهش هدر رفت انرژی ارائه شده است. برای رسیدن به اهداف موردنظر مدل‌هایی از یک واحد مسکونی دارای گلخانه خورشیدی با تغییراتی بین مدل‌ها مورد بررسی قرار گرفت. انرژی مورد نظر با استفاده از مدل‌سازی پارامتریک در نرم افزار گرس‌هاپر و مشاهده مدل در نرم افزار راینو و شبیه‌سازی انرژی با استفاده از انرژی پلاس محاسبه شد. شبیه‌سازی‌ها طبق معیارهای هواشناسی شهر سنندج انجام گرفت. متغیرها در حالت‌های زیر بیشترین میزان دریافت انرژی را داشتند: جهت‌گیری در حالتی که نزدیک به جنوب بوده و با ۲۰ درجه چرخش به سمت غرب و یا شرق، درصد جدار نورگذر در دیوار خارجی به جدار کدر (در گلخانه خورشیدی الحاقی که دیوار خارجی طرفین بازشو نداشته و جبهه جنوبی آن کاملا شیشه است) برابر با ۵۰٪ نسبت به سایر حالت‌ها مطلوب‌تر بود. بیشترین طول یعنی ۵ متر به دلیل افزایش جبهه رو به جنوب بیشترین میزان دریافت انرژی را داشت، اما عمق مطلوب برابر ۱متر بوده و با کاهش یا افزایش آن از انرژی خورشیدی جذب شده کاسته می شود. همچنین عملکرد عایق حرارتی از جنس پلی‌یورتان با ضخامت ۱۰ سانتی‌متر کمترین کارایی را از لحاظ کاهش اتلاف انرژی در فضای گلخانه داشت، در حالی که سایر عایق‌های حرارتی مورد بررسی با اختلاف اندکی کارایی مشابهی را در هدررفت انرژی داشتند.

واژگان کلیدی

گلخانه خورشیدی، ساختمان مسکونی، عملکرد انرژی، اقلیم سرد، شهر سنندج.

۱- این مقاله برگرفته از رساله نگارنده اول با عنوان «تدوین چارچوب طراحی گلخانه خورشیدی ساختمان‌های مسکونی در شهر سنندج» به راهنمایی نگارنده دوم و مشاوره نگارنده سوم در دانشگاه آزاد واحد بین الملل کیش است.

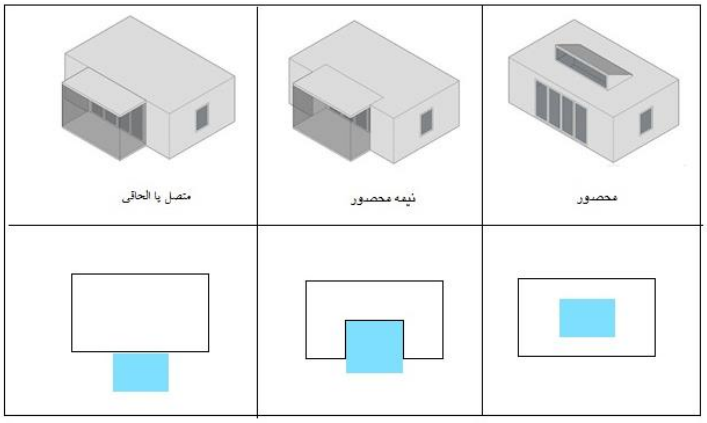
* گروه معماری، واحد بین الملل کیش، دانشگاه آزاد اسلامی، جزیره کیش، ایران p.abdekhaleghi@yahoo.com
** استادیار معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه آزاد واحد تهران جنوب، استان تهران، شهر تهران (نویسنده مسئول) j_sabernejad@azad.ac.ir
*** دانشیار معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر، تهران fayaz@art.ac.ir

مقدمه

از سال ۱۹۹۰ میزان انتشار آلاینده‌های حاصل از احتراق سوخت‌های فسیلی در طراحی ساختمان و ساخت و سازها ۴۵ درصد افزایش یافته است (IEA, 2017). توجه به اینکه سه چهارم تقاضای انرژی در طراحی ساختمان و ساخت و ساز از همین بخش منشأ می گیرد، اتحادیه اروپا استراتژی‌ها و برنامه‌های عملی با اقدامات اقتصادی را برای ساختمان‌های مسکونی ترویج می کند. دستورالعمل‌ها و استراتژی‌های اتحادیه اروپا هدف بلندپروازانه‌ای برای کاهش انتشار CO_2 به میزان ۹۰٪ از سال ۱۹۹۰ تا سال ۲۰۵۰ تعیین کرده‌اند (Berardi, 2017). استفاده از سامانه‌های غیرفعال خورشیدی می‌تواند با استفاده از راه حل‌های خاص معماری و برنامه‌ریزی شهری، تا حدود ۵۰٪ صرفه‌جویی در گرمایش ساختمان را تأمین کند (IEA, 2017).

باید توجه داشت که در مناطق سرد، به منظور ایجاد سطوح تخت در سقف ابنیه سنتی، از سطوح گنبدی شکل و گرد (به دلیل کاهش سطح جذب‌کننده انرژی تابشی خورشید) کمتر استفاده شده و عمق ایوان‌های ضلع جنوبی برای بهره‌گیری از تابش خورشیدی در فصول سرد سال، نسبت به مناطق گرم و خشک کمتر است همچنین به منظور حفظ حرارت معمولا ارتفاع تالار زیر گنبد در مقایسه با مناطق گرم و خشک نیز کمتر بوده و مشخص گردیده که اگر طاق یا گنبد دو پوسته باشد تأثیر تغییرات درجه حرارت خارج بر روی پوسته زیرین نیز کمتر بوده و در نتیجه هوای تالار زیر گنبد متعادل‌تر خواهد بود (بهادری نژاد، ۱۳۸۵). هرچند پژوهش‌های متعددی در این حوزه در ایران انجام شده اما بخش عمده‌ای از مطالعات صورت گرفته در سامانه گلخانه در زمینه استفاده‌های کشاورزی گلخانه بوده و در زمینه تأثیرات گرمایشی آن در ساختمان مطالعه کمتری صورت گرفته است. با توجه به موارد ذکر شده و نیاز به گرمایش فضای داخلی در حداقل ۶ ماه از سال در اقلیم شهر سنندج لزوم استفاده از انرژی خورشیدی ضروری می‌نماید. لذا در این پژوهش گلخانه خورشیدی مورد بررسی قرار می‌گیرد، که از جمله راه حل‌های ساختمانی هستند که بوسیله استفاده از تابش خورشید، انرژی خورشیدی را برای استفاده در فضاهای جانبی جذب کرده و شرایط مطلوبی را از لحاظ آسایش حرارتی برای ساکنین فراهم می‌کنند.

گلخانه خورشیدی یک فضای شیشه‌ای است که در دیواره جنوبی ساختمان با کشیدگی شرقی-غربی قرار می‌گیرد (رحیم پور، رحیمی،۱۳۹۲). این سامانه، می‌تواند قسمتی از نیازهای حرارتی فضاهای مجاور خود را تامین کند، بدین صورت که انرژی خورشیدی را دریافت کرده (مازریا، ۱۳۶۵) و توسط یک دیوار مشترک، انتقال گرما از گلخانه خورشیدی به فضاهای مجاور، از طریق هدایت یا توسط بازشوهای موجود در دیوار مشترک با جریان همرفت، صورت می‌گیرد (Moore, 1993). با ایجاد گلخانه‌ها بازدهی حرارتی ۶۰ الی ۷۰ درصد در زمستان است و مقدار حرارت منتقل شده به اتاق‌ها۴۰ الی ۵۰ درصد انرژی تابشی است که با اضافه کردن سیستم انباشت‌کننده این مقدار بیشتر می‌شود (رحیم پور، رحیمی،۱۳۹۲). به طور کلی گلخانه خورشیدی سه عملکرد اصلی دارد: الف) منبع کمکی حرارت تلقی می‌شود؛ ب) فضایی را برای رشد گیاهان فراهم می‌کند؛ ج) فضای دلپذیری برای نشیمن ایجاد می‌کند.



شکل ۱- پرسپکتیو (لکنر، ۱۳۸۵)

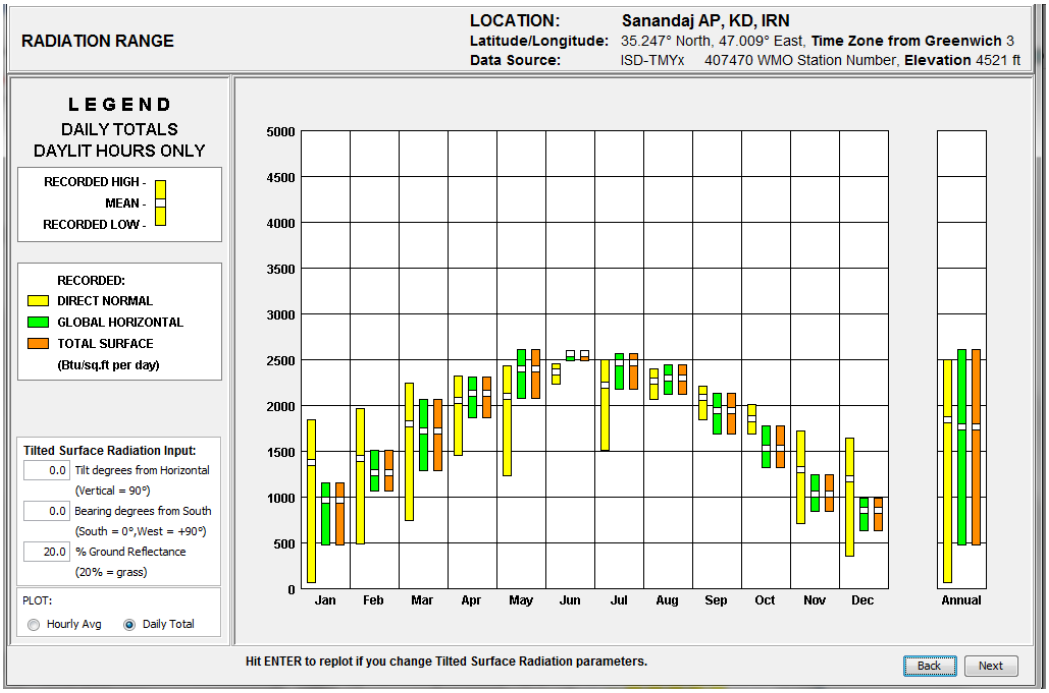
به طور کلی سه شیوه متفاوت برای ارتباط کالبدی گلخانه خورشیدی با ساختمان وجود دارد (شکل۱) که بر مبنای میزان محصوریت، به انواع مختلف متصل یا الحاقی، نیمه محصور و محصور، دسته بندی می‌شوند (لنکر، ۱۳۸۵). گلخانه‌ها یا به صورت اتاقک‌های شیشه‌ای به جبهه‌های جنوبی بنا متصل می‌شوند که به آن گلخانه متصل یا الحاقی گفته می‌شود (شکل ۱ سمت راست)، یا بخشی از آن بیرون و بخش

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1400.9.36.3.5]
[DOI: 10.52547/hafthesar.10.36.3]

دیگر به داخل بنا نفوذ نموده که به آن گلخانه نیمه محصور گفته شده (شکل ۱ پلان و پرسپکتیو وسط) و یا اینکه کاملا در درون بنا محصور شده‌اند و تنها از سقف نور می‌گیرند که در این صورت به آنها گلخانه محصور گفته می‌شود (شکل ۱سمت راست) و مانند آتریوم عمل می‌کند که در این پژوهش گلخانه بررسی شده از نوع متصل یا الحاقی است.

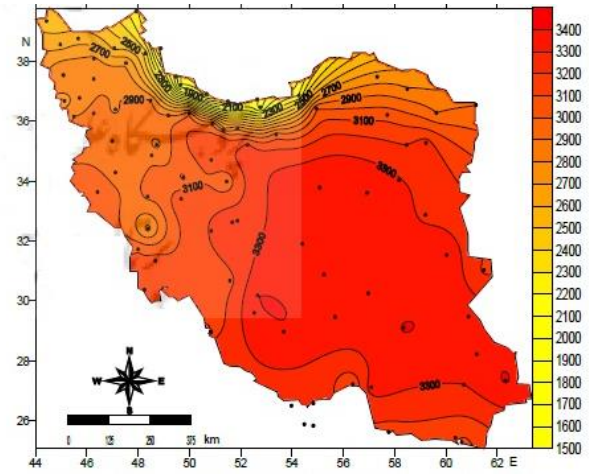
پیشینه پژوهش: در پژوهشی که در سال ۲۰۱۷ توسط سیمولتی و برادو انجام گرفت، این نتیجه حاصل شد که استفاده از فضاهای خورشیدی در ساختمان‌های غیر انعطاف‌پذیر می‌تواند بدون توجه به نوع پنجره‌های موردنظر برای گلخانه، مصرف انرژی را به طور قابل‌توجهی کاهش دهد همچنین استفاده از فضاهای خورشیدی در ساختمان‌های با عایق حرارتی بسیار زیاد می‌تواند یک راهبرد برای کاهش تقاضای انرژی برای گرمایش بیشتر باشد، یک تحلیل دقیق باید انجام شود تا امکان‌سنجی اقتصادی این فن‌آوری‌ها را تضمین کند (Simonettib, Ballada, 2017) آلپیانی در تحقیق خود در سال ۲۰۱۹ افزایش دمای خورشیدی در طول روزهای برفی را ثبت کرده و می‌توان نتیجه گرفت که ویژگی‌های محیط اطراف ممکن است بر بسیاری از محدودیت‌های کاربردی سامانه خورشیدی غیرفعال غلبه کند (Ulpiani,2019). سارا گیلانی و بهروز محمدکاری (۱۳۹۰) در پژوهش خویش عملکرد گرمایشی گلخانه‌های خورشیدی متصل به ساختمان‌های مسکونی در اقلیم سرد کشور (شهر اردبیل) را بررسی نموده اند، بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش که با کمک نرم افزار شبیه سازی و ممیزی انرژی انجام شده است جهت‌گیری مناسب گلخانه برای این اقلیم بررسی شده و مشخص گردیده که برای دریافت بیشترین انرژی خورشیدی در فصول سرد سال جهت‌گیری جنوب‌غربی و غرب و برای کمترین بار گرمایشی در دوره گرم سال جهت‌گیری جنوب‌غرب مناسب‌ترین جهت برای اتصال گلخانه‌های خورشیدی به ساختمان می باشند. همچنین محققان دیگر مطالعات حساسیتی در مورد گلخانه‌های خورشیدی مورد استفاده در ساختمان مسکونی موجود در شش شهر مختلف پرتغال را با پنج معیار اصلی شامل تهویه طبیعی، سایبان‌ها، تعداد لایه‌های سطح شیشه‌ای، جهت و نسبت دیوار انجام دادند: در همان مطالعه، مشخص شد که داشتن گلخانه خورشیدی می‌تواند برای دوره زمستان سودمند باشد. در طراحی گلخانه خورشیدی اقدامات غیرفعال با عملکرد بالا برای کاهش مشکلات گرمایش بیش از حد، بسیار مهم و ضروری است که مورد استفاده قرار گیرد.

بنابراین از نتایج این پژوهش‌ها می‌توان دریافت که طراحی گلخانه خورشیدی به عنوان یک سامانه غیرفعال اجازه می‌دهد تا حداکثر نفوذ نور خورشید از طریق سطوح شفاف در طول روز و ذخیره آن در ساختار ساختمان یا جرم حرارتی انجام شود. لذا با توجه به تعداد روزهای آفتابی در شهر سنندج (نمودار۱) و (شکل۲) و مصرف بالای انرژی در بخش مسکونی (جدول ۱) بهره‌گیری از گلخانه به عنوان سامانه غیرفعال خورشیدی در اقلیم این شهر توجیه‌پذیر و قابل اجرا است.



نمودار ۱- نمودار مقدار تابش خورشید در نرم‌افزار کلایمت کنسلتنت

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1400.9.36.3.5]
[DOI: 10.52547/hafthesar.10.36.3]



شکل ۲- توزیع مکانی تعداد ساعات آفتابی سالانه در ایران (۱۹۸۶-۲۰۰۵) (مجرد و مرادی، ۱۳۹۰)

جدول ۱- مقایسه شاخصه‌های مصرف انرژی در بخش‌های مختلف جهان و ایران (امین زاده، ۱۳۹۰)

مصرف انرژی	ساختمان	صنعت و کشاورزی	حمل و نقل
جهان	۴۸٪	۲۵٪	۲۷٪
ایران	۴۳٪	۲۹٪	۲۸٪

نرم‌افزار گرس هاپر: باتوجه به اینکه نرم‌افزار شبیه‌ساز انرژی در این پژوهش نرم‌افزار گرس‌هاپر است که از موتور محاسباتی انرژی‌پلاس استفاده می‌نماید لذا در این قسمت به برخی از پژوهش‌هایی که اعتبارسنجی این نرم‌افزار را موردبررسی قرار داده‌اند، پرداخته شده‌است. در پژوهش‌های متعددی با استفاده از نرم افزار گرس‌هاپر تأثیر معیارهای مختلف معماری و ساختمانی بر مصرف انرژی (Attia et al., 2012) اسایش (Carlucci et al., 2015)، هزینه (Simmons, 2012) و آلودگی زیست محیطی (Gabriele et al., 2018) مطالعه شده‌است. همچنین معیارهای فرم (Raji et al., 2017)، جهت‌گیری، درصد پنجره، مشخصات شیشه (Garcia, 2016)، عایق حرارتی، جرم حرارتی و تعداد طبقات (Godoy-Shimizu et al., 2018) از طریق شبیه‌سازی پارامتریک بررسی شده است.

پژوهش‌هایی پیرامون به کارگیری نرم‌افزارهای شبیه‌ساز مصرف انرژی در ساختمان‌ها انجام گرفته که اعتبارسنجی و دقت این نرم‌افزارها را در محاسبات مصرف انرژی در مقایسه با میزان واقعی مورد بررسی قرار داده است. دو پژوهش در سال‌های ۲۰۰۷ و ۲۰۰۸ انجام گردید که در پژوهش نخست که توسط اسکین و ترکمن در رابطه با مقایسه میزان بارهای حرارتی و سرمایشی توسط نرم افزار انرژی پلاس و میزان واقعی آن در یک بازه ۲۴ ساعته صورت پذیرفته، نشان می‌دهد که میزان این اختلاف بسیار ناچیز بوده و به ترتیب برای بارهای حرارتی ۳ و برای بارهای سرمایشی ۵ درجه است (Eskin and Turkmen, 2008).

در پژوهش بعدی که در ۲۰۰۸ توسط نتو و فیورلی در برزیل انجام شده است، نشان می‌دهد که نرم‌افزار انرژی‌پلاس با دقتی در حدود $^{\circ}$ ۱۳ ± مقادیر انرژی مصرفی ساختمان را شبیه‌سازی می‌نماید که مقدار قابل‌قبولی است (Neto and Fiorelli, 2008).

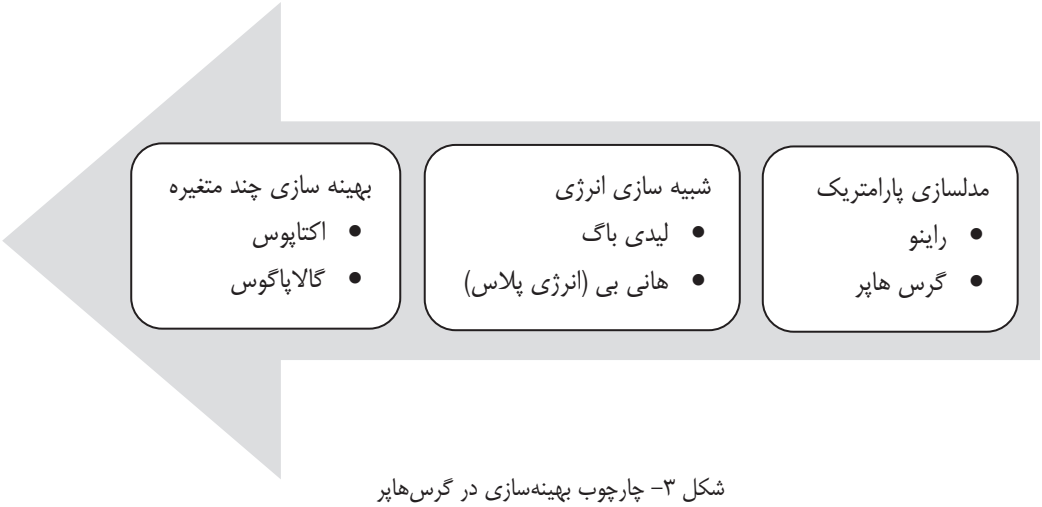
پژوهش‌هایی که که در حوزه اعتبارسنجی و دقت نرم‌افزارهای محاسبه مصرف انرژی انجام شده نشان‌دهنده آن است که این نرم‌افزارها با دقتی قابل قبول مصرف انرژی ساختمان را محاسبه می‌نماید (Yu et al., 20018). بنابراین در این پژوهش نیز باتوجه به اعتبارسنجی‌هایی که عنوان گردید، نتایج بدست آمده با میزان خطای کمی می‌تواند مورد قبول باشد.

روش تحقیق

بررسی عملکرد انرژی در سامانه غیرفعال خورشیدی (گلخانه خورشیدی) برای معیارهای مختلف با استفاده از نرم‌افزار گرس‌هاپر نسخه ۶ انجام شد. گرس هاپر یک ابزار منبع باز است که در صورت اتصال به پلاگین‌های مختلف می‌تواند برای انواع مختلف مدل‌سازی، تجزیه و تحلیل و شبیه‌سازی استفاده شود. بنابراین ابتدا الگوریتم‌های مورد نیاز در نرم‌افزار گرس‌هاپر کدنویسی شد، سپس مدل‌های کدنویسی شده در نرم‌افزار راینو نسخه ۶ شبیه‌سازی گردید. جهت وارد کردن فایل آب و هوایی از محیط برنامه‌نویسی لیدی‌باگ استفاده و پس از آن با استفاده از پلاگین

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1400.9.36.3.5]
[DOI: 10.52547/hafthesar.10.36.3]

هانی‌بی، محیط برنامه‌نویسی بصری گرس‌هاپر را به موتور شبیه‌سازی انرژی پلاس نسخه ۸ و اپن‌استدیو نسخه ۲متصل شد. بنابراین تجزیه و تحلیل انرژی در آن با نرم‌افزار انرژی‌پلاس انجام گردید و در پایان با استفاده از الگوریتم ژنتیک (گالاپاگوس و اکتاپوس) مورد استفاده نرم‌افزار گرس‌هاپر بهینه‌سازی انجام شد.



شکل ۳- چارچوب بهینه‌سازی در گرس‌هاپر

اقلیم و داده‌های آب و هوایی: از لحاظ جغرافیایی شهر سنندج در غرب کشور ایران و در ۳۵.۲۴ درجه عرض شمالی و ۴۷.۰۰ درجه طول شرقی قرار گرفته است. بر اساس پهنه‌بندی اقلیمی کسمایی در گروه اقلیمی ۲ و زیرگروه اقلیمی ۷ قرار دارد. بر اساس تقسیم‌بندی فوق دمای هوا در زمستان‌ها سرد و در تابستان‌ها نیمه گرم و خشک است. با توجه به فاکتورهای اقلیمی بطور متوسط در محدوده فوق ۶ ماه از سال نیاز به گرمایش فضای داخلی ساختمان وجود دارد (نمودار ۲ و جدول۲). در بررسی نمودار سایکومتریک (زیست اقلیمی) شهر سنندج با استفاده از داده‌های واقعی ده ساله ایستگاه هواشناسی سنندج (۲۰۰۷-۲۰۱۷) نمودار شرایط آسایش درونی در نرم‌افزار گرس‌هاپر طبق شکل۳ زیر است:

File Criteria Charts Help

WEATHER DATA SUMMARY

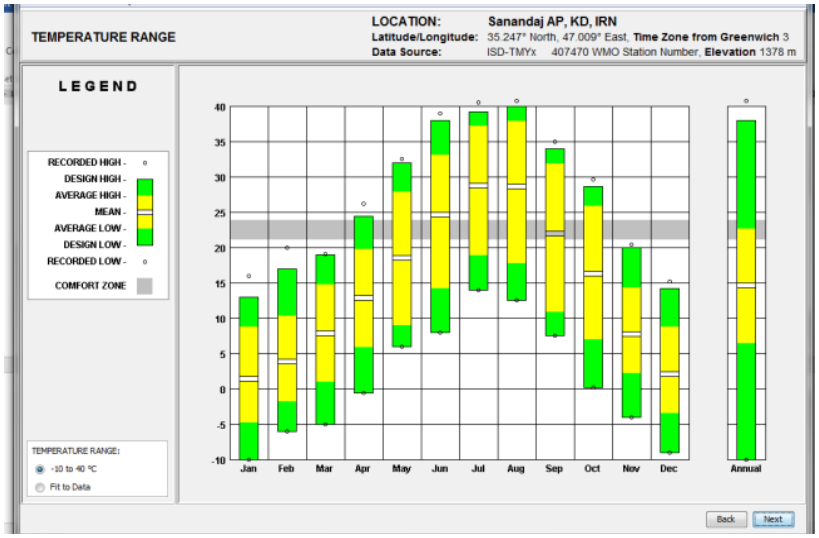
LOCATION: Sanandaj AP, KD, IRN
Latitude/Longitude: 35.247° North, 47.009° East, **Time Zone from Greenwich** 3
Data Source: ISD-TMYx 407470 WMO Station Number, **Elevation** 1378 m

MONTHLY MEANS	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	
Global Horiz Radiation (Avg Hourly)	381	437	547	604	637	621	623	650	582	520	380	363	Wh/sq.m
Direct Normal Radiation (Avg Hourly)	540	492	565	585	560	574	565	640	625	634	474	500	Wh/sq.m
Diffuse Radiation (Avg Hourly)	130	175	185	191	210	178	189	174	157	145	147	140	Wh/sq.m
Global Horiz Radiation (Max Hourly)	620	753	907	985	1027	1020	1015	986	913	812	634	543	Wh/sq.m
Direct Normal Radiation (Max Hourly)	837	863	844	859	847	843	848	854	856	853	821	829	Wh/sq.m
Diffuse Radiation (Max Hourly)	837	863	844	859	847	843	848	854	856	853	821	829	Wh/sq.m
Global Horiz Radiation (Avg Daily Total)	3039	3997	5432	6717	7572	8091	7765	7260	6150	4820	3273	2711	Wh/sq.m
Direct Normal Radiation (Avg Daily Total)	4329	4472	5672	6483	6641	7463	7023	7140	6597	5870	4087	3782	Wh/sq.m
Diffuse Radiation (Avg Daily Total)	1087	1632	1889	2166	2554	2337	2397	2008	1706	1410	1308	1107	Wh/sq.m
Global Horiz Illumination (Avg Hourly)	44442	50628	64536	72091	76190	74960	74937	78489	69883	61800	43932	41885	lux
Direct Normal Illumination (Avg Hourly)	35288	35502	41303	42060	41584	41109	40054	44773	43202	43428	31924	32733	lux
Dry Bulb Temperature (Avg Monthly)	1	3	7	12	18	24	28	28	21	16	7	2	degrees C
Dew Point Temperature (Avg Monthly)	-6	-3	-2	1	1	1	4	3	2	0	1	-3	degrees C
Relative Humidity (Avg Monthly)	58	59	53	52	40	25	25	23	31	38	68	70	percent
Wind Direction (Monthly Mode)	180	190	190	180	180	0	0	190	180	190	180	190	degrees
Wind Speed (Avg Monthly)	1	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	m/s
Ground Temperature (Avg Monthly of 3 Depths)	6	5	5	7	12	17	21	23	22	19	14	10	degrees C

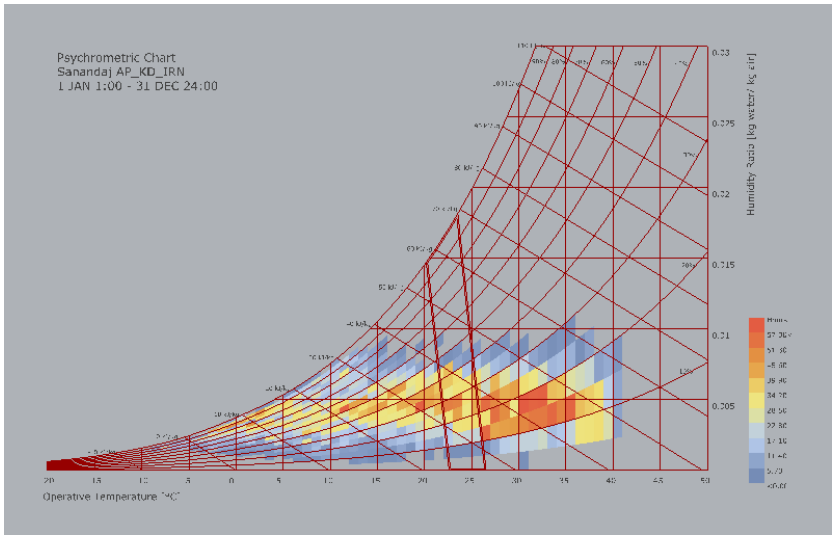
Back Next

جدول ۲- میانگین متغیرهای آب و هوایی در نرم‌افزار کلایمت کانسلتنت

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1400.9.36.3.5]
[DOI: 10.52547/hafthesar.10.36.3]



نمودار ۲– میانگین دما در ماه‌های مختلف در نرم‌افزار کلایمت کانسلتنت

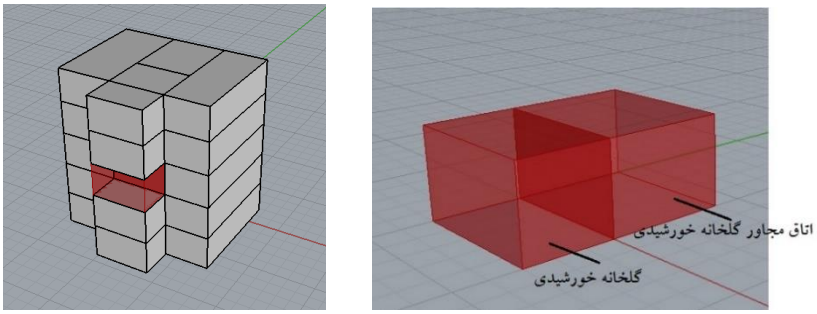


نمودار ۳– سایکومتریک (زیست اقلیمی) شهر سنندج در نرم‌افزار گرس‌هاپر

فایل اقلیمی مورد استفاده با استفاده از نرم‌افزاری به نام TmyCreator که توسط دکتر ابراهیم‌پور تهیه شده و با در اختیار داشتن آمار ساعتی داده‌های آب و هوائی ایستگاه سینوپتیک شهر سنندج، ایجاد گردید. اعتبارسنجی این نرم‌افزار در کتاب تهیه فایل‌های اطلاعات اقلیمی TMY2 برای شهرهای مهم ایران (کسمایی، ابراهیم پور، ۱۳۹۲) و مقاله اصلاح روشی جهت تولید داده‌های اقلیمی TMY برای شهر تهران (ابراهیم پور، معرفت، ۱۳۹۰) انجام شده، همچنین برای ۵ شهر مهم ایران توسط این نرم‌افزار داده‌های اقلیمی tmy2 تهیه شده و در سایت انرژی‌پلاس تحت عنوان ITMY به ثبت رسیده است بنابراین محاسبات انجام شده بر اساس فایل اقلیمی موجود دارای اعتبار است.

توضیحات مدل‌های مورد بررسی گلخانه خورشیدی: با توجه به اینکه نمونه مورد بررسی از نظر شیوه ساخت و مصالح مورد استفاده باید در گونه‌های متداول ساختمانی معماری معاصر شهر سنندج بوده و از منظر مالکیتی و اجرا قابلیت الحاق گلخانه خورشیدی را داشته باشد، لذا گزینه نهایی اتاقکی با کاربری مسکونی و ابعاد ۵*۴ مترمربع و ارتفاع کف تا کف ۳ متر به مساحت مفید داخلی ۲۰ مترمربع است که گلخانه‌ای با ابعاد مورد بررسی و ارتفاع ۳متر در جبهه جنوبی آن قرار گرفته است که دیوارهای کناری آن کدر بوده و فقط دیوار جبهه جنوبی دارای جداره نورگذر است . اتاق شبیه‌سازی شده اتاقی در یک واحد مسکونی ۱۰×۱۰ مترمربع است که در اطراف و کف و سقف با قسمت‌های داخلی دیگر در ارتباط بوده و لذا فقط در جبهه جنوبی با گلخانه خورشیدی و گلخانه با فضای خارجی در ارتباط است. ارتباط بصری گلخانه و اتاق مجاور آن با پنجره‌ای به ابعاد ۱.۵*۲ مترمربع برقرار شده است (شکل ۴).

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1400.9.36.3.5]
[DOI: 10.52547/hafthesar.10.36.3]



شکل ۴- مدل شبیه سازی شده گلخانه خورشیدی مورد بررسی

جدول ۳- مشخصات مدل شبیه سازی شده

کف	سقف	دیوار مشترک	دیوار خارجی	لایه ها به ترتیب خارجی‌ترین
۱۰ سانتی‌متر بتن مگر	۲ سانتی‌متر پوشش نهایی بام	۱۰ سانتی‌متر نمای آجری	۳ سانتی‌متر نمای آجری	لایه ۱
۵ سانتی‌متر عایق حرارتی	۱ سانتی‌متر عایق رطوبتی	۱ سانتی‌متر ملات ماسه سیمان	۲ سانتی‌متر ملات ماسه سیمان	لایه ۲
بخاربند (محافظ شیره بتن)	۵ سانتی‌متر عایق حرارتی	۱۰ سانتی‌متر بلوک سفالی	۱۰ سانتی‌متر بلوک سفالی	لایه ۳
۵ سانتی‌متر بتن کف	۱۵ سانتی‌متر سقف تیرچه بلوک	۲ سانتی‌متر گچ و خاک	عایق حرارتی (ضخامت و جنس عایق در ۸ حالت مختلف و ۱ حالت بدون عایق حرارتی به عنوان معیار مورد بررسی قرار گرفته)	لایه ۴
۳ سانتی‌متر سرامیک کف	۲ سانتی‌متر گچ و خاک	-	۲ سانتی‌متر گچ و خاک	لایه۵ (لایه داخلی)
۰.۵۰۹	۰.۴۲۳	۲.۱۹	متغیر بر اساس معیارهای مورد بررسی	ضریب انتقال حرارت W/m^2K

جدول ۴- معیارهای گلخانه خورشیدی در مرحله بهینه سازی

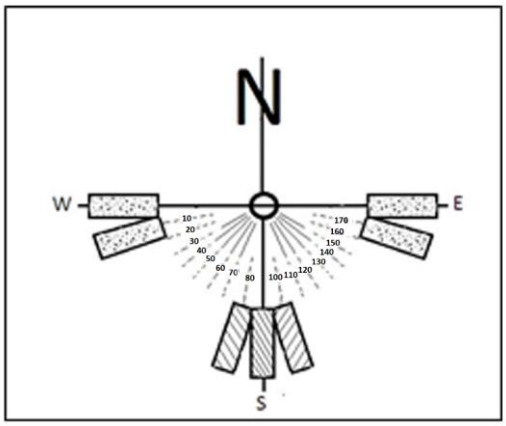
معیارها	ویژگی‌ها	تعداد متغیر
درصد بخش نورگذر به دیوار	۴۰، ۵۰ و ۶۰٪	۳
طول گلخانه	۱ الی ۵ متر در بازه‌های ۱متری	۵
عرض گلخانه	۰/۵ الی ۳ متر در بازه‌های ۰/۵ متری	۶
جهت گیری	از جنوب به غرب و شرق در بازه‌های ۱۰ درجه	۱۹
عایق حرارتی	پلی یورتان، پلی استایرن، پشم سنگ، پشم شیشه در دو ضخامت ۵ و ۱۰ سانتی‌متر	۹

یافته‌های تحقیق

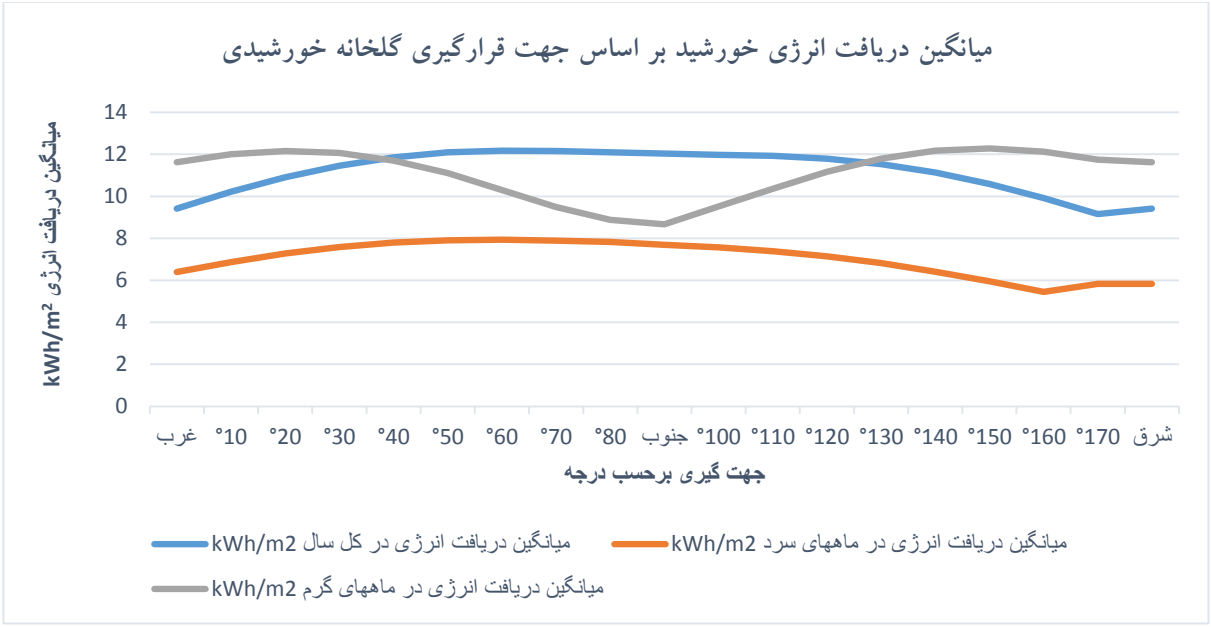
جهت‌گیری: در نیمکره شمالی در طول زمستان خورشید از جنوب‌شرقی طلوع و بعد از عبور از قسمت جنوبی در جنوب‌غربی غروب می‌کند. پس با توجه به این مساله و نمودار تابش خورشید، جهت‌گیریهای مختلف گلخانه خورشیدی در جبهه جنوبی که یکی از بهترین نقاط برای قرارگیری گلخانه خورشیدی جهت دریافت انرژی خورشید است، مورد بررسی قرار گرفت. برای دستیابی به بیشترین بازده از لحاظ عملکرد گرمایشی گلخانه و به دست آوردن زاویه بهینه جهت‌گیری، شبیه‌سازی در بازه‌های ۱۰ درجه از جنوب به سمت غرب و شرق انجام گرفت (شکل ۵). برای دستیابی به هدف موردنظر جهتی که بیشترین میزان دریافت انرژی خورشیدی را در فصل سرما و کمترین را در فصل گرم دارا است، مناسب است. لذا طبق نمودار بدست آمده (نمودار۴) می‌توان مشاهده نمود که در فصل گرم زوایای نزدیک به غرب و شرق بیشترین

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1400.9.36.3.5]
[DOI: 10.52547/hafthesar.10.36.3]

میزان انرژی خورشیدی دریافتی را دارا هستند اما در فصل سرد این امر در زوایای نزدیک به جنوب اتفاق می‌افتد. که با توجه به هدف طراحی فضای خورشیدی افزایش عملکرد گرمایشی در فصل سرد است، بنابراین جبهه جنوبی و بازه ۱۰ درجه به سمت غرب یا شرق جهت دستیابی به این هدف مناسب است.



شکل ۵ – چرخش مدل‌های شبیه‌سازی شده در جبهه جنوبی از غرب به شرق

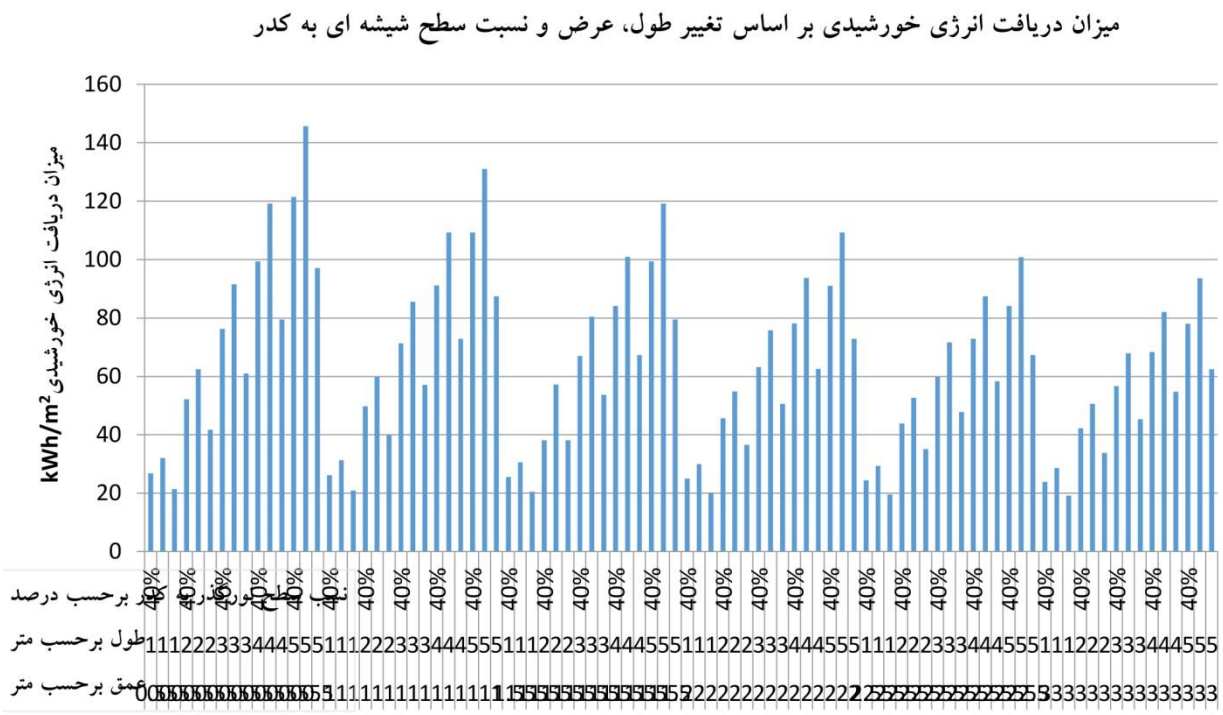


نمودار ۴– میانگین دریافت انرژی خورشیدی در ماه‌های سرد و گرم سال در نرم‌افزار گرس‌هاپر

در مدل‌های دیگری که مورد بررسی قرار گرفت میزان جذب انرژی خورشیدی دریافتی در ماه‌های مختلف بسته به معیارهای دیگری از جمله هندسه گلخانه خورشیدی، ضخامت و نوع عایق حرارتی و نسبت سطح شیشه‌ای به دیوار مورد بررسی قرار گرفتند.

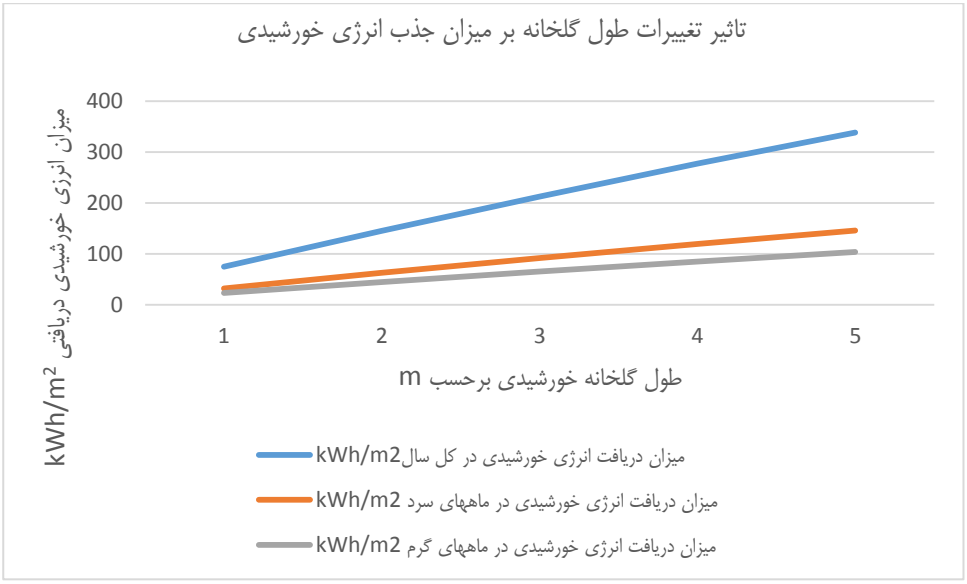
طول، عرض و نسبت سطح نورگذر به کدر جدار خارجی در گلخانه خوشیدی: یکی از معیارهای تأثیرگذار در عملکرد گرمایشی گلخانه خورشیدی هندسه آن است. بنابراین در نظر گرفتن ابعاد مناسب جهت فضای خورشیدی حائز اهمیت است. در شبیه‌سازی انجام شده سه معیار طول، عرض و درصد سطح نورگذر همزمان توسط الگوریتم ژنتیک گالاکاپوس مورد بررسی قرار گرفت، که نتایج به دست آمده با در نظر گرفتن هر سه معیار در نمودار ۵ و هر معیار به طور جداگانه در نمودارهای ۶، ۷ و ۸ مورد بررسی قرار گرفت. به طور مثال در حالتی که طول گلخانه خورشیدی برابر با ۱متر بود، عمق‌های مختلف از ۰/۵ الی ۳ متر و در بازه‌های ۰/۵ متری و درصد جدار نورگذر در سه حالت ۴۰٪، ۵۰٪ و ۶۰٪ یعنی مجموعاً ۱۸ حالت مختلف برای طول ۱متر از لحاظ میزان جذب انرژی خورشیدی بررسی گردید . جهت سایر طول‌ها و عمق‌ها و نسبت‌های سطح نورگذر به کدر مجموعاً ۹۰ حالت مختلف تمام متغیرهای گفته شده مورد بررسی قرار گرفت.

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1400.9.36.3.5]
[DOI: 10.52547/hafthesar.10.36.3]



نمودار ۵- میزان دریافت انرژی خورشیدی بر اساس تغییر طول، عرض و نسبت سطح نور گذر به کدر در گلخانه خورشیدی

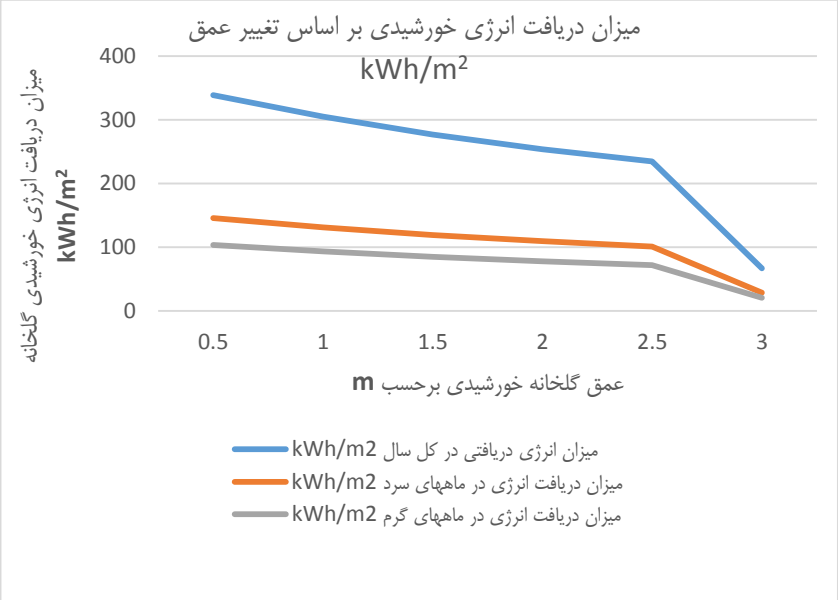
در نمودار ۶ می‌توان مشاهده نمود که با افزایش طول گلخانه سطح رو به جنوب افزایش یافته، لذا میزان انرژی دریافتی نیز افزایش می‌یابد، بنابراین گلخانه خورشیدی در حالی که دارای حداکثر طول بررسی شده (برابر با ۵ متر) باشد از نظر دریافت انرژی خورشیدی دارای بیشترین بازده است.



نمودار ۶- میزان انرژی دریافتی خورشیدی در ماه‌های سرد بر اساس تغییر طول گلخانه خورشیدی

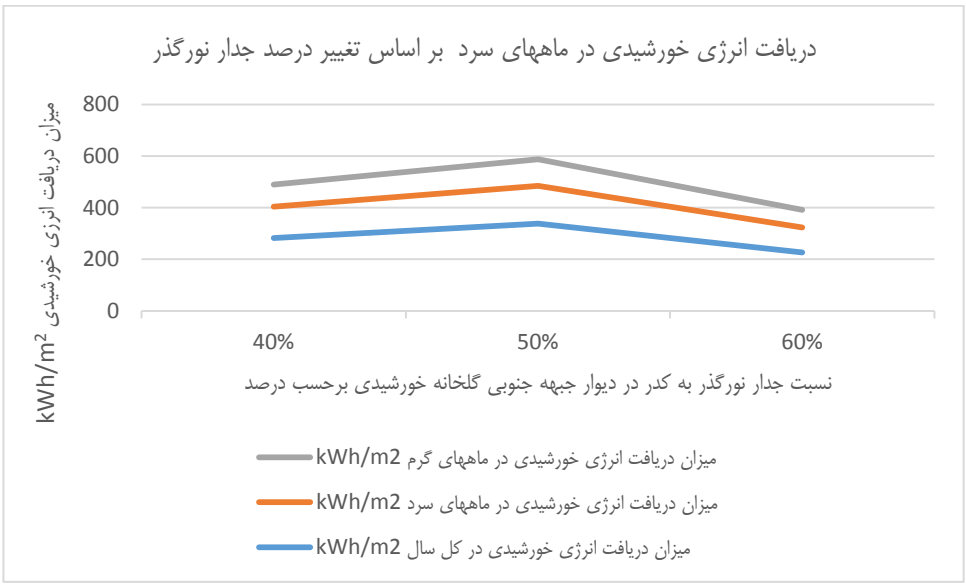
در نمودار ۷ می‌توان روند تأثیر افزایش عمق گلخانه خورشیدی در میزان دریافت انرژی خورشیدی را مشاهده نمود. در بررسی نمودار اینگونه دریافت می‌گردد که افزایش عمق گلخانه بیش از ۲/۵ متر اثر عکس در دریافت انرژی خورشیدی داشته، به طوری که عمق ۳ متر کمترین میزان دریافت انرژی را خواهد داشت. با توجه به نمودار حاصل از نتایج بدست آمده با اختلاف اندکی نسبت به سایر مقادیر (شامل: ۰/۵ ؛ ۱ ؛ ۱/۵ ؛ ۲) عمق ۰/۵ و ۱ متر بیشترین بازده جذب انرژی خورشیدی را داراست.

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1400.9.36.3.5]
[DOI: 10.52547/hafthesar.10.36.3]



نمودار ۷- میزان دریافت انرژی خورشیدی بر اساس تغییر عمق گلخانه خورشیدی

نسبت سطح نورگذر به کدر در جداره خارجی گلخانه خورشیدی: در خصوص نسبت سطح نورگذر به کدر با توجه به اینکه تنها جداره جنوبی دارای سطح نورگذر بوده و دیوارهای طرفین کدر می‌باشند، میزان جذب انرژی خورشیدی در سه حالت مختلف نسبت سطح نورگذر به کدر برابر با: ۴۰٪، ۵۰٪ و ۶۰٪ مورد بررسی قرار گرفت. طبق داده‌های بدست آمده که در نمودار ۷ نشان داده شده با داشتن ۵۰٪ سطح نورگذر نسبت به دیوار می‌توان حداکثر دریافت انرژی را داشت و افزایش این نسبت همانند درصد پایین‌تر عمل نموده و تأثیری در جذب بیشتر انرژی خورشیدی نمی‌تواند داشته باشد.

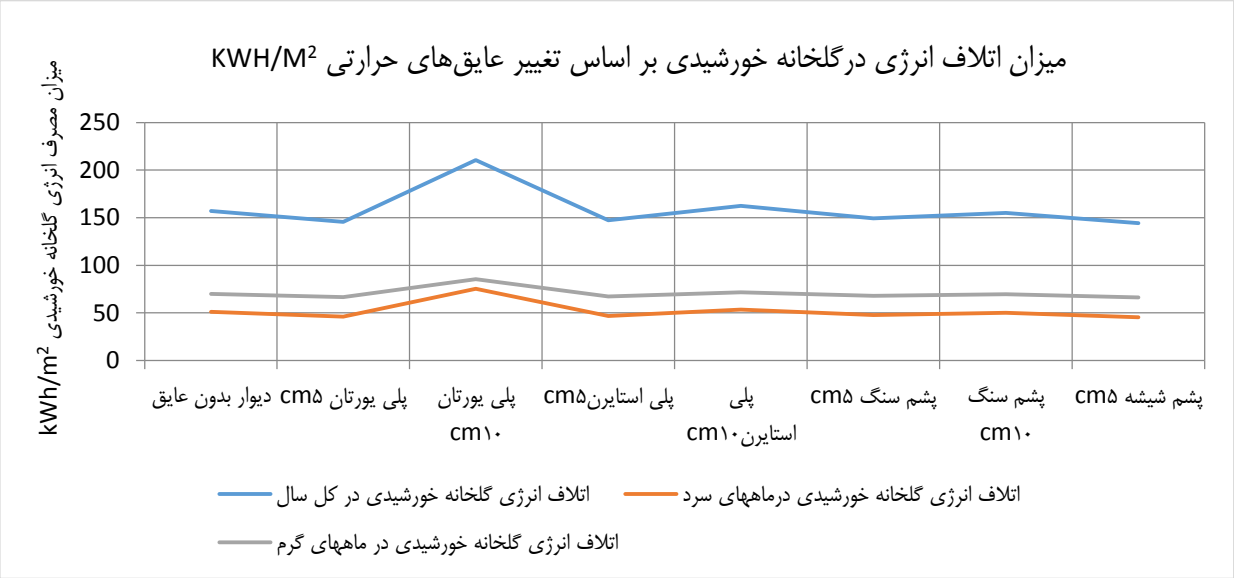


نمودار ۸- میزان دریافت انرژی خورشیدی بر اساس نسبت سطح نور گذر به کدر در جبهه خارجی گلخانه خورشیدی

باتوجه به اینکه غیر از جدار نورگذر دیوارهای اطراف نیز جدار خارجی گلخانه خورشیدی را تشکیل می‌دهند، بنابراین جلوگیری از اتلاف حرارت از این جداره‌ها ضروری می‌نماید. لذا تأثیر عایق‌های حرارتی مختلف در دیوارهای کناری خارجی گلخانه خورشیدی نیز مورد بررسی قرار گرفت.

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1400.9.36.3.5]
[DOI: 10.52547/hafthesar.10.36.3]

عایق‌بندی حرارتی دیوارهای کناری گلخانه خورشیدی الحاقی: دیوارها با وجود این که سبب ذخیره انرژی در طول روز می گردند در صورتی که به نحو مناسب از لحاظ حرارتی عایق‌بندی نشوند می‌توانند مقداری از انرژی را در طول شب با توجه به کاهش دما به بیرون انتقال دهند. بنابراین نوع و ضخامت عایق حرارتی مورد استفاده در دیوارها می‌تواند در کاهش اتلاف حرارت از طریق دیوارها مؤثر باشد. در صورتی که با استفاده از عایق بتوان از کاهش دمای هوا در طول شب جلوگیری کرد فضای گلخانه در این شرایط نیز می‌تواند شرایط آسایش را برای افراد و همچنین دمای بالاتری را برای گیاهان فراهم کند. به همین منظور چهار نوع عایق حرارتی متداول با دو ضخامت مختلف مورد بررسی قرار گرفت.



نمودار ۹- تأثیر انواع مختلف عایق حرارتی بر روی میزان دریافت انرژی و اتلاف انرژی

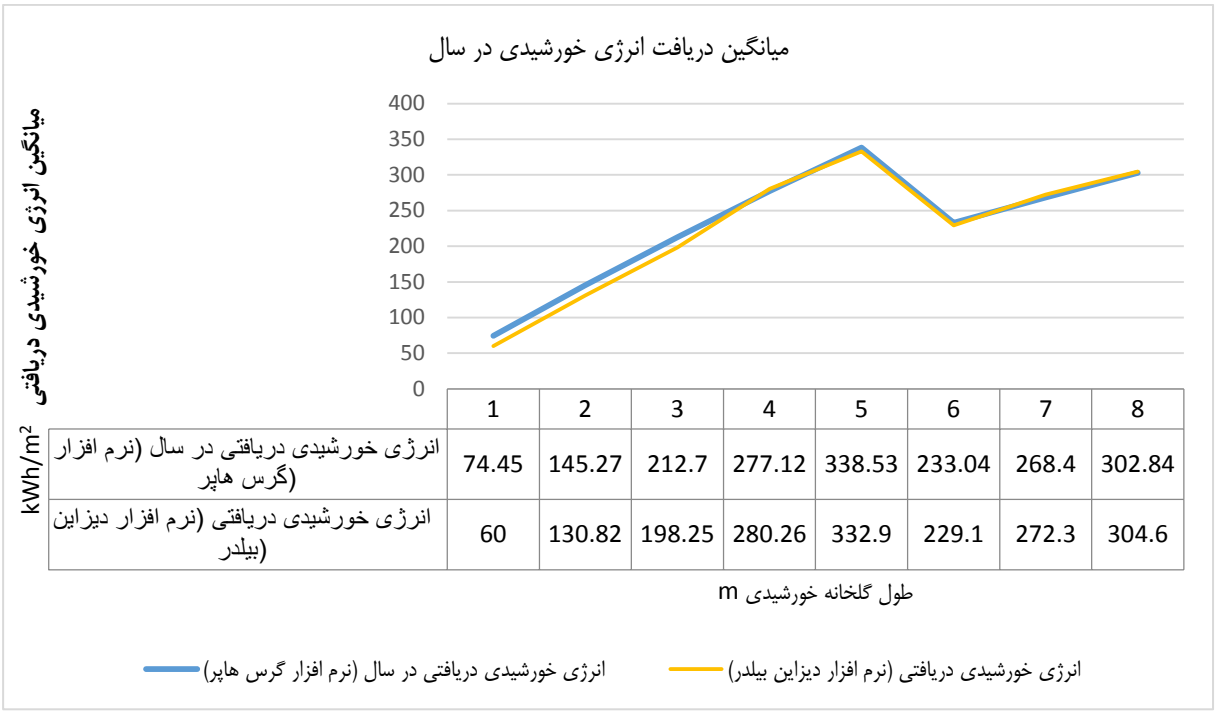
همانطور که از نمودار ۹ مشاهده می‌شود در حالتی که از عایق پلی‌استایرن با ضخامت ۵ سانتی متر استفاده شود، بیشترین میزان هدررفت انرژی را نسبت به سایر عایق‌ها ایجاد شد و در این حالت جلوگیری از هدررفت انرژی انجام نمی‌گردد. در حالت کلی می‌توان مشاهده کرد که ضخامت عایق‌ها در اتلاف انرژی موثر است و با اختلاف کمی با سایر عایق‌ها پشم شیشه با ضخامت ۱۰ سانتی‌متر می‌تواند در صرفه جویی در مصرف انرژی تأثیرگذار باشد.

اعتبارسنجی نتایج: مهم‌ترین پرسشی که پیرامون به کارگیری نرم افزارهای شبیه‌ساز مصرف انرژی در ساختمان ممکن است به ذهن خطور نماید، "اعتبارسنجی" و دقت این نرم افزارها در محاسبات مصرف انرژی در مقایسه با میزان واقعی آن است. پژوهش‌هایی که در این حوزه انجام شده، نشان‌دهنده آن است که این نرم افزارها با دقتی قابل‌قبول مصرف انرژی ساختمان را محاسبه می نماید (Yu et al, 2008, 1537).

عوامل متعدد تاثیرگذار بر عملکرد انرژی در ساختمان، پیش‌بینی دقیق میزان مصرف انرژی در شرایط واقعی را بسیار مشکل کرده است. از این رو لازم است با تطبیق خروجی‌های حاصل از شبیه‌سازی با داده‌های اندازه‌گیری شده در شرایط واقعی، اعتبار نرم‌افزارهای شبیه‌سازی بررسی شود. جامعه متخصصان شبیه‌سازی پیش از این اعتبارسنجی را هنری وابسته به تجربه کاربر نرم‌افزار و دانش مهندسی می‌دانستند و به طور گسترده به سعی و خطا برای رسیدن به هدف تکیه می‌کردند، اما در سال‌های اخیر، محققان روش‌هایی علمی برای اعتبارسنجی نرم‌افزارهای شبیه‌سازی انرژی ارائه کرده‌اند (Coakley, Raftery, Molloy, 2012). برای بررسی اعتبار نرم‌افزارهای شبیه‌سازی انرژی روش‌های مختلفی در تحقیقات معرفی شده است. به طور کلی، این روش‌ها به سه دسته کلی روش‌ها ی تحلیلی، مقایسه‌ای و تجربی تقسیم می‌شوند. در میان تحقیقات اعتبارسنجی نرم‌افزارهای انرژی ساختمان، روش‌های تجربی، (مقایسه نتایج شبیه‌سازی با اندازه‌گیری‌های میدانی) و مقایسه‌ای، (مقایسه نتایج نرم‌افزارهای مختلف شبیه‌سازی انرژی با یکدیگر) رایج‌ترین نوع اعتبارسنجی‌اند. در این پژوهش جهت اعتبارسنجی نرم‌افزار مورداستفاده از روش مقایسه‌ای استفاده گردید، که نتایج حاصل از شبیه‌سازی در نرم‌افزار گرس‌هاپر با نتایج نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر مقایسه شد. نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر یکی از به‌روزترین و دقیق‌ترین نرم‌افزارهای شبیه‌سازی انرژی است که به دلیل دقت و توانایی‌های بالای

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1400.9.36.3.5]
[DOI: 10.52547/hafthesar.10.36.3]

مدل‌سازی، پوشش کلیه نیازهای شبیه‌سازی انرژی (شامل محاسبه مصرف انرژی، محاسبه بار حرارتی و برودتی، شبیه‌سازی نـور روز و..) و در عین حال گرافیکی بودن و سهولت کار به یکی از اصلی‌ترین نرم‌افزارهای شبیه‌سازی انـرژی تبـدیل گردیـده اسـت. بـه منظـور اعتبارسـنجی نرم‌افزار مورد استفاده نتایج حاصل از میزان دریافت انرژی خورشیدی در جهت جنوب با تغییر طول گلخانه خوشیدی در مدل شبیه‌سازی بـا دو نرم‌افزار با یکدیگر مقایسه شده و درصد اختلاف بین نتایج محاسبه و ارائه شده است. طبق نتایج بدست آمده آنطور که در نمودار زیر مشخص است نتایج حاصل از دو نرم‌افزار تفاوت چندانی نداشته و روند افزایش و کاهش انرژی با تغییر طول به یک صورت است. اختلاف بدست آمـده معادل ۱.۳٪ است که طبق اصول اعتبارسنجی عدد قابل قبولی است.



kWh/m²	1	2	3	4	5	6	7	8
انرژی خورشیدی دریافتی در سال (نرم افزار گرس هاپر)	74.45	145.27	212.7	277.12	338.53	233.04	268.4	302.84
انرژی خورشیدی دریافتی (نرم افزار دیزاین بیلدر)	60	130.82	198.25	280.26	332.9	229.1	272.3	304.6

بحث و نتیجه‌گیری

در این مقاله شبیه‌سازی مدل بهینه گلخانه خورشیدی در شهر سنندج با استفاده از جهت‌گیری، ابعاد، درصد سطح شیشه‌ای و عایق حرارتی به کـار برده شده که از مقایسه بین چندین حالت مختلف بدست آمده است منجر به نتایج ذیل شده است: مناسب‌ترین جهت‌گیری در فصول سرد سـال (از ماه ژانویه تا می و اکتبر تا دسامبر) به منظور دریافت بیشترین انرژی تابش خورشیدی و بهترین طول گلخانه (کشیدگی رو به جنوب) ۱۰-۲۰ درجه به سمت غرب و شرق مناسب‌ترین حالت را نشان می‌دهد. به نظر می‌رسد بهترین الگوی شکل‌گیری ساختار فضایی و عملکردی معمـاری گلخانـه خورشیدی با توجه به نمودارهای به دست آمده با توجه به بالاترین میزان دریافت انرژی خورشیدی بـا اسـتفاده از الگـوریتم ژنیـک و اکتـاپوس در نرم‌افزار گرس‌هاپر به شرح ذیل باشد: گلخانه خورشیدی با جهت‌گیری در جبهه جنوبی تا ۲۰ درجه به سمت غرب و شـرق بیشـترین کـارایی را از لحاظ جذب انرژی خورشیدی دارد که این امر با افزایش طول گلخانه به جهت افزایش جبهه مناسب تأثیرگذارتر می‌گردد لذا با توجه به بررسی‌های انجام شده از میان طولهای مورد بررسی (از ۱ تا ۵ متر در بازه‌های یک متری) طول ۵ متر تواند در افزایش عملکـرد گرمایشـی گلخانـه تأثیرگـذار باشد که ۵۰٪ جدار نورگذر در این جبهه در دست‌یابی به هدف طراحی بهتر عمل می‌کند. بعلاوه برخلاف طول، با افزایش عمـق نمـی‌تـوان بـازده بالاتری از نظر دریافت انرژی خورشیدی داشت و مناسب‌ترین حالت در عمق ۱ متر است. عایق‌های با ضخامت ۱۰ سانتی متـر در کـاهش اتـلاف انرژی موثرتر بوده و نوع عایق تأثیر چنداتی در این دستاورد نداشت. بنابراین نتایج حاصل از شبیه‌سازی با استفاده از نرم‌افزار گرس‌هـاپر بیـانگر آن است که تأثیر برخی متغیرهای معماری در تلفیق با سامانه گلخانه خورشیدی، موجب تقویت کارایی گلخانـه و تـأثیر مسـتقیم و مثبـت در کـاهش مصرف اتلاف انرژی سالیانه می‌گردد. از آثار مثبت گلخانه خورشیدی به عنوان مهمترین و تأثیرگـذارترین متغیرهـای معمـاری در راسـتای تحقـق اهداف پژوهش همانا استفاده از روش‌های غیرفعال در ساختمان‌های مسکونی در اقلیم سرد و کوهستانی کشور (شهر سنندج) می‌باشند.

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1400.9.36.3.5]
[DOI: 10.52547/hafthesar.10.36.3]

منابع

- ابراهیم پور، ع. معرفت، م. (۱۳۹۰). اصلاح روشی جهت تولید داده‌های اقلیمی TMY برای شهر تهران، مهندسی مکانیک مدرس، جلد ۱۱ شماره ۲، صفحات ۷۷-۹۱.
- ابراهیم پور. ع، کسمایی، م. (۱۳۹۰). تهیه فایل‌های اقلیمی TMY برای شهرهای مهم ایران، انتشارات مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، چاپ اول.
- احمدی ندوشن، الف. بهادری نژاد، م. (۱۳۸۵). کاهش انرژی برودتی و حرارتی مجتمع مسکونی با استفاده از بادبزن‌های سقفی، چهاردهمین کنفرانس سالانه مهندسی مکانیک، اصفهان.
- امین زاده، ب. (۱۳۹۰). مجموعه مقالات توسعه شهری پایدار، انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ص۱۲۷-۱۲۴.
- رحیم پور، الف. رحیمی، م. (۱۳۹۲). اهمیت و لزوم استفاده از انرژی‌های نو در ساختمان‌های مسکونی استان کرمان و طراحی ساختمان سبز، اولین همایش ملی انرژی‌های نو و پاک، همدان.
- لکنر، ن. (۱۳۸۵). گرمایش، سرمایش، روشنایی، رویکردهای طراحی برای معماران، ترجمه کی نژاد، م. و آذری، ر.، تبریز، دانشگاه هنراسلامی تبریز.
- مازریا، الف. (۱۳۸۵). معماری خورشیدی غیرفعال، ترجمه آقازاده، ب.، نشر پیک ادبیات، تهران.
- مجرد، ف. و مرادی، ک. (۱۳۹۰). نگرشی بر ناموزونی ها و روندهای ساعات آفتابی در ایران، جغرافیا و توسعه شماره ۳۴ بهار ۱۳۹۳، صص ۱۵۳-۱۶۶.
- گیلانی، س.، محمد کاری، ب. (۱۳۹۰). بررسی عملکرد گرمایشی گلخانه‌های خورشیدی در ساختمان‌های مسکونی اقلیم سرد نمونه موردی: شهر اردبیل. مهندسی مکانیک مدرس، ۱۱ (۲): صص ۱۴۷-۱۵۷.
- Attia, S., Beltrán, L., De Herde, A. and Hensen, J. (2009). Architect Friendly: A comparison of ten different building performance simulation tools, Proceedings of 11th International IBPSA Conference, Glasgow, Skotland. 20.
- Berardi, U. (2107). A Cross–Country Comparison of the Building Energy Consumptions and Their Trends. Resources, Conservation and Recycling 123 (October). Elsevier B.V.: 230–41, 2017. doi:10.1016/j.resconrec.2016.03.014.
- Chiesa. G, Simonetti. M, and Ballada. M. (2017). Potential of Attached Sunspaces in Winter Season Comparing Different Technological Choices in Central and Southern Europe. Energy and Buildings 138 (March). Elsevier: 377–95. doi:10.1016/J.ENBUILD.2016.12.067.
- Carlucci, R., Ricci, P., Miccoli Sartori, S., Cipriano, G., Cosentino, A., Lionetti, A., & Fanizza, C. (2015). Changes in behaviour and group size of Stenella coeruleoalba in the Gulf of Taranto (Northern Ionian Sea, Central Mediterranean Sea). Biol. Mar. Mediterr, 22(1), 266-270.
- Eskin, N., & Türkmen, H. (2008). Analysis of annual heating and cooling energy requirements for office buildings in different climates in Turkey. Energy and buildings, 40(5), 763-773.
- Godoy-Shimizu, D., Steadman, P., Hamilton, I., Donn, M., Evans, S., Moreno, G., & Shayesteh, H. (2018). Energy use and height in office buildings. Building Research & Information, 46(8), 845-863.
- International Energy Agency. (2017). World energy outlook. Paris: OECD.
- International Energy Agency (IEA), Solar Energy Perspectives", 1–228. 10.1787/9789264124585–en. 2011
- Jorgensen, O. B., & Hendriksen, O. J. (2000). Glazed balconies and sun spaces–energy savers or energy wasters. In Proceedings of the third ISES Europe Solar Congress (Eurosun2000), Copenhagen.
- Moore, F., & McGraw-Hill architecture and urban planninig series. (1993). Environmental control systems: Heating, cooling, lighting. New York: McGraw-Hill.

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1400.9.36.3.5]
[DOI: 10.52547/hafthesar.10.36.3]

- Neto, A. H., & Fiorelli, F. A. S. (2008). Comparison between detailed model simulation and artificial neural network for forecasting building energy consumption. Energy and buildings, 40(12), 2169-2176.
- Raji, B., Tenpierik, M. J., & Van den Dobbelsteen, A. (2017). Early-stage design considerations for the energy-efficiency of high-rise office buildings. Sustainability, 9(4), 623.
- - Chiesa, G., Simonetti, M., & Ballada, G. (2017). Potential of attached sunspaces in winter season comparing different technological choices in Central and Southern Europe. Energy and Buildings, 138, 377-395.
- Ulpiani, G., Giuliani, D., Romagnoli, A., & di Perna, C. (2017). Experimental monitoring of a sunspace applied to a NZEB mock-up: Assessing and comparing the energy benefits of different configurations. Energy and Buildings, 152, 194-215.
- Yu, J., Yang, C., & Tian, L. (2008). Low-energy envelope design of residential building in hot summer and cold winter zone in China. Energy and Buildings, 40(8), 1536-1546.

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.23225602.1400.9.36.3.5]

[DOI: 10.52547/hafthesar.10.36.3]

Optimal framework of sunspace based on energy performance in residential buildings in cold climate of Iran (Case study: Sanandaj City)

***Parisa Abdolkhaleghi**, Ph.D. student in Architecture, Department of Architecture, Kish International Branch, Islamic Azad University, Kish Island, Iran.*
***Jaleh Sabernejad**, Assistant Professor of Architecture, Faculty of Architecture, South Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. (j_sabernejad@azad.ac.ir)*
***Rima Fayaz**, Associate Professor of Architecture, Faculty of Architecture and Urbanism, University of Arts, Tehran, Iran.*

Received: 2020/06/26 Accepted: 2020/11/12

Extended abstract
Introduction: Increasing energy consumption in buildings has resulted in environmental issues and has led many researchers to explore ways to reduce fossil fuel consumption. One of the most cost-effective and logical ways to use energy resources in residential buildings is to use passive solar systems such as sunspaces.
Methodology: In this paper, the effects of sunspaces on energy gain and reducing energy consumption are presented. The energy performance of the sunspace was calculated using parametric modeling in Grasshopper software and Rhino software, and energy simulation was carried out using Energyplus. Simulations were performed according to the meteorological data of Sanandaj.
Different models of sunspace with different dimensions and orientations in Sanandaj have been studied to achieve simulation goals. Modifications of the models included different proportions of sunspace dimensions, orientations, the use of different thermal insulations.
Results: The orientation towards the south receives the highest energy, and with 20 degrees rotation to the west or east, the highest amount of energy can be gained. Examination of sunspace models with three percentages of window-to-wall ratio: 40%, 50%,60% showed that the 50% WWR is more desirable than other models. The highest increase in energy absorption to help reduce the heating load during the cold season occurs when the sunspace has the longest length, ie 5 meters. In this case, the southward is increased, and the desired depth is 1 meter, while by reducing or increasing this amount, solar energy gain is reduced. Also, to improve the performance of the sunspace, the use of conventional thermal insulation has been investigated. Polyurethane with a thickness of 10 cm has the lowest efficiency in reducing energy consumption in the sunspace, while other insulating materials with similar thicknesses are effective.
Conclusion: In this paper, the effect of various parameters on increasing solar energy and reducing its loss is identified. The simulation of parameters using Grace Hopper software used in this research indicates that the proper design of the parameters related to the solar greenhouse system strengthens the efficiency of the greenhouse and has a direct and positive effect on increasing solar energy. And its loss indicates the positive efficiency of this system in receiving and absorbing solar energy. It can be used as a design framework for solar greenhouses in the city to strengthen the use of solar energy and reduce fossil fuel consumption to reduce the heating load in cold seasons. Also, the algorithm used and the optimization process b in this research show that if the solar greenhouses are modified in different types, it can reduce the heat load in the building by absorbing solar energy. Architectural design with an energy approach is a complex process that requires a combination of different parameters to optimize optimization. Using energy simulation and optimization can help designers do the design more comprehensively by providing valuable tools.
Keywords: Sunspace, Residential Building, Energy Performance, Cold Climate, Sanandaj City.

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1400.9.36.3.5]
[DOI: 10.52547/hafthesar.10.36.3]