بررسی عملکرد گلخانه جبهه جنوبی بر میزان کاهش اتلاف حرارت در آپارتمانی در شهر شاهرود

Study of the Function of Southern Greenhouse in the Reduction of Heat Loss in an Apartment in Shaahrud City

الهام سرکرده یی[۱] (نویسنده مسئول)، محمودرضا ثقفی[۲]، فرشاد نصراللهی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۳/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۳/۱۶

چکیده

صرفه جویی در مصرف انرژی های فسیلی علاوه بر حفظ منابع تجدید ناپذیر، کاهش آلودگی های زیست محیطی را به همراه دارد. جلوگیری از هدر رفت گرما در دوره نیاز به گرمایش و استفاده از انرژی های تجدیدپذیر، از راهکارهای صرفه جویی در مصرف انرژی است. یکی از سیستم های ایجاد گرمایش ایستا گلخانه جنوبی (فضای خورشیدی) است. پژوهش پیش رو با هدف بررسی گلخانه جنوبی مستقر در آپارتمان مسکونی انجام گرفته است و نمونه ساخته شده در شهر شاهرود (اقلیم سرد) به عنوان مطالعه موردی انتخاب شده است. در این پژوهش، اندازه گیری میزان کنترل دمایی حجم حایل (گلخانه)، به روش میدانی، و با استفاده از دیتالاگر (دماسنج دیجیتالی) انجام شده است. پس از اندازه گیری دمای دو فضای مورد بررسی (گلخانه و نشیمن) در ساعات مشخص و مقایسه وضعیت دمایی با دمای هوای خارج ساختمان (مستخرج از داده های اداره هواشناسی شاهرود)، میزان اتلاف حرارت نشیمن به روش تجربی محاسبه شد. نتایج حاکی از آن است که گلخانه مستقر در جنوب ساختمان اتلاف حرارت فضای مجاورش (نشیمن) را حدود ۳۳ درصد کاهش داده و از تبادل حرارت مستقیم بین فضای مجاورش (نشیمن) و خارج ساختمان، ممانعت می‌کند.

واژه‌های کلیدی:

گرمایش ایستا، گلخانه جنوبی، اتلاف حرارت.

۱. دانشجوی دکتری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اصفهان، اصفهان، ایران، sarkardehi@shahroodut.ac.ir
۲. استادیار، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اصفهان، اصفهان، ایران، mrsaghafi@gmail.com
۳. استادیار، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اصفهان، اصفهان، ایران، arshidez@yahoo.com

۱- مقدمه

طراحی معماری ساختمان در مصرف موثر انرژی دارای نقش کلیدی می‌باشد. طراحی (معماری) ساختمان به صورت غیر فعال (ایستا) می‌تواند مصرف انرژی ساختمان را به طور قابل توجهی کاهش دهد (Ashrae journal, 2013; 72). یکی از سیستم های خورشیدی ایستا در ساختمان های مسکونی، طراحی گلخانه جنوبی متصل به فضای اصلی (نشیمن) است. دیوار جنوبی که دیوار اصلی گلخانه بشمار می‌آید در واقع اِلمان دریافت‌کننده این سامانه ایستا است (حاج سقطی، ۱۳۸۰؛ ۲۰۸).

این سیستم گرمایش ایستا علاوه بر جذب و ذخیره سازی انرژی خورشیدی در ساعات آفتابی، ارتباط مستقیم نشیمن و فضای خارج را قطع می‌کند. با اتصال گلخانه به بنا، فصل مشترک فضای بیرون و داخل بنا از دیوار (در ساختمان های بدون گلخانه) به حجم تبدیل می‌شود. با تعبیه مصالح مناسب (ظرفیت حرارتی بالا) فضای داخلی حجم حائل، علاوه بر ایجاد گرمایش ایستا در ساعات دریافت انرژی خورشید، کاهش اتلاف حرارت ساختمان را در تمامی ساعات شبانه روز به همراه خواهد داشت. اختلاف دمای بین فضای داخل و خارج ساختمان از ضرایب مهم انتقال حرارت بین دو فضا است و کاهش اختلاف دما بین دو محیط به کاهش تبادل حرارت بین دو محیط می‌انجامد.

در این مقاله به این سوال پاسخ داده خواهد شد: گلخانه جنوبی برتغییرات دمایی نشیمن (فضای مجاور گلخانه) نسبت به تغییرات دمایی هوای خارج ساختمان (در ساعات روز و شب، دوره نیاز به گرمایش) چه تاثیری دارد؟

بررسی عملکرد حرارتی گلخانه جنوبی بر کاهش اتلاف حرارت فضای مجاور آن(نشیمن) در آپارتمان مسکونی مورد مطالعه در شاهرود هدف اصلی مقاله است.

۲- پیشینه گلخانه خورشیدی (فضای خورشیدی)

در سال ۱۹۷۴ دیوید رایت (معمار) خانه خود را در سانتافه در نیومکزیکو بر اساس دریافت مستقیم خورشیدی از شیشه های جنوبی ساخت. بر روی شیشه‌ها صفحات عایق متحرک طراحی کرد تا اتلاف حرارت شبانه را به حداقل برساند (Yellott, 1975). در سال ۱۹۷۶خانه ای با گلخانه (فضای خورشیدی) در سمت جنوب توسط وین و سوزان نیکولز ساخته شد (Moore, 1993; 182). گلخانه فضایی است با جداره های کاملا شیشه ای، که معمولا برای رویاندن گیاه به کار رفته و در مجاورت یک یا چند فضای اصلی در جنوب ساختمان قرار داده می‌شود (کسمایی، ۱۳۷۷؛ ۱۷). گلخانه جنوبی از ابزارهای ایجاد گرمایش ایستا در ساختمان_های مسکونی است. اثر گلخانه در روز، انتقال حرارت از هوای گرم گلخانه به اتاق های مجاور بوده و در شب کاهش اتلاف حرارتی از اتاق‌ها به بیرون است (بهادری نژاد و همکاران، ۱۳۸۱؛ ۵). گلخانه خورشیدی، اتاقی است که به منظور جمع آوری گرما برای بخش اصلی یک ساختمان و نیز به عنوان یک فضای ثانوی طراحی شده است. گلخانه خورشیدی یکی از مشهورترین سامانه های خورشیدی ایستا است، نه تنها به دلیل کارایی گرمایشی آنها بلکه حتی بیشتر از آن به دلیل تسهیلات و جذابیتی که عرضه می‌دارد (لکنر، ۱۳۸۵؛ ۱۷۴). استفاده از گلخانه یکی از روش های مناسب برای گرمایش خورشیدی طبیعی ساختمان‌ها است (Bahadori, et al, 1995). گلخانه های خورشیدی، بر مبنای میزان محصوریت، به انواع متصل، نیمه محصور و محصور دسته بندی میشوند (Givoni, 1998). اسپوستی و همکاران نیز برای بررسی عملکرد حرارتی گلخانه متصل، یک نمونه واقعی ساختند (Esposti, et al, 1990). زمانیکه در داخل فضاهای خورشیدی شرایط آسایش حرارتی ایجاد می‌شود، مصرف انرژی در ساختمان مجاور (متصل به گلخانه) کاهش یافته و بهینه سازی انرژی انجام می‌شود (Uni En Iso7730, 1997). میهالاکاکو و فرانته به بررسی تأثیر عواملی مانند جهت گیری، مصالح شیشه، شرایط مرزی کف گلخانه و سیستم لوله های زیرزمینی بر عملکرد حرارتی آن در ساختمان پرداختند. نتایج پژوهش آنها نشان داد گلخانه متصل به ساختمان به میزان قابل توجهی دمای فضای داخلی را، در اوقات سرد سال افزایش میدهد. اما از سوی دیگر، در اغلب مواقع، موجب بیش از حد گرم شدن فضای داخل در اوقات گرم سال میشود (Mihalakakou, et al, 2000). چریل و همکارانش با استفاده از شبیه سازی کامپیوتری تاثیر ایوان را بر مصرف انرژی ساختمان مسکونی بررسی کردند. نتایج حاکی از آن است ایوان جنوبی با تغییراتی در دوره گرمایش و دوره سرمایش، بهترین نتایج را نشان می‌دهد. در دوره گرمایش که ایوان دارای سطح شیشه ای (شبیه گلخانه) می‌باشد. در زمستان موثر است و در تابستان باید این سطح شیشه ای برداشته شده و فضا یه حالت ایوان برگردد. خود ایوان (به دلیل سایه اندازی برروی دیوار مشترک بین ایوان و ساختمان) مصرف انرژی سرمایش را بهینه می‌کند (Chareille, et al, 2001). در پژوهشی با روش شبیه سازی، نتایج نشان داد: گلخانه خورشیدی در طول دوره سرد سال یک سیستم مناسب و موثر در سراسر اروپا است

(Mihalakakou, 2002).گلخانه خورشیدی یک راه حل بسیار مناسب، جهت استفاده از انرژی خورشیدی است. برای استفاده کنندگان مجاور گلخانه خورشیدی مزایایی وجود دارد، از جمله: کاهش مصرف انرژی در زمستان و گسترش فضای قابل استفاده که در اکثرزمان‌ها در شرایط آسایش قرار دارد (Hestnes, 2000; oliveti, et al, 2012). الیوتی و همکاران در پژوهش هایی که با تمرکز بر تنظیمات موثر بر گلخانه خورشیدی در نمونه هایی مشخص انجام دادند مساحت سطح شفاف نسبت به سطح مات، سطح جاذب انرژی خورشیدی داخل گلخانه، ضریب عبور اشعه خورشید از شیشه و ضریب جذب مصالح را در عملکرد گلخانه خورشیدی موثر ارزیابی کردند (oliveti, et al, 2008; oliveti, et al, 2005). فضای داخل گلخانه یک اقلیم کوچک را به وجود می‌آورد، شرایط داخل گلخانه به شرایط دمایی و آب و هوایی و وضعیت تابش خارج از آن وابسته است (Blasco, et al, 2000). موتارد و فیسوره برای نحوه توزیع و انعکاس امواج تابشی با طول موج بلند در داخل گلخانه متصل به پژوهش پرداختند آنها نتایج شبیه سازی مدل خود را با استفاده از نتایج حاصل از اندازه گیری یک نمونه واقعی اعتبار سنجی نمودند (Mottard, et al, 2007). از همان ابتدا که مباحث پایدار ساختمان مطرح شد، گلخانه خورشیدی به عنوان عنصر طراحی ایستا در ساختمان مورد استفاده بوده است (Whang, et al, 2014). در ایران نیز، بهره گیری از سیستم ایستا خورشیدی گلخانه، با توجه به میزان تابش خورشید، به سهولت و با صرف هزینه اندکی امکانپذیر است (گیلانی و همکاران، ۱۳۹۰). در پژوهشی که الیوتی و همکاران انجام دادند، درجه حرارت هوای فضاهای خورشیدی به طور متوسط ۴ درجه سانتیگراد از دمای هوای خارج در ساعات شبانه بیشتر ثبت شده است، در حالی که در طول تابش خورشیدی روز افزایش دما در هوای فضاهای خورشیدی رخ می‌دهد که بیشتر با اختلاف دما که به ۱۲ درجه سانتی گراد می‌رسد، تطابق دارد (Oliveti, et al, 2012). پژوهشی بر روی چهار مدل جبهه ی جنوبی ساختمان (طراحی و ساخت نمونه های اولیه بر اساس تجزیه و تحلیل آب و هوایی و یک شبیه سازی قبلی) انجام شد. نتایج نشان داد: فضایی که با جرم حرارتی، گرمای خورشید را ذخیره می‌کند عملکرد حرارتی داخل ساختمان در فصل زمستان بهبود می‌بخشد و نسبت به یک پنجره ساده جنوبی یا یک فضای خورشید ساده، عملکرد بهتری را در تابستان و زمستان دارد. بهترین نتایج در زمستان و تابستان هنگامی است که استفاده مناسب از سیستم انجام شده او متناسب با شرایط در فضای باز و عوامل محیطی بیرون فضای خورشیدی، برخی از اقدامات کنترل حرارتی صورت گیرد (Sánchez, et al, 2014). در صورت رعایت اصول طراحی، گلخانه خورشیدی می‌تواند ۴۰ تا ۶۰ درصد نیازگرمایی ساختمان مسکونی را تامین کند (حاج سقطی، ۱۳۸۰؛ ۲۰۸). افزایش ذخیره سازی گرما در گلخانه (استفاده ازعناصر با ظرفیت حرارتی بالا، داخل گلخانه) و حضور عایق شبانه (بر شیشه های خارجی)، کارایی گلخانه را بهبود می‌بخشد (Fernandez, 2004; 2007). نتایج پژوهشی که در اردن انجام شد؛ تاثیر گلخانه خورشیدی را بر تامین بخشی از نیاز گرمایشی ساختمان، مثبت ارزیابی کرد(Bataineh, et al, 2011). مطالعه تاثیر گلخانه خورشیدی بر نمونه ای مسکونی در ایتالیا، کاهش ۲۰ درصدی نیاز گرمایشی ساختمان مورد پژوهش را، نتیجه داد (Asdrubali, et al, 2012). پژوهشی در کشور پرتغال، بررسی استراتژی‌ها و متغیرهایی است که به بهبود عملکرد حرارتی گلخانه خورشیدی در نمونه ی مسکونی می‌انجامد (Aelenei, et al, 2014).

۳- وضعیت اقلیمی شاهرود

شاهرود، یکی از شهرهای استان سمنان و بزرگ ترین شهر این استان در ایران است. این شهر در حاشیه‌ی شمالی دشت کویر و در دامنه‌های جنوبی رشته‌کوه البرز با موقعیت جغرافیایی ۲۵ دقیقه‌ی و ۳۶ درجه‌ی عرضی و ۵۸ دقیقه‌ی و ۵۴ درجه‌ی طولی با ارتفاعی معادل ۱۳۸۰ متر از سطح دریا در شمال خاوری واقع شده است. در تقسیمات اقلیمی ایران، کتاب اقلیم و معماری، شاهرود دارای اقلیم تابستانی گرم و خشک، سرد زمستانی است (کسمایی، ۱۳۸۲).

براساس اطلاعات نمودار ۱ و جدول ۱، سردترین ماه سال مربوط به دی ماه و گرمترین متعلق به تیر ماه می‌باشد. میانگین دمای ماه های پاییز و زمستان با ۳،۸ درجه سانتیگراد، خارج از محدوده آسایش می‌باشد. جهت تامین آسایش ساکنین ایجاد گرما و استفاده از انرژی خورشید لازم است.

Table 1: Climatological data of Shahroud in 2014, synoptic meteorological station of Shahroud

Rain (Millimeter)	average Relative humidity (percentage)					average Temperatures (celsius)		month
	Min	Max	6:30	12:30	18:30	Minimum temperature	Maximum temperature	
27.3	26	67	58	49	36	6.5	18.6	April
12.1	23	57	50	27	32	14.8	26.8	May
17.7	23	55	46	26	32	17.9	30.5	June
0	19	49	60	49	27	22.2	35	July
0	18	46	39	21	24	22.1	34.8	August
0	22	52	44	25	32	19.6	32.3	September
7.2	28	64	56	35	41	12.7	23.8	October
21.2	39	80	74	45	56	3.8	14.1	November
7.5	45	81	76	51	62	0.7	9.5	December
3.6	42	82	77	49	59	1.1-	9.2	January
10.7	37	79	73	45	50	0.7	1.7	February
0.2	86	70	45	72	0.2	6	17	March

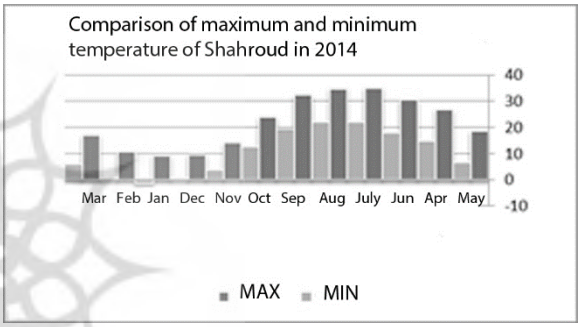


Chart. 1 Comparison of maximum and minimum temperature of Shahroud in 2014, synoptic meteorological station of Shahroud

جهت وزش باد غالب شاهرود از شمال شرق می‌باشد. وزش باد ازجنوب غرب، جنوب و شمال به ترتیب اولویت های بعدی می‌باشند.

۴- روش و ابزار تحقیق

روش تحقیق مورد استفاده در این مقاله بر اساس اندازه گیری میدانی، محاسبه تجربی و تحلیل مقایسه ای است. در ابتدا مطالعه عمومی از شرایط اقلیمی شهر شاهرود، بررسی نمونه موردی و ریز فضاهای آن به ویژه وضع موجودگلخانه و کلیّت معماری آپارتمان مورد نظرانجام شد. تحلیل کیفی استقرار فضاها در بنا با معیار سنجش ویژگی های مسکن در انطباق با مولفه اقلیمی انرژی خورشیدی در نمونه موردی مورد توجه بوده است. دما و رطوبت نسبی گلخانه و فضای نشیمن توسط دو دماسنج دیجیتالی(EXTECH) در یک دوره سیزده روزه، ثبت و اندازه گیری شده است (شکل ۱). دماسنج‌ها پس از تنظیم و آماده سازی در ارتفاع ۱,۴۰ متری از سطح زمین در دو فضا نصب شد. اطلاعات اندازه گیری و ثبت شده مربوط به سیزده روز، توسط دماسنج ها، به صورت سه ساعته استخراج و به وسیله نرم افزار اکسل در قالب جداول ترسیم شد. گرد آوری داده های دما و رطوبت نسبی هوای بیرون ساختمان با تکیه بر اطلاعات اداره هواشناسی در مراحل بعدی انجام شد. با توجه اینکه مقایسه دماهای داخل بنا با دمای بیرون و میزان اختلاف دمای آنها جهت محاسبه اتلاف حرارت داخل به بیرون از بنا مد نظر است، دو روز به شکل تصادفی انتخاب و مقایسه دماهای ثبت شده با معادل آن زمان در خارج از بنا انجام شد. میانگین اطلاعات ثبت شده سیزده روز سرد سال (۲۹,۱,۲۰۱۵ الی ۱۰,۲,۲۰۱۵).

Fig. 1 Digital Thermometer (Data Logger), (www.extech.com)

محاسبه و با میانگین دمای هوای خارج درآن سیزده روز مقایسه شد. پس از آن محاسبه اتلاف حرارت دیوار جنوبی ساختمان که اختلاف دما و ضریب انتقال حرارت از فاکتورهای مهم آن می‌باشد محاسبه گردید. تحلیل و استنتاج با تکیه برقیاس نتایج به دست آمده از محاسبات و داده های دمایی هوای بیرون و فضاهای داخلی مورد مطالعه، مرحله نهایی تحقیق است.

۵- نمونه موردی

در پژوهش حاضر، ساختمان مورد مطالعه یک واحد در بالاترین طبقه از آپارتمان مسکونی چهار طبقه ی چهار واحدی واقع در شهر شاهرود (اقلیم سرد زمستانی) از کشور پهناور ایران است.

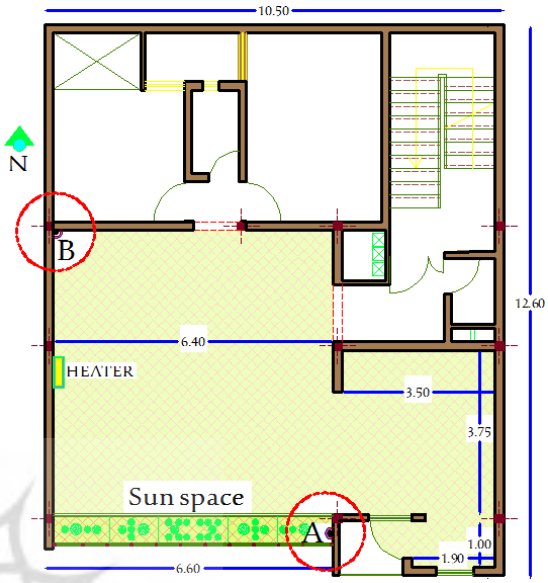


Fig. 2 Residential unit plans

(البته این پژوهش به اتلاف حرارت نشیمن از جداره جنوبی ساختمان می‌پردازد و اتلاف حرارت از سطوح افقی و یا دیوارهای شرقی و غربی مد نظر نیست. ذکر مکان استقرار واحد در ارتفاع، جهت معرفی کلی بیان شده است). ساختمان در زمینی به مساحت یکصد و هشتاد مترمربع بنا شده است. مساحت واحد نمونه یکصدو سیزده متر مربع و دارای نشیمن با گلخانه جنوبی، آشپزخانه، دو اتاق خواب، تراس جنوبی و سرویس های بهداشتی می‌باشد (جدول ۲).

دریافت نور مستقیم ساختمان از حیاط جنوبی میسر است. سمت جنوب با ۱۰٫۵ متر طول، تنها جهت نورگیرمستقیم ساختمان است. گلخانه در پلان، فضای مستطیل شکل مستقر در مجاورت نشیمن و به ابعاد ۶٫۵ متر از ضلع جنوب، در امتداد فضای نشیمن و در فاصله ۷۰ سانتیمتری از نمای جنوبی، قرار دارد (شکل ۲). برای ساخت دیوارهای ساختمان از پانل های ۳- دی استفاده شده است. این دیوارها متشکل از عایق پلی استایرن با مش فولادی است که از هر طرف ۵ س بتن بر روی مش‌ها شات کریت شده است. مصالح داخلی گلخانه شامل مصالح دیوار، کف سنگی گلخانه و خاک گلدان‌ها، به عنوان خازن حرارتی عمل می‌کنند. استقرار فضاهای پلان بر اساس اولویت فضاها در دریافت نور روز طراحی شده است. نشیمن در مجاورت گلخانه و در ضلع جنوب قرار دارد، بهترین نورگیری برای فضای نشیمن از سمت جنوب است. استقرار آشپزخانه به عنوان دومین اولویت نورگیری در مجاورت نشیمن قرار گرفته است. با تعبیه تراس در بخشی از ضلع جنوب آشپزخانه، از گرمایش بیش از حدی این فضای گرمازا (به دلیل طبخ) در تابستان جلوگیری می‌شود. اتاق خواب‌ها و راه پله در ضلع شمالی قرار دارند، نورگیری اتاق خواب‌ها غیر مستقیم و از نورگیر انجام می‌شود. به دلیل همسایگی زمین از سه طرف به پلاک و شمالی بودن آن، تنها نمایی که می‌تواند جذب انرژی خورشید داشته باشد ضلع جنوب است. اندازه ضلع جنوبی ۱۰٫۵ متر است و ۶۲ درصد آن به گلخانه تعلق دارد. نصب دیتالاگرها (قسمت Bو A) و ثبت اندازه‌ها از ۲۹,۱,۲۰۱۵ تا ۱۰,۲,۲۰۱۵ انجام شد. در فصل زمستان، تنها وسیله گرما زای دایم نشیمن، بخاری گازی مستقر در ضلع غربی آن است (شکل ۲).

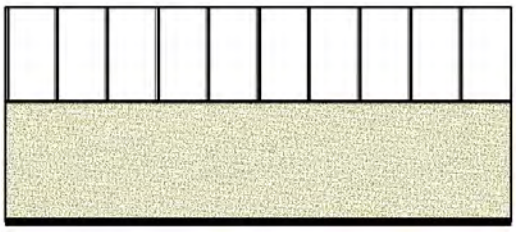
Table 2: Specification of the different spaces of the studied case

Data logger	location	Area (sq.m)	Dimensions (m)	Space type
Part B	East and south	42.20	6.48*6.4	Living area
Part A	East and south	4.550	6.4*0.7	Green house
none	East and south	14.00	1*1.9+3.75*3.5	kitchen
Outside temperature	south	2.00	1.2*1.65	Terraces
none	East-north	9 & 12	3*3 & 4*3	2 bedrooms
none	north	2	1*2	Light shaft
none	north	2	1*2	Bathroom
none	west	2	1*2	W.C.
none	North west	13.52	5.2*2.6	Staircase

دیوارهای خارجی و سقف دارای عایق پلی استایرن با ضخامت ۸ سانتی متر است. با توجه به دو پوسته شدن نمای جنوبی، متاثر از حضور گلخانه، در این مقاله میزان اتلاف حرارت نشیمن از دیوار جنوبی مد نظر است و تاثیر این دو پوستگی بر اتلاف حرارت نشیمن بررسی می‌شود. مصالح دیوار مشترک گلخانه و نشیمن متشکل ازیک

پارتیشن چوبی یکسره با درب و پنجره های بزرگ است. ۸۰ درصد سطح پارتیشن، شیشه ای و ۲۰ درصد آن پروفیل‌ها و سطوح چوبی است (جدول ۳). درب و دو عدد از پنجره دیوار چوبی گلخانه قابلیت باز شدن را دارد. در مدت اندازه گیری و ثبت دما، سطوح بازشوی پارتیشن چوبی کامل بسته بوده است.

Table 3: Interior and exterior properties of the greenhouse

44.8% glass surface and 55.2% opaque surface		Exterior façade of the greenhouse (Southern View of the Living Room)
80% glass surface and 20% wood		Interior façade of the greenhouse (Wooden partition between the greenhouse and the living room)
		The view from the living room to the greenhouse (authors, 2016)

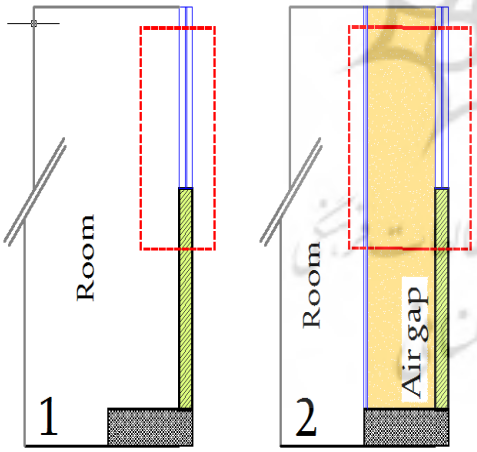


Fig. 3 Part of the exterior wall section, without a greenhouse (1) and with greenhouse (2)

شکل ۳، مقایسه فرضی دو حالت دیوار خارجی جنوبی ساختمان مذکور است. عدم حضور گلخانه (۱)، علاوه بر کاهش ضخامت دیوار، لایه مقاومت هوا را ندارد. در صورتیکه گلخانه موجود در ضلع جنوبی ساختمان را جزیی از دیوار جنوبی محسوب کنیم، دیوار دو پوسته ای خواهیم داشت (۲)، که علاوه بر ذخیره انرژی خورشیدی، ضریب انتقال حرارت از داخل به خارج ساختمان را کاهش می‌دهد. با توجه به بسته بودن پنجره های نما و بازشوهای پارتیشن چوبی، تعویض هوا صورت نگرفته است. تعویض ناخواسته هوا[1] از طریق پنجره های نمای جنوبی در هر دو موقعیت حضور و عدم حضور گلخانه یکسان است.

پرده داخلی پنجره های جنوبی ساختمان، سفید رنگ و پارچه ای است (جدول ۳)، جذب نور و ذخیره گرمای ناچیزی دارد. در هر صورت تاثیر پرده ساختمان بر ضریب انتقال حرارت شیشه های نمای جنوبی در هر دو حالت ۱ و ۲ (شکل ۳)، یکسان است. محدوده کف ضخیم (با ظرفیت حرارتی بالا) نیز در هر دو حالت به صورت یکسان وجود دارد. لذا حضور پرده و کف گلخانه در محاسبات لحاظ نمی شود.

مصالح تشکیل دهنده دیوار جنوبی ساختمان، دیوار جنوبی گلخانه، متشکل از ۵ لایه مصالح به شرح جدول ۴ است. ارتفاع پنجره های نمای جنوبی ۱,۲۰ متر و ارتفاع قسمت غیر شیشه ای (از زیر پنجره تا کف گلخانه) ۱,۴۸ متر است. برای محاسبه ضریب انتقال حرارت از از نرم افزار دیزاین بیلدر[2] استفاده شده است. این نرم افزار از حل گر پایه انرژی پلاس[3] برای تحلیل فرایندهای انتقال حرارت حاکم بر ساختمان بهره می‌گیرد. به کمک نرم افزار فوق

ضریب انتقال حرارت دیوار و پارتیشن محاسبه شد. اطلاعات مربوط به اندازه و ابعاد، جنس مصالح تشکیل دهنده و ضخامت آنها، همچنین جنس و ابعاد شیشه، پروفیل واندازه آنها در نرم افزار وارد شده، ضریب انتقال حرارت محاسبه می‌شود. ۴۴,۸ درصد نما مربوط به پنجره‌ها (ضریب انتقال حرارت ۵,۸) و ۵۵,۲ درصد آن مصالح غیر شیشه ای (ضریب انتقال حرارت) ۰,۴۱۴ است (جدول ۴). مجموعاً ضریب انتقال حرارت دیوار خارجی (۱)، ۲,۸۲۶ (وات بر متر مربع. کلوین) است (جدول ۴).

Table 4: Materials of the southern greenhouse wall from exterior to interior, case (1) fig. 3

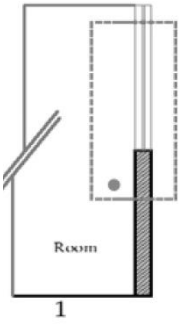
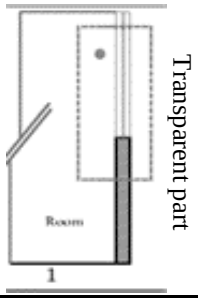
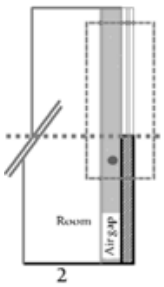
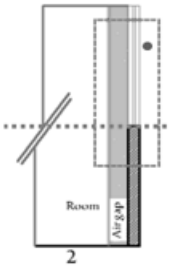
The average heat transfer coefficient of the wall in the first case	Thermal resistance	Heat transfer coefficient	material layers from outside to inside: number	Material type	Thickness (cm)	Wall thickness	Case (1)	
	2.414 m^2K/W	**0.414** W/m^2K	1	Romantex (plastering)	2	23	Opaque part height 1.48m	
			2	concrete	7			
			3	polystyrene (Insulation)	8			
			4	concrete	4			
			5	cement and sand mortar	1			
			6	tile	1			
2.826	**0.173** m^2K/W	**5.8** W/m^2K	0.5 cm thick metal frames and 3 mm thick glass			0.5	height 1.20	 Transparent part

Table 5: Materials of the southern greenhouse wall from exterior to interior, case (2) fig. 3

The average heat transfer coefficient of the wall in the second case	Thermal resistance	Heat transfer coefficient	material layers from outside to inside: number	Material type	Thickness (cm)	Wall Thickness (cm)	Case (2)	
	2.731 m^2K/W	**0.366** W/m^2K	1	Romantex (plastering)	2	93.5	Opaque part height 1.48m	
			2	concrete	7			
			3	polystyrene (Insulation)	8			
			4	concrete	4			
			5	cement and sand mortar	1			
			6	tile	1			
			7	air	70			
			8	Wood-glass	0.5			
			number	Material type	Thickness (cm)			
1.457	**0.357** m^2K/W	**2.8** W/m^2K	1	Metal frame-glass	0.5	71 Wall thickness	Opaque part height 1.2 m	
			2	air	70			
			3	Glass-wood	0.5			

با فرض اینکه گلخانه بخشی از لایه های تشکیل دهنده دیوار خارجی باشد، دو لایه: شامل هوای وسط گلخانه و پارتیشن داخلی گلخانه، قسمتی از دیوار خارجی بنا در نظر گرفته شود، دیوار هشت لایه ای تشکیل می‌شود (جدول ۵). در قسمت غیر شیشه ای، ضریب انتقال حرارت نسبت به حالت ۱ (شکل ۳) به شدت کاهش می‌یابد. در قسمت غیر شیشه ای دیوار (۱)، ۰,۴۱۴، و دیوار (۲) در قسمت غیر شیشه ای، تقریبا ۰,۳۶۶ (وات بر متر مربع. کلوین)، انتقال حرارت خواهند داشت. در قسمت شیشه ای دیوار خارجی (قسمت پنجره دیوار)، با احتساب گلخانه به عنوان بخشی از دیوار خارجی، ضریب انتقال حرارت از ۵,۸ (حالت ۱، شکل ۳) به کمتر از ۲,۸ (حالت ۲، شکل ۳) تقلیل خواهد یافت. لایه های مصالح تشکیل دهنده دیوار فرضی (حالت ۲، شکل ۳) در جدول ۵ معرفی شده است.

جهت سهولت محاسبات در حالت ۱، ساختمان بدون گلخانه، ضریب انتقال حرارت دیوار، ۲,۸ و در ساختمان با گلخانه، ضریب انتقال حرارت ۱,۴۶ در نظر گرفته می‌شود. در صورتیکه دیوار جنوبی خارجی ساختمان در محاسبات، مستقل در نظر گرفته شود (حالت ۱. شکل ۲) و پارتیشن چوبی گلخانه نیز به طور مستقل در محاسبه دیده شود، ضریب انتقال پارتیشن داخلی گلخانه در جدول ۶ آمده است.

Table 6: Heat transfer coefficient of internal greenhouse partition

Partition (20% glass and 80% wood)	wood	glass	
5.613	4.492	5.894	Heat transfer coefficient (W/m^2K)

۶- اندازه گیری، ثبت دما و رطوبت نسبی

برای اندازه گیری و ثبت دما و رطوبت داخلی، ازدو دیتالاگر استفاده شده است. یک دیتالاگر داخل گلخانه و دیگری در فضای نشیمن، هم ارتفاع (۱,۴۰ متر از کف) نصب شده اند. به وسیله دو دیتالاگر دما و رطوبت نشیمن و گلخانه (مکان A و B شکل ۱) هر سه ساعت اندازه گیری و ثبت شده است. (دوره زمانی ماه سرد: ۹ بهمن تا ۲۱ بهمن ۱۳۹۴، که ۳ روز در ماه ژانویه و ده روز آن در فوریه ۲۰۱۵ میلادی است). دمای هوای خارج ساختمان ازمدارک ثبت دمای ایستگاه سینوپتیک اداره هواشنایی شهرستان شاهرود تهیه شده است. مقایسه دمای سه نقطه در ساعت های مشابه، ترسیم نمودارها و جداول مربوطه با نرم افزار اکسل انجام می‌شود. اندازه ی اختلاف دمای گلخانه و نشیمن در مقایسه با اختلاف دمای هوای خارج و نشیمن در زمان مشخص، میزان کاهش اتلاف حرارت نشیمن ساختمان با گلخانه را نسبت به ساختمان بدون گلخانه، نشان می‌دهد. نمونه اعداد ثبت شده (اطلاعات مربوط به رطوبت، باد و دما) در (جدول ۸، ۷)، تصویر شده است. نظر به اینکه در این مقاله کاهش اتلاف حرارت مورد بررسی است، اطلاعات مربوط به دما تحلیل می‌شود (جدول ۸، ۷ و نمودار ۳).

Table 7: Hourly temperature recorded in 3 hours at Jan. 29, 2015, Synoptic Meteorological Station of Shahroud

29.1.2015	Living area		greenhouse		Outside temperature		Wind velocity m/s	Wind direction,degree
	Temperature, celsius	relative humidity	Temperature, celsius	relative humidity	Temperature, celsius	relative humidity		
0:00	25.4	25.9	18.0	39.3	1,8	62	0	60
3:00	26/6	23.0	18.0	37.7	1,4	64	2	40
6:00	27.1	22.6	17.8	37.8	3,6	57	0	0
9:00	26.2	24.7	17.6	42.9	7,8	45	4	210
12:00	26.6	26.1	20.3	28.0	10,2	37	5	250
15:00	25.7	33.2	19.7	36.5	7,2	48	0	0
18:00	25.7	30.6	19.0	46.4	6	51	2	360
21:00	26.8	31.6	18.8	49.4	4.4	65	0	0

Table 8: Hourly temperature recorded in 3 hours at Feb.5, 2015), Synoptic Meteorological Station of Shahroud

5.2.2015	Living area		greenhouse		Outside temperature		Wind velocity m/s	Wind direction, degree
	Temperature, celsius	relative humidity	Temperature, celsius	relative humidity	Temperature, celsius	relative humidity		
0:00	27.1	29.9	19.4	45.8	2.8	62	2	350
3:00	26.7	27.5	18.8	45.4	2.2	63	0	0
6:00	26.7	26.1	18.5	43.5	8.22	43	2	270
9:00	27.4	29.5	19.8	43.8	11.4	36	5	60
12:00	27.4	31.3	23.5	34.6	11.4	28	12	280
15:00	28.4	28.6	25.3	22.4	8.2	36	8	280
18:00	27.5	28.2	21.6	29.5	6.4	47	0	0
21:00	27.7	35.5	20.7	50.8	2	69	3	30

۶- تحلیل داده ها

دماهای ثبت شده سه فضا در طول دوره اندازه گیری (نمودار ۲) نشان دهنده این مطلب است: تغییرات دما در ساعات مشابه در روزهای مختلف روندی مشابه دارند. با توجه به ایجاد شرایط آسایش ساکنین ساختمان، بخاری نشیمن در تمام ساعات شبانه روز روشن است و تغییرات دمای نشیمن ناچیز و قابل چشم پوشی است. وزش مستقیم باد به دیوار جنوب (۱۸۰ درجه) نداریم.

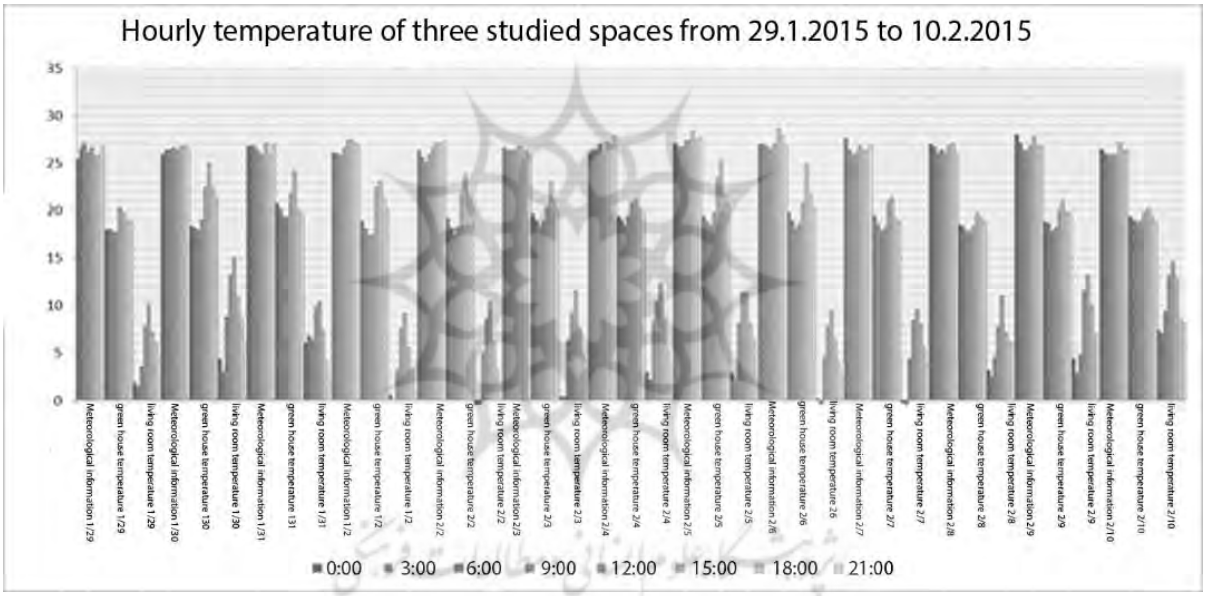


Chart. 2 Hourly temperature of three studied spaces from 29.1.2015 to 10.2.2015. Synoptic Meteorological Station of Shahroud)

دمای سه فضای مورد بررسی (نشیمن، گلخانه، هوای خارج بنا) در هر روز مشخص از دوره اندازه گیری (۲۹,۱,۲۰۱۵ الی ۱۰,۲,۲۰۱۵) کنار هم ترسیم شده است (نمودار ۲). هر روز از سه ستون با هشت طیف رنگی (از سمت چپ به راست هر ستون تیره به روشن) تشکیل شده است. هر رنگ معرف یک ثبت دما می‌باشد. تیره ترین رنگ مربوط به ساعت صفر (بامداد) و کم رنگترین به ساعت ۲۱ اختصاص دارد. بزرگترین ستون با هشت خط بلند، وضعیت دمایی نشیمن، ستون متوسط معرف دمای گلخانه و کوچکترین ستون با تغییرات زیاد در اندازه خط هایش وضعیت دمایی هوای خارج را نشان می‌دهد. تشابه ریتم حرکت اندازه خطها در هر ساعت، نشان دهنده تغییرات دمایی مشابه هر فضا در ساعات یکسان است (نمودار۲). دمای گلخانه از دمای هوای خارج بیشتر و از دمای نشیمن کمتر است. باتوجه به همسان بودن تغییرات دمایی فضاهای یکسان در روزهای مختلف به منظور ارزیابی نتایج ثبت شده، دو روز به صورت تصادفی انتخاب و داده های مربوط به این دو روز (جدول ۸ و ۷) مورد تحلیل قرار می‌گیرد. پس از آن میانگین داده های ثبت شده در کل روزها (نمودار ۴) با تحلیل های فوق مقایسه می‌شود.

تغییرات دمایی نشیمن، گلخانه و دمای هوای خارج در روز ۲۹ ژانویه ۲۰۱۵ و ۵,۲,۲۰۱۵ (پنجم فوریه) به شرح زیر است: دمای نشیمن در وضعیت مطلوب ساکنین تقریبا ثابت است و تغییرات قابل ملاحظه ای ندارد (بین یک تا دو

درجه اختلاف). تغییرات دمایی گلخانه و هوای خارج متاثر از تابش آفتاب و گرمایش خورشیدی از زمان طلوع خورشید تا ظهر، رو به افزایش است و در بازه زمانی ساعت ۹ صبح تا ۱۲ تغییرات دمایی، روند صعودی خواهد شد (نمودار ۳). بیشترین دمای ثبت شده از هوای خارج در تاریخ ۲۹ ژانویه با عدد ۱۰,۴ درجه (سانتیگراد) و در دوم فوریه با عدد ۱۱,۴ درجه (سانتیگراد) مربوط به ساعت ۱۲ است (جدول ۷ و ۸). کاهش دمای هوای خارج از ساعت ۱۲ به بعد با شیب تندی صورت می‌گیرد (نمودار ۳). با توجه به اینکه انرژی خورشیدی در گلخانه تبدیل به گرما شده و برای مدت زمانی (وابسته به ظرفیت حرارتی مصالح داخل گلخانه) گرمای حبس شده در این فضای شفاف باقی می‌ماند، کاهش دمای گلخانه به سمت بعد از ظهر با شیب بسیار ملایمی انجام می‌شود. با نزدیک شدن به غروب آفتاب دما رو به کاهش می‌رود و هرچه به ساعات پایانی شب نزدیک می‌شویم کاهش دمای هوا و گلخانه شدیدترمی‌شود. البته با توجه به ضخامت کم پارتیش گلخانه و تبادل حرارت زیاد نشیمن - گلخانه، اختلاف حداکثر دمای داخلی گلخانه نسبت به حداکثر دمای هوای خارج، متاثر از این تبادل حرارت، زیاد است. اختلاف دمای بین گلخانه و هوای خارج در ساعات شروع روز، نزدیک به ۱۸ درجه سانتیگراد است (جدول ۸ و ۷).

وزش باد در مواقع سرد موجب کاهش شدید دمای هوا می شود. البته دمای ارائه شده در آمار ایستگاه های هواشناسی نشان دهنده دمای هوا تحت تاثیر باد نیست چون دماسنج های این ایستگاه‌ها در محفظه‌ای قرار دارد که باعث محافظت دماسنج در برابر حرارت ناشی از تاثیر مستقیم آفتاب یا تاثیر خنک کنندگی باد می شود. با این وجود وزش باد بر نمای خارجی ساختمان در مواقع سرد سال باعث پایین رفتن دمای سطوح خارجی و در نتیجه افزایش میزان اتلاف حرارت ساختمان از جدارهای خارجی آن خواهد شد. به همین منظور جهت و سرعت وزش باد در دو روز ۲۹ ژانویه و ۵ فوریه مورد ارزیابی قرار گرفت (جدول 8 و ۷). نمای خارجی گلخانه به سمت جنوب قرار دارد و بعد از بررسی وضعیت وزش باد در این دو روز، بادی که به سمت جنوب (۱۸۰ درجه) بوزد، وجود ندارد. تنها بادی که به جنوب نزدیک است باد جنوب غرب ۲۱۰ درجه با سرعت ۴ متر بر ثانیه است که در ساعت ۹ روز ۲۹ ام ژانویه به ساختمان وزیده است (جدول ۷). این وزش از دلایل کاهش دمای گلخانه در ساعت ۹ نسبت به همین ساعت در رور پنجم فوریه است (جدول ۸ و ۷). باد غالب شاهرود در زمستان از شمال شرق و شرق است و باد جنوب بعد از جنوب غرب در اولویت بعدی است (کسمایی، ۱۳۸۲، ۱۵۳). از آمار مشخص است که در زمستان تعداد وزش‌ها به سمت دیوار جنوبی زیاد نیست. این مقاله به همین مقدار بررسی باد بسنده می‌کند. جهت مقایسه گرافیکی اطلاعات دمایی نشیمن، گلخانه و هوای خارج، نمودار مربوطه ترسیم شده است (نمودار ۳).

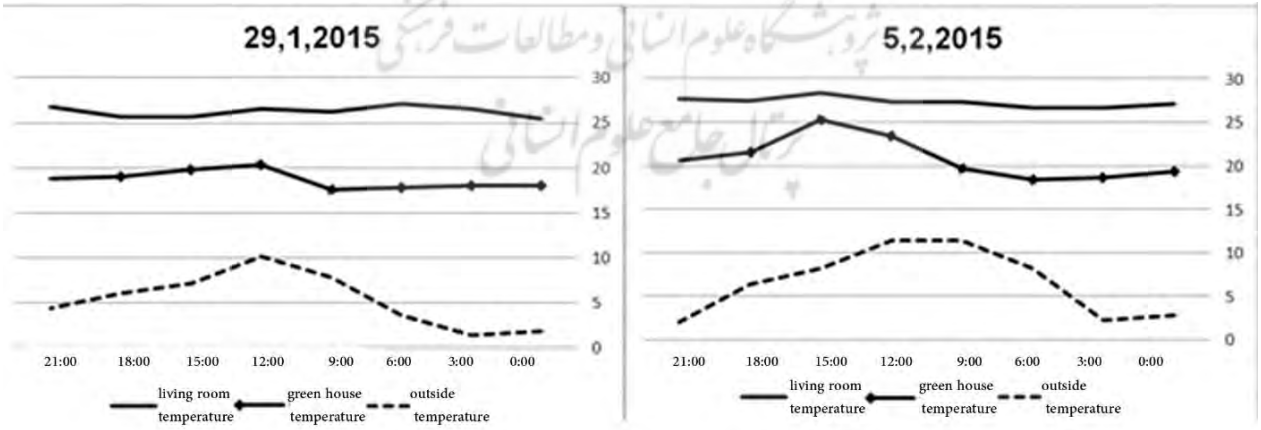


Chart. 3 Temperature dfference in living space and greenhouse and exterior in 29.1.2015 and 5.2.2015

پس از بررسی داده ها، روند تغییرات دمایی در همه روزها مشابه بودند. به همین منظور، جهت ارایه جداول و نمودار داده‌ها و تحلیل بر اساس آنها، جدولی از میانگین داده های مربوطه تهیه شد (جدول ۸).

از نظر تغییرات دمایی، روند حرکت نمودارها (۳ و ۴) با تغییرات جزیی شبیه هم هستند و به طور میانگین بیشترین دمای ثبت شده هوای خارج مربوط به ساعت ۱۲ است. تغییرات دمای هوای خارج و دمای گلخانه با دریافت انرژی خورشیدی به صورت افزایشی خواهد بود. به دلیل گرمایش

ایستا، گرما در گلخانه ایجاد شده و دمای آن زیاد می‌شود، در نتیجه اختلاف دمای نشیمن و گلخانه کاهش می‌یابد و در ساعت ۳، این اختلاف دما به حداقل می‌رسد. به همین دلیل در ساعت ۳ کمترین تبادل حرارت بین نشیمن و گلخانه نسبت به ساعات دیگر شبانه روز انجام می‌شود. میانگین اختلاف دما و اتلاف حرارت بین سه فضای مورد بررسی در ساعات مورد اندازه گیری شبانه روز در جدول ۹ آمده است.

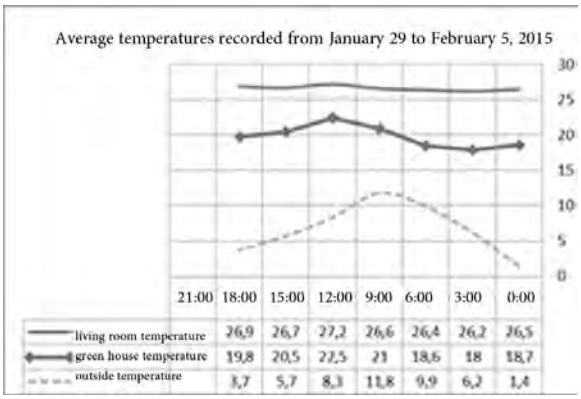


Chart. 4 Average temperatures recorded from January 29 to February 5, 2015

Table 9: Average temperature difference and heat exchange (watts) between each adjacent space on the south side of the building

Average results	21:00	18:00	15:00	12:00	9:00	6:00	3:00	00:00	
6,86	7,1	6,2	4,7	5,6	7,8	8,2	7,8	7,5	Average temperature difference in living room and greenhouse from 10.2.2015 to 15.1.2015 (Celsius)
13,59	16,1	14,8	14,2	9,2	8,7	11,8	17,3	16,6	Average outside temperature and greenhouse temperature difference from 10.2.2015 to 15.1.2015 (Celsius)
20,45	23,2	21	18,9	14,8	16,5	20	25,1	24,1	Average temperature difference of outside air from 10.2.2015 to 15.1.2015 (Celsius)
57,26	64,96	58,8	52,92	41,44	46,2	56	70,28	67,48	The heat dissipation from living room to outside in the absence of a greenhouse, Watts
29,85	33,87	30,66	27,59	21,60	24,09	29,2	36,64	35,18	The heat dissipation from living room to outside in the presencce of a greenhouse, Watts
38,43	39,76	34,72	26,32	31,36	43,68	45,92	43,68	42	The heat dissipation from living room to the greenhouse
38,04	45,08	41,44	39,76	25,76	24,36	33,04	48,44	46,48	Greenhouse heat dissipation with addition of greenhouse, Watts

اختلاف دمای بین دو فضا و ضریب انتقال حرارت سطح مشترک آن دو فضا معرف تبادل حرارت بین آنها است. با توجه به جدول ۹، اختلاف دمای نشیمن و هوای خارج بسیار زیادتر از اختلاف دما بین نشیمن و گلخانه است. این مطلب بیانگر تفاوت اتلاف حرارت فضای نشیمن با فضای مجاورش در صورت تعبیه گلخانه جنوبی نسبت به حالتی که گلخانه وجود ندارد.

اتلاف حرارت نشیمن از داخل به خارج، به مساحت جداره خارجی و جنس مصالح آن (ضریب انتقال حرارت مصالح) و اختلاف دمای داخل و خارج وابسته است. مساحت دیوار خارجی که معین است. با توجه به جدول ۵ و ۴، ضریب انتقال حرارت از ۰،۴۱۴ وات بر مترمربع در وضعیت بدون گلخانه، به ۰،۳۶۶ وات بر مترمربع با حضور با گلخانه، کاهش داشته است.

با توجه به رابطه انتقال حرارت: $q = UA(Ti - To)$، مساحت جداره خارجی A (m^2)، ضریب کلی هدایت حرارت جداره U ($W/(m^2\ c^0)$)، اختلاف دمای معادل Δt (c^0)، دمای طرح خارج to، دمای طرح داخل ti است (طباطبایی، ۱۳۷۸). انتقال حرارت ساختمان (هدایت) از داخل به محیط خارج در سه حالت بررسی شد:

الف- در صورتیکه گلخانه و جود نداشته باشد (با توجه به آسایش ساکنین دمای هوای داخل نشیمن با دماهای ثبت شده برابر است و دمای خارج ساختمان نیز مشخص است): اختلاف دمای بین نشیمن و هوای خارج با توجه به جدول ۹، در بهترین حالت (کمترین اختلاف دما)، ساعت دوازده، عدد ۱۴،۸ سانتیگراد است. ضریب انتقال حرارت در این وضعیت، ۲،۸ وات بر مترمربع است (جدول ۴). اگر یک متر مربع از مساحت دیوار در نظر گرفته شود: انتقال حرارت این ساعت، ۴۱،۴۴ وات خواهد بود.

ب- در صورتیکه گلخانه وجود داشته باشد: اختلاف دمای بین گلخانه و فضای خارج با توجه به جدول ۷، در ساعت دوازده، ۹،۲ سانتیگراد است و با توجه به ظریب

انتقال حرارت ۲,۸، حرارت اتلاف شده در این ساعت ۲۵,۷۶ وات خواهد بود.

ج- اگر لایه گلخانه را بخشی از ضخامت دیوار در نظر بگیریم در ساعت ۱۲، حرارت منتقل شده به خارج ساختمان با ضریب انتقال حرارت ۱,۴۶(جدول ۵) و اختلاف دمای ۱۴,۸ سانتیگراد، ۲۱,۶۰۸ وات است.

د- اختلاف حرارت نشیمن و گلخانه در ساعت دوازده، ۵,۶ سانتیگراد است. ضریب انتقال حرارت دیواره نشیمن و گلخانه ۵,۶۱۳ است (جدول ۶). میزان حرارتی که از یک متر مربع این پارتیشن جا به جا می‌شود ۳۱,۴ وات است.

با مقایسه ب و ج، این نتیجه حاصل می‌شود: در صورتیکه پارتیشن داخلی گلخانه و نشیمن درز بندی بهتری داشته باشد و تبادل حرارت بین نشیمن و گلخانه کنترل شده‌تر باشد، شاهد صرفه جویی بیشتری در مصرف انرژی خواهیم بود.

کاهش ضریب هدایت حرارتی موجب کاهش اتلاف حرارت خواهد بود. جهت تامین بار گرمایشی نشیمن، اتلاف حرارت نشیمن (هدایت) به محیط کنترل نشده مجاورش و یا فضای خارج، از فاکتور های تعیین کننده است. بدین منظور تبادل حرارت نشیمن و گلخانه با انتقال حرارت نشیمن به فضای خارج در صورت نبود گلخانه مقایسه می‌شود.

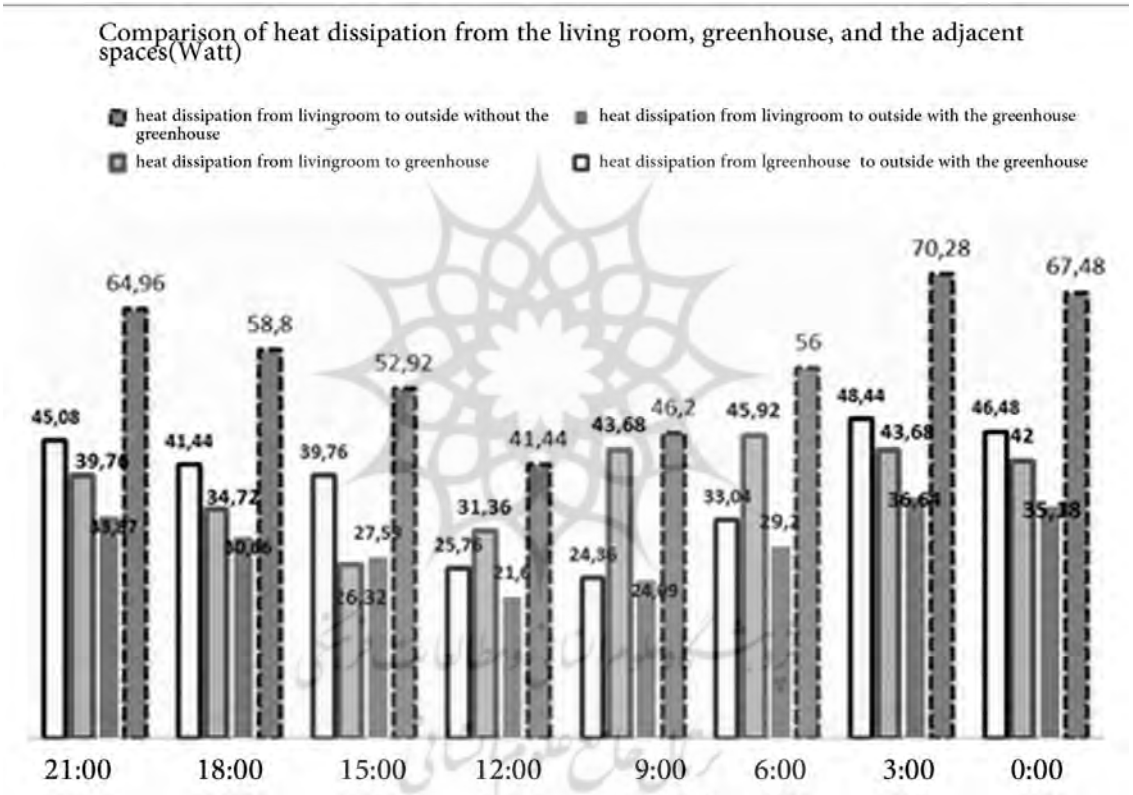


Chart. 5 Comparison of heat dissipation from the living room, greenhouse, exterior

اتلاف حرارت به خارج ساختمان در تمامی ساعات شبانه روز وجود دارد و در ساعت دوازده که بالاترین دمای هوای خارج است، اتلاف حرارت به کمترین میزان خود می‌رسد. نمودار ۵، اتلاف زیاد حرارت بین نشیمن و فضای خارج را در صورت نبود گلخانه نشان می‌دهد. اتلاف حرارت ساعتی نشیمن به گلخانه در بازه ۲۶ تا ۴۵ وات متغیر است. در حالیکه بازه اتلاف حرارت ساعتی نشیمن به محیط خارج از ۴۱ تا ۷۰ وات است. در صورت نبود گلخانه به طور میانگین ۵۷,۲۶ وات اتلاف حرارت نشیمن به خارج درهر ساعت شبانه روز خواهیم داشت. این در حالی است که با تعبیه گلخانه اتلاف حرارت از گلخانه به هوای خارج ۳۸,۰۵ وات در هر ساعت شبانه روز خواهد بود.

اتلاف حرارت از نشیمن به گلخانه به طور میانگین در طول شبانه روز در هر ساعت ۳۸,۴۳ وات خواهد بود. در صورتیکه حالت فرضی (شکل ۴) را در نظر بگیریم، ۲۹,۸ وات اتلاف حرارت نشیمن به خارج در هر ساعت شبانه روز انجام می‌شود.

۷- نتیجه گیری

دیوارهای خارجی ساختمان، مخصوصا پنجره‌ها و سطوح شفاف نما از عناصر مهم تبادل حرارت بنا و فضای خارج

می‌باشند. در عین حال سطوح شفاف به دلیل ورود نور روز و هم چنین دید به بیرون ازعناصرکیفیت بخش به فضای معماری هستند، لذا به دنبال راهکاری جهت حفظ سطوح شفاف نمای خارجی توام با کنترل دمای فضای آپارتمان و استفاده از انرژی خورشیدی، یک گلخانه کم عرض (مجاور نشیمن) در نمای جنوبی آپارتمانی مسکونی طراحی و اجرا شد.

این پژوهش با هدف بررسی عملکرد حرارتی گلخانه جنوبی بر کاهش اتلاف حرارت فضای مجاور آن (نشیمن) در آپارتمان مورد مطالعه انجام شده است. یافته های پژوهش نشان می‌دهد: با طراحی و استقرار گلخانه جنوبی مجاور فضای اصلی آپارتمان مسکونی (نشیمن) علاوه بر افزایش مقاومت حرارتی ضلع خارجی (جنوبی) ساختمان، در روزهای آفتابی ذخیره سازی انرژی خورشیدی نیز در گلخانه انجام می‌شود. کاهش اختلاف دمای بین نشیمن و فضای مجاورش، کاهش اتلاف حرارت را نتیجه خواهد داد. از زمان طلوع آفتاب به دلیل گرمایش خورشیدی، کاهش اختلاف دمای گلخانه و نشیمن آغاز می‌شود. ازساعت ۹ صبح تا ساعت ۱۵ میزان اختلاف دمای این دو فضا سیر نزولی دارد و در ساعت ۱۵ اختلاف دمای بین نشیمن و گلخانه به حداقل می‌رسد. میانگین اختلاف دمای هوای خارج ونشیمن، در مدت اندازه گیری ثبت دما، ۲۰,۴۵ درجه سانتیگراد است. در صورتیکه گلخانه به عنوان فضای واسط بین نشیمن و بیرون وجود نداشته باشد میانگین اتلاف حرارت نشیمن به خارج، در هر ساعت شبانه روز، ۵۷,۲۶ وات و در صورت استقرار گلخانه بین نشیمن و فضای خارج، میانگین اتلاف حرارت گلخانه به خارج ۳۸,۰۵ وات است. در صورت تعبیه گلخانه جنوبی، ۳۳,۵ درصد کاهش اتلاف حرارت به بیرون از ساختمان و ۳۲,۸۹ درصد کاهش اتلاف حرارت نشیمن را نتیجه خواهد داد و در مصرف انرژی گرمایش مربوط به این بخش صرفه جویی خواهد شد.

گلخانه مستقر در جنوب ساختمان علاوه بر کاهش ضریب هدایت حرارتی بین نشیمن و فضای خارج، ذخیره سازگرمایش خورشیدی است.

پیشنهاد می‌شود: ۱- داخل گلخانه با استقرار گلدان طبیعی به خصوص کاکتوس (گیاه مقاوم) تزیین شود. علاوه بر زیبایی و کیفیت فضایی گلخانه، خاک گلدان‌ها تاثیر زیادی در جذب و ذخیره سازی گرمای خورشیدی دارد. ۲- پارتیشن مشترک بین گلخانه و نشیمن شفاف با پروفیل‌های غیر فلزی و درز بندی کامل اجرا شود تا علاوه بر تامین دید تبادل حرارت با نشیمن کمتر داشته باشد. ۳- بخشی از پارتیشن بین گلخانه و نشیمن قابلیت باز شدن داشته باشد تا امکان نظافت گلخانه و رسیدگی به گلدان‌ها فراهم شده و همچنین تهویه طبیعی بین نشیمن و بیرون، زمانی که پنجره های نمای جنوبی باز می‌شود، در فصل بهار و مواقع نیاز برقرار شود (البته در گلخانه هایی که ذخیره سازی گرمایی بالایی داشته باشند، بازشوهای پارتیشن در مواقعی از روزهای سرد نیز باز می‌شوند که پژوهش پیش رو به این موضوع نپرداخته است). ۴- مصالح تشکیل دهنده کف و جداره های گلخانه دارای ظرفیت حرارتی بالایی باشند نظیر بتن، سنگ، آجر و....

پی نوشت:

1. Infiltration
2. Designbuilder
3. Energy Plus

فهرست منابع:

- ایستگاه هواشناسی سینوپتیک (۱۳۹۴، ۱۳۹۳). شاهرود.
- بهادری نژاد، مهدی؛ صفرزاده، حبیب ا.... (۱۳۸۱). طراحی یک ساختمان بی نیاز از انرژی های فسیلی در تهران (ساختمان سبز)، دومین همایش بین‌المللی بهینه سازی مصرف سوخت در ساختمان، سازمان بهینه سازی مصرف سوخت کشور، تهران.
- حاج سقطی، اصغر. (۱۳۸۰). اصول و کاربرد انرژی خورشیدی. انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران.
- طباطبایی، سید مجتبی. (۱۳۷۸). محاسبات تاسیسات ساختمان. انتشارات روزبهان، تهران.
- کسمایی، مرتضی. (۱۳۷۷). جزوه انرژی خورشیدی، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران.
- کسمایی، مرتضی. (۱۳۸۲). اقلیم و معماری. انتشارات خاک، اصفهان.
- گیلانی، سارا؛ محمدکاری، بهروز (۱۳۹۰). بررسی عملکرد گرمایشی گلخانه های خورشیدی در ساختمانهای مسکونی اقلیم سرد نمونه موردی: شهر اردبیل. مهندسی مکانیک مدرس، ۲(۱۱)، صص. ۱۴۷-۱۵۷.
- لکنر، نربرت (۱۳۸۵). سرمایش، گرمایش، روشنایی، (مترجم، کی نژاد، محمدعلی؛ آذری، رحمان)، انتشارات دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز.
- Aelenei D, Leal Hugo de A, Aelenei L (2014). The use of attached-sunspaces in retrofitting design: the case of residential buildings in Portugal. Energy Procedia, Vol. 48, pp. 1436-1441.
- Asdrubali F, Cotana F, Messineo A (2012). On the evaluation of solar greenhouse efficiency in building simulation during the heating period, Energies, Vol. 5, pp. 1864-1880.

- Ashrae Journal (2013). Retrieved from www.ashrae.org.
- Bahadori MN, Hajidavalloo E (1995). Afeasibility study of passive solar heating in Iranian condition, 20 th National passive solar conference, Tehran: American solar energy.
- Bataineh KM, Fayez N (2011). Analysis of thermal performance of building attached sunspace, Energy & Buildings, Vol. 43, pp. 1863-1868.
- Blasco Lucas I, Hoesè L, Pontoriero D (2000). Experimental study of passive systems thermal performance, Renewable Energy, Vol. 19, pp. 39-45.
- Chareille R, Roux JJ, Covalet D (2001). Impact of a veranda on the reduction of the energy consumption in residential buildings: an application of the Clim2000 software, Building Simulation, Seventh International IBPSA Conference, Rio de Janeiro, Brazil, Building Simulation, pp. 1359-1366.
- Esposti W, Meroni I, Scamoni F, Tirloni P, Pollastro C (1990). Experimental analysis of the energy performance of an attached sunspace, Energy and Buildings, Elsevier, Vol. 14, pp. 221-224.
- Fernandez-Gonzalez A (2004). Comfort and thermal performance of passive solar test rooms in Muncie, Indiana, in Campbell-Howe, R. (Ed.), Proceedings of the 33rd ASES Conference, Portland, United States, pp. 587–592.
- Fernandez-Gonzalez A (2007). Analysis of the thermal performance and comfort conditions produced by five different passive solar heating strategies in the United States Midwest, Solar Energy, Vol. 81, pp. 581-593.
- Givoni B (1998). Climate Considerations, Wiley, New York.
- Hestnes AG. (2000). Building integration of solar energy systems, Solar Energy, Vol. 67, pp. 181-187.
- Mihalakakou G (2002). On the use of sunspace for space heating/cooling in Europe, Renewable Energy, Vol. 26, pp. 415-429.
- Mihalakakou G, Ferrante A (2000). Energy conservation and potential of a sunspace sensitivity analysis, Energy Conversion & Management, Vol. 41, pp. 1247-1264.
- Moore F (1993). Environmental Control Systems, McGraw Hill, New York.
- Mottard JM, Fissore A (2007). Thermal simulation of an attached sunspace and its experimental validation, Solar Energy, Vol. 81, pp. 305-315.
- Oliveti G, Arcuri N, De Simone M, Bruno R (2012). Solar heat gains and operative temperature in attached sunspaces, Renewable Energy, Vol. 39, pp. 241-249.
- Oliveti G, De Simone M, Ruffolo S (2008). Evaluation of the absorption coefficient for solar radiation in sunspaces and windowed rooms, Solar Energy, Vol. 82, pp. 212–219.
- Oliveti G, Simona M, Ruffolo S (2005). Solar contribution evaluation for building attached sunspace in the Mediterranean climate, In Proceedings of the International Conference Passive and Low Energy Cooling for the Built Environment, Santorini, Greece.
- Sánchez-Ostiz, Monge-Barrio A, Domingo-Irigoyen S, González-Martínez P (2014). Design and experimental study of an industrialized sunspace withsolar heat storage, Energy and Buildings, Vol. 80, pp. 231-246.
- Uni En Iso 7730 (1997). Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort, Moderate thermal environments.
- Whang S, Kim S (2014). Determining sustainable design management using passive design elements for a zero emission house during the schematic design, Energy and Buildings, Vol. 77, pp. 304-312.
- www.extech.com (2015).
- Yellott JI (1975). Solar Oriented Architecture: Research Report for the AIA Research Corporation and the National Bureau of Standards, Arizona, Arizona State University, Tempe.