فصلنامه علمی تخصصی معماری سبز
سال ششم، شماره ۳ (پیاپی: ۲۱)، پاییز ۱۳۹۹، جلد یک
ISSN: 2476-5368

بررسی راهکارهای بهینه‌سازی سامانه‌های گرمایشی ایستا در رسیدن به معماری پایدار

زینب مشهور[۱]

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۷/۰۹
تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۸/۱۲
کد مقاله: ۳۰۴۴۲

چکـیده

هرچند امروزه مبحث پایداری مورد توجه معماران و شهرسازان قرار گرفته است، اما مشاهده اجمالی معماری عصر حاضر نشان می‌دهد در عمل، ساختمان‌ها با تکیه بر توان تکنولوژی به دنبال رفع نیازهای انسان هستند و قابلیت‌های اقلیم و محیط زیست در رفع نیازهای انسانی در احداث بناها مغفول مانده است. لذا در این پژوهش با توجه به نقش سامانه‌های ایستا در کاهش مصرف انرژی که عمده هدف معماری پایدار می‌باشد و همچنین تلاش در جهت تطبیق معماری با اقلیم منطقه، با تکیه بر منابع کتابخانه‌ای و اسنادی به معرفی این سامانه‌ها پرداخته و با محدود کردن پژوهش به متداول‌ترین سامانه‌های گرمایشی ایستا (پنجره آفتابی، دیوار ترومب و گلخانه)، مزایا و معایب آن‌ها را مورد بررسی قرار داده است. از آن‌جایی که معایب و محدودیت‌های این سامانه‌ها سبب کاهش اقبال در استفاده از آن‌ها به عنوان سیستم‌های پایدار و دوستدار محیط زیست می‌شود، تلاش در جهت رفع آن‌ها می‌تواند نقش موثری در ترغیب طراحان و کارفرمایان در بکارگیری این سامانه‌ها داشته باشد. لذا در ادامه به روش تحلیلی-اسنادی به ارائه راهکارهایی در جهت رفع محدودیت‌ها و بکارگیری گسترده‌تر آن‌ها پرداخته است. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد، می‌توان به روش‌های مختلف از جمله، ترکیب سیستم‌ها، استفاده از مصالح نوین و همچنین خلاقیت در طراحی و قابلیت بخشی به فضاهای موجود در بنا، راهکارهایی در جهت بهینه‌سازی و بکارگیری عام‌تر این سامانه‌ها ارائه نمود.

واژگـان کلـیدی: سامانه های ایستا، گرمایش ایستا، معماری پایدار، انرژی، طراحی اقلیمی

۱- مربی: دپارتمان معماری، آموزشکده فنی و حرفه ای دختران اهواز، دانشگاه فنی و حرفه‌ای استان خوزستان، ایران
E-mail:zs_mashhoor@yahoo.com

۱- مقدمه

بشر امروزی با صنعتی شدن و کشف منابع سوخت‌های فسیلی و تغییر در سبک ساختمان‌سازی، با تکیه بر منابع انرژی‌های تجدیدناپذیر، آسایش حرارتی بنا را تامین نموده و این امر پیامدهای ناگواری از جمله آلودگی محیط زیست را در پی داشته است. با افزایش مشکلات دنیای مدرن، سامانه‌های پایدار در اولویت سیاست‌های کشورهای توسعه یافته قرار گرفته است. کشورهای در حال توسعه مانند ایران نیز هم اکنون در پی اجرای این سیاست‌ها در جهت حل مشکلات مختلف فرهنگی، اجتماعی، زیست محیطی و با در نظر گرفتن پیامدهای اقتصادی هستند (ولی زاده اوغانی و موحدی ۱۳۹۸). کاربرد مفاهیم پایداری و اهداف توسعه پایدار در جهت کاهش اتلاف انرژی و آلودگی محیط زیست در معماری، مبحثی به نام معماری پایدار به وجود آورده است. در این نوع معماری، ساختمان نه تنها با شرایط اقلیمی منطقه، خود را تطبیق می‌دهد بلکه ارتباط متقابلی با آن برقرار می‌کند (مولانایی و سلیمانی، ۱۳۹۵: ۵۹). در سالهای اخیر استفاده از سامانه های ایستا؛ به عنوان سیستمی که به دنبال تامین نیازهای گرمایشی، سرمایشی و نوررسانی به صورت طبیعی و همساز با اقلیم است؛ (قیابکلو، ۱۳۹۵) و همچنین به عنوان یکی از راه‌حل‌هایی که به توسعه و نصب سیستم‌های ساخت و ساز پایدار در ساختمان سازی جدید و موجود کمک می‌کند (قدیری مقدم و همکاران، ۱۳۹۸)؛ اهمیت دو چندان یافته است. استفاده از این سامانه‌ها برای گرمایش و سرمایش ساختمان‌ها راهکار جدیدی نیست و طی قرن‌های متمادی بشر از آن‌ها استفاده کرده است. جذب مستقیم نورخورشید از طریق یک پنجره معمولی با جهت‌گیری جنوبی، ساده‌ترین نوع این سامانه‌هاست (وکیلی نژاد، و همکاران، ۱۳۹۲: ۱۴۹). هر چند هزینه اولیه سامانه‌های ایستا در مقایسه با سامانه‌های پویا بسیار کمتر بوده و در دراز مدت سبب صرفه‌جویی مصرف انرژی می‌شود ولی به دلایلی از جمله عدم شناخت این سامانه‌ها و واقف نبودن بر اهمیت آن‌ها، هزینه اولیه‌ای که بر ساختمان‌سازی تحمیل می‌کند، محدودیت‌های این سامانه‌ها و غیره، کمتر مورد استفاده قرار گرفته است. لذا اگر پتانسیل‌های سامانه‌های ایستای خورشیدی در ایجاد آسایش زیستی مطلوب در طرح‌های معماری امروزی به درستی معرفی و به کار گرفته شود می‌تواند نقش بسیار ارزنده‌ای در حوزه معماری پایدار با حداقل تمهیدات تجهیزاتی با بازده بالا ایفا کند. مقاله حاضر با تاکید بر نقش طراحی صحیح اقلیمی بر کاهش مصرف انرژی و تاکید بر سهولت استفاده از این سیستم‌ها و نقش آن‌ها در رسیدن به اهداف معماری پایدار، با محدود کردن پژوهش به سامانه‌های گرمایشی ایستا و با هدف معرفی پتانسیل‌های این سامانه‌ها و تلاش در رفع موانع و محدودیت‌های آن‌ها، با استفاده از منابع اسنادی و کتابخانه‌ای، مزایا و معایب متداول‌ترین سیستم‌های گرمایشی ایستا (پنجره آفتابی، دیوار ترومب، گلخانه) را مورد بررسی قرار داده و سپس به روش تحلیلی-توصیفی با تکیه بر مطالعات اسنادی، به بررسی راهکارهای بهینه‌سازی سیستم‌های گرمایشی در جهت رفع موانع و محدودیت‌ها و استفاده سهل‌تر از آن‌ها پرداخته است.

۲- معماری پایدار

طبق تعریف کمیسیون جهانی سازمان ملل در زمینه محیط زیست، توسعه پایدار آن نوع توسعه‌ای است که نیازهای امروز را بدون لطمه زدن به توانایی‌های نسل‌های آینده در برآوردن نیازهایشان برآورده سازد. از نظر این کمیسیون، طراحی پایدار برای زیست بوم و بقاء کره زمین یک گزینه نیست بلکه یک اجبار است که چهار رویکرد مهم آن عبارتند از: کاهش[1]، باز مصرف[2]، بازیافت[3] و بازآفرینی[4]. هدف عمده پایداری تمرکز بر روی کاهش است (یوسفی تذکر و همکاران، ۱۳۹۷).

کاربرد مفاهیم پایداری و اهداف توسعه پایدار در جهت کاهش اتلاف انرژی و آلودگی محیط زیست در معماری، مبحثی به نام معماری پایدار به وجود آورده است. در این نوع معماری ساختمان نه تنها با شرایط اقلیمی منطقه خود را تطبیق می‌دهد بلکه ارتباط متقابلی با آن برقرار می‌کند و در یک تعریف اجمالی می توان گفت معماری پایدار معماری است که در آن طراح، کاربر بنا را به سمت استفاده اندک از منابع تجدیدناپذیر و همسازی با اقلیم با بیشترین بهره، توأم با حداقل آسیب به محیط زیست و زمین سوق می‌دهد (مولانایی و سلیمانی، ۱۳۹۵: ۵۹).

امروزه تعاریف، خوانش‌ها، راهکارها و راهبردهای گوناگونی در سراسر جهان از این سبک وجود دارد. اما در همگی آن‌ها به دنبال به کمینه رساندن تاثیرات منفی انسان، شیوه‌ی زندگی او و ساخت و ساز مصنوع بر روی محیط زیست و طبیعت است و با معتدل‌سازی و کارآمدسازی استفاده از انرژی و منابع، مواد و مصالح و فضای معماری، تطبیق خود با محیط، زیست بوم، اقلیم و آب و هوا، استفاده از انرژی‌ها و عوامل طبیعی، استفاده از وسایل کم‌مصرف، ایجاد بنای خودبسنده، شیوه‌ها و راهکارهای منحصراً ساختمانی و معماری، اقتصادی بودن در کلیه‌ی ابعاد و مراحل چرخه‌ی حیات بنا (طراحی، استقرار در محل، ساخت و ساز، کارکرد، نگهداری، بازسازی و ترمیم و تخریب) و استفاده از مواد بدون ضرر برای انسان و محیط، این اهداف را پیگیری می‌کند تا ساختمانی

1. Reduce.
2. Re- Use.
3. Recovery.
4. Regenerate.

را ایجاد کند که به انرژی مصنوعی و هرگونه وسیله الکتریکی یا مکانیکی، هر شکلی از تاسیسات و اتصال به شبکه‌های شهری، بی‌نیاز باشد و حتی انرژی مازاد خود را اندوخته کند (درودیان، ۱۳۹۳: ۱۲۷).

با توجه به تعاریفی که از سامانه‌های ایستا در دسترس است، در سامانه‌های ایستا و غیر فعال خورشیدی، ساختمان‌ها به گونه‌ای طراحی می‌شوند که نیازهای گرمایش، سرمایش و نور رسانی در آن‌ها به صورت طبیعی و همساز با اقلیم تأمین می‌گردد و به این دلیل سامانه غیر فعال یا ایستا نامیده می‌شودکه نیاز به فعالیت تجهیزات گرمایشی و سرمایشی را به حداقل ممکن می‌رساند (قیابکلو، ۱۳۹۵: ۱۵۷)، لذا با توجه به اهمیت این سامانه‌ها در کاهش مصرف انرژی که عمده هدف معماری پایدار می‌باشد و هم‌چنین تلاش در جهت تطبیق معماری با اقلیم منطقه، بکارگیری هرچه بیشتر آن‌ها در معماری، امری ضروری در رسیدن به اهداف معماری پایدار می‌باشد.

۳- سامانه های ایستا در معماری

به روش‌ها و ابزارهایی که با استفاده از انرژی‌های رایگان قابل حصول از خورشید، آسمان، هوا و باد به گرمایش و سرمایش ساختمان به طور طبیعی کمک می‌کنند، سامانه‌ی ایستا اطلاق می‌شود. در حقیقت با استفاده از سامانه‌های ایستا، ساختمان بدون یا با مقدار ناچیز مصرف انرژی فسیلی قادر به ادامه‌ی فعالیت‌های خود می‌باشد. در صورت استفاده از این سامانه، کیفیت و چگونگی معماری ساختمان مهم‌ترین عامل اثرگذار بر سرمایش و گرمایش می‌باشد، زیرا سامانه‌ی ایستا چیزی جز خود ساختمان نیست و این اجزاء و ارکان یک ساختمان است که در این شرایط با ایفای نقش چندگانه در گرمایش و سرمایش ساختمان نیز اثرگذار خواهد بود. بنابراین بکارگیری سامانه‌های ایستا مستلزم طراحی سنجیده برای این منظور است. این سامانه‌ها به دو دسته سامانه‌های گرمایشی ایستا[1] و سامانه‌های سرمایشی ایستا[2] قابل تفکیک‌اند (خلیل زاده اقدمی و مفیدی شمیرانی، ۱۳۹۳).

گرمایش ایستا بر پایه استفاده از انرژی حرارتی خورشید و سرمایش ایستا بر پایه استفاده از کاهنده‌های گرمایی مختلف استوار هستند (وکیلی نژاد، و همکاران، ۱۳۹۲). با توجه به تاکید سامانه‌های ایستا بر استفاده از انرژی خورشید و کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی و هم‌چنین کاهش هزینه‌های مربوط به لوازم گرمایش و سرمایش و تعمیر آن‌ها، نقش این سامانه‌ها در رسیدن به معماری پاسخگو و پایدار بسیار حائز اهمیت است. لذا بازنگری و استفاده از این سامانه‌ها در بنا نقش موثری در تحقق اهداف این معماری دارد. در ادامه با محدود کردن پژوهش به سامانه‌های گرمایشی ایستا، با تاکید بر سهولت استفاده از این سامانه‌ها، متداول‌ترین آن‌ها مورد بررسی قرار گرفته و سپس با بررسی معایب این سیستم‌ها به معرفی برخی راهکارها، در بهبود عملکرد این سیستم‌ها پرداخته است.

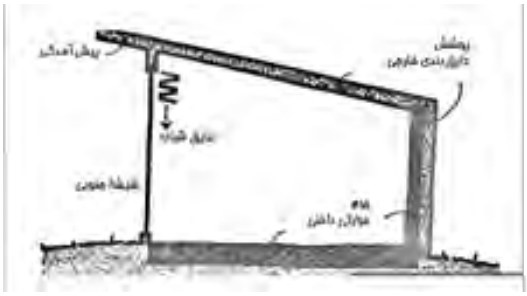
۴- سامانه های گرمایشی ایستا

روش‌ها و ابزارهایی که به گرم کردن ساختمان به طور طبیعی و با استفاده از عوامل طبیعی مانند خورشید و خاصیت مصالح می‌پردازند و وابستگی به انرژی‌های فسیلی را برای گرمایش کاهش می‌دهند، سامانه‌های گرمایشی ایستا گفته می‌شود. در طراحی ساختمان با روش ایستا باید ذات ساختمان هماهنگ با هدف گرمایش ایستا باشد (خلیل زاده اقدمی و مفیدی شمیرانی، ۱۳۹۳). متداول‌ترین سامانه‌های گرمایشی ایستا عبارتند از: پنجره آفتابی، دیوار ترومب و گلخانه، که به ترتیب به روش جذب مستقیم، جذب غیر مستقیم و جذب مجزا عمل میکنند (مور، ۱۳۸۲ و خلیل زاده اقدمی و مفیدی شمیرانی، ۱۳۹۳). در ادامه هر یک از این روش‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد:

الف- جذب مستقیم: معمول‌ترین سیستم خورشیدی ایستا، دریافت مستقیم نامیده می‌شود. در این روش نور خورشید از پنجره‌ها و نورگیرهای سقفی رو به جنوب وارد ساختمان می‌شود (نسیم‌سبحان و خان محمدی، ۱۳۹۴). این نوع جذب خورشیدی یا قسمتی از نیازهای جاری گرمایشی ساختمان را برآورده می‌سازد و یا در جرم حرارتی ذخیره می‌شود تا نیازهای گرمایشی آتی را برطرف کند. اغلب ساختمان‌های جذب مستقیم اجزای زیر را در خود دارند (شکل ۱) (مور ۱۳۸۲):

- پنجره‌های بزرگ دیواری یا سقفی رو به جنوب (برای هدایت نور خورشید زمستان به داخل ساختمان)
- جرم حرارتی در داخل جداره‌ای از عایق (برای کاهش نوسانات دما)
- پیش‌آمدگی محاسبه شده در بالای شیشه‌های جنوبی (سایه‌اندازی شیشه در تابستان)
- عایق شبانه (برای کاهش دفع گرما در شب)

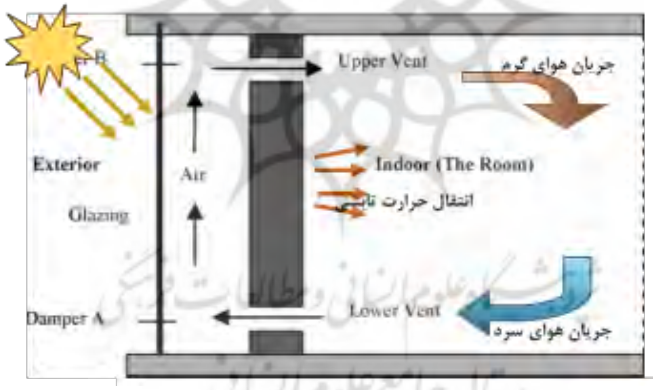
1- Passive Heating Systems.
2- Passive Cooling Systems.



شکل۱: مقطع شماتیک از ساختمان خورشیدی ایستا با سیستم جذب مستقیم (منبع : مور، ۱۳۸۲).

ب- جذب غیر مستقیم: در جذب غیر مستقیم، ذخیره کننده‌ها، حائل بین نور خورشید و فضای داخلی هستند. سیستم دیوار ترومب، دیوار آبی و حوضچه‌های سقفی از نوع جذب غیر مستقیم عمل می‌کنند. در این پژوهش با توجه به متداول‌تر بودن دیوار ترومب، در ادامه به بررسی آن خواهیم پرداخت:

دیوار ترومب: سیستمی جهت ذخیره‌سازی انرژی حرارتی خورشیدی است که متشکل از یک دیوار ساخته شده از مصالح ساختمانی با سطح تیره و یک جداره‌ی شیشه‌ای با فاصله کمی از آن است که در ضلع جنوبی ساختمان (سمت آفتاب‌گیر در زمستان در نیمکره شمالی) قرار می‌گیرد. حرارت جذب شده توسط دیوار ترومب در فضای بین دیوار و جداره‌ی شیشه‌ای محبوس شده و از طریق پدیده‌های انتقال حرارت، هدایت حرارتی، جابجایی و تشعشع به هوای داخل منتقل می‌شود. وجود دو دریچه در پایین و بالای مقطع ارتفاعی دیوار باعث ایجاد جریان هوا بین این دو مقطع می‌شود. هوای سرد از دریچه‌ی پایینی وارد محفظه بین دیوار و جداره شیشه‌ای شده و بر اثر گرمای خورشید گرم می‌شود. هوای گرم شده به دلیل اختلاف چگالی به سمت بالا حرکت کرده و از دریچه بالای دیوار خارج می‌شود. شمای کلی از دیوار ترومب و نحوه عملکرد آن در شکل (۲) نشان داده شده‌است. دیوار آبی نیز عملکردی شبیه دیوار ترومب دارد، در دیوار آبی به جای مصالح توپر ساختمانی به عنوان توده انباشت حرارت، از مایعاتی چون آب استفاده می‌شود. سیستم دیوار آبی و دیوار ترومب (دیوار بنایی) یکی است با این تفاوت که دیوار آبی از طریق جابجایی و دیوار بنایی بطریق هدایت، حرارت را منتقل می‌کنند (اسدی و بامداد، ۱۳۹۵).

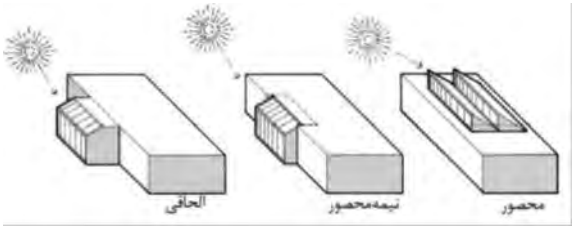


شکل (۲): شمای کلی دیوار ترومب و نحوه عملکرد آن (منبع: Yen Chan & ets, 2010)

جذب مجزا: در این سامانه، چون عمل گردآوری، جذب و ذخیره‌ی انرژی در فضایی مجزا از فضای زندگی صورت می‌گیرد، جذب مجزا نام دارد. فضای خورشیدی به عنوان نوعی سامانه‌ی جذب مجزا تحت نام‌های گلخانه، سولاریوم، آتریوم یا اتاق خورشیدی نیز شناخته می‌شود. نوع دیگری از سامانه‌های جذب مجزا بستر سنگی است که از طریق چرخه‌ی جابجایی هوا، گرمای جمع شده از طریق جمع کننده‌ی خورشیدی را به فضای درون بنا نتقال می‌دهد(خلیل زاده اقدمی و مفیدی شمیرانی، ۱۳۹۳ و مور، ۱۳۸۲) در این پژوهش، گلخانه به عنوان متداول‌ترین سامانه جذب مجزا مورد بررسی قرار گرفته است.

گلخانه: به طور کلی سه شیوه متفاوت برای ارتباط کالبدی گلخانه خورشیدی با ساختمان وجود دارد که بر مبنای میزان محصوریت، به انواع مختلف متصل یا الحاقی، نیمه محصور و محصور، دسته بندی می‌شوند. گلخانه‌ها یا به صورت اتاقک‌های شیشه‌ای به جبهه‌های جنوبی بنا متصل می‌شوند که به آن گلخانه متصل یا الحاقی گفته می‌شود، یا بخشی از آن بیرون و بخش دیگر به داخل بنا نفوذ نموده که به آن گلخانه نیمه محصور گفته شده 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 و مانند آتریوم عمل می‌کند (شکل ۳). از آن‌جا که عمل جذب

حرارت و ذخیره انرژی هر دو در یک فضای جداگانه مانند گلخانه صورت می‌پذیرد، از این جهت به سیستم گلخانه‌ای، سیستم دریافت مجزا گفته می‌شود (قیابکلو، ۱۳۹۵).



شکل(۳) ارتباط انواع گلخانه با ساختمان (منبع: مدیر روستا، ۱۳۹۳).

در بالا سیستم‌های متداول گرمایش ایستا معرفی گردید. هر یک از این سیستم‌ها دارای مزایا، معایب و محدودیت‌هایی هستند که در جدول (۱) جمع‌بندی و ارائه شده است:

جدول (۱): سامانه‌های گرمایشی ایستا (مزایا، معایب و محدودیت‌ها)، منبع: نگارنده

نوع		اجزا	مزایا	محدودیت‌ها و معایب
جذب مستقیم	پنجره‌های رو به جنوب	- پنجره رو به جنوب - جرم حراتی - پیش‌آمدگی و سایبان - عایق شبانه	- فراهم بودن نور طبیعی برای ساختمان - امکان دید به جنوب - هزینه‌ی کم اجرا	- محدودیت در استفاده از مبلمان و پوشش‌های تزئینی در کف و دیوار - نور زیاد و ایجاد مشکلات بصری - ایجاد اختلال در حریم خانه - در صورتی اجرای ناصحیح مشکلاتی نظیر برافروختگی بنا، عدم وجود تاخیر حرارتی و همچنین دفع حرارت شبانه به وجود می‌آید
جذب غیرمستقیم	دیوار ذخیره ساز حرارتی (دیوار ترومب)	- شیشه - جرم حراتی با رنگ تیره در سمت آفتاب‌گیر - پیشامدگی و سایبان - منفذ و دریچه کنترل کننده	- تأخیر حرارتی مناسب - عمکرد گرمایشی مناسب	- عدم وجود نور و دید و منظر - سنگین شدن بنا - اتلاف فضا - سختی تعمیر و نظافت
جذب مجزا	فضای خورشیدی (گلخانه و آتریوم)	- شیشه - جرم حراتی - سایبان	- عمکرد گرمایشی مناسب - امکان نگهداری و نظافت مناسب شیشه‌ها و دیوار مشترک	- اشغال فضای زیاد - نیازمند شرایط خاص در بنا از نظر جهت گیری و قابلیت های سایت و فضاهای مجاور آن

۵- بهینه‌سازی سیستم‌های گرمایشی ایستا

همان‌گونه که در جدول (۱) ارائه شده است، هر یک از سامانه‌های گرمایشی غیر فعال خورشیدی دارای مزایا، معایب و محدودیت‌هایی هستند. این محدودیت‌ها سبب کاهش اقبال در استفاده از آن‌ها به عنوان سیستم‌های پایدار و دوستدار محیط زیست می‌شود. در کنار معرفی این سامانه‌ها، تلاش در جهت رفع محدودیت‌های آن‌ها می‌تواند نقش موثری در افزایش بکارگیری این سامانه‌ها داشته باشد. این پژوهش نیز در راستای بهینه‌سازی عملکرد و کاهش یا رفع موانع و محدودیت‌های آن‌ها، با مطالعه در این زمینه به معرفی برخی راهکارها پرداخته است.

جهت بهینه‌سازی و بازدهی بیشتر سامانه‌های گرمایشی ایستا در مرحله اول باید عوامل اولیه‌ی شکل‌گیری و استقرار این سامانه‌ها مد نظر قرار گیرد. عواملی نظیر شرایط اقلیمی منطقه، موقعیت وجهت استقرار ساختمان و سامانه‌های ایستا، هندسه و کالبد ساختمان و سطح جداره‌ها (جدول ۲) (نسیم‌سبحان و خان محمدی، ۱۳۹۴). پس از آن باید به رفع موانع و محدودیت‌های آن‌ها پرداخت. راهکارهای رفع محدودیت‌های این سامانه‌ها را می‌توان در ۳ دسته بررسی نمود:

الف- ترکیب سامانه‌های گرمایشی ایستا با تکیه بر مزایای هر سیستم

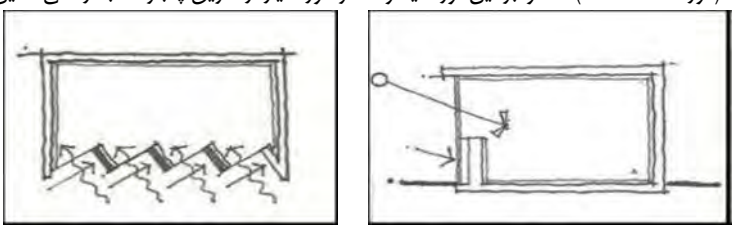
ب- استفاده از مصالح نوین

ج- قابلیت بخشی به فضاهای موجود در بنا

موارد سه گانه فوق در ادامه شرح داده شده و نتایج حاصل از آن در جدول (۲) ارائه شده است:

الف- ترکیب سامانه‌های گرمایشی ایستا: با ترکیب سامانه‌های گرمایشی ایستا می‌توان با تکیه بر نقاط قوت هر سامانه، شرایط بهینه‌تری ایجاد نمود و در جهت رفع معایب سامانه‌های منفرد برآمد. این اقدامات می‌تواند متناسب با هر پهنه اقلیمی و شرایط آب و هوایی انجام شود. ترکیب دیوار ترمب و جذب مستقیم یکی از راهکارهای ترکیبی است که بر تقویت نقاط قوت و حذف نقاط ضعف در هر سامانه تأکید دارد.

قرارگیری توده حرارتی مابین شیشه و فضای زندگی، به عنوان یک نقطه ضعف در دیوار ترومب، جلوی نور و دید را خواهد گرفت. به همین دلیل در مکان‌های بدون نیاز به نورگیری مانند آمفی تئاتر، سینما و یا ساختمان‌هایی که امکان استفاده از سامانه جذب مستقیم به عللی وجود نداشته باشد، استفاده می‌شود (قیابکلو، ۱۳۹۵: ۱۶۸). ترکیب دیوار ترومب و جذب مستقیم، به عنوان یک راهکار ایده آل، با تاخیر در زمان انتقال گرما از جرم حراتی دیوار ترومب، موجب خواهد شد گرما در فاصله زمانی بیشتری نسبت به حالت جذب مستقیم از طریق پنجره‌ها در فضا آزاد شود و نتیجه حاصل از این امر، جریان یکنواخت گرمای خورشید به داخل فضا می‌باشد (مور، ۱۳۸۲: ۱۶۶). علاوه‌بر این نور، دید و منظر مورد نیاز از طریق پنجره‌ها به راحتی تامین می‌گردد.(شکل۴).



شکل (٤): تلفیق دیوار ترمپ و سیستم جذب مستقیم (منبع: خلیل زاده اقدمی و مفیدی شمیرانی، ۱۳۹۳)

ب-بکارگیری مصالح نوین: شیشه و جرم حرارتی دو جز اصلی سامانه‌های گرمایشی ایستا محسوب می‌شوند. لذا هر گونه پیشرفتی در صنعت مصالح که منجر به بهبود عملکرد این دو جز اصلی گردد تاثیر مستقیمی بر عملکرد این سامانه‌ها خواهد داشت. در ادامه نقش صنعت ساختمان در بهبود عملکرد این دو جز اصلی پرداخته می شود:

بهبود عملکرد جرم حرارتی در سامانه‌های گرمایشی ایستا: یکی از مشکلات جرم حرارتی در سامانه‌های گرمایشی ایستا، وزن و ضخامت زیاد و اتلاف فضا می‌باشد. استفاده از مواد تغییر فاز دهنده (PCM)[1]، با ایجاد تاخیر حرارتی مناسب، وزن و ضخامت کمتر، می‌تواند به تنهایی یا در ترکیب با سایر مصالح، جایگزین مناسبی برای جرم‌های حرارتی سامانه‌های گرمایشی ایستا باشد. در واقع مواد تغییر فاز دهنده نسل جدیدی از اجرام حرارتی می‌باشند. این مواد ترکیبات عالی یا معدنی هستند که قابلیت جذب و ذخیره‌ی پنهان مقادیر زیادی از انرژی گرمایی را درون خود دارند که در هنگام دریافت انرژی، با تغییر فاز، آن را به صورت انرژی نهان در خود ذخیره می‌کنند و در زمان مورد نظر با برگشت به فاز اولیه، انرژی ذخیره شده را در اختیار محیط پیرامونی خود قرار می‌دهند. استفاده از مواد تغییر فاز دهنده جهت کاهش مصرف انرژی در هر دو سیستم گرمایشی و سرمایشی مورد توجه می‌باشد. از نظر گرمایشی مواد تغییر فاز دهنده که در سیستم‌های ذخیره کننده‌ی انرژی حرارتی بکار میروند، در هنگام روز انرژی حرارتی را از سیستم‌های الکترونیکی، مکانیکی (روش فعال) و هم‌چنین منابع طبیعی از جمله خورشید (روش غیرفعال) جذب کرده و دمای داخلی خود را در حدود معین و ثابتی تنظیم می‌کنند و در هنگام شب انرژی ذخیره شده را به محیط پیرامون خود پس می‌دهند (منصوری و همکاران، ۱۳۹۴ و آرامی و مختاری یزدی، ۱۳۹۲). در روش غیر فعال که موضوع اصلی این پژوهش است مواد تغییر فاز دهنده بخش‌هایی از جداره‌های پوسته خارجی ساختمان را تشکیل می‌دهند. از این مواد می‌توان در ترکیب با دیوار، سقف، کرکره‌های پنجر و ... استفاده کرد. یکی از کاربردهای این مواد ترکیب آن با دیوار ترومب است که سبب بالاتر رفتن بازدهی و سبک‌تر شدن آن می‌گردد.

در صورت استفاده از مواد تغییر فاز دهنده در دیوار ترومب، علاوه بر گرمای محسوس می‌توان از مزایای گرمای نهان نیز استفاده کرد. انرژی خورشیدی در طی روز از شیشه عبور کرده و با ذوب مواد تغییر فاز دهنده در این دیوار ذخیره می‌شود. در هنگام شب با کاهش دما این گرما به فضای داخل پس داده می‌شود که این مساله به نوبه‌ی خود سبب انجماد مواد تغییر فازدهنده می‌شود. گرمای ذخیره شده در مواد تغییر فازدهنده با آزاد شدن در طول شب، دمای خانه را در شرایط آسایش نگه می‌دارد. برای مقدار معینی از گرما، دیوار ترمب متشکل از مواد PCM نسبت به نوع معمولی فضای کمتری احتیاج دارد و وزن سبک‌تری دارد. نمک‌های هیدراته و هیدروکربن‌ها گزینه مناسبی برای استفاده در دیوار ترومب است (منصوری و همکاران، ۱۳۹۴: ۳۳ و (shokat.co

بهبود عملکرد شیشه در سامانه های گرمایشی ایستا: از جمله مسائلی که کاربرد شیشه در سامانه‌های گرمایشی ایجاد می‌کند، تاثیر نامناسب و معکوس در فصل تابستان است که سبب انباشت گرمای زیاد و برافروختگی ساختمان می‌گردد.

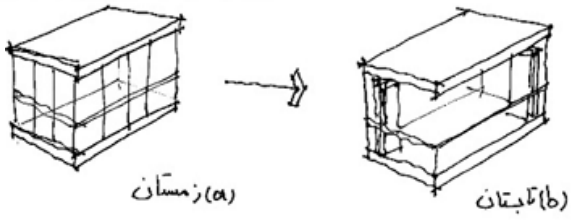
1 . Phase Change Material.

علاوه‌بر این مسئله تمیز کردن شیشه‌ها، گاهی دسترسی به فضای پشت شیشه جهت تعمیرات و بر هم زدن حریم خصوصی در برخی موارد از جمله مسائلی هستند که در این سامانه‌ها مطرح می‌گردد. امروزه صنعت شیشه چه در ساخت قطعات و اتصالات و چه در زمینه هوشمندسازی و استفاده از نانو ذرات پیشرفت قابل توجهی داشته است. ظهور فناوری نانو زمینه‌ساز استفاده از نوعی شیشه‌های نوین هوشمند در ساختمان شده است. شیشه‌های ضدآفتاب، ضد انعکاس، شیشه‌های خودتمیزشونده و شیشـــه ضدآتـــش نمونه‌ای از شیشه‌های هوشمند هستند (شرکت توسعه نانو فناوری افشار، ۱۳۹۶). در ذیل برخی کاربردهای پیشرفت قطعات و اتصالات و تکنولوژی‌های نوین صنعت شیشه، در سامانه‌های گرمایشی ایستا معرفی شده است:

- استفاده از شیشه‌های متحرک و ریلی در دیوار ترومب، مشکلات این سیستم جهت تعمیر، تمیز کردن سطح شیشه و رنگ‌آمیزی سطح جذب کننده را مرتفع می‌نماید. در فضاهای خورشیدی (گلخانه) نیز با توجه به عملکرد شیشه در تابستان و گرم شدن بیش از اندازه‌ی فضای پشت شیشه، می‌توان با استفاده از شیشه‌های ریلی و متحرک، مشکلات بر افروختگی در فضای گلخانه‌ای در تابستان را حل نمود و علاوه‌براین فضایی منعطف متناسب با شرایط اقلیمی منطقه ایجاد کرد.
- از موارد دیگر می‌توان به قابلیت‌های نانو ذرات در تمیز نگه داشتن سطوح شیشه‌ای اشاره کرد. شیشه‌های خود تمیز شونده[1] حاوی محلول‌های خود تمیز کننده نانو، علاوه بر ایجاد خواص آنتی استاتیک که موجب دور نمودن گرد و غبار از سطوح می‌شوند، می‌توانند با توجه به خاصیت فتوکاتالیستی خود با جذب آب و نیز با استفاده از نور خورشید (اشعه UV) سطح را از هر گونه آلودگی پاک کنند که از آن با عنوان خود تمیز شوندگی یاد می‌شود (ناهیدی آذر و ساعی، ۱۳۹۵). کاربرد این شیشه‌ها در سامانه‌های گرمایشی، سبب سهولت استفاده از آن‌ها و حل مشکلات ناشی از آلودگی سطح شیشه (سختی نظافت و کاهش جذب انرژی در اثر آلودگی) خواهد شد.
- با خلق تکنیک‌های جدید در استفاده از شیشه‌های ساختمانی ، عملکرد این مصالح تا حد زیادی می‌تواند نیازهای حوزه‌ی انرژی را نیز مرتفع کند. یکی از این فناوری‌ها که در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است، شیشه های ترموکرومیک[2] می‌باشد که در گروه شیشه‌های هوشمند غیر فعال قرار دارد و با علامت اختصاری TC نمایش داده می‌شود. انتقال حرارت در این نوع شیشه‌ها وابسته به دما می‌باشد، به گونه‌ای که در دماهای پایین میزان مشخصی از تابش خورشید را جذب می‌کند و با افزایش دما از یک حد مشخص، شیشه تغییر حالت داده و از شفافیت آن کاسته می‌شود تا میزان اشعه قابل نفوذ خورشید به حداقل برسد (شیخی و همکاران، ۱۳۹۸). استفاده از این شیشه‌ها در سامانه‌های جذب مستقیم، گلخانه و دیوار ترومب، سبب کاهش جذب انرژی خورشید در دماهای بالاتر و فصول گرم می‌شود.

ج- قابلیت بخشی به فضاهای موجود در بنا: با توجه به قیمت بالای زمین، اتلاف فضا به عنوان معایب برخی از سامانه‌های گرمایشی ایستا مطرح می‌شود. با ایجاد فضایی منعطف و قابلیت بخشی به فضاهای موجود در بنا می‌توان با استفاده چندگانه از فضاهای موجود در طرح، از این فضاها در راستای اهداف معماری پایدار، استفاده بهینه نمود. در زیر به برخی از این موارد اشاره می‌شود:

۱- طراحی تراس و بالکن‌های جنوبی در مناطق سردسیر به عنوان گلخانه و فضای خورشیدی در فصل زمستان: از این طریق می‌توان با ایجاد فضایی منعطف، علاوه‌بر استفاده بهینه از تراس و بالکن، از آن در جهت رفع نیازهای گرمایشی بنا استفاده نمود. بیشترین مشکل این فضاها گرمایش بیش از اندازه در تابستان است. برای حل آن می‌توان از شیشه‌های ریلی با درزبندی کامل، جهت باز بسته شدن در فصول مختلف سال و متناسب با نیازهای اقلیمی استفاده نمود (شکل ۵ و ۶).



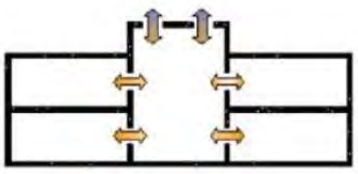
شکل٦: کاربرد شیشه‌های ریلی در تراس و بالکن
a : زمستان، شیشه در حالت بسته و درزبندی شده
b: تابستان، شیشه در حالت باز (منبع: نگارنده)

شکل ۵: کاربرد شیشه های ریلی در تراس و بالکن (منبع: https://ramadoor.com)

[1] . Self-Cleaning Glass

[2] . Termochoromic.

۲- استفاده از فضای نورگیر و پاسیو و آتریوم در تامین نیازهای گرمایشی: در بسیاری از بناها، استفاده از نورگیر و پاسیو، صرفا با هدف تامین نور لازم، مطابق با استانداردهای طراحی مقررات ملی می‌باشد. طراحی این فضاها منطبق با سامانه‌های گرمایشی ایستا می‌تواند علاوه‌بر تامین نور فضاهای داخلی به گرمایش فضاها در زمستان نیز کمک نماید (شکل ۷). بیشترین مشکل آتریوم‌ها بالا رفتن بیش از اندازه‌ی دما در تابستان است. گرمای زیاد تابستان می‌تواند توسط سایبان‌ها، استفاده از آب، فضای سبز و تهویه کاهش داده شود (سما مدیر روستا، ۱۳۹۳).



شکل ۷: نقش آتریوم در گرمایش (منبع: مدیر روستا، ۱۳۹۳).

جدول (۲): راهکارهای بهینه سازی سامانه‌های گرمایش ایستا، منبع: نگارنده

روش‌های بهینه‌سازی			
۱	عوامل موثر در کارایی و عملکرد سامانه		
توجه به عوامل اولیه شکل گیری و استقرار سیستم‌های ایستا (نسیم‌سبحان و خان محمدی، ۱۳۹۴).	- شرایط اقلیمی منطقه (عرض و طول جغرافیایی، متوسط ماهیانه دما، شدت تابش، مدت زمان تابش، سطح انرژی تابش) - موقعیت وجهت استقرار ساختمان و سامانههای ایستا (وضعیت و مشخصات محیط اطراف بنا، محل نصب و زوایای سامانه‌های ایستا، محل قرارگیری دیوارهای جاذب و جداره‌های شیشه‌ای) - هندسه و کالبد ساختمان (نقش کالبد و فرم ساختمان در میزان و چگونگی دریافت انرژی خورشیدی، ابعاد و نحوه قرارگیری جداره‌های نورگذر در نما) - سطح جداره‌ها (قابلیت جذب سطح و میزان ذخیره گرمایی مصالح)		
۲	راهکار	نمونه ها	مزیت
رفع موانع و محدودیت های هر سیستم	الف- ترکیب سامانه‌ها	ترکیب سامانه جذب مستقیم و دیوار ترومب	- احیای نور دید و منظر، - حفظ حریم - سبک سازی - تاخیر حرارتی مناسب و جریان یکنواخت گرمای خورشید
	ب-بکار گیری مصالح نوین	به کارگیری مواد تغییر فاز دهنده در دیوار ترومب و اجرام حرارتی سایر سامانه‌ها	- بازدهی بیشتر - سبک سازی - اشغال فضای کمتر
		استفاده از شیشه‌های ریلی و متحرک با درزبندی مناسب در دیوار ترومب و گلخانه	- دسترسی راحت برای تعمیر و نظافت و رنگ آمیزی دیوار ترومب - انعطاف فضای گلخانه تبدیل آن به تراس در فصول گرم
		استفاده از شیشه‌های ترموکرومیک در روش‌های جذب مستقیم، گلخانه و دیوار ترومب	- کاهش جذب انرژی خورشید در دماهای بالاتر و فصول گرم
		استفاده از شیشه‌های خود تمیز شونده در سامانه‌های گرمایشی ایستا	- حل مشکل نظافت سطوح شیشه‌ای و جذب انرژی
	ج- قابلیت بخشی به فضاهای موجود در بنا	استفاده از فضاهای نیمه باز نظیر تراس و بالکن با هدف به کارگیری سامانه‌های ایستا در فصل سرما	- معماری منطف و استفاده از فضای مرده بنا
		استفاده از فضاهای محصور نظیر نورگیر و پاسیو با هدف به کارگیری سامانه‌های ایستا در فصل سرما و همچنین کمک به تهویه و خنک سازی بنا در فصل گرما	- استفاده از فضای مرده بنا - کمک به گرمایش و سرمایش بنا، متناسب با نیازهای فصول مختلف سال

۶- نتیجه‌گیری

اتکا بر پتانسیل‌های اقلیمی در ساخت سرپناه، پیشنه‌ی طولانی در معماری تمدن‌های مختلف دارد و بشر از دیر باز با تکیه بر طبیعت و اقلیم در پی رفع نیازهای خود و تامین آسایش حرارتی بوده است. در واقع، طراحی صحیح اقلیمی با کاهش مصرف انرژی؛ که یکی از اهداف اصلی معماری پایدار محسوب می‌شود؛ همراه است. از میان روش‌های ایجاد آسایش حرارتی، سامانه‌های ایستا با توجه به استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر و عدم ایجاد آلودگی برای محیط زیست و نیز نقشی که در کاهش مصرف انرژی دارند، مناسب‌ترین روش‌ها هستند. در این سامانه‌ها گاهی محدودیت‌ها و موانع اجریی، سبب کاهش استفاده از آن‌ها در معماری بنا می‌گردد. این پژوهش با محدود ساختن مطالعات خود بر سامانه‌های متداول گرمایشی ایستا، جهت رفع این محدودیت‌ها و بهینه‌سازی این سامانه‌ها پیشنهادات زیر را ارائه داده است:

- ترکیب سامانه‌های گرمایشی ایستا (حذف نقاط ضعف یک سیستم از طریق ترکیب با نقطه قوت سیستم دیگر)
- بکارگیری مصالح نوین در اجزای اصلی این سامانه‌ها، جهت بازدهی بالاتر و رفع محدودیت‌های آن‌ها (کاربرد مصالح نوین در شیشه و جرم حرارتی)
- استفاده چندگانه از فضا و قابلیت بخشی به فضاهای موجود (فضاهایی نظیر نورگیر، پاسیو، تراس و ... می‌توانند در کنار برآورده ساختن نقش اصلی خود در تامین نیازهای گرمایشی بنا نیز مشارکت داشته باشند)

منابع

- آرامی، حمید رضا، مختاری یزدی، مطهره (۱۳۹۲). "ذخیره سازی انرژی در ساختمان با استفاده از مواد تغییر فاز دهنده"، نشریه انرژی ایران، دوره ۱۶، شماره ۱، بهار ۹۲: ۱۰۲-۸۹.
- اسدی، الهام، بامداد، علی (۱۳۹۵). "کاربرد سامانه‌های خورشیدی در ساختمان به منظور بهینه‌سازی انرژی در معماری"، پنجمین کنفرانس بین المللی پژوهش در علوم و تکنولوژی، لندن- انگلستان.
- خلیل زاده اقدمی، رومینا، مفیدی شمیرانی، سید مجید (۱۳۹۳)، "تحلیل و بررسی شیوه‌های اجرای معماری پایدار در طراحی فضاهای آموزشی"، چهارمین کنفرانس بین المللی رویکردهای نوین در نگهداشت انرژی، تهران.
- درودیان، یاسین (۱۳۹۳). "ردیابی جریان‌های سبز در معماری پیشینیان ایران"، مجله معماری و ساختمان، شماره ۳۹، تابستان ۹۳: ۱۳۲-۱۲۶.
- شرکت توسعه نانو فناوری افشار (۱۳۹۶). "کاربرد فناوری نانو در شیشه‌های هوشمند"، مجموعه گزارش‌های فناوری صنعت نانو، گزارش شماره ۷۴، ویرایش دوم.
- شیخی، مهدی و همکاران (۱۳۹۸). "مدل‌سازی رفتار حراتی شیشه‌های ترموکرومیک و ارزیابی میزان کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌های اقلیم ایران با استفاده از نرم‌افزار Design Builder"، فصلنامه علمی تخصصی معماری سبز، سال پنجم، شماره ۱، بهار ۹۸، جلد ۱: ۱۲-۱.
- قدیری مقدم و همکاران (۱۳۹۸). "ارزیابی عملکرد سیستم‌های ایستای انرژی (دیوار ترومب و پدیده گلخانه ای) برمیزان مصرف انرژی ساختمان در اقلیم سرد"، نشریه علمی معماری و شهرسازی ایران، دوره دهم، شماره ۱۷، بهار و تابستان ۹۸: ۳۶-۲۵.
- قیابکلو، زهرا، (۱۳۹۵). "مبانی فیزیک ساختمان ۲ (تنظیم شرایط محیطی)"، چاپ سیزدهم، انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیر کبیر.
- مدیر روستا، سما (۱۳۹۳)، "تحلیل الگوی آتریوم، دیوار ترومب و گلخانه خورشیدی در بهینه‌سازی مصرف انرژی"، چهارمین کنفرانس بین المللی رویکردهای نوین در نگهداشت انرژی، تهران.
- منصوری، شبنم، پیر کندی، جاماسب، افشاری، ابراهیم (۱۳۹۴). "بررسی نقش مواد تغییر فاز دهنده در مدیریت مصرف انرژی ساختمان‌ها"، فصل نامه علمی ترویجی انرژی های تجدید پذیر و نو، سال دوم، شمار ۲، زمستان ۹۴: ۳۸-۲۸.
- مور، فولر (۱۳۸۲)، "سیستم‌های کنترل محیط زیست (تنظیم شرایط محیطی در ساختمان)". چاپ اول، ترجمه محمد علی کی نژاد و رحمان آذری، تبریز، انتشارات دانشگاه هنر اسلامی تبریز.
- مولانایی، صلاح الدین، سلیمانی، سارا (۱۳۹۵). "عناصر با ارزش معماری بومی منطقه سیستان بر مبنای مؤلفه‌های اقلیمی معماری پایدار"، نشریه باغ نظر، سال سیزدهم، شماره ۴۱، مهر و آبان ۹۵: ۶۶-۵۷.

- ناهیدی آذر، فریدون، ساعی، مهدی (۱۳۹۵). "بررسی نانو فناوری صنعت شیشه در معماری ساختمان"، چهارمین کنفرانس بین المللی پژوهش در علوم و تکنولوژی، مرداد ۹۵، سنپترزبورگ– روسیه.
- نسیم سبحان، لیلا، خان محمدی، محمد علی (۱۳۹۴). "اولویت‌های بکارگیری سیستم‌های فعال و غیرفعال خورشیدی در ساختمان‌های اقلیم سرد"، دومین کنفرانس بین المللی پژوهش های نوین در عمران، معماری و شهرسازی،استانبول– ترکیه.
- وکیلی نژاد، رزا، وزیری زاده، فاطمه، مفیدی شمیرانی، سید مجید (۱۳۹۲). "اصول سامانه‌های سرمایش ایستا در معماری سنتی ایران"، نشریه انجمن علمی معماری و شهرسازی ایران، شماره ۵، بهار و تابستان ۹۲: ۱۴۷–۱۵۸.
- ولی زاده اوغانی، محمدباقر، موحدی، ناصر (۱۳۹۸). "استفاده سامانه‌های ایستا و غیرفعال خورشیدی جهت ایجاد آسایش حرارتی در طرح معماری خانه‌های سنتی تبریز"، فصلنامه انرژی‌های تجدید پذیر و نو، سال ششم، شماره اول، تابستان ۹۸: ۲۶–۳۷.
- یوسفی تذکر، مسعود، اعظم انهر، عادل، قربانی، وحید (۱۳۹۷). "ساختمان‌های صفر انرژی"، نشریه ایوان چهارسو، سال دوم، شماره ۵، زمستان ۹۷.
- Hoy-Yen Chan, Saffa B. Riffat, Jie Zhu, (2010). Review of passive solar heating and cooling technologies, Renewable and Sustainable Energy Reviews, NO.14: 781–789.
- Shokat.co/1399/04/29/کاربرد–مواد–تغییر–فاز–دهنده–در–ساختمان/
- https://ramadoor.com

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی