7th.International Congress on Civil Engineering , Architecture and Urban Development / 07-09 December 2021,Tehran , Iran
In cooperation with Shiraz University, maraghe University And University of Science and Technology of Iran

جمهوری اسلامی ایران
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
شماره مجوز کنگره از وزارت علوم: ۷۲۶۴۰۳۸

معیارهای بهینه شدن انرژی در ساختمان‌های سبز بلندمرتبه

فرانک ابراهیم‌زاده[۱]، هاشم شریعتمدار[۲*]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد معماری دانشگاه فردوسی مشهد، f.ebrahimzadeh@mail.um.ac.ir
۲- استاد دانشگاه فردوسی مشهد، shariatmadar@um.ac.ir

چکیده

ساختمان سبز، از جمله جریان‌های نوین معماری در عصر حاضر است که در پاسخ به افزایش بی‌رویه استفاده از منابع انرژی و لزوم حفظ این منابع برای نسل‌های آینده مطرح می‌شود و کاهش تأثیرات مخرب زیست‌محیطی و سلامت و آسایش ساکنان را به همراه دارد. طراحی صحیح و کارآمد ساختمان‌ها مبنی بر معیارهای بهینه‌سازی مصرف انرژی، راهکاری جهت دستیابی به هدف سبزسازی ساختمان‌ها است. در این خصوص با هدف ارائه چارچوبی نظام‌مند و کاربردی از معیارهای طراحی معماری در بهینه‌سازی مصرف انرژی، منابع مختلفی به روش توصیفی-تحلیلی مطالعه، بررسی و ارزیابی شدند. با استخراج معیارها شش گروه‌بندی کلی با عناوین شکل ساختمان، ویژگی‌های نزدیک ساختمان، پوشش خارجی ساختمان و معماری داخلی ساختمان ارائه شد. بر مبنای استفاده از انرژی‌های طبیعی و تجدیدپذیر نور خورشید و باد جهت گرمایش و سرمایش ساختمان و کاهش استفاده از سوخت‌های فسیلی و انتشار گازهای گلخانه‌ای، معیارهای کاربردی طراحی معماری به تفکیک در شش گروه‌بندی تقسیم‌بندی شدند. بر اساس نتایج به دست آمده به‌کارگیری صحیح این معیارها طبق چارچوب ارائه شده که در این میان می‌توان به نسبت سطح با تأثیرگذاری بر شکل ساختمان در حیطه کاهش اتلاف انرژی، سایبان‌ها و پیش‌آمدگی‌ها به عنوان ابزاری در جهت کنترل بهره‌وری انرژی، پنجره‌ها به عنوان بغرنج‌ترین مسائل ساختمان و جانمایی و تناسبات فضاهای داخلی به منظور حداکثر کارایی در طراحی ساختمان سبز اشاره کرد، امری ضروری در بهینه‌سازی انرژی در ساختمان‌های سبز است.

واژه‌های کلیدی: ساختمان سبز، LEED، بهینه‌سازی انرژی، انرژی غیر فعال خورشیدی، تهویه طبیعی

۱- مقدمه

ساختمان مکانی است برای کار، تحصیل و فعالیت‌ها و رویدادهای اجتماعی، لذا از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است[۱]. ساختمان سبز، به دسته‌ای از ساختمان‌ها گفته می‌شود که در برابر حفظ منابع زیست‌محیطی در طول عمر یک ساختمان از زمان طراحی تا بهره‌برداری متعهد می‌باشد[۲]. ساختمان سبز شیوه‌های طراحی و ساخت را به نوعی مشخص می‌کند که محیط‌زیست و ساکنان را مورد توجه قرار داده و تأثیرات مخرب بر آن‌ها را کاهش می‌دهد و مزایایی چون برآوردن احتیاجات ساکنان، تأمین سلامتی، رضایت و خشنودی، بهره‌وری و نشاط ساکنان و بازدهی افراد را فراهم می‌آورد[۳]. از سال ۲۰۰۰ میلادی، ساختمان‌های سبز به عنوان حرکتی بزرگ در جهت طراحی، ساخت و توسعه صنعت ساختمان پیشروی داشتند. روند مذکور از سال ۲۰۰۵ میلادی شتاب بیشتری به خود گرفته است که نشان از گسترش اهمیت این موضوع دارد[۴]. یک ساختمان سبز به منظور بهره‌برداری هرچه بیشتر از امکانات محیطی جهت تنظیم شرایط محیطی و آسایش ساکنان، علاوه بر زیبایی و عملکرد خوب فضاها سعی در استفاده حداکثر از منابع طبیعی از قبیل انرژی‌های تجدیدپذیر را دارد[۵]. انرژی، بحران قرن بیست

و یکم است. ساختمان‌ها حدود یک سوم انرژی جهان را مصرف می‌کنند. در ایران ۴۰ درصد انرژی در بخش ساختمان مصرف می‌شود. علاوه بر این ساختمان‌ها در تولید گازهای گلخانه‌ای نیز سهم به‌سزایی دارند. به طوری که ۴۰ درصد تولید گازهای گلخانه‌ای توسط وسایل الکتریکی و حرارتی در ساختمان‌ها تولید می‌شود. سوخت‌های فسیلی تا حدود سی سال آینده به پایان می‌رسند. با افزایش جمعیت کره زمین، مصرف انرژی روز به روز بیشتر می‌شود. به علت طراحی نامناسب ساختمان‌ها، مقدار زیادی انرژی تلف می‌گردد. این اتلاف انرژی علاوه بر از بین بردن منابع طبیعی کشورها، باعث آلوده‌سازی هوای شهرها می‌شود. با یک طراحی مناسب می‌توان صرفه‌جویی در مصرف انرژی را از ۳۰ تا ۷۰ درصد افزایش داد. به عنوان مثال اگر در یک طراحی، روشنایی روز، تهویه طبیعی و مدیریت انرژی خورشید لحاظ شده باشد، بدون استفاده از تکنولوژی‌های پیشرفته می‌توان بازده صرفه‌جویی انرژی را تا ۴۰ درصد افزایش داد. در سراسر جهان مقررات و استانداردهایی در جهت صرفه‌جویی در مصرف انرژی ساختمان‌ها تدوین شده و در ایران نیز مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان پیرامون صرفه‌جویی در مصرف انرژی وضع شده است. نگاهی به سرانه مصرف انرژی در ایران نسبت به میانگین جهانی، اهمیت بکارگیری ساختمان سبز در ایران را دو چندان می‌کند. تشکیل شورای جهانی ساختمان سبز، مانند LEED و اجرای این طرح در بسیاری از کشورها، اهمیت ساختمان سبز را نشان می‌دهد. معیار ارزش‌گذاری LEED شامل استانداردهایی در راستای حمایت از طراحی بهینه در ساختمان‌های سبز می‌باشد. این معیار مهندسین، معماران و صاحبان سرمایه را به سمت محیط‌زیستی پایدار هدایت می‌کند. با رعایت ضوابط این معیار می‌توان اثرات منفی زیست‌محیطی ساختمان را کاهش و بهره‌وری انرژی را افزایش داد .امروزه با رشد سریع دانش و فناوری در همه زمینه‌ها به ویژه در صنایع وابسته به ساختمان‌سازی و تشویق به ساخت ساختمان‌هایی با کارای بالای انرژی، ذهن مهندسان و معماران به ساخت ساختمان‌های سبز معطوف شده است. علی رغم توجه محققان و متخصصان به این موضوع، تحقیقات کمی در زمینه ارائه نظام‌مند معیارهای طراحی بهینه‌سازی انرژی در ساختمان‌های سبز ارائه شده است. بنابراین با توجه به اهمیت این موضوع ضروری است که معیارهای تأثیرگذار در بهینه‌سازی انرژی در طراحی معماری ساختمان‌های سبز بررسی شود. در این مقاله منابع مختلف بررسی، ارزیابی و مورد تحلیل قرار گرفته و بر مبنای آن‌ها استراتژی‌های کلی و جزئیات طراحی ارائه شده است که بهره‌گیری از آن‌ها می‌تواند معیارهای سبز را در طراحی یک ساختمان تأمین کند[۳][۶].

۲- روش پژوهش

این پژوهش با هدف ارائه معیارهای طراحی معماری در بهینه‌سازی انرژی بر مبنای روش تحقیق توصیفی-تحلیلی با استناد به منابع کتابخانه‌ای و منابع الکترونیکی است. در این راستا با مطالعه، بررسی، تحلیل و ارزیابی هر یک از معیارهای به دست آمده از کتب و مقالات، با اتخاذ رویکرد طراحی از خارج به داخل ساختمان، نسبت به تقسیم‌بندی آن‌ها در گروه‌هایی تحت عناوین اصلی شکل ساختمان، ویژگی‌های نزدیک ساختمان، پوشش خارجی ساختمان و معماری داخلی ساختمان اقدام شد. این نوشتار با مبنا قرار دادن مقوله انرژی، راهبردهای طراحی را در اختیار جامعه معماران ساختمان سبز قرار می‌دهد.

۳- ساختمان سبز بلندمرتبه

وقوع انقلاب صنعتی و تحولاتی که در پی آن در قرون هجدهم و نوزدهم میلادی اتفاق افتاد، تغییر اساسی در روش‌های زندگی مردم به دنبال داشت و با گذشت زمان، این تغییرات شدت بیشتری یافت. در قرن حاضر، روند رشد جمعیت و کمبود زمین به عنوان تهدیدی جدی برای محیط‌زیست، سبب تشدید نیاز به ساخت بناهای بلندمرتبه گردیده است و بر تعداد این بناها افزوده می‌شود[۷]. ساخت این بناها مقدار قابل توجهی انرژی مصرف کرده و موجب آلودگی‌های زیست‌محیطی می‌شود و ساکنان را در بهره‌وری از انرژی‌های پاک همچون انرژی خورشید و جریان هوا دچار مشکل می‌سازد. با این وجود بسیاری از معماران، مهندسان و طراحان معتقد هستند که اگر ساختمان‌های بلندمرتبه به درستی طراحی و ساخته شوند می‌توانند پیشرفت سبز در ساختمان بوده و با به حداقل رساندن عوامل نامطلوب مؤثر بر محیط، به حفظ سلامت و رفاه ساکنان دست یابند[۳].

۴- شکل ساختمان

منظور از شکل ساختمان، تصویر آن بر روی صفحه‌ای است که ساختمان بر آن بنا شده است و علاوه بر آن، اندازه ساختمان، ارتفاع آن، تعداد طبقات و پیکره‌بندی کلی ساختمان نیز مد نظر است. به طور سنتی تمرکز چنین بحث‌هایی، جهت‌گیری ساختمان بوده است، اما مشخصه دیگری را نیز تحت عنوان نسبت سطح ساختمان باید در نظر داشت که تأثیر قابل توجهی بر بازده مصرف انرژی ساختمان دارد[۱].

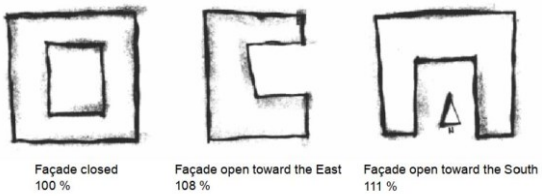
۴-۱- نسبت سطح

نسبت سطح، یکی از پارامترای مهم در مقوله بهینه‌سازی انرژی ساختمان است و در منابع مختلف به آن اشاره شده است که تناسبی را میان سطح ساختمان و سطح زیربنا ارائه می‌دهد و مقایسه شکل ساختمان‌های مختلف را با استفاده از معیاری واحد، ممکن می‌سازد. منظور از سطح ساختمان، مساحت سطوح خارجی آن است که با فضای بیرون تماس دارند. اتلاف گرمای ساختمان در زمستان با سطح آن نسبت مستقیم دارد. در تابستان، سطح ساختمان می‌تواند تأثیر در خور اعتنایی بر نیازهای سرمایشی بگذارد. از آنجایی که بخش عمده انرژی در اغلب ساختمان‌ها برای گرمایش و سرمایش صرف می‌شود، سطح ساختمان یکی از مشخصه‌های مهم و مؤثر در بازده مصرف انرژی می‌باشد. سطح زیربنای هر ساختمان نیز بر مصرف انرژی تأثیرگذار است. هر چه ساختمانی وسیع‌تر باشد، بارهای انرژی نیز به مقیاس اندازه افزایش می‌یابند. بررسی‌ها نشان می‌دهند نسبت سطح ساختمان به سطح زیربنا باید کوچکتر شود[۱][۸]. طراحی‌های پیچیده ممکن است از لحاظ بصری جالب باشند، اما سبزترین گزینه نیستند، چرا که بیشترین اتلاف گرما از طریق کف‌ها ، سقف‌ها و دیوارها رخ می‌دهد؛ بنابراین شکل خانه از طریق تأثیر بر میزان سطح در تماس با هوا که می‌تواند گرما را جابه‌جا کند، کارایی انرژی خانه را تحت تأثیر قرار می‌دهد[۹]

۴-۲- فرم پایه

همانطور که پیش از این ذکر شد، هر چه نسبت سطح ساختمان به سطح زیربنا باید کوچک‌تر شود، میزان کاهش سطح دیوار بیشتر خواهد بود. برای مثال زمانی که فرم ساختمان را از مربع به دایره تغییر می‌دهیم، برای محصور کردن زیربنا ۱۱درصد دیوار کمتری لازم است؛ بنابراین نه تنها فضا کارآمدتر استفاده شده، بلکه کنترل مصرف انرژی ساده‌تر است. فرم مدور، کارآمدترین طرح است؛ چرا که کم‌ترین مساحت پوسته را دارا می‌باشد و در عین حال بیش‌ترین حجم را محصور می‌سازد. با وجود اینکه ساختمان مدور کمترین سطح دیوار و مصرف انرژی را دارد، اما عملی نیست؛ چرا که ساختن دیوارهای منحنی دشوارتر و پرهزینه‌تر است. از طرف دیگر طرح مدور طراحی مؤثر و کاربردی را برای فضای داخلی به چالش می‌کشد. به این دلایل مربع بر دایره ارجحیت دارد و همچنان حداقل نسبت سطح ساختمان به سطح زیربنا را حفظ می‌کند.

طراحی کارآمد فضای داخلی مربع نیز مانند دایره، آسان نیست. بنابراین مستطیل عملی‌ترین انتخاب در میان فرم‌های ساده است[۹]. در سطوح یکسان زیربنا بسته به فرم ساخت‌وساز، دریافت انرژی متفاوتی از تابش خورشیدی روی نما به دست می‌آید که بهترین حالت نمای باز به سمت جنوب می‌باشد (شکل ۱)[۸].



شکل ۱: مثالی از تحلیل انرژی برای فرم‌های ساخت‌وساز پایه در چارچوب توسعه شهری[۸]

۳-۴- کشیدگی و جهت‌گیری

نسبت ابعادی ساختمان و جهت نماهای اصلی نسبت به مختصات واقعی کره زمین یکی از مسائل مهم در بهینه شدن انرژی است.

۱-۳-۴- انرژی غیر فعال خورشیدی

یونانیان باستان و دیگر جوامع بومی، خانه‌ها و شهرهای خود را به گونه‌ای جهت‌یابی می‌کردند که بیشترین نور روز را در زمستان و بیشترین سایه را در تابستان داشته باشند. اما امروز با پیشرفت در سیستم‌های خنک‌کننده و گرم‌کننده مرکزی، همراه با در دسترس بودن انرژی ارزان، جامعه علاقه‌ای به مکانیابی مسکن برای دستیابی به انرژی غیر فعال خورشیدی ندارد. با تقلیل یافتن منابع طبیعی و افزایش هزینه انرژی، درک منافع و روش‌های مناسب جهت‌یابی ساختمان به طور فزاینده‌ای حیاتی خواهد شد. محور ساختمان برای به حداکثر رساندن قرارگیری در معرض خورشید (و افزایش گرما) باید به طور کلی شرقی_غربی و وجه کشیده آن رو به جنوب باشد. ضروری است که ساختمان نسبت به جنوب واقعی جهت‌یابی شود نه جنوب مغناطیسی که می‌تواند تا ۲۰ درجه متفاوت باشد[۹]. تا زمانی که کشیدگی همراه با ۱۵ درجه اختلاف از جنوب واقعی در نیمکره شمالی (یا شمال، در نیمکره جنوبی) باشد، ساختمان تقریباً ۹۰ درصد حداکثر افزایش گرمای خورشیدی زمستانی را دریافت خواهد کرد. تغییر جهت کشیدگی به سمت شرق یا غرب تا حدودی زمان این افزایش گرما را تغییر می‌دهد[۱۰][۱۱].

۲-۳-۴- تهویه طبیعی

پتانسیل هوای خارج بنا برای تهویه در بسیاری از مناطق اروپای مرکزی قابل توجه است. در صورتی که از این پتانسیل به درستی استفاده شود، تهویه مکانیکی در بیش از ۷۰درصد از زمان سال بدون ایجاد محدودیت در سطح آسایش، قابل چشم‌پوشی است. نه تنها در اروپا بلکه در آسیا نیز پتانسیل تهویه طبیعی در طراحی ساختمان موضوع قابل تأملی است[۸]. بادهای ملایم تابستانی می‌توانند به جای سیستم‌های مصرف‌کننده انرژی، خانه را خنک کنند. برای طراحی ساختمانی که به طور مؤثر از باد استفاده می‌کند، نیازمند درک الگو وزش باد در سایت مورد نظر هستیم. شرایط باد غالب از موقعیتی به موقعیت دیگر متفاوت است. بنابراین از دیگر اهداف اولیه برای جهت‌یابی ساختمان، دستیابی به بادهای ملایم تابستانی و در عین حال دوری از بادهای سخت زمستانی است. به عنوان قاعده‌ای کلی، جبهه کشیده خانه باید با ۶۰ درجه فاصله از محور باد غالب قرار بگیرد. این قاعده موجب می‌شود تا بادهای ملایم از داخل خانه عبور و آن را خنک کنند.

در طراحی هر خانه پایدار، باید به هر دو مورد، یعنی جهت وزش باد و دستیابی به انرژی خورشیدی غیر فعال پرداخت. به طور کلی می‌توان راه‌حلی پیدا کرد که نیازهای هر دو مورد را برطرف کند، اما گاهی اوقات جهت‌یابی مطلوب بر اساس الگوهای وزش باد با جهت‌یابی مطلوب برای دستیابی به بیشترین انرژی خورشیدی غیرفعال در تضاد است. مکانیابی برای دستیابی به بیشترین انرژی خورشیدی غیر فعال باید در اولویت باشد، چرا که انرژی خورشیدی به دست آمده که از مزایای پیکره‌بندی مناسب محسوب می‌شود بیشتر از اتلاف انرژی‌ای است که ممکن است به خاطر جهت‌یابی نامناسب بر اساس الگوی وزش باد رخ دهد[۹].

۵- ویژگی‌های نزدیک ساختمان

ویژگی‌های نزدیک ساختمان شامل سازه‌ها و عناصری از قبیل پیش‌آمدگی‌ها، سایبان‌ها و کرکره‌ها است. بسیاری از این ویژگی‌ها را می‌توان به صورت لایه‌های محافظ اجرا کرد. هرگاه از این ویژگی‌ها به درستی استفاده نشود، ممکن است موجب افزایش مصرف انرژی در ساختمان شود.

۱-۵- پیش‌آمدگی‌ها و سایبان‌ها

اگر قرار است از یک عنصر شفاف به منظور گرمایش خورشیدی غیر فعال استفاده شود، توجه دقیق به طراحی دستگاه سایبان و پیش‌آمدگی‌ها به منظور کاهش دستآوردهای خورشیدی ناخواسته در طول بخش‌های بیش از حد گرم سال ضروری است[۱۰]. پیش‌آمدگی‌ها و سایبان‌هایی که در جبهه‌های شرق، جنوب یا غرب ساخته شوند، جذب گرمای خورشیدی و در نتیجه انرژی لازم برای تهویه مطبوع در تابستان را کاهش می‌دهند. اگر اندازه این اجزا به درستی انتخاب شود، جذب گرمای مفید خورشیدی در زمستان را امکان‌پذیر می‌کنند.

پیش‌آمدگی‌های افقی هنگامی بیشترین کارایی را دارند که رو به جنوب ساخته شوند. اندازه پیش‌آمدگی‌ها را می‌توان به روش‌های مختلف تعیین کرد. جدول ۱ عمق پیش‌آمدگی‌های لازم برای سایه‌اندازی کامل روی پنجره‌های رو به جنوب با قد ۱۲۲۰ میلی‌متر، در ظهر روز ۳۱ مرداد و در عرض‌های جغرافیایی مختلف را نشان می‌دهد. در اقلیم‌های گرم که به پیش‌آمدگی‌ها نیاز بیشتری است، عمق آن‌ها کاهش می‌یابد.

جدول ۱: اندازه پیش‌آمدگی افقی رو به جنوب[۱]

ردیف	عرض جغرافیایی	عمق(میلی‌متر)
۱	۲۴	۲۸۰
۲	۳۲	۴۰۵
۳	۴۰	۶۶۰
۴	۴۸	۹۱۵

کرکره‌های خارجی نیز همین کار را انجام می‌دهند. استفاده از کرکره‌های عمودی در جبهه‌های شرق و غرب بسیار کارآمد است و دقت در جداسازی کرکره از دیوار موجب کاهش گرمای انتقالی از طریق رسانش می‌شود. جلوگیری از تابش خورشید به ساختمان ارزشمندتر از تلاش برای ایجاد محافظت در برابر پرتوهای آن با استفاده از پرده و کرکره‌های داخلی است؛ اقدام اخیر هنگامی انجام می‌گیرد که نور خورشید از پنجره‌ها عبور کرده و گرما را به داخل ساختمان انتقال داده است[۱]. اگر سایه‌اندازی از یک وسیله داخلی (مانند پرده) باشد، تابش اشعه خورشید از طریق پنجره می‌تواند ۲۰درصد کاهش یابد. با این حال، اگر سایه‌اندازی توسط یک وسیله خارجی فراهم شود، افزایش گرما را می‌توان تا ۸۰درصد کاهش داد. سلسله‌مراتب ترجیحی برای قرار دادن دستگاه سایبان به ترتیب: خارجی به شیشه، یکپارچه با شیشه و سپس داخلی به شیشه می‌باشد[۱۰].

۶- پوشش خارجی ساختمان

میان پوشش خارجی و پوشش داخلی ساختمان تمایز وجود دارد. پوشش خارجی شامل عناصری است که با هوای بیرون یا با زمین تماس دارند. پوشش داخلی از عناصری تشکیل می‌شود که با فضاهایی تماس دارند که تهویه مطبوع می‌شوند. پوشش خارجی غالباً مهم‌ترین لایه محافظ هر ساختمان است[۱].

۱-۶- پنجره (مناطق شفاف)

۱-۱-۶- نفوذ

با در نظر گرفتن تعداد زیاد اجزا و عناصر ساختمانی، پنجره‌ها یکی از بغرنج‌ترین مسائل ساختمان را تشکیل می‌دهند. پنجره‌ها با ورود نور طبیعی، گرمای خور شید، هوای تازه و چ شم‌انداز خارجی، نقش مهمی در د ستیابی به آ سایش دارند[۹]. با این حال، م سائل مربوط به انرژی در ت صمیم‌گیری و برنامه‌ریزی برای عنا صر شفاف در یک پروژه سبز اهمیت بی شتری پیدا

می‌کند[۹]. از سوی دیگر، پنجره‌های بی‌کیفیت می‌توانند منبع گرمای بیش از حد و یا عامل ورود و خروج ناخواسته هوا باشند. بنابراین پنجره‌های با کیفیت، مصرف انرژی ساختمان را تحت تأثیر قرار می‌دهند[۹].

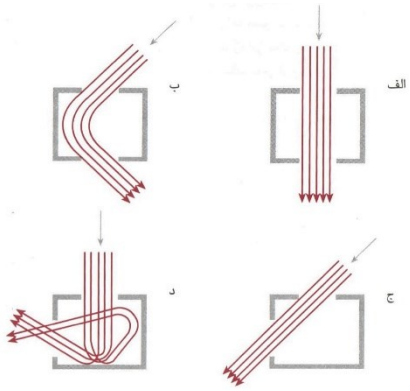
تأثیر نفوذ بر مصرف انرژی ساختمان چشمگیر است . از اصطلاح «نفوذ» برای توصیف مبادله هوا میان ساختمان و فضای بیرون استفاده می‌کنیم. ساختمان‌ها می‌توانند از طریق درزها و بازشدگی‌های خود در معرض نفوذ قرار گیرند؛ انواع مختلف تغییر فشار در ساختمان و حتی باز و بسته کردن پنجره‌ها، نیروی محرک نفوذ را تأمین می‌کنند. بنابراین به منظور کاهش تلفات انرژی ناشی از نفوذ، باید در مواردی که به پنجره بازشو نیازی نیست از پنجره ثابت استفاده کرد. پنجره‌های ثابت نفوذ را کاهش می‌دهند. به طور مثال پنجره یک تکه کشویی عمودی در مقایسه با پنجره دو تکه کشویی عمودی، نفوذ بالقوه کمتری دارد، ضمن اینکه سطح باز شو پنجره تغییری نکرده ا ست. اگر چه باز هم باید به جلوگیری از ن شت هوا از درز میان پنجره و سازه دیوار توجه کرد. یکی دیگر از راه‌های اتلاف انرژی از طریق قاب‌بندی دیوار با سازه دور پنجره است؛ به علاوه تلفات ر سان شی از این ناحیه نیز بی شتر از شی شه‌کاری پنجره ا ست. بدین منظور برای تأمین سطح مفروض پنجره مورد نیاز، تعبیه تعداد کم‌تری پنجره بزرگ بهتر از تعبیه تعداد بیش‌تری پنجره کوچک است[۱].

۲-۱-۶- جهت‌گیری

از اهداف از جهت‌گیری پنجره‌ها در هر اقلیم خاص، ا ستفاده از بیش‌ترین میزان گرما در زم ستان و کم‌ترین میزان گرما در تابستان می‌باشد. در نیمکره شمالی، خورشید در طول زمستان به دلیل تغییر شیب در محورهای زمین، در عرض آسمان جنوبی با زاویه کمتری حرکت می‌کند. در طی این تابش خورشید با زاویه بیشتری به زمین برخورد می‌کند. پنجره‌های رو به جنوب اجازه می‌دهند تا انرژی خورشید در زمستان بیشتر در خانه نفوذ کند که این موضوع مزیت بهره‌وری از گرما را در زمستان به همراه خواهد داشت. در نیمکره جنوبی فصل‌ها برعکس می‌شوند؛ بنابراین اکثر پنجره‌ها باید در قسمت شمالی خانه تعبیه شوند. [۱۲]. از آنجا که گرمای به دست آمده از طریق انرژی خورشیدی غیر فعال به میزان قابل توجهی بیشتر از گرمای از دست رفته از طریق پنجره است، پنجره‌های جنوبی بسیار مفید هستند[۹]. اندکی انحراف قابل قبول از جنوب می‌تواند زمان جمع‌آوری انرژی خور شیدی (شرق زودتر از جنوب و غرب دیرتر از جنوب) و مقدار انرژی جمع‌آوری شده را تغییر دهد. [۱۰]. توجه داشته باشید این موضوع برای ساختمان‌های واقع در نیکره شمالی، بدین معنی نیست که تا جای ممکن در سمت جنوب ساختمان پنجره باز کنید، بلکه بدین معنا ا ست که ۱- اگر پنجره‌ها فقط در یک دیوار باز می شوند بهترین حالت، دیوار جنوبی ا ست. ۲- در مواردی که پنجره‌ها فقط در دو دیوار مقابل هم باز می شوند، تعبیه پنجره در دیوارهای شمالی و جنوبی بیشتر از حالت تعبیه آن‌ها در دو دیوار شرقی و غربی موجب کاهش مصرف انرژی می‌شود. ۳- هنگام تعبیه پنجره روی دو دیوار مجاور، خواه در اقلیم‌های سرد و خواه در اقلیم‌های گرم، کم‌ترین انرژی زمانی مصرف می‌شود که پنجره‌ها رو به جنوب و شرق با شند. پس از آن و تقریباً با همان میزان صرفه‌جویی در مصرف انرژی، پنجره‌های رو به جنوب و غرب قرار دارند[۱].

از دیگر اهداف جهت‌گیری پنجره، امکان تهویه طبیعی با استفاده از بخش بازشو پنجره‌ها و کاهش استفاده از تهویه مکانیکی و کمک به بهینه‌سازی مصرف انرژی است. موقعیت پنجره اتاق نسبت به جهت وزش باد، تأثیر زیادی در وضعیت تهویه طبیعی در داخل اتاق دارد. مهم‌ترین اصل ایجاد شرایط تهویه طبیعی مؤثر و قابل استفاده این است که قسمت بازشو در دو سمت رو به باد و پشت به باد قرار دا شته با شند. مطالعات و آزمایش‌ها در دو دهه اخیر ن شان می‌دهد در مواردی که ایجاد جریان هوا در تمام نقاط یک اتاق ضرورت دارد، مناسب‌ترین تهویه زمانی انجام می‌شود که جهت وزش باد نسبت به سطح پنجره مایل باشد. در این صورت تقریباً تمام نقاط اتاق تحت تأثیر جریان هوا قرار می‌گیرد و باد با یک حرکت دایره‌ای شکل، در طول دیوارها و گوشه‌های اتاق به جریان می‌افتد. اگر پنجره‌های اتاقی در دیوارهای مجاور هم تعبیه شده باشند، وضعیت تهویه

طبیعی زمانی مطلوب است که جهت وزش باد، عمود بر سطح پنجره رو به باد باشد (شکل ۲)[۱۳]. در نیمکره شمالی، بادهای غالب تابستانی معمولاً از سمت غرب به شرق در جریان هستند. در نتیجه پنجره‌های رو به غرب برای سرمایش در تابستان مناسب می‌باشند[۸]. در جهت‌گیری پنجره‌های بازشو همچنین باید توجه داشت که ناحیه بازشو پنجره‌ها تا نزدیک سقف کشیده شوند تا هوای گرم از قسمت بالای اتاق خارج شود[۱۴]. از این حیث در فضاهایی چون راه‌پله‌ها که دودکش‌های حرارتی و مجاری متمرکز هستند، پنجره‌ها باید در سطح بالا برای تخلیه هوای گرم طراحی شوند[۱۵].



شکل ۲: موقعیت پنجره و تأثیر آن در وضعیت تهویه طبیعی[۱۳]

۲-۱-۶- اندازه پنجره

به طور طبیعی پنجره‌ها اجازه می‌دهند که نور خورشید وارد ساختمان شود و تشعشع گرما با امواج بلند را در ساختمان به دام می‌اندازند که می‌تواند اثر گلخانه‌ای از ایجاد گرما در فضای داخلی حاصل شود و به همین علت در روزهای آفتابی دمای خانه بالا می‌رود. طراحی مناسب اندازه شیشه‌های رو به جنوب می‌تواند میزان گرمای ورودی به ساختمان و هدررفت آن از ساختمان را به‌گونه‌ای متعادل سازد و از افزایش بیش از حد گرمای ساختمان جلوگیری کند. در بکارگیری استراتژی طراحی رو به جنوب، باید مجموع مساحت پنجره‌های اتاق به ۸-۷ درصد مساحت اتاق محدود شود. اگر از توده‌های حرارتی (مانند آجر، مصالح بنایی و بتن) در ساختمان استفاده شود، این نسبت به ۱۲ درصد مساحت کف افزایش می‌یابد[۱۱][۱۲].

از نظر اندازه پنجره، بهترین حالت برای تهویه طبیعی، اختصاص پنجره‌های کوچک به ورود هوا و پنجره‌های بزرگ برای خروج هوا است. به این ترتیب ورود هوا شتاب می‌گیرد[۹]. حداقل سطح باز شو برای تهویه کافی باید ۵در صد مساحت اتاق باشد[۱۴].

۲-۶- بام سبز

بام‌ها به عنوان جداکننده محیط داخل و خارج ساختمان، نقش به‌سزایی در میزان انرژی مصرفی به منظور سرمایش و گرمایش فضاهای ساختمان ایفا می‌کنند. از این نظر بام‌های سبز ایده‌ای در راستای محیط‌زیستی سبزتر و سالم‌تر هستند. لذا شناخت و تحلیل علمی بام‌های سبز می‌تواند چارچوب مطمئنی برای برنامه‌ریزی گسترش آن‌ها در حال و آینده فراهم آورد. بام‌های سبز چیزی بیش از یک فضای زیبا و دلنشین هستند و می‌توانند موجب افزایش بهره‌وری انرژی در ساختمان‌ها شوند. بام معمولی با کمترین انعطاف‌پذیری، اجازه ورود و نفوذ حرارتی در فضای داخلی را در روز می‌دهد و از طرفی تخلیه حرارتی شبانه را آسان می‌سازد تا گرمای داخلی از طریق بام در زمان شب خارج شود و این امر موجب افزایش نیاز گرمایشی و سرمایشی می شود. اما بام سبز با کاهش نوسانات گرمایی سطح خارجی بام و از طریق افزایش ظرفیت گرمایی لایه‌های بام و

سایه‌اندازی پوشش گیاهی، به خنک‌سازی فضای بام در طی تابستان کمک می‌کند. این بام‌ها می‌توانند نیاز سرمایشی در تابستان و نیاز گرمایشی در زمستان را به ترتیب ۱۱درصد و ۱۹درصد کاهش دهند. بر این اساس، صرفه‌جویی در مصرف انرژی سالانه را می‌توان در حدود ۷ تا ۱۵/۲ درصد تخمین زد. بام‌های سبز تکنولوژی‌های پیچیده‌ای هستند و عملکرد آن‌ها برای اقلیم‌های مختلف متفاوت است. لذا به منظور بهره‌برداری بهینه از مزایا و منافع حاصل از این نوع بام‌ها، باید نحوه عملکرد آن‌ها با توجه به هر منطقه‌ای مورد بررسی قرار گیرد[۱۶].

۷- معماری داخلی ساختمان

یکی از اساسی‌ترین عوامل مؤثر در بهبود و استفاده بهینه از انرژی پاک لحاظ نمودن کارایی فضاهای داخلی است.

۷-۱- اندازه ساختمان

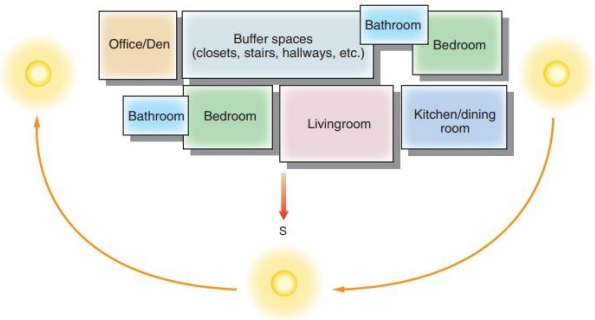
یکی از اصول بنیادین ساختمان سبز، ساختن خانه‌ای متناسب با نیازهای ساکنان آن است. برای ساختن خانه‌های بزرگ‌تر به انرژی بیشتری نیاز است. به واقع مفهوم یک خانه بسیار بزرگ سبز ذاتاً دارای تناقض است. بر طبق انجمن خانه سبز آمریکا، یک افزایش ۱۰۰ درصدی در اندازه خانه‌ها، افزایش سالیانه بین ۱۵درصد الی ۵۰درصد مصرف انرژی را بسته به طراحی، مکان و ساکنان خانه به همراه خواهد داشت. زمانی که خانه‌ای جدید طراحی می‌کنید و یا زمانی که می‌خواهید بنایی جدید به ساختمان موجود اضافه کنید، نیازهای اولیه ساکنان آن را در نظر بگیرید و حداقل الزامات برای برآوردن آن نیازها را مشخص کنید. از ساختن فضاهای غیر ضروری که ممکن است بسیار کم مورد استفاده قرار بگیرند، خودداری کنید. در این راستا سارا سوسانکا[1] برای اولین بار واژه «نه چندان بزرگ» را که در سال ۱۹۹۸ ابداع کرده است، در کتاب خود با نام «خانه نه چندان بزرگ» می‌آورد تا از آن به عنوان جایگزینی برای عبارت «اندازه خانه رو به افزایش» استفاده کند. وی بیان می‌دارد که واژه «نه چندان بزرگ» به هیچ عنوان به معنای ایجاد یک خانه با اندازه خاصی نیست. نیاز خانواده‌ها متفاوت است؛ بنابراین افرادی که قرار است در آن خانه زندگی کنند، اندازه خانه را تعیین می‌کنند. در واقع تمرکز به جای کمیت، بر روی کیفیت خواهد بود و خانه مطابق با نحوه زندگی و نیاز واقعی افراد ساخته خواهد شد. خانه‌های کوچک‌تر با طراحی بهتر، برای زندگی ساکنان مناسب‌تر از خانه‌های بزرگ با مساحت بیشتر است. این یک استراتژی است که نه تنها برای مالکان اصلی خانه‌ها، بلکه برای نسل‌های بعدی نیز جذابیت خواهد داشت[۱۲]. LEED معیارهایی را برای ابعاد خانه وضع کرده است. به خانه‌های کوچک امتیاز می‌دهد و از خانه‌های خیلی بزرگ امتیاز کم می‌کند. برای مثال ابعاد خانه یک‌خوابه نباید از ۷۴مترمربع تجاوز کند و خانه سه‌خوابه نباید بزرگتر از ۱۷۷ مترمربع باشد[۹].

۷-۲- منطقه‌بندی فضاها

توزیع و منطقه‌بندی فضاهای عملکردی در یک ساختمان باید با در نظر گرفتن نیازهای گرمایشی و سرمایشی هر یک از آن‌ها باشد، به طوری که کل انرژی مورد نیاز ساختمان را به حداقل برساند و اتلاف آن را کاهش دهد. در صورت امکان، فضاهایی را که به گرمای مداوم نیاز دارند در نمای جنوبی قرار دهید تا بتوانند از انرژی غیر فعال خورشیدی برخوردار شوند و فضاهایی را که به آن نیاز ندارند در نمای شمالی قرار دهید. فضاهای که به گرماش متناوب نیاز دارند می‌توانند در مناطقی که از مطلوبیت کمتری در دریافت انرژی خورشیدی بهره‌مند هستند جانمایی شوند[۱۴]. پلان هر طبقه از خانه می‌تواند به گونه‌ای طراحی شود که حائل عایق در نمای شمالی ایجاد کند و نیاز به انتقال گرما از فضاهای جنوبی را کاهش دهد. نواحی که به ندرت استفاده می‌شوند مانند اتاق‌خواب‌ها، اتاق‌های خدماتی، کمدها یا فضاهای گردشی باید در راستای جبهه شمالی و بین فضاهای اصلی و جبهه‌های نامطلوب حرارتی قرار بگیرند؛ در حالی که نواحی که زندگی در آن‌ها در جریان است و نیاز به گرمای مداوم دارند مانند

[1] Sarah Susanka

اتاق‌های غذاخوری و آشپزخانه‌ها و نشیمن باید سمت جنوب باشند و با منطقه‌بندی کاربری‌های مشابه نزدیک هم و در صورت امکان جداسازی آن‌ها با درهای داخلی، در مصرف انرژی بهینه‌سازی شود (شکل ۳)[۹][۱۰][۱۷]. به منظور مرتفع ساختن نیازهای سرمایشی نیز در صورتی که اتاق تنها در یک جبهه بازشو داشته باشد، تهویه طبیعی تنها تا عمقی معادل دو برابر ارتفاع اتاق مؤثر است و شاید چنین اتاقی نسبت به اتاقی که دارای تهویه مکانیکی است، باید سقف بلندتری داشته باشد. با حذف فضایی که در سقف یا کف باید برای داکت در نظر گرفت، ارتفاع طبقه می‌تواند افزایش یابد[۹][۱۴].



شکل ۳: جانمایی اتاق‌های خانه با توجه به نیازهای گرمایشی[۱۲]

۸- نتیجه‌گیری

ساختمان‌ها حدود نیمی از منابع انرژی جهان را مصرف می‌کنند و طراحی نامناسب و ناکارآمد آن‌ها منجر به اتلاف بخش زیادی از انرژی می‌شود که علاوه بر از بین بردن منابع طبیعی، مخاطرات زیست‌محیطی را به همراه دارد. ساختمان‌های سبز با حداکثر استفاده مطلوب از منابع طبیعی تجدیدپذیر انرژی و محاظت ساختمان در برابر شرایط نامطلوب، میزان انرژی مورد نیاز برای گرمایش و سرمایش ساختمان را به حداقل رسانده و آسایش و بهره‌وری ساکنان را به همراه دارند. ضوابط و معیارهای طراحی معماری در بهینه‌سازی انرژی ساختمان‌ها می‌تواند چارچوبی کاربردی در اختیار معماران قرار دهد که بهره‌گیری و به‌کار بستن آن‌ها، طراحی موفق یک ساختمان سبز با کارایی انرژی بالا را نتیجه دهد. در راستای ارائه یک چارچوب کاربردی، با در نظر گرفتن ایده طراحی از خارج به داخل ساختمان، معیارهای طراحی در شش دسته کلی تحت عناوین شکل ساختمان، ویژگی‌های نزدیک ساختمان، پوشش خارجی ساختمان و معماری داخلی ساختمان گروه‌بندی شدند. هر یک از این معیارها زیرمعیارهایی را ارائه می‌دهند که با بررسی‌های صورت گرفته به طور خلاصه در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲: معیارهای بهینه‌سازی انرژی در ساختمان سبز

ردیف	معیارها	زیرمعیارها
۱	شکل ساختمان	- نسبت سطح ساختمان به سطح زیربنا حداقل شود. - فرم پایه ساختمان به صورت مستطیل کشیده با نمای باز به سمت جنوب طراحی شود. - محور ساختمان شرقی_غربی و وجه کشیده آن رو به جنوب واقعی جهت‌یابی شود. - کشیدگی ساختمان همراه با ۱۵ درجه اختلاف از جنوب واقعی در نیمکره شمالی (یا شمال، در نیمکره جنوبی) باشد. - جهت‌یابی جبهه کشیده ساختمان به منظور دستیابی به بادهای ملایم تابستانی و در عین حال دوری از بادهای سخت زمستانی باید با ۶۰ درجه فاصله از محور باد غالب قرار گیرد.
۲	ویژگی‌های نزدیک ساختمان	- سلسله‌مراتب ترجیحی برای قرار دادن دستگاه سایبان به ترتیب: خارجی به شیشه، یکپارچه با شیشه و سپس داخلی به شیشه می‌باشد. - پیش‌آمدگی‌های افقی به منظور بیشترین کارایی باید رو به جنوب ساخته شوند.

		- استفاده از کرکره‌های عمودی در جبهه‌های شرق و غرب بسیار کارآمد است. - عمق پیش‌آمدگی‌های لازم برای سایه‌اندازی کامل روی پنجره‌های رو به جنوب با قد ۱۲۲۰ میلی‌متر، در ظهر روز ۳۱ مرداد و در عرض‌های جغرافیایی مختلف به صورت زیر می‌باشد؛ عرض جغرافیایی عمق(میلی‌متر) ۲۴ ۲۸۰ ۳۲ ۴۰۵ ۴۰ ۶۶۰ ۴۸ ۹۱۵
۳	پوشش خارجی ساختمان	**انرژی غیر فعال خورشیدی** - در مواردی که به پنجره بازشو نیازی نیست، از پنجره ثابت استفاده شود. - برای تأمین سطح مفروض پنجره مورد نیاز، تعداد کمتری پنجره بزرگ به جای تعداد بیشتری پنجره کوچک تعبیه شود. - در نیمکره شمالی باید اکثر پنجره‌ها در قسمت جنوبی و در نیمکره جنوبی در قسمت شمالی ساختمان تعبیه شوند. - در نیمکره شمالی؛ اگر پنجره‌ها فقط در یک دیوار باز می‌شوند بهترین حالت، دیوار جنوبی است. در مواردی که پنجره‌ها فقط در دو دیوار مقابل هم باز می‌شوند، بهترین حالت تعبیه پنجره در دیوارهای شمالی و جنوبی است. هنگام تعبیه پنجره روی دو دیوار مجاور، بهترین حالت تعبیه پنجره‌ها در دیوارهای جنوبی و شرقی و پس از آن دیواهای جنوبی و غربی است. - مجموع مساحت پنجره‌های جنوبی باید به ۸-۷ درصد مساحت اتاق محدود شود. اگر از توده‌های حرارتی (مانند آجر، مصالح بنایی و بتن) در ساختمان استفاده شود، این نسبت به ۱۲ درصد مساحت کف افزایش می‌یابد. - طراحی بام سبز **تهویه طبیعی** - پنجره‌ها تا حد ممکن در دو دیوار مجاور هم و جهت وزش باد عمود بر سطح پنجره رو به باد باشد. - پنجره‌های ورودی رو به باد غالب و پنجره‌های خروجی پشت به باد غالب باشند. - در نیمکره شمالی، پنجره‌های ورودی باد غالب کوچک و پنجره‌های خروجی بزرگ باشند. - حداقل سطح بازشو پنجره‌ها باید ۵درصد مساحت کف اتاق باشد. - در بالای فضاهای راهپله‌ها به منظور تخلیه هوای گرم، پنجره تعبیه شود.
۴	معماری داخلی ساختمان	- با تمرکز بر روی کیفیت به جای کمیت، ابعاد مناسب فضاها مطابق با نیازهای واقعی ساکنین تعیین شود. - طبق استاندارد LEED، ابعاد خانه یک‌خوابه نباید از ۷۴مترمربع تجاوز کند و خانه سه‌خوابه نباید بزرگتر از ۱۷۷ مترمربع باشد - برای اینکه یک خانه کوچک، بزرگتر به نظر بیاید، از تکنیک‌هایی از قبیل ایجاد نور طبیعی، ساختن طاقچه و تغییر در ارتفاع سقف استفاده شود. - نواحی که به ندرت استفاده می‌شوند، مانند اتاق‌خواب‌ها، اتاق‌های خدماتی، گاراژها یا راهروها باید در راستای جبهه شمالی قرار گیرند و نواحی که زندگی در آن‌ها در جریان است، مانند اتاق‌های غذاخوری و آشپزخانه‌ها باید سمت جنوب باشند. - فضاهایی که دائماً استفاده نمی‌شوند بین فضاهای اصلی و جبهه‌های نامطلوب حرارتی قرار گیرند. - فضاهای دریافت‌کننده گرما باید ۱۵ درجه نسبت به جنوب قرار بگیرند.

		- فضاها با کاربری مشابه نزدیک هم قرار بگیرند و با درهای داخلی از هم جدا شوند. - در صورتی که اتاق تنها در یک جبهه بازشو داشته باشد، عمق اتاق به منظور اثربخشی تهویه طبیعی تنها تا عمق دو برابر ارتفاع اتاق طراحی شود.

مراجع

[1] Ching, Francis DK. Building construction illustrated. John Wiley & Sons, 2020.

[۲] محمدپور زرندی، ح، عباسپور طهرانی‌فرد، م، ارجمندی، ر. تدوین راهبردهای مدیریتی برای توسعه ساختمان‌های سبز (مطالعه موردی، منطقه ۱ شهرداری تهران)، فصلنامه علمی- پژوهشی اقتصاد و مدیریت شهری، شماره چهارم (پیاپی ۱۶)، صص ۸۶-۷۱، ۱۳۹۵.

[۳] کامل‌نیا، ح. معماری سبز: فرم، فضا و انرژی کاربرد عناصر مولد انرژی (پانل‌های خورشیدی و توربین باد) در شکل‌گیری معماری سبز، فصل‌نامه علمی ترویجی عصر برق، شماره ۳، صص ۱۵-۱۱، ۱۳۹۴.

[۴] یودلسون، ج. ساختمان سبز با رویکرد طراحی یکپارچه، انتشارات اول و آخر، ۱۳۹۷.

[۵] کامل‌نیا، ح، گوهریان، آ. کاربرد معماری هوشمند در ساختمان‌های سبز، اولین کنفرانس ملی ساختمان سبز، مشهد، ۱۳۹۲.

[۶] ودادی کلانتر، س، اسماعیلی، ع، رفیعی، م. بررسی کیفی استانداردهای یک ساختمان سبز، اولین کنفرانس ملی ساختمان سبز، مشهد، ۱۳۹۲.

[۷] بمانیان، م. ساختمان بلند و شهر: تحلیل تأثیرات فرهنگی و اجتماعی ساختمان بلند بر شهرهای بزرگ، انتشارات شهر، ۱۳۹۰.

[8] Bauer, Michael, Peter Mösle, and Michael Schwarz. Green building: guidebook for sustainable architecture. Springer Science & Business Media, 2009.

[۹] فریدمن، آ. مبانی مسکن پایدار، انتشارات کتابکده کسری، ۱۳۹۶.

[10] Kwok, Alison G., and Walter Grondzik. The green studio handbook: Environmental strategies for schematic design. Routledge, 2018.

[۱۱] شهابی، ش. معماری سبز، فصلنامه آبادی، شماره ۳۷، صص ۹۷-۹۴، ۱۳۸۱.

[12] Kruger, Abe, and Carl Seville. Green building: principles and practices in residential construction. Cengage Learning, 2012.

[۱۳] کسمائی، م. اقلیم و معماری، نشر خاک، ۱۳۹۲.

[14] Brophy, Vivienne, and J. Owen Lewis. A green vitruvius: principles and practice of sustainable architectural design. Routledge, 2012.

[15] Aktas, Gozen Guner. "Design parameters and initiatives for ecological and green design in interior architecture." WSEAS Transactions on Environment and Development 9, no. 2 (2013): 57-67.

[۱۶] قلعه‌نوی، آ، شاهچراغی، آ، کامل‌نیا، ح. ارزیابی سامانه بام سبز در مقایسه با بام معمولی از منظر بهره‌وری انرژی در راستای برنامه‌ریزی شهری (کلانشهر مشهد)، فصلنامه علمی و پژوهشی نگرش‌های نو در جغرافیای انسانی، شماره ۳، صص ۱۷۲-۱۸۵، ۱۴۰۰.

[۱۷] میرمعصومی، ف، صلواتی، م، احمدی، ف. مسکن سبز اصفهان، انعکاس بهینه‌سازی مصرف انژی بر کیفیت زندگی، فصلنامه نقش جهان-مطالعات نظری و فناوری‌های نوین معماری و شهرسازی، شماره ۳، صص ۲۰۴-۱۹۵، ۱۳۹۷.