بررسی رویکرد ساختمان سبز و سازگار با محیط زیست در طراحی ساختمان‌های اداری جهت بهینه سازی و ذخیره از انرژی

الناز نصیرزاده: دانشجوی دکتری مهندسی فناوری اطلاعات (IT)، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران
elnaz_nasirzadeh@ind.iust.ac.ir
محمد شفیعی: کارشناسی ارشد مدیریت ساخت و پروژه، دانشگاه آزاد اسلامی، ایران
mohammad.shafiee208@gmail.com

چکیده

امروزه با سرمایه گذاری در بخش انرژی تجدیدپذیر، بهبود کارایی انرژی و فناوری های نوین گام‌های بزرگی در زمینه کنترل آلودگی های زیست محیطی برداشته شده است. خورشید بخش بزرگی از انرژی کره زمین را تامین می‌کند و با توجه به پاک، ارزان و بی پایان بودن این انرژی، در بسیاری از مناطق دنیا علی الخصوص خاورمیانه قابل مصرف می باشد. ایران نیز با توجه به موقعیت اقلیمی خود در یکی از بهترین شرایط برای استفاده از انرژی خورشیدی و بهره مندی از سیستم‌های فتوولتائیک قرار گرفته است، همین امر باعث شده تا سیستم‌های خورشیدی در ایران پتانسیل بالایی برای استفاده داشته باشند. از طرفی، با توجه به اینکه معمولا سقف ساختمان‌های مسکونی و تجاری بلااستفاده هستند، نصب و راه اندازی پنل‌های فتوولتائیک بر روی سقف چنین ساختمان‌هایی رشد چشمگیری داشته است. علی رغم اهمیت این حوزه متاسفانه هنوز دانش کافی در خصوص امکانات فنی و همچنین جزئیات نمونه‌های پیاده سازی شده وجود ندارد و به خصوص در کشورهای در حال توسعه نظیر ایران، تحقیقات کمی در این حوزه انجام شده است. لذا در این پژوهش رویکرد ساختمان سبز و سازگار با محیط زیست را در طراحی ساختمانهای اداری جهت بهینه سازی و حفاظت انرژی مورد بررسی قرار میدهیم. مطالعه موردی، ساختمان ستاد مرکزی بانک حکمت ایرانیان برای نصب سلول‌های فتوولتائیک می باشد. در ابتدا موقعیت و داده‌های طراحی جغرافیایی و هم چنین مصرف برق در این ساختمان مورد بررسی قرار گرفته و سپس به وسیله‌ی نرم افزار دیزاین بیلدر[1] سیستم‌های فتوولتائیک مناسب طراحی گردید. در نهایت، برق تولید شده توسط سلول‌های فتوولتائیک و مقدار برق مصرفی ساختمان مذکور مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج نشان میدهند که با محاسبه انرژی تولیدی با توجه به مفروضات پروژه، سرمایه گذاری در احداث مولدهای فتوولتائیک دارای خالص ارزش فعلی[2] و نرخ بازده داخلی[3] بالایی می‌باشند که این امر نشان دهنده توجیه پذیری بالای سرمایه گذاری در این پروژه‌ها است.

واژه‌های کلیدی: پنل خورشیدی، فوتوولتائیک، انرژی تجدیدپذیر، ساختمان سبز، انرژی پاک.

Archive of SID

[1] DesignBuilder
[2] NPV
[3] IRR

www.SID.ir

۱- مقدمه

در قرن بیست و یکم میزان مصرف انرژی مورد توجه بیشتری قرار گرفته است. زیرا اتلاف انرژی، خسارات هدر رفتن سرمایه و افزایش مشکل گرم شدن جهان را به دنبال دارد. در جوامع امروزی همان‌طور که تعداد رایانه‌ها روز به روز در حال افزایش است، مقدار برق مصرف شده توسط آن‌ها نیز موجب افزایش محتوای کربن در جو زمین است. این مشکل توسط دولت‌ها و سازمان‌ها درک شده و اقداماتی برای به حداقل رساندن استفاده از انرژی رایانه‌ها در حال شکل گیری است. با استفاده از فناوری اطلاعات سبز می‌توان مصرف انرژی را از طریق تکنیک‌های رایانش سبز کاهش داد، که این به معنای انتشار کمتر دی اکسیدکربن ناشی از سوخت‌های فسیلی در نیروگاه‌ها و حمل ونقل است، همچنین صرفه‌جویی منابع مالی و انرژی را به همراه خواهد داشت. کشورهای پیشرفته با سرمایه‌گذاری در بخش انرژی تجدیدپذیر، بهبود کارایی انرژی و فناوری‌های نوین گام‌های بزرگی در زمینه کنترل آلودگی‌های زیست محیطی بخش انرژی برداشته‌اند اما هنوز در این مورد کشورهای در حال توسعه با چالش جدی مواجه هستند و ایران نیز از این امر مستثنی نمی‌باشد. امروزه در سراسر جهان استفاده از انرژی خورشیدی برای تولید برق به عنوان یک منبع انرژی آزاد، تمیز و پایدار رشد قابل توجهی داشته است. در نتایج بررسی مصرف انرژی در سراسر جهان نشان داده شده است که حدود یک سوم این مصرف به ساختمان‌ها تعلق دارد(تامسن، ۲۰۱۶، ۱). این مسئله به خصوص در کشورهای در حال توسعه که در آن‌ها ایجاد ساختمان‌های جدید رشد چشمگیری داشته به چالش بزرگی تبدیل شده است. حل این چالش مستلزم آن است که ساختمان‌های جدید با رویکردهای صرفه جویی در مصرف انرژی و بهره‌گیری از تکنولوژی‌های روز دنیا جایگزین ساختمان‌های قدیمی شوند تا بتوان انرژی لازم برای سال‌های آینده را تضمین نمود. علاوه بر آن استفاده از سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر برای جبران نیاز انرژی انرژی ساختمان‌ها به کاهش مصرف سوخت فسیلی و انتشار گازهای گلخانه‌ای کمک می‌کند(بیلیر، ۲۰۱۷، ۲). پنل‌های فتوولتائیک در سایه کارایی کمتری خواهند داشت از این رو اغلب آن‌ها را در سطوح بالا نظیر سقف ساختمان‌ها نصب می‌کنند. با توجه به اینکه معمولا سقف ساختمان‌های مسکونی و تجاری بلااستفاده هستند، نصب و راه اندازی پنل‌های فتوولتائیک (PV) بر روی سقف چنین ساختمان‌هایی رشد چشمگیری داشته است(بیلیر، ۲۰۱۷ ، ۲).

با توجه به پتانسیل خورشیدی بالا در ایران، با استفاده از فناوری فعلی PV مقدار قابل توجهی از برق مورد نیاز را می‌توان تولید کرد. از این رو، نسبت پوشش سالانه سیستم فوتوولتائیک را برای تمام نیازهای انرژی (از جمله گرمایش، خنک کننده و روشنایی) برای ساختمان ستاد مرکزی بانک حکمت ایرانیان مستقر در شهر تهران را مورد مطالعه قراردادیم. هدف این است که PVها در سقف ساختمان مذکور به کار گرفته شوند. برای انجام این تحقیق میزان مصرف وسایل سرمایشی/ گرمایشی و مصرف وسایل برقی را به صورت ماهانه مورد محاسبه قرار گرفت.

از آنجایی که خورشید بخش بزرگی از انرژی کره زمین را تامین می‌کند و با توجه به اینکه این انرژی، پاک، ارزان و بی‌پایان بوده و در بسیاری از مناطق دنیا علی‌الخصوص خاورمیانه قابل مصرف می‌باشد. راهکارهایی جهت استفاده بهینه از این انرژی باید بکار برده شوند که هم سازگار با محیط زیست باشد و هم باعث کاهش هزینه گردند. یکی از نیازهای اساسی بشر از ابتدای خلقت مسأله مسکن و سرپناه بوده است. نیاز گسترده و روزافزون جامعه به ساختمان و مسکن، ضرورت استفاده از سیستم‌های ساختمانی و مصالح نوین، به منظور افزایش سرعت ساخت، سبک‌سازی، افزایش عمر مفید و نیز مقاوم نمودن ساختمان‌ها در برابر زلزله را بیش از پیش مطرح کرده است. حل مشکلاتی نظیر زمان طولانی اجرا، عمر مفید کم، هزینه‌های زیاد اجرای ساختمان ها، مشکلات زیست محیطی و آلودگی‌های موجود در سطح شهرهای امروزی، نیازمند یک عزم همگانی و تحولی اساسی می‌باشد. امروزه ساختمان‌هایی تحت عنوان ساختمان‌های سبز بگونه‌ای طراحی می‌شوند که، شرایط معماری و الگویی را در نظر بگیرند تا کمترین مصرف انرژی را از لحاظ تأسیسات مکانیکی و الکتریکی داشته باشند. بکار بردن پنل‌های خورشیدی در سازه‌های مسکونی و اداری، یکی از موارد کاربردی تئوری ساختمان سبز می‌باشد که از طریق جذب انرژی خورشید باعث مصرف بهینه و حفاظت انرژی در ساختمان‌ها می‌شوند. امروزه پایداری در تولید، یک رویکرد مهم و جالب توجه بین معماری و محیط زیست می‌باشد و در اشکال و درجات مختلف در حال وقوع است. طراحی، ساخت، تعمیر و نگهداری از ساختمان‌ها، تاثیر فوق‌العاده‌ای در محیط زیست و منابع طبیعی دارد(دمپسی، ۲۰۰۹، ۷). تکنولوژی سبز در واقع طراحی برای آینده‌ای آگاه از انرژی می‌باشد. یک طراحی مناسب برمبنای استفاده از انرژی طبیعی خورشید هم نور و هم گرما و همین طور آسایش را برای ساکنین یک خانه تضمین می‌کند. ایجاد ساختمان سبز به سلامت فردی که در آن محیط و در محیط‌های اطراف آن زندگی می‌کند کمک خواهد کرد و از او پشتیبانی می‌کند که باعث رضایت‌مندی و سودمندی آنان خواهد شد(والرو، ۲۰۱۱، ۸). طراحی پیکربندی ساختمان اداری با هزینه کم ساخت و ساز و بهینه‌سازی مصرف انرژی یک مشکل گسسته است. پیکربندی در حال حاضر صرفا بر اساس تجربیات سازندگان بوده که منجر به هزینه نامناسب می‌شود و یا با ایجاد شبیه‌سازی بهره‌وری انرژی که زمانبر بوده و شامل فرآیندهای پیچیده می‌شود(بسریک-گربر، ۲۰۱۰، ۱۲). علاوه براین، از حیث اجتماعی نیز ساختمان‌های سبز ساختمان‌های زیبایی بوده و تنها تغییرشکل اندکی را در زیرساخت داخلی ایجاد می‌کنند.

علی رغم اهمیت این حوزه و توضیحات ارائه شده متاسفانه هنوز دانش کافی در خصوص امکانات فنی و همچنین جزئیات نمونه‌های به خوبی پیاده‌سازی شده وجود ندارد و به خصوص در کشورهای در حال توسعه نظیر ایران، تحقیقات کمی در این حوزه انجام شده است(تامسن، ۲۰۱۶، ۱). از این روی با توجه به ضرورت موضوعات مطرح شده، در این پژوهش به بررسی بررسی رویکرد ساختمان‌های سبز سازگار با محیط زیست در طراحی ساختمان‌های اداری جهت بهینه‌سازی حفاظت انرژی پرداخته می‌شود.

در ادامه ساختار مقاله به این صورت است: در بخش دوم پیشینه تحقیقات انجام شده در این حوزه مورد بررسی قرار گرفته اند، در بخش سوم توضیحاتی در خصوص متدلوژی و روش تحقیق ارائه شده است. در بخش چهارم نتایج و یافته‌های به دست آمده از تحقیق تشریح شده است و نهایتا در بخش پنجم بحث و نتیجه‌گیری نهایی ارائه شده است.

۲- پیشینه تحقیق

امروزه با توجه به بحران‌های زیست محیطی که از دغدغه‌های جدی مطالعات اجتماعی در سال‌های اخیر به شمار می‌رود و اینکه بحث‌های مبانی طراحی معماری نیز با اصطلاحات، اکولوژی، بحران طبیعت، هویت انسانی و پایداری قرین شد، مفهوم معماری پایدار به عنوان معماری که کمترین دخل و تصرف در محیط طبیعی دارد، و از انرژی‌های پاک استفاده می‌کند و به بهترین شکل پاسخگوی نیازهای روحی و روانی مصرف کنندگان است مطرح شد. کشور ایران در بین مدارهای

www.SID.ir

۲۵ تا ۴۰ درجه عرض شمالی قرار گرفته است و در منطقه‌ای واقع شده که به لحاظ دریافت انرژی خورشیدی در بین نقاط جهان در بالاترین رده‌ها قرار دارد. میزان تاب خورشیدی در ایران بین ۱۸۰۰ تا ۲۲۰۰ کیلووات ساعت بر متر مربع در سال تخمین زده شده است که البته بالاتر از میزان متوسط جهانی است. در ایران به طور متوسط سالیانه بیش از ۲۸۰ روز آفتابی گزارش شده است که بسیار قابل توجه است. با توجه به توسعه روزافزون جمعیت شهرهای بزرگ در کشور ایران و با توجه به اینکه نزدیک به ۳۴٪ از انرژی مصرفی سالانه در بخش ساختمان های مسکونی و اداری می‌باشد، و با لحاظ کردن این نکته که بیشتر شهرهای با جمعیت بالا در ناحیه اقلیمی گرم طبقه‌بندی می‌شوند حدود ۳۰٪ از کل انرژی مصرفی در ساختمان‌ها توسط تجهیزات سرمایش و تهویه مطبوع در ساختمان‌ها مصرف می‌شود با افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی و بروز مشکلات اقتصادی، آلودگی محیط زیست و هراس از اتمام ذخایر زیرزمینی متخصصین به فکر ابداع راه کارهایی در راستای مقابله با شرایط نامساعد مصرف انرژی و استفاده از انرژی‌های طبیعی با بکارگیری شیوه‌های معماری و سازه ای خاصی پرداختند تا از مصرف انرژی بویژه سوخت‌های فسیلی در ساختمان‌ها بکاهند که در این راستا فناوری‌های نوین در صنعت ساختمان نقش قابل توجهی رابرخوردار می‌باشند.

ساختمان‌های جوامع فعلی از انسان‌ها در مقابل حوادث شدید طبیعی حفاظت می‌کنند، در عین حال از راه‌های بی‌شماری بر سلامت و محیط زیست آن‌ها نیز اثر می‌گذارند. با آشکارتر شدن اثر زیست محیطی ساختمان‌ها، رشته جدیدی بنام «معماری سبز» نیز در حال پیشرفت است. ساختمان سبز یا پایدار با بهره‌گیری از مدل‌های سالم‌تر و با منابع کارآمدتر ساخت، نوسازی، راه اندازی، نگهداری و تخریب می‌شود(موتاوا، ۲۰۱۳، ۶). ایجاد یک چارچوب مفهومی برای اجرای اصول پایداری و راهبردهای صنعت ساخت و ساز ساختمان‌های اداری یکی از چشم انداز چرخه عمر برای کمک به توسعه پایدار است. این چارچوب متکی بر سه اصل اساسی است: مدیریت منابع، طراحی و طراحی زندگی انسان و محیط زیست.

در این میان، استفاده از انرژی خورشیدی برای تولید برق در سراسر جهان به عنوان یک منبع انرژی آزاد، تمیز و پایدار، مورد توجه محققان بسیاری قرار گرفته است. فیاسکی و همکاران مصرف الکتریسیته را در ساختمان‌های ایتالیا مورد بررسی قرار دادند و نشان دادند که نصب PV روی سقف ساختمان‌های عمومی منجر به کاهش ۴,۵ تا ۵ درصد مصرف الکتریسیته شده است(فیاسچی، ۲۰۱۲، ۱۱). یک سیستم هیبریدی متشکل از پانل‌های PV و سلول‌های سوختی برای یک پایگاه مخابراتی توسط بیسمالیوویچ و همکارانش مورد بررسی قرار گرفت(بازمالینوویچ، ۲۰۱۳، ۴).

مولینا و اسپرجو نیز با استفاده از نرم‌افزار متلب/ سیمولینک[1] ابزاری برای ارزیابی فتوولتائیک‌ها توسعه دادند. در نتایج شبیه‌سازی تحقیق آن‌ها سازگاری خوبی با پانل فتوولتائیک ۲۵۰ به دست آمد(مولینا، ۲۰۱۴، ۳). ساندرام و بابو در طول یک سال قدرت تولید برق یک نیروگاه فتوولتائیک ۵ مگاوات را مورد بررسی قرار دادند و تولید انرژی ماهانه و سالانه را گزارش کردند(ساندارام، ۲۰۱۵، ۷). آن‌ها همچنین برای مقایسه از RetScreen plus استفاده کردند که نتایج به دست آمده توافق خوبی بین مقادیر مشاهده شده و شبیه سازی نشان می‌دهند. تحقیق دیگری نیز توسط آماندا در نروژ انجام شده که در آن سیستم فتوولتائیک ۲/۱ کیلو واتی مورد بررسی قرار گرفته است و نتایج نشان می‌دهد که در فصل‌های بهار و تابستان سیستم کاراتر عمل می‌کند(آدارامولا، ۲۰۱۵، ۷).

گورلیس و همکاران سال ۲۰۱۶، با بررسی اینکه فشار آلودگی‌های زیست محیطی گرم شدن زمین و افزایش تولید گازهای گلخانه‌ای درسال‌های اخیر لزوم توجه جهانیان را به حفاظت ازمحیط طبیعی و کاهش آلودگی‌ها افزایش داده است به همین سبب تلاش برآن بوده است تابرای صرفه جویی درانرژی فسیلی و دوری گزینی از آلودگی‌های زیست محیطی منابعی که قابلیت تجدیدپذیری دارند به محیط زیست آسیب کمتری می‌رسانند مورد بهره‌برداری قرار گیرد. دیاس سال ۲۰۱۶ بررسی کاربرد مفاهیم پایداری و اهداف توسعه پایدار در جهت کاهش اتلاف انرژی و آلودگی محیط زیست در معماری، مبحثی به نام معماری پایدار را 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. معماری پایدار که در واقع زیرمجموعه طراحی پایدار است را شاید بتوان یکی از جریان های مهم معاصر به حساب آورد که عکس العملی منطقی در برابر مسایل و مشکلات عصر صنعت به شمار می‌رود. با توجه به افزایش و نیاز جمعیت به فضای سبز و حفظ انرژی و با توجه به از بین رفتن منابع تجدیدناپذیر به دست انسان و افزایش گازهای گلخانه‌ای راه حل‌هایی در جهت اصلاح و کاهش این مشکلات می‌توان پیشنهاد داد. اغلب این پیشنهادات با اختلاف کمی در زمینه تشویق طراحان به حفاظت از محیط زیست و انرژی بیان شده است که در قالب یک رتبه‌بندی استاندارد به نام LEED معرفی شده است، که در آن ساختمان‌ها امکان استفاده بهینه از منابع پر ارزش طبیعی در کنار مصالح و تکنولوژی نوین ساختمانی فراهم می‌کند. شناخت و مطالعه این تدابیر، معمار را به درک بیشتر از محیطی که باید طراحی آن را انجام دهد، می‌رساند در این تحقیق علاوه بر معرفی و روش‌های رتبه بندی ساختمان، مزایای استفاده از استاندارد LEED بیان گردیده است(دیاس، ۲۰۱۶، ۱۰). زرین‌زاده و همکاران سال ۱۳۹۶، در حال حاضر به دلیل وجود مشکلات اساسی همچون گرم شدن زمین، آلودگی هوا و آب، مصرف بی رویه انرژی وهزینه‌های اقتصادی بالای آن، طراحی ساختمان‌های سبز اهمیت زیادی پیدا کرده است. در این میان، نمای ساختمان یکی از اجزایی است که به دلیل سطوح وسیع خود می‌تواند نقش بسزایی در کاهش انرژی مصرفی ساختمان داشته باشد. دیوارهای سبز(باغ های عمودی) نیز یکی از سیستم پوششی جاندار با فوایدی نظیر بام‌های سبز می‌باشند که در آن گونه‌های گیاهی مختلف روی سطح نمای ساختمان رشد می‌کنند. این دیوارها از پخش شدن گرد و خاک در هوا جلو گیری می‌نمایند و از ساختمان در برابر اشعه‌های فرابنفش باران و فشار باد محافظت می‌کنند. بنابراین با بهره‌گیری از راهکارهایی چون دیوارهای سبز می‌توان با طراحی در کنار طبیعت به جای مقابله با آن به پایداری هر چه بیشتر معماری و شهرسازی معاصر و رشد و توسعه با اطمینان در حفاظت از محیط زیست آسیب نمی‌رساند بلکه با گونه مثبتی در اکوسیستم مشارکت می‌نماید و حتی ممکن است با درمان اثرات ناشی از منظره‌های آسیب رسان کمک نماید. روش پژوهش مقاله مذکور مبتنی بر مطالعات کتابخانه‌ای است و رویکردی توصیفی دارد و در آن سعی شده با تعریف و بررسی مزایای دیوارهای سبز و راهکارهای اجرایی آن دیدگاه جدیدی نسبت به این نوع دیوارها در معماری امروز ایران ارایه گردد(زرین زاده، ۲۰۱۷، ۹). ستاری اردبیلی و همکاران سال ۲۰۱۶، با بررسی این نگارش چهارچوب تحلیلی از راهکارهای طراحی ساختمان‌های اداری سبز ارائه دادند. جنبش سبز که به طور عمده از بریتانیا آغاز گشت، نگرش تازه‌ای را در توسعه پایدار به دنبال داشته است که نه تنها حافظ انرژی‌های حیاطی کرهٔ زمین بوده، بلکه بر فاکتورهای روانشناختی، اقتصادی و نگرش کارفرمایان و ذینفعان دیگر نیز تاثیر گذاشته است. چناچه بررسی نشان داده که بازدهی یک درصدی در ساعت‌های کاری کارکنان یک ساختمان اداری سبز، در نمونه‌هایی مانند ساختمان هلیکون شپارد و یا ساختمان‌های اداری برندلی، برابر یک سال

[1] MatLab / Simulink

www.SID.ir

Archive of SID

مصرف انرژی آن بنا بوده است. کارکنان اداره سبز اوقات کمتری را با تنظیم دمای محیط کاری خود تلف می‌کنند و مشکلات روانی و پریشانی کمتر بر بازدهی آنان می‌افزاید. شاخص‌های طراحی چون هسته مرکزی و آتریوم، شیشه سراسری کف تا سقف، صفحات خورشیدی، سرمایش و گرمایش آبی و زمینی و سایه اندازهای کاهنده شدت تابش خورشید از راهکارهای طراحی ساختمان اداری سبز هستند. این نگارش راه حل‌های کاربردی را با بررسی و مطالعهٔ متون مربوط در زمینه طراحی ساختمان اداری سبز ارائه می‌دهد. راه حل‌های ذکر شده بر حسب تجربه با اندک تغییرات در مواردی همچون محل قرارگیری، سطح اشغال و جزئیات طراحی قابل تعمیم بر اقلیم‌های مختلف خواهند بود(زرین زاده، ۲۰۱۷، ۱۲).

در ساختمان پایدار عملیات طراحی، ساخت، بهره برداری، نگهداری و دفع ساختمان ها به گونه‌ای است که منابع طبیعی را حفظ می‌کند و آلودگی را کاهش می‌دهد. سیستم‌های رتبه‌بندی چارچوب موثر برای ارزیابی عملکرد سازمانی را ایجاد می‌کنند و پایداری ساختمان را با استفاده از مجموعه‌ای از معیارهای سازمان یافته در دسته‌های مختلف اندازه گیری می‌کنند. یک سیستم رتبه‌بندی ساختمان سبز(GBRS) باید شاخص‌های کلیدی را که منعکس کننده ویژگی‌های ساختمان است و عملکرد خود را در تعادل حفظ کند، پوشش دهد. این مقاله یک سیستم کارشناس مبتنی بر دانش را به عنوان ابزاری برای ارزیابی سطح عملکرد یک ساختمان سبز بر اساس عوامل ارزیابی سیستم های رتبه‌بندی ساختمان سبز پیشنهاد کرد. فرآیند سلسله مراتب تحلیلی(AHP) و منطق فازی برای توسعه سیستم متخصص دانش مبتنی بر پذیرش است. داده‌های این تحقیق از سوی کارشناسان این زمینه با استفاده از پرسشنامه‌های مبتنی بر جفت ارز و لیکرت جمع‌آوری شدند. با استفاده از AHP، مهم‌ترین پارامترهای سیستم‌های رتبه‌بندی براساس وزن آن‌ها انتخاب شده است که در سیستم نتیجه‌گیری فازی(FIS) مدل منطق فازی گنجانده شده است. قوانین فازی(دانش) از داده‌های جمع‌آوری شده برای FIS برای ارزیابی سطح عملکرد ساختمان‌های سبز از دیدگاه‌های محیطی، اجتماعی و اقتصادی به عنوان SE2 کشف شد. بر این اساس نتیجه این تحقیق یک ابزار ارزیابی عملکرد است که تاثیر عوامل در توسعه ساختمان پایدار را تحلیل می‌کند (ونگ، ۲۰۱۵، ۳). گریگوری در سال ۲۰۰۶، به بررسی پیشرفت‌های مورد نیاز جهت فیلتر کردن نور طبیعی، از طریق نمای ساختمان به داخل فضای داخلی، به ویژه با نوع مناسب شیشه پرداخت. در این مقاله وضعیت ساختمان ها در دبی با توجه به نوع شیشه، انتقال نور مرئی، بازتاب(خارج/ داخل) و افزایش گرمای نسبی مورد بررسی قرار داد(گریگوری ،۲۰۰۶، ۵). تجزیه و تحلیل کمی برای ارزیابی تاثیر شیشه بر عملکرد کاربران ساختمان از لحاظ محیط روزمره انجام شده است. ساختمان جدید ساختمان بلندپرواز در این تحقیق برای بررسی این‌که آیا شیشه انتخاب شده فاکتور نور روز توصیه شده(DF) و سطح نور روز(DL) را مطابق استانداردهای IES تامین می‌کند، انتخاب شده است. نتایج نشان داد که اکثر شیشه‌ها/ لعاب‌ها در ۷۰٪ ساختمان‌ها در گروه‌های متوسط و کم عملکرد مورد استفاده قرار می‌گیرد. DF و DD در ساختمان اداری انتخاب شده به طور غیرمنتظره فوق العاده بود و به علت استفاده از لعاب طیفی انتخابی(از هر دو طرف روشن است) فراتر از سطح توصیه شده بود. من حیث المجموع می‌توان نتیجه گرفت.سیستم‌های خورشیدی فوتوولتائیک کاندید خوبی برای پوشش بارهای گرمایش و سرمایشی ساختمان‌ها هستند. از طرفی در ساختمانهای بسیاری وجود دارند که سقف آنها بلا استفاده مانده است. میزان تابش نور خورشید در ایران نیز نسبت به بسیاری از کشورهای دیگر، شرایط مناسبی دارد. از این رو طراحی سیستم‌های فوتو ولتائیک برای سقف ساختمان‌ها کمک بسیاری به کاهش مصرف انرژی‌های تجدید ناپذیر خواهد نمود. در ادامه روشی که برای شبیه‌سازی سیستم فوتوولتائیک مورد استفاده قرار گرفته است تشریح می‌گردد.

۳- روش تحقیق

با بررسی اینکه در شهرهای کنونی ما مجتمع‌های مسکونی ساخته شده با اصول سبز، که برمبنای صرفه جویی در مصرف انرژی و همچنین کاهش استفاده از منابع تجدیدناپذیر و حفاظت از محیط زیست طراحی و ساخته شده باشند، بسیار کم یا شاید بتوان گفت که یافت نمی‌شود و نیاز به حرکت و جنبشی در این زمینه احساس می‌شود. لذا این تحقیق با موضوع طراحی ساختمان‌های سبز با رویکرد استفاده از انرژی‌های پاک به بررسی موضوعات مرتبط و ارائه راهکارهایی در طرح این نوع ساختمان ها پرداخته است. روش تحقیق به منظور انجام مطالعات مربوط به صورت تحلیلی توصیفی می‌باشد و برای تنظیم مطالب از مطالعات کتابخانه‌ای و همچنین بررسی مقالات و پروژه‌هایی در این زمینه، استفاده شده و در نهایت با تجزیه و تحلیل بر روی طرح‌ها و تجارب گذشته، طرحی جدید بر مبنای اصول و شرایط اقلیمی شهر تهران در این پروژه ارائه گردید. بدین صورت که با رعایت اصولی همچون در پناه خاک، دیوار عایق، گلخانه با پنجره‌های تا شونده، بام سبز، جهت‌گیری صحیح، استفاده از سایبان‌های خارجی در پنجره‌های جنوبی و کلکتور خورشیدی در مصرف انرژی به طور چشم گیری صرفه جویی خواهیم کرد (گریگوری ،۲۰۰۶، ۳).

در این تحقیق برای محاسبه میانگین ماهانه برق الکتریکی تولید شده توسط PV های نصب شده از نرم افزار design builder استفاده شده است. بدین منظور، مقادیر نسبت تقاضای انرژی برق ماهانه و سالانه ساختمان مورد مطالعه مورد بررسی قرار گرفت. به طور کلی دوازده نرم افزارهای مختلفی برای شبیه سازی سیستم PVخورشیدی وجود دارد که برخی از آنها عبارتند از (لالوانی، ۲۰۱۰، ۱۱): RETScreen، PV F-Chart، SolarDesignTool، INSEL، TRNSYS، NREL، Solar design builder، Advisor Model، ESP-r 11.5، PVSYST 4.33، SolarPro ، PV DesignPro-G، PV*SOL Expert، HOMER. در این بررسی از نرم‌افزار دیزاین بیلدر[1] جهت محاسبه پارامترهای مؤثر بر بار حرارتی و میزان مصرف انرژی گرمایشی یک ساختمان مسکونی با جدار شیشه‌ایی استفاده شده است. نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر قابلیت محاسبه‌ی بارهای حرارتی و برودتی و محاسبات مربوط به سیستم مرکزی و اجزاء و سیستم تهویه را دارد. این نرم‌افزار همچنین می‌تواند اندازه اجزاء خنک‌کننده و جریان هوای لازم را محاسبه کند و قابلیت استفاده از فایل‌های استاندارد آب و هوایی را دارد. این برنامه ضمن محاسبه‌ی مصرف انرژی ماهیانه و سالیانه یک ساختمان به کاربر اجازه می‌دهد اثر مواردی چون عایق‌کاری، استفاده از پمپ‌های حرارتی و شیشه‌های دوجداره را در صرفه‌جویی انرژی بررسی کند. همچنین می‌توان با دادن ورودی‌های مناسب شامل قیمت مصالح، انرژی و نگهداری تعمیرات و پارامترهای متنوع دیگر و با استفاده از روش‌های محاسبه‌ی هزینه‌ها در طول عمر یک واحد مسکونی با این نرم‌افزار به بررسی اثر اقتصادی صرفه‌جویی انرژی پرداخت.

[1] Design Builder

www.SID.ir

۴- یافته ها

در سال‌های اخیر انقلابی فنی و تکنیکی در مورد فناوری‌های نوین در صنعت ساختمان بهوقوع پیوست و سیستم‌های نوین ازجمله شیشه و پنجره با عملکرد عالی و بازدهی بالا در حال حاضر موجودندکه به طور چشمگیر و موثری مصرف انرژی را کاهش داده و از ورود منابع آلودگی ، صوتی و گرد و غبار به داخل ساختمان جلوگیری می نمایند. با بررسی‌های انجام گرفته در طرح حاضر، مشخص شد که انرژی خورشیدی می‌توان بخشی از نیاز انرژی سازمان‌ها و ادارات دولتی را تامین کرده و در عین حال صرفه اقتصادی داشته باشد. با توجه به ارزان بودن نرخ برق در ایران، استفاده از سیستم‌های خورشیدی مستقل از شبکه توجیه اقتصادی نخواهند داشت. البته در صورت گران شدن قیمت برق، این نوع از سیستم‌ها هم می‌توانند در بسیاری از ادارات جای خود را بیابند.

در شرایط کنونی و با در نظر گرفتن این موضوع که بیشتر برق مصرفی ساختمان‌های اداری در طول روز (به خصوص در ساعات ۱-۳ ظهر) صورت می‌گیرد که تابش خورشیدی به وفور موجود است طرحی ارائه شد که در آن بخشی از نیاز (در این پژوهش ۱۲٪) ساختمان به انرژی الکتریکی در طول روز از انرژی خورشیدی تامین شود. این مقدار از انرژی با نصب پنل های فتوولتائیک بر روی پشت بام ساختمان صورت خواهد گرفت. با اینکه زمان بازگشت سرمایه این طرح به نسبت طولانی خواهد بود، اما باز هم توجیه اقتصادی برای آن وجود دارد. به علاوه، باید این نکته را نیز در نظر داشت که در ازای اجرای این طرح، از میزان دی اکسید کربن ورودی به جو کاسته خواهد شد و فواید زیست محیطی را در پی خواهد داشت که از فواید اقتصادی آن پر اهمیت تر است.

۴-۱- ساختمان مورد بررسی

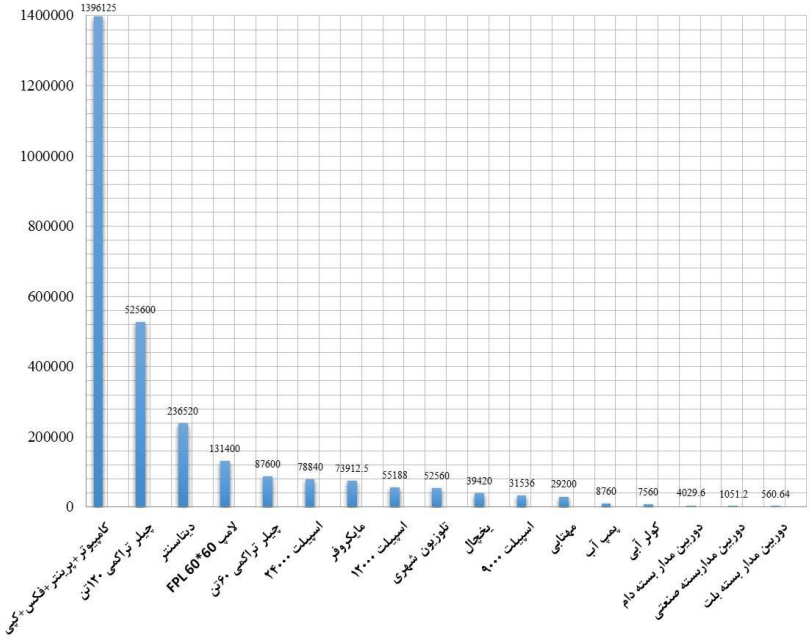
در این تحقیق از ساختمان ستاد مرکزی بانک حکمت واقع در شهر تهران، منطقه پاسداران، به عنوان نمونه جهت ارزیابی عملکرد ساختمان سبز استفاده شده که شمایی از آن در نمودار ۱ نشان داده شده است. از آنجایی که ساختمان بانک دارای سقف نسبتا بزرگی است، به خوبی میتوان PVها را نصب کرد تا انرژی الکتریکی لازم برای پمپ گرمایش و بارگیری نور را تامین کرد. شایان ذکر است ساعات کاری در ساختمان مورد مطالعه بین ساعت ۷:۳۰ صبح تا ۴:۳۰ بعد از ظهر تعیین شده است. گام اول در براورد یک ساختمان سبز، محاسبه میزان انرژی مصرفی لوازم الکتریکی موجود در آن است که به بر حسب وات ساعت (Wh) بیان می‌شود. در جدول ۱ فهرستی از تجهیزات الکتریکی موجود در ساختمان مورد نظر و ساعت روشن بودن هر کدام آمده‌است. در نمودار ۱ نیز میزان مصرف وسایل برقی به کیلو وات ساعت نشان داده شده است. با استفاده از این جدول ۱ و نمودار ۱ پس از آن می توان انرژی مصرفی ساختمان را محاسبه کرد و بر اساس آن سیستم خورشیدی طراحی نمود.

جدول ۱- محاسبه میزان برق مصرفی در ساختمان‌ها

نوع وسیله برقی	تعداد	توان مصرفی (W)	ساعت مصرف	میزان مصرف
کامپیوتر+پرینتر+فکس+کپی	۲۵۰	۱۷۰۰	۳/۲۸۵	۱۳۹۶۱۲۵
اسپیلت ۹۰۰۰	۱۲	۸۰۰	۳/۲۸۵	۳۱۵۳۶
اسپیلت ۱۲۰۰۰	۱۴	۱۲۰۰	۳/۲۸۵	۵۵۱۸۸
اسپیلت ۲۴۰۰۰	۱۲	۲۰۰۰	۳/۲۸۵	۷۸۸۴۰
چیلر تراکمی ۱۲۰تن	۳	۲۰۰۰۰	۸/۷۶	۵۲۵۶۰۰
چیلر تراکمی ۶۰تن	۱	۱۰۰۰۰	۸/۷۶	۸۷۶۰۰
تلوزیون شهری	۱	۶۰۰۰	۸/۷۶	۵۲۵۶۰
پمپ آب	۱	۱۰۰۰	۸/۷۶	۸۷۶۰
یخچال	۳۰	۱۵۰	۸/۷۶	۳۹۴۲۰
مایکروفر	۱۵	۱۵۰۰	۳/۲۸۵	۷۳۹۱۲/۵
لامپ FPL 60*60	۱۰۰۰	۳۶	۳/۶۵	۱۳۱۴۰۰
مهتابی	۲۰۰	۴۰	۳/۶۵	۲۹۲۰۰
کولر آبی	۱۴	۵۰۰	۱/۰۸	۷۵۶۰
دیتاسنتر	۱	۲۷۰۰۰	۸/۷۶	۲۳۶۵۲۰
دوربین مداربسته صنعتی	۶	۲۰	۸/۷۶	۱۰۵۱/۲
دوربین مدار بسته دام	۴۶	۱۰	۸/۷۶	۴۰۲۹/۶
دوربین مدار بسته بلت	۸	۸	۸/۷۶	۵۶۰/۶۴
میزان مصرف کل				۲۷۵۹۸۶۲/۹۴

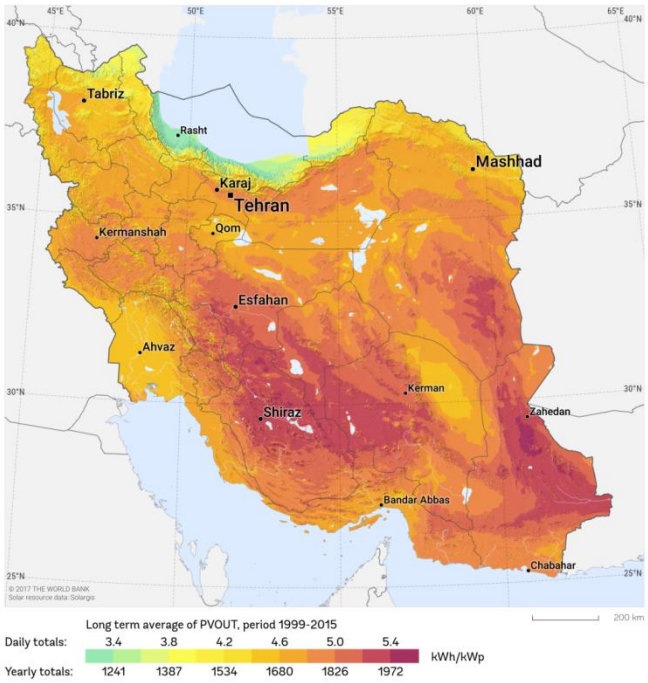
Archive of SID

www.SID.ir



نمودار ۱- میزان مصرف وسایل برقی به کیلووات ساعت

با توجه به داده‌های موجود، مصرف انرژی این ساختمان در حدود ۳ مگاوات ساعت بوده که مقدار بسیار زیادی است. بیشترین مصرف برق در این ساختمان به رایانه‌ها و لوازم جانبی آن‌ها اختصاص دارد. پس از آن چیلرهای تراکمی، دیتاسنتر و اسپیلت‌ها بیشترین مصرف برق را داشته‌اند. البته این ساختمان به دلیل ماهیت اداری و مرکزی بودن چنین مصرف بالایی دارد و ساختمان‌های اداری رایج دیگر، مصرف کمتری خواهند داشت. در ادامه به بررسی امکان تامین این نیاز بزرگ انرژی با استفاده از انرژی‌های پاک پرداخته خواهد شد. شمایی از نقشه میانگین روزانه و سالانه تولید برق فوتوولتائیک در ایران در شکل ۱ نشان داده شده است.



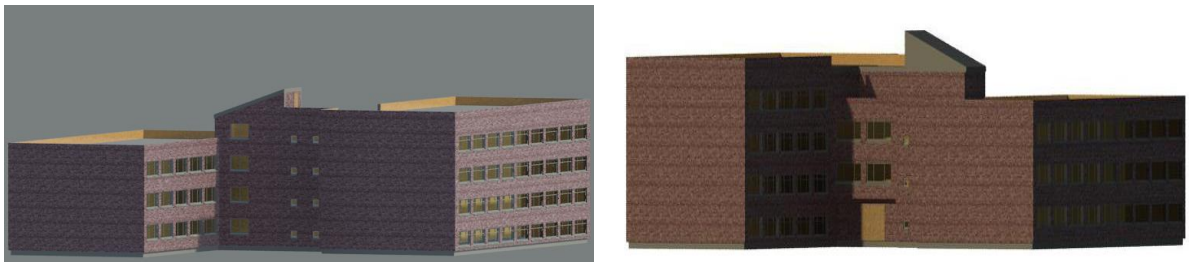
شکل ۱- نقشه میانگین روزانه و سالانه تولید برق فوتوولتائیک در ایران

۴-۲- مدلسازی با نرم افزار DesignBuilder

در این تحقیق، ساختمان در سایت ۳۳۱۵ متر مربع طراحی شده است. این ساختمان سه طبقه با محدوده ناخالص داخلی ۲۷۹ مترمربع است. شایان ذکر است که ساختمان مورد مطالعه دارای سه طبقه اصلی و ۶ نیم طبقه است که با عناوین طبقه اول شمالی، طبق اول جنوبی، طبقه دوم شمالی، طبقه دوم جنوبی، طبقه

www.SID.ir

سوم شمالی و طبقه سوم جنوبی تفکیک شده است. همچنین سه نیروگاه برق M_Wind وجود دارد که نه متر ارتفاع دارند و در مقابل ساختمان قرار گرفته‌اند. دو مخزن جمع‌آوری آب باران ۵۰۰۰ لیتری نیز برای سیستم در نظر گرفته شده است.



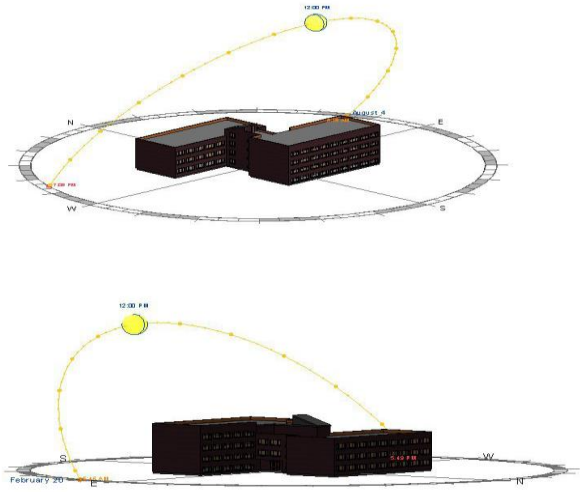
شکل ۲- دو نما از ساختمان طراحی شده با دارا بودن صفحات خورشیدی در نرم افزار DesignBuilder

تمام عناصر مورد نیاز از کتابخانه Autodesk® DesignBuilder انتخاب شده‌اند.. انتخاب عنصر بر اساس بسیاری از عوامل مانند خواص اقتصادی و فیزیکی صورت گرفته است. این خواص تحلیلی بر میزان مصرف انرژی ساختمان از طریق ضریب انتقال حرارت و مقاومت حرارتی اثر می‌گذارد.

۴-۳- تجزیه و تحلیل عملکرد ساختمان

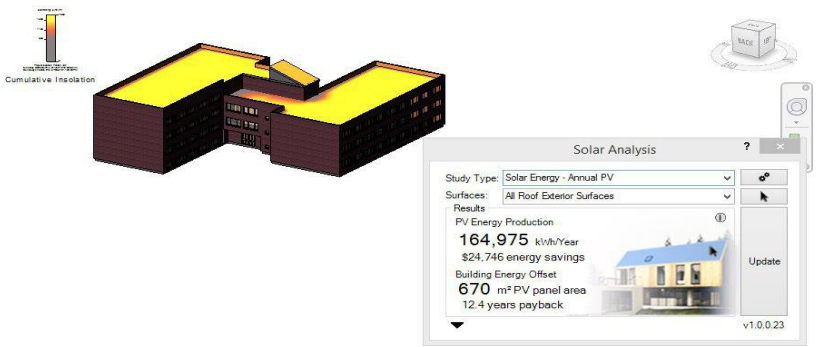
تجزیه و تحلیل عملکرد ساختمان (BPA) Autodesk کمک می‌کند و برای همه مطالعات عملکرد ساختمان با استفاده از ابزار Autodesk استفاده می‌شود. ویژگی‌های ابزار متعلق به یکی از دو دسته اصلی است.

- ❖ تجزیه و تحلیل انرژی کل ساختمان: بر اساس نوع ساختمان، هندسه، آب و هوا، خواص بسته، سیستم تهویه هوا و روشنایی، منابع انرژی مانند سوخت و برق اندازه گیری می‌شود. ساختمان به عنوان یک سیستم کلی با تمام عناصر کار متصل به هم وابسته است.
- ❖ مطالعات طراحی مبتنی بر عملکرد: ابزارهای Autodesk (DesignBuilder و Vasari) شامل برخی از کارهای اضافی برای انجام مطالعات طراحی مانند مسیر خورشید، نور روز، باد، جریان هوا است. ساختار اصلی BPA در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۳- تابش نورخورشید بر ساختمان مورد مطالعات در ساعت ۱۲ ظهر

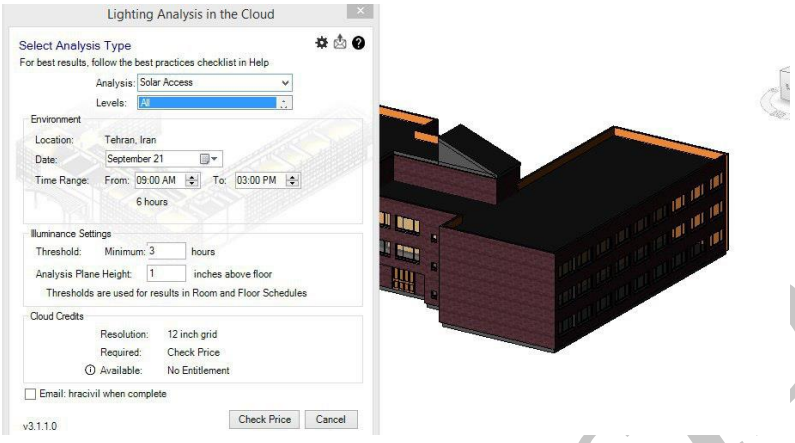
شکل ۳ نشان می‌دهد که در ساعت ۱۲ ظهر حداکثر انرژی خورشید توسط ساختمان سبز طراحی شده دریافت می‌شود. ازطرف دیگر این طراحی دریافت انرژی خورشیدی را توسط ساختمان در دور مرحله زمانی ماه آگوست و فوریه نشان می‌دهد. می توان دریافت حداکثر انرژی خورشید در ماه آگوست صورت میگیرد که در ضلع جنوب شرقی واقع است.



شکل ۴- تجزیه و تحلیل روشنایی در زمان تابش

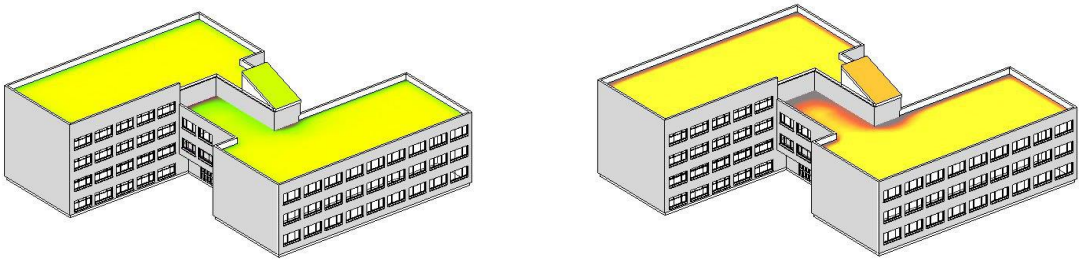
www.SID.ir

از تجزیه و تحلیل تابش نیز می‌توان برای بررسی بهره‌وری خورشیدی استفاده نمود. تجزیه و تحلیل خورشیدی نمی‌توان فقط در یک طرح یا دیدگاه چشم اندازی انجام داد. همانطور که شکل ۴ نشان می‌دهد، در ساختمان مورد مطالعه، ۶۷۰ متر مربع فضای مناسب جهت نصب سیستم فوتوولتائیک وجود دارد. سبک مطالعه(پوشش تجمعی، پیک و یا متوسط)، پوشش‌های رنگ و واحد در نظر گرفته می‌شود. با توجه به شکل ۴ انرژی تولید شده ۱۶۴ /۹۷۵ کیلووات ساعت بر سال بوده و این تولید این انرژی صرفه جویی برابر با ۲۴۷۴۶ دلار را در پی داشته است. جبران انرژی ساختمان سازی ۶۷۰ مترمعکب در سطح مقطع، انرژی برگشتی در سال ۱۲/۴ می‌باشد. زمان بازگشت سرمایه این طرح نیز ۱۲/۴ سال محاسبه شده است.



شکل ۵- تجزیه و تحلیل روشنایی در ابر

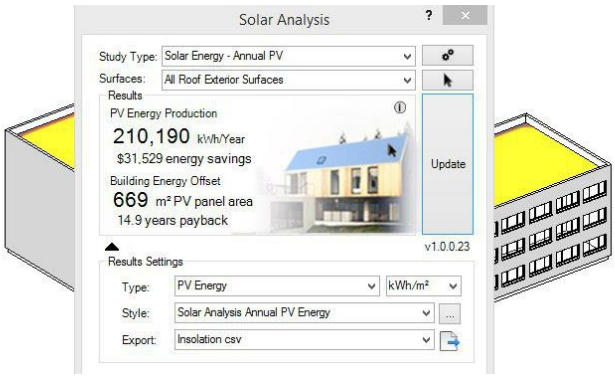
همانطور که از شکل ۵ مشاهده می‌شود حداقل آستانه نور ۳ ساعت و ارتفاع صفحات ۱ اینچ بالاتر از سقف ساختمان، قدرت تفکیک آن ۱۲ اینچ در نظر گرفته شده است. به کار بستن مواردی مانند نورگیرهای سقفی، گلخانه و بادگیر از دیگر عواملی می‌باشد که در این ساختمان مورد توجه قرار گرفته‌اند. استفاده از نورگیرهای سقفی سبب تامین بخشی از روشنایی مورد نیاز راهروهای ساختمان شده و مصرف انرژی در این بخش را کاهش می‌دهد. طراحی گلخانه به نحوی صورت پذیرفته است تا بتوان از هوای داخل آن به منظور تامین هوای تازه بخش‌های مختلف ساختمان استفاده نمود. با توجه به اینکه بخش زیادی از انرژی مصرفی ساختمان در دوره گرمایش آن مربوط به تامین هوای تازه می‌باشد، استفاده از هوای گلخانه که در ضلع جنوبی ساختمان با استفاده از انرژی خورشید گرم شده است بخش عظیمی از انرژی لازم در این بخش را فراهم آورده است. استفاده از دو بادگیر در ساختمان سبب تهویه و تخلیه بهتر هوا در دوره سرمایش ساختمان شده است. همچنین تهویه هوا در فصول میانی توسط بادگیرها، سبب می‌گردد تا در این بازه زمانی نیازی به استفاده از تاسیسات مکانیکی نبوده و باعث صرفه‌جویی در مصرف انرژی می‌شود. تحلیل این بخش نیز نشان از واکنشی یکسان به توزیع حرارت دارد، به طوری که حتی با تغییر فصل، به تعبیری می‌توان این بخش از ساختمان را به عنوان یک ذخیره ساز حرارتی در نظر گرفت که در زمستان موجب جذب بالقوه‌ی حرارت و در فصل تابستان باعث بازتابش گرما و ایجاد تعادل حرارتی در شب می‌شود. تحلیل‌های حرارتی انجام شده حاکی از آن است که معمار ایرانی بر اساس تطبیق رفتار خانه با حرکت خورشید در طول سال، نهایت استفاده از منبع انرژی خورشید را پدید آورده است.



شکل ۶- نماهایی ازساختمان در معرض تابش نور خورشید

شکل ۶ نشان می‌دهد که تابش نور خورشید در ساختمان سمت چپ دریافت نشده است و در سمت راست تابش نورخورشید توسط ساختمان به خوبی دریافت می‌شود علاوه بر موارد معمول در طراحی ساختمان انرژی صفر، عوامل ویژه دیگری نیز در معماری ساختمان در نظر گرفته شده است. کشیدگی ساختمان و همچنین جهت‌گیری آن تاثیر بسزایی در کسب انرژی حرارتی خورشید و همچنین استفاده از روشنایی طبیعی ساختمان دارد. ساختمان دارای کشیدگی شرقی-غربی است تا بیشتر فضاهای ساختمان بتوانند از حداکثر گرمایش خورشید و همچنین روشنایی طبیعی استفاده نمایند. همچنین با توجه به موقعیت جغرافیایی ساختمان بر روی زمین و عدم محدودیت در چرخش ساختمان در محل اجرای پروژه، با استفاده از نرم افزار شبیه سازی دیزاین بیلدر، ساختمان نسبت به محور خود در زوایای مختلف چرخانده شد تا بهترین جهت‌گیری ساختمان نسبت به خورشید برای استفاده از حداکثر اکتساب انرژی به دست آید. در جانمایی فضاهای ساختمان نیز تلاش شده است تا فضاهایی که دارای کاربری بیشتری هستند به منظور استفاده بهتر از نور و انرژی خورشید، در ضلع جنوبی ساختمان قرار گیرند و فضاهایی که کاربری کمتری دارند در ضلع شمالی ساختمان قرار داده شده‌اند. همچنین رژیم اشغال فضاها در تعیین موقعیت هر فضا در ساختمان موثر بوده است. میزان بهینه عایق‌کاری ساختمان با توجه هزینه اولیه و بالانس امین انرژی ساختمان تعیین گردیده است.

www.SID.ir



شکل ۷- تحلیل نور خورشید

وضعیت انرژی ساختمان با توجه به انرژی مصرفی مندرج در قبض‌های پرداختی مشخص می‌شود. بر این اساس با استفاده از اطلاعات مندرج در قبض برق ساختمان، داده‌های سالیانه هواشناسی و همچنین اطلاعات مسئولان مربوطه و مواردی از این قبیل می‌توان بصورت میانگین مصرف برق ساختمان در طول یک سال را مشخص کرد. سپس با استفاده از نرم افزار دیزاین بیلدر و پیاده‌سازی اطلاعات بدست آمده و طراحی نمونه صفحات خورشیدی در بازشوهای ساختمان توان تولید برق توسط صفحات را بدست آورد و در آخر بررسی سوددهی و مقایسه میزان برق تولیدی و برق مصرفی ساختمان را انجام می‌دهیم.

۵- بحث و نتیجه گیری

نتایج به دست آمده نشان داده‌اند که تولید انرژی الکتریکی از آبان ماه تا اوایل فروردین ماه برای پاسخگویی به تمام نیازهای انرژی ساختمان کافی نیست. این در حالی است که برای باقی ماه‌های سال، نسبت پوشش مناسبی به دست آمد. آزمایشات نشان داده‌اند که انرژی حاصل از تولید PVها به حدود۶۲٪ بیش از نیاز انرژی ساختمان خواهد رسید. این نتیجه‌گیری نشان می‌دهد که نه تنها بانک می‌تواند نیاز برق سالانه خود را با سیستم PV در نظر گرفته تامین کند بلکه قادر است با فروش انرژی‌های اضافی PV خود سود مالی بیشتری نیز کسب کند. نحوه بازپرداخت برای هر دو آزمایش نیز مورد محاسبه قرار گرفتند. نتایج نشان داد که زمان بازپرداخت ۷,۹ سال برای آزمایش اول و ۷,۶ سال برای آزمایش دوم می‌باشد. مدت بازپرداخت انرژی برای هر دو سیستم ۵ ساله تعیین شد. مدت زمان بازپرداخت گازهای گلخانه‌ای ۲,۷ سال و ۵,۹ سال برای محاسبات مبتنی بر ذغال سنگ و گاز طبیعی مواجه شد.

همان طور که قبلا توضیح داده شد، یک سیستم خورشیدی از اجزای مختلفی شامل پنل‌های فتوولتائیک، مبدل، باتری، سازه و ... تشکیل شده است. در فصل سوم دیدیم مصرف انرژی ساختمان بانک حکمت در حدود ۲/۸ مگاووات ساعت در روز است. با توجه با ساعت آفتابی معادل (ESH) شهر تهران که برابر ۵/۵ ساعت است، جهت تامین این میزان انرژی به ظرفیت فتوولتائیک ۵۰۰ کیلووات نیاز داریم. در محاسبات انجام شده توسط نرم‌افزار دیزاین بیلدر نشان داده شد که فضای در دسترس بر پشت بام این ساختمان جهت نصب پنل خورشیدی در حدود ۶۷۰ متر مربع است. این فضا در بهترین حالت، توانایی نصب حدود ۶۰ کیلووات ظرفیت فوتوولتائیک را دارا است که ۱۲ درصد از نیاز ساختمان به انرژی الکتریکی را می‌توان تامین کند. بنابراین، نمی‌توان انتظار داشت که تمام برق مصرفی این ساختمان در شرایط کنونی از انرژی خورشیدی تامین شود. اما می‌توان با نصب سیستم خورشیدی بر روی پشت بام این ساختمان، تا ۱۲٪ از انرژی مصرفی آن را فراهم آورد. همچنین، با توجه به اینکه نیاز به شبکه سراسری برق همچنان وجود دارد و ضروری است، استفاده از باتری جهت ذخیره انرژی به دلیل قیمت بالای باتری‌های خورشیدی به صرفه نخواهد بود. همچنین باید توجه داشت که بیشترین مصرف یک ساختمان اداری در ساعات اداری و در روز است که تابش خورشیدی در دسترس است و می‌توان با مستقیما نور خورشید را به برق تبدیل کرده و در همان لحظه توسط مصرف کننده‌ها آن را مصرف نمود. به این ترتیب می‌توان رویه بهینه سازی انرژی را در نظر گرفت که هم از نظر اقتصادی و هم از نظر محیط زیستی به صرفه باشد. این میزان برابر ۳۳۶ کیلووات ساعت برق در روز است که هزینه‌ای در حدود ۶۷۲۰۰ تومان در روز را در پی دارد. این مصرف در طول یک سال برابر خواهد بود با ۲۴۵۲۸۰۰۰ تومان. با در نظر گرفتن هزینه نصب سیستم خورشیدی ۶۰ کیلووات که در حدود ۳۶۰ میلیون تومان است، زمان بازگشت سرمایه این طرح برابر ۱۵ سال خواهد بود. البته این محاسبات بدون در نظر گرفتن تورم و گران شدن قیمت برق در نظر گرفته شده‌اند و در شرایط واقعی، زمان بازگشت سرمایه بسیار کمتر از مقدار محاسبه شده خواهد بود. همچنین با اتصال برق خورشیدی به دستگاه‌های خاص و مهم می‌توان برق آن‌ها را از طریق فتوولتائیک تامین کرد که حتی در شرایط قطعی برق شبکه نیز به کار خود ادامه داده و قابلیت اطمینان را ارتقا دهند.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

1- Adaramola, M.S., Techno-economic analysis of a 2,.1, kW rooftop photovoltaic-grid-tied system based on actual performance. Energy Conversion and Management, 2015. 101 :p. 93-85.
2- Becerik-Gerber, B. and S. Rice, The perceived value of building information modeling in the US building industry. Journal of Information Technology in Construction (ITcon), 2010. 15(15): p. 185-201.
3- Bezmalinović, D., F. Barbir, and I. Tolj, Techno-economic analysis of PEM fuel cells role in photovoltaic-based systems for the remote base stations. International journal of hydrogen energy, 2013. 38(1): p. 417-425.
4- Bilir, L. and N. Yildirim, Photovoltaic system assessment for a school building. International Journal of Hydrogen Energy, 2017. 42(28): p. -17868-17856.
5- Dempsey, J., A coast guard pilot to make better facility decisions. J. Build. Inf. Model. Fall (26), 2009. 26
6- Dias, P. and S. Ergan. The need for representing facility information with customized LOD for specific FM tasks. in Construction Research Congress 2016. 2016.
7- Fiaschi, D., R. Bandinelli, and S. Conti, A case study for energy issues of public buildings and utilities in a small municipality: Investigation of possible improvements and integration with renewables. Applied energy, 2012. 97: p. 101-114
8- Grigoriev, A., J. Van De Klundert, and F.C. Spieksma, Modeling and solving the periodic maintenance problem. European Journal of Operational Research, 2006. 172(3): p. 783-797.
9- Lalwani, M., D. Kothari, and M. Singh, Investigation of solar photovoltaic simulation softwares. International journal of applied engineering research, 2010. 1(3): p. 585-601
10- Molina, M.G. and E.J. Espejo, Modeling and simulation of grid-connected photovoltaic energy conversion systems. international journal of hydrogen energy, 2014. 39(16): p..8702-8707
11- Motawa, I. and A. Almarshad, A knowledge-based BIM system for building maintenance. Automation in Construction, 2013. 29: p.173-182.
12- undaram, S. and J.S.C. Babu, Performance evaluation and validation of ٥MWp grid connected solar photovoltaic plant in South India. Energy conversion and management, 2015. 100: p. -429-439.
13- Tang, P., B. Akinci, and D .Huber. Semi-automated as-built modeling of light rail system guide beams. in Construction Research Congress 2010: Innovation for Reshaping Construction Practice. 2010.
14- Thomsen, K.E., et al., Energy consumption and indoor climate in a residential building before and after comprehensive energy retrofitting. Energy and Buildings, 2016. 123: p. 8-16
15- Valero, E., et al. Detection, modeling, and classification of moldings for automated reverse engineering of buildings from 3D data. in Proceedings of the 28th International Symposium on Automation and Robotics in Construction. 2011.
16- Wang, Z., T. Bulbul, and S. Mccoy. Comparative Case Study for Using COBie in Project Turnover. in Proc. of the 32nd CIB W ٧٨Conference. 2015.
17- Zarrinzade, A. and M. Raftari, Investigate the application of the green wall on display structures to create a sustainable display, in National Conference on New Approaches in Civil Engineering, Architecture and Urbanism. 2017.

Archive of SID

www.SID.ir