Archive of SID

نشریه بین المللی علوم مهندسی دانشگاه علم وصنعت ایران
جلد ۱۹، شماره ۱۰-ب، سال ۱۳۸۷، صفحه ۱۸۳-۱۷۳

ANALYZING BIPV DESIGN METHOD WITH SUSTAINABLE DESIGN

Seyyed Majid Mofidi Shemirani
Ph.D., Ma.Arch., Sp./Energy, Member of School of Architecture and Urban Studies, Iran University of Science and Technology.
s_m_mofidi@iust.ac.ir

Mohammad Taqi Rezaee Hariri
Ph.D., Member of School of Architecture, Fine Arts Faculty, Tehran University.
mtrezaee@yahoo.com

Alireza Farsi Mohammadi Pour
MSC., Ph.D. Student of School of Architecture and Urban Studies, Iran University of Science and Technology. farsi@iust.ac.ir

***Abstract**: Saving in fossil energy use is one of important issues in the world. Buildings are one of the most important energy consumers and can reduce their energy use. Today, utilizing photovoltaic (PV) technology that converts solar power into electricity is one of the most useful methods of GHG reduction. PV can also be utilized in buildings and plays an important role to reduce the fossil energy use. PV utilization in architecture deals with many parameters and one of the most important of them is integrating PV with building envelope. The importance of this integration is in consistency between output of PV system, PV feature, and whole the building and the aspect of PV. PV integration on buildings will lead to a sustainable architecture if the design method is sustainable too. Otherwise, the building may have many conflicts in function and aesthetics. This paper will evaluate the situation of BiPVs in Iran and the world to analyze a design method based on sustainable design. The method will have six parts include design team, energy strategy, holistic design, building economics, building feature and multi functional PV system.*

تحلیل تطبیقی طراحی بناهای یکپارچه با PV با روش طراحی پایدار

سیدمجید مفیدی‌شمیرانی، محمدتقی رضایی‌حریری و علیرضا فارسی‌محمدی‌پور

چکیده: صرفه‌جویی در مصرف سوخت‌های فسیلی و انرژی‌های تجدیدناپذیر از مسایل روز جهان است. بناها ۴۷٪ از انرژی تولیدی در جهان را مصرف می‌کنند و علاوه بر این‌که بزرگ‌ترین مصرف‌کننده انرژی هستند، بیش‌ترین انتشار گازهای گلخانه‌ای را سبب می‌شوند. به‌کارگیری سامانه‌های بهره‌گیری از تابش خورشید برای تامین انرژی مانند سلول‌های خورشیدی یا PV، می‌تواند راه‌کار موثری در کاهش مصرف سوخت فسیلی و تولید گازهای زیان‌بار باشد. یکی از جنبه‌های به‌کارگیری چنین فناوری‌هایی در ساختمان، تلفیق و یکپارچه‌سازی آن با طرح معماری است. اهمیت این یکپارچه‌سازی در ایجاد هماهنگی میان سیمای PV و کارکرد آن با نما و حجم معماری است. برای آن‌که یکپارچه‌سازی PV و بنا، زمینه دست‌یابی به معماری پایدار را فراهم کند، باید روش طراحی به کار رفته از نوع پایدار باشد. زیرا در غیر این صورت نتیجه خلق بنایی است که در تلفیق PV با

تاریخ وصول: ۸۶/۵/۲۰
تاریخ تصویب: ۸۷/۱۲/۲۷

دکتر سیدمجید مفیدی‌شمیرانی، استادیار دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران. s_m_mofidi@iust.ac.ir
دکتر محمدتقی رضایی‌حریری، دانشیار دانشکده معماری، پردیس هنرهای‌زیبا، دانشگاه تهران. mtrezaee@yahoo.com
علیرضا فارسی‌محمدی‌پور، دانشجوی دکتری دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران. farsi@iust.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

بنا و کارکرد آن دارای ناکارامدی‌هایی خواهد بود. این مقاله بر آن است تا با بررسی طراحی و کاربرد PV در بنا و روش طراحی پایدار، تحلیلی بر روش طراحی «بناهای یکپارچه با PV» ارایه کند. روش پیشنهادی برای طراحی بناهای مذکور شامل شش زمینه؛ گروه طراحی، راهبرد انرژی، طراحی کل‌نگر، اقتصاد بنا، سیمای بنا و چند منظوره بودن سامانه PV خواهد بود.

واژه های کلیدی: معماری، بنای یکپارچه با PV، فرایند طراحی، پایداری و BiPV .

۱. مقدمه

در سال‌های اخیر، جامعه جهانی نسبت به آلودگی محیط‌زیست آگاهی‌های بیش‌تری پیدا کرده و تلاش‌هایی را برای کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی و کاربرد انرژی‌های تجدیدپذیر مانند باد و تابش خورشید آغاز کرده است. گرچه این تلاش‌ها بیش‌تر به کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی از طریق محدود کردن صنایع پرمصرف و اصلاح فرهنگ مصرف انرژی اختصاص یافته، ولی تلاش‌هایی نیز جهت استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در بناها صورت گرفته، که نتایج مثبتی به همراه داشته است. کاربرد انرژی‌های تجدیدپذیر در بنا به دو روش کلی انجام می‌پذیرد.

در روش نخست تلاش می‌شود تا در طراحی و ساخت بنا به گونه‌ای عمل شود تا از انرژی‌های طبیعی مانند تابش خورشید یا باد برای سرمایش، گرمایش یا تهویه استفاده شده، مصرف سوخت برای سرمایش یا گرمایش بنا کاهش یابد. این روش از راه‌کارهای مختلفی سود می‌برد که از میان آن‌ها می‌توان به استفاده از مصالح با زمان تاخیر مناسب برای استفاده از گرمای تابش خورشید در زمان مناسب و کاهش اثر باد سرد زمستانی بر بدنه ساختمان از طریق جهت‌گیری مناسب بنا، نام برد.

در روش دوم برای بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر عناصری را به طرح بنا می‌افزایند که علاوه بر سرمایش یا گرمایش بنا، کاربرد زیبایی‌شناسی و بصری پیدا کرده، سیمای بنا را تحت تاثیر قرار می‌دهد. از میان عناصری که در این روش به کار می‌رود می‌توان بادگیر، دودکش و کلکتور خورشیدی را نام برد. برای آن‌که بتوان از هر دو روش فوق در طراحی بنا سود برد، باید روش طراحی بنا مورد بازنگری و تحلیل قرار گرفته، در صورت وجود کمبود یا نارسایی، آن‌ها را مرتفع کرد.

پوسته (Envelope) بنا که مرز میان فضای داخل و خارج بوده و تبادل حرارتی میان داخل و خارج ساختمان از طریق آن صورت می‌گیرد، همواره مورد توجه معماران بوده است. این توجه جنبه‌های گوناگونی را در بر می‌گیرد. از سویی، بدنه ساختمان تاثیر بسیاری بر سیمای معماری داشته، پیکره بنا را شکل می‌دهد که بخش زیادی از زیبایی بیرونی بنا متاثر از آن است و از سوی دیگر، جنس مصالح به کار رفته در بدنه بنا و چگونگی اجرای آن سهم بسیاری در کاهش یا افزایش مصرف انرژی دارد. امروزه، پیشرفت‌های فناوری سبب شده است تا بتوان از نما یا بام بناها کارکردهای نوینی را طلب کرد. این کارکردها علاوه بر تامین نیازهایی مانند محافظت از عوامل جوی و جانوران مواردی مانند تامین آسایش، صرفه‌جویی در مصرف سوخت‌های فسیلی، جلوگیری از تاثیرات ناسالم محیط مصنوع مانند نوفه (Noise) و گازهای آلاینده و در نهایت کاربرد روش‌های ایستا (Passive) یا پویای (Active) طراحی خورشیدی را شامل می‌شود.[۱] از جمله فناوری‌هایی که می‌تواند طراح را در نیل به مقصود فوق یاری دهد، بهره‌گیری از فتوولتاییک (Photovoltaic) یا PV است که با حضور در پوسته ساختمان، علاوه بر ایجاد مانع در مقابل عوامل جوی، الکتریسیته تولید کرده، کاربرد زیبایی‌شناسی داشته و نوعی بدنه خارجی هوشمند خلق می‌کند.

مهم‌ترین دلیل کاربرد PV در ساختمان تامین انرژی است که برای دست‌یابی به آن، طراح باید از مسایل اجرایی و فنی مربوط به نصب و کارکرد سامانه PV آگاه باشد. مسایلی چون رابطه میان بخش‌های مختلف سامانه PV، سیم‌کشی‌ها، دفع گرمای اضافی سطح صفحات PV و پرهیز از سایه‌اندازی بر آن‌ها بسیار مهم بوده و توجه به‌سزایی طلب می‌کند. زیرا در صورت بی‌توجهی به شرایط نصب و جهت‌گیری، تولید الکتریسیته از سامانه مطلوب نبوده یا دچار افت بازده چشمگیر شده و جنبه کارکردی خود را از دست می‌دهد.

یک معمار در برخورد با عناصر مختلف یک طرح همواره می‌کوشد تا نوعی هماهنگی و پیوستگی برقرار نموده، در عین توجه به کارکرد آن عناصر، جنبه‌های بصری آن‌ها را به گونه‌ای مدنظر داشته باشد تا یک بنای یکپارچه پدید آید.

PV، به عنوان یکی از عناصر به کار رفته در طرح بنا نیز از این اصل مستثنی نبوده، جنبه‌های بصری آن و تاثیری که بر سیمای بنا و در نتیجه ذهن مخاطب می‌گذارد، غیر قابل انکار است. در صورت کم‌توجهی به تاثیر بصری PV در طرح ساختمان، این احتمال پدید می‌آید که سامانه مذکور، الحاقی و جدای از مجموعه بنا به نظر رسیده، سیمای بنا تغییر کند.

پرسشی که در این شرایط مطرح می‌شود این است که چگونه می‌توان PV را در بنا به کار برد و یکپارچگی مجموعه را حفظ کرد؟ به تعبیر بهتر چگونه می‌توان یک «بنای یکپارچه با PV» (BiPV) طراحی کرد؟

www.SID.ir

Archive of SID

۲. کاربرد سامانه PV در بناهای ایران و جهان

مدت مدیدی است که از ورود PV به ایران می‌گذرد. البته، ابتدا این فناوری به صورت پیل خورشیدی در ساعت و ماشین حساب به چشم می‌آمد تا این‌که سازمان انرژی‌های نو ایران در اوایل دهه ۷۰ خورشیدی برای معرفی و آشنایی مردم و مسوولین با کاربرد این فناوری ابتدا اقدام به اجرای پروژه‌هایی آزمایشی و نمایشی در محوطه بعضی سازمان‌ها نمود. مدتی پس از آن تجهیز برخی ساختمان‌ها با PV و اجرای سامانه PV در نیروگاه‌ها و محوطه ساختمان‌ها بعضی اقداماتی بودند که از جانب این سازمان صورت گرفت. تعدادی از پروژه‌های مرتبط با PV که در ایران انجام شده، در زیر معرفی شده‌اند. پاره‌ای از این پروژه‌ها کاربردهای غیرساختمانی دارند که در حوزه بحث این نوشتار نیستند. پروژه‌های انجام یافته به شرح زیر است:[۲]

- نیروگاه خورشیدی PV طالقان
- طراحی، ساخت، نصب و راه‌اندازی روشنایی تونل شماره ۶ سد کرج
- روشنایی PV برق منطقه‌ای زنجان، تبریز و قزوین
- طراحی، ساخت، نصب پمپ آب کشاورزی PV
- طراحی ، ساخت پردازش‌گر ۱/۵ کیلوواتی متصل به شبکه بدون ترانس
- تجهیز پاسگاه مرزی گزیگ به PV
- تجهیز ساختمان معاونت انرژی به PV

از میان پروژه‌های ساختمانی، دو پروژه تجهیز پاسگاه مرزی گزیک و ساختمان معاون انرژی به سامانه PV در شکل ۱ مشخص هستند. واضح است که PV با طرح این بناها تلفیق و یکپارچه‌سازی نشده و سامانه PV الحاقی به نظر می‌رسد. اگرچه حضور PV در بناهای شهری مانند ساختمان معاونت انرژی که در محدوده شهرک غرب واقع است و پاسگاه مرزی مذکور که در ناحیه‌ای دورافتاده قرار دارد به خودی خود مطلوب بوده، می‌تواند آینده‌ای روشن را در حضور PV در ساختمان نوید دهد؛ ولی مشخص است که ظرفیت کاربرد PV در ساختمان بسیار فراتر از این بوده، می‌تواند یکپارچه و غیر الحاقی با بنا ترکیب شود. علاوه بر پروژه‌های انجام شده، پروژه‌هایی نیز در حال انجام است که پاره‌ای از آن‌ها به شرح زیر است:

- خرید تضمینی برق از منابع تجدیدپذیر
- برق‌رسانی با سامانه PV به روستاها
- احداث پایلوت انرژی مستقل از شبکه
- احداث نیروگاه خورشیدی به ظرفیت ۲۵۰ کیلووات

از میان پروژه‌های فوق بحث برق‌رسانی با سامانه PV به روستاها می‌تواند بسیار سودمند بوده و در مناطق دوردست که دسترسی به شبکه برق دشوار است یا قطعی برق در تابستان وجود دارد، راه‌حل خوبی به شمار رود. پروژه خرید تضمینی برق از منابع تجدیدپذیر یکی از راه‌کارهایی است که در صورت تدوین اصول آن، به خوبی می‌تواند در تشویق صاحبان ساختمان‌های تجاری و مسکونی، مهندسان و طراحان به استفاده از PV در بنا موثر واقع شود.

شکل ۱. پاسگاه مرزی گزیک (پایین) و ساختمان معاونت انرژی (بالا)

در جهان، پیشرفت صنعت PV و کاربرد آن مرهون تلاش‌های مهندسان متالورژی و برق بوده است. در ده سال اخیر، مهندسان معمار تلاش‌هایی را برای یکپارچه‌سازی PV و بنا آغاز کرده و برای این فناوری در فرایند طراحی جایگاهی قایل شده‌اند. تحلیل‌هایی که از این بناها شده نشان می‌دهد که فقط در پاره‌ای موارد سیمای بصری معماری، نمود فناوری و تولید الکتریسیته مطلوب بوده است.[۱] ممکن است دلیل اصلی این ناکامی‌ها موارد زیر باشد:

- فقدان اطلاعات کافی معماران و گروه طراح درباره سامانه PV
- ناآگاهی یا کم‌آگاهی نسبت به ابزارها و نرم‌افزارهای طراحی فنی سامانه PV
- پیچیدگی و برهمبستگی (Interdependence) نیازهای مختلف بنا اعم از معماری، سازه و تاسیسات و هماهنگی آن با نیازهای سامانه PV از عهده یک نفر خارج است.
- وجود مشکل برقراری ارتباط با یکدیگر میان افرادی که در فرایند ساخت مشارکت دارند.
- همکاری میان افرادی که در فرایند ساخت مشارکت دارند ناکافی بوده و در نتیجه هدف و مقصود نهایی طرح از دست می‌رود.
- به دلیل محدودیت‌های فکری هر شخص با تخصص خاص، امکان دورنگری و ژرف‌اندیشی در هدف و مقصود طرح پایین می‌آید.
- به دلیل نبود یا کمبود اطلاعات، درک و علاقه میان متخصصان یک رشته نسبت به نتیجه کار متخصصان دیگر در فرایند ساخت یا طراحی، امکان سنجش کار پایین می‌آید.

به نظر می‌رسد که با پایین آمدن قیمت تمام شده سامانه PV و بالا رفتن بازده آن، در آینده‌ای نه چندان دور کاربرد فناوری PV در ساختمان، امری پسندیده و رایج خواهد بود. چنین پیش‌بینی

www.SID.ir

Archive of SID

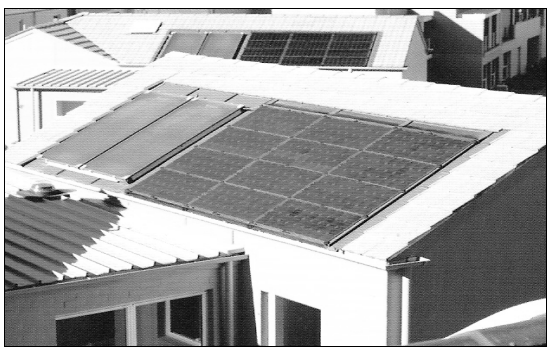
چندان دور از ذهن نیست؛ زیرا به عنوان مثال، هنگامی که آسانسور در سال ۱۸۵۴ اختراع شد، وسیله‌ای بسیار نو تلقی می‌شد و تا انتهای قرن نوزدهم و اوایل قرن بیستم به صورت جدی از حضور آن در بناها خبری نبود و مدتی طول کشید تا با بهبود کیفیت و ایمنی آن زمینه برای طراحی بناهای بلندمرتبه فراهم شد؛ اتفاقی است که ممکن است برای کاربرد گسترده آتی PV در بناها پیش آید. تنها نکته‌ای که در این‌جا باید مدنظر باشد، نحوه حضور PV در بنا است که نه تنها باید به کار تامین بخشی از نیازهای الکتریکی بنا آید، بلکه می‌تواند و به تعبیری باید در سیمای بنا نقش بازی کند.[۳]

۳. بناهای یکپارچه با PV

در دهه ۷۰ میلادی جرقه‌های نخستین کاربرد PV در ساختمان زده شد. در این زمان معماران به منظور نمایش امکانات این فناوری در تولید الکتریسیته اقدام به جانمایی آن در محوطه یا روی بام بنا نمودند. سپس در مراحل بعدی با بهبود روش‌های نصب و کاهش اندک هزینه‌های تهیه PV، تلاش کردند تا این اجزا را روی نمای ساختمان نیز قرار دهند. به دلیل ناآشنایی یا کم‌آشنایی معماران نسبت به PV، کاربرد این فناوری بیش‌تر جنبه نمادین داشت و فاقد جنبه‌های زیبایی‌شناسی بود. در این نوشتار به این رویکرد نسبت به کاربرد PV در بنا، رویکرد قدیمی اطلاق می‌شود. با گسترش فناوری تولید PV و کاهش قیمت آن زمینه برای حضور بیش‌تر این فناوری در معماری میسر شد تا در ابتدای دهه ۹۰، متخصصانی از ۱۴ کشور جهان در قالب آژانس بین‌المللی انرژی سامانه‌های فتوولتاییک (IEA's Photovoltaic Power Systems) ضمن تعریف و مطرح کردن مفهوم «بنای یکپارچه با PV»، به تفاهم‌نامه‌ای دست پیدا کردند که زمینه را برای رشد و گسترش این‌گونه بناها فراهم کنند. در تفاهم‌نامه مذکور مشوق‌هایی نیز برای طراحی و ساخت چنین بناهایی مطرح شده بود که انگیزه معماران را در اروپا، ایالات متحده آمریکا، ژاپن و استرالیا برای خلق روش‌های نوآورانه‌ای برای تلفیق PV و طرح بناها بیش‌تر کرد.[۴]

مطابق تفاهم‌نامه مذکور، بناهای یکپارچه با PV، بناهایی هستند که اجزای فتوولتاییک در آن‌ها به صورت بخش یکپارچه‌ای از بدنه بنا طراحی شده و پوسته بیرونی و محافظ در مقابل عوامل جوی را شکل می‌دهد. در این بناها، PV مانند نوعی مصالح بر پوسته ساختمان قرار گرفته یا گاهی خود، پوسته بنا را شکل می‌دهد. در واقع این تعریف در مقابل رویکرد قدیمی کاربرد PV در بناها مطرح شد. در رویکرد قدیمی، PV روی نما یا بام ساختمان قرار می‌گرفت و تدبیر ویژه‌ای برای تلفیق و یکپارچگی با طرح بنا صورت نمی‌گرفت که حاصل آن ایجاد ساختمانی با عناصر الحاقی و منظری نامناسب می‌گشت. البته گاه، این حالت ناخوشایند برای بناهایی به وجود می‌آمد که از پیش طراحی یا ساخته شده بودند و در زمانی پس از طراحی یا اجرای ساختمان، اجزای PV روی آن‌ها نصب شده بود. از آن‌جایی که در بسیاری موارد بدنه بناهای مذکور، از لحاظ جهت گیری یا شکل، شرایط مناسب برای پذیرش این اجزای جدید را نداشتند، حاصل کار الحاقی و نامطلوب بود.

اگرچه بالا رفتن بازده PV، تلاش برای کاهش آلودگی هوا، آشنایی بیش‌تر معماران با فناوری مذکور، بهبود روش ساخت و دلایل دیگر سبب شد تا به تدریج PV به صورت زیبا و غیرالحاقی با بنای معماری تلفیق شود و این مورد نسبت به بناهایی که با رویکرد قدیمی ساخته شده بود، مشهود است؛ ولی میان صاحب‌نظران و معماران اختلاف‌نظری در نگرش به «بنای یکپارچه با PV» وجود دارد که هر دوی آن‌ها با رویکرد قدیمی تفاوت داشته ولی با یکدیگر تفاوت ظریفی دارند. در دیدگاه نخست می‌توان PV را در مرحله طراحی، ساخت یا پس از آن روی بنا نصب نمود، ولی این عمل باید به گونه‌ای باشد تا حاصل زیبا بوده، الحاقی به نظر نرسد. در این روش، انجام پاره‌ای تغییرات در بنا به منظور تولید بیش‌تر الکتریسیته از PV و اتصال مناسب آن با بدنه بنا، امکان‌پذیر است. واضح است که مطابق این دیدگاه بسیاری از بناها که دارای شرایط فوق هستند، «بنای یکپارچه با PV» به حساب می‌آیند. اما مطابق دیدگاه دوم، «بنای یکپارچه با PV» به ساختمانی اطلاق می‌شود که در طرح آن PV، کالبد بنا یا بخش‌هایی از بدنه بنا را به خود اختصاص داده و بنا از ابتدا به گونه‌ای طراحی شده تا الکتریسیته مورد نیاز از سامانه فتوولتاییک استخراج گردد. در این نگرش به PV همچون مصالحی نگریسته می‌شود که می‌تواند کالبد بنا را شکل دهد و نیازی نیست تا به عنوان پوششی برای بدنه بنا به کار رود. به تعبیری در این نگرش سامانه PV باید در ایده و فرم بنا تاثیر خود را بگذارد و اثر حضور این فناوری در طرح به اندازه‌ای است که ایده و حتا فرم بنا بدون حضور PV به میزان زیادی منطق و مفهوم خود را از دست می‌دهد. مشخص است که مطابق این دیدگاه بسیاری از بناها علیرغم داشتن سیمایی مطلوب، در زمره «بنای یکپارچه با PV» شمرده نمی‌شوند[۵]. مطالب مندرج در این مقاله ناقض هیچ‌کدام از این دو رویکرد نیست ولی برای انجام تحلیل در طراحی «بنای یکپارچه با PV» رویکرد دوم بیش‌تر مد نظر بوده است.



شکل ۲. دهکده المپیک سیدنی استرالیا نمونه‌ای از نگرش نخست به بنای یکپارچه با PV

www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۳. بنای اداری خورشیدی داکسفرد (Doxford) در انگلستان نمونه‌ای از نگرش دوم به بنای یکپارچه با PV

۴. یکپارچه‌سازی PV و بنا

معماران در برخورد با عناصر معماری در عین توجه به کارکرد آن‌ها به تاثیر بصری آن عناصر در ترکیب معماری و مشارکت آن‌ها در ایجاد حس مورد نظر در مخاطب اهمیت ویژه‌ای قایل می‌شوند. اگرچه سیمای مطلوب معماری یکی از نتایجی است که معمار از طراحی بنا در نظر دارد و اهمیت بسیاری نیز دارد، ولی این مهم هرگز سبب نمی‌شود تا دلیل کاربردی بعضی از عناصر طرح معماری از میان رود. از این رو، تلفیق و یکپارچه‌سازی PV و بنا نیز فقط جنبه‌های بصری PV را شامل نشده و کارکرد مطلوب و تولید الکتریسیته مورد نظر از سامانه را در بر می‌گیرد. پس می‌توان عنوان کرد که برای ترکیب مناسب یا همان یکپارچه‌سازی PV و بنا باید به موارد زیر توجه کرد:

الف) مکان طرح که باید از تابش مطلوب خورشید بهره‌مند بوده، از سایه‌اندازی عناصر محیطی مانند درختان و ساختمان‌ها محفوظ باشد.

ب) عملکرد بنا که تعیین کننده میزان مصرف برق است و باید میان برق تولیدی از PV و برق مصرفی رابطه‌ای موجه وجود داشته باشد.

پ) طرح معماری که باید در آن تاثیر بصری PV بر سیمای بنا مورد بررسی قرار گرفته، هماهنگی میان اجزای مختلف معماری و کارکرد PV برقرار شود.

۴-۱. مکان طرح

مکان یا موقعیت طرح از جنبه‌های گوناگون اهمیت می‌یابد. یکی از آن‌ها عرض جغرافیایی محل طراحی است که هر چقدر به دو قطب کره زمین نزدیک‌تر باشد، تابش دریافتی اندک شده و تولید برق از PV کاهش می‌یابد. توپوگرافی محل طراحی و چگونگی وزش باد در محل نیز اهمیت بسیار دارد. اگر شرایط زمین به گونه‌ای باشد که بخش‌هایی از آن در سایه قرار گرفته یا بلندی‌های طبیعی همجوار مانع از رسیدن نور خورشید به بخش‌هایی از ساختگاه در ساعاتی از روز می‌شوند، باید از جانمایی بناها در آن نقاط پرهیز کرد. وزش باد نیز می‌تواند بر کارکرد PV تاثیر داشته باشد. استفاده از جریان باد به ویژه در تابستان در دفع گرمای ایجاد شده در سطح PV و کارکرد مطلوب آن موثر بوده و بازده را در سطح قابل قبولی حفظ می‌کند. در مناطق شهری خطر سایه‌اندازی درختان، تیرهای برق و بناهای همجوار بر ساختمان وجود دارد که این مهم باید به صورت دقیق بررسی شده، میزان سایه‌اندازی و مدت آن در تمام سال تحلیل شود. گاه، در بافت‌های شهری سایه‌اندازی روی ساختگاه اجتناب‌ناپذیر است که در این حالت باید با پیکربندی صحیح سامانه PV، تاثیر سایه‌اندازی را تا جای ممکن کاهش داد.

انتخاب زوایای مناسب ارتفاع و جهت برای PV بستگی ویژه‌ای به محل طراحی داشته و آگاهی از آن مستلزم ترسیم و تحلیل نمودارهای سالانه و فصلی تابش خورشید در محل طراحی و کارکرد سامانه PV است که این مطلب، باید هنگام تحلیل ساختگاه به صورت دقیق بررسی شود.

۴-۲. عملکرد بنا

عملکرد بنا علاوه بر آن‌که می‌تواند بر سیما و فرم معماری تاثیر بگذارد، بلکه نوع و میزان مصرف انرژی و به ویژه الکتریسیته را مشخص می‌کند. اگرچه میزان مصرف انرژی در بنا فقط به عملکرد آن بستگی نداشته و تعداد ساکنان، مصالح به کار رفته در بدنه‌ها و فرم معماری نیز از عوامل دخیل در این موضوع هستند، ولی اهمیت عملکرد بنا در این است که به صورت‌های گوناگون بر میزان مصرف انرژی تاثیر می‌گذارد. به تعبیری فقط نوع فعالیت انجام شده در بنا بر میزان مصرف انرژی تاثیر نمی‌گذارد، بلکه چگونگی و زمان انجام این فعالیت نیز بر مصرف انرژی اثرگذار است. به عنوان مثال، در یک بنای اداری که ساعت کاری آن ۸-۱۷ است، بیش‌ترین مصرف در همین زمان بوده و پس از اتمام ساعت کاری مصرف انرژی به شدت کاهش می‌یابد و در ضمن در روزهای تعطیل نیز انرژی مصرفی میزان اندکی است. ولی در یک خانه مسکونی علاوه بر آن‌که تمام روزهای هفته انرژی مصرف می‌شود بلکه این مصرف مختص روز نبوده و تا پاسی از شب نیز ادامه می‌یابد. در ضمن همان‌طور که پیش‌تر ذکر شده تاثیر عملکرد بر فرم، گاه سبب می‌شود تا بتوان سطوح یک‌دست و گسترده‌ای برای جای‌گیری PV روی کالبد بنا جستجو کرد. به عنوان مثال، حجم یک بنای اداری یا تجاری به دلیل ارتفاع و گستردگی بیش‌تر نسبت به حجم یک خانه مسکونی، سطوح وسیعی را در اختیار طراح می‌گذارد.

۴-۳. طرح بنا

هنگامی که سخن از تلفیق یا یکپارچه‌سازی فناوری PV و بنا پیش می‌آید، خواسته جدیدی به سایر خواسته‌های طرح افزوده می‌شود که همانا تامین بخشی از انرژی مورد نیاز از طریق پوسته و کالبد بنا است که این مطلب باعث پیچیده‌تر شدن طراحی بنا خواهد شد.[۶] در این حالت انتظار می‌رود تا پوسته بنا یا همان PV شرایط زیر را داشته باشد:

- در صورت نیاز، نظافت و پاکیزگی آن میسر باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

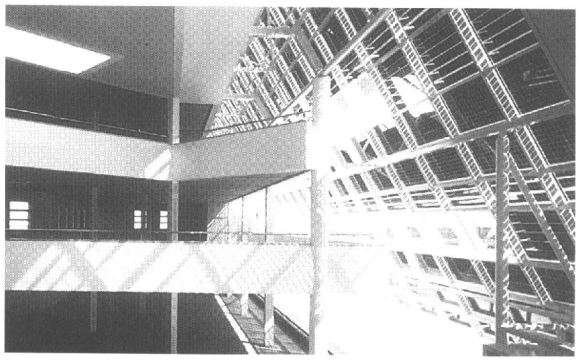
- آب و هوابندی باشد.
- در مقابل نیروی باد، بار برف و ضربه‌های تگرگ مقاوم باشد.
- طول عمر مناسبی داشته باشد.
- قیمت مناسبی داشته باشد.
- به هنگام آتش‌سوزی باعث تولید دود خفه‌کننده نشود.
- سیمای مطلوبی داشته باشد.

از میان موارد فوق دو مورد سیمای مطلوب و قیمت مناسب وضعیتی نامشخص دارند که مورد بررسی قرار خواهند گرفت؛ ولی سایر موارد با توجه به آزمایش‌هایی که تولیدکنندگان و اجراکنندگان سامانه PV انجام داده‌اند، شرایط مورد نظر معماران را فراهم می‌کنند. در بحث پاکیزگی، با توجه به این که لایه محافظ شیشه‌ای روی PV را پوشانده، نظافت آن مانند یک سطح شیشه‌ای انجام می‌گیرد. آب و هوابندی آن نیز با استفاده از روش‌هایی که برای درزبندی شیشه‌ها در پنجره‌های بدون قاب یا پروفیل به کار می‌رود، انجام می‌شود. مقاومت در مقابل نیروی باد و عوامل جوی، ایمنی هنگام آتش‌سوزی و طول عمر از مواردی است که در مشخصات محصول تولیدی از سوی کارخانه ارایه شده و تضمین می‌شود.

قیمت مناسب PV یا به تعبیری توجیه اقتصادی کاربرد آن مطلبی است که به عوامل متعددی چون قیمت تمام شده خرید سامانه PV، روش نصب و بازگشت سرمایه ناشی از صرفه‌جویی در هزینه برق بستگی دارد. اگر PV جایگزین مصالح متداول نما نظیر سنگ و آجر شود در این صورت دیگر نیازی به خرید مصالح مذکور و چسباننده‌های آن مانند سیمان نخواهد بود که این صرفه‌جویی باید در محاسبات توجیه اقتصادی مد نظر باشد. علاوه بر موارد فوق، ارزش افزوده‌ای که به دلیل یکپارچه‌سازی فناوری مذکور و ساختمان بر مبلغ بنا افزوده می‌شود باید مورد توجه واقع شود. بحث توجیه اقتصادی به میزان زیاد تابع قیمت PV و بازده آن است که کاهش اولی و افزایش دومی تاثیر مهمی بر محاسبات آن خواهد گذاشت.[۷]

سیمای مطلوب بنا حاصل درک صحیح از بافت PV به عنوان مصالح و کاربرد دقیق و یکپارچه آن در بدنه بنا است. PV، با رنگ و بافت‌های گوناگونی عرضه شده و می‌تواند تاثیری شبیه به شیشه در اذهان بیننده بیرونی بنا ایجاد کند. در ضمن با توجه به شرایط ساخت می‌تواند علاوه بر براق و صیقلی بودن، نیمه شفاف یا مات بوده و گاه حالت درخشندگی بلورین داشته باشد(شکل ۲). روش‌های اجرای PV در بدنه‌های بنا شباهت زیادی به سطوح شیشه‌ای دارد و می‌توان آن را با اشکال و ابعاد مختلف در بدنه بنا به کار برد و نمایی با شبکه‌بندی متفاوت به وجود آورد.

البته تاثیر PV بر سیمای معماری فقط معطوف به ظاهر آن نبوده، بلکه این فناوری از طریق تاثیر بر فرم بنا ساختار معماری را تغییر می‌دهد. در «بنای یکپارچه با PV» ترکیب حجمی بنا معمولا از احجام افلاطونی بوده و ترکیب‌بندی مجموعه ساده و فاقد پیش‌آمدگی و بیرون‌زدگی‌های فراوان است که به دلیل احتمال سایه‌اندازی بخش‌هایی از بنا بر سطوح PV است. در ضمن برای بهره‌گیری مناسب از نور مستقیم خورشید، کشیدگی بنا شرقی غربی بوده، به دلیل شدت تابش بیش‌تر خورشید بر سطوح افقی وسایه‌اندازی کم‌تر روی آن، در بیش‌تر موارد بام بنا نیز در اشغال صفحات PV است.



شکل ۲. فضای داخلی بنای اداری خورشیدی داکسفرد (Doxford) در انگلستان

اگرچه PV، امکان تولید الکتریسیته از نور غیرمستقیم خورشید را دارا است، ولی به دلیل پایین آمدن بازده آن و کاهش تولید برق در چنین شرایطی از کاربرد آن در فضاهای داخلی و بدنه شمالی بنا که دارای نور غیرمستقیم است، پرهیز می‌شود. ازاین‌رو، کاربرد این فناوری به بدنه خارجی بنا منحصر و برحسب محل نصب آن به سه گروه مختلف تقسیم می‌شود که ممکن است در طرح بنا از یک یا همه موارد استفاده شود:

- سامانه‌های بام‌پوش
- سامانه‌های نماپوش
- سایه‌بان‌ها

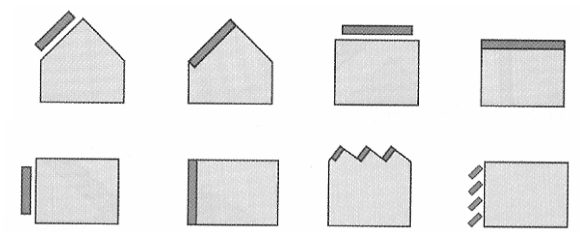
PV در سامانه‌های بام‌پوش می‌تواند بافاصله یا بی‌فاصله از بام مایل یا تخت قرار گیرد(شکل ۳). حالت با فاصله که نوعی بام دوجداره خلق می‌کند، به گونه‌ای است که قطعات PV به عنوان مصالح بام به کار نرفته و فقط نوعی پوشش کاذب روی بام اصلی ایجاد می‌کند. در این حالت به دلیل آن‌که امکان ایجاد جریان باد زیر PV وجود دارد، تهویه و دفع گرمای اضافی از سطح قطعات به خوبی صورت می‌گیرد. در حالت بی‌فاصله ممکن است PV روی بام اصلی قرار گیرد یا خود به عنوان مصالح اصلی تشکیل دهنده بام به کار رود که در هر دوی این موارد تهویه به خوبی صورت نمی‌گیرد.[۷]

اگرچه کاربرد بام تخت یا مایل ارتباط به ویژگی‌های طرح دارد، ولی معمولا شدت تابش خورشید روی سطوح مایل که با افق زاویه‌ای نزدیک به عرض جغرافیایی محل دارد، بیش‌تر است و این سبب می‌شود که برای تولید الکتریسیته بیش‌تر از PV، بام مایل اولویت

www.SID.ir

Archive of SID

داشته باشد. حالت دیگری از سامانه‌های بام‌پوش وجود دارد که به آن دندانه اره‌ای می‌گویند و امکان ایجاد بازشوهایی را روی بام فراهم می‌کند (شکل ۳).



شکل ۳. انواع روش‌های تلفیق یا یکپارچه‌سازی PV و کالبد بنا

سامانه‌های نماپوش نیز مشابه سامانه‌های بام‌پوش به دو گونه بافاصله و بی‌فاصله از نما اجرا می‌شوند و مواردی که در مورد حالت بافاصله و بی‌فاصله از بام بیان شد، در مورد آن‌ها نیز صدق می‌کند(شکل ۳). همان طور که پیش‌تر بیان شد، بهتر است که بدنه‌ها مایل بوده و با زوایای خاصی که بیش‌ترین تابش را دریافت می‌کنند منطبق شوند. این عمل اگرچه برای بام بنا مشکل خاصی فراهم نمی‌کند، ولی عملکرد و حس فضاهای داخلی مجاور دیوارها را به شدت تحت تاثیر قرار می‌دهد و این مهم باید در طرح بنا مورد توجه قرار گیرد. در مجموع به دلیل آن‌که مساحت نما به ویژه در ساختمان‌های بلند از مساحت بام بیش‌تر است، سامانه‌های نماپوش نسبت به انواع بام‌پوش دارای سطوح گسترده‌تری از PV خواهند بود؛ ولی شدت تابش روی آن‌ها به اندازه گونه بام‌پوش نیست.

گاه PV روی سایه‌بان‌های ثابت یا متحرک قرار می‌گیرد و می‌تواند ضمن ممانعت از ورود نور مستقیم به فضای داخلی، الکتریسیته تولید نماید و در سیمای بنا نیز نقش ایفا کند(شکل ۳).

۵. طراحی پایدار

پایداری (sustainablity) برای نخستین بار در سال ۱۹۸۶ توسط کمیته جهانی گسترش محیط‌زیست تحت عنوان (رویارویی با نیازهای عصر حاضر بدون به مخاطره انداختن منابع نسل آینده برای مقابله با نیازهایشان) مطرح شد و هرروز بر ابعاد و دامنه آن افزوده می شود تا راهبردهای مناسبی پیش روی جهانیان قرار گیرد. با کاربرد مفاهیم پایداری و توسعه پایدار در معماری، مبحثی به نام معماری پایدار و طراحی پایدار نیز به ادبیات معماری راه یافت.[۸]

طراحی پایدار روشی است که برای دست‌یابی به پایداری در رشته‌های مختلف مطرح می‌شود و هدف نهایی آن تولید یا خلق محیط، کالا یا خدمات با استفاده از منابع تجدیدپذیر، با کم‌ترین میزان آلایندگی محیط است. طراحی پایدار به خلق نوع جدیدی از محیط و کالاها نظر دارد. محیط و کالاهایی که تامین نیازهای حال انسان بدون لطمه زدن به توانایی نسل‌های آینده در براوردن نیازهای خود، سرلوحه خلق آن است.[۹] طراحی پایدار به فکر پایین آوردن استاندارد زندگی از طریق صرفه‌جویی در مصرف مصالح و انرژی نیست؛ بلکه به مصرف بهینه انرژی و مصالح نظر داشته و با این صرفه‌جویی در هزینه‌ها و مصالح زمینه را برای بالا بردن استاندارد زندگی فراهم می‌کند.

طراحی پایدار در معماری با همکاری متفکرانه معمار با مهندس مکانیک، برق و سازه حاصل می‌شود و دستاورد آن طراحی بنایی است که بتواند بهره‌برداری مناسب از منابع و انرژی به عمل آورده، باعث آلودگی هوا نشده و با محیط پیرامون خود هماهنگی داشته باشد. طراحان پایدار، اهمیت توجه به هر نظری را می‌دانند. همکاری با مهندسین مشاور و متخصصین دیگر در مراحل اولیه طراحی صورت می‌پذیرد. طراحان همچنین به نظرات ساکنین محلی و همسایگان محلی نیز توجه می‌کنند. در این نوع طراحی، علاوه بر عوامل مهم دخیل مانند زیبایی، عملکرد و سازه که باید مد نظر قرار گیرند، گروه طراحی باید به عوامل طولانی‌مدت محیطی، اقتصادی و انسانی توجه نموده و اصول آن را رعایت کند. طراحان پایدار باید به فرهنگ و دین و نژاد مردمی که قرار است برای آن‌ها طراحی کنند، توجه کنند. طراحی پایدار با درک از محیط آغاز می‌شود. اگر طراح به امکانات محیطی که در آن قرار دارد آگاه باشد، می‌تواند از صدمه زدن به آن‌ها جلوگیری کند. درک محیط باعث مشخص شدن راهبردهای طراحی از جمله جهت قرارگیری نسبت به خورشید، چگونگی قرارگیری ساختمان در ساختگاه، حفظ محیط پیرامون و دسترسی سیستم نقلیه و پیاده می‌گردد. درک دقیق محیط پیرامون در هماهنگی سیمای بنا با اطراف تاثیر داشته و باعث پیوستگی میان ساختمان با بافت شهری یا طبیعی می‌شود. [۱۰]

شناخت چرخه‌های موجود در طبیعت مشخص می‌سازد که پسماند یا زباله با ماندگاری طولانی در سامانه‌های طبیعی یافت نمی‌شود و این مطلب باید در چرخه ساخت بنا مد نظر باشد. یک بنا نباید در طول ساخت، بهره‌برداری و تخریب پسماندهایی تولید کند که مدت طولانی در طبیعت باقی مانده، در چرخه‌های طبیعی اختلال ایجاد کند. واضح است که مواد سمی و کشنده نباید در چرخه‌های طبیعی وارد شوند و طراح باید در فرایند ساخت بنا، این مورد مهم را در نظر داشته باشد. بنابراین معماری پایدار ترکیبی چند ارزشی دربر دارد: زیبایی‌شناسی، محیط، اجتماع، سیاست و به عبارتی طراحی و ساختمان‌سازی هماهنگ با محیط. یک معمار باید زیرکانه چند عامل را در نظر بگیرد: مقاومت و پایداری و طول عمر بنا، مصالح مناسب، و مفهوم و کانسپت. تمام اصول معماری پایدار باید در یک فرایند کامل که منجر به ساخته شدن محیط‌زیست سالم می‌شود، تجسم یابد.

۶. روش طراحی پایدار «بنای یکپارچه با PV»

با توجه به این‌که روش طراحی معماری باید پایدار باشد، برای طراحی «بناهای یکپارچه با PV» باید از الگوهای مطرح شده در

www.SID.ir

Archive of SID

طراحی پایدار سود برد. ازاین‌رو با ترکیب روش طراحی پایدار و اهداف «بناهای یکپارچه با PV» می‌توان یک روش طراحی پایدار «بنای یکپارچه با PV» به دست آورد که دارای ارکان و راهبردهایی است.

۶-۱. گروه طراحی

یکی از ارکان روش طراحی پایدار «بنای یکپارچه با PV»، توجه به گروهی بودن امر طراحی از همان مرحله نخست است. در این گروه متخصصان رشته‌های مختلف مرتبط با ساختمان و سامانه PV مانند معماران، مهندسان برق، تاسیسات و سازه حضور دارند.

در این روش معمار به سامانه فتوولتاییک به منزله نوعی ابزار تولید انرژی می‌نگرد که باید ساکنان را از باد، باران و تغییرات دما حفظ کرده، امنیت آن‌ها را برقرار نموده و نور خورشید را به درون فضا هدایت نماید.[۵] از دیدگاه مهندس عمران سامانه PV دارای بار ویژه‌ای است که باید سازه نگهدارنده‌ای برای آن در نظر داشت. از دیدگاه مهندس تاسیسات، این سامانه نوعی سامانه الکتریکی است که نیاز به طراحی، مشخصات فنی و در پاره‌ای از موارد نیاز به دستگاه کنترل و بازبینی دارد. همان طور که مشخص است، یکپارچه‌سازی یک فرایند چندرشته‌ای بوده و همکاری مهندس معمار، عمران و تاسیسات را طلب می‌کند[۱۱].

در این دیدگاه، معماری موفق نتیجه یک کار گروهی ارزشمند و همبسته است. برای نیل به چنین مقصودی باید شرایط زیر مهیا شود:

- هر متخصص باید مدت زمانی را صرف شنیدن آرای دیگران نماید.
- برخورد و تبادل افکار در کار گروهی باید رودررو باشد.
- احترام و اعتماد به تخصص دیگران در کار گروهی و معماری لازم است.
- هر پیش‌داوری راجع به طرح و نتیجه آن باید به چالش کشیده شود.
- تمام افراد مشارکت کننده در گروه طراحی نسبت به نتیجه کار مسوول هستند و هر متخصص فقط مسوول تخصص خود نیست.

۶-۲. راهبرد انرژی

تاکید بر مشخص بودن راهبرد انرژی در فرایند طراحی «بناهای یکپارچه با PV» یکی از ارکان طراحی پایدار است. باید برای هر بنا در مرحله آغازین طراحی، راهبرد انرژی در نظر گرفت. زیرا تقاضای انرژی برای یک بنا با توجه به عملکرد آن و تعداد ساکنان مجموعه قابل محاسبه و بررسی بوده و می توان در ابتدای طراحی میزان آن را به دست آورد. این راهبرد بر شکل بنا و جهت‌گیری آن تاثیر خواهد داشت. با گذشت زمان و سپری شدن مراحل مختلف طراحی می‌توان انتظار داشت که تغییراتی جزیی در براورد اولیه انرژی حاصل شود. ولی اگر راهبرد انرژی بنا با دقت انتخاب شده باشد، این تغییرات تاثیر اندکی خواهند داشت.

در تعیین راهبرد انرژی بنا یا تخمین نیاز انرژی نمی‌توان از پیش‌بینی‌های تجربی سود برد؛ زیرا امکان دارد که نتیجه با آن‌چه بهینه است، تفاوت بسیار داشته باشد. برای این منظور باید حتما از دانش و بینش علمی بهره برد و تصمیمات خردورز گرفت.

مشخص کردن راهبرد انرژی متضمن رعایت موارد زیر است:[۳]

- بازنگری فعالیت‌های انجام گیرنده در بنا و تعیین فعالیت‌هایی که ممکن است در آینده انجام پذیرد.
- تعیین الگوهای مصرف روزانه و فصلی
- تعیین حد و حدود کاربرد سامانه‌های ایستا در طراحی بنا
- مشخص کردن منابع انرژی تجدیدپذیر محلی
- تشخیص هزینه تامین انرژی برق
- تشخیص مصرف انرژی بنا(با فرض میزان مشخص کاربرد سامانه‌های ایستا) و شناخت گونه‌های مختلف مصرف انرژی(گرمایش، سرمایش، روشنایی و مصارف اتفاقی)
- وضع یک حد نهایی برای مصرف انرژی برپایه محاسبات گونه‌های مختلف مصرف انرژی
- تعیین مقدار انرژی از کل مصرف که سامانه فتوولتاییک قادر به تولید آن است. مقدار انرژی به دست آمده به عواملی چون سطح زیر پوشش سامانه، جهت‌گیری بنا، سایه‌اندازی بناها و درختان و نیازهای معمارانه بستگی دارد.
- تعیین میزان سرمایه اولیه بنا یکپارچه با سامانه فتوولتاییک در قیاس با بنا به شکل متداول و مشخص کردن زمان بازگشت سرمایه و هزینه‌های جاری بنا.
- تخمین صرفه‌جویی‌های احتمالی به عمل آمده در هزینه انرژی و کارکرد بنا نسبت به بنا معمولی یکی دیگر از نکات مهم در این مرحله است. به علاوه، ارزش افزوده‌ای که سامانه فتوولتاییک به ارمغان می‌آورد نیز مهم بوده و باید مدنظر قرار گیرد.

۶-۳. طراحی کل‌نگر

سامانه PV به عنوان جزیی از معماری که می‌تواند مانند پوششی بخشی از کالبد بنا را فرا گرفته و در ضمن الکتریسیته نیز تولید کند، باید در فرایند طراحی معماری حضور داشته و در جریان شکل دادن کلیت بنا تاثیر آن مورد بررسی قرار گیرد. چه در غیر این صورت نمی‌توان از طریق الحاق آن به بنا در مراحل بعدی ساخت به آن کلیتی که مد نظر طراح بوده، دست یافت و امکان بروز مشکل در سیمای معماری وجود خواهد داشت. در ضمن ممکن است هدف اصلی حضور سامانه PV در بنا که تولید الکتریسیته است نیز، تامین نشود.

اگر سامانه فتوولتاییک تمام و کمال با بنا ترکیب شود مواردی در این فرایند اهمیت ویژه‌ای دارند و این موارد به شرح زیر است:

www.SID.ir

Archive of SID

جانمایی و جهت‌گیری بنا، فرم و توده بنا، بررسی جانمایی و ارتفاع بناها ودرختان اطراف، راهبرد انرژی بنا، سازه بنا، گزینش و نصب سایر سامانه‌ها و مصالح و اجزای بنا، میزان سرمایه و هزینه‌های جاری، جزییات ساخت و یکپارچه‌سازی، سیما و نمود معماری، آگاهی دادن به مالکان و یا ساکنان بنا درباره روش کاربرد سامانه PV[۳].

۶-۴. سیمای بنا

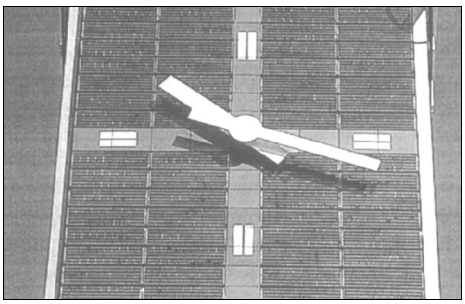
توجه به سیمای معماری در طول زمان‌های دراز همیشه مدنظر بوده و کاربرد فناوری PV می‌تواند در همین چارچوب، سیمای جدید و ویژه برای بنا ایجاد کرده و سبب جذابیت شود. در طراحی «بناهای یکپارچه با PV» باید به سیمای بنا و وجهه سامانه PV توجهی خاص مبذول داشت تا بتوان جذابیت این فناوری را بیش از پیش به نمایش گذاشت.

PVها با آن‌که برای تولید انرژی طراحی شده‌اند، ولی کاربردهای دیگری هم دارند که می‌تواند بر سیمای بنا موثر بوده و نیازهای معینی را نیز بر طرف کنند. حاصل پژوهش‌های عملی در یکپارچه‌سازی سامانه PV و بدنه بنا در مقالات منتشر می‌شود و می‌تواند راه‌کارهایی ابتکاری و نوآورانه باشد. یکپارچه‌سازی سامانه PV با سایه‌بان و بادگیر که نقش پرهیز از نور خورشید و تهویه را در بنا ایفا می‌کنند، می‌تواند کارا باشد. این عناصر پس از قرار گیری در بنا در طراحی فرم و نما نقش داشته و معماری موفق باید بتواند با استفاده از آن‌ها ضمن رعایت اصول ترکیب‌بندی حجمی و زیبایی‌شناسی در بنا جنبه‌های دیداری معماری را در نظر داشته باشد.[۱۲]

درخشندگی و براق بودن PV و در عین حال امکان کدر بودن آن‌ها احتمال خلق نما یا دیدهایی نوین را فراهم می‌نماید. یکی از دلایلی که در گذشته سامانه فتوولتاییک را روی بام تخت یا شیب‌دار قرار می‌دادند، ناتوانی طراح در هماهنگ نمودن PV با سایر عناصر نمای بنا بوده است. یکی از جنبه‌های مثبت PV همانا سیمای آن‌ها است که بیانگر نوعی معماری مبتنی بر فناوری بوده و نمایانگر نوعی توجه و علاقه عمومی در کاستن آلودگی زیست‌محیطی می‌باشد. به عبارت دیگر، قابلیت‌ها و توانایی‌های PV در آفرینش سیمای بناها هنوز به خوبی معرفی و شناخته نشده است. می‌توان گفت که جامعه معماری نیازمند معمارانی است تا با کاربرد این عناصر در بدنه معماری زمینه را برای شناخت و استفاده این اشیا فراهم آورد.[۱۰]

در چند ساله اخیر پروژه‌های چندی با توجهات معمارانه و زیبایی‌شناسانه ویژه‌ای نمود خاصی به سیمای معماری «بناهای یکپارچه با PV» بخشیده است. این بناها گرچه جزیی از بناهای زیست‌اقلیمی تلقی می‌شوند ولی سیمای آن‌ها با آن‌چه تاکنون به عنوان معماری اقلیمی یا زیست‌اقلیمی در بناهای سنتی یا مدرن دیده می‌شد، متفاوت است[۱۲] .

توجه صرف به سیمای PV و رویکرد فرمال به آن سبب می‌شود تا گاه دلیل وجودی آن‌ها در بنا مورد تردید واقع شود. شکل ۴ نمایی را نشان می‌دهد که در آن از PV استفاده شده ولی عقربه‌های ساعت موجود در نما روی آن‌ها سایه انداخته و باعث کاهش تولید الکتریسیته می‌شود. برای پرهیز از چنین ناسازگاری‌هایی میان اجزای مختلف بنا باید نیازها و محدودیت‌های انواع روش‌ها و فناوری‌ها را شناخت و در ایده اولیه طرح آن‌ها را لحاظ کرد.



شکل ۴. جزییات نمای کلیسا در استکبرن (Steckborn) سویس

۶-۵. اقتصاد بنا

صنعت PV اکنون در جایگاهی است که می‌توان از آن در بازه زمانی مشخصی برای طراحی و ساخت یک بنا سود جست و نظر کارفرما را تامین کرد. آن‌چه که هنوز در مقیاس بازرگانی و تجاری مانع کاربرد آن‌ها می‌شود، قیمت تمام شده سامانه است که در وهله نخست نیاز به سرمایه‌گذاری بالایی دارد. ازاین‌رو، یکی از اقدامات مهمی که گروه طراحی موظف به انجام آن است، ایجاد فضای مناسب برای سرمایه‌گذاری افراد در این بخش و تشویق آنان به احداث چنین بناهایی است.

همان طور که پیش‌تر ذکر شد، یکی از اهدف طراحی«بنای یکپارچه با PV» صرفه‌جویی در مصرف انرژی است. این صرفه‌جویی، در هزینه‌های مصرف برق و مصالح کالبد بنا که PVها جایگزین آن شده‌اند نیز به دست می‌آید. در طراحی چنین بناهایی توجه به هزینه‌های صرفه جویی شده در کوتاه و بلند مدت باید با دقت مطلوبی و در ابتدای طراحی انجام شود. اگر این بررسی انجام نشود ممکن است هدف ساخت چنین بناهایی زیر سوال رود. ازاین‌رو، محاسبه دقیق هزینه‌های پرداخت شده برای خرید و نصب سامانه PV انجام شده و صرفه‌جویی‌هایی که در مصالح به عمل آمده و مبلغی که در بلندمدت در خرید برق از شبکه صرفه‌جویی می‌شود، در بررسی‌ها لحاظ شود. ارزش افزوده بنا پس از نصب PV و الکتریسیته مازادی که ممکن است در طول سال به شبکه برق فروخته شود نیز می‌تواند در این محاسبات منظور شود. در هر صورت باید توجه داشت که این صرفه‌جویی‌ها به مالکان یا کارفرما

www.SID.ir

Archive of SID

تفهیم شده و شرایط تحقق این صرفه‌جویی بلندمدت تشریح گردد [۱۲].

۶-۶. چندمنظوره بودن سامانه PV

سامانه PV برای تولید الکتریسیته است ولی باید به گونه‌ای از آن استفاده کرد که بتوان سایر نیازهایی که از کالبد بنا انتظار می‌رود را براورده سازد. یعنی مواردی مانند عایق‌کاری، ظرفیت حرارتی، نفوذپذیری، نور طبیعی، کنترل نوفه و امنیت که در طراحی پوسته خارجی بنا دارای اهمیت هستند، باید در بنایی که با سامانه PV به صورت یکپارچه طراحی شده، مد نظر قرار گیرند. به عنوان مثال، در طراحی نمای یک بنای یکپارچه با PV، گرچه مهم‌ترین هدف تامین بیش‌ترین میزان تولید الکتریسیته است و باید تمامی سطح نما مورد استفاده مدول‌های PV قرار گیرد؛ ولی فراهم نمودن نور طبیعی به میزان لازم امری است که نمی‌توان از آن به سادگی گذشت. زیرا در صورت تامین ناکافی نور طبیعی، علاوه بر احساس روانی نامناسب فضای داخلی، نیاز به کاربرد نور مصنوعی بیش‌تر شده و باعث بالا رفتن مصرف برق خواهد شد. برای حل این مشکل، می‌توان مدول‌های PV را به صورت نیمه‌شفاف طراحی کرد یا PVها را با فاصله بیش‌تری نسبت به یکدیگر قرار داد تا نور وارد فضا شود یا با کاربرد پرتو لیزر روی مدول‌ها نقش ایجاد کرد که از آن نقش‌ها امکان ورود نور به داخل فراهم شود.[۱۳]

گرمایی که بر اثر تابش خورشید در PVها ایجاد می‌شود بازده آن‌ها را پایین می‌آورد و باید پراکنده شود.[۱۴] در چنین مواردی طراح نیازمند طراحی ظریف و خلاقانه‌ای است که بتواند این مشکل را حل کند. گاه می‌توان این گرما را برای گرمایش در فصل سرد به فضای داخل منتقل کرد یا به کمک آن کوران ایجاد کرد و باعث سرمایش فضای داخل در فصل گرم شد. عبور لوله‌های آب یا هوا از پشت PVها می‌تواند ضمن دور کردن گرما از سامانه آب یا هوای گرم مورد نیاز بنا را تامین کرد.[۱۵]

۷. نتیجه گیری

معماری باید پایدار باشد و برای نیل به پایداری از روش طراحی پایدار سود می‌برد. «بنای یکپارچه با PV» نیز نباید از این امر مستثنی بوده و باید مطابق روش مذکور طراحی شود. کاربرد روش طراحی پایدار سبب می‌شود تا کاربرد PV در بنا الحاقی نبوده و این فناوری به صورت یکپارچه با کالبد و فرم بنا به کار رود که حاصل جامع‌نگری به مقوله طراحی است. با به کار گیری روش پایدار طراحی بناهای مذکور می‌توان از PV به عنوان مصالح برای شکل دادن به پیکره بنا سود جست و این مصالح جدید در جریان تولید خود آلودگی بسیار اندکی تولید کرده و قابل بازیافت هستند. چون غالبا ماده تشکیل دهنده PV سیلیکون است و این ماده به وفور در طبیعت یافت می‌شود، در صورت تخریب PV این سیلیکون دوباره به طبیعت باز می‌گردد. با کاربرد روش پایدار می‌توان فناوری PV را به گونه‌ای در بنا به کار برد تا اثرات آن بر طرح، به طور کامل در اراده طراح بوده و اجزا و عناصر دیگر نیز در کارکرد آن تاثیر منفی نداشته باشند. در این روش طراح مجال رعایت موارد زیبایی‌شناسی را داشته، بنایی خلق می‌شود تا علاوه بر سیمای مناسب، در عرصه‌های محیطی نیز نوعی ظاهر و نمود منحصر به فرد داشته باشد. این مطلب سبب می‌شود تا در عرصه‌های اجتماعی و میان مردم نیز کاربرد انرژی‌های تجدیدپذیر مطرح شده و صاحبان بناهای مذکور سهم کم‌تری در آلودگی محیط‌زیست داشته باشند که نمود مطلوبی میان سایرین دارد. بررسی دقیق میزان تولید و مصرف انرژی در مراحل نخستین کار سبب می‌شود تا علاوه بر آگاهی دقیق از هزینه‌های آتی انرژی مصرفی، نوعی احساس اطمینان از دوراندیشی طراح در ذهن خریداران یا کارفرما ایجاد شود و این در تعامل میان افراد بسیار موثر است. در این روش طراحی، تفکر میان‌رشته‌ای میان مردم و متخصصان رواج یافته و مشخص می‌شود که حتا طراحی بنا نیز باید مقوله‌ای میان‌رشته‌ای تلقی شده و نمی‌تواند در انحصار تخصصی خاص باشد. در حوزه اقتصادی نیز علاوه بر سودآور بودن طراحی و بهره‌برداری«بنای یکپارچه با PV»، برای صاحبان ساختمان نیز در مواقعی که تولید برق از سامانه بیش‌تر از مصرف آن باشد، نوعی سودآوری ایجاد خواهد کرد. زیرا در این صورت مازاد برق را می‌توان به شبکه برق فروخت. از سوی دیگر، ارزش‌افزوده‌ای که بر یک «بنای یکپارچه با PV» تعلق می‌گیرد نیز برای مالکان بنا حایز اهمیت خواهد بود. در نهایت می‌توان گفت که «بنای یکپارچه با PV»، در آینده‌ای نه چندان دور یکی از گزینه‌های اصلی در بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر خواهد بود.

مراجع

[1] Hagemann, I., "*PV IN Building-The Influence of PV ON The Design And Planning Process of A Building*", Proceedings of World Renewable Energy Congress (WREN), Denver, USA, 1996, pp. 467-470.

[2] *http://www.suna.org.ir*/newprojects.asp, 09/01/2008, 17:50.

[3] Prasad, D., Snow, M., *Designing with Solar Power*, London, Earthscan, UK, 2005 p 20, 15 &11.

[4] O'Neill, P.C.G., *The Introduction of Photovoltaics in The Design Process*, University of Sheffield, School of Architecture, UK, 2001, pp. 65-68.

[5] Abro, R.S., *Photovoltaic Powered Enhanced Ventilation for Buildings in Hot Climates*, University of Sheffield, School of Architectural Studies, UK, 1999, pp. 52-54 & p 42.

[6] Jong-Jin, K., "*Introduction to Sustainable Design*", Michigan, National Pollution Prevention Center for Higher Education, USA, 1998.

www.SID.ir

Archive of SID

[7] Sick, F., Erge, T., *Photovoltaics in Building*, London, James & James, UK, 1996, pp. 21-23.

[8]*http://archnoise.com*/Articles/No5/sustainable%20architecture.htm,04/02/2009, 14:25.

[9] Van Der Ryn, S., Cowan, S., *Ecological Design*, Washington DC, Island Press, USA, 1995, pp. 22-24.

[10] Gyoh, L.E., *Design-Management and Planning for Photovoltaic Cladding Systems within The UK Construction Industry: An Optimal and Systematic Approach to Procurement and Installation of Building Integrated Photovoltaic - An Agenda for The 21st Century*, Vol.1, University of Sheffield, School of Architecture, UK, 2000, pp. 80-85, p 40.

[11] Thomas, R., Fordham, M., *Photovoltaics and Architecture*, London, Spon Press, UK, 2001, pp. 20-30.

[12] Yang, H., Zheng, G., et all., "*Grid-Connected Building Integrated Photovoltaics: A Hong Kong Case Study*", Solar energy, 76, 2004, pp58-68.

[13] Bouzid, A., *The evaluation of integrating photovoltaics into the buildings of Southern Algeria*, University of Sheffield, School of Architecture, UK, 2004, pp. 46-50.

[14] Omer, S.A., Wilson, R., et all., "*Monitoring Results of Two Examples of Building Integrated PV (Bipv) Systems in The UK*", Renewable energy, 28, 2003, pp1390-1391.

[15] Mann, S., Harris, I., et all., "*The Development of Urban Renewable Energy at the Existential Technology Research Centre (ETRC) in Toronto, Canada*", Renewable and sustainable energy reviews, 10, 2006, pp. 576-577.

www.SID.ir