

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

معماری پایدار

مبانی نظری و پوسته‌های هوشمند



انتشارات
جهاد دانشگاهی
قزوین

عنوان و نام پدیدآور: معماری پایدار؛ مبانی نظری و پوسته‌های هوشمند / مؤلفان: علی نجفی... [و دیگران].
مشخصات نشر: قزوین: جهاد دانشگاهی، سازمان انتشارات، واحد قزوین، ۱۳۹۹.

مشخصات ظاهری: ۲۲۶ ص.؛ مصور، جدول، نمودار؛ ۲۱/۵×۱۴/۵ س.م.
شابک: ۵-۶۶۴۷۸۸-۶۶۲۲-۹۷۸

وضعیت فهرست نویسی: فیپا
یادداشت: مؤلفان علی نجفی، پیمان پیله‌چی‌ها، محمد مهدی مولایی، سمیه ورزنده.
یادداشت: کتابنامه.

موضوع: معماری پایدار

Sustainable architecture: موضوع

موضوع: ساختمان‌های هوشمند

Intelligent buildings: موضوع

موضوع: معماری -- جنبه‌های زیست محیطی

Architecture -- Environmental aspects: موضوع

موضوع: معماری -- عوامل اقلیمی

Architecture and climate: موضوع

موضوع: انرژی‌های پایان‌ناپذیر

Renewable energy sources: موضوع

شناسه افزوده: نجفی، علی، ۱۳۶۲-

شناسه افزوده: جهاد دانشگاهی. سازمان انتشارات. واحد قزوین

شناسه افزوده: Press Organization Jahade Daneshgahi Ghazvin Branch

رده بندی کنگره: NA۲۵۴۲/۳۶

رده بندی دیویی: ۷۲۰/۴۷

شماره کتابشناسی ملی: ۷۴۳۰۹۴۸

وضعیت رکورد: فیپا

عنوان: معماری پایدار مبانی نظری و پوسته‌های هوشمند
مؤلفان: علی نجفی، پیمان پیله‌چی‌ها، محمد مهدی مولایی، سمیه ورزنده
شابک: ۵-۸۸-۶۶۴۷-۶۶۲۲-۹۷۸
چاپ: نوبت اول - ۱۳۹۹
شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه
بهاء: ۶۰۰۰۰۰ ریال

مصوبه شورای شعبه انتشارات جهاد دانشگاهی قزوین

ناشر: انتشارات جهاد دانشگاهی قزوین

کلیه حقوق محفوظ است ©

معماری پایدار

مبانی نظری و پوسته‌های هوشمند

مؤلفان:

علی نجفی

کارشناس ارشد معماری

پیمان پیله‌چی‌ها

دکتری معماری

محمد مهدی مولایی

دکتری معماری

سمیه ورزنده

کارشناس ارشد معماری

۱-۱-۱- فهرست

- ۱-۱- پیشگفتار..... ۱
- ۲-۱- مقدمه..... ۶
- ۳-۱- انرژی‌های تجدیدناپذیر..... ۸
- ۱-۳-۱- محدودیت منابع سوخت‌های فسیلی..... ۸
- ۲-۳-۱- خطرات زیست‌محیطی..... ۸
- ۱-۲-۳-۱- گرم شدن زمین (اثر گلخانه‌ای)..... ۸
- ۲-۲-۳-۱- آلودگی هوا و باران‌های اسیدی..... ۸
- ۴-۱- انرژی‌های تجدیدپذیر..... ۹
- ۱-۴-۱- انرژی خورشید..... ۹
- ۲-۴-۱- چگونگی استفاده از انرژی خورشیدی..... ۹
- ۳-۴-۱- مزایای استفاده از انرژی خورشید..... ۱۰
- ۴-۴-۱- انرژی باد..... ۱۰
- ۵-۴-۱- انرژی آب..... ۱۱
- ۱-۵-۴-۱- انرژی امواج دریاها و اقیانوس‌ها..... ۱۱

- ۱۱-۴-۵-۲- انرژی زمین گرمایی.....
- ۱۲-۴-۶-۱- انرژی بیومس.....
- ۱۲-۴-۷-۱- انرژی هیدروژن.....
- ۱۲-۵-۱- تولید انرژی های تجدیدپذیر.....
- ۱۲-۵-۱- تولید جهانی انرژی از منابع تجدیدپذیر.....
- ۱۳-۵-۲- تولید انرژی های تجدیدپذیر در ایران.....
- ۱۳-۵-۳- برنامه ریزی انرژی در بخش ساختمان.....
- ۱۴-۶-۱- طراحی اقلیمی.....
- ۱۴-۶-۱- اصول اجرایی طراحی اقلیمی.....
- ۱۴-۶-۱- تابش.....
- ۱۵-۶-۱- جهت قرارگیری مناسب ساختمان.....
- ۱۸-۶-۱- سایه اندازی.....
- ۱۹-۶-۱- باد.....
- ۲۰-۶-۱- مصالح.....
- ۲۱-۶-۱-۵- ظرفیت گرمایی.....
- ۲۱-۶-۱-۶- ظرفیت گرمایی ویژه.....
- ۲۱-۶-۱-۷- مقاومت حرارتی.....
- ۲۱-۶-۱-۸- ارتفاع.....
- ۲۲-۶-۱-۹- فرم ابنیه.....
- ۲۴-۶-۱- سامانه خورشیدی غیرفعال.....
- ۲۴-۶-۱-۲- روش دریافت مستقیم.....
- ۲۴-۶-۱-۲- روش دریافت غیرمستقیم.....
- ۲۵-۶-۱-۲- محاسن و معایب دستگاه های خورشیدی غیرفعال.....
- ۲۶-۶-۱-۳- سامانه خورشیدی فعال.....

- ۱-۳-۶-۱- سیستم فتوولتائیک ۲۶
- ۷-۱- مروری بر پژوهش‌های انجام گرفته در زمینه طراحی‌های انرژی-کارا در ساختمان ۲۶
- ۱-۷-۱- تأثیر شکل بر بهینه‌سازی انرژی ساختمان‌ها ۲۸
- ۱-۱-۷-۱- فشردگی ۲۹
- ۲-۱-۷-۱- فاکتور شکل ۳۰
- ۳-۱-۷-۱- بهینه‌سازی شکل و آب‌وهوا ۳۱
- ۴-۱-۷-۱- ارزش چرخه زندگی و شکل ساختمان ۳۱
- ۲-۷-۱- جهت‌گیری ۳۳
- ۱-۲-۷-۱- جهت‌گیری و تابش دریافتی ۳۴
- ۲-۲-۷-۱- جهت‌گیری و شکل ۳۶
- ۳-۲-۷-۱- جهت‌گیری و نقشه زمین ۳۷
- ۴-۲-۷-۱- جهت‌گیری ساختمان و مصرف ۳۸
- ۳-۷-۱- تأثیر پوشش ساختمان در مصرف انرژی ۳۹
- ۱-۳-۷-۱- فرمول‌های انتقال حرارت بهینه‌سازی مقدار U-Value ۴۰
- ۲-۳-۷-۱- عایق بندی ساختمان و تحلیل‌های اقتصادی ۴۱
- ۳-۳-۷-۱- مطالعه محیطی پوشش ساختمان ۴۵
- ۴-۷-۱- سایه بان در ساختمان‌ها ۴۷
- ۱-۴-۷-۱- ضریب سایه‌اندازی ۴۷
- ۲-۴-۷-۱- اثربخشی تجهیزات سایه‌اندازی ۴۸
- ۳-۴-۷-۱- مزایای انرژی سایه‌اندازی در آب‌وهوای گرم ۴۹
- ۴-۴-۷-۱- مزایای سایه‌اندازی در آب‌وهوای سرد ۵۳
- ۱-۴-۴-۷-۱- سایه‌اندازی ساختمان‌های مجاور ۵۳
- ۵-۷-۱- سیستم‌های غیرفعال ۵۶
- ۱-۵-۷-۱- سرمایه‌گذاری غیرفعال ۵۷

- ۵۸ تهویه طبیعی ۱-۱-۵-۷-۱
- ۵۹ سرمایش همرفتی شبانه ۲-۱-۵-۷-۱
- ۵۹ سرمایش تابشی ۳-۱-۵-۷-۱
- ۵۹ سرمایش تبخیری ۴-۱-۵-۷-۱
- ۶۱ سرمایش زمین - سرمایی ۵-۱-۵-۷-۱
- ۶۱ گرمایش غیرفعال ۲-۵-۷-۱
- ۶۲ دیوار ترموب ۱-۲-۵-۷-۱
- ۶۳ دودکش خورشیدی ۲-۲-۵-۷-۱
- ۶۴ نمای خورشیدی غیرشفاف ۳-۲-۵-۷-۱
- ۶۴ شیشه‌های روکش دار ۶-۷-۱
- ۶۵ آسایش حرارتی و روشنایی داخلی ۱-۶-۷-۱
- ۶۵ انواع شیشه پنجره ۲-۶-۷-۱
- ۶۶ شیشه باروکش فیلم ۳-۶-۷-۱
- ۶۷ شیشه‌های موج ۴-۶-۷-۱
- ۶۸ شیشه‌ای که طیف انتخاب را فراهم می‌کند ۵-۶-۷-۱
- ۶۸ راهکارهای ساخت ۶-۶-۷-۱
- ۶۸ چرخش شیشه نسبت به ساختمان ۱-۶-۶-۷-۱
- ۶۹ شیشه دوجداره ۲-۶-۶-۷-۱
- ۷۰ سیستم‌های پیشرفته روشنایی روز ۳-۶-۶-۷-۱
- ۷۰-۷-۱ نتیجه‌گیری از پژوهش‌های انجام گرفته بر روی طراحی‌های انرژی-کارا در ساختمان ۷۰-۷-۱
- ۷۲ آسایش حرارتی و آسایش بصری ۸-۱
- ۷۲ آسایش حرارتی ۱-۸-۱
- ۷۴ استانداردهای آسایش حرارتی ۲-۸-۱
- ۷۵ تعریف آسایش حرارتی ۳-۸-۱

- ۷۵..... ۴-۸-۱- مدل‌های آسایش حرارتی
- ۷۶..... ۱-۴-۸-۱- رویکرد تعادل حرارتی
- ۷۷..... ۲-۴-۸-۱- رویکرد دوم (تطبیقی)
- ۷۸..... ۵-۸-۱- شاخص اقلیم حرارت جهانی (UTCI)
- ۸۰..... ۱-۵-۸-۱- نظریه فانگر
- ۸۰..... ۲-۵-۸-۱- نظریه گاج
- ۸۱..... ۳-۵-۸-۱- نظریه هممفریز
- ۸۲..... ۶-۸-۱- آسایش بصری
- ۸۶..... ۹-۱- پیش‌درآمدی بر معماری دیجیتال
- ۸۷..... ۱-۹-۱- معرفی معماری سازگار با محیط
- ۸۸..... ۲-۹-۱- کارایی در معماری
- ۸۹..... ۳-۹-۱- معماری دیجیتال
- ۹۱..... ۴-۹-۱- CAD/CAM/BIM
- ۹۲..... ۵-۹-۱- معماری کارا و رایانه‌ای
- ۹۳..... ۶-۹-۱- معرفی انواع معماری دیجیتال
- ۹۳..... ۱-۶-۹-۱- الگوریتم
- ۹۶..... ۲-۶-۹-۱- طراحی الگوریتمیک
- ۹۹..... ۳-۶-۹-۱- معماری الگوریتمیک
- ۱۰۱..... ۴-۶-۹-۱- معماری پارامتریک
- ۱۰۲..... ۱-۴-۶-۹-۱- عناصر طراحی پارامتریک
- ۱۰۲..... ۲-۴-۶-۹-۱- مقادیر متغیر
- ۱۰۲..... ۳-۴-۶-۹-۱- محدودیت‌ها (قیدها)
- ۱۰۳..... ۴-۴-۶-۹-۱- ابزارهای پارامتریک
- ۱۰۳..... ۵-۴-۶-۹-۱- کاربردهای الگوریتم‌ها در معماری

- ۱۰۵-۱-۱۰- بهینه‌سازی ۱۰۵
- ۱۰۶-۱-۱۰-۱- بهینه‌سازی اقلیمی ۱۰۶
- ۱۰۷-۲-۱۰-۱- بهینه‌سازی سازه‌ای ۱۰۷
- ۱۰۷-۳-۱۰-۱- آنالیزهای رفتاری ۱۰۷
- ۱۰۸-۱۱-۱- الگوریتم‌ها و منطق‌های کاربردی در معماری ۱۰۸
- ۱۰۸-۱-۱۱-۱- الگوریتم‌های زایا ۱۰۸
- ۱۰۹-۲-۱۱-۱- الگوریتم‌های بهینه‌سازی تعاملی ۱۰۹
- ۱۱۰-۳-۱۱-۱- الگوریتم‌های تکاملی ۱۱۰
- ۱۱۱-۴-۱۱-۱- الگوریتم‌های ژنتیک ۱۱۱
- ۱۱۲-۱۲-۱- پوسته ساختمان ۱۱۲
- ۱۱۳-۱-۱۲-۱- سیر تکوینی توقعات از نما ۱۱۳
- ۱۱۴-۲-۱۲-۱- نما به عنوان محافظ ۱۱۴
- ۱۱۴-۳-۱۲-۱- نما به عنوان رابط ۱۱۴
- ۱۱۴-۴-۱۲-۱- نما به عنوان یک معرف ۱۱۴
- ۱۱۵-۵-۱۲-۱- نما به عنوان جزئی از یک کل ۱۱۵
- ۱۱۵-۶-۱۲-۱- نمای متحرک در ساختمان ۱۱۵
- ۱۱۷-۱۳-۱- پوسته‌های هوشمند ۱۱۷
- ۱۲۰-۱-۱۳-۱- مروری بر سیستم‌های سایه‌انداز خورشیدی ۱۲۰
- ۱۲۳-۲-۱۳-۱- دسته‌بندی پوسته‌های هوشمند ۱۲۳
- ۱۲۵-۱-۲-۱۳-۱- پوسته‌های هوشمند غیرفعال ۱۲۵
- ۱۲۵-۱-۲-۱۳-۱- پوسته‌های هوشمند غیرفعال ثابت ۱۲۵
- ۱۴۰-۲-۱-۲-۱۳-۱- پوسته‌های سایه‌انداز غیرفعال متحرک با قابلیت تنظیم دستی ۱۴۰
- ۱۴۲-۱-۲-۱-۲-۱۳-۱- مدل‌های طراحی متعارف ۱۴۲
- ۱۴۵-۲-۲-۱۳-۱- پوسته‌های هوشمند فعال (مکانیکی) ۱۴۵

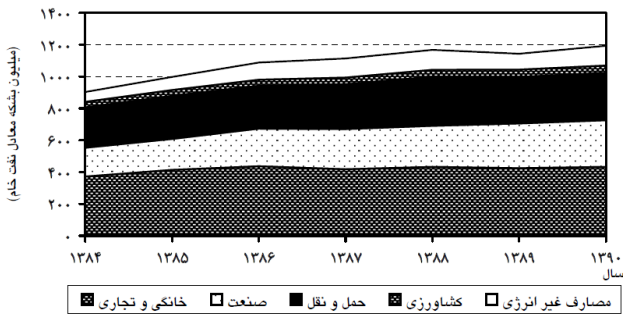
- ۱۴۵..... ۱-۲-۲-۱۳-۱ سیستم‌های مکانیکال با کنترل دستی
- ۱۴۷..... ۲-۲-۲-۱۳-۱ سیستم‌های سایه‌انداز کنترل خودکار دینامیک
- ۱۶۲..... ۳-۲-۱۳-۱ سیستم‌های سایه‌اندازی هایپرید
- ۱۶۳..... ۱-۳-۲-۱۳-۱ مکانیزم کنترل درونی
- ۱۶۶..... ۲-۳-۲-۱۳-۱ مکانیزم کنترل خارجی
- ۱۸۲..... ۱۴-۱ جمع‌بندی
- ۱۸۵..... منابع و مآخذ

۱-۱- پیشگفتار

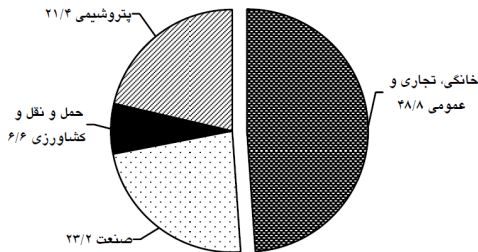
افزایش جمعیت، محدودیت منابع انرژی تجدیدناپذیر و همچنین هزینه‌های بالای این دسته از انرژی‌ها که خود عامل آلودگی‌های زیست‌محیطی هستند، محققان را به این واداشته که در پی جایگزین نمودن انرژی‌های تجدیدناپذیر با منابع انرژی پایان‌ناپذیر، پاک و کم‌هزینه باشند. با توجه به محدود بودن منابع انرژی زیرزمینی، نسل حاضر وظیفه دارد منابعی را جایگزین منابع تجدیدناپذیر نماید که دارای عمر و توان بالا بوده و کمترین آسیب را به محیط‌زیست وارد کنند (ثقفی و همکاران، ۱۳۸۹).

طی چهل سال گذشته دو رویداد جهانی، بحران آلودگی محیط و ضرورت استفاده بهتر از انرژی را به جوامع بشری هشدار داد. اولین رویداد، تحریم نفتی بود که در سال ۱۹۷۳ در پی کمبود پرکاربردترین منبع انرژی یعنی نفت به وقوع پیوست. دومین رویداد نیز هشدار جهانی در رابطه با تخریب لایه اوزون بود. «پروتکل کیوتو» در سال ۱۹۷۷ توافق‌نامه‌ای را ارائه کرد که به واسطه آن کشورهای صنعتی موظف شدند، انتشار آلودگی را در جو زمین کاهش دهند و رویکرد انرژی-کارایی را در بخش‌های اقتصادی خود به‌کارگیرند و دامنه تحقیقات در زمینه کاربرد انرژی‌های تجدیدپذیر را افزایش دهند (Altavila et al, 2004).

با توجه به اطلاعات منتشرشده در ترازنامه انرژی، در سال ۱۳۹۰ در کشور ما بیشترین میزان مصرف انرژی به ترتیب مربوط به بخش‌های خانگی، تجاری، حمل‌ونقل، صنعت و کشاورزی است. به زبان ساده، این آمارها حاکی از آن است که بیشترین سهم مصرف انرژی در کشور ما به بخش خانگی و تجاری اختصاص یافته که این بخش‌ها در کشورهای توسعه‌یافته به مراتب سهم کمتری را به خود اختصاص می‌دهند. در نمودار (۱)، نمودار (۲)، و جدول (۱) که در ادامه مشاهده می‌کنید، گزارش میزان مصرف انرژی در بخش‌های یادشده به اختصار ارائه شده است.



نمودار ۱: مصرف نهایی به ترتیب بخش‌ها (منبع: ترازنامه انرژی ۱۳۹۰)



نمودار ۲: ترکیب مصرف نهایی گاز طبیعی کشور در سال ۱۳۹۰ (منبع: ترازنامه انرژی ۱۳۹۰)

توجه به مسائل اقلیمی در طراحی معماری، یکی از جنبه‌های غیرقابل چشم‌پوشی در پایدارسازی معماری و شهرسازی است. بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر در ساختمان، باعث صرفه‌جویی در مصرف انرژی، افزایش بهداشت محیط مسکونی و در نتیجه جلوگیری از پیامدهای زیست‌محیطی می‌شود. به دلایل یادشده، طراحی اقلیمی باید به‌عنوان نخستین استراتژی، در مقابل تغییرات اقلیمی به کار برده شود (یاران و مهران فر، ۱۳۹۲). مهندسان معمار در روند طراحی، با استفاده از مؤلفه‌هایی همچون فرم بنا، زاویه استقرار بنا، پوسته مناسب با اقلیم، ابعاد بازشوها، انواع بازشوها، مصالح و لایه‌های تشکیل‌دهنده جداره‌ها و جانمایی فضاها در پلان که همگی بر اساس جهت تابش و اقلیم شکل می‌گیرند، می‌توانند در کاهش اتلاف انرژی مؤثر باشند. معماران باید تلاش خود را به کار گیرند تا با جایگزینی انرژی‌های تجدیدپذیر، نقش خود را در راستای کاهش مصرف انرژی به بهترین نحو ایفا کنند. مواردی که در ابتدا به‌عنوان مؤلفه‌های قابل کنترل در مراحل طراحی ذکر شد، باید نسبت به مؤلفه‌هایی مانند دید و منظر و نماسازی همسایگی‌ها، در درجه اهمیت بالاتری در نظر گرفته شود و تأثیر هر یک در مراحل طراحی، بر روی میزان مصرف انرژی باید به‌طور دقیق اندازه‌گیری شود (هاشمی و حیدری، ۱۳۹۱).

با نگاهی معمارانه به نیمکره شمالی درمی‌یابیم که وسعت مناطقی با اقلیم سرد و خشک در این منطقه بسیار گسترده است. ایران نیز از این قاعده مستثنا نبوده و گستره وسیعی از این اقلیم را به خود اختصاص داده است. مناطقی که دارای این اقلیم هستند، از بزرگ‌ترین مصرف‌کنندگان منابع فسیلی شناخته می‌شوند و در نتیجه این پتانسیل در این مناطق موجود است که با استفاده از فنون نوین طراحی اقلیمی، نقش بسزایی را در کاهش مصرف انرژی ایفا کنند (شقایق و مفیدی، ۱۳۸۷).

جایگاه پیچیده طراحی اقلیمی ساختمان از این رو است که عواملی همچون سیستم‌های تأسیساتی (مکانیکی)، پوسته ساختمان و تجهیزات روشنایی همگی جزء اصلی‌ترین مؤلفه‌های مؤثر بر مصرف انرژی هستند. این مؤلفه‌ها در

کنار یکدیگر می‌توانند رفتار انرژی یک ساختمان را شکل دهند. به همین دلیل درک عملکرد انرژی یک ساختمان در ابتدای امر بسیار مشکل می‌نماید، ولی با ظهور نرم‌افزارهای شبیه‌سازی نور و انرژی می‌توان بر این پیچیدگی چیره شد. این نرم‌افزارها توانایی شبیه‌سازی ساختمان را از زاویه کاهش مصرف انرژی دارند و به طراح این امکان را می‌دهند تا با بهره‌گیری از فناوری‌های نوین، در عرصه صرفه‌جویی انرژی و انرژی-کارایی گام بردارد (غیائی و همکاران، ۱۳۹۲).

آنچه امروزه در روند طراحی بسیار ضروری جلوه می‌کند، این است که علاوه بر مسائلی همچون محاسبه بارهای وارد بر سازه ساختمان، مسائلی همچون آنالیز نور و انرژی نیز باید در روند طراحی لحاظ شود. به بیان دیگر، تأثیر مؤلفه‌های مؤثر بر میزان مصرف انرژی، در همان مراحل اولیه طراحی باید شبیه‌سازی شوند تا از اتلاف انرژی جلوگیری به عمل آید (ابراهیم‌پور و کریمی‌واحد، ۱۳۹۱).

پوسته ساختمان به‌عنوان حائل میان فضای داخل و خارج، تأثیر بسزایی در رفتار حرارتی ساختمان دارد. پوسته خارجی ساختمان به‌عنوان شاخص‌ترین منبع دریافت نور و انرژی خورشید شناخته می‌شود و از این رو می‌تواند بر میزان تهویه‌تعمدی و ناخواسته، سرمایش و گرمایش، کیفیت طراحی و اجرا، کنترل آلودگی‌های صوتی و جنبه‌های زیبایی‌شناسانه بنا تأثیر قابل توجهی داشته باشد که نسبت به اجزای دیگر بنا درصد تأثیر آن بسیار بالاتر است (قنبران و حسین‌پور، ۱۳۹۲).

علی‌رغم اینکه توجه معماران بیشتر به جنبه‌های زیبایی‌شناسانه معطوف می‌شود، ولی تحقیقات بسیاری نشان می‌دهند که نما یکی از مؤثرترین اِلمان‌هایی است که بر شرایط حرارتی و آسایش بصری فضای داخلی مؤثر است. میزان این تأثیر در جبهه‌هایی که تابش بیشتری را دریافت می‌کنند، بسیار بالاتر است. ضریب جذب حرارت تابشی نما، تأثیرگذارترین مؤلفه بر شرایط حرارتی ساختمان شناخته می‌شود (معرفت و همکاران، ۱۳۸۱).

۱-۲- مقدمه

مهم‌ترین عامل مصرف بیش از حد انرژی، در ابتدای قرن بیستم پیشرفت‌های اقتصادی و تکنولوژیک بوده و انتظار می‌رود در آینده، انسان همچنان شاهد این پیشرفت‌ها و بالطبع افزایش نیاز به انرژی باشد. انرژی جزء اصلی در میان تمام مؤلفه‌های توسعه اقتصادی، اجتماعی و محیطی است که توسعه جوامع انسانی به صورت مستقیم با این مهم در ارتباط است (Mahdavinejad et al, 2011).

با در نظر گرفتن رشد جمعیت، می‌توان یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های بشریت و دولتمردان را حفاظت از منابع طبیعی در نظر گرفت (Faizi et al, 2011). رشد روزافزون مصرف انرژی در جوامع بشری، علاوه بر خطر اتمام منابع تجدیدناپذیر، جهان را نیز با تحولاتی تهدیدآمیز همچون گرم شدن زمین روبه‌رو کرده است (Saghafi, 2013). کاربرد انرژی در زمینه‌های گوناگون همچون حمل‌ونقل، صنعت و... بسیار گسترده است. در این میان صنعت ساختمان نقش بسیار مهمی ایفا می‌کند و در حدود ۲۵ تا ۴۰ درصد از کل انرژی مصرفی را در سراسر دنیا به خود اختصاص می‌دهد (Moradi et al, 2012, 2013). نیاز به کاهش مصرف انرژی، باعث شده که محققان در پی یافتن جایگزینی مناسب به جای انرژی‌های تجدیدناپذیر، دست به تحقیقات و مطالعه بزنند (Mahdavinejad et al, 2013a). در واقع صرفه‌جویی در مصرف انرژی در راستای دستیابی به محیطی پایدار و انرژی‌های تجدیدپذیر و پاک، تبدیل به یکی از جنبش‌های معماری معاصر شده است (Mahdavinejad et al 2013b).

همان‌طور که می‌دانید موقعیت خورشید در آسمان، در طول روز و در فصول مختلف سال تغییر می‌کند و همچنین زمان عبور تابش مستقیم خورشید از پنجره ساختمان‌ها، فروشگاه‌ها یا دفاتر کار، تابعی از زمان، مکان، جهت و ساختمان‌ها و اشیای مجاور است که مورد اخیر در اکثر موارد پیش‌بینی نشده است. با عبور

تابش مستقیم، امکان آسیب دیدن اجناس داخل ویتترین فروشگاه‌ها (مواد غذایی، لوازم الکتریکی و...) و یا سلب آسایش ساکنان وجود دارد. در ضمن، وجود پوسته هوشمند متحرک باز و بسته شونده، بار ساختمان را تا میزان دو بیست وات بر مترمربع به ازای واحد سطح پنجره کاهش داده و ۲۰ درصد در مصرف انرژی صرفه جویی می‌کند. لذا وجود سیستمی که مانع عبور مستقیم تابش خورشید از پنجره شود، منطقی به نظر می‌آید.

استفاده از هوشمندسازی لایه‌های ساختمانی، یکی از راهکارهای اساسی برای کاهش بار برودتی و در نتیجه کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌هاست که در دنیا از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. استفاده از پوسته‌های هوشمند یکی از راهکارهای اساسی برای جلوگیری از مصرف بی‌رویه انرژی در ساختمان‌هاست که در دنیا از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است.

انرژی از سه منبع مهم تأمین می‌شود: نخست، تابش خورشید که مهم‌ترین منبع است؛ دوم، حرارت مرکزی زمین - از راه دمای درون آن - و سوم منابع آبی و امواج دریاها. پاره‌ای از منابع انرژی چون منابع فسیلی، تجدیدپذیر نیستند؛ اما پاره‌ای دیگر، تجدیدپذیرند. از این دسته می‌توان انرژی خورشیدی، انرژی باد و انرژی امواج دریا را نام برد (هاشمی و حیدری، ۱۳۹۱). به منظور طراحی پوسته‌ای هوشمند و دارای ویژگی‌های اقلیمی، به فهم بیشتر منابع انرژی برای تبدیل و کاهش آن و همچنین راهکارهای فعال و غیرفعال در راستای بهینه کردن مصرف انرژی (بار گرمایشی) نیاز داریم. در این فصل انواع انرژی و طراحی اقلیمی و سیستم‌های فعال و غیرفعال را معرفی خواهیم کرد و در نهایت انواع پوسته‌های هوشمند و پروسه طراحی و آنالیز آنها را بررسی می‌کنیم. در فرایند طراحی پوسته‌های هوشمند، از طراحی الگوریتمیک به عنوان راهکاری نوین در دستیابی به طراحی انرژی-کارا و نور-کارا یاد می‌شود که همگی در روند طراحی پوسته‌های هوشمند در این فصل به تفصیل شرح داده خواهد شد.

۱-۳-۳- انرژی‌های تجدیدناپذیر

انرژی‌هایی که برای حصول آنها چندصد هزار سال نیاز است، بنابراین در مصرف درست آن باید دقت شود. این منابع به صورت جامد، مایع و گاز، در دو نوع هیدروکربنی زنده (بقایای گیاهان، درختان، بوته‌ها و سایر رستنی‌ها) و هیدروکربنی غیرزنده (نفت، گاز، زغال سنگ و...) در دسترس هستند (حیدری، ۱۳۸۸: ۳۷). بنابراین به دو دلیل عمده باید منابع جدید انرژی را جایگزین سوخت‌های فسیلی کرد:

۱-۳-۳-۱- محدودیت منابع سوخت‌های فسیلی

به دلیل افزایش جمعیت، مصرف ده میلیارد تنی سوخت‌های فسیلی به رقم پانزده میلیارد تن در سال، در حال افزایش است و عمر متوسط منابع فسیلی بیش از صد سال نخواهد بود. پس چنین رشدی نیاز به منابع جایگزین مناسب دارد.

۱-۳-۳-۲- خطرات زیست‌محیطی

۱-۳-۳-۲-۱- گرم شدن زمین (اثر گلخانه‌ای)

مصرف بیش از حد سوخت‌های فسیلی باعث ایجاد لایه ضخیمی از گازهای مضر در جو زمین می‌شود و بازگشت حرارت مازاد خورشید به فضا جلوگیری می‌کند. بنابراین زمین به مرور زمان گرم‌تر می‌شود. این افزایش گرمایی که بین ۰/۸ تا ۳/۵ درجه سانتی‌گراد بوده، باعث تغییرات آب‌وهوایی در مناطق مختلف زمین شده است.

۱-۳-۳-۲-۲- آلودگی هوا و باران‌های اسیدی

بر اثر مصرف سوخت‌های فسیلی، گازهای دی‌اکسید گوگرد و اکسید نیتروژن ایجاد می‌شوند. از ترکیب این گازها با بخار موجود در هوا، ترکیب اسیدسولفوریک

و اسید نیتریک به وجود می‌آید. با بارش باران، این اسیدها به سطح زمین بازگشته و موجب تخریب پوشش‌های گیاهی، جنگل‌ها و حتی بناهای ساخت بشر و نیز آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی می‌شوند.

۴-۱- انرژی‌های تجدیدپذیر

هرگونه از انرژی که بر اثر استفاده، رو به زوال نرود، انرژی تجدیدپذیر گفته می‌شود. در اینجا به چند نمونه از آن اشاره می‌کنیم:

۴-۱-۱- انرژی خورشید

خورشید منشأ حیات و تمام انرژی‌های دیگر است. عمر این منبع عظیم انرژی تقریباً پنج میلیارد سال است که ششصد میلیون سال آن سپری شده است. خورشید در هر ثانیه $4/2$ تن از جرمش را تبدیل به انرژی می‌کند. اگر بخواهیم انرژی‌ای را که به زمین می‌رسد به طور کامل استفاده کنیم، می‌توانیم حدود ده هزار برابر مصرف انرژی فعلی را بر روی زمین تولید کنیم.

۴-۱-۲- چگونگی استفاده از انرژی خورشیدی

راه‌های مختلفی برای استفاده از انرژی خورشید وجود دارد؛ از جمله: استفاده از آینه‌های سهموی در نیروگاه‌های خورشیدی و همچنین آب‌گرم‌کن‌های خورشیدی، به کمک آینه‌های جمع‌کننده و متمرکزکننده انرژی خورشید و تبدیل آن‌ها به گرما و همچنین استفاده از سلول‌های خورشیدی یا تجهیزات فتوولتائیک. در واقع استفاده از سیستمی که در اثر تابش نور بدون استفاده از مکانیسم‌های محرک، تولید انرژی و الکتریسیته می‌کند، سیستم فتوولتائیک نام دارد.

با شن و ماسه (که در کویرها به وفور یافت می‌شود)، ماده‌ای به نام سیلیسیم تهیه می‌کنند که در سلول‌های فتوولتائیک برای تبدیل تابش به الکتریسیته استفاده می‌شود. مجموعه این سلول‌ها به صورت سری و موازی شده، پانل فتوولتائیک را تشکیل می‌دهند. از آنجا که تولید دی‌اکسید کربن در این روش صفر است، بنابراین جزء سیستم‌های سالم به شمار می‌رود.

۱-۴-۳- مزایای استفاده از انرژی خورشید

- تولید برق بدون مصرف سوخت
- احتیاج نداشتن به آب زیاد
- آلوده نکردن محیط زیست
- امکان تأمین شبکه‌های کوچک و ناحیه‌ای
- استهلاک کم و عمر زیاد
- احتیاج نداشتن به متخصص

۱-۴-۴- انرژی باد

انرژی باد یکی از صور ناشی از وجود انرژی خورشید است. زمانی که خورشید به سطح ناهموار زمین می‌تابد، سبب ایجاد تغییرات دما و فشار روی زمین می‌شود. در اثر جابه‌جایی این تغییرات باد به وجود می‌آید. بیشینه استفاده از انرژی باد در تاریخ به آسیاب‌های بادی، کشتی‌های بادبانی و حتی پمپ کردن آب از چاه‌ها می‌رسد که امروزه به صورت نیروگاه‌های بادی با استفاده از توربین‌های بادی استفاده می‌شود. همچنین گاز دی‌اکسید کربن متصاعد شده از یک توربین بادی ۱/۰ گازی است که از دستگاه‌های زغالی متصاعد می‌شود؛ بنابراین سوخت‌های فسیلی پنجاه برابر بیشتر از توربین‌های بادی گاز دی‌اکسید کربن تولید می‌کنند. از معایب توربین‌ها می‌توان به صدای زیاد آن‌ها، تداخل امواج الکترومغناطیسی و مخرباتی، برخورد پرندگان با توربین‌ها، عمر کم توربین‌ها، هزینه راه‌اندازی و نگهداری بسیار زیاد اشاره کرد (حیدری، ۱۳۸۸).

۱-۴-۵- انرژی آب

انرژی آب در دریاها و اقیانوس‌ها به صورت موج، جزرومد و اختلاف درجه حرارت آب به وسیله عوامل مختلف فیزیکی دریافت و ذخیره شده و از دست می‌رود؛ درحالی‌که می‌تواند به عنوان یکی از انواع انرژی‌های سالم مورد استفاده قرار گیرد.

۱-۴-۵-۱- انرژی امواج دریاها و اقیانوس‌ها

وقتی که باد به دریاها می‌وزد، بسته به سرعت باد و مسافتی که باد در طول دریا طی می‌کند، امواج شکل می‌گیرند. این امواج که حاوی انرژی پتانسیل و جنبشی هستند، می‌تواند در مناطق ساحلی سالانه حدود دو الی سه میلیون مگاوات انرژی تولید کند. استفاده از انرژی امواج به دلیل ارزان، کارآمد و مفید بودن آن قدمتی طولانی دارد. این انرژی در بین انرژی‌های تجدیدپذیر بیش از ۴۰ درصد تولید جهانی مربوط به برق را سهم خود کرده است (حیدری، ۱۳۸۸: ۵۶).

۱-۴-۵-۲- انرژی زمین‌گرمایی

نتیجه انتقال گرما از اعماق زمین به پوسته جامد آن است که به صورت فوران آتش فشان، آب‌های گرم و خاصیت رسانایی به سطح زمین هدایت می‌شود. پتانسیل‌های بهره‌برداری به شرح زیر است:

- منبع حرارتی
- سیال واحد
- محیط متخلخل

۱-۴-۶- انرژی بیومس

با جذب و ذخیره انرژی خورشید در سلول‌های موجود زنده، انرژی بیومس یا زیست‌توده خواهیم داشت. این انرژی یکی از پر استفاده‌ترین انرژی‌های تجدیدپذیر است که مقام نخست در عرضه جهانی را دارا است و در تولید برق بعد از انرژی آبی مقام دوم را به خود اختصاص داده است. بیوگاز، گازی حاصل از فرایندهای فیزیکی، شیمیایی و زیست‌محیطی بر روی منابع بیومس (مانند تجزیه، تخمیر و... در یک محفظه) که حامل انرژی است. از مهم‌ترین منابع بیومس می‌توان به چوب، گیاهان، زائدات کشاورزی و جنگلداری، اجزای عالی زباله‌های شهری، گاز ناشی از دفع زباله‌ها و... اشاره کرد (حیدری، ۱۳۸۸).

۱-۴-۷- انرژی هیدروژن

هیدروژن یکی از فراوان‌ترین عناصر باران‌دمان بالا و احتراق بسیار پاک به سایر اشکال انرژی تبدیل می‌شود. این عنصر به صورت خالص در طبیعت وجود ندارد و به روش‌های مختلفی از سایر عناصر به دست می‌آید. هیدروژن را می‌توان از منابع تجدیدناپذیر مانند نفت خام، بنزین و... و همچنین منابع تجدیدپذیر چون خورشید، باد، آب و... تولید کرد. این انرژی را می‌توان به صورت ذخیره در کنار پیل‌های سوختی در کشتی‌ها، کامیون‌ها و همچنین مصارف خانگی چون کامپیوتر، تلفن، موبایل و... استفاده نمود. (همان)

۱-۵- تولید انرژی‌های تجدیدپذیر

۱-۵-۱- تولید جهانی انرژی از منابع تجدیدپذیر

رؤیای استفاده نکردن از انرژی‌های فسیلی اگرچه دور از ذهن می‌رسید، اما امروزه با تلاش فراوان و تولید تجهیزات کارآمد تبدیل به امری محقق و روبه پیشرفت شده است.

در مقایسه سه مقطع زمانی توسط اتحادیه اروپا در مورد تولید و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر انجام گرفته است که در **جدول ۱** قابل مشاهده است: (حیدری، ۱۳۸۸)

جدول ۱: نتایج مقایسه تولید و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در سه دوره زمانی (حیدری، ۱۳۸۸).



۱-۵-۲- تولید انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران

پتانسیل‌های تولید و استفاده از انرژی‌های نو در ایران بسیار زیاد است اما به دلایل نداشتن برنامه ریزیدرست این مسئله کم‌رنگ شده است. شرایط تابشی بسیار عالی کشور و همچنین بهره‌مندی از کناره‌های سواحل ایران، می‌تواند سهم مناسبی از تأمین انرژی تجدیدپذیر در ایران را داشته باشد (حیدری، ۱۳۸۸).

۱-۵-۳- برنامه‌ریزی انرژی در بخش ساختمان

تقسیم اقلیمی مهم‌ترین اساس در تأمین انرژی ساختمان است. تمامی موارد تأمین آسایش در ساختمان از جمله گرمایش، سرمایش، تهویه و... به اقلیم منطقه‌ای که در آن ساختمان ساخته می‌شود، بستگی دارد. همچنین به نسبت کاربری که در ساختمان تعریف می‌شود، انرژی لازم برای آن ساختمان متفاوت است (حیدری، ۱۳۸۸).

۱-۶-۱- طراحی اقلیمی

روشی است برای تعدیل هزینه‌های انرژی یک ساختمان. اولین و مهم‌ترین مسئله شناسایی اقلیم منطقه، سپس ایجاد شرایط مناسب جهت زیست در آسایش درون بنا به وسیله طراحی مناسب در راستای اقلیم با توجه به چهار اصل انتقال حرارت، یعنی هدایت، جابه‌جایی، تابش و تبخیر است.

به‌طور مثال در طراحی ساختمان، باید در زمستان از اتلاف و هدررفت گرما جلوگیری کرد و در تابستان، جلوگیری از ورود حرارت تابشی خورشید به داخل ساختمان و خنک نگه داشتن فضای داخلی را لحاظ نمود.

۱-۶-۱- اصول اجرایی طراحی اقلیمی

گرمایش و سرمایش خورشیدی به دو شیوه فعال و غیرفعال است که در شیوه فعال از تجهیزات پیچیده استفاده می‌شود، اما در شیوه غیرفعال با استفاده از روش‌های طبیعی (هدایت، جابه‌جایی، تابش و تبخیر) و کنترل تبدلات حرارتی محیط و ساختمان پیش می‌رود. عوامل مؤثر در طراحی به روش غیرفعال:

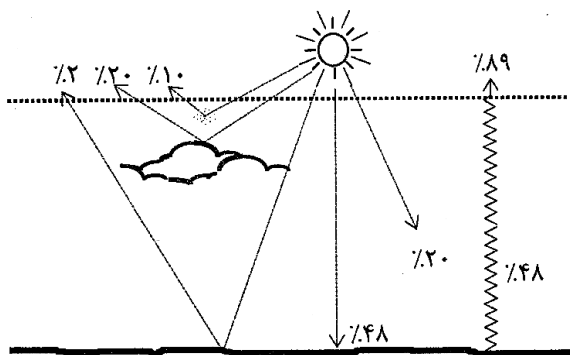
۱-۶-۱-۱- تابش

همان‌گونه که در جدول ۲ ملاحظه می‌نمایید پرتوهای الکترومغناطیسی که از خورشید ساطع می‌شوند شامل سه دسته به شرح زیر است:

جدول ۲: پرتوهای خورشید (قیابکلو، ۱۳۹۵)

| پرتو | نام دیگر | طول موج | تأثیر | گرما | توضیحات |
|------|----------------------|------------|---------------|-------|--|
| UV | فرابنفش | ۰/۴ - ۰/۲۸ | اثر بیولوژیکی | ندارد | جذب توسط گاز O ₃ |
| VIS | مرئی | ۰/۷ - ۰/۴ | قابل رؤیت | ندارد | شامل طیف‌های: (بنفش، آبی، سبز، مغز پسته‌ای، زرد، نارنجی) |
| IR | مادون قرمز (فرا سرخ) | ۰/۷ - ۳ | اثر گرمایی | دارد | شامل ۴۷ درصد از اشعه خورشید |

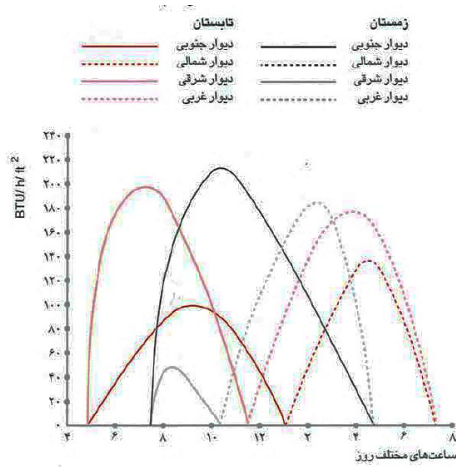
در تصویر ۱ مشاهده می‌نمایید که پرتوهای خورشید وارد شده به اتمسفر به نسبت طول موج آن‌ها جذب، منعکس، یا پراکنده می‌شود (قیابکلو، ۱۳۹۴).



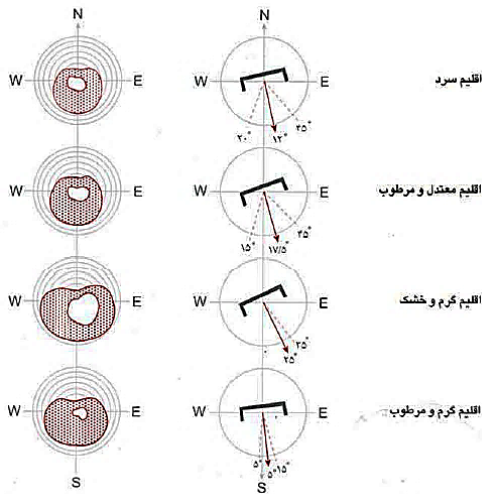
تصویر ۱: نحوه جذب، انعکاس و پراکنده شدن اشعه خورشید (منبع: قیابکلو، ۱۳۹۵).

۱-۶-۲- جهت قرارگیری مناسب ساختمان

جهت مناسب قرارگیری ساختمان به عواملی چون وضعیت طبیعی زمین، کنترل و کاهش صدا، تابش، باد و... بستگی دارد. مثلاً برای ساختمانی در عرض جغرافیایی چهل درجه شمالی در زمستان، دیوارهای جنوبی سه برابر دیوارهای شرقی و غربی انرژی خورشید را دریافت می‌کند و در تابستان سطوح جنوبی و شمالی ۱/۲ سطوح شرقی و غربی دریافت انرژی خورشید دارند. پس بهترین موقعیت برای ساختمان در عرض جغرافیایی چهل درجه شمالی روبه جنوب است. در نمودار ۱ و تصویر ۲ می‌توانید تأثیر جهت قرارگیری ساختمان را بر میزان دریافت تابش مشاهده نمایید (کسمایی، ۱۳۸۲).



نمودار ۱: نمودار مقدار انرژی خورشیدی تابیده بر سطوح قائم در اول تیرماه و اول دی‌ماه (منبع: کسمایی، ۱۳۸۲).



تصویر ۲: جهت ساختمان با توجه اقلیم (منبع: کسمایی، ۱۳۸۲)