



انرژی و معماری سرآمد

«درآمدی بر کاهش مصرف انرژی در ساختمان»

نگارندگان

دکتر محمد جواد مهدوی نژاد

دانشیار دانشگاه تربیت مدرس

دکتر محمد رضا بهانیان

استاد دانشگاه تربیت مدرس

کاوان جوانرودی

دانشجوی دکتری معماری دانشگاه تربیت مدرس

۱۳۹۶



سرشناسه: مهدوی نژاد، محمدجواد، ۱۳۵۶ -

Mahdavinejad, Mohammadjavad

عنوان و نام پدیدآور: انرژی و معماری سرآمد «درآمدی بر کاهش مصرف انرژی در ساختمان»/نگارندگان محمدجواد مهدوی نژاد، محمدرضا بمانیان، کاوان جوانرودی.

مشخصات نشر: تهران: دانشگاه تربیت مدرس، انتشارات، ۱۳۹۶.

مشخصات ظاهری: ۴۲۱ص: مصور

شابک: 978-600-758-946-5

وضعیت فهرست نویسی: فیبا

موضوع: معماری و صرفه جویی در انرژی
Architecture and energy conservation: موضوع:

موضوع: ساختمان ها -- صرفه جویی در انرژی
Buildings -- Energy conservation: موضوع:

شناسه افزوده: بمانیان، محمدرضا، ۱۳۳۷ -

شناسه افزوده: جوانرودی، کاوان، ۱۳۶۷ -

شناسه افزوده: دانشگاه تربیت مدرس. انتشارات

رده بندی کنگره: ۸۱۳۹۶ الف۹م/۳/۴۲۵۴۲ NA

رده بندی دیویی: ۷۲۰/۴۷۲

شماره کتابشناسی ملی: ۵۰۲۹۸۲۹

انرژی و معماری سرآمد «درآمدی بر کاهش مصرف انرژی در ساختمان»

نگارندگان: دکتر محمدجواد مهدوی نژاد، دکتر محمدرضا بمانیان و مهندس کاوان جوانرودی

ویرانگار ادبی و فنی: لیلا نجفی زمان

ترجمه: علیرضا

صفحه آرا: سحر رهائی

شماره سال: ۲۱۷

شماره پیاپی: ۳۷۱

تاریخ انتشار: ۱۳۹۶

شمارگان: ۱۰۰۰

ISBN: 978-600-758-946-5

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۷۵۸۹-۴۶-۵

ناشر: انتشارات دانشگاه تربیت مدرس

نویت چاپ: اول

کارشناس اجرایی: لیلا نجفی زمان

ناظر چاپ: مصطفی جانجانی

لیتوگرافی: ایران گرافیک

چاپ و صحافی: قشقای

مرکز پخش: تقاطع بزرگراه های آل احمد و دکتر چمران

انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، صندوق پستی: ۱۴۱۱۵-۳۱۸

تلفن: ۸۲۸۸۳۰۹۶ دورنگار: ۸۲۸۸۳۰۳۲

بها: ۴۶۰۰۰۰ ریال

صحت مطالب کتاب برعهده نگارندگان است.

فهرست مطالب

ط	پیشگفتار نگارندگان
۱	۱- مفاهیم و کلیات
۱	۱-۱ مقدمه
۲	۲-۱ انرژی
۸	۳-۱ منابع انرژی
۹	۴-۱ انرژی و معماری
۱۱	۵-۱ آسایش حرارتی در ساختمان
۱۳	نتیجه‌گیری
۱۵	۲- مصرف انرژی و معماری
۱۵	۱-۲ مقدمه
۱۶	۲-۲ سامانه‌های انرژی
۱۹	۳-۲ مصرف انرژی در ایران
۲۱	۴-۲ تجزیه و تحلیل مصرف انرژی در ایران
۲۷	۵-۲ راه‌های مصرف انرژی در ساختمان مسکونی
۳۲	۲-۵-۱ آب گرم خانگی

ب انرژی و معماری سرآمد: درآمدی بر کاهش مصرف انرژی در ساختمان

۳۳	۲-۵-۲ مصرف انرژی الکتریسیته
۳۵	۳-۵-۲ ساختمان‌های اداری
۳۶	۴-۵-۲ مصرف کلی برق
۳۹	۵-۵-۲ مصرف انرژی روشنایی
۴۱	۶-۵-۲ تهویه هوا
۴۵	۷-۵-۲ بار داخلی
۴۵	۸-۵-۲ بار خارجی
۵۰	نتیجه‌گیری
۵۳	۳- انرژی‌های تجدیدپذیر و معماری
۵۳	۱-۳ مقدمه
۵۳	۲-۳ انرژی باد
۶۷	۱-۲-۳ توربین محور افقی
۶۷	۲-۲-۳ توربین محور عمودی
۶۹	۳-۳ قدرت باد
۶۹	۴-۳ قدرت توربین بادی
۷۰	۵-۳ کاربرد توربین بادی
۷۰	۱-۵-۳ توربین بادی در فضای شهری
۷۱	۲-۵-۳ توربین بادی و ساختمان‌های بلند
۷۲	۳-۵-۳ تاریخچه استفاده از توربین بادی در ساختمان‌های بلند
۷۴	۴-۵-۳ نمونه‌های استفاده از توربین بادی در ساختمان‌های بلند
۸۸	۵-۵-۳ بهترین ساختمان برای نصب توربین بادی

۹۵	۳-۵-۶ بهترین توربین‌های بادی برای استفاده در ایران
۹۷	۳-۶-۶ جایگاه انرژی باد در ایران
۹۹	۳-۶-۱ انجام پتانسیل‌سنجی و تهیه اطلس باد کشور
۱۰۰	۳-۶-۲ احداث نیروگاه بادی ۱۰۰ مگاوات منجیل
۱۰۰	۳-۶-۳ احداث نیروگاه بادی بافت
۱۰۱	۳-۷ چشم‌انداز انرژی بادی در ایران
۱۰۳	۳-۸ زیست‌توده و استفاده از ضایعات
۱۰۵	۳-۸-۱ احتراق مستقیم
۱۰۷	۲-۸-۳ زیست گاز
۱۰۸	۳-۸-۳ سوخت مایع
۱۰۹	۳-۹ تاریخچه زیست‌توده در جهان و ایران
۱۱۲	۳-۱۰ جایگاه انرژی زیست‌توده در ایران
۱۱۲	۳-۱۱ انرژی زمین‌گرمایی
۱۱۵	۳-۱۱-۱ فناوری‌ها و پیشرفت‌های انرژی زمین‌گرمایی
۱۱۷	۳-۱۱-۲ نیروگاه‌های زمین‌گرمایی
۱۱۸	۳-۱۱-۳ کاربردهای غیرنیروگاهی
۱۲۰	۳-۱۱-۴ جایگاه انرژی زمین‌گرمایی در ایران
۱۲۲	۳-۱۲ انرژی هسته‌ای
۱۲۲	نتیجه‌گیری
۱۲۳	۴- انرژی خورشیدی و معماری
۱۲۳	۴-۱ مقدمه

د انرژی و معماری درآمد: بر کاهش مصرف انرژی در ساختمان

۱۲۳	۲-۴ انرژی خورشیدی
۱۲۶	۳-۴ تاریخچه انرژی خورشیدی
۱۳۰	۴-۴ انرژی خورشیدی غیرفعال
۱۳۴	۵-۴ انرژی خورشیدی فعال
۱۳۴	۶-۴ برق حرارتی خورشیدی
۱۳۶	۷-۴ متمرکز کننده‌های بشقابی خورشیدی
۱۳۷	۸-۴ فتوولتائیک
۱۴۱	۹-۴ پتانسیل تابش و نقشه تابش خورشید در ایران
۱۴۳	۱۰-۴ گرمایش خورشیدی
۱۴۹	۱۱-۴ عوامل اقتصادی
۱۵۰	۱۲-۴ ساختمان‌های خورشیدی
۱۵۱	۱۳-۴ آب گرم‌کن‌های ترکیبی خورشیدی-گازسوز
۱۵۲	۱۴-۴ گرمایش خورشیدی منطقه‌ای فعال
۱۵۲	۱۵-۴ سایت گرمایش خورشیدی مرکزی با انباشت فصلی
۱۵۷	۱۶-۴ نیروگاه حرارت خورشیدی با انباشت روزانه
۱۵۸	۱۷-۴ آینده نیروگاه‌های حرارتی خورشیدی
۱۵۹	نتیجه‌گیری
۱۶۱	۵- فناوری‌های مبتنی بر انرژی‌های تجدیدپذیر و معماری
۱۶۱	۱-۵ مقدمه
۱۶۱	۲-۵ کوپلینگ زمینی با استفاده از هوا
۱۶۲	۳-۵ سرمایش و گرمایش از طریق آب‌های زیرزمینی

۱۶۴.....	۴-۵ سرمایه‌گذاری تبخیری.....
۱۶۶.....	۵-۵ سرمایه‌گذاری با مصالح تغییر فاز دهنده.....
۱۶۸.....	۶-۵ رطوبت‌زدایی و سرمایه‌گذاری تبخیری.....
۱۷۰.....	۷-۵ رطوبت‌زدایی خورشیدی با تهویه هوا.....
۱۷۱.....	۸-۵ تبرید.....
۱۷۲.....	۹-۵ چیلر جذبی با مبرد آمونیاک.....
۱۷۶.....	۱۰-۵ سرمایه‌گذاری ترموایونیک.....
۱۷۶.....	۱۱-۵ سرمایه‌گذاری شبانه.....
۱۷۸.....	۱۲-۵ سقف‌های سرد تأسیساتی.....
۱۷۹.....	۱۳-۵ بادگیر.....
۱۸۱.....	۱-۱۳-۵ عملکرد حرارتی بادگیر.....
۱۸۳.....	۲-۱۳-۵ گونه‌شناسی بادگیر.....
۱۸۶.....	۳-۱۳-۵ تهویه طبیعی.....
۱۹۱.....	۱۴-۵ نمونه‌های استفاده از فناوری‌های تجدیدپذیر.....
۱۹۲.....	۱۵-۵ توصیف ساختمان و ایده‌های تأمین سرمایه‌گذاری.....
۱۹۲.....	۱-۱۵-۵ ساختمان لامپارتر، ویلهایم.....
۱۹۴.....	۲-۱۵-۵ ساختمان اداری بازسازی شده در توینگان.....
۱۹۷.....	۳-۱۵-۵ بارهای داخلی و سطوح دما.....
۱۹۸.....	نتیجه‌گیری.....
۱۹۹.....	۶- انرژی و معماری ساختمان.....
۱۹۹.....	۱-۶ مقدمه.....

و انرژی و معماری درآمد: درآمدهای بر کاهش مصرف انرژی در ساختمان

۱۹۹	۲-۶ اندازه و گونه
۲۰۳	۳-۶ فرم و جهت گیری
۲۱۲	۴-۶ جانمایی فضاهای بیرونی و داخلی
۲۱۸	۵-۶ دیوارها و فنداسیون
۲۳۶	۶-۶ طبقات
۲۳۹	۷-۶ پنجره‌ها و درب
۲۴۴	۸-۶ بام ساختمان و پوشش سقف
۲۵۱	۷- کاهش مصرف انرژی و بام ساختمان
۲۵۱	۱-۷ مقدمه
۲۵۱	۲-۷ پژوهش‌های شبیه‌سازی انرژی و معماری
۲۵۵	۱-۲-۷ نرم افزار DOE-2
۲۵۶	۲-۲-۷ نرم افزار BLAST
۲۵۸	۳-۲-۷ نرم افزار ENERGY PLUS
۲۵۹	۴-۲-۷ نرم افزار ASEAM
۲۶۰	۵-۲-۷ نرم افزار HAP Carrier
۲۶۱	۶-۲-۷ نرم افزار ECOTECT
۲۶۲	۷-۲-۷ نرم افزار FLUENT
۲۶۴	۸-۲-۷ نرم افزار ANSYS
۲۶۵	۳-۷ بررسی مصرف انرژی بام ساختمان
۲۷۰	۱-۳-۷ سقف تخت
۲۸۸	۲-۳-۷ سقف شیب‌دار ۴۵ درجه و ۳۰-۶۰

۳۱۴	۳-۳-۷ سقف طاقی شکل
۳۳۱	۴-۳-۷ سقف گنبدی و طاق آهنگ
۳۵۰	۵-۳-۷ بار سرمایشی انواع بام
۳۵۳	۴-۷ جمع بندی نتایج شبیه سازی بام های مختلف
۳۵۶	نتیجه گیری
۳۵۹	۸- ساختمان های مبتنی بر انرژی پایدار با هدف کاهش مصرف انرژی
۳۵۹	۱-۸ مقدمه
۳۶۰	۲-۸ مرکز آموزش دولتی، آلمان
۳۶۳	۳-۸ مجموعه اداری اعتماد ملی، سوئد، بریتانیا
۳۶۴	۴-۸ سبز تاور (برج سبز)، منچستر، بریتانیا
۳۶۴	۵-۸ پروژه عدن
۳۶۷	۶-۸ ساختمان اداری شورا، کینگز لین
۳۷۰	۷-۸ ساختمان مجلس ملی ولز
۳۷۳	۸-۸ مؤسسه تحقیقاتی محیط زیست زوخرمن (ZICER)
۳۷۵	۹-۸ مجموعه مسکونی بدون مصرف بدینگتون
۳۷۹	منابع
۳۹۳	واژه نامه فارسی به انگلیسی
۳۹۷	واژه نامه انگلیسی به فارسی
۴۰۱	نمایه

پیشگفتار نگارندگان

بهره‌وری و مصرف هوشمندانه انرژی در بسیاری سستی ایران و بسیاری از کشورهای جهان به‌خوبی به چشم می‌آید. معماری سستی کشورهای مختلف جهان از شرق آسیا جنوب آفریقا تا شمالی‌ترین نقاط روسیه، همه و همه، نشان‌دهنده توجه ویژه به مصرف هوشمندانه انرژی است. از این رو می‌توان نابسامانی‌های موجود را حاصل نگاه محدود به مفهوم معماری و مصرف غیرهوشمندانه انرژی در سال‌های انقلاب صنعتی دانست. رویای توسعه شتاب‌زده که بنیان‌های آن را در سال‌های پایانی قرن نوزدهم می‌توان جستجو کرد، در عمل به جهانی منجر شد که منابع انرژی در آن روز به روز در حال کاهش است.

بحران انرژی در دهه هفتاد میلادی و افزایش قیمت جهانی نفت، نگاه جدیدی به حوزه معماری و شهرسازی ایجاد کرد؛ نگاهی که در آن معماری و صنعت ساختمان از اهمیت و جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. افزایش قیمت نفت در بحران‌های دهه هفتاد، بیش از هر تهدیدی، فرصتی استثنایی به‌وجود آورد تا جهان معماری به‌عنوان یکی از مهم‌ترین بخش‌های مصرف انرژی، سهم خود را در بهره‌وری و مصرف هوشمندانه انرژی بر عهده گیرد؛ به گونه‌ای که امروزه تلاش برای بهره‌وری در مصرف انرژی به بحثی جدی و البته انکار نشدنی در عرصه معماری و شهرسازی معاصر جهان تبدیل شده است. البته تلاش‌ها از دهه هفتاد تاکنون به اندازه کافی ثمربخش نبوده است. به گونه‌ای که با افزایش حدود دو برابری جمعیت در این دوران، مصرف انرژی تقریباً ده برابر شده است. به عبارت دیگر، روند فعلی جهان در مصرف انرژی به هیچ وجه پذیرفتنی نیست و آن را نمی‌توان ادامه داد. ضروری است تا به‌صورت بنیادین در این موضوع تجدید نظر شود.

ی انرژی و معماری سرآمد: درآمدی بر کاهش مصرف انرژی در ساختمان

آلودگی‌های زیست‌محیطی، برگ دیگری از دفتر ضرورت توجه به بهره‌وری و مصرف هوشمندانه انرژی در معماری و صنعت ساختمان به‌شمار می‌رود. دی اکسید کربن به‌عنوان یکی از عوامل اصلی آلودگی هوای شهرهای بزرگ شناخته شده است. این گاز با هموگلوبین خون ترکیب شده و کربوکسی هموگلوبین را پدید می‌آورد، که حالت ثبات دارد و باعث اختلال در جذب اکسیژن به‌وسیله هموگلوبین خون می‌شود. پیامدهای منفی آلودگی‌های ناشی از احتراق سوخت‌های سنگواره‌ای، پدیده‌های جدیدی مانند افزایش باران‌های اسیدی و رشد بیماری‌های مبتنی بر اثرهای زیان‌آور گازهای سمی را موجب شده است. براساس تعریف، اکسیدهای نیتروژن و دی اکسید گوگرد حاصل از سوزاندن سوخت‌های فسیلی هنگامی که با آب موجود در هوا ترکیب می‌شوند، به اسید تبدیل شده و به‌صورت باران‌های اسیدی فرو می‌بارند. به عبارت دیگر، در صورت وجود این میزان از گازهای آلوده‌کننده در هوا، بارش باران‌های اسیدی امری اجتناب‌ناپذیر است. آلودگی هوا علاوه بر آسیب‌هایی که به سلامت انسان‌ها وارد می‌کند، موجب خوردگی نمای ساختمان‌ها نیز می‌شوند؛ این مهم ترسیدنی و منظر شهری به‌خوبی مشاهده می‌گردد. فلزات سمی مانند آلومینیم، مس، سرب و جیوه از طریق انواع آلودگی‌ها وارد بدن انسان شده و سلامت او را تهدید می‌کند. به همین سبب، بهره‌وری و مصرف هوشمندانه انرژی به‌عنوان عاملی برای حفاظت از محیط‌زیست و سلامت شهروندان، همواره قابل توجه است.

مصرف انرژی و تراکم گازهای گلخانه‌ای، تأثیر جدی بر پدیده گرم شدن زمین دارد؛ موضوعی که نتیجه آن کمتر از آثار زیان‌آور گازهای سمی بر زندگی انسان‌ها نیست. پاریس از ۳۰ نوامبر ۲۰۱۵ شاهد کنفرانسی بزرگ در زمره مهم‌ترین گردهمایی‌های سازمان ملل بود؛ کنفرانسی که در آن سران کشورها در حومه پاریس (لوپورژه) جمع می‌شوند تا به یک توافق بین‌المللی درباره تغییرات اقلیمی دست یابند. هدف کلیدی این کنفرانس آن بود که بتواند از طریق کاهش میزان انتشار و انباشت گازکربنیک، افزایش دمای زمین را زیر ۲ درجه سلسیوس نگهدارد. به عبارت دیگر، هم‌اکنون دمای زمین ۸۵ صدم درجه افزایش یافته و همه تلاش‌ها برای این است که دمای کره زمین به ۲ درجه نرسد. پرسش کلیدی در این میان آن است که سهم معماری و شهرسازی معاصر ایران در تحقق این هدف بزرگ چیست. ما به‌عنوان جامعه معماری و شهرسازی ایران تا چه اندازه می‌توانیم در این راستا مشارکت کنیم؟ پیداست که گازهای گلخانه‌ای که گازکربنیک مهم‌ترین آنهاست، سهم مهمی در پدیده گرم شدن زمین و قابل سکونت نبودن سیاره ما دارد.

معماری معاصر کشورهای اکثریت، که برخی آن را کشورهای در حال توسعه می‌نامند، سهم مهمی از مصرف انرژی را به خود اختصاص می‌دهد که مصرف خانگی و انرژی لازم برای گرم و سرد کردن ساختمان، بخش مهمی از آن است. توسعه شهرها و به تبع آن رشد چشمگیر شهرها، موضوع استفاده از انرژی را به بحثی جدی در روزگار معاصر تبدیل کرده است. تمرکز بر بهره‌وری و مصرف هوشمندانه انرژی در صنعت ساختمان نوعی پاسخ به بحران انرژی و آلودگی‌های زیست‌محیطی حاصل از مصرف غیراصولی و برنامه‌ریزی نشده انرژی است که امروزه اهمیت آن بیش از پیش درک می‌شود. معماری معاصر جهان و بناهایی که هم‌اکنون به وسیله صنعت ساختمان تولید می‌شود، اگرچه تا حد پذیرفته شده‌ای به اهداف بهره‌وری در مصرف انرژی نزدیک شده است، اما با مفهوم مصرف هوشمندانه انرژی هنوز فاصله زیادی دارد.

کتاب حاضر با تأکید بر مفاهیم پایه در حوزه بهره‌وری و مصرف هوشمندانه انرژی، دست‌یابی به نوعی «معماری سرآمد» را در اولویت قرار داده است. این کتاب با توجه به نیازهای اساسی دانشجویان کارشناسی، کارشناسی ارشد و به‌ویژه دکتری معماری تنظیم شده است. استفاده از منابع به‌روز جهان و ترجمه آخرین دستاوردها در حوزه مصرف هوشمندانه انرژی، از کتاب‌خانه مجموعه‌ای ارزشمند و منحصر به فرد ساخته است، به گونه‌ای که نگاه طراح محور و طراح مبنا را می‌توان در جای جای آن مشاهده کرد. بدیهی است در فراهم آوردن این کتاب از دستاوردهای علمی بسیاری از نویسندگان استفاده شده که تعدادی از آنها در منابع ذکر شده و برخی دیگر به سبب وسعت متن و تنظیم چندباره آن از قلم افتاده است، لازم است از زحمات علمی ایشان صمیمانه تشکر و قدردانی شود. نگاران گان برخود لازم می‌دانند که از تمامی افراد صاحب‌نظر و عزیزان فعال در عرصه بهره‌وری و مصرف هوشمندانه انرژی و همچنین فعالان معماری و شهرسازی معاصر ایران درخواست نمایند که اشکالات احتمالی و خطاهای ممکن را با تذکر به نویسندگان هدیه کنند. بدیهی است نظریات تکمیلی مخاطبان بخشی از تلاش برای رسیدن به اهداف عالی معماری پایدار، بهره‌وری و مصرف هوشمندانه انرژی در عرصه معماری و شهرسازی خواهد بود.

دکتر محمدجواد مهدوی‌نژاد

دانشیار دانشگاه تربیت مدرس