



مفاهیم پایه در انرژی و معماری

تألیف و ترجمه:

دکتر محمدجواد مهدوی نژاد

عضو هیأت علمی دانشگاه تربیت مدرس

آذین صانعی نسیم اسلامی راد

سرشناسه	: مهدوی نژاد، محمدجواد، ۱۳۵۶ -
عنوان و نام پدیدآور	Mahdavinejad, Mohammadjavad
مشخصات نشر	: مفاهیم پایه در انرژی و معماری / تألیف و ترجمه محمدجواد مهدوی نژاد، آذین صانعی، نسیم اسلامی راد.
مشخصات ظاهری	: تهران: دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، ۱۳۹۶.
شابک	: ۲۳۶ ص.: مصور، جدول، نمودار؛ ۲۲ × ۲۹ س.م.
وضعیت فهرست نویسی	: ۹۷۸-۶۰۰-۶۵۹۴-۸۷-۳
یادداشت	: فیپا
یادداشت	: کتابنامه.
موضوع	: نمایه.
موضوع	: معماری و صرفه جویی در انرژی
موضوع	Architecture and energy conservation
موضوع	: ساختمان ها -- صرفه جویی در انرژی
موضوع	Buildings -- Energy conservation
موضوع	: انرژی خورشیدی -- عوامل اقلیمی
موضوع	Solar energy -- Climatic factors
شناسه افزوده	: صانعی، آذین، ۱۳۶۷ -
شناسه افزوده	: اسلامی راد، نسیم، ۱۳۵۹ -
شناسه افزوده	: دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی
شناسه افزوده	Shahid Rajaei Teacher Training University
رده بندی کنگره	: ۶۹۳۱ ۷م۴۹م/۳/NA۲۵۴۲
رده بندی دیوبی	: ۴۷۲/۷۲۰
شماره کتابشناسی ملی	: ۴۶۸۴۴۱۸



دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی

عنوان	: مفاهیم پایه در انرژی و معماری
تألیف و ترجمه	: دکتر محمدجواد مهدوی نژاد، عضو هیأت علمی دانشگاه تربیت مدرس، آذین صانعی، نسیم اسلامی راد
ویراستار ادبی	: شهرام طهماسبی
نوبت چاپ	: اول - بهار ۱۳۹۶
نوبت چاپ	: دوم - پاییز ۱۳۹۸
انتشارات	: دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، نشر فرهنگ نگار
لیتوگرافی	: نشر فرهنگ نگار
چاپ	: نشر فرهنگ نگار
طراح جلد	: شهرام طهماسبی
ناظر چاپ	: محمد معتمدی نژاد
کارشناس و صفحه آرا	: نیره فیروزی
کارشناسان	: طاهره کیا، علی رضایی اهوآئویی
شمارگان	: ۱۰۰ جلد
قیمت	: ۵۸,۰۰۰ تومان
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۶۵۹۴-۸۷-۳
	ISBN: 978-600-6594-87-3

کلیه حقوق این اثر برای مؤلفین و مترجمین و دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی محفوظ است.

نشانی: تهران، لویزان - کد پستی ۱۵۸۱۱-۱۶۷۸۸ - صندوق پستی ۱۶۳ - ۱۶۷۸۵ - تلفن: (۲۶۳۲) ۹ - ۲۲۹۷۰۰۶۰.

۲۲۹۷۰۰۷۰، تلفکس: ۲۲۹۷۰۰۰۳، پست الکترونیکی: Publish@sru.ac.ir، وب سایت: <http://Publish.sru.ac.ir>

شماره ناشر مشترک: ۰۹۱۹۹۰۱۲۵۳۹

فهرست

صفحه	عنوان
ج	مقدمه
۱	فصل اول : ساختمان با کارایی بالا
۱	تأثیرات محیطی و ساختمان
۲	آنالیز عملکرد ساختمان
۵	انواع مدل سازی ها و تیم های طراحی
۷	مسائل محیطی و طراحی ساختمان
۸	اثرات زیست محیطی ساختمانی
۱۰	آسایش ساکنین
۱۶	هزینه ساختمانی سبز
۱۹	ساختمان های انرژی صفر
۲۰	فازهای پروژه و مراحل پیشرفت
۲۷	فصل دوم : مفاهیم انرژی در ساختمان
۲۷	ادبیات انرژی ساختمان
۳۱	بارهای انرژی ساختمان
۳۷	استفاده از انرژی برای برقراری بارهای گرمایشی و سرمایشی
۴۱	اندازه گیری میزان مصرف انرژی
۴۴	پوشش ساختمان
۴۷	جریان انرژی گرمایی در ساختمان
۴۹	هدایت، جابجایی (همرفت) و تشعشع

فصل سوم: تحلیل اقلیم و آب و هوا

۵۹

۶۰

۶۱

۶۹

۷۴

۷۸

۸۲

طبقه بندی اقلیم

دما و رطوبت

باد

نمودار های گلباد

آسایش حرارتی انسان

نمودارهای سایکرومتریک

فصل چهارم: اندازه گیری نور خورشید و راهکارهای آن

۹۱

۹۲

۹۵

۹۶

۱۰۲

۱۰۹

۱۰۹

۱۱۲

۱۱۴

۱۱۹

۱۲۴

موقعیت خورشید

توصیف بصری مسیر خورشید

خواندن دیاگرام های مسیر خورشید

معیارهای تابش خورشید

نورگیری و پوشش های خورشیدی

پوشش خورشیدی

راهکارهایی برای جهت گیری مناسب برای بهره گیری از گرمایش غیر فعال

فتوولتایک خورشیدی

آب گرمکن خورشیدی

راهکارهای ساختمانی خورشیدی

فصل پنجم: باد و راهکارهای جریان هوا

۱۴۱

۱۴۱

۱۴۴

۱۵۰

۱۵۳

۱۶۵

طراحی جریان هوای خارجی

توده و جهت گیری برای سرمایش و تهویه مناسب

بازشوها برای سرمایش و تهویه

راهکارهایی برای تهویه باد

کیفیت هوای داخل

فصل ششم: راهکارهای نور روز و تحلیل آنها

۱۷۱

۱۷۱

۱۷۵

۱۷۵

۱۷۹

۱۸۲

توزیع نور و خیرگی (چشم زدگی)

توده و جهت گیری برای گرمایش

راهکارهای توده جهت گرمایش غیر فعال

جهت نور

اصول اساسی نور

۲۰۳

منابع و مآخذ

۲۰۵

واژه نامه

۲۲۷

نمایه

مقدمه

کتاب حاضر برای پاسخ گویی به خلاء نظری و تکمیل دانش فنی دانشجویان دوره های کارشناسی ارشد و دکتری معماری، در حوزه معماری و انرژی با هدف تحقق اهداف سند چشم انداز جمهوری اسلامی ایران در افق ۱۴۰۴ هجری شمسی و قانون برنامه پنجساله پنجم توسعه جمهوری اسلامی ایران (۱۳۹۴ - ۱۳۹۰) تهیه و تدوین شده است. اساس این کتاب تالیف و ترجمه ای بر پایه مفاهیم دوره آنلاین معماری پایدار اتودسک به علاوه منابع مرتبط با معماری همساز با اقلیم و معماری پایدار است، این دوره، از سال ۲۰۱۴ در دسترس طراحان و علاقمندان مباحث معماری پایدار و بهینه سازی انرژی ساختمان قرار گرفته است. مفاهیم این دوره نیاز روز دنیاست که در منابع فارسی اطلاعات جامع و جدیدی در این زمینه وجود نداشت، بنابراین مولفان بر آن شدند تا منبعی در این زمینه به چاپ رسانند و این نیاز را مرتفع سازند. این دوره تا کنون هرساله با همکاری معماران و مهندسان مکانیک مورد بازبینی قرار گرفته و تصحیح شده است. در تالیف این کتاب از منابع معتبر سایر اساتید که پیش از این در زمینه معماری همساز با اقلیم و پایدار به چاپ رسیده است، استفاده شده است.

در مباحث اولیه کتاب، در فصل اول، ساختمان های کارا، در قالب ساختمان با کاربری بالا، چگونگی عملکرد آن ها و استفاده پتانسیل های سایت در طراحی معرفی شده اند.

فصل دوم به ادبیات انرژی ساختمان به توصیف مبانی و اصول انرژی پرداخته و مطالب مرتبط به بارهای ساختمانی را معرفی می نماید. سپس به معرفی عوامل تاثیرگذار معماری در مصرف انرژی ساختمان و معرفی راهکارهای طراحی متناسب با آن ها پرداخته شده است.

فصل سوم کتاب، به تحلیل اقلیم آب و هوا و عوامل تاثیر گذار ناشی از اقلیم در طراحی ساختمان می پردازد. چگونگی استفاده از راهکارهای متناسب به اقلیم، منجر به طراحی همساز با اقلیم با شرایط بهینه ای از استفاده از شرایط اقلیمی می گردد.

کتاب پیش رو در فصل چهارم، اندازه گیری نور خورشید و راهکارهای آن در راستای طراحی سایه بان ها و استفاده از نور خورشید به صورت نور طبیعی جهت روشنایی ساختمان استفاده می شود. پی بردن به نورگیری سایت، کمک شایانی در جانمایی پانل های فتوولتائیک و استفاده از انرژی خورشیدی می کند.

در فصل پنجم، استفاده از جریان باد و راهکارهای طراحی با تکیه بر اطلاعات مربوطه، در راستای بکارگیری باد در تهویه مطلوب ساختمان و حتی استفاده از بادهای غالب در راستای تولید انرژی جهت مصارف ساختمان ارائه می گردد.

فصل ششم، ضمن ارائه تعاریف و معرفی کیفیت های نور در فضاهای داخلی، با تاکید بر استفاده مناسب از نور جهت تامین آسایش بصری افراد، راهکارهایی را معرفی می نماید که با استفاده از آنها طراحان بتوانند به مناسب ترین نورپردازی نائل گردند.

بطور کلی در تدوین و گردآوری مطالب سعی بر پیوستگی مطالب و تفهیم آنها به صورت جامع و کامل گردیده است تا خوانندگان و استفاده کنندگان گرامی بتوانند با یادگیری و به کار بستن آنها به هدف مهم که غایت نهایی این مجموعه می باشد نائل گردند. این هدف طراحی بر پایه دانش شناخت بستر طراحی و استفاده هر چه تمام تر از پتانسیل های موجود در آن است.

با امید به پیشرفت روزافزون کشور عزیزمان و سربلندی در تمام زمینه های علمی، مولفین کتاب سعی بر برداشت گامی در این راستا و تامین پشتوانه علمی جهت دانشجویان گرامی تحصیلات تکمیلی نموده اند.

فصل اول

ساختمان با کارایی بالا

تأثیرات محیطی و ساختمان

در بخش اول، مباحث مفهومی شامل طراحی پایدار، طراحی ساختمان‌های با کارایی بالا (کارا) معرفی می‌شود. پیش از آنکه در مورد چگونگی آنالیز یک ساختمان کارا صحبت شود، عوامل مؤثر در آنالیز عملکرد ساختمان^۱ و مؤثر در مدل‌سازی بر اساس اطلاعات ساختمان^۲ معرفی می‌شوند. سؤالات کلیدی زیر را در ذهن خود نگاه دارید:

چگونه BPA با BIM مقایسه می‌شود؟

چگونه آنالیز عملکرد ساختمان با مدل‌سازی بر اساس اطلاعات ساختمان مقایسه می‌شود؟

تأثیرات ارزشمندی که ساختمان بر روی محیط دارند چه هستند؟

چگونه تصمیمات طراح بر روی محیط تأثیر می‌گذارد؟

مدل‌سازی اطلاعات ساختمان چیست؟

مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) فرآیند توسعه و تولید مدل رایانه‌ای به‌منظور شبیه‌سازی برنامه‌ریزی، طراحی، ساخت و عملیات اجرا می‌باشد. مدل به‌دست‌آمده از BIM، یک مدل دیجیتال غنی از داده، شیء‌گرا، هوشمند و پارامتریک است که هر کدام از برون‌دادهای بصری و داده‌های آن برای پاسخ‌گویی به نیازهای متنوع کاربران متخصص می‌باشد. به این صورت که کاربر می‌تواند نماها و داده‌های مورد نیاز خود را از مدل BIM استخراج و پردازش کرده و در نتیجه به اطلاعاتی که برای تصمیم‌سازی و ارتقای فرایند ارائه و بررسی امکانات مربوط است، دست یابد.

تفاوت اساسی مابین BIM و 2D CAD آن است که در مدل دو بعدی CAD یک بنا با نماهای دوبعدی مستقل مانند پلان‌ها، نماها و مقاطع توصیف می‌گردد؛ اصلاح در هر کدام از نماهای دوبعدی نیازمند بازبینی و به‌روزرسانی دیگر نماها می‌باشد در نتیجه یک فرآیند خطاپذیر ایجاد می‌شود که خود علتی برای ضعف اسناد نهایی ساختمان می‌باشد. علاوه بر این داده‌ها در این مدل دوبعدی، ترسیماتی دارای موجودیت صرفاً گرافیکی همانند خط، کمان، دایره و... هستند و در مقابل آن مدل BIM یک مدل هوشمند، زمینه‌گرا و معنایی است که اشیا در آن برحسب اجرا و سامانه‌های ساختمانی از جمله فضاها، دیوارها، تیرها، ستون‌ها، لوله‌ها، کانال‌ها و ... تعریف می‌شوند.

^۱ BPA

^۲ BIM

مزیت‌های BIM

مزیت کلیدی BIM، دقت هندسی در ارائه پخش‌های مختلف ساختمان در یک محیط داده یکپارچه می‌باشد. دیگر مزیت‌های آن عبارت‌اند از: فرآیندهای مؤثرتر و سریع‌تر: اطلاعات بسیار ساده‌تر به اشتراک گذاشته می‌شوند و می‌توانند ارزش افزوده ایجاد کرده و دوباره مورد استفاده قرار گیرند. طراحی بهتر: پیشنهادها طراحی می‌توانند، با دقت زیاد تحلیل، شبیه‌سازی‌ها با سرعت انجام و عملکردها با اطمینان زیاد ارزیابی شوند. این موارد همگی موجب ارتقا توانایی‌ها و راه‌حل‌های نوآورانه می‌شود. هزینه‌ها و داده‌های محیطی کنترل‌شده: عملکردهای محیطی بسیار قابل پیش‌بینی می‌شوند و همین‌طور هزینه‌های چرخه حیات بهتر فهم می‌گردد. کیفیت بهتر تولید: در این مدل برون‌دادهای نهایی انعطاف‌پذیر هستند. خدمت بهتر به مشتری: طرح پیشنهادی با توجه به سه‌بعدی و بصری بودن آن برای کارفرما و بهره‌برداران قابل فهم‌تر می‌باشد. داده‌های چرخه حیات: احتیاجات، طراحی، ساخت و اطلاعات عملیاتی می‌توانند در مدیریت منابع و امکانات مورد استفاده قرار گیرند. کاهش هزینه‌های اجرا: بر اساس آمار دولت فدرال آمریکا با به‌کارگیری BIM در صنعت ساختمان بیش از سه درصد در هزینه‌های اجرای پروژه‌های ساختمانی صرفه‌جویی می‌شود. بانک اشیا و اجزای ساختمانی: با به‌کارگیری BIM شرکت‌ها و سازندگان تجهیزات ساختمانی می‌توانند اطلاعات مدل شده محصولات خود را به آسانی در اختیار طراحان و متخصصین قرار دهند.

آنالیز عملکرد ساختمان^۱

مدل‌سازی بر اساس اطلاعات ساختمان راهکاری برای طراحی است که از مدل‌سازی هوشمند سه‌بعدی برای خلق، بهبود بخشیدن، اشتراک‌گذاری و هماهنگ کردن اطلاعات در حین روند پروژه استفاده می‌کند. به‌علاوه برای اینکه روند طراحی بهینه‌تری به وجود بیاید، **مدل‌سازی اطلاعات ساختمان** برای طراحی پایدار ابزاری بسیار مناسب است که می‌تواند با آزمون‌ها و آنالیزهای تکرار شونده در طول طراحی، نتیجه طرح را بهبود بخشد. این روند، در دنیا به‌عنوان «آنالیز عملکرد ساختمان» یا "BPA" شناخته می‌شود. اگر از این ابزار به‌خوبی استفاده شود، BPA می‌تواند برای دستیابی به معیارهای پایدار طراحی به طراح کمک کند.

مدل‌ها تقریبی از واقعیت

تمامی مدل‌ها تقریبی از واقعیت هستند. فهم آنکه مدل طراحی شده چگونه به‌صورت تقریبی به واقعیت نزدیک خواهد شد، می‌تواند به ساخت ساختمانی با عملکرد بالا کمک کند. اینکه طراح بداند با اضافه کردن چه نوع اطلاعاتی بر مدل‌سازی اولیه، می‌تواند آن را به واقعیت نزدیک کند، هدف اصلی فهم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان است.

^۱ BPA



تصویر ۱-۱ مدل سازی بر اساس اطلاعات ساختمان می تواند برای بهینه سازی و همین طور برای به تصویر کشیدن یک ساختمان به کار برده شود. شاید این مدل، در ظاهر تنها نمایی تصویری از ساختمان باشد اما در عمل از این مدل می توان برای ساخت و یا آنالیز عملکرد نیز استفاده کرد.

جورج ای. پی^۱ معتقد است: «تمامی مدل ها اشتباه هستند اما بعضی دیگر مفید هستند!» همین امر برای مدل سازی بر اساس اطلاعات ساختمان نیز صادق است و کلید اصلی بهینه کردن و مفید کردن طراحی تا جای ممکن، محسوب می شود. برای مثال یک مدل زمانی مفید قلمداد می شود که قابلیت پیش بینی رخدادهای و مشاهدات آینده را داشته باشد و به کنترل پیشامدهای آینده کمک کند یا مشاهدات^۲ گذشته را توضیح دهد.

I در BIM

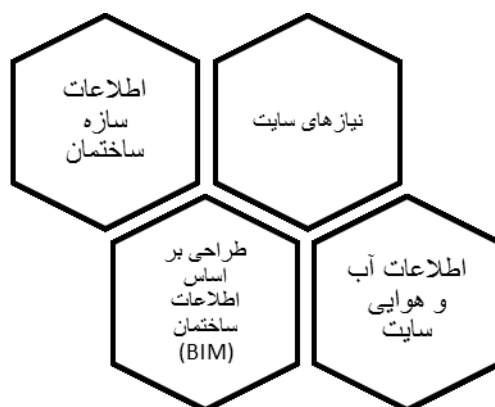
در مدل سازی بر اساس اطلاعات ساختمان، «اطلاعات»، تمام ویژگی های مدل را در خود حفظ می کند. تمامی داده های پیشین در این بخش قابل بررسی است.

اطلاعات شامل هندسه (فرم و ترکیب بندی)، ویژگی های فیزیکی مصالح (ساخت دیوارها، ویژگی های حرارتی، ویژگی های بصری)، انواع فضاها در ساختمان و برنامه استفاده از هر بخش ساختمان می شود. دیگر ورودی ها می توانند قسمتی از مدل باشند، شامل موقعیت ساختمان، اطلاعات آب و هوایی منطقه که اطلاعاتی را از آب و هوای منطقه و دمای آن، مسیر حرکت خورشید و الگوی باد غالب.

با استفاده از این اطلاعات، از موتورهای آنالیزگر می توان به راحتی استفاده کرد، بدین صورت اندازه سامانه تهویه مطبوع، مصرف آب، سایه اندازی، میزان دریافت نور و روشنایی را می توان راحت تر محاسبه و آنالیز کرد. همین طور می توان تصمیمات طراحی مناسب تری با آنالیز و ثبت اطلاعات عملکرد مورد انتظار از ساختمان بدست آورد. مدل BIM تمام اطلاعات مربوط به ساختمان شامل ویژگی های فیزیکی-عملکردی آن و اطلاعات چرخه حیات پروژه را به صورت یک سری از اشیاء هوشمند در اختیار دارد. برای مثال یک دستگاه تهویه مطبوع در مدل BIM دارای داده هایی در رابطه با میزان عملکرد و روند تعمیر و نگهداری، سرعت جریان هوا و نیازهای پاک سازی و... آن می باشد.

¹ Statistician George E.P. Box

² Observation



تصویر ۱-۲ مدل سازی بر پایه اطلاعات ساختمان، از یک مدل به عنوان الگوی مرکزی استفاده می کند. از این الگو می توان در راستای تهیه نقشه ها و کاربردهای مختلف بهره برد.

یک مدل BIM هندسه بنا، ارتباطات فضایی، اطلاعات جغرافیایی، مقدار و ویژگی های اجرای ساختمان، تخمین هزینه ها، لیست مواد مورد نیاز و جداول پروژه را مشخص می سازد. همچنین این مدل می تواند کل چرخه حیات ساختمان را نشان دهد که در نتیجه، مقادیر و ویژگی های مواد می تواند به سرعت و سهولت از مدل BIM استخراج گردد و همین طور محدوده و بخش های مختلف کار به سادگی قابلیت جداسازی و تعریف مجدد دارند. سامانه ها و ترتیب ها می تواند در مقیاس در ارتباط با کل و یا گروهی از امکانات ساختمان نمایش داده شوند. همین طور اسناد ساخت مانند ترسیمات، دیتیل های تهیه شده، فرآیندهای پیشنهاد شده و دیگر مشخصات می تواند به سادگی به یکدیگر ارتباط پیدا کنند.

دیاگرام زیر رابطه میان BIM و BPA را نشان می دهد. همین طور در دیاگرام می بینیم چه نوع از آنالیز عملکرد ساختمان می توانند در نظر گرفته شوند. از دسته های دیگر مطالعات عملکردی ساختمان، می توان به مطالعات نور روز و تابش خورشیدی اشاره کرد. این مطالعات می توانند طراحی ساختمان را بهبود بخشند. این مطالعات بر آنالیز انرژی ساختمان جزء تأثیرگذارترین عوامل هستند.

با استفاده از مدل سازی ریاضیاتی (ریاضی)، BPA و BIM می تواند به طراحان کمک کند تا عملکرد و هزینه ساختمان را در طول دوره طراحی ساختمان پیش بینی کند.

ارتباط میان ابزارهای BIM و BPA می تواند تجزیه و تحلیل ها را با سرعت بیشتری صورت داده و در نتیجه تعداد بیشتری آنالیز در طول طراحی انجام می شود. بدون لینک مستقیم به مدل سازی اطلاعات ساختمان، تجزیه و تحلیل انرژی ممکن است درگیر روابط وقت گیر و هزینه بر هندسه دو بعدی پلان شود.

یکی از بهترین قسمت های BIM این است که عملکرد ساختمان را در قدم های اولیه طراحی می توان تجزیه و تحلیل کرد، با این روش اگر طرح تغییر کند مخارج کمتری خواهد داشت.

استفاده از عملیات های پارامتریک مدل سازی را آسان تر می کند.

به وجود آوردن هندسه طراحی در روند مدل سازی اطلاعات ساختمان گاهی به صورت پارامتریک صورت می گیرد. این روند بدان معناست که عناصر مرتبط با طراحی، با پارامترهای شناسایی شده ای متصل می شوند و یا ارتباطی میان اجزا به پارامترهایی تعبیر می شود. (برای مثال، می توان عنصر سازه ای ساخت که با عناصر دیگری هم تراز و یا اندازه شود)