مطالعات محیطی هفت حصار شماره سی‌وپنجم/ سال دهم/ بهار ۱۴۰۰
صفحات ۱۳۲-۱۱۵

دستیابی به معماری سبز از طریق بکارگیری BIM

(مطالعه موردی: دانشکده معماری- شهرسازی، عمران و مکانیک دانشگاه علم و صنعت ایران)

محمد بهزادپور*، مهدی خاکزند**

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۱۱/۱۶
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۲/۱۰

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-24]

مقاله پژوهشی- مورد پژوهی

©: IAUH

ISSN: 2322-5602

[DOR: 20.1001.1.23225602.1400.9.35.9.9]

[DOI: 10.52547/hafthesar.9.35.9]

چکیده

امروزه استفاده از مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) در کشورهای پیشرفته رواج فراوانی یافته، در حالی که در کشور ایران کاربرد نرم-افزارهای بر پایه BIM، به دلایلی کمتر مورد توجه قرار گرفته است. این مهم در حالی است که با افزایش جمعیت (حاصل از گسترش روزافزون شهرها) و عدم وجود نشریه‌ی بومی (مدل‌سازی اطلاعات ساختمان) شاهد ساخت‌وسازهایی مغایر با استانداردهای جهانی (معماری و انرژی) بوده که این مهم منجر به استفاده بیش از حد سوخت‌های فسیلی, تولید بیشتر دی‌اکسیدکربن و در نهایت گرم شدن کره زمین خواهد شد. مجموعه عوامل بالا موجب افزایش سطح آسیب‌رسانی بر محیط زیست می‌شود که کشورهای جهان را بیش از پیش با مشکل کمبود انرژی روبه‌رو ساخته و حیات بشر را تهدید می‌کند. با توجه به مسائل مطروحه و اهداف تحقیق، از جمله خروجی‌های مهم تحقیق حاضر می‌توان به شناسایی شاخص‌های بومی معماری سبز در شهر تهران اشاره کرد. در پژوهش حاضر در وحله‌ی اول به مطالعات کتابخانه‌ای و جمع‌آوری داده‌های مرتبط با اهداف پژوهش پرداخته شده، سپس شناسایی شاخص‌های بومی معماری سبز در ایران از طریق روش دلفی با ضریب همبستگی Kendall's Wa در نرم افزار SPSS بصورت جدول Test Statistics تبیین گردید، در نهایت پس از مدل‌سازی ساختمان دانشکده معماری-شهرسازی، عمران و مکانیک دانشگاه علم و صنعت ایران در نرم‌افزار Autodesk Revit 2021؛ با بهره‌گیری از نرم‌افزار DesignBuilder آنالیز میزان تولید دی‌اکسیدکربن شبیه‌سازی گشت. نتایج و تحلیل‌های حاصل از پژوهش نشان می‌دهد، میزان تولید دی‌اکسیدکربن در ساختمان منتخب در طی یکسال برابر با ۱۳۶۱۷۹۶۹۵/۴ کیلوگرم خواهد بود که از این میزان ۴۸۴۷۵۸۷۱/۴ کیلوگرم در فضاهایی با طراحی بهینه و میزان قابل توجهی از آن برابر با ۸۷۷۰۳۸۲۳/۹۷ کیلوگرم در فضاهایی بدون بهینه‌سازی مصرف انرژی حاصل شده است. بنابراین باید گفت، در زمینه مدل‌سازی اطلاعات ساختمان سبز در ایران؛ به علت عدم تدوین راهنمای بومی (بر حسب مصرف انرژی) توسط متولیان مربوطه، منجر به خطر افتادن اکوسیستم محیطی که یک سرمایه جهانی است می‌شود؛ در انتها جهت حفظ اکوسیستم راهکار بهره‌گیری از سیستم «مدیریت پروژه سبز» (GPM) با استفاده از متدولوژی PRISM که یک رویکرد مدیریت پروژه با محوریت توسعه پایدار است، پیشنهاد می‌گردد، تا بدین شکل اثرات منفی ساختمان‌سازی بر محیط زیست کاهش یابد.

واژگان کلیدی

مدل سازی اطلاعات ساختمان BIM، معماری سبز، مصرف انرژی، محیط زیست.

* پژوهشگر دوره پسادکتری معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران. mohammad_behzadpour@mail.iust.ac.ir
** دانشیار معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران. (نویسنده مسئول) mkhakzand@iust.ac.ir

مقدمه

حفظ محیط زیست و صرفه‌جویی در مصرف سوخت‌های فسیلی، به یک رویکرد بسیار مهم و رایج در سطح بین‌الملل تبدیل شده است. از سویی با توجه به افزایش جمعیت جهان به خصوص در شهرها همچنین کمبود انرژی در کنار مسائلی همانند (گرم شدن کره زمین، گستردگی شهرها، آلودگی هوا و ساختمان‌های متراکم و فشرده)؛ مشکلات موجود را به معضلی سخت و دشوار تبدیل کرده که انسان معاصر با اکراه، ناچار به پذیرش آن به عنوان میراث قرن حاضر خواهد بود. اکنون در سراسر جهان، استفاده از روش‌های ساخت با کمترین میزان آثار مخرب بر محیط زیست، مورد توجه قرار گرفته است؛ طبق آخرین گزارش صندوق بین المللی توسعه؛ کشور ایران از نظر شاخص‌های پایداری محیط زیست با کسب رتبه ۱۳۲ در بین ۱۴۶ کشور جهان، در انتهای جدول جهانی قرار گرفته است (کراچیان، ۱۳۹۵) با کمی تأمل بر این موضوع باید گفت که وضعیت فعلی ایران در میان سایر کشورهای جهان به لحاظ میزان مصرف انرژی و تولید بیش از حد دی‌اکسیدکربن که مجموع این عوامل موجب به خطر افتادن محیط زیست جهانی می‌گردد، بسیار تکان دهنده و نامطلوب است؛ حال پرسش اصلی پژوهش بدین شکل مطرح می‌گردد؛ شاخص‌های اصلی جهت شناسایی آئین نامه‌های بومی (معماری سبز) و مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) به منظور کاهش اثرات مخرب صنعت ساختمان بر محیط زیست کدامند؟ با توجه به وضعیت فعلی کشور، مسئله اصلی پژوهش، عدم وجود راهنما و استانداردهای بومی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان سبز در زمینه مصرف انرژی سالیانه ساختمان‌ها در کشور ایران بوده، همچنین از اهداف اصلی پژوهش؛ شناسایی و معرفی فاکتورهای معماری سبز در ایران به منظور حفظ اکوسیستم جهانی می‌باشد. اهمیت و ضرورت موضوع به منظور حفظ محیط زیست می‌تواند هشدار جدی برای سایر کشورهای جهان سومی که تاکنون اقدامی برای تدوین آئین‌نامه‌های بومی کشور خود نکرده‌اند، به همراه داشته باشد. از این‌روی نتایج حاصل از پژوهش حاضر، نه تنها برای کشور ایران بلکه می‌تواند برای دهکده جهانی به صورت کاربردی (جهت حفظ محیط زیست به عنوان یک سرمایه جهانی) مفید و تاثیرگذار واقع شود.

مروری بر پیشینه پژوهش: پژوهش‌های متعددی در ارتباط با مزایای BIM صورت گرفته است. از اینرو جدول شماره ۱، مقایسه تطبیقی پژوهش‌های پیشین را به طور خلاصه نشان می‌دهد. با توجه به مزایای مدل‌سازی اطلاعات ساختمان، می‌توان دریافت که به کارگیری این فناوری چه تأثیراتی بر صنعت ساخت و ساز کشور خواهد داشت.

جدول ۱- مقایسه تطبیقی پژوهش‌های پیشین، منبع نگارندگان

ردیف	عنوان کتاب/پایان نامه/ پژوهش	سال	نویسنده/ نویسندگان	نتایج حاصل شده
۱	Green BIM	۲۰۰۸	Eddy Krygiel & Brad Nies	رویکرد طراحی پایدار در پروژه‌ها
۲	BIM and Integrated Design	۲۰۱۱	Randy Deutsch	BIM فصل مشترکی از هنر، دانش و تکنولوژی است
۳	BIM Handbook	۲۰۱۱	Chuck Eastman et al.	معرفی حدود BIM و تعریف خطوط راهنمای مدلسازی اطلاعات ساختمان
۴	BIM and Construction Management	۲۰۱۵	Brad Hardin and Dave McCool	گردش کار با استفاده از مدل‌سازی اطلاعات ساختمان
۵	Best Practice BIM	۲۰۱۵	Dominik Holzer	بعد مدیریتی روش مدلسازی اطلاعات ساختمان
۶	Strategic sustainable development in the UK construction industry…	۲۰۱۷	Alwan, Jones, & Holgate	BIM به عنوان مدل کامپیوتری جامعی با فرآیندی مبتنی بر همکاری
۷	The future of BIM	۲۰۲۰	Dowd & Marsh,2020	BIM چندبعدی است که با افزودن استانداردهای بین‌المللی به طور فزاینده‌ای اهمیت پیدا می‌کند و از طریق آموزش با هدف ایجاد اقتصاد دیجیتال گسترش می‌یابد

در تحقیقاتی تحت عنوان "Green BIM" که رویکرد طراحی پایدار در پروژه‌ها را با استفاده از روش مدلسازی اطلاعات ساختمان مدنظر قرار داده و با ذکر روند کاری نمونه‌ی اجرا شده، به بررسی دیدگاه خود پرداخته است (Krygiel & Nies,2008). کتاب "مدل‌سازی اطلاعات ساختمان سبز" ترجمه‌ی فارسی این کتاب توسط دکتر مهدی روانشادنیا و مهران قنبری مطلق است. در پژوهشی دیگر تحت عنوان " BIM

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-24]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1400.9.35.9.9]
[DOI: 10.52547/hafthesar.9.35.9]

and Integrated Design" با این رویکرد که BIM فصل مشترکی از هنر، دانش و تکنولوژی است، این روش را مورد مطالعه قرار داده است و سپس با معرفی نمونه‌های مختلف انجام شده با این روش، به بررسی دیدگاه خود در آن پروژه‌ها، می‌پردازد (Deutsch, 2011).

بر اساس مطالعات صورت گرفته کتاب "BIM Handbook" را می‌توان یکی از مهم‌ترین و جامع‌ترین منابع در مورد روش مدل‌سازی اطلاعات ساختمان نامید که ضمن معرفی حدود BIM به تعریف خطوط راهنمای مدل‌سازی اطلاعات ساختمان برای مالکان، مدیران، طراحان، مهندسان و سازندگان می‌پردازد و با ذکر نمونه‌هایی، اجرای این روش به صورت عملی و در پروژه‌های حقیقی، نمایش داده شده است (Eastman et al.,2011) کتاب " BIM تحول صنعت ساخت در هزاره سوم"، نوشته‌ی علی ضیایی منبعی فارسی در این زمینه است که در واقع ترجمه‌ی محدودی از این کتاب به شمار می‌آید. در تحقیقات دیگری به نام "BIM and Construction Management" به دلایل استفاده از روش‌های تکنولوژی محور و به طور مشخص، به روش مدلسازی اطلاعات ساختمان در پروژه‌ها پرداخته و در آن چگونگی گردش کار که با استفاده از این روش در پروژه ها برقرار می‌شود ذکر شده است (Hardin & McCool, 2015) همچنین طبق بررسی های صورت گرفته می‌توان کتاب "Best Practice BIM"، را به عنوان منبعی برای تعریف بعد مدیریتی روش مدل‌سازی اطلاعات ساختمان برای معماران، مهندسان و سازندگان نامید که در واقع خطوط راهنمایی را به منظور هدایت مخاطبین خود در حیطه‌ی مدیریتی پروژه‌ها مشخص می‌کند (Holzer, 2015).

به طور کلی سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان، فناوری نوینی جهت طراحی و تولید اجزاء ساختمان در صنعت ساخت و ساز مهیا می‌کند. این سیستم از مدل کامپیوتری جامعی با فرآیندی مبتنی بر همکاری در مقابل مجموعه ترسیمات جداگانه سنتی طراحی ساختمان، بهره می‌برد (Alwan, Jones, & Holgate, 2017). همچنین می‌توان به کتاب "The future of BIM"، اشاره کرد که مدل‌سازی اطلاعات ساختمان را یک فرآیند چند بعدی می‌داند که اجازه می‌دهد ابعاد اضافی داده‌ها به یک مدل متصل شوند در نتیجه درک کاملی از پروژه را فراهم می‌کند. نتایج پژوهش‌های کتاب مذکور نشان می‌دهد ابعاد BIM که توسعه یافته‌اند عبارتند از طراحی[1]، زمان[2]، هزینه[3]، پایداری[4]، مدیریت امکانات[5] و حفظ سلامتی و امنیت[6] که با افزودن اطلاعات جدید به مدل، نقش استانداردهای بین‌المللی مانند استاندارد اندازه‌گیری ساخت و ساز[7] به طور فزاینده‌ای اهمیت پیدا می‌کند. برای بهره‌گیری از دیجیتالی‌سازی مداوم محیط ساخته شده، چالش‌های آموزشی وجود دارد که باید توسط دانشگاه‌ها، ارگان‌های حرفه‌ای، سازمان‌ها و افراد رفع شود. همچنین روش‌های جدیدی برای فراهم آوردن مهارت‌های لازم برای پذیرش اقتصاد دیجیتال در اختیار مردم قرار گیرد. این اتفاق ممکن است به معنای تغییر در دوره‌های آموزشی و ارائه صلاحیت‌های حرفه‌ای برای کسانی باشد که وارد صنعت می‌شوند (Dowd & Marsh,2020). از اینروی در پایان (جمع بندی بخش مطالعات صورت گرفته در حوزه (BIM) مدل سازی اطلاعات ساختمان) می‌توان به این مهم اشاره کرد که سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان، تکنولوژی جدیدی جهت (طراحی و تولید اجزاء ساختمان) در اجرای یک پروژه ساختمانی محسوب می‌شود. این مهم می‌تواند محاسبات دقیقی پیش از اجرای یک ساختمان در قسمت‌های مختلف اعم از (معماری, عمران, مکانیک و برق) لحاظ نماید, که بر اساس محاسبات مذکور, متغییرهایی نظیر (زمان اجرا, هزینه‌ی اجرا, سرمایش, گرمایش و مصرف انرژی) پیش از ساخت یک پروژه مشخص گردد, از طرفی می‌توان به سهولت تعمیرات یک ساختمان پس از اجرا (به منظور شناسایی مسیرهای لوله های تاسیساتی) نیز اشاره کرد.

مبانی نظری پژوهش

معماری سبز (پایدار): در واکنش به گرم شدن کره زمین، کمبود منابع انرژی و چالش‌های تخریب محیط زیست؛ بشر همواره در تلاش است، ساختمان‌هایی سبز با حداقل میزان تولید دی‌اکسیدکربن و شهرهایی با رویکرد حفظ سلامت محیط زیست را رواج دهد. در واقع ساختمان سبز، به کل چرخه‌عمر ساختمان اشاره دارد که شامل حداکثر صرفه‌جویی در (منابع انرژی، آب، زمین و مواد؛ حفاظت از محیط زیست، کاهش آلودگی، استفاده کارآمد از فضا) برای افراد و در نهایت ایجاد هماهنگی میان طبیعت و انسان است (Bonenberg and Wei, 2015) معماری سبز، درک معماری سازگار با محیط را در تمامی دسته بندی‌ها تعریف می‌کند و حاوی رضایت جهانی است (Burcu, 2015) در روند اجرای معماری سبز، می‌توان از روش‌های طراحی پایدار برای تجزیه و تحلیل تأثیرات ساختمان‌های سبز، استفاده کرد. امروزه تلفیق طرح‌ها و سازه‌های فناوری سبز، به منظور طراحی و ساخت؛ منطقی‌تر و بهینه‌تر خواهد بود (Bernstein, Jones and Russo2010)

روش‌های طراحی پایدار در BIM برای تجزیه و تحلیل تأثیرات ساختمان‌های سبز، از جمله تمام جنبه‌های روشنایی، بهره‌وری انرژی، پایداری مواد و سایر عملکردهای ساختمان، استفاده می‌شود (Krygiel and Nies, 2008) روش‌های مورد استفاده در مطالعات هزینه و سود ساختمان سبز را می‌توان از نظر جمع‌آوری داده‌ها و رویکرد تحلیلی، به طرق مختلف، دسته‌بندی کرد. هر روش دارای مزایا و معایب خود با قابلیت‌های واگرا می‌باشد (Khoshbakht, Gou and Dupre, 2017) جدول ۲، اصول معماری سبز (پایدار) را نشان می‌دهد.

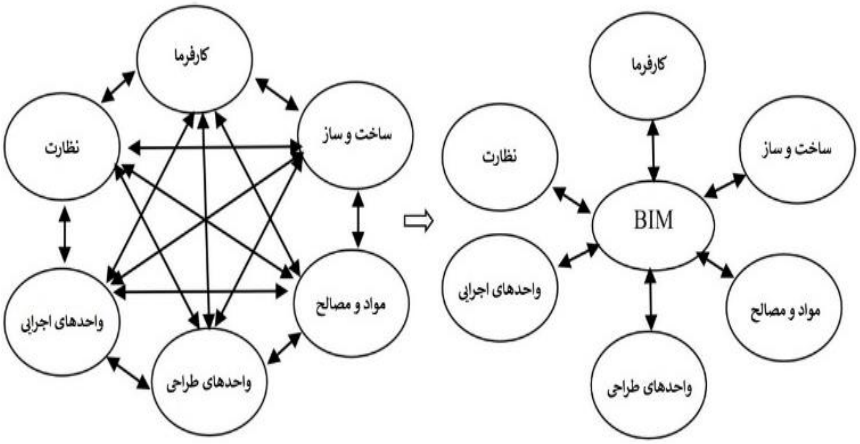
[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-24]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1400.9.35.9.9]
[DOI: 10.52547/hafthesar.9.35.9]

جدول ۲- اصول معماری سبز (پایدار)؛ منبع نگارندگان

صرفه جویی در مصرف منابع	حفظ چرخه حیات زیست		آسایش انسانی
حفاظت از انرژی	درک محیط	احترام به کاربران	کل گرایی
کاهش استفاده از منابع انرژی تجدیدناپذیر	ارتباط با طبیعت	درک مردم	کیفیت گرایی
هماهنگی با اقلیم	درک تأثیرات محیطی	ایجاد روند مشارکتی در طراحی	توجه به آینده
	احترام به سایت		توجه به محیط

BIM[۸]: مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM)، اشتراک اطلاعات و تبادل رسانه‌ها است. مهم‌تر از همه، یک کار و روش همکاری جدید با ایجاد سیستم کنترل کیفیت و استفاده در مرحله ساخت می‌باشد که می‌تواند به طور مؤثر از کیفیت ساخت محافظت نماید. با توجه به کیفیت تشکیلات؛ کنترل پروژه به سه قسمت کنترل قبلی، کنترل در فرایند ساخت و کنترل پس از ساخت برای معرفی کاربرد خاص تقسیم می‌شود (Junying Lou et al, 2016) نمودار شماره ۱، تأثیر BIM را در برقراری ارتباط میان عوامل مختلف یک پروژه را نشان می‌دهد.

نمودار ۱- تأثیر BIM در برقراری ارتباط میان عوامل مختلف یک پروژه



روش‌های طراحی سنتی که غالباً بدون ارزیابی انرژی انجام می‌گردید، امروزه با اهمیت یافتن میزان مصرف انرژی و نتایج حاصل از آن؛ قابل اطمینان نیستند. اقتصاد براساس معماری سبز و اهداف توسعه پایدار؛ مدل‌سازی اطلاعات ساختمان با توجه به چرخه عمر آن به صورت یک واحد مجزا می‌تواند در ارتباط با یک شهر به کار گرفته شود (Gang Zhou et al, 2020) در کنار مدل‌سازی اطلاعات ساختمان، باید مدیریت طراحی ناب نیز وجود داشته باشد که براساس آن، پیمانکار از همان ابتدای پروژه، جزئیات دقیق را درخواست کند تا درک مشترک بین دست اندرکاران یک پروژه را افزایش دهد (Uusitalo et al, 2019) امروزه، مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM)، به الگویی ثابت برای توسعه روش‌های پیشرفته در تحویل پروژه تبدیل شده است. پروژه‌هایی که با این روش انجام می‌شوند، مجموعه‌ای از داده‌های ساختمانی با حساسیت بسیار بالا، از نظر هندسه و موقعیت؛ دارای قابلیت شناسایی منحصر به فرد، همراه با انبوهی از فراداده‌های توصیفی و قابل اجرا را در دسترس قرار می‌دهند (Gubbi et al, 2013) این ابزار قدرتمند تقریباً دو دهه طول کشیده است که به وضعیت فعلی برسد (2015 ,Borrmann et al) و فعالیت‌هایی که در آن انجام می‌پذیرد شامل تولید و پردازش نمایه‌های دیجیتالی به منظور توصیف فضاها و عملکردها است. نتیجه حاصل از مدل‌سازی اطلاعات ساختمان، دست اندرکاران را از اولین مراحل ایده‌پردازی از طراحی تا مراحل ساخت و در نهایت بهره‌برداری در تمام طول پروژه یاری می‌رساند (گلابچی و همکاران، ۱۳۹۵) برای مدل‌سازی اطلاعات ساختمان(BIM)، نرم افزارهای متعددی در دنیا مورد استفاده قرار می‌گیرند. در انگلستان از سال ۲۰۱۳، استفاده از نرم افزار Revit با ۴۹٪، بیشترین میزان کاربر را دارست (BIMtalk, 2013) و در کشور آمریکا طبق پژوهش انجام شده در سال ۲۰۱۲، استفاده از نرم‌افزارهای تحت Autodesk با ۲۷٪، بیشترین میزان مصرف را از آن خود کرده است (Becerik- Gerber & Rice 2012)

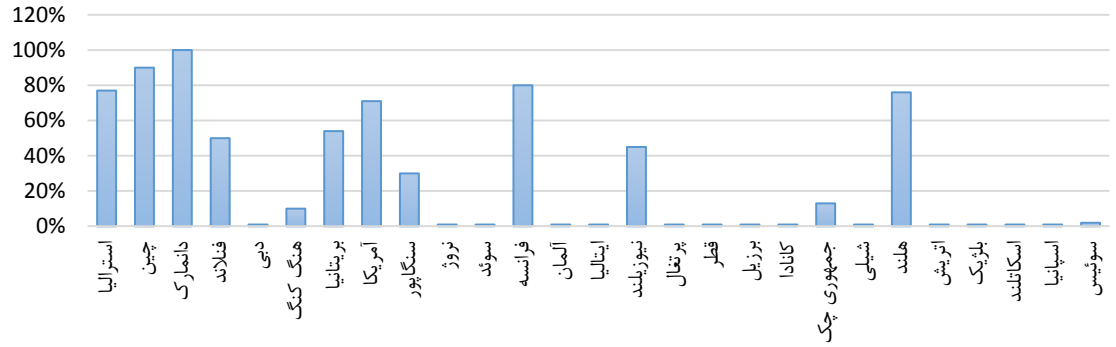
از اینروی می‌توان نرم افزار Autodesk Revit را به عنوان یک راهکار کارآمد در زمینه‌ی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان نام برد. چرا که کاربران بیشتری را جذب خود کرده است. جدول ۳، میانگین درصد استفاده از هر یک از نرم افزارهای بر پایه BIM را طی پژوهش‌های انجام شده در کشورهای (انگلستان و آمریکا) همچنین نمودار ۲، بررسی سیر تکاملی استفاده از BIM را در سایر کشورها نشان می‌دهد.

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-24]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1400.9.35.9.9]
[DOI: 10.52547/hafthesar.9.35.9]

جدول۳- میانگین استفاده از نرم‌افزارهای بر پایهBIM در انگلستان(BIMtalk, 2013)و آمریکا (Becerik- Gerber & Rice 2012) نگارندگان

ردیف	نام نرم افزار	کشور		میزان استفاده	ردیف	نام نرم افزار	کشور		میزان استفاده
		انگلیس	آمریکا				انگلیس	آمریکا	
۱	Revit	*	–	٪ ۴۹	۱۰	Graphisoft	--	*	٪ ۱۴
۲	IFC	*	–	٪ ۱۳	۱۱	Bently	–	*	٪ ۶
۳	Bently	*	–	٪ ۱۰	۱۲	Navisworks	–	*	٪ ۹
۴	Archi Cad	*	–	٪ ۱۸	۱۳	Vectorworks	–	*	٪ ۴
۵	Vectorworks	*	–	٪ ۱۰	۱۴	Sefaria	--	*	٪ ۲
۶	Autodesk	–	*	٪ ۲۷	۱۵	Share Point	–	*	٪ ۶
۷	Box	–	*	٪ ۲	۱۶	Solibri	–	*	٪ ۳
۸	Buzzsaw	–	*	٪ ۱۲	۱۷	Tekla	–	*	٪ ۸
۹	Dropbox	–	*	٪ ۴	۱۸	Aconex	–	*	٪ ۳

نمودار ۲- بررسی سیر تکاملی استفاده از BIM در سایر کشورها؛ منبع نگارندگان



طبق نمودار فوق، چین از جمله کشورهای پیشرو در استفاده از مدل‌سازی اطلاعات ساختمان است و همچنین دارای استانداردهای بومی‌سازی شده می‌باشد. در چین، استانداردهای مربوط به کیفیت ساخت را می‌توان به چهار نوع استانداردهای ملی، محلی، صنعتی و شرکت‌ها تقسیم‌بندی کرد که از این میان، استانداردهای ملی، معتبرترین بوده و پایه- اساس، برای سه نوع استاندارد دیگر می‌باشند (Zhiliang Ma et al,2018)

شبیه‌سازی مصرف انرژی: رویکردها و راهکارهای کاهش تراز مصرف انرژی در ساختمان، در دو بخش اصلی طراحی ساختمان‌های انرژی کارا و بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌های موجود، قابل بررسی است. با ظهور فناوری‌های مختلف، پیچیدگی و هزینه‌های اجرایی نیز افزایش یافته و تصمیم‌گیری در رابطه با انتخاب بهینه‌ترین استراتژی‌ها و راهکارهای کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌ها، اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. از سویی تعامل بین عناصر طراحی، اقلیم، کاربران، سیستم‌های سرمایش، گرمایش، تهویه و روشنایی، بسیار پیچیده است و تنها با استفاده از شبیه‌سازی تمامی عوامل مداخله‌گر در کارایی انرژی ساختمان، قابل بررسی است (Holst, 2003) به منظور طراحی ساختمان‌های با بهره‌وری انرژی، معمولاً از شبیه‌سازی انرژی ساختمان به صورت ساده، محاسبات استاتیک و شبیه‌سازی پیشرفته پویا؛ توأم با روش‌های بهینه‌سازی عملکرد ساختمان استفاده می‌شود (Schlueter & Geyer, 2018) استفاده از برنامه‌های شبیه‌سازی مصرف انرژی ساختمان به عنوان ابزار تجزیه و تحلیل عملکرد حرارتی و بصری ساختمان‌ها از ابتدای دهه هفتاد میلادی آغاز شد و به مرور بسیار گسترش یافت. با استفاده از شبیه‌سازی انرژی در فرآیند طراحی، امکان ارزیابی تمام گزینه‌ها و تصمیمات مختلف طراحی، امکان‌پذیر است. از این رو نرم افزارهای شبیه‌سازی انرژی متعددی با قابلیت‌های مختلف از ساده تا پیشرفته و نیز با سطح دقت متفاوت، طی سال‌های اخیر توسعه یافته‌اند و استفاده از آن‌ها رایج شده است. نرم‌افزار DesignBuilder از پیشرفته‌ترین و به روزترین نرم‌افزارهای مدل‌سازی انرژی ساختمان است و مصارف مختلف انرژی ساختمان از قبیل مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی، روشنایی، آب گرم مصرفی و غیره را به صورت دینامیکی مدل‌سازی می‌کند. این نرم‌افزار همچنین قابلیت محاسبه میزان روشنایی روز را داراست. موتور شبیه‌سازی این نرم افزار انرژی پلاس بوده که توسط بخش انرژی آمریکا در سال ۲۰۱۱ توسعه یافته و به عنوان یکی از معتبرترین نرم افزارهای مدل‌سازی انرژی شناخته شده است. اعتبار نرم‌افزار انرژی پلاس که موتور شبیه‌سازی DesignBuilder است براساس استانداردهای BESTEST و ASHRAE تایید شده است (زمردیان، تحصیلدوست، ۱۳۹۴)

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-24]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1400.9.35.9.9]
[DOI: 10.52547/hafthesar.9.35.9]

یافته‌ها

روش تحقیق: پژوهش حاضر از حیث هدف کاربردی و از منظر نحوه گردآوری داده‌ها از نوع تحقیقات تحلیلی؛ به شمار می‌آید که به صورت ترکیبی در دو بخش **الف) پیمایشی** به کمک روش دلفی در نرم افزار SPSS و **ب) شبیه‌سازی** در نرم‌افزار DesignBuilder پس از مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در نرم افزار Autodesk Revit 2021 صورت گرفته است. نتایج به دست آمده از وزن‌دهی شاخص‌های معماری سبز بومی- ایران با روش دلفی و با استفاده از ضریب همبستگی کندال[9] در نرم‌افزار SPSS، نشان می‌دهد که جهت طراحی و اجرای ساختمانی با رویکرد معماری سبز؛ مؤلفه‌های **(۱- توجه به اقلیم ۲- حفاظت از انرژی)** بالاترین میزان را به خود اختصاص داده‌اند. در بخش شبیه‌سازی: الف: سنجش میزان تولید گاز سمی دی‌اکسیدکربن ب: بار گرمایشی[10]، ج: بار سرمایشی[11] و در نهایت تحلیل انرژی مصرفی سالیانه[12] طبق استاندارد جهانی ASHRAE در تمامی طبقات دانشکده معماری- شهرسازی، عمران و مکانیک دانشگاه علم و صنعت ایران در نرم‌افزار DesignBuilder صورت پذیرفت. نتایج حاصل از شبیه‌سازی نشان می‌دهد، میزان مصرف انرژی در دانشکده مذکور تفاوت قابل توجهی با استانداردهای جهانی دارد. از اینروی عدم توجه به طراحی براساس اقلیم و میزان مصرف انرژی منجر به افزایش تولید گاز دی‌اکسیدکربن می‌شود. در همین راستا جهت بهبود وضعیت فعلی صنعت ساختمان در کشور و کاهش تولید گاز سمی کربن؛ راهکار مدل‌سازی اطلاعات ساختمان پیش از ساخت و تدوین راهنمای بومی (استاندارد مصرف انرژی) توسط متولیان مربوطه پیشنهاد می‌گردد. نمودار۳، **مدل** مفهومی پژوهش را نشان می‌دهد.

نمودار ۳- مدل مفهومی پژوهش؛ منبع نگارندگان

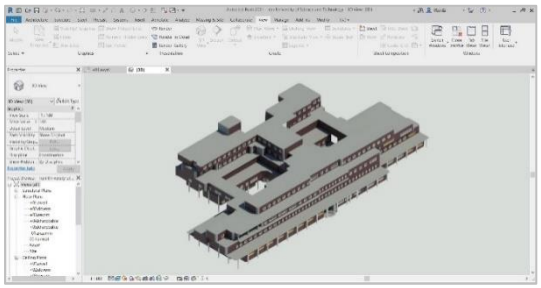


معرفی نمونه مورد بررسی: به منظور دستیابی به اهداف پژوهش برای بررسی تأثیر مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) بر کاهش مصرف انرژی؛ ساختمان دانشکده معماری- شهرسازی، عمران و مکانیک دانشگاه علم و صنعت ایران؛ انتخاب و مدل‌سازی آن در نرم افزار Autodesk Revit 2021 توسط نگارندگان، انجام گردید. هدف از انتخاب این ساختمان، بررسی وضعیت مصرف انرژی و میزان تولید دی‌اکسیدکربن حاصل از آن، طبق استاندارد ASHRAE در نرم افزار DesignBuilder می‌باشد. تصویر شماره ۱، مدل‌سازی دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه علم و صنعت ایران را در نرم افزار Autodesk Revit 2021 و تصویر شماره ۲، خروجی مدل‌سازی انجام شده در نرم‌افزار DesignBuilder را نشان می‌دهد.

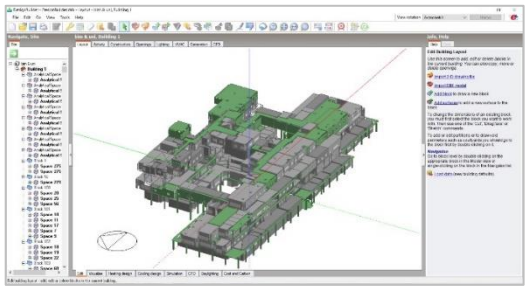
نور خورشید: نور خورشید برای ایجاد روشنایی طبیعی در ساختمان لازم است ولی از آنجا که این نور در نهایت به حرارت تبدیل می‌شود، میزان تابش مورد نیاز برای هر ساختمان باید با توجه به نوع و شرایط اقلیمی محل آن تعیین شود. تصویر شماره ۳ ، موقعیت و زوایای تابش خورشید را طبق عرض جغرافیایی ۳۵ درجه شمالی که تهران در آن واقع شده است، نشان می‌دهد و تصویر شماره ۴، نشان دهنده حرکت خورشید در ساختمانی است که در نیم‌کره شمالی قرار دارد و رو به جنوب قرار گرفته است.

طبق تصویر شماره ۳، در تابستان خورشید از شمال شرقی محوطه‌ی این ساختمان طلوع، و در شمال غربی آن غروب می‌کند و در زمستان طلوع خورشید از جنوب شرقی و غروب آن در جنوب غربی محوطه‌ی ساختمان مزبور صورت می‌گیرد و فقط در اول فروردین و اول مهرماه، خورشید کاملاً از شرق طلوع کرده و در غرب غروب می‌کند (کسمایی، ۲۵:۱۳۸۳) موقعیت و زوایای تابش خورشید، از جمله مواردی است که در جهت‌گیری ساختمان براساس اقلیم، تأثیرگذار خواهد بود.

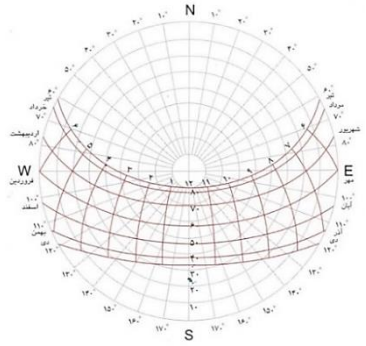
[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-24]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1400.9.35.9.9]
[DOI: 10.52547/hafthesar.9.35.9]



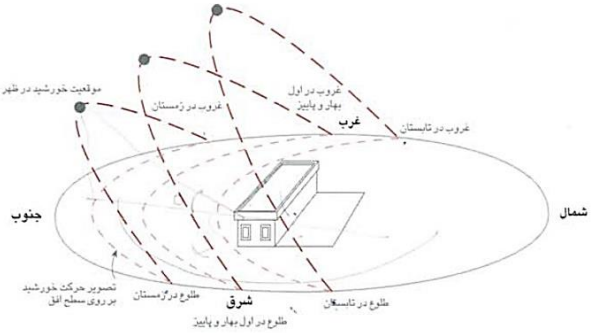
تصویر ۱- مدل‌سازی دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه علم و صنعت ایران در نرم‌افزار Revit 2021؛ منبع نگارندگان



تصویر ۲- خروجی مدل‌سازی انجام شده توسط نرم‌افزار Revit در نرم‌افزار DesignBuilder؛ منبع نگارندگان



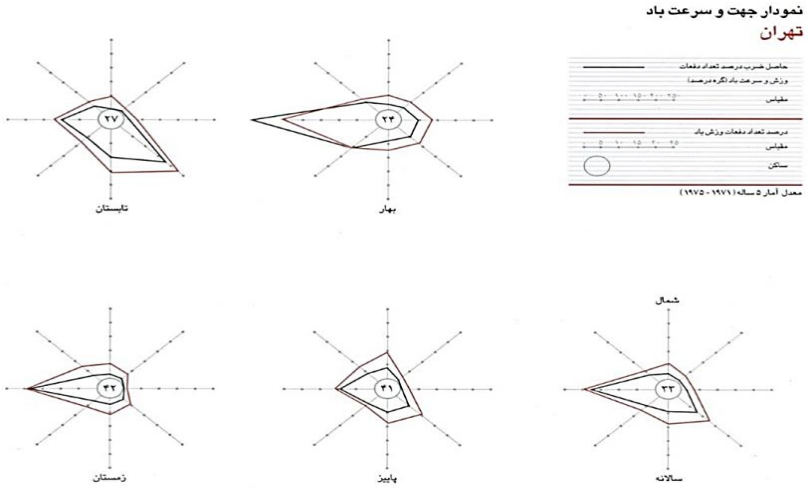
تصویر ۳، موقعیت و زوایای تابش خورشید طبق عرض جغرافیایی ۳۵ درجه شمالی؛ منبع کسمایی



تصویر ۴- موقعیت خورشید نسبت به زمین نسبت به ساختمانی که در نیم‌کره شمالی و رو به جنوب قرار گرفته است؛ منبع کسمایی

جهت و سرعت باد: ایجاد تهویه طبیعی در ساختمان به اختلاف فشاری که وزش باد در جداره‌های خارجی آن به وجود می‌آورد بستگی دارد (کسمایی، ۶۲:۱۳۸۳) نمودار شماره ۴، جهت و سرعت وزش باد را در فصول مختلف سال و به طول سالیانه در شهر تهران نشان می‌دهد. این نمودار و موقعیت زوایای تابش خورشید، در صورتی که ملاک جهت‌گیری ساختمان قرار گیرد، می‌تواند در کاهش مصرف انرژی و ارتباط مثبت ساختمان با محیط زیست، مؤثر واقع شود.

نمودار ۴- جهت و سرعت وزش باد در تهران؛ منبع کسمایی



برای طراحی ساختمانهای با بهره‌وری انرژی، معمولاً از مدل‌سازی انرژی ساختمان به صورت‌های مختلف از جمله ساده، محاسباتی، استاتیک، پیشرفته و پویا استفاده می‌شود (Schlueter & Geyer,2018) از این‌روی در پژوهش حاضر، مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در نرم افزار Revit، جهت بررسی میزان مصرف انرژی، براساس تحلیل‌های کمی صورت می‌گیرد.

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-24]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1400.9.35.9.9]
[DOI: 10.52547/hafthesar.9.35.9]

شناسایی و معرفی شاخص‌های معماری سبز بومی (تهران - ایران):

روش دلفی[۱۳] برای اولین بار در اواخر دهه ۱۹۵۰ در تحقیقی توسط شرکت U.S. RAND (Corporation-Santa Monica California) RAND برای بررسی علمی نظرات کارشناسان در مورد پروژه دفاعی نظامی معرفی شد اما به دلیل امنیتی تا ۱۲ سال بعد منتشر نگردید ولی پس از طی این دوره طولانی، به تدریج جای خود را در مطالعات علمی پیدا کرد و از اواسط دهه ۹۰ میلادی، بسیار محبوب شد(Habibi et al,2014) این تکنیک یکی از روش‌های تصمیم‌گیری گروهی است که مورد استفاده قرار می‌گیرد. هدف از این روش دسترسی به مطمئن‌ترین توافق گروهی خبرگان درباره موضوعی خاص است که با استفاده از پرسشنامه و نظرخواهی از خبرگان، به دفعات، با توجه به بازخورد حاصل از آن‌ها صورت می‌پذیرد. در واقع این روش بررسی کاملی بر نظرات خبرگان، با سه ویژگی اصلی است: پاسخ بی‌طرفانه به سوالات پرسشنامه، تکرار دفعات ارسال سوالات پرسشنامه و دریافت بازخورد حاصل از آن‌ها و تجزیه و تحلیل آماری از پاسخ به سوالات به صورت گروهی می‌باشد. در روش دلفی داده‌های ذهنی افراد خبره با استفاده از تحلیل‌های آماری به داده‌های عینی تبدیل می‌شود. این روش منجر به نیل به اجماع در تصمیم‌گیری می‌گردد و در زمینه‌های متعدد پیش‌بینی و تصمیم‌گیری، مورد استفاده قرار می‌گیرد (آذر و فرجی، ۱۳۸۷) برخی از موارد کاربرد آن عبارتند از: آینده‌نگاری فناوری، تجزیه و تحلیل خدمات دولتی، ابداعات آموزشی، طراحی و برنامه‌ریزی (اصغرپور، ۱۳۸۲) روش دلفی با مشارکت افرادی انجام می‌پذیرد که در موضوع پژوهش دارای دانش و تخصص باشند. این افراد با عنوان پنل[۱۴] دلفی شناخته می‌شوند. گزینش اعضای واجد شرایط برای پنل دلفی از مهم‌ترین مراحل این روش به حساب می‌آید زیرا اعتبار نتایج کار بستگی به شایستگی و دانش این افراد در موضوع مورد نظر دارد. بنابراین اعتبار روش دلفی، برخلاف روش‌های تحقیق پیمایشی، نه به تعداد شرکت‌کنندگان در تحقیق بلکه به اعتبار علمی متخصصان شرکت‌کننده در پژوهش بستگی دارد. این افراد برخلاف آنچه در پیمایش‌های کمی مرسوم است، بر مبنای نمونه‌گیری تصادفی انتخاب نمی‌شوند زیرا این روش سازوکاری برای تصمیم‌گیری گروهی است و نیاز به متخصصان واجد شرایطی دارد که درک و دانش عمیقی از موضوع مورد پژوهش داشته باشند. از ویژگی‌های اعضای پانل این است که با مسأله مورد بحث درگیر بوده و اطلاعات مداوم از مسئله را برای همکاری داشته باشند. حداقل تعداد شرکت‌کنندگان بستگی به چگونگی طراحی روش تحقیق دارد.

جدول شماره ۴، نتایج وزن‌دهی شاخص‌های معماری سبز بومی ایران که از روش دلفی و با استفاده از ضریب همبستگی کندال[۱۵] در SPSS به دست آمده را نشان می‌دهد. لازم به ذکر است استفاده از ضریب همبستگی کندال در پژوهش حاضر، به دلیل ماهیت رتبه‌ای داده‌هامی‌باشد.

جدول۴، نتایج به دست آمده از وزن‌دهی شاخص‌های معماری سبز با روش دلفی و با استفاده از ضریب همبستگی کندال در SPSS؛ منبع:نگارندگان

Ranks	Mean Rank
حفاظت از انرژی	4.10
کار با اقلیم	4.35
کاهش استفاده از منابع جدید	1.55
احترام به کاربران	3.20
احترام به سایت	3.80
کل گرایی	4.00

Test Statistics	
N	10
Kendall's W[a]	.542
Chi-Square	27.117
df	5
Asymp. Sig.	.000

a. Kendall's Coefficient of Concordance

براساس جداول فوق، برای پایان مراحل تکنیک دلفی از ضریب همبستگی کندال در نرم افزار SPSS استفاده شده است. برای تعیین روانی دیدگاه صاحبنظران، می‌توان به Kendall's W[a] اشاره کرد که در جدول Test Statistics با آمار آزمون؛ نشان‌دهنده ۰.۵۴ هماهنگی بین دیدگاه‌ها است. مقدار معناداری نیز ۰۰۰/ محاسبه شده است که نشان می‌دهد ضریب هماهنگی مشاهده شده، معنادار است. طبق فرمول محاسبه ضریب همبستگی کندال که در آن، n نمونه مورد بررسی است، رابطه زیر برقرار است:

$$T = \frac{2S}{n(n-1)}$$

مقدار S از مجموع اختلاف u_i (تعداد داده‌هایی که بعد از داده‌ی مورد نظر قرار گرفته و بیشتر از آن است) و v_i (تعداد داده‌هایی که بعد از داده‌ی مورد نظر قرار گرفته و کمتر از آن است) بدست می‌آید.

$$S = \sum_{i=1}^{n} d_i = \sum_{i=1}^{n} (u_i - v_i)$$

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-24]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1400.9.35.9.9]
[DOI: 10.52547/hafthesar.9.35.9]

در جدول ۵، حفاظت از انرژی و کار با اقلیم، برای آزمون ضریب همبستگی بین شاخص‌ها؛ به دلیل برخورداری از بیشترین میزان در میانگین نمرات، انتخاب گردیدند.

جدول۵، آزمون ضریب همبستگی میان دو متغیر حفاظت از انرژی و کار با اقلیم در معماری سبز؛ منبع نگارندگان

Correlations

			حفاظت از انرژی	کار با اقلیم
Kendall's tau_b	حفاظت از انرژی	Correlation Coefficient	1.000	.667*
		Sig. (2-tailed)	.	.046
		N	10	10
	کار با اقلیم	Correlation Coefficient	.667*	1.000
		Sig. (2-tailed)	.046	.
		N	10	10

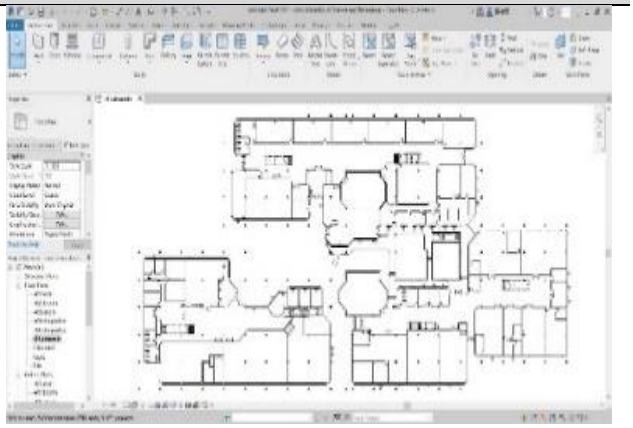
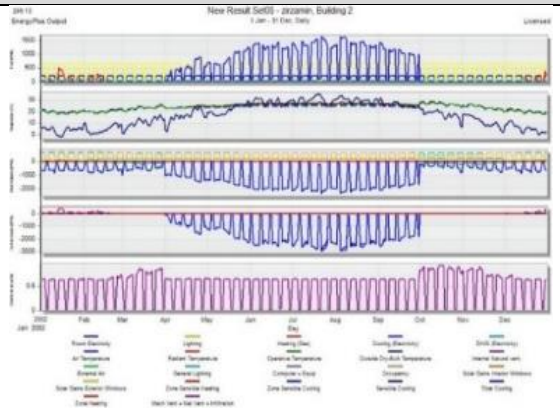
*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

طبق جدول فوق، آزمون ضریب همبستگی میان دو شاخص حفاظت از انرژی و کار با اقلیم در نرم افزار SPSS براساس داده‌های جدول ۴، انجام گردید. همان‌طور که مشاهده می‌شود، مقدار ضریب همبستگی براساس دیدگاه صاحبنظران، ۰.۶۷ به دست آمده است و نشان از معناداری ضریب مورد بررسی بر اساس روش دلفی می‌باشد. از این‌روی می‌توان نتیجه گرفت، جهت طراحی و اجرای ساختمانی با رویکرد معماری سبز، توجه به اقلیم و سایر مؤلفه‌های آن همانند انرژی خورشید، جهت و سرعت باد؛ دارای بیشترین تأثیر هستند و پس از آن حفاظت از انرژی با مؤلفه‌های کاهش میزان استفاده از سوخت‌های فسیلی و بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر، بالاترین میزان را به خود اختصاص داده‌اند.

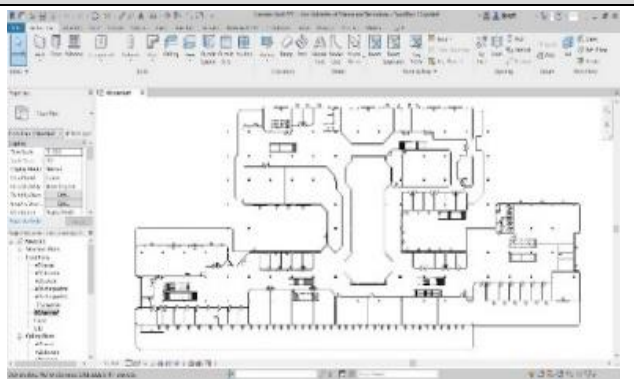
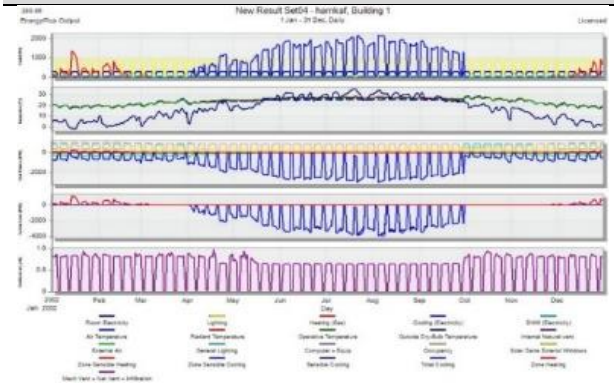
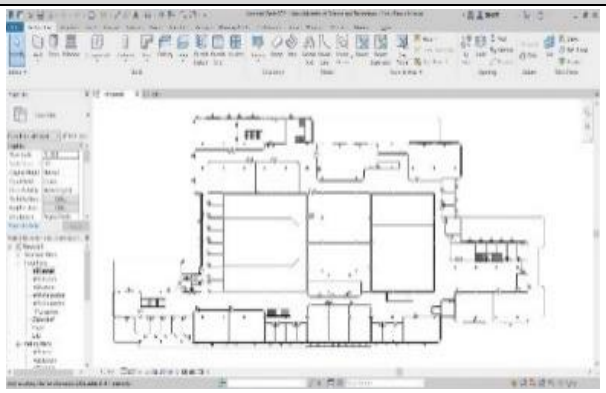
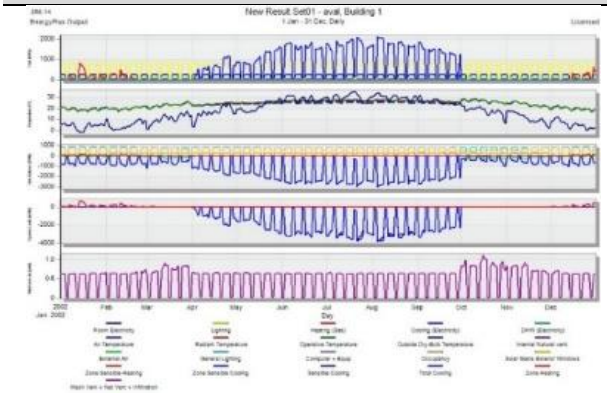
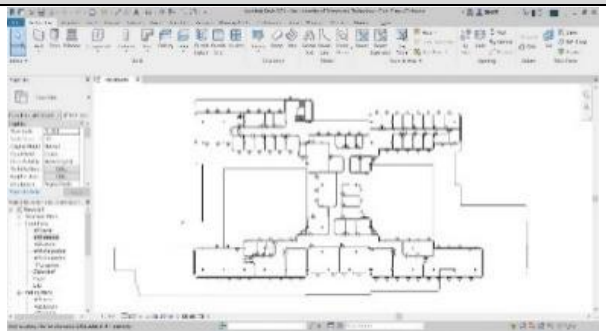
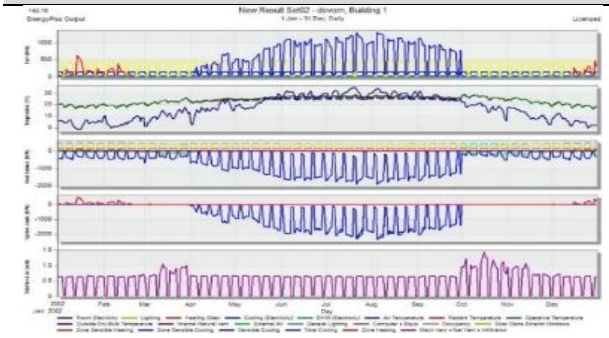
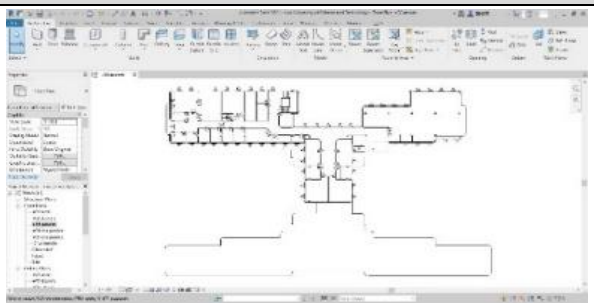
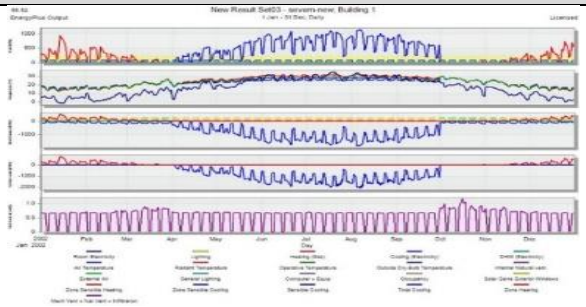
تحلیل یافته‌ها

با توجه به بررسی‌های صورت گرفته، رسیدگی به مواردی همچون وضعیت باد و انرژی خورشید؛ پیش از ارائه نتایج آنالیز و تحلیل انرژی ساختمان؛ به دلیل تأثیر مؤلفه‌های بیان شده بر میزان مصرف انرژی در ساختمان، ضروری به نظر می‌رسد. در ادامه به منظور دستیابی به میزان مصرف انرژی در ساختمان مورد بررسی؛ جدول شماره ۶، شبیه‌سازی انرژی مصرفی سالیانه در تمام طبقات دانشکده معماری- شهرسازی، عمران و مکانیک دانشگاه علم و صنعت ایران را با مصالح آجری سنگین وزن، عایق متوسط و براساس استانداردهای فضاهای آموزشی در نرم افزار DesignBuilder نشان می‌دهد.

جدول ۶- شبیه‌سازی انرژی مصرفی سالیانه در دانشکده معماری- شهرسازی، عمران و مکانیک دانشگاه علم و صنعت ایران با مصالح آجری سنگین وزن، عایق متوسط و براساس استانداردهای فضاهای آموزشی در نرم افزار DesignBuilder ؛ منبع نگارندگان

طبقه زیرزمین (مساحت فضای کنترل شده ۳۶۰۶.۴۴ مترمربع)	
	
مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در نرم افزار Autodesk Revit	شبیه‌سازی انرژی مصرفی سالیانه با آجر سنگین وزن و عایق‌متوسط

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-24]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1400.9.35.9.9]
[DOI: 10.52547/hafthesar.9.35.9]

طبقه همکف (مساحت ۴۹۳۸/۶۲ مترمربع)	
	
مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در نرم افزار Autodesk Revit	شبیه‌سازی انرژی مصرفی سالیانه با آجر سنگین وزن و عایق‌متوسط
طبقه اول (مساحت ۴۵۳۸/۴۱ مترمربع)	
	
مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در نرم افزار Autodesk Revit	شبیه‌سازی انرژی مصرفی سالیانه با آجر سنگین وزن و عایق‌متوسط
طبقه دوم (مساحت ۲۴۹۹/۳۶ مترمربع)	
	
مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در نرم افزار Autodesk Revit	شبیه‌سازی انرژی مصرفی سالیانه با آجر سنگین وزن و عایق‌متوسط
طبقه سوم (مساحت ۱۲۰۴/۶۹ مترمربع)	
	
مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در نرم افزار Autodesk Revit	شبیه‌سازی انرژی مصرفی سالیانه با آجر سنگین وزن و عایق‌متوسط

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-24]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1400.9.35.9.9]
[DOI: 10.52547/hafthesar.9.35.9]

در ادامه جدول شماره ۷ به عنوان نتایج عددی حاصل از جدول شماره ۶، به منظور فهم دقیق‌تر نتایج حاصل از شبیه‌سازی انرژی مصرفی سالیانه در دانشکده معماری- شهرسازی، عمران و مکانیک دانشگاه علم و صنعت ایران، ارائه شده است. طبقه زیرزمین با مساحت ۳۶۰۶.۴۴ مترمربع شامل فضاهای کنترل شده و کنترل نشده می‌باشد که ۲۳۵۷.۳۵ مترمربع آن را فضاهای کنترل نشده تشکیل می‌دهند. طبق مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان، فضاهای کنترل شده[۱۶]، بخش‌هایی از فضای داخل ساختمان هستند که تا دمایی برابر، بالاتر یا پایین‌تر از دمای زیست‌گاه، گرم یا سرد می‌شوند و فضاهای کنترل نشده[۱۷]، بخش‌هایی از فضای ساختمان هستند همانند راه پله‌ها و دالان‌ها که فاقد پایانه‌های گرمایشی و سرمایشی می‌باشند. مساحت قابل توجهی از طبقه زیرزمین ساختمان مورد بررسی را فضاهای کنترل نشده تشکیل می‌دهند که در تبادل گرمایی و سرمایی با فضاهای کنترل شده، می‌توانند تا حد زیادی سبب افزایش بار گرمایشی[۱۸] و بار سرمایشی[۱۹] ساختمان شوند که در نهایت در شبیه‌سازی[۲۰] کلی انرژی مصرفی طبقه مذکور در طی یک سال تأثیر زیادی خواهد داشت. مساحت طبقات همکف و اول، اختلاف کمی دارند و میزان مصرف انرژی در آن‌ها براساس کیلووات ساعت بر متر مربع در طی یک سال، تقریبا یکسان می‌باشد. طبقه دوم ساختمان، مساحتی بالغ بر ۲۴۹۹.۳۶ مترمربع را دارا می‌باشد که این مساحت تقریبا نیمی از مساحت طبقه همکف را در برگرفته است اما میزان مصرف انرژی سالیانه در آن، طبق آنالیزهای انجام شده در نرم افزار DesignBuilder، که در جدول شماره ۷ ارائه شده است، کمی بیش از طبقه همکف می‌باشد و دلیل این امر گستردگی ارتباط و تعامل جداره‌های طبقه دوم ساختمان با سایت می‌باشد و با توجه به نقشه طبقات ارائه شده در جدول شماره ۶، به بدیهی بودن این موضوع از نظر معماری می‌توان پی برد. طبقه سوم ساختمان، مساحتی بالغ بر ۱۲۰۴.۶۹ مترمربع را دارا می‌باشد و شرایط طبقه دوم را به لحاظ ارتباط جداره‌ها با سایت دارد و علاوه بر آن، اجرای بام ساختمان با آسفالت، تأثیر بسزایی بر افزایش میزان مصرف انرژی ایفا می‌کند. لازم به ذکر است مصالح ساختمان از نوع مصالح آجری سنگین وزن، عایق متوسط و براساس استانداردهای فضاهای آموزشی در نرم افزار DesignBuilder تنظیم گردیده است.

جدول ۷- نتایج عددی شبیه‌سازی انرژی مصرفی سالیانه در دانشکده معماری- شهرسازی، عمران و مکانیک دانشگاه علم و صنعت ایران در نرم افزار DesignBuilder ؛ منبع نگارندگان

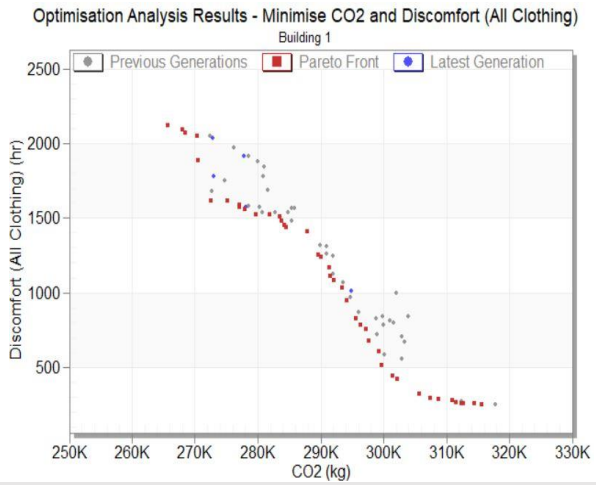
Floor	Total Building Area [m2]	Site and Source Energy	Total Energy [kWh]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m2]
Basement	3606.44*	Total Site Energy	501075.32*	138.94*
		Total Source Energy	1036423.38*	287.38*
Ground	4938.62	Total Site Energy	681663.21	138.05
		Total Source Energy	1448889.82	293.43
First	4538.41	Total Site Energy	639006.32	140.80
		Total Source Energy	1321641.85	291.21
Second	2499.36	Total Site Energy	374930.66	150.01
		Total Source Energy	759420.72	303.85
Third	1204.69**	Total Site Energy	298798.49**	248.03**
		Total Source Energy	547841.14**	454.76**

* Unconditioned Building Area of Basement: 2357.35 m2
** Flat roof - 19mm asphalt on 75mm screed

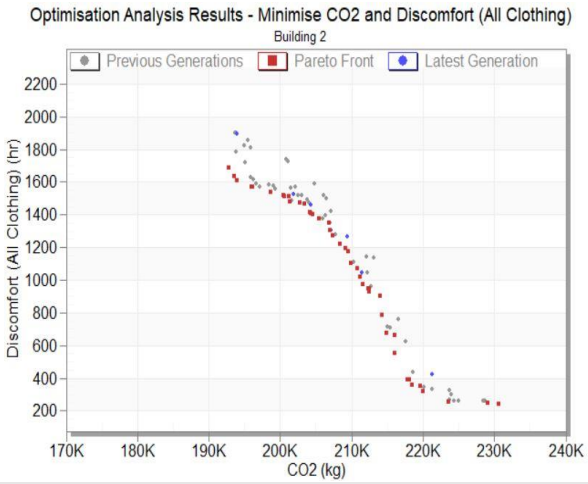
لزوم ارائه نتایج جداول شماره ۶ و ۷ در جدول شماره ۸ قابل توجیه است. جدول شماره ۸، آنالیز میزان تولید دی‌اکسیدکربن براساس مصرف انرژی سالیانه در هر یک از طبقات دانشکده معماری- شهرسازی، عمران و مکانیک دانشگاه علم و صنعت ایران را نشان می‌دهد. طبق جدول شماره ۹، در طراحی بهینه[۲۱]، طبقه زیرزمین با مساحت ۳۶۰۶.۴۴ مترمربع فضای کنترل شده، ۹۲۰۱۹۰۱.۴۸ کیلوگرم؛ طبقه همکف با مساحت ۴۹۳۸.۶۲ مترمربع، ۱۱۹۳۹۷۹۲.۸۸ کیلوگرم؛ طبقه اول با مساحت ۴۵۳۸.۴۱ مترمربع، ۱۴۳۹۷۳۰۱.۸۶ کیلوگرم؛ طبقه دوم با مساحت ۲۴۹۹.۳۶ مترمربع، ۹۱۴۱۴۴۹.۴۸ کیلوگرم و طبقه سوم با مساحت ۱۲۰۴.۶۹ مترمربع، ۳۷۹۵۴۲۵.۷۳ کیلوگرم در سال، دی‌اکسیدکربن تولید می‌کنند. در طراحی بدون بهینه‌سازی مصرف انرژی، میزان تولید دی‌اکسیدکربن در هر طبقه طی یک‌سال به مراتب بالاتر خواهد بود که در جدول شماره ۱۰ ارائه شده است.

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-24]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1400.9.35.9.9]
[DOI: 10.52547/hafthesar.9.35.9]

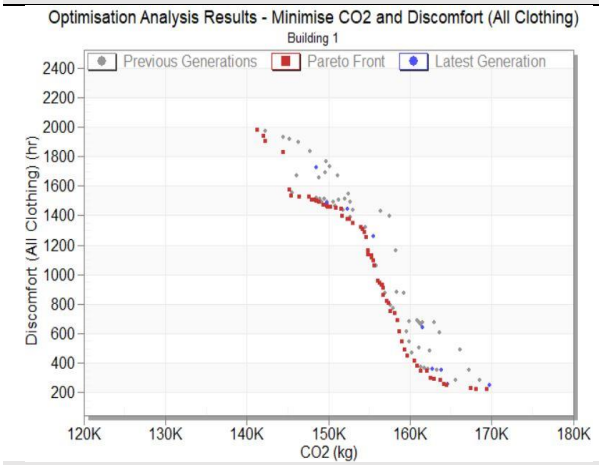
جدول۸، آنالیز میزان تولید دی‌اکسیدکربن طبقات دانشکده معماری- شهرسازی، عمران و مکانیک دانشگاه علم و صنعت ایران
طی یکسال در نرم‌افزار DesignBuilder ؛ منبع نگارندگان



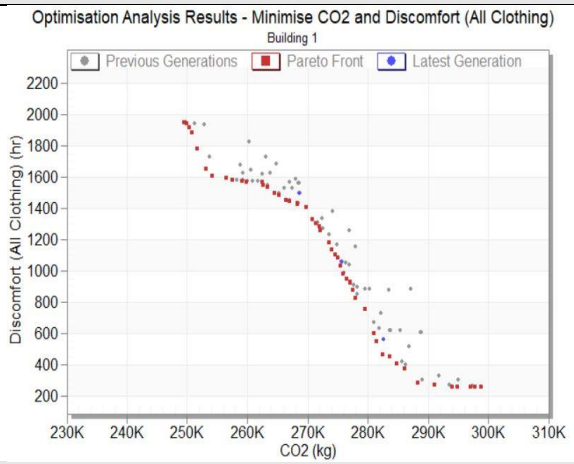
آنالیز میزان تولید دی‌اکسیدکربن؛ طبقه همکف



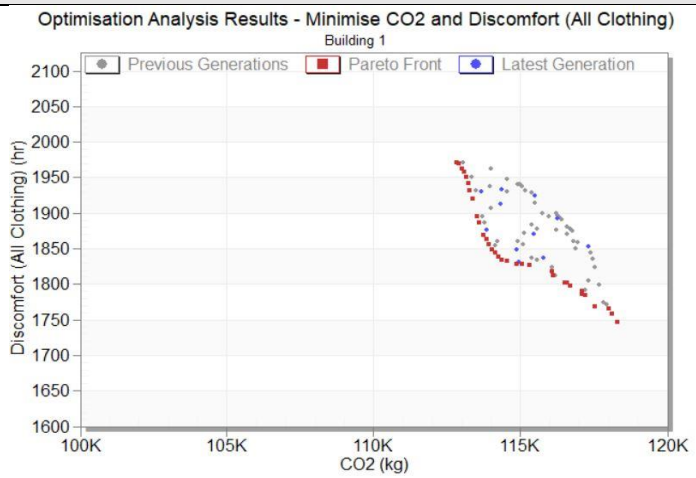
آنالیز میزان تولید دی‌اکسیدکربن؛ طبقه زیرزمین



آنالیز میزان تولید دی‌اکسیدکربن؛ طبقه دوم



آنالیز میزان تولید دی‌اکسیدکربن؛ طبقه اول



آنالیز میزان تولید دی‌اکسیدکربن؛ طبقه سوم

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-24]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1400.9.35.9.9]
[DOI: 10.52547/hafthesar.9.35.9]

همان‌طور که پیش‌تر نیز اشاره شد، جدول شماره ۹، میزان تولید دی‌اکسیدکربن را طی یکسال در فضاهای با طراحی بهینه نشان می‌دهد. لازم به ذکر است نتایج حاصل شده در جدول مذکور، نتایج عددی حاصل از جدول شماره ۸ می‌باشد.

جدول۹، نتایج عددی آنالیز میزان تولید دی‌اکسیدکربن طبقات دانشکده معماری- شهرسازی، عمران و مکانیک دانشگاه علم و صنعت ایران طی یکسال در نرم افزار DesignBuilder با طراحی بهینه و تولید دی‌اکسیدکربن حاصل از آن؛ منبع نگارندگان

Floor	Total Building Area [m2]	Discomfort (All Clothing) (hr)	CO2 (kg)
Basement*	3606.44*	46672.56	9201901.48
Ground	4938.62	43862.64	11939792.88
First	4538.41	60236.26	14397301.86
Second	2499.36	60911.82	9141449.483
Third**	1204.69**	61081.89	3795425.73
Total Design	16787.52	272765.2	48475871.4

* Unconditioned Building Area of Basement: 2357.35 m2
** Flat roof - 19mm asphalt on 75mm screed

طبق جدول شماره ۱۰، نتایج حاصل از پژوهش حاضر نشان می‌دهد، سهم قابل توجهی از میزان تولید دی‌اکسیدکربن در ساختمان دانشکده معماری- شهرسازی، عمران و مکانیک دانشگاه علم و صنعت ایران به فضاهای بدون بهینه‌سازی مصرف انرژی تعلق دارد. از این میان طبقات همکف و اول، با توجه به اینکه مساحت بیشتری را دارا می‌باشند. به طبع میزان تولید دی‌اکسیدکربن در فضاهای با طراحی غیر بهینه را بیشتر خواهند داشت. لازم به ذکر است نتایج حاصل شده در جدول مذکور، نتایج عددی حاصل از نمودارهای جدول شماره ۸ می‌باشد. در صورت مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) پیش از اجرا در نرم‌افزارهایی همچون Autodesk Revit؛ می‌توان با دستیابی به آنالیزهای شبیه‌سازی مصرف انرژی و میزان تولید دی‌اکسیدکربن در نرم افزارهایی همچون DesignBuilder؛ فضاهایی ساخت که میزان تولید این گاز مخرب را به حداقل ممکن برساند و صدمات حاصل از آن را بر محیط زیست کاهش دهند.

جدول۱۰، نتایج عددی آنالیز میزان تولید دی‌اکسیدکربن طبقات دانشکده معماری- شهرسازی، عمران و مکانیک دانشگاه علم و صنعت ایران طی یکسال در نرم افزار DesignBuilder بدون بهینه‌سازی مصرف انرژی و تولید دی‌اکسیدکربن حاصل از آن؛ منبع نگارندگان

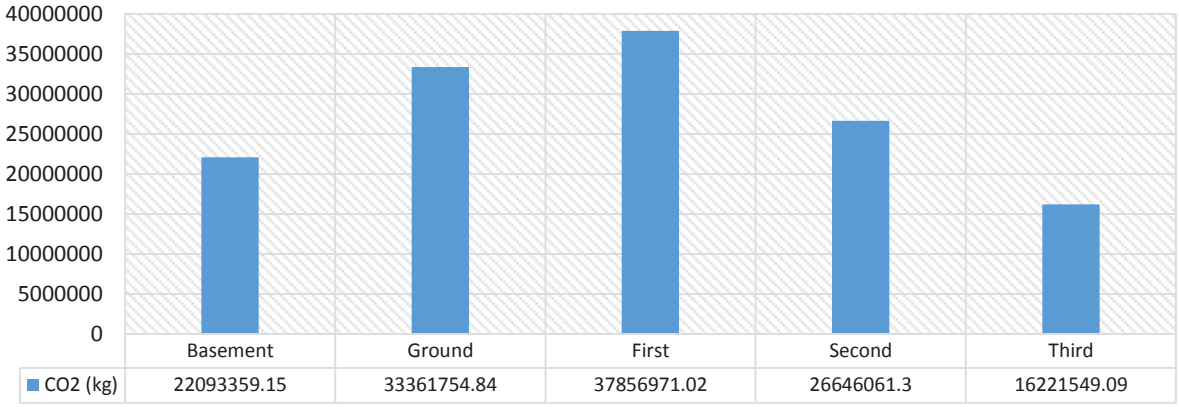
Floor	Total Building Area [m2]	Discomfort (All Clothing) (hr)	CO2 (kg)
Basement*	3606.44*	74696.97	12891457.67
Ground	4938.62	92179.00	21421961.96
First	4538.41	101065.35	23459669.16
Second	2499.36	113054.53	17504611.82
Third**	1204.69**	202772.25	12426123.36
Total Design	16787.52	583768.1	87703823.97

* Unconditioned Building Area of Basement: 2357.35 m2
** Flat roof - 19mm asphalt on 75mm screed

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-24]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1400.9.35.9.9]
[DOI: 10.52547/hafthesar.9.35.9]

نمودار شماره ۵، جمع کل مقادیر تولید دی‌اکسیدکربن را در فضاهای با رویکرد طراحی بهینه و فضاهای بدون طراحی بهینه مصرف انرژی در دانشکده معماری- شهرسازی، عمران و مکانیک دانشگاه علم و صنعت ایران را نشان می‌دهد. طبقات همکف و اول با توجه به اینکه مساحت بیشتری را دارا می‌باشند، میزان کل دی‌اکسیدکربن تولید شده طی یکسال در آن‌ها بیشتر خواهد بود و پس از آن طبقات دوم، زیرزمین و طبقه سوم، در تولید این گاز سمی نقش دارند.

نمودار ۵، جمع کل مقادیر تولید دی‌اکسیدکربن در طراحی بهینه و طراحی بدون بهینه‌سازی مصرف انرژی
در ساختمان دانشکده معماری- شهرسازی، عمران و مکانیک دانشگاه علم و صنعت ایران براساس جدول ۹ و ۱۰ ؛ منبع نگارندگان

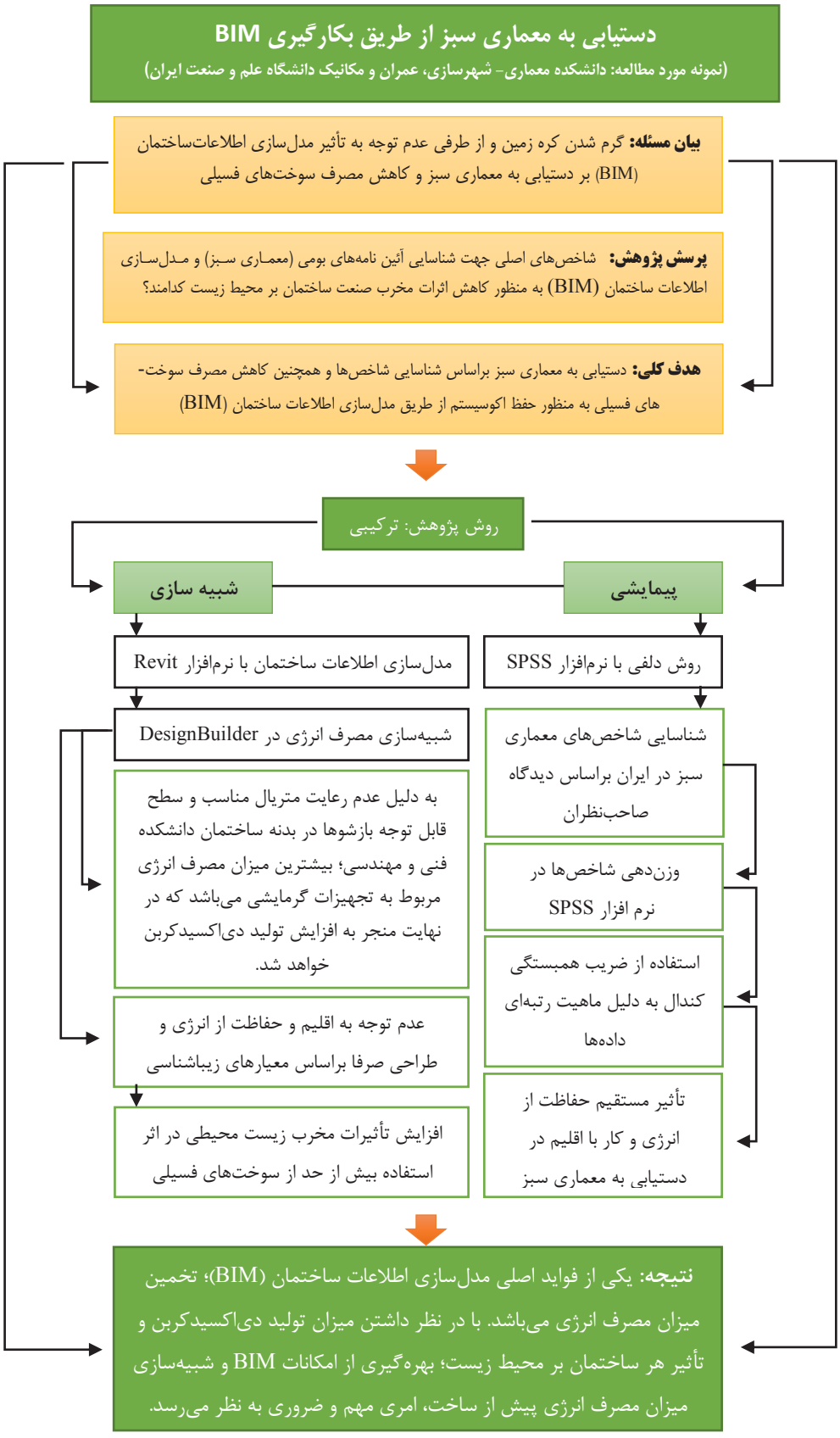


بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به مباحث مطروحه در بدنه‌ی مقاله و از طرفی نتایج حاصل از مطالعه و مقایسه پژوهش‌های پیشین, می‌توان چنین نتیجه گرفت که با گسترش روز افزون شهرها و همچنین افزایش جمعیت, منجر به استفاده بیش از حد انسان از انرژی‌های فسیلی و ذخایر نفتی شده است. همین امر باعث افزایش میزان آسیب حاصل از حضور انسان بر محیط زیست می‌گردد. که این مهم کشورهای جهان را بیش از پیش با مشکل کمبود انرژی روبه‌رو ساخته و به نوعی حیات بشر را تهدید می‌کند. پژوهش حاضر با دغدغه و مسئله گرم شدن کره زمین و مضرات زیست محیطی حاصل از این پدیده آغاز گردیده است, از این‌روی پرسش اصلی پژوهش بدین شکل تدوین گشت: شاخص‌های اصلی جهت شناسایی آئین نامه‌های بومی (معماری سبز) و مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) به منظور کاهش اثرات مخرب صنعت ساختمان بر محیط زیست کدامند؟ با توجه به پرسش اصلی تحقیق، از جمله نتایج مهم حاصل از این پژوهش را می‌توان به شناسایی شاخص‌ها در آئین‌نامه‌های بومی (معماری سبز) که مولفه های (۱- حفاظت از انرژی ۲- کار با اقلیم) بوده، اشاره کرد. شاخص‌های مذکور از روش دلفی و با ضریب همبستگی Kendall's W[a] به صورت جدول Test Statistics تبیین گشتند. از این‌روی فاکتورهای بدست آمده (۱- حفاظت از انرژی ۲- کار با اقلیم) به عنوان یک راهکار می‌توانند جهت طراحی معماری سبز بومی به منظور حفظ اکوسیستم جهانی به کار گرفته شوند. در ادامه به منظور دستیابی به نتایج کمی و ارائه راهکارهای پیشنهادی در جهت بهبود وضعیت فعلی صنعت ساختمان کشور و کاهش تولید دی‌اکسیدکربن حاصل از آن؛ دانشکده معماری- شهرسازی، عمران و مکانیک دانشگاه علم و صنعت ایران به عنوان نمونه مورد بررسی، در نرم افزار Autodesk Revit، مدل‌سازی گشت و پس از آن با استفاده از خروجی‌های نرم‌افزار عنوان شده در نرم افزار DesignBuilder، شبیه‌سازی گردید از این‌روی میزان مصرف انرژی طی یکسال در دانشکده مورد بررسی و میزان دی‌اکسیدکربن تولید شده، حاصل گردید. نتایج پایانی پژوهش حاضر نشان می‌دهد، فضاهای با طراحی بدون بهینه‌سازی مصرف انرژی، مساحت وسیعی از دانشکده مذکور را دارا می‌باشند که نقش بسیار موثر و مهمی در میزان تولید گاز سمی دی‌اکسیدکربن را دارند. از این‌روی یکی از راهکارهای مهم در حل مشکل بالا را می‌توان به مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) پیش از اجرای یک پروژه اشاره کرد. امروزه به لطف ابزار مذکور، می‌توان در مرحله طراحی و پیش از ساخت، با جهت‌گیری صحیح ساختمان، انتخاب درست مصالح و تعیین میزان بازشوها براساس اقلیم منطقه، طراحی و جانمایی صحیح فضاهای داخلی و همچنین تدوین راهنمای بومی استاندارد مصرف انرژی در ساختمان‌ها توسط

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-24]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1400.9.35.9.9]
[DOI: 10.52547/hafthesar.9.35.9]

نمودار ۶- ساختار اصلی پژوهش در یک نگاه؛ منبع نگارندگان



[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-24]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1400.9.35.9.9]
[DOI: 10.52547/hafthesar.9.35.9]

متولیان مربوطه؛ شاهد ساخت‌وسازهایی با حداقل میزان مصرف انرژی و کاهش میزان تولید دی‌اکسیدکربن بود. در انتها می‌توان چنین بیان کرد که با گسترش آگاهی در خصوص ساخت و ساز پایدار و افزایش نگرانی‌های محیط‌زیست، حوزه جدیدی در مدیریت پروژه تحت عنوان «مدیریت پروژه سبز» (GPM) شکل گرفته که پیشنهاد می‌گردد در سیستم طراحی و اجرای ساختمانهای سبز در تمامی کشورهای جهان به کار گرفته شود. مدیریت پروژه سبز (GPM)، به عنوان یک سازمان جهانی، از طریق متدولوژی‌ها و استانداردهای مدیریت پروژه پایدار، به دنبال سازگارسازی پروژه‌ها با محیط زیست در جهت ارتقای پایداری و بازآفرینی کره‌زمین می‌باشد. یکی از این متدولوژی‌ها، PRISM است که با رویکرد مدیریت پروژه و با محوریت توسعه پایدار، به شرکت‌ها امکان می‌دهد تا ضمن ادغام پایداری در فرآیند کار، پروژه‌های خود را مدیریت کرده و از این طریق اثرات منفی زیست‌محیطی را کاهش دهند. از این‌روی باید گفت که با این دیدگاه به صنعت ساختمان می‌توان در راستای حفظ محیط زیست که به عنوان یک سرمایه جهانی قلمداد می‌شود گامی موثر برداشت.

سپاسگزاری

شکر شایان نثار ایزد منان که توفیق کسب دانش را در مسیر راه بنده قرار داده تا مقاله‌ی حاضر را که برگرفته از مطالعات اینجانب در مقطع پسادکتری معماری در دانشگاه علم و صنعت ایران بوده را تهیه و تنظیم نمایم, از این‌روی جا دارد از استاد میزبان که بنده را با راهنمایی خود, مورد لطف و محبت قرار داده کمال تشکر و امتنان را داشته باشم.

پی‌نوشت

۱- Design
۲- Time
۳- Cost
۴- Sustainability
۵- Facilities management
۶- Health and safety
۷- ICMS
۸- Building Information Modeling
۹- Kendall Correlation Coefficients
۱۰- Heating design
۱۱- Cooling design
۱۲- Simulation
۱۳- Delphi method
۱۴- Panel
۱۵- Kendall Correlation Coefficients
۱۶- Conditioned space
۱۷- Unconditioned space
۱۸- Heating design
۱۹- Cooling design
۲۰- Simulation
۲۱- Optimal Designs

منابع

- آذر، ع. و فرجی، ح. (۱۳۸۷). علم مدیریت فازی، مرکز مطالعات و بهره‌وری، انتشارات موسسه کتاب مهربان نشر، چاپ سوم.
- اصغرپور، م. ج. (۱۳۸۲). تصمیم‌گیری گروهی و نظریه بازیها با نگرش تحقیق در عملیات، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ اول.

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-24]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1400.9.35.9.9]
[DOI: 10.52547/hafthesar.9.35.9]

- زمردیان، ز. و تحصیلدوست، م. (۱۳۹۴). اعتبارسنجی نرم‌افزارهای شبیه‌سازی انرژی در ساختمان: با رویکرد تجربی و مقایسه‌ای. فصلنامه انرژی ایران، دوره ۱۸، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۴، صص ۱۳۲-۱۱۵.
- کراچیان، ر. (۱۳۹۵). توسعه پایدار. (جزوه درسی کارشناسی ارشد) تهران: دانشگاه تهران.
- کسمایی، م. (۱۳۸۳). اقلیم و معماری. تهران: نشر خاک.
- گلابچی، ع، گلابچی، م.، نورزایی، ع.، قارونی جعفری، ک. (۱۳۹۵). مدل‌سازی اطلاعات ساختمان BIM. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- Alwan, Z., Jones, P., & Holgate, P. (2017). Strategic sustainable development in the UK construction industry, through the framework for strategic sustainable development, using Building Information Modelling. Journal of Cleaner Production, 140, 349-358.
- Becerik-Gerber, B., & Rice, S. (2010). The perceived value of building information modeling in the US building industry. Journal of Information Technology in Construction (ITcon), 15(15), 185-201..
- Bernstein, H., Jones, S., & Russo, M. (2015). Green BIM—How Building Information Modeling is contributing to green design and construction. J. Inf. Technol. Civ. Eng. Arch, 2, 20-36.
- Bonenberg, W., & Wei, X. (2015). Green BIM in sustainable infrastructure. Procedia Manufacturing, 3, 1654-1659.
- Borrmann, A., König, M., Koch, C., & Beetz, J. (Eds.). (2015). Building Information Modeling: Technological basics and industrial practice . Springer publishing house.
- Deutsch, R. (2011). BIM and integrated design: strategies for architectural practice. John Wiley & Sons.
- Eastman, C. M., Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors. John Wiley & Sons.
- Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. Future generation computer systems, 29(7), 1645-1660.
- Habibi, A., Sarafrazi, A., & Izadyar, S. (2014). Delphi technique theoretical framework in qualitative research. The International Journal of Engineering and Science, 3(4), 8-13.
- Hardin, B., & McCool, D. (2015). BIM and construction management: proven tools, methods, and workflows. John Wiley & Sons.
- Holst, J. N. (2003, August). Using whole building simulation models and optimizing procedures to optimize building envelope design with respect to energy consumption and indoor environment. In Proceedings of 8th International IBPSA Conference, Eindhoven, the Netherlands.
- Holzer, D. (2015). The BIM Manager's Handbook, Part 1: Best Practice BIM. John Wiley & Sons.
- Khoshbakht, M., Gou, Z., & Dupre, K. (2017). Cost-benefit prediction of green buildings: SWOT analysis of research methods and recent applications. Procedia Engineering, 180, 167-178.
- Krygiel, E., & Nies, B. (2008). Green BIM: successful sustainable design with building information modeling. John Wiley & Sons.
- Lou, J., Xu, J., & Wang, K. (2017). Study on construction quality control of urban complex project based on BIM. Procedia engineering, 174, 668-676.

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.23225602.1400.9.35.9.9]

[DOI: 10.52547/hafthesar.9.35.9]

- Ma, Z., Cai, S., Mao, N., Yang, Q., Feng, J., & Wang, P. (2018). Construction quality management based on a collaborative system using BIM and indoor positioning. Automation in Construction, 92, 35-45.
- Sardroud, J. M., Mehranpour, H., & Arzanloo, A. (2020, July). An Investigation into the Integration of Building Information Modeling with Pre-Construction Industry in the Developed Countries and Iran. In Creative Construction e-Conference 2020 (pp. 2-10). Budapest University of Technology and Economics.
- Schlueter, A., & Geyer, P. (2018). Linking BIM and Design of Experiments to balance architectural and technical design factors for energy performance. Automation in Construction, 86, 33-43.
- Tascı, B. G. (2015). "Sustainability" Education by Sustainable School Design. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 186, 868-873.
- Uusitalo, P., Seppänen, O., Lappalainen, E., Peltokorpi, A., & Olivieri, H. (2019). Applying level of detail in a BIM-based project: An overall process for lean design management. Buildings, 9(5), 109.
- Zhou, J. G., Li, L. L., Tseng, M. L., & Lin, G. Q. (2020). Green system reliability assessment method based on life cycle: Resources and economical view. Journal of Cleaner Production, 251, 119786.

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.23225602.1400.9.35.9.9]

[DOI: 10.52547/hafthesar.9.35.9]

Achieving green architecture through the use of BIM (Case study: Faculty of Architecture - Urban Planning, Civil Engineering and Mechanics, Iran University of Science and Technology)

Mohammad Behzadpour, *Postdoctoral Research Fellow in Architecture, School of Architecture and Environmental Design, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran.*
Mehdi Khakzand, *Associate Professor of Landscape Architecture, School of Architecture and Environmental Design, Iran University of Science and technology, Tehran, Iran.*

Abstract
Introduction: Building information modeling (BIM) has become widespread in developed countries, while in Iran, BIM-based software has received less attention due to some reasons. With the increase of population and the absence of a local publication, we have witnessed constructions contrary to international standards (architecture and energy), which has led to more use of fossil fuels that would increase the production of more carbon dioxide and eventually resulting in global warming. The above set of factors increases the level of damage to the environment, making the countries face energy shortage and threatens human life more than before. According to the research's issues and objectives, we can mention indigenous features of green architecture in Tehran among the present study's essential outputs.
Methodology: In the present study, library studies and data collection related to research objectives have been studied. The identification of indigenous indices of green architecture in Iran through the Delphi method with Kendall's Wa correlation coefficient in software SPSS was explained in the form of Test Statistics table, finally after modeling the building of the Faculty of Architecture-Urban Planning, Civil Engineering, and Mechanics of Iran University of Science and Technology in Autodesk Revit 2021 software, the analysis of carbon dioxide production was simulated using DesignBuilder software.
Results: The results and analyzes of the research show that the amount of carbon dioxide production in the selected building during a year is equal to 136179695.4 kg, of which 48475871.4 kg in spaces with optimal design and a significant amount of it is equivalent to 87703823.97 kg in areas without optimization of energy consumption achieved.
Conclusion: Therefore, in green building information modeling in Iran, failure to develop an indigenous guide in terms of energy consumption by the relevant authorities endangers the ecosystem, which is a global asset. Finally, to preserve the ecosystem, using the "Green Project Management" (GPM) system using PRISM methodology, a project management approach focusing on sustainable development, is proposed to reduce adverse effects of construction on the environment.
Keywords: BIM, green architecture, energy consumption, environment.

Corresponding Author's E-mail: mkhakzand@iust.ac.ir

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-24]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1400.9.35.9.9]
[DOI: 10.52547/hafthesar.9.35.9]