



Identifying Effective ASHRAE Standard Components in Building Information Modeling (BIM) for Energy Consumption Optimization; Case Study: Evergreen Villa in Tehran

ARTICLE INFO

Article Type

Applied research

Authors

Mohammad Behzadpour ^{1*}
Aylar Tolouei ²

How to cite this article

Ma

URL: <http://>

ABSTRACT

Aims: The rise in energy consumption and its environmental impact have highlighted the growing importance of adhering to global standards in green building design. This study aims to explain the effective indicators of the ASHRAE standard in Building Information Modeling (BIM) and examine its impact on energy consumption reduction, using the case study of the "Evergreen Villa" in Tehran.

Methods: This applied research employed quantitative analysis. First, the principles of green architecture were explored via literature review. Then, the villa was modeled in Revit software using the Insight plugin and Green Building Studio to simulate and assess annual energy consumption. The data were analyzed based on ASHRAE standard criteria

Findings: The modeling results indicated that approximately 73.3% of the building's electricity consumption was attributed to HVAC systems, and the annual energy use was 266 kWh/m², which is higher than the ASHRAE acceptable limit (208 kWh/m²). The main reasons were excessive mechanical equipment use and suboptimal building orientation and structure.

Conclusion: Despite adopting green architectural principles, the studied building could not obtain the ASHRAE standard. However, implementing measures such as adjusting the building's orientation or using a wooden structure could reduce energy consumption and improve compliance. The findings highlight the significant role of BIM and pre-construction modeling in optimizing building energy performance.

Keywords: ASHRAE standard, Building Information Modeling, energy consumption reduction, green architecture, Evergreen Villa

CITATION LINKS

1- Department of Architecture, Has c., Islamic Azar University, Hashtgerd, Iran.

2. Master's Student, Department of Architecture, Sr.c, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

*Correspondence

Address: Department of Architecture, Has c., Islamic Azar University, Hashtgerd, Iran.

Email:

Mohammad.behzadpour@iau.ac.ir

Article History

Received:

Accepted:

Published:

[2]. Krygiel E. and Nies B., Green BIM: Successful Sustainable Design With Building Information....[4]. Cabeza L.F., Barreneche C., Miró L., Morera J.M., Bartolí E. and Fernández A.I., Low Carbon And Low....[5]. Borrmann A., König M., Koch C. and Beetz J., Building Information Modeling, Springer, 175-265, 2015....[6]. Azizi Babani M.H., Zarkesh A. and Bamanian M.R., The Role Of Building...[8]. Jokar M. and Maleki F., Investigating The Effect Of Parametric Design Of Voronoi Facade On Improving....[10]. Norouzi S. and Shariatmadar H., Risk Prioritization And Analysis In The....[11]. Behzadpour M. and Khakzand M., Achieving Green Architecture Through BIM/....[20]. Qandchi A, Behzadpour M, Kalantari M. The necessity and position of sensory mediator...[21]. Behzadpour M. Investigating the Sense of Belonging in Residential Complexes....[22]. Behzadpour M, Karbalaee A, Montazer B. A comparative study of the physical components of social. [23]. Behzadpour E, Farzad Behtash MR, Saeideh Zarabadi ZS. Explaining the Conceptual Model....[24]. Behzadpor M. Achieving green architecture through the use of BIM (Case study:....[25]. Maarefi A, TaghiZadeh K, Bayzidi Q, Hossainpour S. Improving Performance and Creativity....[26]. Zandieh M, Mahmoodzadeh Kani I, Hessari P. Building Information....[27]. Mahdavinjad M, Zia A, Larki AN, Ghanavati S, Elmi N. Dilemma of green and pseudo....



شناسایی مولفه های موثر استاندارد انرژی در مدل سازی اطلاعات ساختمان جهت بهینه سازی مصرف انرژی؛ نمونه موردی: ویلای همیشه سبز در شهر تهران

چکیده

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: تحقیق کاربردی

نویسندگان

محمد بهزادپور^{۱*}

آیلار طلوعی^۲

اهداف: افزایش مصرف انرژی و تاثیر آن بر محیط زیست، اهمیت رعایت استانداردهای جهانی در طراحی ساختمان های سبز را دوچندان کرده است. این پژوهش با هدف تبیین شاخص های مؤثر استاندارد ASHRAE در مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM) و بررسی نقش آن در کاهش مصرف انرژی، نمونه موردی ویلای همیشه سبز در شهر تهران را مورد مطالعه قرار داد.

روش ها: مطالعه به روش کاربردی و با تحلیل کمی انجام شد. در ابتدا با مطالعات کتابخانه ای، اصول معماری سبز استخراج شد. سپس مدل سازی اطلاعات ساختمان با نرم افزار Revit و استفاده از پلاگین Insight و سایت Green Building Studio برای سنجش و شبیه سازی مصرف انرژی سالانه ساختمان به کار رفت. داده ها بر اساس استاندارد ASHRAE تجزیه و تحلیل شدند.

یافته ها: نتایج مدل سازی نشان داد که حدود ۷۳.۳٪ از مصرف انرژی الکتریکی ساختمان مربوط به تجهیزات گرمایش، سرمایش و تهویه مطبوع است و مصرف انرژی سالانه معادل ۲۶۶ کیلووات ساعت بر مترمربع است که بالاتر از حد قابل قبول استاندارد ASHRAE (۲۰۸ کیلووات ساعت بر مترمربع) می باشد. مهم ترین دلایل، استفاده زیاد از تجهیزات مکانیکی و عدم توجه کافی به جهت گیری بهینه ساختمان و نوع سازه معرفی شد.

نتیجه گیری: ساختمان مورد مطالعه با وجود رعایت اصول معماری سبز، موفق به دریافت استاندارد ASHRAE نشد. با این حال، اعمال راهکارهایی مانند تغییر زاویه استقرار ساختمان و استفاده از سازه چوبی می تواند مصرف انرژی را کاهش داده و شانس دستیابی به استاندارد را بهبود بخشد. تأکید بر استفاده از BIM و مدل سازی پیش ساخت، نقش چشمگیری در بهینه سازی انرژی ساختمان ها دارد.

کلیدواژه ها: استاندارد ASHRAE، مدل سازی اطلاعات ساختمان، کاهش مصرف انرژی، معماری سبز، ویلای همیشه سبز

نویسنده مسئول *

Mohammad.behzadpour@iau.ac.ir

تاریخ مقاله

تاریخ دریافت:

تاریخ پذیرش:

تاریخ انتشار:

ارجاع دهی

پ

URL: <http://>

مقدمه

در عصر حاضر، رشد بی‌سابقه جمعیت شهری و توسعه ساخت‌وساز، مصرف انرژی در ساختمان‌ها را به یکی از دغدغه‌های اصلی جوامع تبدیل کرده است [۱]. بخش ساختمان، به طور متوسط بیش از یک سوم کل انرژی مصرفی جهان را به خود اختصاص می‌دهد و این امر، پیامدهای جبران‌ناپذیری چون افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای، تشدید آلودگی هوا و شتاب‌گیری روند گرمایش زمین را به دنبال دارد [۲]. در واکنش به این بحران، لزوم اتخاذ رویکردهای نوین در طراحی و بهره‌برداری از ساختمان‌ها، بیش از پیش احساس می‌شود. یکی از مؤثرترین راهکارها، حرکت به سوی "ساختمان‌های سبز" و به‌کارگیری اصول طراحی پایدار است که هدف آن‌ها بهینه‌سازی مصرف منابع طبیعی، افزایش کارایی انرژی و همسویی هرچه بیشتر با الزامات زیست‌محیطی است. [۳]

در این میان، رعایت و پیاده‌سازی استانداردهای بین‌المللی مانند ASHRAE (انجمن مهندسين گرمایش، سرمایش و تهویه مطبوع آمریکا) به عنوان یکی از معتبرترین مراجع در حوزه مصرف بهینه انرژی و کیفیت محیطی ساختمان‌ها، معمولاً به عنوان نشان‌گر اصلی سلامت انرژی ساختمان‌ها و میزان سازگاری آن‌ها با محیط زیست شناخته می‌شود [۴]. استانداردهای ASHRAE که از اواخر قرن نوزدهم میلادی با هدف ارتقاء دانش مهندسی و اجرای صحیح سیستم‌های گرمایش، سرمایش و تهویه تدوین شده‌اند، امروزه بر جنبه‌های متعددی از کیفیت فضاهای داخلی و به‌ویژه بر کاهش مصرف انرژی تأکید دارند. [۵]

از سوی دیگر، تحول فناوری‌های دیجیتال و معرفی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) به عنوان روشی نوین در فرآیند طراحی و اجرای پروژه‌های ساختمانی، انقلابی در مدیریت بهینه منابع و هماهنگی میان ذینفعان پروژه ایجاد کرده است. BIM امکان شبیه‌سازی دقیق عملکرد انرژی ساختمان، ارزیابی سناریوهای مختلف طراحی و پیش‌بینی اثرات تصمیمات تخصصی در طول چرخه عمر پروژه را فراهم می‌آورد [۶]. نرم‌افزارهایی مانند Autodesk Revit و افزونه‌های مرتبط (نظیر Insight و Green Building

Studio) بستر مناسبی برای تحلیل معیارهای انرژی، تابش نور خورشید و رفتار متقابل عناصر معماری و تأسیساتی به شمار می‌روند و نقش مهمی در دستیابی ساختمان‌ها به استانداردهای جهانی و مصرف بهینه انرژی ایفا می‌کنند. [۷] اما علی‌رغم گسترش دانش و فناوری‌های مدرن در زمینه ساخت و ساز، بخش قابل توجهی از ساختمان‌های مسکونی و تجاری در کشور ما همچنان با مشکلات عدیده‌ای در استفاده صحیح از انرژی، هماهنگی ناکافی بین طراحی معماری و سیستم‌های مکانیکی، و فقدان راهنمای بومی برای پیاده‌سازی استانداردهای جهانی مواجه هستند. این چالش‌ها موجب افزایش هزینه‌های بهره‌برداری، اتلاف انرژی و بروز معضلات محیط‌زیستی جدی برای شهرهای بزرگ، از جمله تهران، شده‌اند. [۸]

در این راستا، پژوهش حاضر با اتخاذ رویکردی کاربردی و بهره‌گیری از مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM)، شاخص‌های مؤثر استاندارد ASHRAE را در فرآیند طراحی و تحلیل انرژی یک ساختمان سبز در شهر تهران (نمونه موردی: ویلا همیشه سبز) مورد بررسی قرار داده است. هدف این پژوهش، تبیین نقش استانداردهای بین‌المللی و فناوری‌های روز در کاهش مصرف انرژی و ارائه راهکارهایی عملی جهت بهبود عملکرد انرژی ساختمان‌های ایران در مسیر دستیابی به ساختمان‌های سبز و پایدار است.

پیشینه پژوهش

صفوی و همکاران در سال ۱۴۰۳ در مقاله‌ای با عنوان «طراحی چارچوب یکپارچه‌سازی رهنگاشت فناوری و راهبرد با رویکرد آینده‌پژوهی (مطالعه موردی: فناوری BIM)»، به بررسی راهبردهای آینده‌پژوهی در توسعه و استفاده از فناوری BIM در پروژه‌های ساختمانی سبز در ایران پرداخته‌اند. این تحقیق، رویکردی تلفیقی از تحلیل کیفی و کمی را اتخاذ کرد تا چارچوبی برای تلفیق فناوری BIM با رهنگاشت‌های توسعه پایدار طراحی گردد. صفوی سیدعباس و همکاران به این نتیجه رسیدند که BIM علاوه بر کاهش هزینه‌های اجرایی، امکان ارائه گزارش‌های دقیق و پیش‌بینی مشکلات احتمالی پروژه‌های سبز را فراهم می‌کند.

جدول ۱. خلاصه نتایج پیشینه تحقیق

ردیف	عنوان مقاله	سال انتشار	نویسندگان	محل انتشار	روش کار	خروجی و نتایج
1	دستیابی به معماری سبز از طریق بهره‌گیری از سیستم BIM	1400	بهزادپور و خاکزند	مجله معماری پایدار	روش مطالعه موردی و تحلیل شبیه‌سازی داده‌ها در ساختمان‌های سبز دانشکده معماری-شهرسازی دانشگاه علم و صنعت.	کاهش ۲۵ درصدی مصرف انرژی و بهینه‌سازی ۳۰ درصدی منابع با استفاده از BIM و ارائه پیشنهادهایی برای گسترش فناوری در ایران.
2	طراحی چارچوب یکپارچه‌سازی رهنگاشت فناوری و راهبرد با رویکرد آینده‌پژوهی	1403	صفوی سیدعباس و همکاران	فصلنامه توسعه فناوری	تحلیل داده‌ها با روش تلفیقی کیفی و کمی، و شبیه‌سازی ارتباط BIM با رهنگاشت‌های توسعه پایدار در پروژه‌های سبز ایران.	کاهش ۱۵ تا ۲۰ درصدی هزینه‌های بهره‌برداری و ۱۰ درصدی زمان اجرای پروژه. پیشنهادات تلفیق BIM با IoT و هوش مصنوعی.
3	اولویت‌بندی و تحلیل ریسک‌های توسعه و اجرای ساختمان سبز با تلفیق تکنیک تحلیل سلسله مراتبی و فازی	1403	نوروزی و شریعتمدار	مجله مدیریت ساخت و توسعه پایدار	استفاده از تکنیک AHP و فازی برای شناسایی عوامل ریسک‌زا و بررسی نقش BIM در کاهش ریسک‌های ساختمانی و بهینه‌سازی طراحی پایدار.	کاهش ۴۰ درصدی ریسک‌های مرتبط با انتخاب مصالح و هماهنگی طراحی؛ تأکید بر ضرورت تطابق استانداردهای جهانی مانند LEED با شرایط بومی ایران.
4	ادغام مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) و سیستم LEED در مرحله طراحی مفهومی ساختمان‌های پایدار	2015	جلالی و جراد	مجله معماری سبز، کانادا	بررسی تأثیر تلفیق BIM با سیستم LEED، استفاده از شبیه‌سازی انرژی و تحلیل هماهنگی تیم‌های طراحی.	کاهش مصرف انرژی تا ۳۰ درصد و تسریع فرایند دریافت گواهینامه LEED به دلیل دقت داده‌های ارائه شده توسط BIM.
5	چارچوب سنجش BIM ساختمانی سبز برای ارزیابی عملکرد پایدار پروژه‌های ساختمانی	2021	اولاومی و چان	مجله Intelligent Design for Sustainability	شبیه‌سازی عملکرد پایداری پروژه‌های ساختمانی نیچریه با استفاده از BIM؛ ارزیابی کاهش زمان اجرا و مصالح.	کاهش ۲۵ درصدی هزینه‌های مصالح و ۱۵ درصدی زمان اجرای پروژه؛ پیشنهاد ایجاد چارچوب بومی برای انطباق با شرایط محلی.
6	ارزیابی پیاده‌سازی BIM برای بهبود فرآیندهای گواهینامه‌های ساختمان سبز	2025	عبدالحمید و همکاران	مجله پایداری‌سازی ساخت‌وساز مصر	بررسی تأثیر BIM بر فرآیند دریافت گواهینامه‌های سبز نظیر LEED؛ تحلیل هماهنگی بخش‌های طراحی و اجرا.	کاهش خطاهای انسانی و ۱۵ درصدی هزینه‌های ارزیابی؛ کاهش ۲۰ درصدی زمان دریافت گواهینامه‌های سبز؛ تأکید بر توسعه زیرساخت‌ها در کشورهای در حال توسعه.

بهره‌برداری و همچنین کاهش ۱۰ درصدی زمان طراحی و اجرای پروژه کمک کند. [۹]

تحلیل داده‌ها نشان داد که استفاده از BIM با رویکرد آینده‌نگری، می‌تواند به کاهش ۱۵ تا ۲۰ درصدی هزینه‌های

نوروزی و شریعتمدار در سال ۱۴۰۳ در مقاله «اولویت‌بندی و تحلیل ریسک‌های توسعه و اجرای ساختمان سبز با استفاده از تلفیق تکنیک تحلیل سلسله مراتبی و فازی» به شناسایی و تحلیل عوامل ریسک‌زا در طراحی و اجرای ساختمان‌های سبز پرداخته‌اند. این پژوهش ضمن بهره‌گیری از تکنیک‌های تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و فازی، به ارزیابی نقش فناوری BIM در کاهش خطرات و مشکلات اجرایی پرداخت. نوروزی و شریعتمدار معتقدند که فناوری BIM می‌تواند فرآیند طراحی را از طریق ارائه داده‌های دقیق و تجزیه و تحلیل پیشرفته بهبود دهد. یافته‌های این تحقیق نشان داد که استفاده از BIM تا ۴۰ درصد ریسک‌های ناشی از انتخاب مصالح ناسازگار با شرایط اقلیمی ایران، طراحی نامناسب و عدم هماهنگی میان تیم‌های اجرایی را کاهش داده است. همچنین، این فناوری برای پیش‌بینی تأثیرات زیست‌محیطی و کنترل هزینه‌های مرتبط با پروژه‌های پایدار مفید بوده است. [۱۰]

بهزادپور و خاکزند در سال ۱۴۰۰ در مقاله‌ای با عنوان «دستیابی به معماری سبز از طریق بکارگیری BIM (نمونه مورد مطالعه: دانشکده معماری-شهرسازی، عمران و مکانیک دانشگاه علم و صنعت ایران)» به مطالعه تأثیر فناوری مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) بر طراحی و اجرای ساختمان‌های سبز پرداخته‌اند. این پژوهش با محوریت دانشکده معماری دانشگاه علم و صنعت ایران، به بررسی شاخص‌های پایداری نظیر کاهش مصرف انرژی، مدیریت بهینه منابع، و کاهش آلاینده‌ها در محیط‌های دانشگاهی اختصاص داشته است. آن‌ها با روش مطالعه موردی و استفاده از شبیه‌سازی کامپیوتری، نتایج حاصل از مدل‌سازی ساختمان را با معیارهای توسعه پایدار مقایسه کردند و نشان دادند که استفاده از تکنیک‌های BIM باعث کاهش ۲۵ درصدی مصرف انرژی و بهینه‌سازی ۳۰ درصدی بهره‌وری منابع شد [۱۱]

عبدالحمید^۱ و همکاران در سال ۲۰۲۵ در مقاله‌ای با عنوان «ارزیابی پیاده‌سازی BIM برای بهبود فرآیندهای

گواهی‌نامه‌های ساختمان سبز»، به بررسی نقش BIM در دریافت گواهی‌نامه‌های معتبر ساختمان سبز نظیر LEED در پروژه‌های انجام شده در مصر پرداختند. این پژوهش نشان داد که BIM نه تنها داده‌های دقیق را برای ارزیابی عملکرد زیست‌محیطی ساختمان‌ها فراهم می‌کند، بلکه فرآیند دریافت گواهی‌های سبز را با کاهش هزینه‌ها و تسریع در مراحل اجرایی بهبود می‌بخشد. عبدالحمید و همکاران دریافتند که این فناوری در کاهش خطاهای انسانی و افزایش هماهنگی میان بخش‌های طراحی، اجرا و نظارت بسیار مؤثر بوده است. نتایج نشان داد که استفاده از BIM توانسته هزینه‌های مرتبط با فرآیندهای ارزیابی را تا ۱۵ درصد کاهش دهد و زمان دریافت گواهی‌نامه‌های سبز را تا ۲۰ درصد بهبود بخشد. [۱۲]

اولاومی^۲ و چان^۳ در سال ۲۰۲۱ در مقاله‌ای با عنوان «چارچوب سنجش BIM ساختمانی سبز برای ارزیابی عملکرد پایدار پروژه‌های ساختمانی: مطالعه موردی نیجریه»، چارچوبی برای سنجش عملکرد پایداری پروژه‌هایی که از فناوری BIM در طراحی ساختمان‌های سبز استفاده می‌کنند، ارائه دادند. این پژوهش با تمرکز بر پروژه‌های ساختمانی در نیجریه نشان داد که BIM نقش مهمی در کاهش ضایعات مصالح ساختمانی، کاهش زمان اجرا، و افزایش کیفیت کلی طراحی پروژه دارد. نویسندگان دریافتند که استفاده از BIM به کاهش ۲۵ درصدی هزینه‌های مصالح و ۱۵ درصدی زمان اجرای پروژه منجر شد. [۱۳]

جالای^۴ و جراد^۵ در سال ۲۰۱۵ در مقاله‌ای با عنوان «ادغام مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) و سیستم LEED در مرحله طراحی مفهومی ساختمان‌های پایدار»، تأثیر تلفیق BIM با سیستم‌های گواهی‌نامه سبز نظیر LEED را بررسی کردند. این پژوهش با مطالعه موردی در پروژه‌های ساختمانی کانادا، به شبیه‌سازی مصرف انرژی در مرحله طراحی پرداخت. جالای و جراد نشان دادند که BIM با فراهم کردن مدل‌های دقیق از انتخاب مصالح، طراحی فضاها و مدیریت انرژی، به تحلیل بهینه‌ترین سناریوها کمک می‌کند. نتایج این مطالعه حاکی از آن بود که BIM توانست علاوه بر کاهش مصرف

⁴ Jalaei

⁵ Jrade

¹ Abdel-Hamid

² Olawumi

³ Chan

ساختمان ویلای سبز منتخب برای این پژوهش؛ به دلیل مصرف زیاد انرژی در طی سال که می‌توان دلایل آن را استفاده زیاد از تجهیزات مکانیکی گرم‌کننده و خنک‌کننده دانست؛ قادر به دریافت استاندارد مذکور نخواهد بود.

معماری سبز

این سبک معماری، بیشتر مورد توجه افرادی است که به نوعی، دوستدار محیط زیست هستند. تمام تجهیزات، ملزومات و ملاحظات که در معماری سبز اجرا می‌شوند، مصرف کمتر منابع انرژی را فراهم می‌کنند. علاوه بر بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان سبز و هدایت شهروندان به سمت انرژی‌های تجدیدپذیر، از مزایای دیگری که معماری سبز برای شهرسازی ارائه می‌دهد، جلوه سبز و زیباتر نمای شهری است. تصویر ۱، نمونه‌ای از ساختمان سبز و استاندارد جهانی LEED که برای آن صادر شده است، را نشان می‌دهد.

انرژی، هزینه‌های طراحی و اجرای پروژه‌های سبز را بین ۲۰ تا ۳۰ درصد کاهش دهد. [۱۴]

روش تحقیق

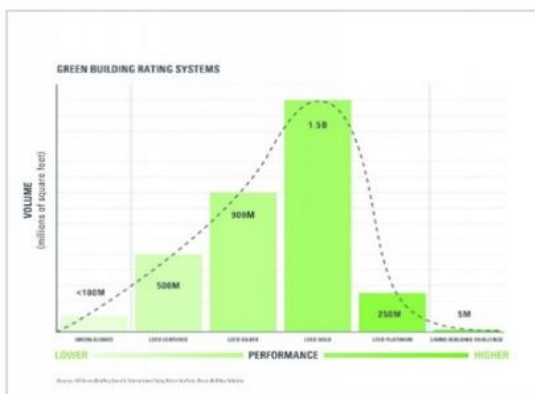
این پژوهش با ماهیت کاربردی و براساس تحلیل‌های کمی، حاصل از مدل‌سازی اطلاعات ساختمان و بررسی میزان مصرف انرژی سالانه، در مورد ساختمان ویلای سبز، در تهران انجام شد. در ابتدا با مطالعات کتابخانه‌ای، به شناخت معماری سبز پرداخته و پس از آن برای سنجش میزان مصرف انرژی سالانه در ساختمان مذکور؛ مدل‌سازی اطلاعات ساختمان با استفاده از نرم‌افزار Revit انجام گرفت و در ادامه با به کارگیری پلاگین Insight در این نرم‌افزار و دستیابی به خروجی‌های میزان مصرف انرژی در سایت Green Building Studio؛ با ارائه راهکارهای پیشنهادی در سایت Insight360؛ مدل‌سازی انجام شده در نرم‌افزار Revit، به رتبه قابل قبول برای دریافت استاندارد جهانی ASHRAE رسید ولیکن براساس بررسی‌ها و آنالیزهای انرژی انجام گرفته،



LEED versus Green Globes – Point by Point

Topic	LEED	Green Globes	Notes
BIG PICTURE			
Cost	Fees	✓	LEED's registration and certification fees are consistently lower.
	"Soft" costs	✓	LEED typically takes more time to document and involves more consultant time. This is likely to negate LEED's advantage on fees.
Assessment Process	Ease of use	✓	People who have been through both LEED and Green Globes certification generally say that Green Globes is friendlier and more collaborative than LEED. However, LEED asks more from projects and ensures a more rigorous process in which a project's green plaudits are earned.
	Rigor	✓	
Constructability		Draw	Neither LEED nor Green Globes should impede ease and efficiency of the construction process. LEED is more familiar to the design and construction industry, including at the subcontractor level, while Green Globes uses many similar concepts, and its documentation is very approachable. The Green Globes process is easier to begin during construction.
Performance Data	✓		We'd like more data on LEED, but we have none on Green Globes, and LEED has more processes in place to deliver us data in the future. The data we have is mildly favorable in terms of LEED's outcomes in building performance.
Market Perception	✓		LEED is much better known, and for those who are aware of both, LEED has a reputation for greater rigor and market relevance.
Prerequisites	✓		LEED requires specific minimum performance metrics in every category. Green Globes does not. LEED's approach on this pushes even projects with the minimum level of certification to be greener than code-compliant projects.
Weighting of Impacts		Draw	Credit weightings are a subjective exercise based on what is deemed important at the time. Green Globes is more weighted toward energy while LEED is more even across its categories, including site and water. USGBC is transparent and deliberate in establishing its weightings, while GBI is more opaque and mutable.
Flexibility		Draw	USGBC offers credit interpretations and alternate compliance paths to encourage unique projects to attempt credits. Green Globes marks credits "non-applicable." The former is more rigorous; projects credit the latter with allowing a focus on credits that are most relevant to their interests.
Regional Emphasis	✓		LEED offers regional bonus points based on input from its chapters and international partners. Green Globes marks regional credits "non-applicable."
Innovation	✓		LEED offers three paths to reward innovation; Green Globes offers none.
Scoring		Draw	Globes or precious metals—take your pick. LEED's 100-point scale tends to bundle more topics together; Green Globes' 1,000-point scale lends itself more to that system's questionnaire format.

تصویر ۱- ساختمان سبز و دریافت استاندارد جهانی LEED؛ منبع سایت <https://www.archdaily.com>



نرم افزار Autodesk Revit

نرم افزار Revit، یک نرم افزار مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM) برای طراحان معماری، مهندسان سازه، تأسیسات مکانیکی، تأسیسات الکتریکی و پیمانکاران است. این نرم افزار به کاربر اجازه می‌دهد یک ساختمان و قسمت‌های مختلف آن را به صورت سه بعدی طراحی کند؛ مدل را با عناصر نقشه-کشی دو بعدی علامت‌گذاری و از پایگاه‌های داده ساختمان به اطلاعات ساختمان دسترسی پیدا کند. نرم افزار Revit، قابلیت D4 را داراست و دارای ابزارهایی برای برنامه‌ریزی و پیگیری مراحل مختلف چرخه زندگی در ساختمان از ایده-سازی تا ساخت و در نهایت تخریب است. [۱۹]

طبق جدول ۲، در انگلستان از سال ۲۰۱۳، استفاده از نرم افزار Revit با ۴۹٪، بیشترین میزان کاربر را داراست و در کشور آمریکا در سال ۲۰۱۲، استفاده از نرم افزارهای تحت Autodesk با ۲۷٪، بیشترین میزان مصرف را از آن خود کرده است و می‌توان نتیجه گرفت وقتی صحبت از مدل‌سازی اطلاعات ساختمان باشد، نرم افزار Revit کاربران بیشتری دارد.

یافته‌ها

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 ۳، موقعیت و زوایای تابش خورشید را طبق عرض جغرافیایی ۳۵ درجه شمالی که تهران در آن واقع شده است، نشان می‌دهد و تصویر ۴، نشان دهنده حرکت خورشید در ساختمانی است که در نیم‌کره شمالی قرار دارد و رو به جنوب قرار گرفته است.

طبق تصویر ۴، 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.

استفاده از تجهیزات و تأسیساتی نظیر سیستم‌های گرمایشی، سرمایشی و دستگاه‌های تهویه مطبوع می‌توانند سبب افزایش میزان مصرف انرژی در ساختمان، افزایش هزینه‌های حاصل از آن و تولید CO2 یا کربن بیشتری شوند و در پی آن آلودگی‌های زیست محیطی و گرم شدن کره زمین، پیامدی است که دور از انتظار نیست.

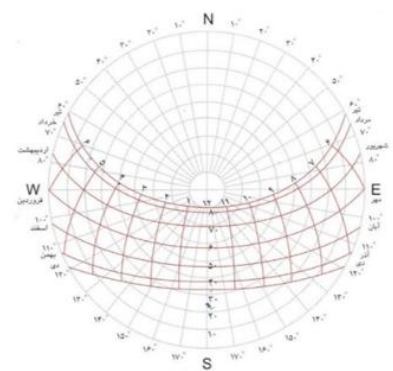
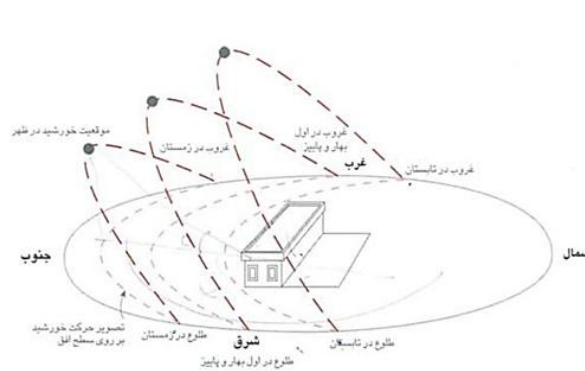
در واکنش به گرم شدن کره زمین، کمبود منابع انرژی و چالش‌های تخریب محیط زیست؛ بشر در تلاش است، شهرهای بومی کم کربن بسازد و ساختمان‌های سبز کم کربن را رواج دهد. ساختمان سبز، به کل چرخه عمر ساختمان اشاره دارد که شامل حداکثر صرفه‌جویی در منابع انرژی، آب، زمین و مواد؛ حفاظت از محیط زیست، کاهش آلودگی، استفاده کارآمد از فضا برای افراد و در نهایت ایجاد هماهنگی میان طبیعت و انسان است [۱۵]. در پی این امر، 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 [۱۶]. در روند اجرای طراحی 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 [۱۷]

آیین نامه ASHRAE

انجمن مهندسين گرمایش، سرمایش و تهویه مطبوع آمریکا (ASHRAE)، در سال ۱۸۹۴ در یک گروه‌مایی مهندسان در شهر نیویورک تأسیس شد. این سازمان که امروزه بیش از ۵۰۰۰۰ عضو در سراسر جهان دارد، از ادغام انجمن گرمایش و تهویه آمریکا و انجمن تبرید آمریکا شکل گرفته است. هدف اصلی این مجموعه‌ی جهانی، ارتقای دانش مهندسين تهویه مطبوع جهان در راستای طراحی بهینه سیستم‌ها و تأمین کیفیت هوای مطلوب در ساختمان ضمن صرفه‌جویی در مصرف انرژی می‌باشد. جامعه مهندسان گرمایش، سرمایش و تهویه هوا در آمریکا؛ BIM را فرآیند به کارگیری نرم افزارهای مدل‌سازی داده و گرافیک هوشمند با هدف خلق راه حل‌های طراحی ساختمان‌های بهینه و یکپارچه می‌داند. [۱۸]

جدول ۲- درصد استفاده از هر یک از نرم افزارهای BIM در انگلستان (BIMtalk, 2013) و در آمریکا (Becerik- Gerber & Rice 2012)؛ منبع نگارندگان

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



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

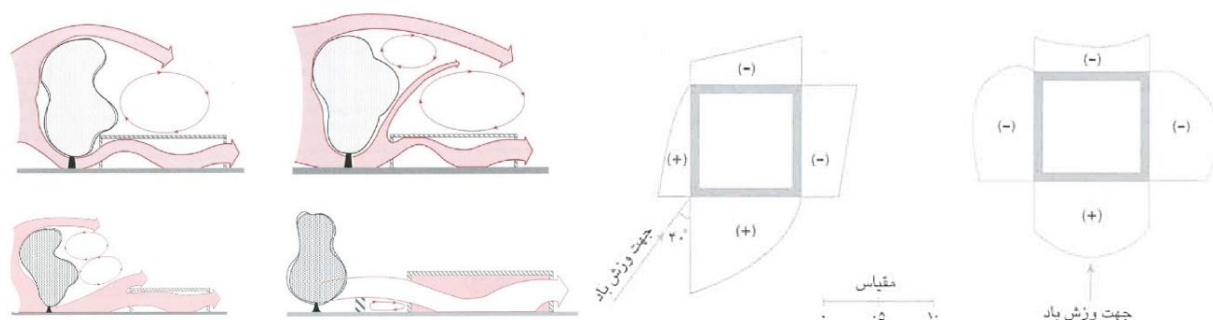
تصویر ۳. موقعیت و زوایای تابش خورشید طبق عرض جغرافیایی ۳۵ درجه شمالی که تهران در آن واقع شده است؛ منبع کسمایی

و سائیتی که قرار است ساختمان در آن ساخته شود، یکی از معیارهای مهم در طراحی خواهد بود. ایجاد تهویه طبیعی در ساختمان به اختلاف فشاری که وزش باد در جداره‌های خارجی آن به وجود می‌آورد بستگی دارد (کسمایی، ۱۳۸۳: ۶۲) به همین دلیل یکی دیگر از مواردی که باید در مطالعات فاز صفر پروژه، مورد تحلیل و بررسی قرار گیرد، تأثیر وزش باد بر ساختمان خواهد بود. تصویر ۵، تقسیم فشار هوای اطراف ساختمان را در صورت وزش باد، به صورت شماتیک نشان می‌دهد. همان‌طور که در تصویر مشاهده می‌شود، جهت وزش باد در تغییر فشار هوا بر ساختمان تأثیرگذار است و در صورتی که وزش باد، عمود بر ساختمان باشد،

چینش فضاهای داخلی براساس حرکت خورشید و تأثیر آن بر ساختمان، یکی از مواردی است که باید هنگام طراحی در نظر گرفته شود. در صورت عدم توجه به این موضوع ممکن است فضاهای داخلی به گونه‌ای جانمایی شوند که برای گرم کردن و خنک کردن آن‌ها، نیاز به بهره‌گیری از انرژی‌های بیشتری توسط تجهیزات مکانیکی گرم‌کننده و خنک‌کننده باشد و این می‌تواند میزان مصرف انرژی را به طور قابل توجهی در ساختمان بالا ببرد و نتیجه این امر، افزایش هزینه‌های حاصل از مصرف انرژی، تولید کربن بیشتر و به طبع آن، وارد آمدن صدمات جبران ناپذیر به محیط زیست خواهد بود. در نتیجه می‌توان گفت بررسی موقعیت خورشید نسبت به زمین

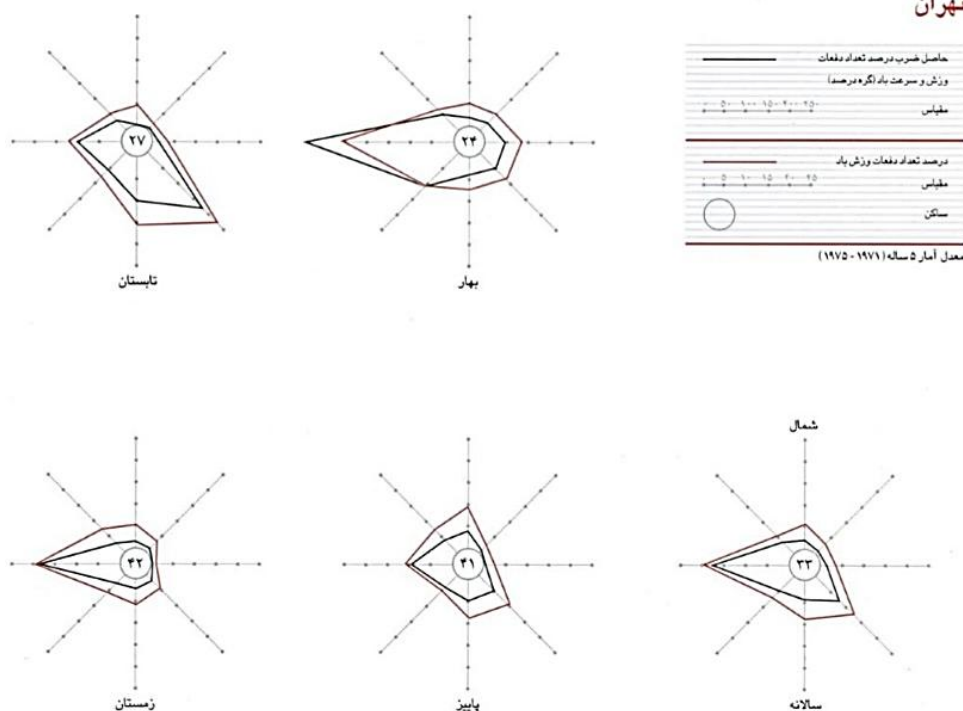
جهت‌گیری ساختمان، علاوه بر توجه به انرژی خورشیدی، وزش باد به عنوان عامل مهم دیگر، باید مورد بررسی قرار گیرد. نمودار ۴، جهت و سرعت وزش باد را در فصول مختلف سال و به طول سالیانه در شهر تهران نشان می‌دهد. این نمودار در صورتی که ملاک جهت‌گیری ساختمان قرار گیرد، می‌تواند در کاهش مصرف انرژی و ارتباط مثبت با محیط زیست، مؤثر واقع شود.

حداکثر دریافت انرژی باد از دیوارهای ضلع جنوبی خواهد بود و شاید بتوان آن را با فضای سبز خارج از ساختمان تا حدی تعدیل و کنترل نمود اما طبق تصویر، ضلع شمالی، کمترین میزان دریافت این انرژی را خواهد داشت. در صورت وزش باد از جنوب غربی ساختمان، ضلع غربی؛ بیشترین تأثیر را می‌پذیرد و وزش باد در ضلع جنوبی هر چه به سمت شرق نزدیک می‌شود، کاهش می‌یابد. طبق موارد گفته شده؛ در



تصویر ۵- تقسیم فشار هوای اطراف ساختمان در صورت وزش باد و راهکارهایی با استفاده از درختان در سایت؛ منبع کمسای

نمودار جهت و سرعت باد تهران

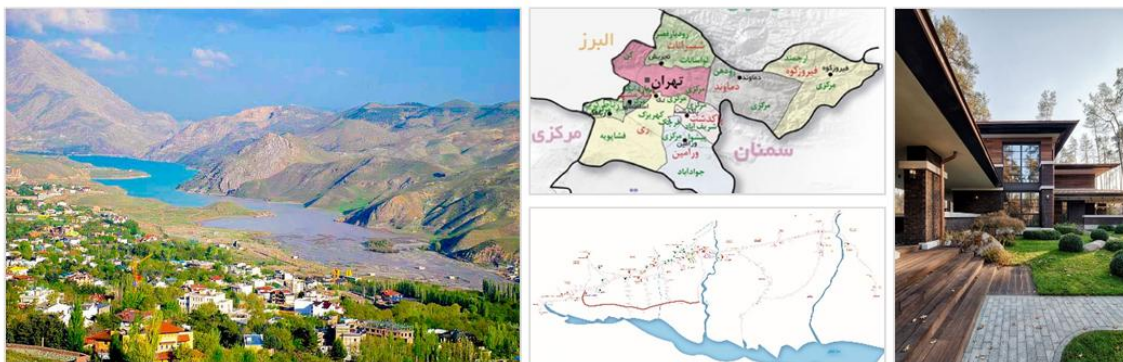


نمودار ۴- جهت و سرعت وزش باد در تهران؛ منبع کمسای

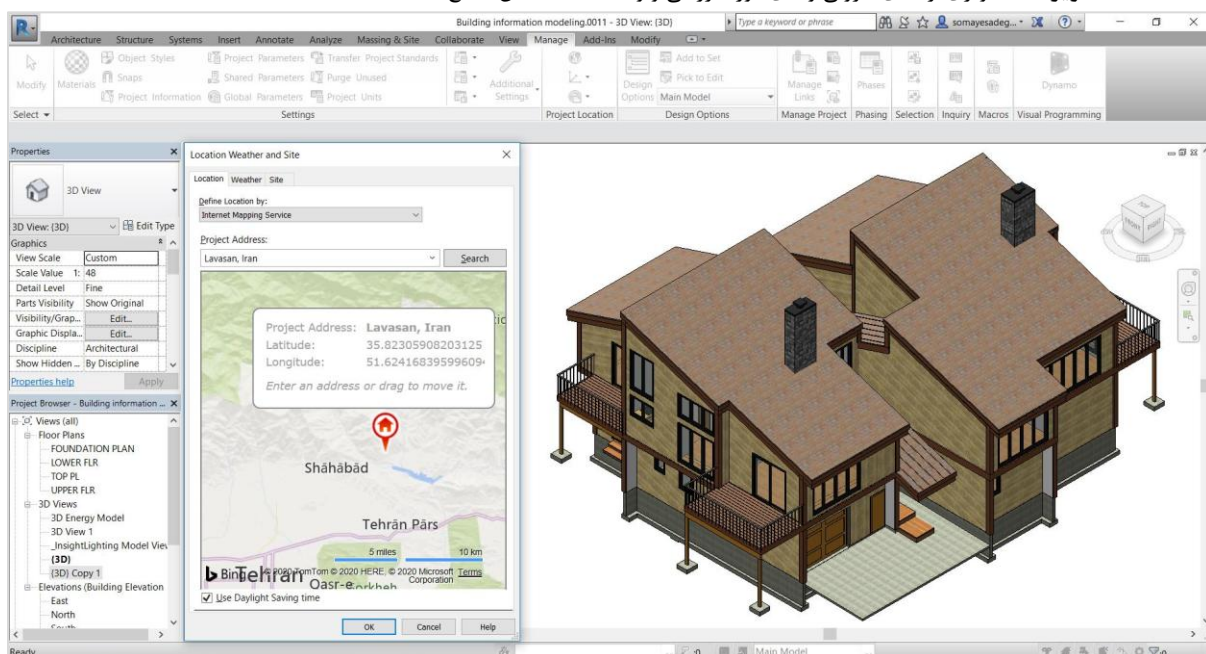
۴-۱- تجزیه و تحلیل یافته‌ها

به منظور دستیابی به اهداف پژوهش برای بررسی تأثیر مدل - سازی اطلاعات ساختمان (BIM) بر کاهش مصرف انرژی در طراحی ساختمان سبز؛ یک ساختمان ویلایی ساخته شده در تهران، که براساس اصول و ویژگی‌های ساخت، یک ساختمان سبز محسوب می‌شود؛ با مساحتی بالغ بر ۳۲۰ مترمربع، انتخاب و مدل‌سازی آن در نرم افزار Revit توسط نگارندگان، انجام شد. هدف از انتخاب این ویلای سبز، بررسی وضعیت آن طبق استاندارد ASHRAE در نرم افزار Revit می‌باشد. تصویر ۶، نمای بیرونی ویلای مورد بررسی و وضعیت منطقه آن و تصویر ۷، نمایی از مدل‌سازی ویلای مذکور در نرم افزار

Revit و انتخاب تهران؛ به عنوان Location در نرم‌افزار را نشان می‌دهد. پیشتر در بخش مبانی نظری پژوهش گفته شد، نرم افزار Revit دارای قابلیت‌های زیادی از جمله امکان کار گروهی و هماهنگی میان طراحان معماری، سازه و تأسیسات؛ تهیه متره و برآورد دقیق از پروژه؛ تهیه برنامه زمانبندی و در نتیجه ایجاد هماهنگی در عملیات اجرایی و برخورداری از شرایط ایده‌آل در دوره تعمیر و نگهداری ساختمان است. در تصویر ۸، پلان‌های طبقات همکف و اول، نمای معماری ضلع شمالی، نمایی از ضلع جنوبی به همراه نمایش سازه و نمایی از ضلع شرقی با نمایش تأسیسات مکانیکی پروژه نشان داده شده است.



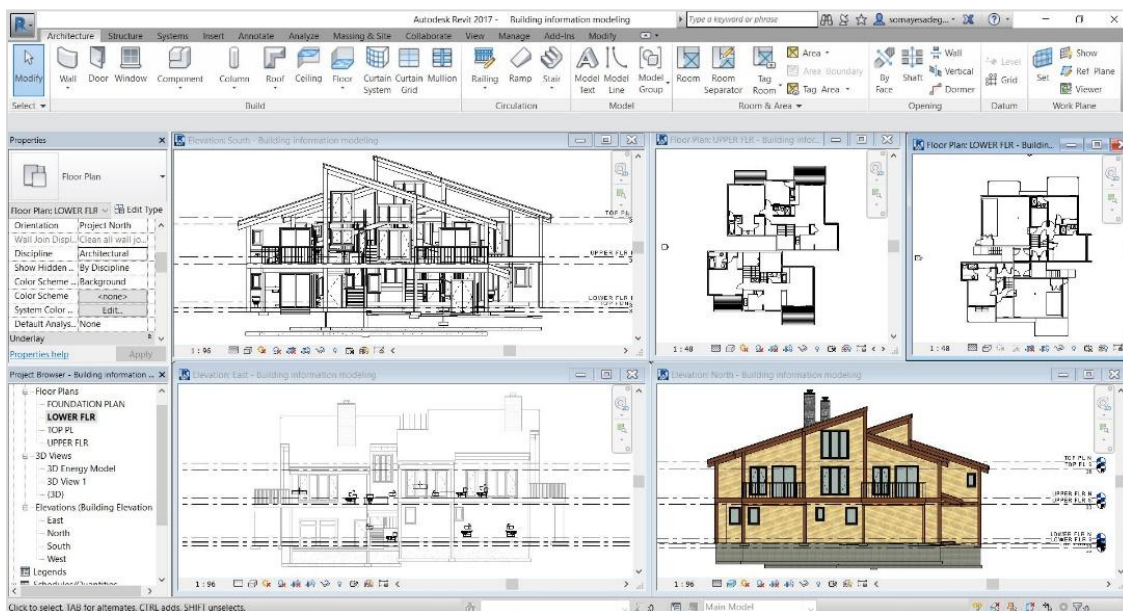
تصویر ۶- تصویری از نمای بیرونی ویلای مورد بررسی و وضعیت منطقه آن، منبع نقشه‌ها سایت <http://www.lavasan.ir>



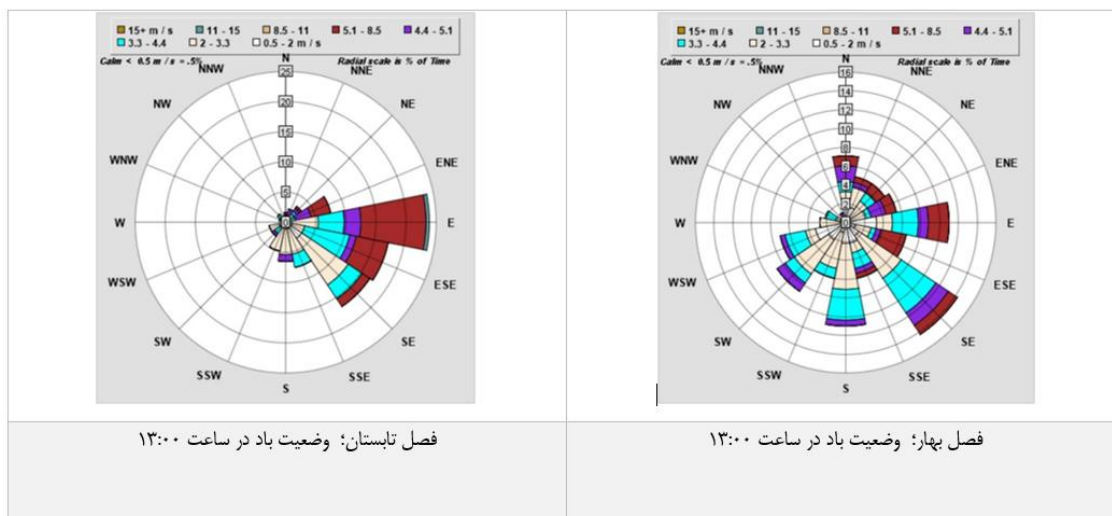
تصویر ۷- نمایی از مدل‌سازی ویلای مورد بررسی در نرم افزار Revit و انتخاب تهران؛ به عنوان Location، منبع نگارندگان

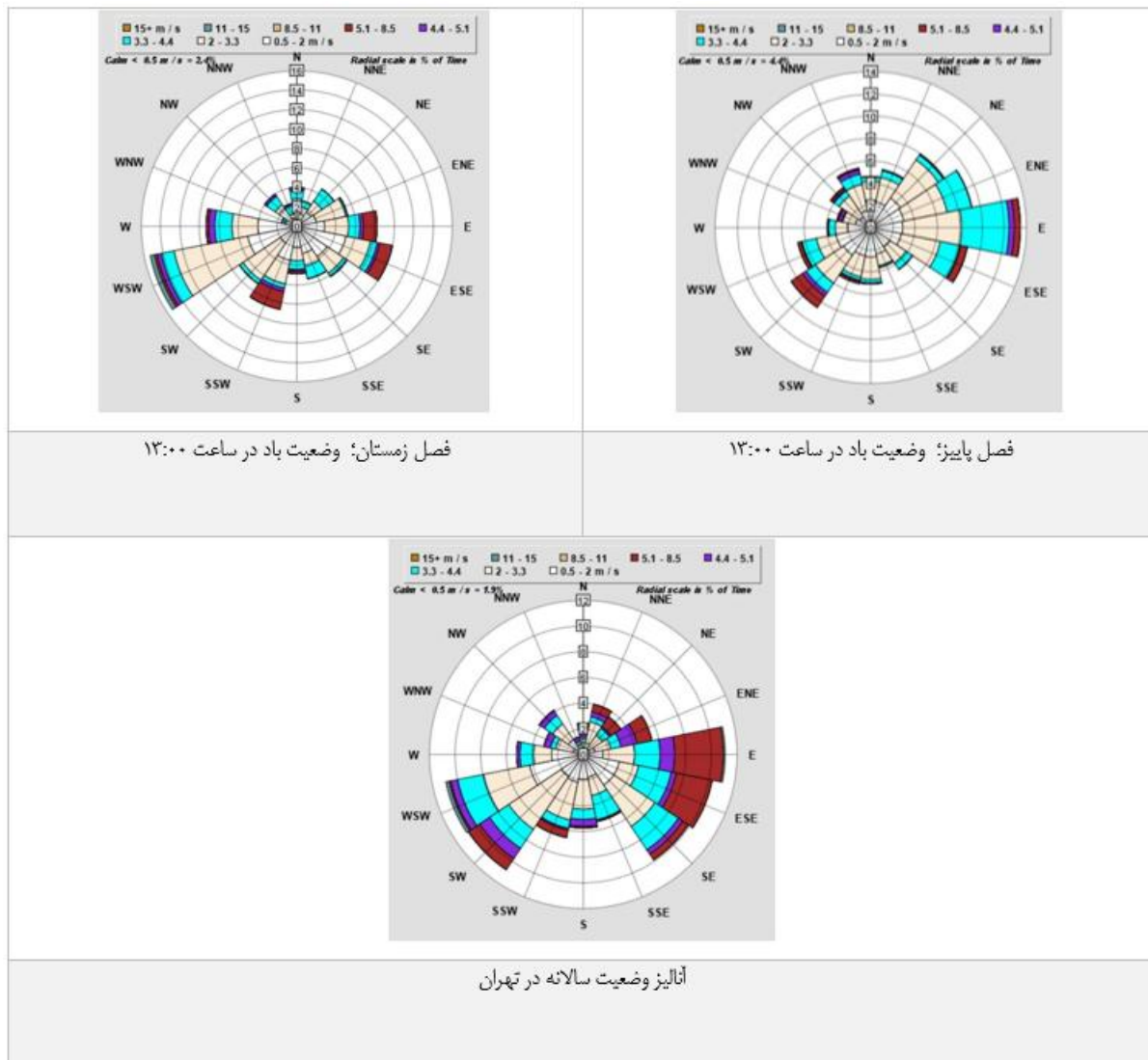
نمودار ۵، نتایج حاصل از بررسی میزان انرژی خورشیدی را بر سقف ساختمان با توجه به انتخاب اقلیم تهران و در بازه زمانی ۱ آبان تا ۳۰ آبان ۱۴۰۳ نشان می‌دهد. همان‌طور که در نمودار مشاهده می‌شود، بیشترین میزان دریافت انرژی خورشیدی از سقف ساختمان، ۵۹ کیلووات ساعت بر مترمربع و در ضلع غربی اتفاق می‌افتد. تصویر ۹، براساس نمودار ۵، با توجه به بازه زمانی انتخاب شده، نحوه حرکت خورشید در طول روز و اثربخشی آن را بر ساختمان نشان می‌دهد.

از نظر نگارندگان بررسی مواردی همچون وضعیت باد و انرژی خورشید؛ پیش از ارائه نتایج آنالیز انرژی ساختمان؛ به دلیل تأثیر مؤلفه‌های بیان شده بر میزان مصرف انرژی در ساختمان، ضروری به نظر می‌رسد. جدول ۳، در تمام فصل‌های سال و به طور سالیانه، وضعیت جهت و سرعت باد را در ساختمان مورد بررسی و مدل‌سازی شده در نرم افزار Revit؛ توسط پلاگین Insight و با توجه به خروجی‌های گرفته شده از سایت Green Building Studio نشان می‌دهد.



تصویر ۸- پلان طبقات همکف و اول، نمای ضلع شمالی، جنوبی و شرقی در نرم افزار Revit، مدل‌سازی شده توسط نگارندگان





جدول ۳- بررسی وضعیت باد در تمام ماه‌های سال و به طور سالیانه براساس مدل‌سازی ساختمان ویلایی ساخته شده در تهران؛ مدل‌سازی در نرم افزار Revit و نتایج در سایت Green Building Studio؛ منبع نگارندگان

نمودارهای ۶، بررسی میزان مصرف سوخت با واحد مترمکعب؛ بررسی میزان مصرف انرژی برق با واحد کیلووات ساعت و میانگین میزان مصرف انرژی در ساختمان ساخته شده را در طی یکسال، در نرم‌افزار Revit نشان می‌دهد.

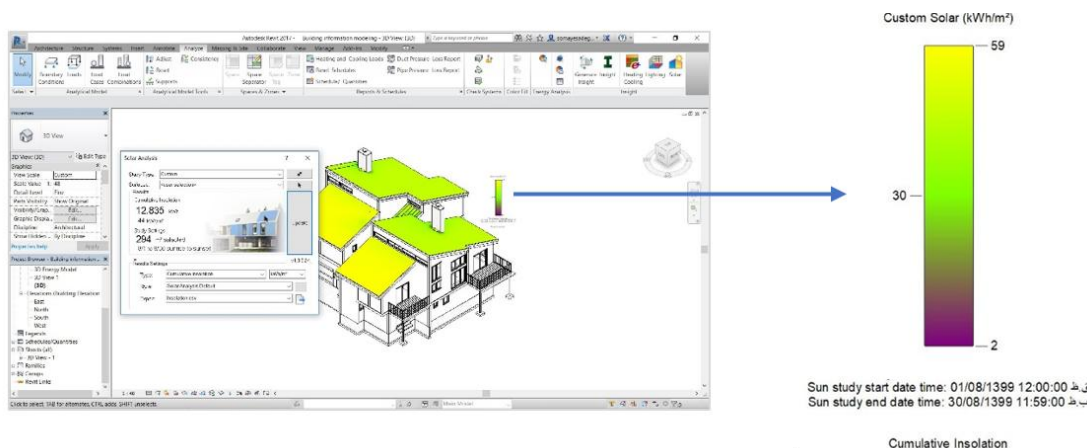
نتایج حاصل از نمودارهای فوق نشان می‌دهد، بیشترین میزان مصرف انرژی در ساختمان مدل‌سازی شده، ۴۷٪ و برای گرم کردن ساختمان و کمترین میزان، ۴٪ برای آب گرم مصرفی می‌باشد. اما خنک‌کننده‌های فضا نیز تأثیر بسزایی در بالا بردن مصرف انرژی در ساختمان دارند و ۲۵٪ از سهم کل مصرف انرژی در ساختمان را به خود اختصاص داده‌اند. طبق نتایج به دست آمده می‌توان گفت بیشترین میزان مصرف

یکی دیگر از مواردی که می‌توان در نرم‌افزار Revit، به کمک آن آنالیزی از دریافت انرژی خورشیدی داشت؛ تحلیل این انرژی در فضاهای داخلی است. تصویر ۱۰، پلان طبقه اول ویلای مورد بررسی و انتخاب اتاق خواب اصلی را برای تحلیل انرژی مذکور در فضای داخلی و تصویر ۱۱، نتیجه تحلیل این انرژی را نشان می‌دهد.

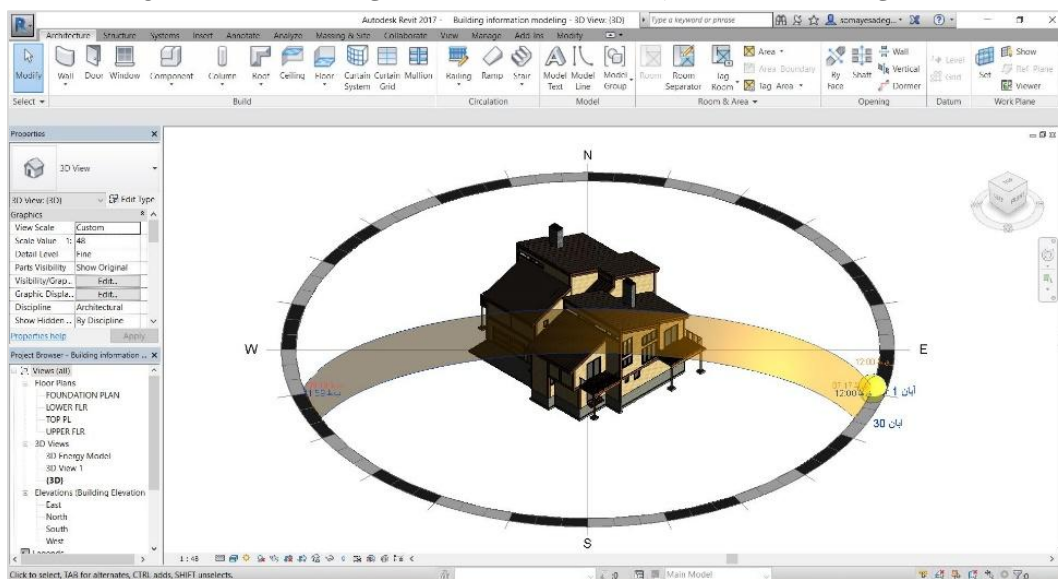
نرم‌افزار Revit به عنوان یکی از قدرتمندترین نرم‌افزارهای مدل‌سازی اطلاعات ساختمان؛ قابلیت‌های دیگری نیز داراست. در این نرم‌افزار می‌توان با افزودن پلاگین Insight، تحلیل دقیق از میزان انرژی مصرفی ساختمان و مقایسه تطبیقی آن با استاندارد جهانی ASHRAE را به دست آورد.

انرژی انجام شده توسط پلاگین Green Building Studio در نرم افزار Revit و نتایج حاصل از آن که شامل مقایسه تطبیقی میزان انرژی مصرفی ساختمان با استاندارد ASHRAE⁶ می باشد؛ به بررسی میزان کربن تولیدی ساختمان پرداخت. تصویر ۱۲، نتایج حاصل از بررسی میزان تولید کربن در طی یک سال در ویلای سبز مورد بررسی را براساس استاندارد ASHRAE نشان می دهد.

انرژی در ساختمان، صرف گرم کردن و خنک کردن آن خواهد شد و هزینه های زیادی را به ساکنین ساختمان متحمل می نماید. نمودارهای ۷، میزان هزینه براساس مصرف انرژی و جدول ۴، مقایسه میزان مصرف انرژی و هزینه را نشان می دهد. لازم به ذکر است برآورد هزینه ها، طبق استانداردهای نرم افزار، براساس دلار انجام شده است. پس از به دست آوردن میزان مصرف انرژی و هزینه های ناشی از آن در ساختمان ویلایی و سبز مورد بررسی، می توان با توجه به آنالیزهای

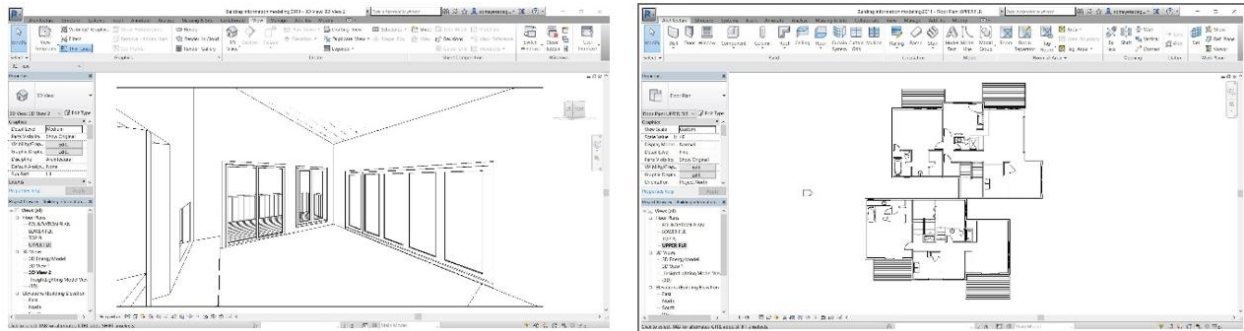


نمودار ۵- بررسی انرژی خورشید بر روی بام براساس مدل سازی ساختمان ویلایی ساخته شده در تهران؛ منبع نگارندگان

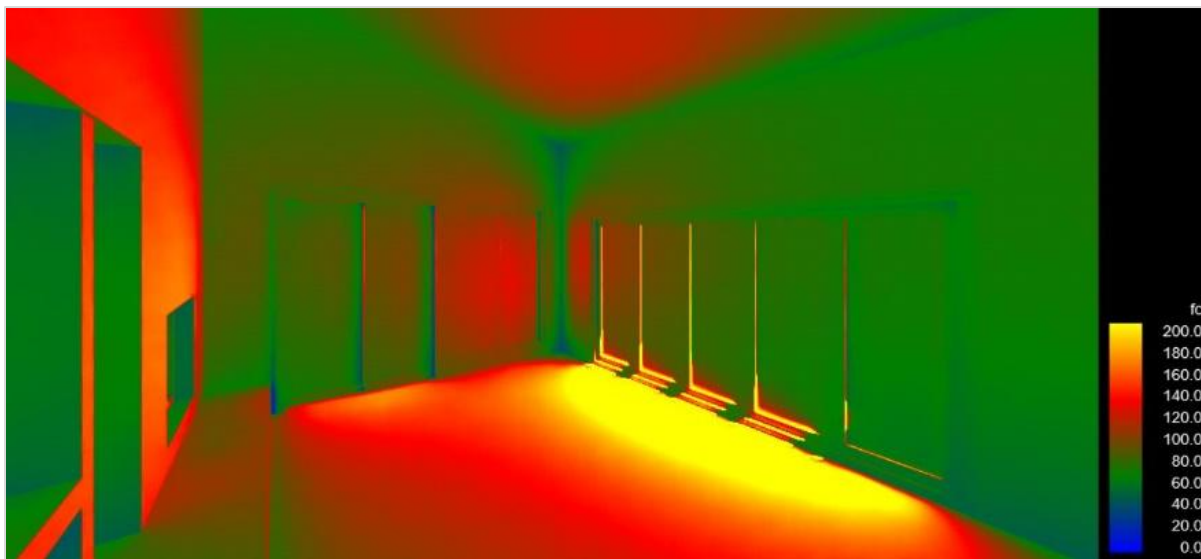


تصویر ۹- بررسی وضعیت تابش خورشید طبق تنظیمات انجام شده در نمودار ۱؛ منبع نگارندگان

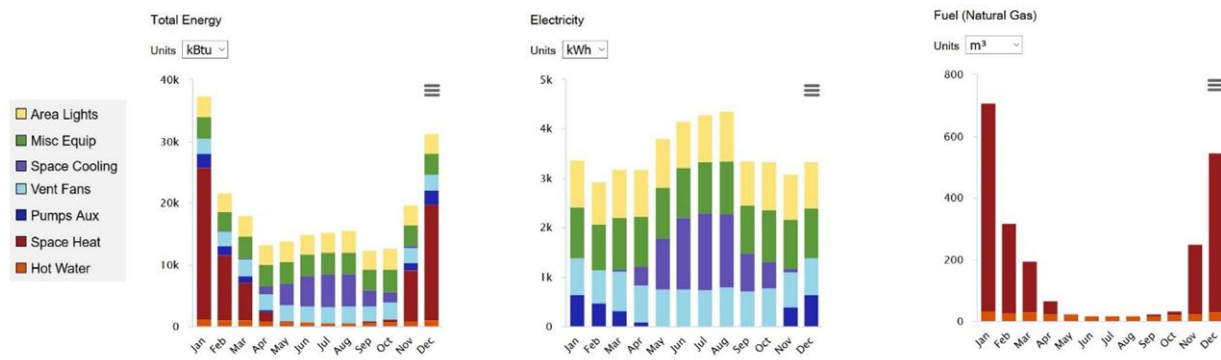
⁶ American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers



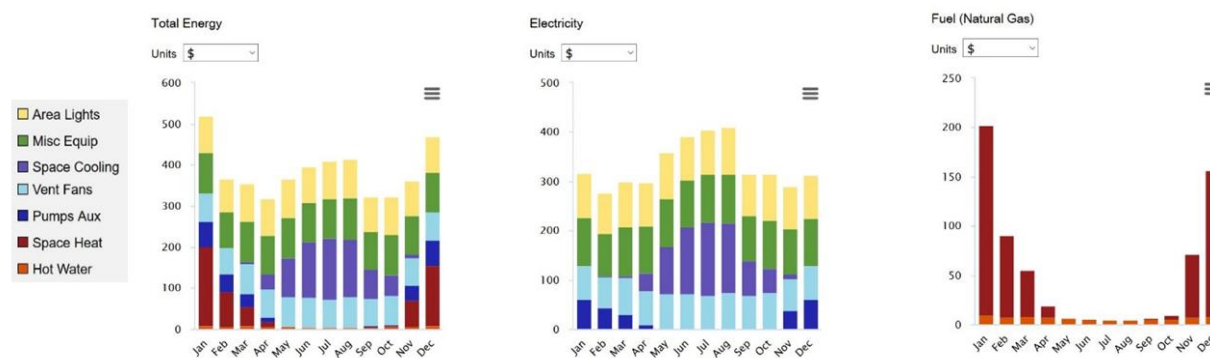
تصویر ۱۰- پلان طبقه اول و فضای داخلی اتاق خواب اصلی؛ منبع نگارندگان



تصویر ۱۱- آنالیز انرژی خورشید در فضای داخلی اتاق خواب اصلی؛ منبع نگارندگان



نمودار ۶- بررسی میزان مصرف انرژی در طی یکسال؛ طبق مدل سازی انجام شده توسط نگارندگان



نمودار ۷- بررسی هزینه‌های مصرف انرژی در طی یکسال؛ طبق مدل‌سازی انجام شده توسط نگارندگان

جدول ۴- مقایسه میانگین میزان مصرف انرژی و هزینه در تمام ماه‌های سال؛ طبق مدل‌سازی انجام شده توسط نگارندگان

عنوان، میزان و هزینه (دلار) مصرف انرژی

دوره مصرف (ماه)		روشنایی		تجهیزات متفرقه		خنک کننده‌های فضا		تجهیزات تهویه هوا		تجهیزات مکانیکی (پمپ‌ها)		گرم کننده‌های فضا		آب گرم	
		هزینه	انرژی	هزینه	انرژی	هزینه	انرژی	هزینه	انرژی	هزینه	انرژی	هزینه	انرژی	هزینه	انرژی
January		۹۰٪	۹٪	۹۷٪	۰٪	۰٪	۷٪	۶۹٪	۶٪	۶۱٪	۶۶٪	۱۹۳٪	۳٪	۹٪	۹٪
February		۸۱٪	۱۴٪	۸۷٪	۰٪	۰٪	۱۱٪	۶۴٪	۷٪	۴۴٪	۴۹٪	۸۳٪	۵٪	۸٪	۸٪
March		۹۲٪	۱۹٪	۹۸٪	۱٪	۴٪	۱۵٪	۷۵٪	۶٪	۳۱٪	۳۴٪	۴۷٪	۶٪	۸٪	۸٪
April		۸۹٪	۲۴٪	۹۵٪	۱۰٪	۳۶٪	۱۹٪	۶۹٪	۳٪	۱۰٪	۱۱٪	۱۲٪	۷٪	۷٪	۷٪
May		۹۲٪	۲۴٪	۹۸٪	۲۵٪	۹۶٪	۱۹٪	۷۲٪	۰٪	۰٪	۰٪	۰٪	۶٪	۵٪	۵٪
June		۸۹٪	۲۲٪	۹۵٪	۳۳٪	۱۳۶٪	۱۸٪	۷۲٪	۰٪	۰٪	۰٪	۰٪	۵٪	۵٪	۵٪
July		۹۰٪	۲۱٪	۹۷٪	۳۵٪	۱۴۸٪	۱۶٪	۶۹٪	۰٪	۰٪	۰٪	۰٪	۴٪	۵٪	۵٪
August		۹۵٪	۲۲٪	۱۰۰٪	۳۳٪	۱۴۰٪	۱۸٪	۷۵٪	۰٪	۰٪	۰٪	۰٪	۴٪	۵٪	۵٪
September		۸۳٪	۲۵٪	۹۲٪	۲۷٪	۷۱٪	۲۰٪	۶۶٪	۰٪	۰٪	۲٪	۲٪	۶٪	۵٪	۵٪
October		۹۲٪	۲۷٪	۹۸٪	۲۸٪	۴۹٪	۲۱٪	۷۲٪	۱٪	۲٪	۳٪	۲٪	۶٪	۶٪	۶٪
November		۸۶٪	۱۶٪	۹۳٪	۱۷٪	۸٪	۱۲٪	۶۷٪	۷٪	۳۷٪	۴۲٪	۶۴٪	۵٪	۷٪	۷٪
December		۸۷٪	۱۰٪	۹۵٪	۱۱٪	۰٪	۸٪	۶۹٪	۷٪	۶۱٪	۶۰٪	۱۴۸٪	۳٪	۹٪	۹٪

1 Base Run	2 Design Alternative
Energy, Carbon and Cost Summary	Estimated Energy & Cost Summary
Annual Energy Cost \$4,623	Annual Energy Cost \$4,625
Lifecycle Cost \$62,967	Lifecycle Cost \$62,990
Annual CO ₂ Emissions	Annual CO ₂ Emissions
Electric 0.0 Mg	Electric 0.0 Mg
Onsite Fuel 4.3 Mg	Onsite Fuel 4.3 Mg
Large SUV Equivalent 0.4 SUVs / Year	Large SUV Equivalent 0.4 SUVs / Year
Annual Energy	Annual Energy
Energy Use Intensity (EUI) 751 MJ / m ² / year	Energy Use Intensity (EUI) 751 MJ / m ² / year
Electric 42,480 kWh	Electric 42,498 kWh
Fuel 85,381 MJ	Fuel 85,369 MJ
Annual Peak Demand 14.0 kW	Annual Peak Demand 14.0 kW
Lifecycle Energy	Lifecycle Energy
Electric 1,274,387 kW	Electric 1,274,952 kW
Fuel 2,561,420 MJ	Fuel 2,561,071 MJ
Assumptions ⓘ	Assumptions ⓘ

تصویر ۱۲- میزان تولید کربن براساس استاندارد ASHRAE در طی یک سال در ویلای مورد بررسی؛ منبع نگارندگان

از نظر میزان گرمایش، تهویه و تهویه هوا؛ درصد بسیار بالایی از انرژی الکتریکی و سوخت را مصرف می‌کند و همین امر سبب ایجاد CO₂ یا کربن بیشتری خواهد شد.

نمودار ۹، جزئیات نمودار ۸ را نشان می‌دهد. به عبارت دیگر می‌توان گفت برای درک علت بالا بودن HVAC در ساختمان مورد بررسی؛ استاندارد ASHRAE جزئیات بررسی شده را اعلام می‌کند. همان‌طور که در نمودار مشاهده می‌شود، تجهیزات مربوط به سرمایش، گرمایش و تهویه در مجموع ۷۳.۳٪ از مصرف انرژی الکتریکی و ۲۶.۷٪ صرف روشنایی ساختمان مورد بررسی می‌شود. از نظر مصرف سوخت، ۸۷.۱٪ صرف گرم کردن ساختمان و ۱۲.۹٪ صرف آب گرم مصرفی در طی یک سال در ساختمان مورد بررسی می‌شود.

نتایج حاصل از میزان مصرف انرژی و هزینه‌های ناشی از آن و همچنین مقایسه تطبیقی ساختمان با استاندارد ASHRAE، توسط آنالیزهای انرژی در پلاگین Green Building Studio در نرم افزار Revit به دست آمد و در نمودارها و جداول فوق ارائه شد. حال پرسش اصلی این است که آیا ساختمان ساخته شده که با عنوان ساختمانی سبز مطرح است؛ استاندارد ASHRAE را دریافت می‌کند؟ در صورت

طبق تصویر فوق؛ نتایج ارزیابی انرژی در ویلای مدل‌سازی شده در نرم افزار Revit براساس استاندارد ASHRAE نشان می‌دهد هزینه سالانه انرژی \$4,623، هزینه چرخه زندگی \$62,967 و از نظر انتشار سالانه CO₂ یا کربن؛ مصارف مربوط به انرژی الکتریکی بی‌تأثیر بوده و تأثیر میزان مصرف سوخت 4.3 Mg می‌باشد.

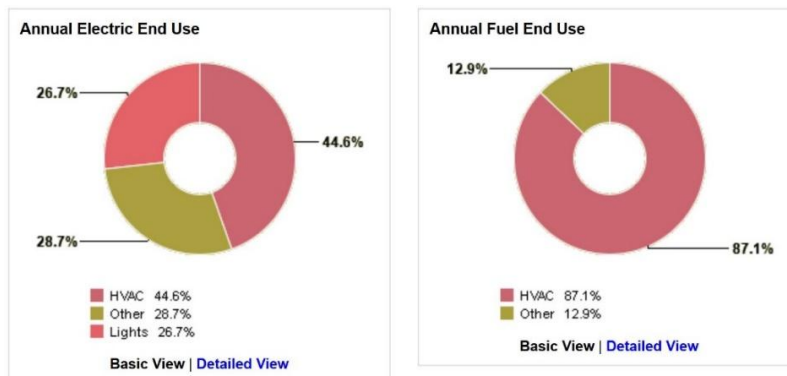
شدت استفاده انرژی سالانه در این ساختمان 751 MJ / m² / year، میزان مصرف انرژی الکتریکی سالانه 42,480 kWh، میزان مصرف سوخت 85,381 MJ، اوج تقاضای سالانه 14.0 kW، انرژی الکتریکی برای چرخه زندگی 1,274,387 Kw و میزان سوخت مصرفی 2,561,420 MJ، طبق استاندارد مذکور، به دست آمده است.

نمودار ۸، نتایج فوق را در قالب مؤلفه‌های تعریف شده در استاندارد ASHRAE نشان می‌دهد. مقدار HVAC⁷ یا گرمایش، تهویه و تهویه هوا با ۴۴.۶٪ بالاترین میزان را در مقایسه با میزان روشنایی و سایر مؤلفه‌ها در مصرف انرژی الکتریکی در طی یکسال داراست. همچنین HVAC با ۸۷.۱٪ میزان قابل توجهی از مصرف سوخت را در طی یکسال شامل می‌شود. در نتیجه می‌توان گفت ساختمان مورد بررسی

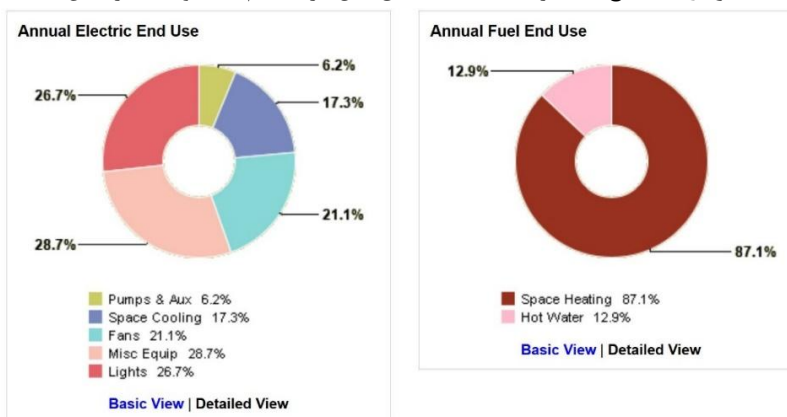
⁷ Heating, ventilation and air conditioning

استاندارد مذکور، نشان می‌دهد. نمودار ۱۰، مدل سه بعدی ساختمان مدل‌سازی شده توسط پلاگین Insight و وضعیت استاندارد ASHRAE را نشان می‌دهد.

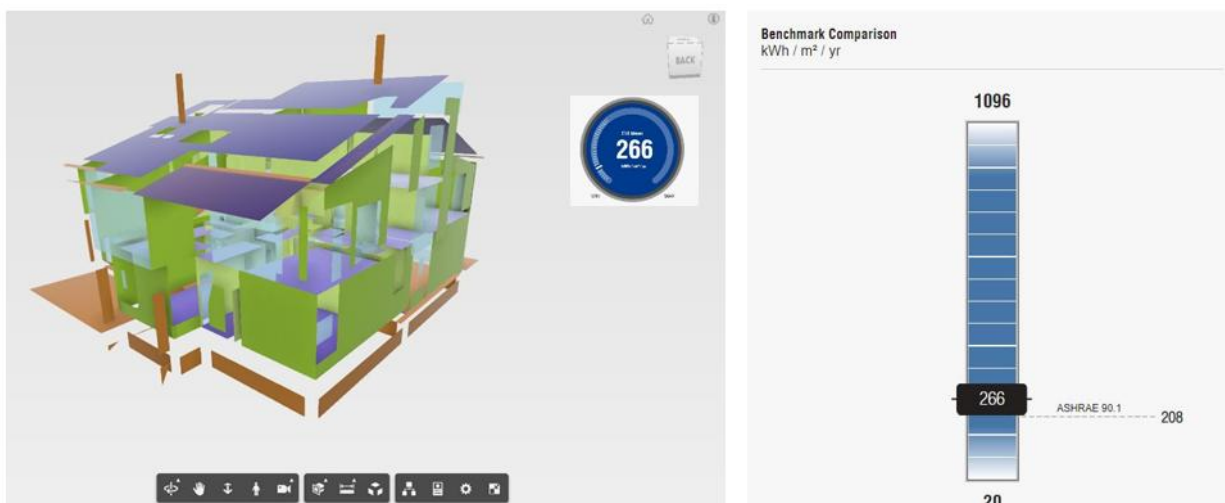
منفی بودن پاسخ، آیا راهکارهایی برای بهینه‌سازی ساختمان دریافت استاندارد مذکور وجود دارد؟ برای دستیابی به پاسخ پرسش‌های فوق، باید از پلاگین Insight در نرم افزار Revit استفاده کرد. این پلاگین رتبه ساختمان مورد بررسی را طبق



نمودار ۸- نتایج استاندارد ASHRAE؛ طبق مدل‌سازی انجام شده توسط نگارندگان



نمودار ۹- جزئیات نتایج استاندارد ASHRAE؛ طبق مدل‌سازی انجام شده توسط نگارندگان



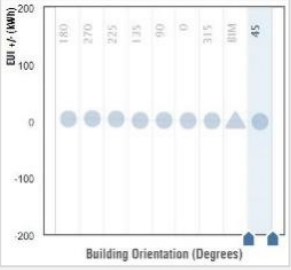
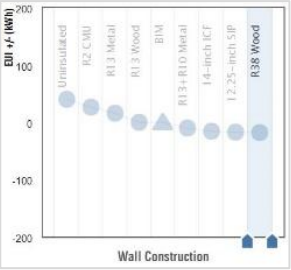
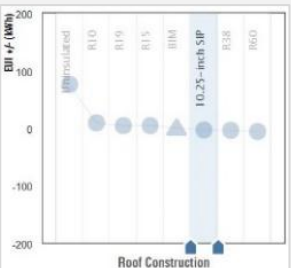
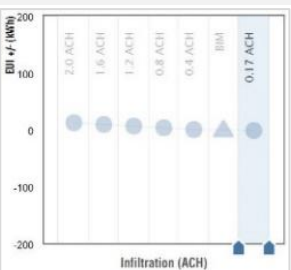
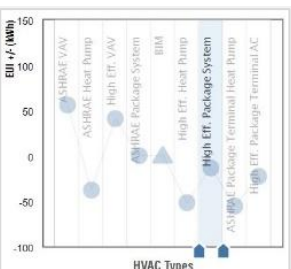
نمودار ۱۰- مدل سه بعدی از ساختمان مدل‌سازی شده توسط پلاگین Insight و وضعیت استاندارد ASHRAE؛ منبع نگارندگان

ساختمان به ۲۱۸ از لحاظ استاندارد ASHRAE می‌رسد. باید توجه داشت که اعمال راهکارهای پیشنهادی بر روی هم تأثیرگذار است و با کاهش یا افزایش یا تغییر پیشنهادات ارائه شده توسط Insight360؛ رتبه ساختمان تغییر خواهد کرد. راهکار پیشنهادی دیگر در پلاگین مذکور، استفاده از انرژی های تجدیدپذیر در بازه های زمانی ۱۰، ۲۰ و یا ۳۰ ساله است که با انتخاب بازه زمانی ۳۰ ساله؛ میزان مصرف انرژی ساختمان در طی یکسال به ۲۰۴ کیلووات ساعت بر مترمربع می‌رسد و در واقع می‌توان گفت این ساختمان با اعمال این تغییرات می‌تواند استاندارد ASHRAE را دریافت کند. جدول ۵، اعمال راهکارهای پیشنهادی توسط Insight360 و نتایج حاصل از آن را نشان می‌دهد.

نمودار ۱۱، نشان می‌دهد با توجه به تغییرات انجام شده طبق جدول ۵ براساس راهکارهای پیشنهادی توسط سایت Insight360؛ رتبه سالانه مصرف انرژی ساختمان به عدد ۲۰۴ کیلووات ساعت بر مترمربع رسیده است و با توجه به اینکه رتبه قابل قبول برای دریافت استاندارد ASHRAE عدد ۲۰۸ می‌باشد، در نتیجه مدل‌سازی انجام شده در نرم افزار Revit استاندارد ASHRAE را دریافت می‌کند. اما ساختمان ویلایی به ظاهر سبز ساخته شده در تهران؛ قادر به دریافت این استاندارد نخواهد بود زیرا رتبه آن در مصرف انرژی، همان‌طور که پیش‌تر نیز اعلام شد، ۲۶۶ کیلووات ساعت بر مترمربع در طول یک سال می‌باشد. از نظر نگارندگان؛ در صورتی که تمامی مراحل طراحی و مدل‌سازی ساختمان مورد بررسی، در نرم افزار Revit انجام می‌شد و پس از تحلیل‌های انرژی توسط Green Building Studio و دستیابی به آنالیزهای انرژی؛ راهکارهای پیشنهادی Insight360 برای کاهش مصرف انرژی سالیانه، اعمال می‌شد؛ این ساختمان می‌توانست پیش از اجرا با اعمال تغییراتی در زاویه چرخش ساختمان، سازه، شیب سقف، میزان نفوذ، تجهیزات سرمایشی و گرمایشی، استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و غیره؛ استاندارد جهانی ASHRAE را دریافت کند. نتایج پژوهش به صورت کلی تایید کنند ادبیات موضوع [۲۱-۲۷] و تکمیل کننده پژوهش های پیشین است.

در نمودار ۱۰، رتبه قابل قبول برای دریافت استاندارد مذکور، ۲۰۸ کیلووات ساعت بر مترمربع در طول یک سال می‌باشد اما رتبه‌ای که ساختمان ویلایی مورد بررسی در این پژوهش و ساخته شده در منطقه تهران دریافت کرده است، ۲۶۶ کیلووات ساعت بر مترمربع در طول یک سال است. از این نمودار می‌توان نتیجه گرفت که این ساختمان معایبی از لحاظ انرژی مصرفی در بخش سرمایش، گرمایش و تهویه دارد که قادر به دریافت استاندارد مذکور نمی‌باشد. لازم به یادآوری است که پیشتر نیز در نمودارهای مصرف انرژی؛ نتایج حاصل شده، میزان مصرف انرژی برای خنک کردن و گرم کردن ساختمان را بیش از سایر انرژی‌ها نشان می‌داد و این به معنای تولید CO2 یا کربن بیشتر خواهد بود. به بیانی دیگر، ساختمان مورد بررسی که به عنوان ویلایی سبز شناخته می‌شود؛ استاندارد جهانی ASHRAE را دریافت نخواهد کرد. اکنون می‌توان به کمک راهکارهای پیشنهادی در پلاگین Insight در نرم افزار Revit، با اعمال برخی تغییرات در مدل‌سازی انجام شده، برای کاهش مصرف انرژی گرمایشی و سرمایشی و دریافت استاندارد ASHRAE اقدام نمود. نکته قابل توجه در مورد راهکارهای پیشنهادی توسط Insight360 این است که برخی از این راهکارها به مدل‌سازی ساختمان پیش از اجرا و اهمیت این موضوع اشاره می‌کند مانند زاویه چرخش ساختمان که با انتخاب زاویه ۴۵ درجه، میزان انرژی مصرفی ساختمان را ۳ کیلووات ساعت بر مترمربع در طول سال کاهش می‌دهد و رتبه ساختمان را از نظر استاندارد مذکور به ۲۶۳ می‌رساند. یکی دیگر از راهکارهای پیشنهادی Insight360، تغییر سازه ساختمان مدل شده است. با انتخاب سازه چوبی، میزان مصرف انرژی ساختمان به ۲۴۳ کیلووات ساعت بر مترمربع کاهش یافته و با تغییر زاویه شیب سقف؛ ساختمان مدل‌سازی شده به رتبه ۲۲۹ می‌رسد. میزان نفوذ و ارتباط فضای داخل و خارج ساختمان با هم؛ یکی دیگر از عوامل تأثیرگذار در کاهش میزان مصرف انرژی‌های سرمایشی و گرمایشی است که با تغییر آن، رتبه کسب شده ۲۲۳ خواهد بود. در صورتی که از تجهیزات استاندارد برای گرمایش و سرمایش ساختمان استفاده شود؛ با توجه به تغییرات اعمال شده در زاویه چرخش ساختمان، نوع سازه، زاویه شیب سقف و میزان نفوذ؛ رتبه

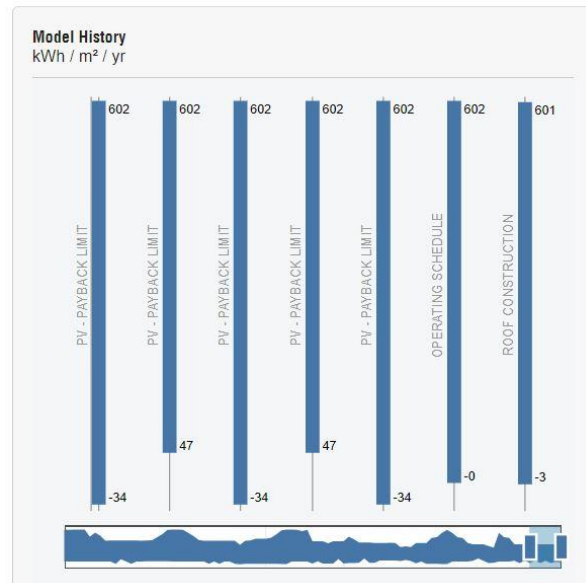
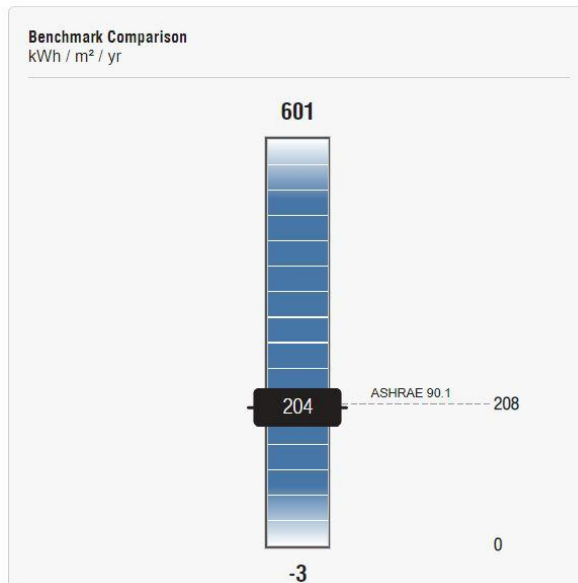
جدول ۵- اعمال راهکارهای پیشنهادی توسط Insight360 و نتایج حاصل از آن؛ منبع نگارندگان

ردیف	راهکار پیشنهادی	اعمال تغییرات	نتیجه تغییر	توضیحات
۱	Building Orientation Rotates a building clockwise from 0 degrees, e.g. 90 degrees rotates the North side of the building to face East. Current Setting: 45			با چرخش ۴۵ درجه‌ای ساختمان، میزان مصرف انرژی به ۲۶۳ کیلووات ساعت بر مترمربع می‌رسد.
۲	Wall Construction Represents the overall ability of wall constructions to resist heat losses and gains. Current Setting: R38 Wood			با تغییر سازه ساختمان به سازه‌ای چوبی، میزان مصرف انرژی به ۲۴۳ کیلووات ساعت بر مترمربع می‌رسد.
۳	Roof Construction Represents the overall ability of roof constructions to resist heat losses and gains. Current Setting: 10.25-inch SIP			با تغییر شیب سقف، میزان مصرف انرژی به ۲۲۹ کیلووات ساعت بر مترمربع می‌رسد.
۴	Infiltration The unintentional leaking of air into or out of conditioned spaces; often due to gaps in the building envelope. Current Setting: 0.17 ACH			با کاهش میزان نفوذ و کنترل ارتباط فضای داخلی و بیرونی؛ میزان مصرف انرژی به ۲۲۳ کیلووات ساعت بر مترمربع می‌رسد.
۵	HVAC Represents a range of HVAC system efficiency which will vary based on location and building size. Current Setting: ASHRAE Package System			با تغییر تجهیزات مکانیکی؛ میزان مصرف انرژی به ۲۱۸ کیلووات ساعت بر مترمربع می‌رسد.

با استفاده از انرژی‌های
تجدیدپذیر در بازه زمانی ۳۰
ساله؛ میزان مصرف انرژی به
۲۰۴ کیلووات ساعت بر
مترمربع می‌رسد.



ع



نمودار ۱۱- نتیجه اعمال راهکارهای پیشنهادی Insight360 و دستیابی به استاندارد ASHRAE؛ منبع نگارندگان

تضعیف بخشی از سازه اصلی ساختمان، اتفاق خواهد افتاد. علاوه بر موارد گفته شده، عدم وجود متره و برآورد دقیقی از هزینه‌های ساخت و عدم وجود برنامه زمانبندی برای پروژه؛ اثرات جبران ناپذیر دیگری است که با صرف هزینه، وقت و انرژی‌های فسیلی بیشتر، اثرات منفی خود را نشان می‌دهد. راه حل این مشکل تدوین راهنمای بومی برای مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در کشور و همچنین تدوین استانداردهای بومی برای مصرف انرژی همانند استانداردهای جهانی BREEAM، LEED و ASHRAE است که در اروپا و آمریکا تدوین شده‌اند. در صورت تدوین راهنماها و استانداردهای بومی گفته شده؛ در گام بعدی، باید الزام اجرایی و نظارت بر اجرای آن‌ها در کشور صورت گیرد تا در تمام ساخت و سازها،

بحث و نتیجه گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد، به دلیل عدم به کارگیری مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) در فرآیند ساخت و ساز در کشور؛ با اجرای ساختمان‌هایی مواجه هستیم که بدون هماهنگی میان طراح معمار، مهندسین سازه، تأسیسات مکانیکی و الکتریکی، ساخته می‌شوند و نتیجه این عدم هماهنگی، دوباره کاری‌هایی است که سبب صرف وقت و هزینه بیشتر در طی اجرای یک پروژه خواهد بود و گاهی حتی اشتباهات به وجود آمده، قابل حل نیستند؛ به عنوان مثال نتیجه عدم هماهنگی میان طراح سازه و تأسیسات مکانیکی می‌تواند منجر به تخریب بخشی از تیرهای اصلی سقف بتنی برای عبور لوله‌های تأسیساتی باشد و در پی این تخریب،

نوع تجهیزات مکانیکی، اعمال استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در بازه‌های زمانی متفاوت و غیره؛ ایجاد کرد و به رتبه قابل قبول استاندارد ASHRAE دست یافت و پیشنهادات ارائه شده را در مدلی که در نرم افزار Revit ایجاد شده است، اجرا کرد. پیمودن این مراحل در فاز مطالعاتی ساختمان، سبب طراحی بهینه خواهد بود که از مزایای دیگر آن ایجاد هماهنگی میان طراحان معماری، سازه، تأسیسات و دریافت گزارشی دقیق از متره و برآورد ساختمان و تدوین برنامه زمانبندی به صورت هماهنگ و با کمترین خطاها، در نرم افزار Revit، خواهد شد. در پایان با توجه به مطالعات، تحلیل‌های کمی و راهکارهای پیشنهادی این پژوهش؛ امید است که ماهیت کاربردی پژوهش حاضر؛ مورد توجه متولیان تدوین راهنماها و استانداردهای ساختمان‌سازی، خصوصاً سازمان ملی استاندارد، وزارت راه و شهرسازی و شهرداری‌ها، قرار گیرد و صنعت ساخت و ساز کشور را از وضعیت بدون استاندارد و آشفته‌گی‌های ناشی از آن خارج کرده و با ساخت ساختمان‌هایی سبز با استانداردهای بومی؛ در حفظ و نگهداری محیط زیست؛ کوشا باشیم و با دریافت صدمات کمتری ناشی از مخاطرات زیست محیطی، مواجه شویم.

در بخش دولتی و خصوصی، شاهد ساخت ساختمان‌هایی باشیم که نه به عنوان سبز بلکه در واقعیت نیز ساختمان سبز باشند و علاوه بر تولید اکسیژن، باعث عدم تولید کربن یا CO2 بیشتر شوند که تأثیر تولید آن چیزی جز گرم شدن کره زمین، آلودگی هوا و اثرات مخرب دیگر بر محیط زیست نخواهد بود. باید توجه داشت، استفاده از مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) در نرم افزارهایی همانند Autodesk Revit، از فاز صفر پروژه و یا فاز مطالعاتی باید آغاز شود. دلیل این امر این است که با مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در نرم افزار مذکور و استفاده از پلاگین Insight می‌توان در سایت Green Building Studio خروجی‌هایی از بررسی میزان مصرف سالانه انرژی در ساختمان مدل‌سازی شده دریافت کرد و در سایت Insight360، با مشخص شدن رتبه مصرف انرژی سالانه ساختمان و مقایسه تطبیقی آن با رتبه قابل قبول ASHRAE؛ در صورتی که ساختمان رتبه قابل قبول را دریافت نکرد؛ با اعمال راهکارهای پیشنهادی Insight360، تغییراتی در زاویه چرخش ساختمان، ضخامت دیوارها، میزان سایه‌بان پنجره‌ها، میزان نفوذ فضای داخل و خارج، تغییر سازه ساختمان، تغییر زاویه شیب سقف، تغییر

تشکر و قدردانی (Acknowledgements): نویسندگان مراتب سپاس خود را از کارشناسان نرم‌افزار Revit و تیم پشتیبانی Green Building Studio در فراهم‌سازی بسترهای شبیه‌سازی انرژی ابراز می‌دارند.

تأییدیه‌های اخلاقی (Ethical Approval): این پژوهش مطابق با اصول اخلاق پژوهش انجام شده است. نمونه‌ها و داده‌های مورد استفاده به صورت مستقیم از پروژه‌های واقعی و منابع معتبر استخراج شده‌اند و رعایت تمامی استانداردهای پژوهشی و اخلاقی در تمامی مراحل تحقیق تضمین شده است.

تعارض منافع: نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که هیچ‌گونه تعارض منافع مالی، علمی، یا شخصی با سایر افراد یا نهادهای مرتبط با این پژوهش وجود ندارد.

سهم نویسندگان در مقاله (Authors' Contributions): نویسنده اول (محمد بهزادپور) شامل ایده پردازی، راهنمایی کلی پژوهش، نظارت بر تحلیل داده‌ها و نگارش بخش مقدمه و پیشینه پژوهش؛ برابر ۵۰ درصد. نویسنده دوم (آپار طلوعی) شامل ایده‌پردازی، انجام شبیه‌سازی‌های عملی، نگارش بخش یافته‌ها و نتایج، برابر ۵۰ درصد.

منابع مالی/حمایت‌ها (Funding/Support): این پژوهش بدون دریافت حمایت مالی مستقیم از سازمان‌ها یا نهادهای خاص انجام شده است.

References

1. Kasmaei M., Climate And Architecture, Khak Publishing, Tehran, 1st ed., 78-120, 2004.
2. Krygiel E. and Nies B., Green BIM: Successful Sustainable Design With Building Information Modeling, Wiley Publishing, Indianapolis, 75-86, 2008. Available from: <https://www.wiley.com/en-us/Green+BIM%3A+Successful+Sustainable+Design+with+Building+Information+Modeling-p-9780470239605>
3. Bernstein H.M., Jones S.A. and Russo M.A., Green BIM: How Building Information Modeling Is Contributing To Green Design And Construction, Smart Market Report, McGraw-Hill Construction, Bedford, 36-54, 2010.
4. Cabeza L.F., Barreneche C., Miró L., Morera J.M., Bartolí E. and Fernández A.I., Low Carbon And Low Embodied Energy Materials In Buildings: A Review, Renewable And Sustainable Energy Reviews, 23, 536-542, 2013. Available from: <https://ideas.repec.org/a/eee/rensus/v23y2013icp536-542.html>
5. Borrmann A., König M., Koch C. and Beetz J., Building Information Modeling, Springer, 175-265, 2015. Available from: https://www.researchgate.net/publication/327759897_Building_Information_Modeling_Why_What_How_Technology_Foundations_and_Industry_Practice
6. Azizi Babani M.H., Zarkesh A. and Bamanian M.R., The Role Of Building Information Modeling Technology In Achieving Sustainable Development Goals In Architectural Design, 2021. Available from: https://www.researchgate.net/publication/3277939834_Building_Information_Modeling_BIM_for_Eco-Construction_and_Sustainable_Development
7. Salehi B., Nekouei M.A., Azmoodeh Ardalan A.R. and Ansarifard A.R., Providing A Resilience Model For The Construction Industry Using Building Information Modeling (BIM), 2021.
8. Jokar M. and Maleki F., Investigating The Effect Of Parametric Design Of Voronoi Facade On Improving Daylight Efficiency In An Office Building In Shiraz, Naghsh-E Jahan - Theoretical And New Technology Studies Of Architecture And Urban Planning, 12(4), 116-141, 2023. Available from: <https://bsnt.modares.ac.ir/article-2-65524-en.html>
9. Safavi S.A., Yousefi Kharaim M., Vaghoughi O. and Arab Bafrani M.R., Designing A Framework For Technology Roadmap And Strategy Integration With A Foresight Approach, Case Study: BIM Technology, 2024.
10. Norouzi S. and Shariatmadar H., Risk Prioritization And Analysis In The Development And Implementation Of Green Buildings Using The Integrated AHP And Fuzzy Technique, Journal Of Structural And Construction Engineering, 10(12), 69-93, 2024. Available from: https://www.jsce.ir/article_172834.html?lang=en
11. Behzadpour M. and Khakzand M., Achieving Green Architecture Through BIM Application (Case Study: Faculty Of Architecture-Urban Planning, Civil And Mechanical Engineering, Iran University Of Science And Technology), Haft Hesār Environmental Studies, 35(10), 115-132,

2021. Available from: <https://hafthesar.iauh.ac.ir/article-1-1298-en.html>
12. Abdel-Hamid M., Abdelhaleem H.M. and Abd El-Razek Fathy A.E., Assessing The Implementation Of BIM For Enhancing Green Building Certification Evaluations, Architectural Engineering And Design Management, 1-17, 2025.
 13. Olawumi T.O. and Chan D.W., Green-Building Information Modelling (Green-BIM) Assessment Framework For Evaluating Sustainability Performance Of Building Projects: A Case Of Nigeria, Architectural Engineering And Design Management, 17(5-6), 458-477, 2021.
 14. Jalaei F. and Jrade A., Integrating Building Information Modeling (BIM) And LEED System At The Conceptual Design Stage Of Sustainable Buildings, Sustainable Cities And Society, 18, 95-107, 2015.
 15. Silva A.S., Ghisi E. and Lamberts R., Performance Evaluation Of Long-Term Thermal Comfort Indices In Building Simulation According To ASHRAE Standard 55, Building And Environment, 102, 95-115, 2016.
 16. Walsh A., Cóstola D. and Labaki L.C., Validation Of The Climatic Zoning Defined By ASHRAE Standard 169-2013, Energy Policy, 135, 111016, 2019.
 17. Carlucci S., Erba S., Pagliano L. and De Dear R., ASHRAE Likelihood Of Dissatisfaction: A New Right-Here And Right-Now Thermal Comfort Index For Assessing The Likelihood Of Dissatisfaction According To The ASHRAE Adaptive Comfort Model, Energy And Buildings, 250, 111286, 2021.
 18. Kim H. and Haberl J., Field-Test Of The ASHRAE/CIBSE/USGBC Performance Measurement Protocols: Part II Advanced Level Energy Protocols, Science And Technology For The Built Environment, 24(3), 298-315, 2018.
 19. Wang S., Yang L., Meng X., Lyu K., Cao Q. and Liu Y., Can The ASHRAE Standard 169 Zoning Method Be Applied To Country-Level Energy-Efficient Building Design In China?, Building Simulation, 16(7), 1041-1058, Beijing, Tsinghua University Press, July 2023.
 20. Qandchi A, Behzadpour M, Kalantari M. The necessity and position of sensory mediator on the mind organization in the conceptualization process. *Naqshejahan- Basic Studies and New Technologies of Architecture and Planning*. 2024 Nov 10;14(3):1-28. Available from: <https://bsnt.modares.ac.ir/article-2-75303-en.html>
 21. Behzadpour M. Investigating the Sense of Belonging in Residential Complexes and the Role of Nature on it (A Case Studies: Residential Complexes of Ekbatan, Pardisan, Zeytun and Mehregan). Available from: https://jupm.marvdasht.iau.ir/article_3137.html?lang=en
 22. Behzadpour M, Karbalaee A, Montazer B. A comparative study of the physical components of social sustainability in old and new towns: The case of Hashtgerd. *Journal of sustainable architecture and urban design*. 2019 Aug 23;7(1):177-96. Available from: https://jsaud.sru.ac.ir/article_1154_en.html
 23. Behzadpour E, Farzad Behtash MR, Saeideh Zarabadi ZS. Explaining the Conceptual Model of Knowledge-Based Urban Development Based on Interpretive Structural Modeling Approach Case Study: Tehran Metropolis. *Sustainable city*. 2021 Jul 23;4(2):73-90. Available from: https://www.jscity.ir/article_134323.html
 24. Behzadpor M. 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). *Haft Hesar Journal of Environmental Studies*. 2021 May 10;10(35):115-32. Available from: https://hafthesar.iauh.ac.ir/browse.php?a_id=1298&sid=1&slc_lang=en
 25. Maarefi A, TaghiZadeh K, Bayzidi Q, Hossainpour S. Improving Performance and Creativity of Students Focusing on BIM; Case Study Building Technical Design Course. *Naqshejahan - Basic studies and New Technologies of Architecture and Planning*. 2021 Nov 10;11(3):93-108. [Persian] <https://dorl.net/dor/20.1001.1.23224991.140.0.11.3.3.0>
 26. Zandieh M, Mahmoodzadeh Kani I, Hessari P. Building Information Modeling (BIM); a model for improving the design process. *Naqshejahan - Basic studies and New Technologies of Architecture and Planning*. 2017 Jul 10;7(2):71-78. [Persian] <https://dorl.net/dor/20.1001.1.23224991.139.6.7.2.7.4>

27. Mahdavinejad M, Zia A, Larki AN, Ghanavati S, Elmi N. Dilemma of green and pseudo green architecture based on LEED norms in case of developing countries. *International Journal of Sustainable Built*

Environment, 2014 Dec 1;3(2):235-46.
<https://doi.org/10.1016/j.ijbsbe.2014.06.003>
Available at:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212609014000351?via%3Dihub>