دوفصلنامه
مطالعات بین رشته‌ای
در تعالی معماری و شهرسازی

Doi: 10.30495/JISAUD.2023.1966914.1003

بررسی نقش مدلسازی اطلاعات ساختمان در فرآیند طراحی جهت کاهش مصرف انرژی

مرجان اسدیان[۱]، شهریارشقاقی*[۲]، سیدیاشاربهاورنیا[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۶/۱۲
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۱۲/۰۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۱۳

صفحه ۱۲۹ تا ۱۵۵

نوع مقاله: پژوهشی

چکیده

در زمان کنونی، بحث توسعه پایدار شهری وکاهش مصرف انرژی یکی از بحث های بسیار مهم و رایج در سطح جهانی و بین المللی می باشد. به طوری که ابعاد مختلف اجتماعی، اقتصادی، زیست محیطی را دربرمیگیرید. پرداختن به مسکن که مهمترین عنصر شهری است در توسعه پایدارشهریحائز اهمیت می باشد ،چرا که توسعه مسکن علاوه بر محیط زیست، بر اقتصاد، فرهنگ و مسایل اجتماعی تأثیر میگذارد. در پژوهش زیر از روش کتابخانهای برای جمع آوری اطلاعات مورد نظر و از روش توصیفی (نمونه موردی) برای دستیابی به هدف نهایی پژوهش که پیشنهادی ساختمانی پایدار با کاهش مصرف انرژی در منطقه سعادت آباد در تهران به روش مدلسازی اطلاعات ساختمان است، استفاده شده است. ابتدا اطلاعات لازم از طریق مطالعه منابع مختلف جمع آوری شده و کار طراحی با توجه به این مطالعات و استفاده از روشهای طراحی معماری آغاز می شود. سپس طبق قوانین و الزامات ساختمان سازی کشور، طرح پایهای بدست آمد و این طرح در نرم افزار RevitArchitectureمدلسازی شد. برای سنجش میزان نزدیکی به اصول پایداری در معماری، از نرم افزار Design Builder استفاده شده است.در نظر داشتن بعد زمان در طراحی، باعث شد که نورگیر و تراس ساختمان در فصول سرد سال، بتوانند به گلخانه تبدیل شده و در فصول گرم سال نورگیر تنها نقش نورگیر ساختمان را دارد و به دلیل مکش صورت گرفته، به طور طبیعی باعث تهویه بخش های مختلف ساختمان میگردد وتراس ساختمان نیز تنها نقش یک فضای نیمه باز را داردکه بر بخشهای داخلی مرتبط سایهاندازی می کند. درنتیجه این روش می تواند پیشنهادی برای بهبود کیفیت استفاده از انرژی های طبیعی ، خصوصا نور خورشید، در ساختمان ها جهت بهینه سازی مصرف سوخت باشد.

واژگان کلیدی: مصرف انرژی، مدلسازی اطلاعات ساختمان، توسعه پایدار، نورگیر، تراس

[۱]دانشجوی دکتری منظر، گروه معماری، واحد شبستر، دانشگاه آزاد اسلامی، شبستر، ایران.
[۲]استادیارگروه معماری، واحد شبستر، دانشگاه آزاد اسلامی، شبستر، ایران. (نویسنده مسئول)Email:sh.shagagi@iau.ac.ir
[۳]دانشجوی دکتری منظر، گروه معماری، واحد شبستر، دانشگاه آزاد اسلامی، شبستر، ایران.

۱. مقدمه

پس از یک قرن تجربه معماری مدرن، با وجود دستاوردها و تحولات با ارزش آن، مشکلات پیچیده-ای در عرصه محیط زیست رخ می دهد. وضعیت جهان در آغاز قرن ۲۱ میلادی، به یک توسعه ناپایدار گواهی می دهد که از مشخصه های آن رشد جمعیت، افزایش مصرف و توزیع نامتعادل منابع می باشد. رشد جمعیت همانند سبک زندگی غربی تحمیل بزرگی بر محیط طبیعی است که در زمان ما منجر به تغییرات آب و هوایی، حفره در لایه ازون، زوال گونه ها و سکونتگاه‌های طبیعی گردیده‌است که نتیجه آن تغییر فرهنگ مصرف وتغییر رویکرد انسان نسبت به طبیعت باشد(کاستین، ا.، ادیب فر، ا.، ۲۰۱۸: ۹۴, ۲۵۷-۲۸۱)

قرن بیست ویکم قرن شهر وشهرنشینی است و بیشترین رشد شهرنشینی نیز در کشورهای درحال توسعه صورت میگیرد و این مهم، توجه هر چه بیشتر به مفاهیم مصرف انرژی را برای کشورمان طلب میکند. دستیابی به روشی برای تولید مسکن پایدار، مستلزم اجرای هر چه بیشتر اصول معماری پایدار می باشد. به این منظور کنترل اجرای اهداف و چشم اندازهایی که برای معماری پایدار مد نظر قرار داشت،موسسات مختلفی نظیر موسسه ساختمان سبز امریکا، شکل گرفتند و به تنظیم استانداردهای خود پرداختند. موسسه ساختمان سبز امریکا، استاندارد LEED را به عنوان مبنایی برای قضاوت و امتیازدهی خود به ساختمان‌ها، مطرح کرد. برای استفاده هر چه بیشتر و همه جانبه‌تر از استانداردهای تدوین شده موسسه ملی ساختمان، BIM[1]را در جایگاه یک راهکار مناسب برای این امر معرفی نمود.

مدلسازی اطلاعات ساختمان (BIM)، یکی از تحولات بسیار امید بخش در رشته های مهندسی، معماری و ساخت و ساز است که مسیر دست اندر کاران این حوزه و مهندسان را تغییر داده است و بیش از یک دهه است که برای مشخص کردن اطلاعاتی ازیک مدل3D به جای مدل 2D، استفاده میکند. BIM در بین طرفداران و حامیان خود به عنوان یک منجی برای پروژه های بغرنج خود را معرفی کرده است و توانایی تشخیص اشتباه ها را در محل طراحی اولیه دارد و به درستی ساخت و ساز را زمانبندی میکند(سینگ، پی، و سادو، ا.۲۰۱۹: ۴۹, ۱۰۱۶۰۳).

BIM مخفف عبارت Building Information Modeling، به معنای مدلسازی اطلاعات ساختمان می باشد. موسسه ملی علوم ساختمان (NIBSI)، مدلسازی اطلاعات ساختمان (BIM) را به عنوان نمایش قابل محاسبه تمام مشخصه های فیزیکی و کارکردی یک ساختمان و اطلاعات مربوط به پروژه و چرخه حیات آن می‌داند که به عنوان منبع اطلاعاتی برای استفاده و نگهداری بهره بردار و مالک در طول چرخه عمر ساختمان در دسترس باشد(فرزانه، ا.، منفت، دی، و فورگس، دی۲۰۱۹:۲۳،۱۲۷-۱۳۵).

NIBS[2]، مدلسازی اطلاعات ساختمان (BIM) را به عنوان یک نمایش دیجیتال (نمایی مجازی از اشیای موجود در ساختمان) با هندسه فیزیکی (۲ یا ۳ بعدی) و پارامترهای عملکردی دیگر

[1]-Building Information Modeling
[2]- National Institute of Building Science

(مانند مصالح، روابط فضایی و...) تعریف می کند که در واقع یک پایگاه تبادل اطلاعات بوده و زمینهای قابل اعتماد را برای تصمیمات، در طول چرخه حیات پروژه، از کانسپت و مفهوم تا تخریب را فراهم می کند(انگ، ایکس، هو، ام.، وو، جی.، و ژائو، بی. ۲۰۱۸: ۱۸۳, ۷۲۹-۷۴۳).

بنابراین، طراحان با همکاری یکدیگر، اشیای مدلسازی اطلاعات ساختمان را در یک مدل ساختمانی تجمیع می کنند. در مدل حاصله نیز از اطلاعات فیزیکی و کارکردی ذخیره شده در اشیای مدلسازی اطلاعات ساختمان بهرهگیری می شود. پس از تکمیل مدل ساختمانی، تمام اطلاعات لازم برای ساخت، تجزیه و تحلیل، برنامهریزی ساخت (4D BIM)، تخمین هزینه (5D BIM) و نهایتا برای مدیریت تسهیلات در جریان مرحله بهره برداری از ساختمان، توسط کاربران قابل تولید خواهد بود(نجار، م.، فیگوئردو، ک.، حماد، آ. دبلیو.، و حداد، ا. ۲۰۱۹ : ۲۵۰، ۱۳۶۶-۱۳۸۲).

مدلسازی اطلاعات ساختمان (BIM) در استاندارد ملی امریکا (LEED[1]) اینگونه تعریف شده است:

" BIM یک ماکت دیجیتال جامع از وضعیت فیزیکی و نیز خصوصیات یک ساختمان می باشد. BIM یک مرجع مشترک از اطلاعات مرتبط با ساختمان را ایجاد می کند که مبنایی قابل اعتماد برای تصمیم سازی‌ها در تمام چرخه حیات پروژه می باشد، از زمان طراحی مفهومی تا زمان بازسازی و حتی تخریب آن." BIM راهکار جدیدی برای همسویی طراحی و سندسازی پروژه های ساختمانی است(هارونا، ع، شفیق، ن.، و منتصیر، ا ۲۰۲۰).ماکت دیجیتال بدست آمده از طریق BIM با استفاده از نرم افزارهای مختلف شی محور و پارامتریک، ارائه می شوند.

به طور کلی می توان مدلسازی اطلاعات ساختمان را اینگونه تعریف کرد: مدلسازی اطلاعات ساختمان (BIM) عمدتا شامل مدل 3D مفهومی به علاوه تکنولوژی پایگاه داده های اطلاعاتی و نرم افزار سازگار محیطی، در صفحه کامپیوتر است که معماران، مهندسان و سازندگان می توانند برای طراحی و شبیه سازی ساخت و ساز از آن استفاده کنند. این تکنولوژی به اعضای تیم پروژه اجازه می دهد که مدل های مختلف سازه و دیگر سیستمهای مورد نظر برای پروژه را در یک مدل 3D شبیه سازی کنند و برای تبادل اطلاعات بین یکدیگر توانا باشند(امانی، ن.، و رضا سروش، ا.ا.۱۳۹۹.۶(۴)، ۴۶۷-۴۸۰).

۲. روش تحقیق

در این پژوهش از روش کتابخانهای برای جمع آوری اطلاعات مورد نظر و از روش توصیفی (نمونه موردی) برای دستیابی به هدف نهایی پژوهش که پیشنهادی ساختمانی پایدار در تهران به روش مدلسازی اطلاعات ساختمان است، استفاده شده است. ابتدا اطلاعات لازم از طریق مطالعه منابع مختلف جمع آوری شده و کار طراحی با توجه به این مطالعات و استفاده از روش‌های طراحی معماری آغاز می شود. سپس طبق قوانین و الزامات ساختمان سازی کشور، طرح پایهای بدست آمد و این طرح در نرم افزارRevit Architecture مدلسازی شد. برای سنجش میزان نزدیکی به اصول پایداری در معماری، از نرم افزار Design Builder استفاده شده است. مدل های

1-Leadership in Energy and Environmental Design

متعددی برای دستیابی به بهترین ساختمان از منظر متغیرهای مورد نظر پژوهش، بررسی و مقایسه شدند. از بین مدل های بررسی شده، مدلی که بهترین پاسخ را به متغیرهای پژوهش داده است و از منظر معماری دارای کیفیت مناسبی برای زندگی ساکنان است، انتخاب و به عنوان طرح پیشنهادی معرفی شد. شهر تهران به دلیل تعمیم پذیری بالای اقلیمی که مناطق مختلف آن با هم دارند، برای پیاده سازی نتایج پژوهش انتخاب شده است. با پیشبرد فرآیند ذکر شده می توان به راهکارهاییبرای پیادهسازی مناسب پارامترهای و اصول نامبرده در معماری پایدار برای یک نمونه پایلوت، دستیافت.

۳. منطقه مورد بررسی (سعادت آباد)

سعادت‌آباد از شرق به بزرگراه چمران، از جنوب به شهرک غرب، از شمال به کوی فراز، از شمال شرق به اوین، از شمال غرب به فرحزاد راه دارد. بزرگراه یادگار امام از شمال و بلوار فرحزادی از غرب سعادت‌آباد می‌گذرد. مناطق کوی فراز و شهرک مخابرات (بهرود) در شمال سعادت‌آباد و در دامنه کوه واقع هستند. خیابان های سعادت آباد، ۲۴متری، علامه، سرو و همچنین بلوار پاکنژاد و بلوار شهرداری وبلوار فرحزادی، از خیابان های اصلی سعادت آباد محسوب می‌شوند.بلوار اصلی سعادت آباد، از جنوب به بلوار دریا و از شمال به بزرگراه یادگار امام (اوین) متصل است.بلوار اصلی سعادت آباد در امتداد شمال–جنوب می‌باشد، خیابان ۲۴ متری سعادت آباد و علامه در شرق بلوار اصلی سعادت آباد و موازی با آن و بلوار پاکنژاد و فرحزادی در غرب بلوار اصلی و موازی با آن واقع شده‌اند. خیابان اصلی شرقی – غربی سعادت آباد بلوار سرو می‌باشد و بلوار دریا موازی با بلوار سرو در ضلع جنوبی سعادت آباد است. خیابان ۲۴ متری از شمال به بزرگراه بزرگراه یادگار امام (اوین) و از جنوب به میدان فرهنگ ختم می‌شود. میدان فرهنگ به سمت غرب به نام بلوار سرو شرقی شناخته می‌شود و در اواسط بلوار سرو شرقی، خیابان علامه شمالی آن را قطع می‌کند. خیابان علامه از دو بخش شمالی و جنوبی تشکیل می‌شود چرا که توسط بزرگراه نیایش به دو قسمت تقسیم شده‌است. قبل از احداث بزرگراه نیایش در اواخر دهه هفتاد شمسی، تمام خیابان های سعادت آباد در شمال و جنوب مستقیماً به هم متصل بودند.خیابان علامه جنوبی پس از بزرگراه نیایش آغاز می‌شود. این خیابان از جنوب به بلوار دریا (مرز شهرک غرب و سعادت آباد) و از شرق به بلوار فرهنگ مرتبط است.در سمت غربی بلوار اصلی سعادت آباد، سه بلوار «شهرداری»، «پاکنژاد» و «فرحزادی» قرار دارند. شرقی‌ترین این بلوارها شهرداری است و غربی‌ترین آن‌ها فرحزادی است هر کدام از آن‌ها به ترتیب منتهی به بلوار جوریکی «ذبیحی» میدان بهرود و فرحزاد راه دارند.در شمال سعادت آباد و در دامنه کوه باتوجه به آب وهوای خوب، مناطق تفریحی و توریستی متعددی وجود دارد یا در دست احداث است. در شمال غربی سعادت آباد هم منطقه تفریحی فرحزاد قرار دارد که از مناطق تفریحی قدیمی تهران است. همچنین در شمال سعادت آباد و در منتهی‌الیه شمال شهرک مخابرات، پارک بوستان کوهستان که شامل جاذبه‌های متعدد گردشگری و تفریحی خواهد بود، در حال احداث است.هتل اسپیناس پالاس، بزرگترین و مدرن‌ترین هتل پنج ستاره ایران در شمال سعادت آباد و در ضلع شمال غربی میدان بهرود واقع شده‌است. این محله محل سکونت بسیاری از هنرمندان و

ورزشکارها و سیاستمدار مهم ایرانی است.بنابراین از اطلاعات ایستگاه هواشناسی مهرآباد (۳۵ درجهشمالی) برای پی بردن به چگونگی وضعیت آب و هوایی و اقلیمی سایت مورد نظر استفاده شد و در نهایت از این اطلاعات به عنوان داده های ورودی در نرم افزارهایRevit architecture و Design Builder به منظور ازیابی استاندارد پایداری LEED استفاده گردید.

۴. تجزیه و تحلیل

۴-۱. بررسی آلترناتیوهای مختلف برای تعیین فرم ساختمان

در این مرحله، با مشخص شدن نتایج بررسی ها به ایده هایی در مورد چگونگی فرم ساختمان پرداخته شده است. ویژگی های مدلسازیهای انجام شده در نرم افزار Revit Architecture عبارتند از:

– مساحت زیرزمین در همه مدل ها ثابت و برابر مساحت سایت (۵۳۰۲ متر مربع) بوده است.

– در مواردی که گلخانه در طبقات قرار گرفته است، هم ارتفاع طبقات بوده و در حالتی که گلخانه حالت آتریومی دارد، ارتفاع آن ۱۷،۸۰ متر است و علاوه بر پنجره هایی که مابین سقف نهایی ساختمان و سقف گلخانه قرار دارند بر روی بروی سقف نیز پنجره سقفی قرار دارد. نورگیر در همه حالات مساحتی ثابت، معادل ۱۶ متر مربع دارد و در هر جبهه آن یک پنجره به ارتفاع ۲ متر و عرض ۲/۵ متر با فاصله ۸۰ سانت از کف (OKB[1])، قرار دارد.

– با توجه به این تغییر فرم ساختمان در بسیاری از موارد زیر باعث افزایش طول و در نتیجه مساحت دیوارهای خارجی شده است، فلذا در هر مورد بسته به میزان مساحت دیوار خارجی ۴۰ درصد پنجره در جبهه جنوبی و شمالی ساختمان مفروض بوده است. با توجه به ویژگی های نامبرده لازم دیده شد که واحدی ثابت برای مقایسه مقادیر وجود داشته باشد، فلذا زیر بنای کل در هر مدل برآورد شد و مقادیر مصرف انرژی بر آن تقسیم گردید. به این صورت می توان به طور کلی انرژیای را که هر متر مربع از ساختمان در فصول گرم و سرد سال مصرف می کند را محاسبه کرد و به مقایسه آنها پرداخت. برای اطلاع رسانی دقیق در مورد فرمهای مدلسازی شده، ابتدا در جدول ۱، به معرفی چگونگی فرمها پرداخته شده است و مقادیر بدست آمده مصرف انرژی در نرم افزار Design Builder مربوط به هر فرم در جدول ۲، وارد شده است. (اعداد در جدول زیر به منظور سهولت در مقایسه، با تقریب کمتر از ۰/۰۱ گرد شده اند. مقایسه حالات نامبرده در جدول زیر نشان می دهد که:

- ❖ کمترین مصرف انرژی در طول فصول سرد سال متعلق به مدل ۴ است.
- ❖ در فصول گرم سال کمترین مصرف انرژی متعلق به حالتی است که نورگیر میانه ساختمان، تبدیل به گلخانه شود. (مدل ۲)
- ❖ حداقل مصرف انرژی در طول سال، با توجه به زیربنای ساختمان مربوط به حالتی است که نورگیر میانه ساختمان به گلخانه تبدیل شده است. (مدل ۲)

[1]-Occupancy Kingstone Benchmark

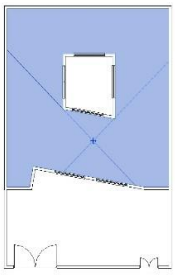
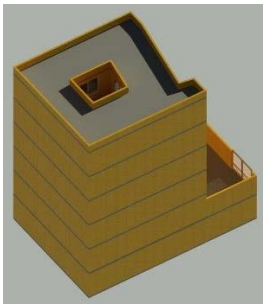
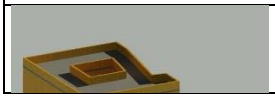
حداکثر زیر بنا متعلق به دو حالتی است که نورگیر در میانه ساختمان قرار میگیرد. در یک حالت نورگیر فقط نورگیر است (مدل ۱).

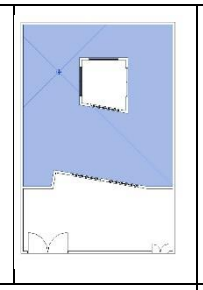
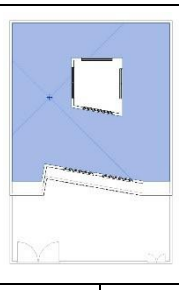
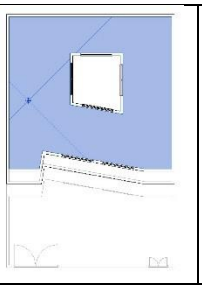
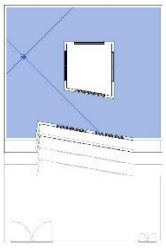
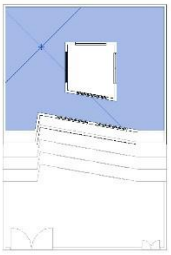
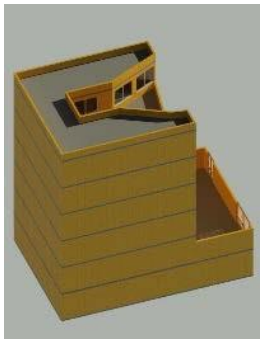
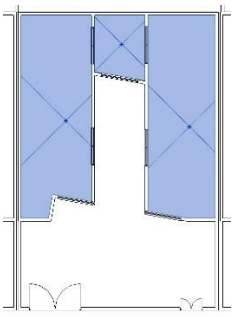
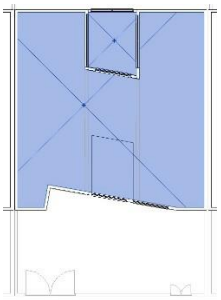
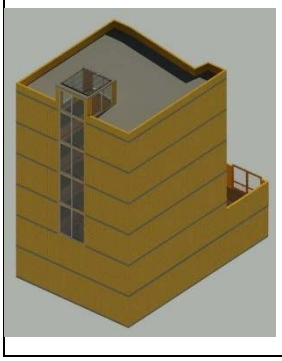
تا این حد از روند طراحی از منظر جهتگیری، فرم، تهویه، نورگیری کافی و کاهش مصرف انرژی در راستای نزدیکی هر چه بیشتر به معماری پایدار، توجه به موضوع محرمیت در ساختمان و نیز توجه به مساحت مفید هر طبقه (در برخی از مدل ها به دلیل عقب نشینی برای نورگیری و یا تدابیری که برای تهویه انجام شد، مساحت مفید در هر طبقه کاهش یافت و برای تامین زیربنای مورد انتظار که در این منطقه با توجه به ارزش زمین در حالت حداکثر خود می باشد، باید از تراکم ساختمانی استفاده کرد که خود موجب افزایش هزینه‌های ساخت می‌گردد.)، مدل ۲ انتخاب گردید.

در ساختمان‌های متداول نورگیر فقط برای نورسانی استفاده می‌شود، در صورتی که در این مدل علاوه بر نوررسانی به فضاهای مختلف در طبقات، از نورگیری که طبق بررسی ها در میانه ساختمان قرار دارد و یک حفره در دل ساختمان است، به عنوان گلخانه استفاده شده است. همانطور که در بررسی ها نیز عنوان شد. با این اقدام (تبدیل نورگیر به گلخانه) از ویژگی حفرهای بودن نورگیر استفاده شده و نیز با صرف هزینه جزیی، صرفه جویی زیادی در مصرف انرژی اتفاق خواهد افتاد. با توجه به اینکه دستهای از ایده ها در مورد چگونگی فرم ساختمان، مربوط به ایده های انعطافپذیری در فضاهای مختلف ساختمان در فصول مختلف سال است، بنابراین یک‌بار ساختمان با فرم‌های مختلف بدون گلخانه و یکبار همان فرمها با گلخانه مدلسازی شده اند.

در ادامه (جدول ۲)، نتایج بدست آمده از تحلیل هر مدل، توسط نرم افزار Design Builder گزارش شده است:

جدول ۱- معرفی آلترناتیوهای مختلف برای تعیین فرم ساختمان

چگونگی فرم ساختمان				
شماره مدل	پلان	پرسپکتیو و مقطع عمودی		
		از سمت جنوب	از سمت شمال	
مدل ۱	پلان تیپ طبقات ۱ تا ۵ 			
۲	پلان طبقه اول	پلان طبقه دوم	پلان طبقه سوم	

	  			
۳	پلان طبقه ۴ 	پلان طبقه ۵ 		
۴	پلان طبقه اول 	پلان تیپ طبقات ۲ تا ۵ 		

جدول-۲ نتایج بدست آمده از نرم افزار Design Builder در مورد آلترناتیوهای جدول ۱ (ماخذ: نگارندگان)

ردیف	فرم ساختمان	مصرف انرژیدر فصول سردسال (kw/h)	مصرف انرژی در فصول گرم سال (kw/h)	مجموع مصرف انرژی در طول سال(kw/h)	زیربنایکل(مترمربع)	مصرفانرژی در کل سال به ازای هر متر مربع(kw/h)	مصرفانرژی در فصل سردبه ازای هر متر مربع(kw/h)	مصرف انرژیدر فصل گرم به ازای هر متر مربع(kw/h)
۱	مدل ۱	44405	28620	73025	1020,5	71,6	43	28,6
۲	مدل ۲	40665	26452	67117	908,6	74	45	29
۳	مدل ۳	41960	29795	71755	978,3	73,3	42,8	30,5

۴	مدل ۴	40918	32289	73207	1014,6	72,1	40,3	31,8

برای اطلاع رسانی دقیق در مورد فرم‌های مدلسازی شده در نرم افزار Revit Architecture، ابتدا در جدول ۳، چگونگی مدل های ساخته شده در حالتی که نورگیر تنها نورگیر است و به گلخانه تبدیل نشده و در جدول ۵، چگونگی مدل های ساخته شده در حالتی که نورگیر به گلخانه تبدیل شده، نشان داده شده است و مقادیر بدست آمده مصرف انرژی در نرم افزار Design Builder مربوط به هر فرم بدون گلخانه در جدول ۴ و مقادیر مربوط به هر فرم با گلخانه در جدول ۶، وارد شده است. (اعداد در جدول زیر به منظور سهولت در مقایسه، با تقریب کمتر از ۰/۰۱ گرد شده اند.)در ادامه نتایج بدست آمده از تحلیل هر مدل (بدون تبدیل نورگیر به گلخانه) توسط نرم افزار Design Builder گزارش شده است.

مقایسه نتایج بدست آمده حاکی از آن است که:

- ❖ کمترین مصرف انرژی در فصول گرم سال در بین مدل های انجام شده، متعلق به سه مدل ۶ و ۷ می باشد.
- ❖ کمترین مصرف انرژی در فصول سرد سال مربوط به مدل ۸ می باشد.
- ❖ بهطور کلی کمترین مصرف انرژی در تمام طول سال مربوط به مدل ۸ می باشد.

مقادیر بدست آمده مصرف انرژی در نرم افزار Design Builder مربوط به هر فرم با تبدیل نورگیر به گلخانه در جدول زیر وارد شده است.

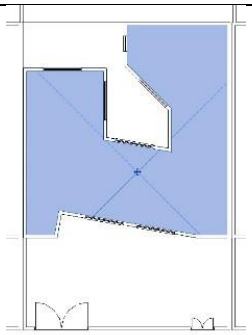
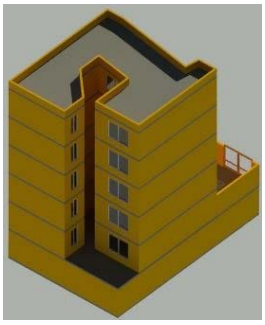
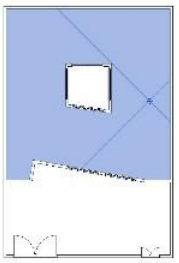
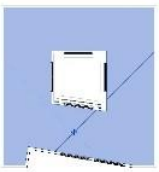
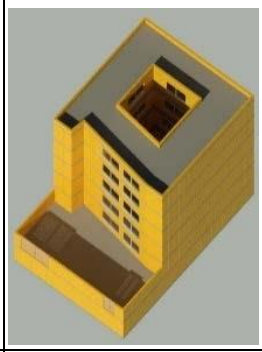
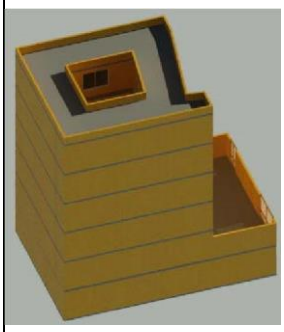
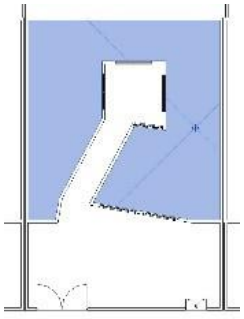
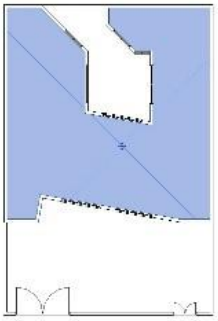
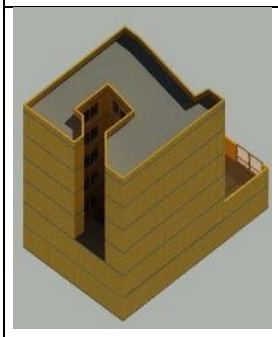
مقایسه نتایج تحلیلهای انجام شده حاکی از آن است که:

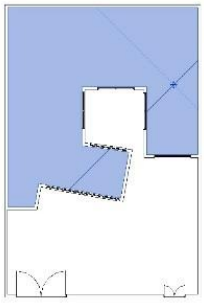
- ❖ کمترین مصرف انرژی در فصول سرد سال متعلق به مدل ۱۰ است.
- ❖ کمترین مصرف انرژی در فصول گرم سال مربوط به مدل ۱۰ است.
- ❖ کمترین مصرف انرژی در طول سال متعلق به مدل ۱۲ می باشد.
- ❖ بیشترین زیر بنا متعلق به مدل ۹ می باشد. همان‌طور که عنوان شد منظور از بررسی حالات ۴ تا ۸ و سپس بررسی مدل های ۹ تا ۱۲، این است که بتوان از مقایسه این حالات به بهترین پاسخ از نظر پایداری و مصرف انرژی در فصول سرد و گرم با تدابیر مخصوص به خود، برای معماری ساختمان رسید. از مقایسه دو جدول ۶ و ۴، نتیجه می شود که:

به طور کلی، مجموع مصرف انرژی در طول سال با اختلاف اندکی در هر جفت از مدلسازی (فصل سرد با تبدیل نورگیر به گلخانه و در فصل گرم نورگیر فقط نورگیر است) یکسان است. به طور کلی در تمام حالاتی که مدلسازیها دارای گلخانه شدند، در فصل سرد با کاهش مصرف انرژی و در فصول گرم با افزایش مصرف انرژی را به همراه داشتند. به همین دلیل در مجموع می-توان گفت مصرف انرژی در تمام طول سال یکسان باقی میماند.

جدول ۳- معرفی آلترناتیوهای مختلف برای تعیین فرم ساختمان (ماخذ: نگارندگان)

چگونگی فرم ساختمان		
شماره	پلان	پرسپکتیو و مقطع عمودی

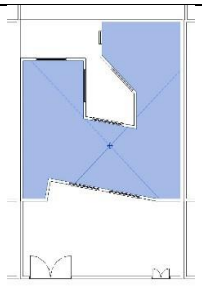
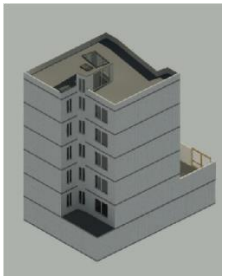
مدل		از سمت جنوب	از سمت شمال
مدل ۵	پلان تیپ طبقات ۱ تا ۵ 		
مدل ۶	پلان طبقه اول  / پلان طبقه دوم / پلان طبقه سوم 		
مدل ۷	پلان طبقه اول  / پلان تیپ طبقات ۲ تا ۵ 		
مدل	پلان تیپ طبقات ۱ تا ۵		

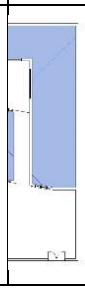
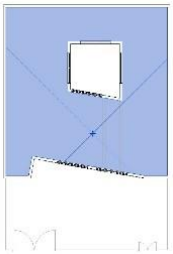
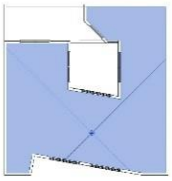
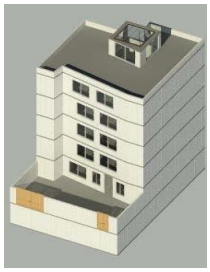
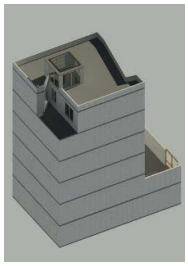
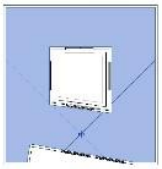
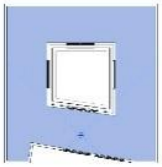
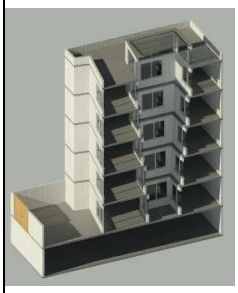
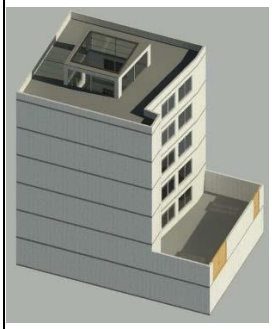
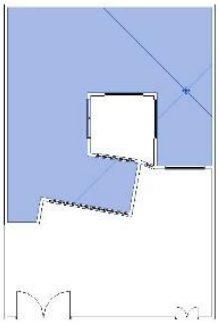
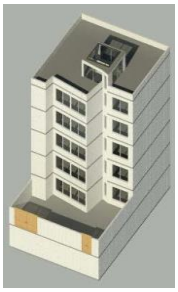
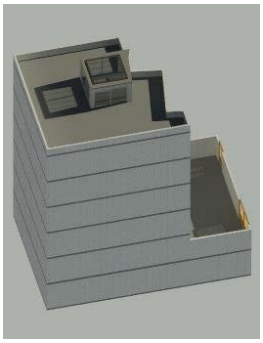
۸			

جدول ۴- نتایج بدست آمده از نرم افزار Design Builder در مورد آلترناتیوهای جدول ۳ (ماخذ: نگارندگان)

ردیف	چگونگی فرمساختمان بانورگیرمیانه بدون در نظرگرفتن گلخانه	مصرف انرژیدر فصول سردسال(kw/h)	مصرف انرژی در فصول گرم سال (kw/h)	مجموع مصرف انرژی در طول سال(kw/h)	زیربنایکل(مترم ربع)	مصرفانرژی در کل سال به ازای هر متر مربع(kw/h)	مصرفانرژی در فصل سردبه ازای هر متر مربع(kw/h)	مصرف انرژیدر فصل گرم به ازای هر متر مربع(kw/h)
۱	مدل ۵	41191	27751	68924	923	74,7	44,6	30,1
۲	مدل ۶	43573	28794	72367	995,2	72,7	43,7	29
۳	مدل ۷	44245	28019	72264	967	74,8	45,8	29
۴	مدل ۸	38114	28761	66875	933,75	71,6	40,8	30,8

جدول ۵- معرفی آلترناتیوهای مختلف برای تعیین فرم ساختمان (ماخذ: نگارندگان)

شماره مدل	چگونگی فرم ساختمان		
	پلان	پرسپکتیو و مقطع عمودی	
		از سمت جنوب	از سمت شمال
مدل ۹	پلان تیپ طبقات ۱ تا ۵ 		

مدل ۱۰	پلان طبقه اول 	پلان طبقه دوم 	پلان طبقه سوم 	 
مدل ۱۱	پلان طبقه اول 	پلان تیپ طبقات ۲ تا ۵ 		 
مدل ۱۲		پلان تیپ طبقات ۱ تا ۵ 		 

فلذا بهتر آن است که سازه بخش گلخانه منعطف بوده و در فصول سرد پا بر جا بوده و در فصول گرم برچیده شود.

جدول ۶- نتایج بدست آمده از نرم افزار Design Builder در مورد آلترناتیوهای جدول ۵ (ماخذ: نگارندگان)

ردیف	چگونگی فرمساختمان با نورگیرمیانه تبدیل شده بهگلخانه	مصرف انرژیدر فصول سردسال(kw/h)	مصرف انرژی در فصول گرم سال (kw/h)	مجموع مصرف انرژی در طول سال(kw/h)	زیربنایکل(مترم ربع)	مصرفانرژی در کل سال به ازای هر متر مربع(kw/h)	مصرفانرژی در فصل سردبه ازای هر متر مربع(kw/h)	مصرف انرژیدر فصل گرم به ازای هر متر مربع(kw/h)

۱	مدل ۹	37035	31503	68538	923	74,3	40	34,3
۲	مدل ۱۰	38450	30867	69317	990,5	70	39	31
۳	مدل ۱۱	33909	52549	86458	995,2	87	34	53
۴	مدل ۱۲	33361	31788	65149	933,75	69,8	35,7	34,1

مقایسه نتایج بدست آمده از جدول برای ساختمانی که دارای نورگیری است که در زمستان تبدیل به گلخانه می شود و در تابستان باز میگردد، نشان دهنده آن است که در صورتی که نورگیر قرار گرفته در میانه حجم ساختمان با افزایش طبقات، از طرفین عقبنشینی کند و به مساحت نورگیر اضافه کند (مدلهای ۸ و ۴) کمترین مصرف انرژی را در طول سال خواهیم داشت.

۴-۲. نتیجه‌گیری در مورد فرم ساختمان

به طور کلی از بررسی مدل های ۱ تا ۱۲ این نتایج حاصل می شود که:

- بهترین حالت این است که در فصول سرد از گلخانه میانی (گلخانه‌ای که در میانه حجم ساختمان قرار دارد) استفاده کرد.
- بهترین حالت برای فصول گرم سال این است که به هر وسیلهای (پیش آمدگی سقف، سایبان و...) از ورود تابش مستقیم نور خورشید به فضاهای داخلی ساختمان گرفته شود.

در بین مدل های بررسی شده، بهترین مدل که علاوه بر داشتن نور کافی، بهترین جانمایی نورگیر در ساختمان، تهویه مناسب، مساحت مفید طبقات و در نتیجه جلوگیری از افزایش هزینه های ساخت در پی افزایش تراکم ساختمانی و کمترین مصرف انرژی را در راستای نزدیکی هر چه بیشتر به معماری پایدار داشته باشد، ترکیبی از مدل های ۴ و ۸ است.

جدول ۷- مقایسه نتایج بدست آمده از نرم افزار Design Builder در مورد آلترناتیوهای جدول ۵، ۳ و ۱ (ماخذ: نگارندگان)

ردیف	چگونگی فرم ساختمان(در فصول سرد باگلخانه و در فصول گرمبدون گلخانه)	زیربنای کل (مترمربع)	مصرف انرژی در کلسال بهازای هر مترمربع (kw/h)	مصرف انرژی در فصل سردبه ازای هر متر مربع (kw/h)	مصرف انرژی در فصل گرمبه ازای هر متر مربع(kw/h)
۱	ترکیب مدل ۵ و ۱	923	67,1	36,4	30,7
۲	ترکیب مدل ۶ و ۲	923	70,1	40	30,1
۳	ترکیب مدل ۷ و ۳	878	79	47	32
۴	ترکیب مدل ۸ و ۴	914	63	41,3	31,1

۵	ترکیب مدل ۹ و ۱	992	66,5	38,7	27,8
۶	ترکیب مدل ۱۰ و ۲	990,5	69,2	39	30,2
۷	ترکیب مدل ۱۱ و ۳	916	74,4	44	30,4
۸	ترکیب مدل ۱۲ و ۴	970,5	71	42	29

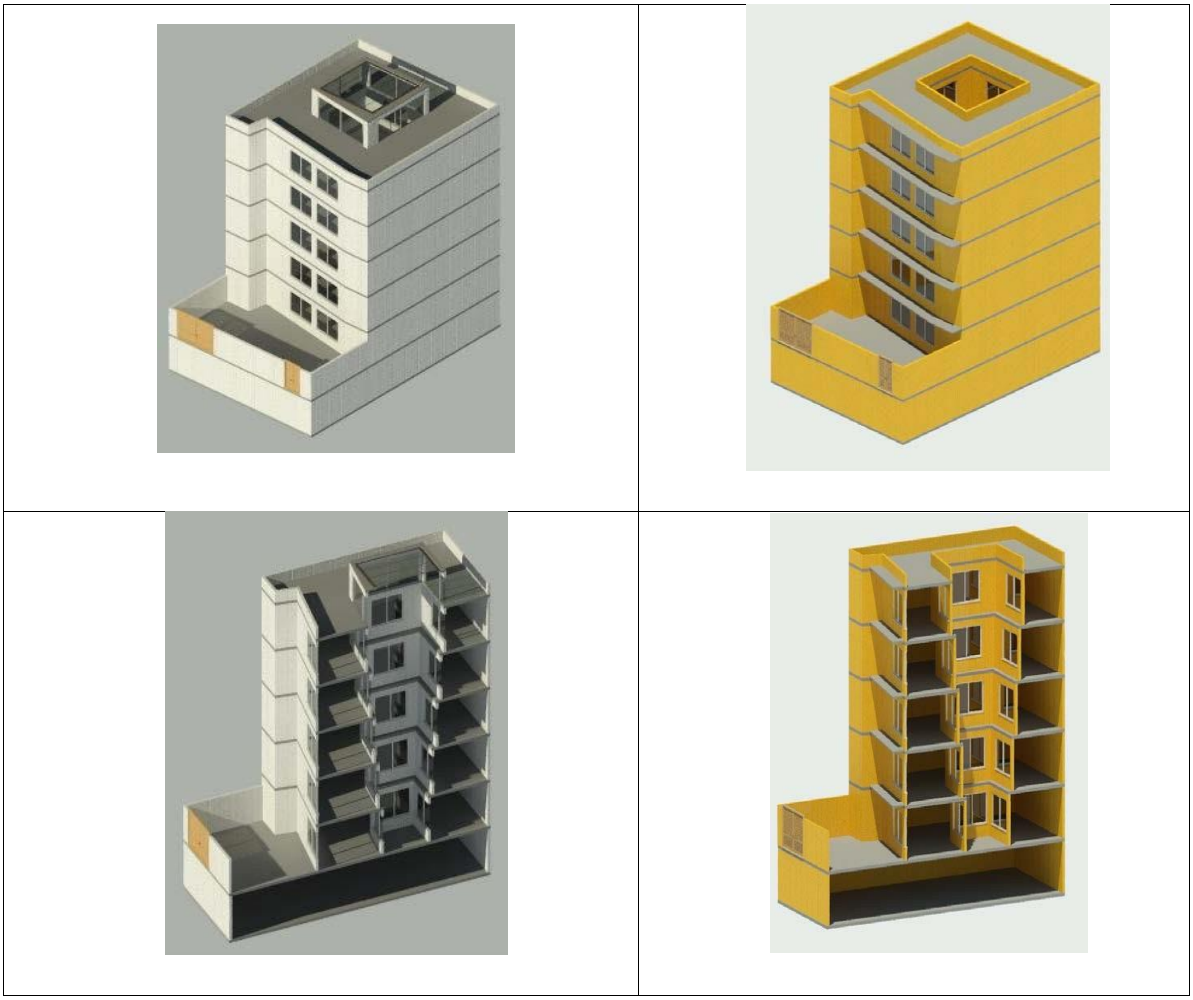
این مدل، دارای نورگیر به تناسبات نزدیک به ۱ به ۱ در میانه ساختمان است. از نورگیر به صورت هوشمندانهای در این مدل استفاده شده است، چرا که در ساختمانهای متداول نورگیر تنها حفرهای برای رساندن نور به طبقات مختلف ساختمان و رفع الزامات شهرداری استفاده می شود اما این نورگیر با جانمایی صحیح (در میانه حجم ساختمان) در وهله اول حفرهای برای رساندن نور به طبقات مختلف ساختمان است و در وهله دوم، امکان بالقوهای را که از نظر تماس حداکثری با فضاهای مختلف ساختمان دارد (چون نورگیر در میانه ساختمان است ازهر ۴ سمت به فضاهای داخلی ساختمان منتهی می شود)، را به وسیله تبدیل شدن به گلخانه، به فرصت رساندن انرژی در فصول سرد سال به فضاهای مختلف ساختمان تبدیل کرده است. به علاوه این نورگیر به دلیل امکان ایجاد کوران هوا و تهویه، باعث می شود که در فصول گرم به شدت با کاهش مصرف انرژی نسبت به سایر مدل ها، مواجه باشیم. این نورگیر با عقب نشینی خود و افزایش مساحتی که با رشد طبقات پیدا کرده است باعث سایه اندازی کمتر در فصول سرد بر جداره های نورگیر می شود و به علاوه می تواند بهتر نور را به طبقات زیرین برساند.

۱) وجود پیش‌آمدگی سقف (سایبان) نسبت به پنجره‌های جنوبی، از ورود تابش مستقیم خورشید در فصول گرم سال جلوگیری می کند و مصرف انرژی را کاهش می دهد.

۲) در این مدل به موضوع محرمیت به طور کامل پاسخ داده می شود، چرا که وجود نورگیر در میانه ساختمان علاوه بر مزایای نامبرده، باعث می شود که فضایی که ساختمان برای نورگیری و ارتباط با فضای باز لازم دارد، به داخل ساختمان کشیده شود. در ساختمانهای اجرا شده در سطح شهر به‌وفور شاهد عقب نشینی ساختمان از یک جبهه و قرار دادن پنجره بر روی جداره های حاصله بودهایم، در حالی که در حقیقت مشاهده می کنیم که این میزان عقب نشینی به موضوع محرمیت پاسخ مناسبی نداده است. اما با قرارگیری نورگیر در میانه ساختمان این فضا به داخل کشیده شده است و محرمیت، سکوت و سایر مزایای نامبرده را به دنبال دارد.

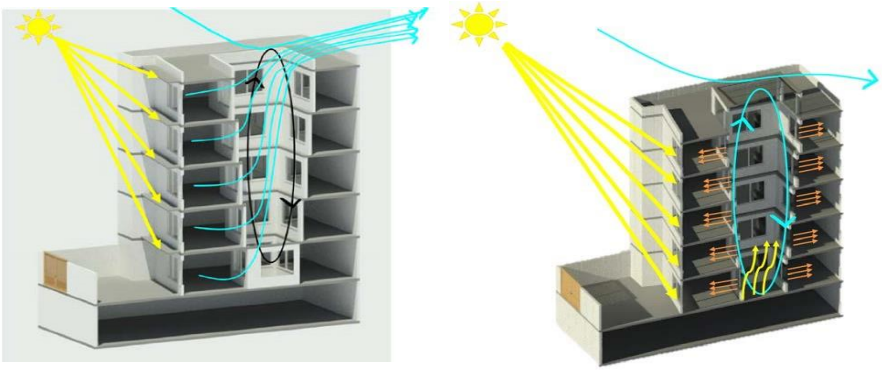
مدل ترکیبی (ترکیب مدل های ۴ و ۸)، دارای ویژگی های زیر است:

مدل ترکیبی از مدل های ۴ و ۸ (مدل نهایی)	
ساختمان در فصول گرم سال (دارای سایبان بر روی جداره جنوبی)	ساختمان در فصول سرد سال (استفاده از نورگیر مرکزی به عنوان گلخانه و بدون سایبان)



تصویر ۱- چگونگی مدل نهایی (ماخذ: نگارندگان)

۳) نورگیری که در مرکز ساختمان قرار می‌گیرد به‌سان حیاط مرکزیای است که در معماری اصیل ایرانی، معماران برای دستیابی به معماری بومی در مناطق گرم و خشک ایران و مناطقی که اقلیمی مشابه تهران داشتند، طراحی میکردند و این خود نشانی از جاری بودن معماری ایرانی در این ساختمان است.



تصویر ۲- چگونگی عملکرد ساختمان در فصول گرم و سرد سال (ماخذ: نگارندگان)

مصرف انرژی در فصول سرد و گرم سال برای مدل فوق (مدل نهایی) به صورت زیر خواهد بود:

جدول ۸ میزان مصرف انرژی مدل نهایی توسط نرم افزار Design Builder (ماخذ: نگارندگان)

چگونگی فرمساختمان با نورگیرمیانه تبدیل شده بهگلخانه	مصرف انرژیدر فصول سردسال(kw/h)	مصرف انرژی در فصول گرم سال (kw/h)	مجموع مصرف انرژی در طول سال(kw/h)	زیربنایکل(مترمربع)	مصرفانرژی در کل سال به ازای هر متر مربع(kw/h)	مصرفانرژی در فصل سردبه ازای هر متر مربع(kw/h)	مصرف انرژیدر فصل گرم به ازای هر متر مربع(kw/h)
مدل نهایی	33909	26062	59971	995,5	60,1	34	26,1

حال سوال این است که؛ چرا در حالی که نورگیر در هر طبقه نسبت به طبقه زیرین خود افزایش مساحت و در نتیجه افزایش حجم دارد (مدل نهایی انتخاب شده) در مقایسه با حالتی که نورگیر دقیقا به همین صورت جانمایی شده اما در هر طبقه افزایش حجم و مساحت ندارد، مصرف انرژی بهینه تری را در طول سال ارائه می کند؟

جدول ۹- میزان مصرف انرژی مدل ترکیبی از مدل ۱ و ۲ توسط نرم افزار Design Builder (ماخذ: نگارندگان)

چگونگی فرم ساختما(در فصول سرد باگلخانه و در فصول گرمبدون گلخانه)	زیربنای کل (مترمربع)	مصرف انرژی در کلسال بهازای هر مترمربع (kw/h)	مصرف انرژی در فصل سردبه ازای هر متر مربع (kw/h)	مصرف انرژی در فصل گرمبه ازای هر متر مربع(kw/h)
ترکیب مدل ۱ و ۲	1020,5	68,8	39,2	28,6

جواب این است، که به دلایل زیر این اتفاق رخ می دهد:

۱) افزایش مساحت نورگیر، قطعا مستلزم افزایش طول جداره های نورگیر است. زمانی که جداره های نورگیر افزایش میبابند، در زمستان سطح بیشتری می تواند گرما ایجاد شده در گلخانه را به فضاها منتقل کند و در تابستان به دلیل کوران هوایی که در این نورگیر رخ می دهد، سطح بیشتری خنک شده و باعث تعدیل درجه حرارت داخل ساختمان میگردد.

۲) عقب نشینی جداره های نورگیر در هر طبقه باعث می شود که در نهایت جداره های مقابل هم از یکدیگر فاصله بیشتری پیدا کنند و این فاصله بیشتر جداره ها از یکدیگر باعث می شود که جداره های نورگیر در طبقات بالای ساختمان، در طول سال نور بیشتری دریافت کنند.

۳) افزایش مساحت و در نتیجه افزایش حجم نورگیر باعث می شود که در نهایت نورگیر حجم بیشتری پیدا کرد و در زمستان تاثیر گلخانه و در تابستان تاثیر تهویه و کوران رخ داده در نورگیر افزایش یابد.

۴) افزایش مساحت و عقب نشینی دیوارها باعث می شود که سطح شیشهخور مابین سقف نهایی طبقات و سقف گلخانه در فصول سرد بیشتر شود و خاصیت گلخانهای در این فصول تشدید گردد.

از این مرحله به بعد، با توجه به روند سپری شده و با دانستن چگونگی فرم و جهتگیری مطلوب، می توانگفت که مرحله نهایی طراحی طبق دستهبندی ارائه شده در روش مدلسازی اطلاعات ساختمان است.

۴-۲-۱. نتیجهگیری فاز اول طراحی

همانطور که در جداول مشخص شده است، تمامی بررسی صورت گرفته تا به اینجا همگی در غالب فاز اول طراحی و به ترتیب موارد نامبرده در روش مدلسازی اطلاعات ساختمان (BIM) بوده است. از این به بعد طراحی وارد فاز بعدی خود یعنی فاز طراحی شماتیک می شود که مبنای آن اطلاعاتی است که در فاز اول طراحی (طراحی مفهومی) بدست آمد. نتایج بدست آمده در فاز اول طراحی به این شرح می باشند:

۱) با توجه به بررسی و تحلیل سایت که اولین گام در روش مدلسازی اطلاعات ساختمان (BIM) است، ساختمان باید به طور کلی در راستای دیگر همسایگان خود باشد.

۲) بهترین جهت برای ضلع شمالی و جنوبی، به منظور داشتن بهینه مصرف انرژی، زاویه ۱ درجه شرقی است. برای ضلع شمالی بعد از زاویه ۱ درجه شرقی، زاویه ۱۱ درجه شرقی (همراستا با زاویه سایت)، مناسبترین زاویه است.

۳) بهترین نورگیری که علاوه بر بهینه مصرف انرژی در فصول سرد سال، کیفیت بصری مناسبی را می تواند برای ساکنین ساختمان ایجاد کند، نورگیری است که در میانه ی ساختمان با تناسبات نزدیک به تناسبات ۱ به ۱ قرار میگیرد. هر چه این تناسبات به سمت کشیدگی در راستای شرقی-غربی و شمالی-جنوبی برود مصرف انرژی افزایش مییابد. اما در حالتی که تناسبات به کشیدگی در راستای شرقی-غربی میل می کند، افزایش مصرف انرژی نسبت به حالت دیگر (کشیدگی در راستای شمالی-جنوبی)کمتر است.

۴) با توجه به دلایل مذکوراستفاده از گلخانه برای اقلیمی که سایت مورد نظر در آن قرار دارد، کارایی بالایی دارد. که از بین دو دسته کلی گلخانه آتریمی و گلخانهای که در طبقات واقع می شود، گلخانه طبقاتی کاهش بیشتری در مصرف انرژی و در نتیجه نزدیکی هر چه بیشتر به معماری پایدار ایجاد میکند. بهترین تناسبات برای گلخانه آتریمی تناسبات نزدیک به ۱ به ۱ و برای گلخانه طبقاتی، تناسباتی که در راستای شرقی-غربی کشیدگی بیشتری دارد، می باشد.

۵) در بین مدل های بررسی شده، بهترین مدل که علاوه بر داشتن نور کافی، بهترین جانمایی نورگیر در ساختمان، تهویه

مناسب، مساحت مفید طبقات و در نتیجه جلوگیری از افزایش هزینه های ساخت در پی افزایش تراکم ساختمانی، کمترین مصرف انرژی در راستای نزدیکی هر چه بیشتر به معماری پایدار، ترکیبی از مدل های ۴ و ۸ است.

با داشتن این اطلاعات در فاز بعدی طراحی به طراحی نما، طراحی پلان و کیفیت های مناسب فضای مسکونی پرداخته شده است.

۴-۲-۲. سنجش و تجزیه و تحلیل مدل نهایی با استفاده از استاندارد LEED

با استفاده از اطلاعات طراحی، یکبار دیگر به بررسی میزان مصرف انرژی ساختمان به منظور سنجش شاخصهای پایداری LEED، پرداخته شد که در زیر نتایج حاصل از این بررسی آمده است:

همانطور که نتایج نشان می دهد مصرف انرژی از مدلی که برای آغاز طراحی انتخاب شد نیز کمتر است، چرا که تراس ساختمان که به دلیل موقعیت ساختمان (ساختمان تنها از ضلع جنوبی دسترسی داشته و ابعاد آن محدود می باشد)، در سمت جنوبی قرار دارد، به گلخانه تبدیل شده است تا اثرات سوئی که پیشآمدگی سقف تراس در مصرف انرژی فضاهای پشت آن به دلیل کاهش نورگیری ایجاد می کند، با تبدیل شدن به گلخانه، به یک پتانسیل تبدیل گردد و باعث کاهش مصرف انرژی گردد.

جدول ۱۰- سنجش و تجزیه و تحلیل مدل نهایی با استفاده از استاندارد LEED توسط نرم افزار Design

چگونگی فرمساختمان با نورگیرمیانه تبدیل شده بهگلخانه	مصرف انرژیدر فصول سردسال(kw/h)	مصرف انرژی در فصول گرم سال (kw/h)	مجموع مصرف انرژی در طول سال(kw/h)	زیربنایکل(مترمربع)-	مصرفانرژی در کل سال به ازای هر متر مربع(kw/h)	مصرفانرژی در فصل سردبه ازای هر متر مربع(kw/h)	مصرف انرژیدر فصل گرم به ازای هر متر مربع(kw/h)
مدل نهایی باتمهیدات زمستانه وتابستانه	41147,7	30402,9	71550,6	1221	58,6	33,7	24,9

۴-۲-۳. جزییات تجزیه و تحلیل انرژی

با به تصویر کشیدن طرح مورد نظر پژوهش و تحلیل انرژی آن در نرم افزار Design Builder، گامهای ثبت طراحی- مدل، سنجش تجزیه و تحلیل LEED، انجام پذیرفت. در ادامه به منظور دانستن اینکه طراحی انجام شده تا چه میزان به معماری پایدار نزدیک شده است، مدلی مشابه ساختمانهای همسایه سایت (ساختمانی در جهت بافت، با ۴۰ درصد سطح جداره نورگذر، با استفاده از نورگیر شمالی و بدون سایبان)، شبیهسازی شده و نتایج این شبیهسازی و شبیهسازی طرح پیشنهادی با یکدیگر مقایسه میگردند. نتایج شبیهسازی ساختمانهای متداول مسکونی در بافت در نرم افزار Design Builder به شرح زیر است:

جدول ۱۱- نتایج شبیهسازی ساختمانهای متداول مسکونی در بافت در نرم افزار Design Builder (ماخذ:نگارندگان)

فرمساختمان	مصرف انرژیدر فصول سردسال(kw/h)	مصرف انرژی در فصول گرم سال (kw/h)	مجموع مصرف انرژی در طول سال(kw/h)	زیربنایکل(مترمربع)-	مصرفانرژی در کل سال به ازای هر متر مربع(kw/h)	مصرفانرژی در فصل سردبه ازای هر متر مربع(kw/h)	مصرف انرژیدر فصل گرم به ازای هر متر مربع(kw/h)
مدل متداول منطقه	45177	33699,6	78876,6	1221	64,6	37	27,6

مقایسه جداول ۱۰ و ۱۱، این موضوع را روشن می کند که مصرف انرژی در طرح پیشنهادی پژوهش، به میزان ۶ کیلووات بر ساعت سالیانه در هر مترمربع، مصرف انرژی کمتری نسبت به ساختمانهای متداول بافت دارد. با یک تناسبات ساده، این موضوع روشن می شود که ساختمان در حالت معمول و متداول خود با همین مساحت، سالیانه ۷۸۸۷۶,۶ کیلووات بر ساعت انرژی مصرف می کند، بنابراین در هر مترمربع از مساحت ۱۲۲۱ متری زیربنا، اگر ۶ کیلووات در ساعت صرفه جویی شود، در این صورت سالیانه ۷۳۲۶ کیلووات بر ساعت صرفهجویی در مصرف انرژی رخ داده است که این میزان صرفه جویی، ۹,۳ درصد مصرف کلی سالیانه در حالت متداول ساختمان است. بنابراین با اجرا کردن تمهیدات پیشنهادی در پروژه، می توان ۹,۳ درصد در مصرف سالیانه، بدون صرف هزینه اضافهتری در ساخت و تنها با برخی تدابیر ساده، صرفهجویی کرد و اگر در گلخانه خورشیدی طراحی شده گیاه قرار دهیم، می توان از رطوبت به صورت طبیعی و بدون استفاده از تجهیزات رطوبت زنی، استفاده کنیم و به این وسیله شرایط آسایش را با کمترین هزینه و به طور طبیعی، فرآهم کنیم (منبع جدول حیدری، 1393 :143) و صرفه جویی بیشتری در مصرف انرژی به عمل آوریم.

۵. نتایج

۵-۱. ایدههای طراحی ساختمان پایدار تهران

آنچه که به روند طراحی انسجام بخشید و این روند را کنترل کرد تا همه موارد مورد توجه در معماری پایدار مورد توجه قرار گیرند، روش مدلسازی اطلاعات ساختمان بود. در این قسمت به منظور جمع بندی و توضیح بیشتر صرفا در مورد طرح پیشنهادی، ابتدا به معرفی ایده های اساسی که بدست آمد، میپردازیم:

۵-۲. جهت گیری و فرم ساختمان

مطابق راهبرد روش مدلسازی اطلاعات ساختمان در معماری پایدار، تحلیل سایت و توجه به بافت و همسایگان، اهمیت ویژهای دارد. از آنجایی که پژوهش حاضر به طراحی ساختمان پایدار تهران در سایتی که در بافت شهری واقع است، پرداخته است، فلذا توجه فرمی به بافت و رعایت اصول کلی حاکم بر بافت، در طراحی مد نظر بوده است.

با بررسی تحلیلهای صورت گرفته حول موضوع پایداری ساختمان مورد نظر، این نتیجه حاصل شد که برای نزدیک شدن هر چه بیشتر به معماری پایدارجهت کاهش مصرف انرژی، بهترین زاویه برای جهتگیری ضلع جنوبی زاویه۱درجه شرقی است و برای جهتگیری ضلع شمالی، بهترین زاویه، زاویه۱درجه شرقی و سپس زاویه۱۱درجه شرقی (راستای بافت) است.

برای اینکه علاوه بر رعایت جهتگیری بافت، بتوان زاویهای که از بررسی نتایج تحلیلهای صورت گرفته را به ساختمان منتقل کرد و از طرفی طرح پیشنهادی برای ساکنان و دیگر مخاطبان خود جالب توجه باشد و نیز بتوان طبق الزامات شهرداری، استفاده حداکثری را مطابق میل کارفرمایان از ساختمان داشت، برای ضلع جنوبی ساختمان یک قاب کلی در راستای بافت طراحی شد و دیگر بخشها مطابق بررسی ها و قوانین شهرداری، با یک چرخش ۱۰ درجهای از این قاب بیرون آمد. (تصویر۳)

تصویر ۳- چگونگی جهتگیری ساختمان در بافت شهری– (ماخذ: نگارندگان)

۵-۳. نورگیر و تناسبات آن

نورگیر دالانی برای رساندن نور به طبقات زیرین ساختمان است. برای دانستن اینکه بهترین تناسبات و جانمایی برای نورگیر چیست، به بررسی مدل های مختلف پرداخته و بدست آمده حاکی از آن بود که از میان ۴ سمت شرقی، غربی، شمالی و میانی ساختمان، نورگیری که در میانه ساختمان قرار میگیرد، به دلیل اینکه هر ۴جداره آن با فضاهای داخلی ساختمان در تماس هستند، نه تنها پاسخ مناسبی به معماری پایدار می دهد بلکه فضای لازم برای نورگیری ساختمان را به داخل میکشد و از این طریق محرمیت لازم برای یک آپارتمان مسکونی واقع در بافت شهری را فراهم مینماید. بهترین تناسبات برای این نورگیر در حالی است که تناسبات نزدیک به تناسبات ۱ به ۱داشته باشد و یا در راستای محور شرقی– غربی کشیده شود. در ادامه بررسی ها این نتیجه حاصل که این نورگیر باید به شکلی باشد که با افزایش طبقات مساحت بیشتری پیدا کند (فرم پله پله)، یعنی در هر طبقه، جداره نورگیر نسبت به طبقه زیرین خود عقب نشینی کند. جانپناه نورگیر دارای پنجره های بازشو است. سقف نورگیر در تابستان برای ایجاد کوران هوا و تهویه طبیعی ساختمان، باز بوده و در زمستان پنلهای شیشهای بر روی پروفیل متصل شده بر روی جانپناه نورگیر قرارگیرد و نورگیر تبدیل به گلخانه می شود (در صورت لزم از طریق پنجره های تعبیه شده روی جداره های جانپناه نورگیر تهویه صورت میگیرد). با این عمل در فصول سرد، در مرکز ساختمان به طور طبیعی گلخانه همه فضاها را متاثر کرده و به شرایط

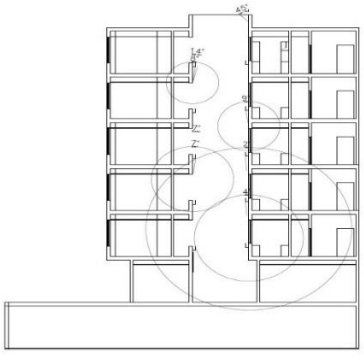
آسایش نزدیکتر می کند. با باز بودن سقف نورگیر در فصول گرم سال و تبدیل شدن آن به گلخانه در فصول سرد، انعطاف‌پذیری فضاهای طراحی شده بیشتر شده و ساختمان می تواند با محیط خود در تعامل باشد.

عقب نشینی جداره های نورگیر در هر طبقه، باعث می شود که نورگیر به تدریج مساحت بیشتری پیدا کند و این موضوع از نظر کارفرمایان، موضوع مناسبی نیست. بنابراین لازم دیده شد که تنها یک یا دو جداره عقب نشینی داشته باشند که با بررسی هایی که در مورد ابعاد و اندازه سایت برای تامین فضاهای لازم در داخل ساختمان و پارکینگ صورت گرفت، تصمیم بر آن شد که تنها جداره غربی نورگیر در هر طبقه ۲۵ سانتیمتر نسبت به جداره زیرین خود عقب نشینی کند. این میزان عقب–نشینی به نظر بسیار کم است اما همین مقدار تاثیر زیادی در کاهش مصرف انرژی دارد. برای اینکه تناسبات نورگیر نیز مطابق به نتایج بررسی ها باشد، تصمیم بر آن شد که نورگیر در پایینترین طبقه (طبقه همکف) داری تناسبات ۱ به ۱ برای تامین حداقل مساحت نورگیر در قطعات بالای ۲۰۰ مترمربع استو با افزایش طبقات از سمت غربی جداره نورگیر عقب نشینی می کند و این تناسبات دارای تناسبات کشیده در راستای شرقی– غربی می شود.

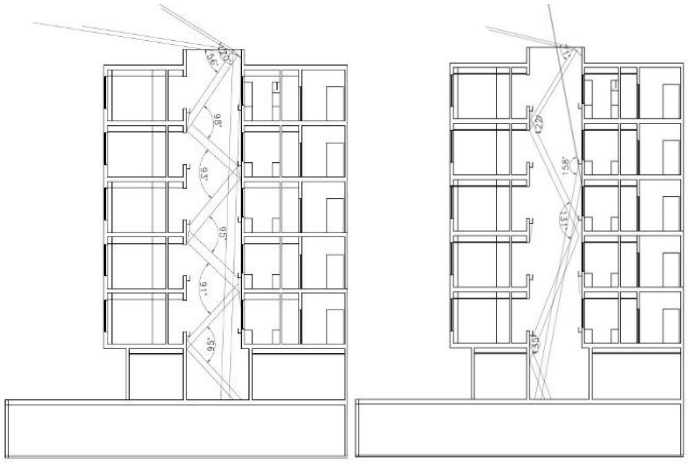
۵-۴. ورود نور طبیعی به طور غیر مستقیم به وسیله انعکاس جداره ها

به این منظور که فضای نورگیر بتواند علاوه بر ایجاد فضای مناسبی برای نورگیری، از نظر بصری نیز دلپذیر باشد، در جلوی پنجره هایی که به داخل نورگیر باز می شوند، فضای کوچکی برای قرار دادن گلدان در نظر گرفته شد. این فضای کوچک علاوه بر دلپذیر کردن فضای نورگیر بر سطح سبزی که در نورگیر قرار گرفته نیز میافزاید.

برای اینکه نور بیشتری به نورگیر وارد شود و این نور در اثر شکستهای متعددی که در نورگیر پیدا می کند بتواند به گیاهان موجود در انتهای نورگیر برسد، صفحات نواری از فلز آلومینیوم براق در بخشهایی از جداره نورگیر متصل گردید. این صفحات آلومینیومی طوری قرار گرفتند که هم در فصول سرد که خورشید مایلتر میتابد و هم در فصول گرم سال که زاویه تابش خورشید عمودیتر است، بتوانند عملکرد درستی داشته باشند.



تصویر ۴- چگونگیقرارگیریپنلهاییازتابندهنوردرداخلنورگیر–(ماخذ: نگارندگان)



تصویر ۵- چگونگیبازتابنورتوسطپنل هایبازتابندهنوردرداخلنورگیردرفصلتابستان– (ماخذ: نگارندگان)

تصویر ۶- چگونگیبازتابنورتوسطپنل هایبازتابنده نوردرداخلنورگیردرفصلزمستان– (ماخذ: نگارندگان)

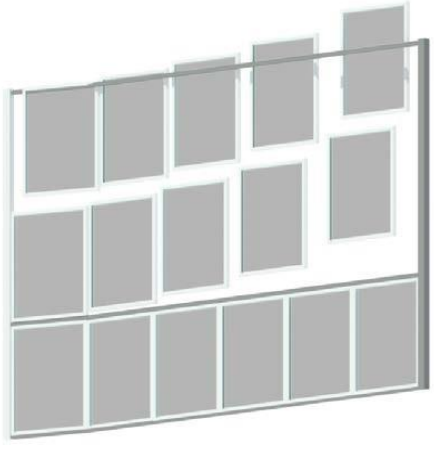
۵-۵. تراس- گلخانه جنوبی

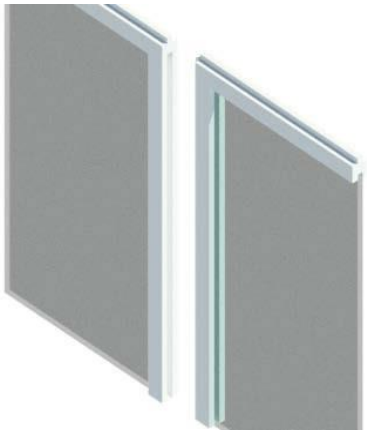
تصویر ۷- فضای نیمه باز تراس در فصول گرم سال– (ماخذ: نگارندگان)

تصویر ۸- فضای گلخانه ای تراس در فصول سرد سال– (ماخذ: نگارندگان)

در ساختمان مسکونی، افراد برای تامین نیازهای مختلف خود نیاز به فضای نیمه باز دارند که این فضا در آپارتمانهای متداول امروزی به شکل بالکن یا تراس نمود پیدا می کند. در طرح پیشنهادی پژوهش، تراس در سمت جنوبی ساختمان قرار دارد که برای بهرهوری بیشتر در فصول گرم سال به شکل تراس و فضای نیمه باز نقش خود را ایفا می کند و در فصول سرد با استفاده از پروفیل‌های تعبیه شده در جداره ها، توسط پنل های شیشهای، به گلخانه تبدیل می شود. مطابق با نتیجه بررسی ها تراس- گلخانه جنوبی کشیدگی در راستای شرقی- غربی است. قرارگیری تراس به شکل متصل با پذیرایی در بخش

داخلی که بزرگترین فضای داخلی در طبقات است، باعث می شود که تاثیر تراس- گلخانه روی بزرگترین فضای داخلی ساختمان اعمال شده و از این نظر بتوان به اصول پایداری در معماری نزدیکتر شد.





تصویر ۹-چگونگی کنار هم قرار گرفتن پنل های شیشه ای تراس برای ایجاد گلخانه در فصول سرد سال– (ماخذ: نگارندگان)

تصویر ۱۰-چگونگی اتصال پنل های شیشه ای تراس برای ایجاد گلخانه در فصول سرد سال– (ماخذ: نگارندگان)

۵-۶. محرمیت

از آنجایی که رعایت محرمیت موضوع بسیار مهمی در طراحی است، در طراحی ساختمان مورد سعی بر آن بوده است که همواره این موضوع مورد توجه قرار گیرد. بنابراین نورگیر ساختمان به داخل حجم ساختمان کشیده شد.

تراس ساختمان پیشنهادی پژوهش به سمت جنوب است و خیابان غربی رو به روی آن قرار گرفته است، هر چند که فاصله مجاز از تراس تا خیابان در این طرح لحاظ شده است اما به منظور احترام به حریم ساکنان، کرکره‌های عمودی بر روی جداره باز تراس نصب شده است تا ساکنان بتوانند بر حسب نیاز خود، از تراس و در عین حال از هوای آزاد آن استفاده نمایند.

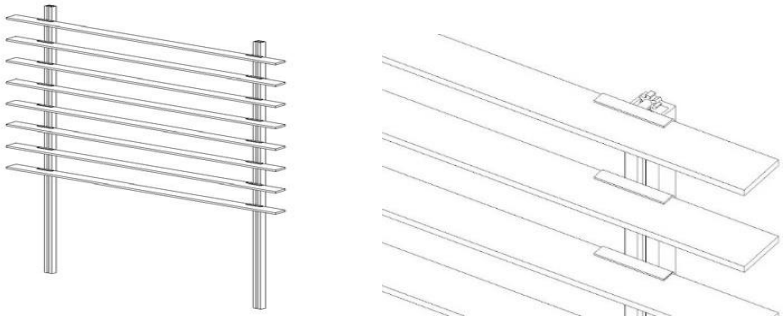
تصویر ۱۱-استفاده از کرکره عمودی بر جداره باز تراس برای رعایت محرمیت – (ماخذ: نگارندگان)

۵-۷. سایبان متحرک

طرح پیشنهادی در فصول گرم سال به سایبانهایی به عمق ۱ متر بر روی پنجره های جنوبی خود که ۱,۷۰ متر ارتفاع دارند، نیاز دارد. وجود این سایبانها در فصل زمستان باعث افزایش مصرف انرژی و ورود نور کمتر به فضاهای داخلی ساختمان، می شوند. بنابراین طرح پیشنهادی پژوهش، به سایبانهایی نیاز داشت که در فصول گرم بر روی پنجره سایه انداخته و در فصول سرد برچیده شوند. بنابراین تصمیم بر آن شد که سایبانهای ساختمان مورد نظر متحرک باشند. از طرفی ۱ متر عمق سایبان به نظر عمق زیادی است، پس این مقدار به ۱۰ سایبان با عمق ۱۰ سانتیمتر تقسیم شد. برای اینکه ساکنان مطابق با نیازهای خود بتواند از وجود سایبان و یا عدم وجود آن استفاده کنند، روی نمای ساختمان، پروفیلهای عمودی فولادی قرار گرفتند که سایبانهای ۱۰ سانتیمتری بتوانند به صورت کرکرهای بر روی این پروفیلها بر حسب نیاز ساکنان، حرکت کنند. سایبان های ذکر شده از جنس چوب بوده ودر فصول سرد سال به زیر پنجره، در نمای ساختمان، جمع می شوند. به این ترتیب بر اساس تغییر فصول و نیز نیاز ساکنان، نمای ساختمان در زمانهای مختلف، پویا و زنده می باشد.

۵-۸. بعد چهارم طراحی (زمان)

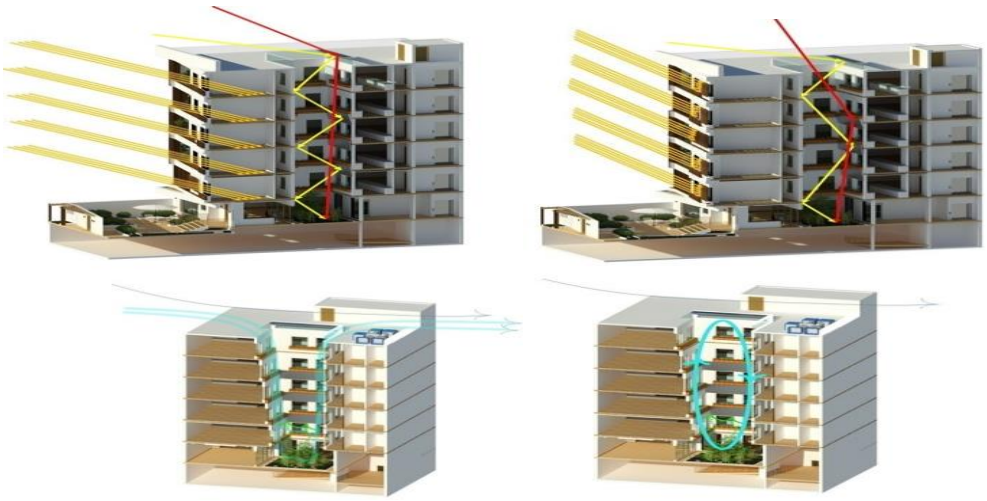
در طرح پیشنهادی، به این منظور که ساختمان در هر زمان بتواند با محیط اطراف خود سازگار باشد و به اهداف توسعه پایدار دست یابد، بعد چهارم طراحی (زمان)، در نظر گرفته شد. نتیجه در نظر داشتن بعد زمان در طراحی، باعث شد که نورگیر و تراس ساختمان در فصول سرد سال، بتوانند به گلخانه تبدیل شده و در فصول گرم سال نورگیر تنها نقش نورگیر ساختمان را دارد و به دلیل مکش صورت گرفته، به طور طبیعی باعث تهویه بخش های مختلف ساختمان میگردد و تراس ساختمان نیز تنها نقش یه فضای نیمه باز را دارد که بر بخش‌های داخلی مرتبط سایه‌اندازی می کند.



تصویر ۱۲- جزییات پروفیل طراحی شده برای حرکتسایبان ها بر روی نما – (ماخذ: نگارندگان)

تصویر ۱۳- تقسیم شدن سایبان به سایبانهای کم عمق برای تامین عمق سایبان لازم برای ساختمان (ماخذ: نگارندگان)

سایبان‌های مورد نیاز ساختمان، در فصول سرد سال به صورت کرکرهای به سمت پایین حرکت کرده و نور خورشید می تواند وارد ساختمان شود و در فصول گرم سال این سایبان ها بر روی پروفیل نصب شده بر روی نما به صورت کرکرهای حرکت می کند و به سمت بالا میآید و از این طریق از تابش مستقیم خورشید به فضاهای داخلی ساختمان جلوگیری می کند. از آنجایی که سایبانهای نامبرده طولانی تر از عرض پنجره های ساختمان در نظر گرفته شده اند، حرکت آنها بر روی نما در فصول گرم سال، جدارهای را بر روی نما ایجاد می کند که می تواند با سایهاندازی خود باعث خنک شدن جداره های جنوبی ساختمان در این فصول گردد و در فصول سرد سال با حرکت این سایبانها به سمت پایین، می توان از ظرفیت سرد و گرم سال می توانند نور خورشید را به طور مکرر در داخل نورگیر بازتاب کرده و به گیاهان واقع در انتهای نورگیر حرارتی جداره های ساختمان برای رسیدن به شرایط آسایش کمک گرفت. پنل های براق آلومینومی داخل نورگیر در فصولبرساند.



تصویر ۱۴. نقش نورگیر در فصول سرد سال – (ماخذ: نگارندگان) تصویر ۱۳. نقش نورگیر در فصول گرم سال –(ماخذ: نگارندگان)

منابع

- امانی، ن.، و رضا سروش، ا.ا. (۱۳۹۹). پارامترهای موثر مصرف انرژی در ساختمان های مسکونی با استفاده از مدل سازی اطلاعات ساختمان، مجله جهانی علوم و مدیریت محیط زیست، ۶(۴)، ۴۸۰-۴۶۷.
- فرزانه، ا.، منفت، دی، و فورگس، دی (۲۰۱۹). بررسی استفاده از مدل سازی اطلاعات ساختمان برای مدل سازی انرژی ساختمان در طول فرآیند طراحی. مجله مهندسی ساختمان، ۲۳، ۱۲۷-۱۳۵.
- نجار، م.، فیگوئردو، ک.، حماد، آ. دبلیو.، و حداد، ا. (۲۰۱۹). بهینه سازییکپارچه با مدل سازی اطلاعات ساختمان و ارزیابی چرخه عمر برای تولید ساختمان های کارآمد انرژی. انرژی کاربردی، ۲۵۰، ۱۳۶۶-۱۳۸۲.
- Costin, A., Adibfar, A., Hu, H., & Chen, S. S. (2018). Building Information Modeling (BIM) for transportation infrastructure–Literature review, applications, challenges, and recommendations. Automation in Construction, 94, 257-281.
- Costin, A., Adibfar, A., Hu, H., & Chen, S. S. (2018). Building Information Modeling (BIM) for transportation infrastructure–Literature review, applications, challenges, and recommendations. Automation in Construction, 94, 257-281.
- Farzaneh, A., Monfet, D., & Forgues, D. (2019). Review of using Building Information Modeling for building energy modeling during the design process. Journal of Building Engineering, 23, 127-135.
- Haruna, A., Shafiq, N., & Montasir, O. A. (2020). Building information modelling application for developing sustainable building (Multi criteria decision making approach). Ain Shams Engineering Journal.
- Haruna, A., Shafiq, N., & Montasir, O. A. (2020). Building information modelling application for developing sustainable building (Multi criteria decision making approach). Ain Shams Engineering Journal.
- Jalaei, F., Zoghi, M., & Khoshand, A. (2019). Life cycle environmental impact assessment to manage and optimize construction waste using Building Information Modeling (BIM). International Journal of Construction Management, 1-18.
- Li, J., Li, N., Peng, J., Cui, H., & Wu, Z. (2018). A review of currently applied building information modeling tools of constructions in China. Journal of Cleaner Production, 201, 358-368.
- Li, J., Li, N., Peng, J., Cui, H., & Wu, Z. (2018). A review of currently applied building information modeling tools of constructions in China. Journal of Cleaner Production, 201, 358-368.
- Liu, Y., van Nederveen, S., Wu, C., & Hertogh, M. (2018). Sustainable infrastructure design framework through integration of rating systems and building information modeling. Advances in Civil Engineering, 2018.
- Liu, Y., van Nederveen, S., Wu, C., & Hertogh, M. (2018). Sustainable infrastructure design framework through integration of rating systems and building information modeling. Advances in Civil Engineering, 2018.

- Matarneh, S. T., Danso-Amoako, M., Al-Bizri, S., Gaterell, M., & Matarneh, R. (2019). Building information modeling for facilities management: A literature review and future research directions. Journal of Building Engineering, 24, 100755.
- Muller, M. F., Esmanioto, F., Huber, N., Loures, E. R., & Junior, O. C. (2019). A systematic literature review of interoperability in the green Building Information Modeling lifecycle. Journal of cleaner production, 223, 397-412.
- Muller, M. F., Esmanioto, F., Huber, N., Loures, E. R., & Junior, O. C. (2019). A systematic literature review of interoperability in the green Building Information Modeling lifecycle. Journal of cleaner production, 223, 397-412.
- Najjar, M. K., Tam, V. W., Di Gregorio, L. T., Evangelista, A. C. J., Hammad, A. W., & Haddad, A. (2019). Integrating parametric analysis with building information modeling to improve energy performance of construction projects. Energies, 12(8), 1515.
- Najjar, M., Figueiredo, K., Hammad, A. W., & Haddad, A. (2019). Integrated optimization with building information modeling and life cycle assessment for generating energy efficient buildings. Applied Energy, 250, 1366-1382.
- Rezaei, F., Bulle, C., & Lesage, P. (2019). Integrating building information modeling and life cycle assessment in the early and detailed building design stages. Building and Environment, 153, 158-167.
- Sarvari, H., Chan, D. W., Rakhshanifar, M., Banaitiene, N., & Banaitis, A. (2020). Evaluating the impact of Building Information Modeling (BIM) on mass house building projects. Buildings, 10(2), 35.
- Singh, P., & Sadhu, A. (2019). Multicomponent energy assessment of buildings using building information modeling. Sustainable Cities and Society, 49, 101603
- Singh, P., & Sadhu, A. (2019). Multicomponent energy assessment of buildings using building information modeling. Sustainable Cities and Society, 49, 101603.
- Xu, X., Mumford, T., & Zou, P. X. (2020). Life-cycle building information modelling (BIM) engaged framework for improving building energy performance. Energy and Buildings, 231, 110496.
- Xu, X., Mumford, T., & Zou, P. X. (2020). Life-cycle building information modelling (BIM) engaged framework for improving building energy performance. Energy and Buildings, 231, 110496.
- Yang, X., Hu, M., Wu, J., & Zhao, B. (2018). Building-information-modeling enabled life cycle assessment, a case study on carbon footprint accounting for a residential building in China. Journal of Cleaner Production, 183, 729-743.
- Yang, X., Hu, M., Wu, J., & Zhao, B. (2018). Building-information-modeling enabled life cycle assessment, a case study on carbon footprint accounting for a residential building in China. Journal of Cleaner Production, 183, 729-743.

Investigating the role of building information modeling (BIM) in the design process to reduce energy consumption

Marjan Asadian[1], Shahriyar Shaghagi*[2],Yashar Bahavarniya[3]

Received: 03 September 2022 Revise Date: 23 February 2023 Accepted: 04 March 2023

Abstract

Currently, the issue of sustainable urban development and reduction of energy consumption is one of the most important and common issues at the global and international levels. It includes different social, economic, and environmental dimensions. Addressing the issue of housing, which is the most important urban element, is crucial in sustainable urban development since housing development affects the economy, culture, and social issues in addition to the environment. In the present study, a library method was used to collect the desired information and a descriptive method (case study) was used to achieve the final goal of the study, which is to propose a sustainable building with reduced energy consumption in the Saadat Abad area of Tehran using the building information modeling method. First, the necessary information was collected by reviewing various studies and the design work began based on these studies and the use of architectural design methods. Then, based on Iran's construction rules and regulations, and requirements, a basic plan was obtained and this plan was modeled in Revit Architectural software. Design Builder software was used to measure the degree of closeness to the principles of sustainability in architecture. Considering the dimension of time in the design causes the skylight and the terrace of the building can be converted into a greenhouse in cold seasons of the year. In hot seasons, the skylight has its original task and it naturally causes the ventilation of different parts of the building due to the suction. The terrace of the building has only the role of a semi-open space that casts a shadow on the related interior parts. Therefore, this method can be a suggestion for improving the quality of using natural energy, especially sunlight, in buildings to optimize fuel consumption. As a result, this method can be a proposal to improve the quality of using natural energy, especially sunlight in buildings to optimize fuel consumption.

Keywords: Energy consumption, Building information modeling, Sustainable development, Skylight, Terrace

[1]Department of Architecture, Shabestar branch, Islamic Azad University, Shabestar, Iran.
[2]Assistant Professor, Department of Architecture, Shabestar branch, Islamic Azad University, Shabestar, Iran. (Corresponding Author) Sh.shagagi@iaushab.ac.ir
[3]Department of Architecture, Shabestar branch, Islamic Azad University, Shabestar, Iran.