نشریه علمی (فصلنامه) «انرژی ایران»
دوره ۲۷، شماره۲، تابستان ۱۴۰۳، صفحه ۵۱-۶۶

ارائه یک مدل بهینه BMS با بهره‌گیری از شبیه‌ساز مصرف انرژی در شهر تهران

بهاره نجم[۱]، سمیرا قیاسی*[۲]، محمدرضا وفایی[۳]

۱. کارشناسی ارشد گروه مهندسی HSE، دانشکده فنی و مهندسی، واحد تهران مرکزی دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
ایمیل:najm.b72@gmail.com
۲. نویسنده مسئول، دانشیار گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده عمران و منابع زمین، واحد تهران مرکزی دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
ایمیل: Sghiasi92@gmail.com
۳. استادیار گروه مهندسی مکانیک، دانشکده فنی و مهندسی، واحد تهران غرب دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
ایمیل: Mohammadreza.vafaee@iau.ac.ir

تاریخ دریافت:
۱۴۰۳/۱۲/۱۵

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۴/۴/۲۶

کلمات کلیدی:
BMS
شیشه هوشمند
مصالح هوشمند
سیمان سیلیکافوم
شیشه هوشمند
الکتروکرومیک

چکیده

هدف پژوهش شناخت تأثیر سیستم BMS با بهره‌گیری از شبیه‌ساز مصرف انرژی در جهت افزایش راندمان انرژی ساختمان است. در این پژوهش روش تحقیق تجربی از نوع شبیه سازی با ا ستفاده از نرم‌افزار دیزاین بیلدر استفاده شد. در این راستا ابتدا ساختمانی سه طبقه به همراه یک طبقه زیرزمین در استان تهران منطقه فرودگاه مهرآباد در نرم‌افزار دیزاین بیلدر طراحی شد. سپس اتلاف انرژی از دیوارهای خارجی ساختمان بر ا ساس داده‌های پیش فرض نرم‌افزار برر سی گردید. نتایج نشان داد که با تغییراتی بر اساس طرح مورد نظر متشکل از پنج لایه از خارج به داخل سنگ تراوتن به ضخامت ۲۰ سانتی‌متر، سیمان سیلیکافوم به ضخامت ۲۰ سانتی‌متر، بلوک آجری به ضخامت ۱۰ سانتی‌متر، عایق پلی ا ستایرن به ضخامت ۸ سانتی‌متر، لایه گچی به ضخامت ۱/۳سانتی‌متر میزان اتلاف انرژی از دیوارها را تا میزان۳/۴۶- کیلووات کاهش داد. ضمناً استفاده از شیشه‌های هو شمند الکتروکرومیک میزان اتلاف انرژی را از ۸/۰۵- به ۴/۷۶- نسبت به شیشه‌های معمولی کاهش داد. لذا می‌توان گفت که با بهره‌گیری از مصالح هوشمند در ساختمان سه طبقه، میزان اتلاف انرژی در ساختمان مد نظر از ۲۳۳/۴۸ کیلووات در ساعت به ۸۱/۱۵ کیلووات در ساعت کاهش پیدا می‌کند.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-08-23]

۱. مقدمه

ایران از جمله کشورهای برخوردار از منابع متنوع انرژی در جهان به شمار می‌رود. این کشور نه تنها ذخایر گسترده‌ای از سوخت‌های فسیلی مانند نفت و گاز دارد، بلکه از ظرفیت بالایی در زمینه انرژی‌های تجدیدپذیر همچون باد، خورشید، زیست‌توده و زمین‌گرمایی نیز بهره‌مند است. توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر علاوه بر مزایای اقتصادی و اجتماعی، دستاوردهای مهمی از جمله حفظ منابع محدود سوخت‌های فسیلی و استفاده بهینه‌تر از آن‌ها را در بر دارد. همچنین، این رویکرد موجب کاهش آلودگی محیط زیست می‌شود. امروزه با افزایش روزافزون جمعیت جهان، محدودیت منابع انرژی و اثرات سوء زیست محیطی حاصل از مصرف بی‌رویه سوخت‌های فسیلی، جهانیان را متوجه استفاده از انواع انرژی‌های تجدیدپذیر کرده است. استفاده از روش‌های طراحی معماری و شهرسازی برای صرفه‌جویی در مصرف سوخت و انرژی در ساختمان از هر دیدگاه و منظری که به آن نگریسته شود، یک اصل و ضرورت مهم و اساسی چه در سطح ملی و چه در مقیاس بین‌المللی می‌باشد. در این راستا در سال‌های اخیر در دنیای شهرسازی و معماری اصلاح ساختمان‌های هوشمند باشد. ساختمان هوشمند به بنایی اطلاق می‌شود که دارای زیرساخت ارتباطی پیشرفته‌ای است و توانایی واکنش مداوم به شرایط متغیر محیطی و تطبیق با آن‌ها را دارد. ویژگی برجسته این نوع ساختمان‌ها، مدیریت کارآمد و صرفه‌جویی در مصرف انرژی است(Nekoei, 2017:3). لازم به ذکر است که در سالهای اخیر پژوهش‌هایی در خصوص قابلیت‌های به کارگیری سیستم‌های مدیریت هوشمند مصرف انرژی در زمینه کاهش میزان مصرف کل انرژی و همچنین آثار اقتصادی ناشی از بکارگیری این سیستم‌ها انجام شده است. با توجه به افزایش روزافزون مصرف انرژی و همچنین افزایش میزان بیشینه مصرف انرژی در فصول گرم و سرد سال به کارگیری ابزارهای هوشمند در جهت مدیریت و کاهش میزان مصرف انرژی به عنوان یک نیاز مبرم شناخته می‌شود که به کارگیری آن اثرات قابل توجهی بر کاهش میزان مصرف انرژی در زمان بیشینه مصرف و همچنین میزان مصرف کل انرژی خواهد داشت (Rostami & Heravi, 2019:4). در این راستا استفاده از ابزارهای هوشمندسازی به بهینه‌سازی مصرف انرژی کمک می‌نمایند. چرا که به طور کلی ابزارهای هوشمند بهینه‌سازی مصرف انرژی شامل سیستم‌های کنترل هوشمند روشنایی، تشخیص حضور، کنترل هوشمند، سیستم‌های سرمایش، گرمایش و تهویه مطبوع و همچنین انواع مختلف سنسور است که هدف اصلی آن کاهش و حذف مصارف انرژی در زمان‌های بدون کاربرد (غیر بهره‌ور) و همچنین بهبود راندمان عملکرد سیستم‌های مصرف کننده ساختمان می‌باشد (Aboukhadra, 2022:16). از این رو هدف پژوهش شناخت تاثیر سیستم BMS با بهره‌گیری از شبیه‌ساز مصرف انرژی در جهت افزایش راندمان انرژی ساختمان است و سوال اصلی این پژوهش این است که تاثیر بهره‌گیری از شبیه‌سازهای BMS در افزایش راندمان انرژی در ساختمان‌ها به چه میزان است؟

۲. پیشینه پژوهش

موجومدار و آگاروال[1](۲۰۲۴) در پژوهش خود با عنوان «ادغام سیستم‌های مدیریت ساختمان در سازه‌های مرتفع با استفاده از مدل‌سازی اطلاعات ساختمان» با استفاده از روش تحقیق تجربی و شبیه‌سازی به این نتیجه رسیدند که استفاده از سیستم BMS موجب بهبود عملکرد کنترل دسترسی و نظارت، ادغام آینده سیستم‌های اتوماسیون می‌گردد و انرژی مصرفی را تامیزان ۲۱٪ کاهش می‌دهد. بابائی و همکاران[2] (۲۰۲۳) در پژوهش خود با عنوان«بررسی تاثیر سیستم مدیریت ساختمان و عایق‌سازی در کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌های بلندمرتبه» با استفاده از روش شبیه‌سازی در نرم‌افزار اکوتک و نرم‌افزار Autodesk Revit به این نتیجه رسیدند که در رتبه‌بندی متغیرهای اصلی برای اولویت‌بندی، مهمترین فاکتورهای مورد بررسی به منظور اولویت‌بندی عوامل شامل سه اولویت ۱- اثربخشی اثربخشی تکنولوژیکی اجرای BMS۲- دانش نیروی انسانی BMS و ۳- اثربخشی فنی اجرای BMS می‌باشند. یارمحمودی و همکاران[3] (۲۰۲۳) در پژوهش خود با عنوان «طراحی الگوریتمیک نمای هوشمند ساختمان در جهت کنترل نور روز با الهام از الگوی حرکتی گل زنبق» با استفاده از روش ترکیبی و روش‌تحقیق شبیه‌سازی-مدلسازی در اقلیم شیراز به این نتیجه رسیدند که گلبرگ‌های گل زنبق با هندسه مثلث که در رأس از زاویه صفر تا زاویه ۴۵ درجه باز و بسته شده است، می‌تواند ۲۰٪ از میزان حرارت جذب شده توسط سطح بازشو و ۱۰٪ از ساعت تابش نور خورشید را کم نماید. ترتیبیان و حق‌پرست[4] (۲۰۲۱) در پژوهش خود با عنوان «بهینه‌سازی مصرف انرژی اینترنت اشیاء با استفاده از سیستم فازی در ساختمان هوشمند» با استفاده از روش شبیه‌سازی به این نتیجه رسیدند که به دلیل محدودیت باطری در گره‌های اینترنت اشیا، صرفه‌جویی در مصرف انرژی اولویت اصلی بوده و موجب افزایش طول عمر و کارایی این شبکه‌ها می‌شود. کریستینا گایتان و همکاران[5](۲۰۲۲) در

[1] Mujumdar & Agarwal
[2] Babaei et al
[3] Yarmahmoodi et al
[4] Tartibian & Haghparast
[5] Cristina Gaitan

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-08-23]

پژوهش خود با عنوان «یک سیستم بهینه‌سازی مصرف گرما بر اساس BMS» با استفاده از روش تحقیق شبیه‌سازی به این نتیجه رسیدند که استفاده از سیستم BMS مصرف انرژی در خوابگاه را برای گرمایش را تا ۱۳٪ و مصرف برق را تا ۳۲ ٪ کاهش داد. کاظمی پوران و همکاران[1] (۲۰۲۰) در پژوهش خود با عنوان «بررسی تاثیر سیستم مدیریت ساختمان و عایق‌سازی در کاهش مصرف انرژی با استفاده از تحلیل انرژی ساختمان‌های مسکونی» با استفاده از از فرآیند مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) و روش شبیه‌سازی به این نتیجه رسیدند که سیستم BMS موجب کاهش ۶۱/۳۴٪ مصرف انرژی نسبت به مدل پایه،می‌شود .داداشی‌راد[2](۲۰۲۰) در پژوهش خود باعنوان «مدل‌سازی و برنامه‌ریزی انرژی ساختمان‌های هوشمند در سیستم قدرت با در نظر گرفتن پاسخ تقاضا» با استفاده از روش شبیه‌سازی به این نتیجه رسیدند که استفاده از سیستم BMS تا میزان ۳۵٪ باعث کاهش مصرف انرژی می‌شود. کشفی و همکاران[3] (۲۰۲۰) در پژوهش خود با عنوان «سیستم چند عامله همکار فازی با سنسورهای مجازی برای مدیریت انرژی ساختمان در بخش سرمایشی» با استفاده از روش شبیه‌سازی به این نتیجه رسیدند که یک سیستم مدیریت ساختمان چند عامله همکار (CMA BMS) مجهز به کنترلرهای فازی و حسگرهای مجازی موجب کاهش بار سرمایشی ساختمان می‌شود. شاعری و وکیلی‌نژاد[4] (۲۰۱۹) در پژوهش خود با عنوان «تاثیر شیشه‌های هوشمند بر بهره خورشیدی و بار سرمایش در یک ساختمان اداری در اقلیم گرم و مرطوب بوشهر» با استفاده از روش تحقیق شبیه‌سازی در نرم‌افزار دیزاین بیلدر به این نتیجه رسیدند که استفاده از شیشه‌های SPD، گازوکرومیک، الکتروکرومیک و ترموکرومیک به ترتیب سبب کاهش ۴۸/۳٪، ۴۵/۸٪، ۳۴/۱٪ و ۱۷/۲۳٪ در بار سرمایش ساختمان می‌شود. با توجه به پیشینه مورد مطالعه مشخص گردید که تاکنون پژوهشی از باب ارائه یک مدل بهینه BMS با بهره‌گیری از شبیه‌ساز مصرف انرژی در شهر تهران (منطقه: فرودگاه مهرآباد)؛ انجام نشده است.

۳. مبانی نظری

۳-۱. سیستم مدیریت هوشمند ساختمان

با توجه به اهمیت صرفه‌جویی در انرژی، مدیریت انرژی به معنای فرآیند نظارت، کنترل و بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌ها یا سازمان‌ها است (Ismaili, 2015:13). در این زمینه، سیستم مدیریت هوشمند راهکاری جامع برای مدیریت انرژی در ساختمان ارائه می‌دهد. شبکه‌ی BMS به‌عنوان یک راهکار ترکیبی، نیازهای مدیریتی ساختمان را در کنار تأمین امنیت عملکرد و رفاه ساکنان پوشش می‌دهد(Aboukhadra, 2022:3). در حقیقت سیستم مدیریت ساختمان دارای نظارت و کنترل خودکار خدمات مانند نور، گرمایش، سرمایش و تهویه است و از عملکرد انرژی و رفاه پشتیبانی می‌کند. هدف BMS افزایش وضعیت، نظارت و کنترل ساختمان است. BMS اغلب این امکان را برای ساکنان فراهم می‌کند تا کارایی بیشتری داشته باشند. بر اساس تحقیقات انجمن آتلانتا و پروژه اشری، سرمایه‌گذاری در BMS می‌تواند بیش از ۱۴٪ از هزینه بهره‌وری سالانه را صرفه‌جویی کند و برای گرمایش و بهبود مهندسی شرایط آب و هوایی مفید است (Esmaili Torshabi & Ghorbanzadeh, 2017:169). هنگامی که یک ساختمان با BMS با یک ساختمان بدون BMS مقایسه می‌شود، ساختمان با BMS بهینه هزینه‌های انرژی را در محدوده ۱۵٪ تا ۲۰٪ ذخیره می‌کند (Yusefi et al, 2020: 21). برای نصب BMS پیشنهاداتی در دو حالت: ۱) چنانچه طرح خیلی پیچیده باشد و یا از سیستم HVAC استفاده شود. ۲) انرژی نهایی که به کمک BMS ذخیره می‌شود؛ ارائه شده است (Faryabi, 2015: 41). لازم به ذکر است که سیستم‌های BMS انواع مختلفی دارد که در جدول ۱ ارائه شده است:

جدول ۱. انواع سیستم‌های BMS در ساختمان (Faryabi, 2015:43)

ردیف	انواع سیستم	توضیحات
۱	سیستم با برنامه زمان‌بندی روزانه	این سیستم با استفاده از فهرست زمان‌بندی که به‌عنوان ورودی در اختیار آن قرار می‌گیرد و با کمک ساعت‌های الکترومکانیکی، در کاربردهای مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد.. به‌طور کلی، موارد استفاده از این نوع سیستم شامل روشنایی داخلی و خارجی ساختمان، کنترل حرارت محیط و تنظیم دمای داخلی، تهویه مطبوع هوا، کنترل فن‌های تهویه و مکنده‌های تخلیه، و تنظیم ترموستات‌های مستقیم و معکوس است.
۲	سیستم بهینه‌سازی دما بر اساس زمان	این نوع سیستم مسئول تأمین کنترل عملگرهای چندمنظوره و مدیریت پیشرفته دما است. در این سیستم‌ها، دمای هوای داخل و خارج به‌طور مداوم ثبت می‌شود و بر اساس تغییرات دما، زمان خاموش و روشن شدن سیستم تعیین می‌گردد. کاربرد اصلی این سیستم‌ها در سرمایش، گرمایش و تهویه مطبوع است. این سیستم‌ها با ذخیره‌سازی عملکرد، قادرند بهترین نتیجه را با کمترین هزینه مالی در زمینه صرفه‌جویی در انرژی ارائه دهند.

[1] Kazemi Pouran
[2] Dadashi-Rad
[3] Kashfi et al
[4] Shaeri & Vakilinezhad

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-08-23]

ردیف	انواع سیستم	توضیحات
۳	سیستم کنترل تقاضا	این نوع سیستم در واقع مشابه سیستم بهینه‌سازی زمان-دما است، با این تفاوت که با اتصال ساعت‌های کنترلی به سیستم، مصرف جریان برق را نیز مدیریت می‌کند. کاربردهای این سیستم شامل سیستم‌های حرارت مرکزی، تهویه مطبوع، موتور کمپرسورهای هوایی، سیستم‌های ضد حریق، دزدگیر، قفل مرکزی، و سیستم‌های هشدار آتش و اطفاء حریق خودکار است. همچنین، این سیستم با کاهش بارهای غیرضروری ساختمان، موجب کاهش قابل توجه مصرف برق و در نتیجه کاهش هزینه‌های برق مصرفی می‌شود.

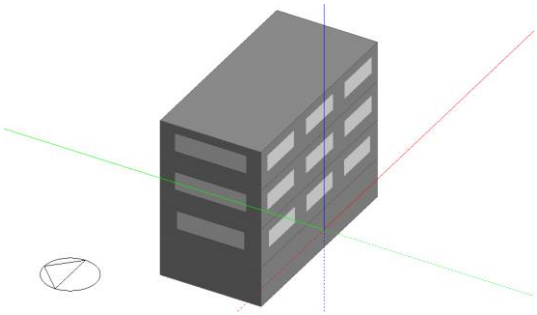
۲-۳. سیستم اتوماسیون ساختمان (BAS)

سیستم مدیریت هوشمند ساختمان با به کارگیری آخرین فرایندها درصدد آن است که شرایطی ایده‌آل همراه با مصرف بهینه انرژی در ساختمان‌ها پدید آورد. سیستم مدیریت ساختمان به سیستمی اطلاق می‌شود که در یک ساختمان نصب شده و از طریق اجزای خود کنترل قسمت‌های مختلف ساختمان و نمایش خروجی‌های مناسب را برای کاربر امکان‌پذیر می‌نماید. قسمت‌های مختلف تحت کنترل معمولاً شامل تاسیسات مکانیکی و سیستم تهویه مطبوع و تجهیزات روشنایی بوده که می‌تواند به سیستم‌های ایمنی، آتش‌نشانی، تنظیم دسترسی، تامین برق اضطراری و ... نیز تسریی یابد. به طور کلی هدف از استفاده از سیستم‌های BMS در یک ساختمان تطبیق شرایط کارکرد اجزای مختلف با توجه به شرایط محیطی و نیاز ساختمان در ان زمان است (Moradi, 2013: 33). این سیستم ضمن نظارت بر بخش‌های مختلف ساختمان و ایجاد شرایط محیطی مناسب با ارائه خدمات همزمان، سبب بهینه‌سازی مصرف انرژی، ارتقای سطح کارایی و بهره‌وری دستگاه‌ها و امکانات موجود در ساختمان می‌شود. بدیهی است با این کار سرمایه اولیه‌ای که صرف اجرای این سیستم شده است؛ از راه صرفه‌جوئی‌های حاصل از آن بازگشت خواهد داشت.

٤. روش‌شناسی

روش تحقیق پژوهش حاضر، روش تجربی از نوع شبیه‌سازی است. شیوه گردآوری اطلاعات در پژوهش به صورت مطالعات کتابخانه‌ای با ابزار فیش‌برداری از منابع مکتوب جهت رهیافت به مبانی نظری و معیارهای پژوهش است. روش تجزیه و تحلیل داده‌های پژوهش مبتنی بر محاسبه میزان حداکثر اتلاف انرژی در ساختمان BMS از نرم‌افزار دیزاین بیلدر استفاده شد. در این نرم‌افزار، بعد از انتخاب موقعیت جغرافیایی منطقه مورد نظر (شهر تهران) در قسمت layout، گزینه add block انتخاب شد و ساختمان مورد نظر طراحی گردید در activity حداقل و حداکثر دمای سرمایش و گرمایش بیان گردیدکه با تغییر دما حداقل نقطه بهینه دما در مصرف انرژی محاسبه شد. در opening پنجره‌های داخلی و خارجی را با داده‌های شیشه‌های هوشمند درج گردید construction داده‌های مصالح ساختمان دیوارهای خارجی و دیوارهای داخلی و سقف و کف مورد نظر را ثبت شد در lighting مقدار مصرف روشنایی و در HVAC نوع تهویه مطبوع مکانیکی و دستی و نوع سوخت سرمایشی و گرمایشی بیان گردید. در این پژوهش سوخت مصرفی سرمایش و گرمایش گاز طبیعی در نظر گرفته شد و در آخر با انتخاب Heating design،cooling design،simulation،cost and carbon خروجی‌های نرم‌افزار تحلیل گردید.

لازم به ذکر است که ابتدا یک ساختمان فرضی سه طبقه همراه با یک طبقه زیرزمین، داخل نرم‌افزار در کشور ایران، شهر تهران، منطقه فرودگاه مهرآباد ترسیم شد و تحلیل‌ها روی این مدل انجام گرفت(شکل ۱).



شکل ۱. نمای ساختمان شبیه‌سازی شده پژوهش در نرم‌افزار دیزاین بیلدر

معرفی نرم افزار دیزاین بیلدر

نرم افزار دیزاین بیلدر موجب دسترسی به رایج‌ترین توانایی و قابلیت‌های شبیه‌سازی مورد نیاز در ساختمان همچون فرم ساختمان، بافت پنجره، نوع مصالح، جرم حرارتی، انرژی‌های تجدیدپذیر، سایه اندازی، تهویه مطبوع و تجزیه و تحلیل هزینه و مصرف دی‌اکسید کرین

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-08-23]

می‌شود از موتور شبیه‌ساز انرژی پلاس استفاده می‌نماید. داده‌های به‌دست آمده از این نرم‌افزار به شکل دلخواه فیلتر می‌گردند و در حالت جدول و نمودار نمایش داده‌می‌شوند. از ویژگی‌های مهم این نرم‌افزار می‌توان به ارائه داده‌های عملکرد محیطی (همچون انتشار کربن، دمای آسایش حرارتی و مصرف انرژی در ساعاتی از روز، روزانه، ماهانه و سالانه)؛ گزارش دریافت میزان نور خورشید (سطوح، دمای سطح و تبادلات تابشی)؛ و در آخر دسترسی به طیف وسیعی از اطلاعات و نتایج برای استفاده از سیستم‌های هوشمند و ساختمان‌ها اشاره نمود(نوری‌وند و همکاران،۱۴۰۰:۱۱۹).

۱-٤. معرفی معیارهای مورد بررسی در شبیه‌سازی ساختمان در نرم‌افزار دیزاین بیلدر

در ابتدا ساختمان مد نظر مطابق شکل ۲ در نرم‌افزار دیزاین بیلدر شبیه‌سازی شد. مساحت کل ساختمان ۷۸۲/۷۶ مترمربع است به ازای هر متر مربع ۸۱/۱۵ کیلووات انرژی برای ساختمان مصرف می‌شود. در این شبیه‌سازی معیارهای ذیل مد نظر قرار گرفته شد. ۱) کنترل محیطی که دمای تنظیم سرمایش، گرمایش، کمترین هوای تازه مورد نیاز هر فرد و میزان روشنایی لازم، با فعالیت یا نوع استفاده از زون متناسب می‌باشد. ۲) Heating set point temperature: این دما بیانگر دمای ایده‌آل زون (یعنی دمای تنظیم ترموستات)، هنگامی که گرمایش مورد نیاز است (فصل سرما)، می‌باشد. دمای setpoint در اتاق‌ها ۲۱ درجه سانتیگراد و در سرویس‌هایی که سیستم گرمایش ندارند، ۱۵ درجه درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شده است. ۳) Heatingsetback setpoint temperature: متناسب با دمای هرزون که در منوی قبلی تعریف شده در این قسمت دمای setback محاسبه می‌شود. در این پژوهش، زون اتاق که دارای دمای setpoint به میزان ۲۱ درجه بوده است، دمای setback آن ۱۱درجه سانتی‌گراد تعریف شده است.۴) Cooling set point temperature: این دما در زمینه سرمایش صدق می‌کند. زون اتاق‌ها در دمای cooling setpoint ۲۷درجه سانتی‌گراد است. ۵)Cooling set back temperature : این دما در زمینه سرمایش صدق می‌کند. زون اتاق دارای دمایcooling set back، ۳۰ درجه سانتی‌گراد است. ۶) Natural ventilation cooling setpoint temperature: گزینه دمای داخل را توسط تهویه طبیعی کنترل می‌کند .۷) Mechanical ventilation cooling setpoint temperature: این گزینه در سیستم تهویه مطبوع ساده، موجب کنترل فعالیت تهویه مکانیکی می‌شود. اگر دمای درون بیش‌تر از دمای بیرون بوده و این گزینه روشن باشد، عمل می‌کند در سیستم تهویه مکانیکی فشرده عمل نمی‌کند. ۸) Minimum fresh air: کم‌ترین هوای تازه به ازای هر نفر، بیانگر هوای لازم هر نفر در زون می‌باشد. برحسب (l/s.person) (لیتر بر ثانیه نفر) و با تقسیم مقدار بر مساحت زون، میزان تهویه مکانیکی بر حسب مساحت به دست می‌آید. (l/s.m2). ۹) ضریب پوشش: میزان عایق بودن لباس با ضریب CLO بیان می‌شود. این ضریب به طور مفصل در ISO7730 توضیح داده شده است. در این پروژه از پیش فرض برنامه برای لباس‌های تابستانی و زمستانی استفاده شده است.۱۰) CLO Winter cloting: به میزان ۱. ۱۱) CLO Summer clothing به میزان ۰/۵. ۱۲) روشنایی: این مقدار در کتابچه راهنمای جامعه مهندسین امریکای شمالی یا از نرم‌افزارهای تبدیل کننده وات بر مترمربع به لوکس است. ۱۳) Default disply lighting density(W/M2): با این منو میزان روشنایی بر حسب وات به ازای هر متر مربع زون مورد نظر به نرم‌افزار جهت محاسبه داده می‌شود. روش محاسبه این عدد با استفاده از پلان برق ساختمان و جمع توان لامپ‌های موجود در زون سپس تقسیم بر مساحت آن زون می‌باشد، برای هر زون جداگانه محاسبه می‌شود. ۱۴) الگوی گرمایش/ سرمایش/ تهویه: در این پروژه دو نوع الگوی سیستم HVAC تعریف شده است: الف) db CAV/Hot water radiator heating, nat vent: به زون‌هایی اختصاص داده می‌شود که دارای سیستم سرمایش و گرمایش رادیاتوری، همراه با تهویه طبیعی هستند. ب) db CAV water radiator heating, nat vent : به زون‌هایی اختصاص داده می‌شود که دارای سیستم گرمایش رادیاتوری و تهویه طبیعی (فاقد سرمایش) هستند. ۱۵) تهویه مکانیکی، ۱۶) Total efficiency: در این قسمت میزان کارایی انرژی موتور فن وارد می‌شود. این عامل نسبت انرژی تحویل داده شده به فضا به انرژی الکتریکی وارد شده به موتور در حالت بیشترین مقدار جریان بوده و به درصد (٪) بیان می‌گردد. ۱۷) تهویه طبیعی: در صورتی که در ساختمان از تهویه طبیعی استفاده بشود، این گزینه فعال خواهد شد. با فعال شدن آن گزینه‌های زیر نیز فعال خواهند شد، در ساختمان از تهویه طبیعی استفاده می‌شود.

m3/s=ac/h×حجم زون/3600

Min fresh air (per person): بیشترین تهویه طبیعی با استفاده از حداقل هوای تازه موردنیاز (Minimum fresh air requirements) تعریف شده در تب Activity، محاسبه می‌شود، نرخ جریان هوا برحسب متر مکعب بر ثانیه بر اساس زیر محاسبه می‌گردد:

m3/s = Min FreshAir×تعداد افراد/۱۰۰۰

مساحت زون(مترمربع)×(مترمربع/تعداد افراد)تراکم افراد=تعداد افراد

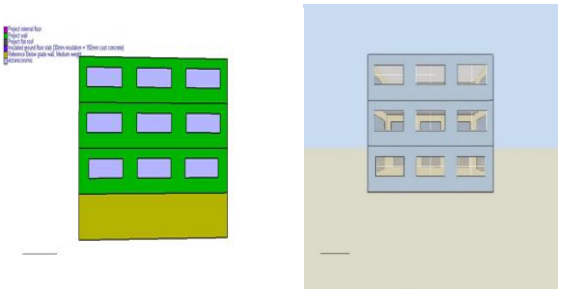
Min Fresh Airحداقل هوای تازه به ازای هر نفر (لیتر بر ثانیه بر نفر یا CFM).

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-08-23]

۲-٤. معیارهای کالبدی ساختمان شبیه‌سازی شده

۱) ساختار: دیوارهای خارجی منظور از دیوار خارجی، دیواری است که در مجاورت بیرون قرار دارد. در اقلیم سرد به صورت استاندارد، در این دیوار حداقل از یک لایه عایق می‌بایست استفاده بشود. به عنوان نمونه در الگوی ساختار دیوار خارجی ساختمان از سمت بیرون به درون از پنج لایه به ترتیب از سنگ آهک سخت به نام تراوتن به ضخامت ۰/۲ متر، خمیر سیمان سیلیکا فوم به ضخامت ۰/۲ متر، بلوک آجری به ضخامت ۰/۱ متر و یک لایه پلی استایرن به ضخامت ۰/۰۸ و در نهایت گچ به ضخامت ۰/۰۱۳ متر برای نرم‌افزار طراحی گردید. ۲) بام تخت؛ منظور ساختار پشت بام می‌باشد. در این پروژه ساختار ۴ لایه آسفالت به ضخامت ۰/۰۱ متر، پشم شیشه به ضخامت ۰/۱۴۵ متر، هوا به ضخامت ۰/۲ متر، تخته گچ به ضخامت ۰/۰۱۳ متر تشکیل شده است. ۳) دیوارهای داخلی: دیوارهای داخلی یا تیغه برای هرزون تعریف شده‌اند. به عنوان نمونه دیوار داخلی زون اتاق از دیوار داخلی از تخته گچ به ضخامت ۰/۰۲۵ متر و یک لایه هوا به ضخامت ۰/۱ متر و لایه بعدی از تخته گچ به ضخامت ۰/۰۲۵ متر تشکیل شده است. ۴) کف‌ها: همکف: کف بین فضای داخل و زمین از ۴ لایه فوم عایق اوره فرمالدهید به ضخامت ۰/۱۳۳ متر و بتن ریخته‌گری به ضخامت ۰/۱ متر و کف‌سازی سقف به ضخامت ۰/۰۷ متر و کفپوش چوبی به ضخامت ۰/۰۳ متر استفاده شده است. ۵) پنجره‌های بیرونی: میزان شیشه با استفاده از اطلاعات ارتفاع پنجره و درصد شیشه ساخته شده است. نسبت پنجره به شیشه که با تقسیم مساحت پنجره به دیوار برحسب درصد بیان می‌شود (با توجه به پلان نمای ساختمان). ارتفاع پنجره برحسب متر طول است و فاصله مرکز به مرکز پنچره‌ها برحسب متر طول تعریف می‌شود. فاصله کف اتاق تا پایین پنجره است. ۶) سایبان محلی: در پروژه ساختمان گزینهlocal shading، خاموش می‌باشد. چرا که سایه‌اندازی محلی در این ساختمان وجود ندارد. ۷) پنجره سقفی/ نورگیر سقفی: در ساختمان چنین پنجره‌هایی وجود ندارد. ۸) درب‌ها: در این قسمت با فعال کردن گزینه Auto generate، و دادن مقدار عددی ارتفاع و عرض درها، درهای خارجی که پیش از این تعریف شده بود و به صورت اتوماتیک تعبیه می‌شوند. اما به دلیل آن که تمامی جزییات در پلان ۳ بعدی شکل ترسیم شده است، این گزینه غیرفعال باقی می‌ماند. جنس پنجره‌های داخلی و خارجی در این پروژه از شیشه‌های هوشمند الکترومیک استفاده شده است با استفاده از داده‌های ضریب انتقال تابشی نور خورشید و ضریب انتقال حرارت نور مرئی و مقدار ضریب هدایت حرارتی شیشه‌های هوشمند برای این ساختمان شیشه‌های الکتروکرومیک با استفاده از نرم‌افزار دیزاین بیلدر مورد مطالعه قرار گرفت.

	Area [m2]
Total Building Area	782.76
Net Conditioned Building Area	782.76
Unconditioned Building Area	0.00



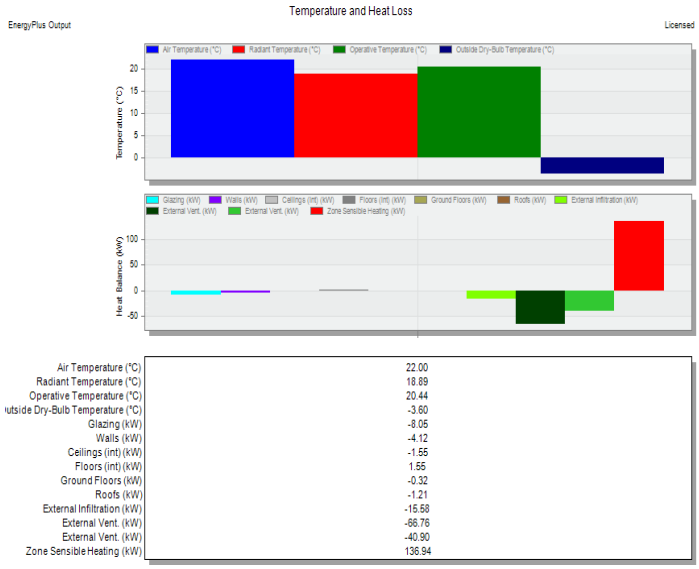
شکل ۲. نمای سه بعدی ساختمان و مساحت کلی آن در نرم‌افزار دیزاین بیلدر

۵. یافته‌ها

بر اساس جدول طراحی سرمایش برای فصل تابستان در گرم‌ترین روز سال (۱۵ مرداد) در ابتدا خروجی داده‌هایی که به صورت پیش‌فرض در نرم‌افزار وجود دارد به ترتیب حداکثر دمای خروجی هوا ۳۱,۳۴ درجه سانتی‌گراد، حداکثر دمای تابشی ۳۱ درجه سانتی‌گراد، حداکثر دمای اسایش ۳۰,۸۵ درجه سانتی‌گراد، حداکثر دمای خشک بیرون ۳۸,۷۰ درجه سانتی‌گراد، حداکثر مصرف انرژی به ترتیب در شیشه‌ها ۵,۶۷ کیلووات در ساعت ۱۴، در دیوارخارجی ۶,۳۱ کیلووات در ساعت ۶ صبح، سقف ۶,۵۴ کیلووات در ساعت ۱۹، کف ۶,۲۵ کیلووات در ساعت ۱۹، کف طبقه همکف ۰,۳ کیلووات در ساعت ۶ صبح، پشت‌بام ۲,۵۹ کیلووات در ساعت ۱۹، میزان هدررفت ناشی از نشت هوا ۷,۷۳ کیلووات در ساعت ۱۴و ۱۵، تهویه بیرونی ۴۷,۰۶ کیلووات در ساعت ۱۶، روشنایی عمومی ۱۹,۵۷ کیلووات، کامپیوتر و سایر تجهیزات ۹,۲۱ کیلووات، سکونت افراد ۵,۹۵ کیلووات، گرمایش خورشیدی به دست آمده توسط پنجره‌های درونی و بیرونی۲۱,۱۳ کیلووات در ساعت ۱۶، مجموع زون‌های بار سرمایش۸۳,۳۶- کیلووات در ساعت ۱۶، بار سرمایش۱۱۰/۷- کیلووات در ساعت ۱۶، کل بار سرمایش ۱۱۰/۷- کیلووات، میزان رطوبت نسبی ۳۶/۳۹ درصد در ساعت ۱۵، نرخ تهویه هوا برحسب ساعت (ac/h)۴/۹۲ می‌باشد. هنگامی که داده‌های نرم‌افزار بر اساس طرح مورد نظر تغییر یافت بر اساس جدول شماره ۳-۴ حداکثر دمای خروجی هوا ۴۲,۵۴ درجه سانتی‌گراد، حداکثر دمای تابشی ۴۲,۰۹ درجه سانتی‌گراد، حداکثر دمای آسایش ۴۲,۲۳ درجه سانتی‌گراد، حداکثر دمای خشک بیرون ۳۸,۷۰ درجه سانتی‌گراد، حداکثر مصرف انرژی به

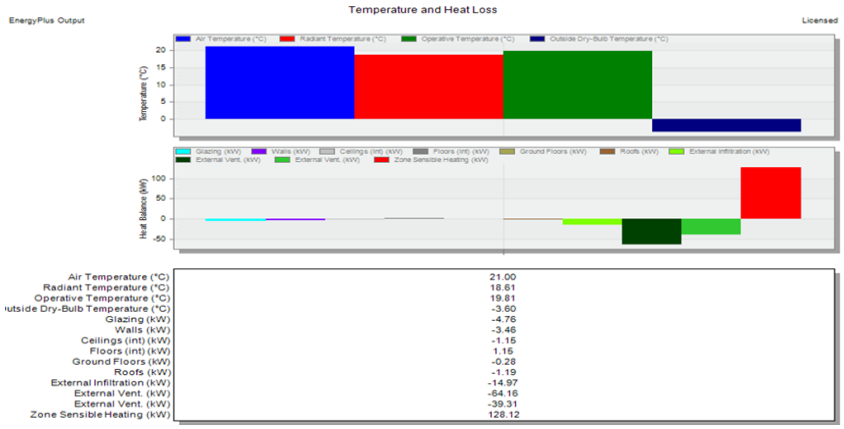
[Downloaded from necjournals.ir on 2026-08-23]

ترتیب در شیشه‌ها ۲,۴۱ کیلووات در ساعت ۱۶، در دیوار خارجی ۴,۶۴- کیلووات در ساعت ۱۹، سقف ۵,۷۷ کیلووات در ساعت ۲۳، کف ۳ کیلووات در ساعت ۵ صبح، کف طبقه همکف ۲,۱۳- کیلووات در ساعت ۱۹، پشت بام ۱/۳۴ در ساعت ۱۵، میزان هدررفت ناشی از نشت هوا ۵/۳۰- کیلووات در ساعت ۴ صبح، تهویه بیرونی -۱۳/۷۰ کیلووات در ساعت ۱۰ صبح، روشنایی عمومی ۱۷/۸۱ کیلووات در ساعت ۱۹، کامپیوتر و سایر تجهیزات ۹/۲۱ کیلووات، گرمایش خورشیدی به دست آمده توسط پنجره‌های درونی و بیرونی ۸/۲۸ کیلووات در ساعت ۸ صبح، میزان رطوبت نسبی ۱۶/۹۷ درصد در ساعت ۱۰ صبح، میزان نرخ تهویه هوا در ساعت (ac/h)۵/۷۷ در ساعت ده صبح گردید و مقدار مصرف انرژی داده‌ها کاهش پیدا کرد. اتلاف انرژی از دیوارهای ساختمان ۴/۱۲- کیلووات، اتلاف انرژی از شیشه‌ها ۸/۰۵- کیلووات در ساعت، اتلاف انرژی از سقف ۱/۵۵- کیلووات، اتلاف انرژی از بام تخت ۱/۲۱-کیلووات، گرمایش منطقه‌ای زون ۱۳۶/۹۴ کیلووات می‌باشد.



نمودار ۱. خروجی داده‌های اولیه ساختمان در دیزاین بیلدر برای طراحی گرمایش درفصل زمستان

مطابق با نمودار ۲ می‌توان اذعان نمود که داده‌های خروجی ساختمان بعد از اعمال تغییرات نشان داد که اتلاف انرژی از شیشه‌ها ۴/۷۶- کیلووات، اتلاف انرژی از دیوارها به ۳/۴۶- کیلووات، اتلاف انرژی از سقف -۱/۱۵ کیلووات، اتلاف انرژی از بام تخت به ۱/۱۹ - کیلووات، گرمایش منطقه‌ای زون به ۱۲۸/۱۲ کیلووات رسیده است با اعمال تغییرات تمام داده‌های خروجی نمودار مقدار انرژی اتلاف شده داده‌ها کاهش پیدا کرده است. در ادامه با توجه به ساختمان شبیه‌سازی شده، می‌بایست اذعان نمود که در این ساختمان، به ازای هر مترمربع با متریال نرمال مصرف انرژی به میزان ۲۳۳,۴۸ کیلووات در ساعت می‌باشد و با بهره‌گیری از متریال[1] TSAPGEL مصرف انرژی به ۸۱/۱۵ کیلووات در ساعت کاهش پیدا کرده است (جدول ۲).



نمودار ۲. خروجی داده‌ها بعد از اعمال تغییرات در دیزاین بیلدر برای طراحی گرمایش در فصل زمستان

۱. سنگ تراوتن،سیمان سیلیکافوم، بلوک اجری، عایق پلی استایرن، لایه گچی، شیشه هوشمند الکتروکرومیک

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-08-23]

جدول ۲. مقدار مصرف انرژی ساختمان به ازای هر مترمربع مساحت بعد از اعمال تغییرات

	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m2]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m2]
Total Site Energy	63522.08	81.15	81.15
Net Site Energy	63522.08	81.15	81.15
Total Source Energy	202523.58	258.73	258.73
Net Source Energy	202523.58	258.73	258.73

جدول ۳. مقدار مصرف انرژی ساختمان به ازای هر مترمربع مساحت با داده‌های پیش‌فرض نرم‌افزار

	Electricity Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]	Water Intensity [m3/m2]
Lighting	78.30	0.00	0.00	0.00
HVAC	0.00	108.28	3.56	0.05
Other	43.34	0.00	0.00	0.00
Total	121.64	108.28	3.56	0.05

جدول ۴. میزان مصرف الکتریسیته ساختمان با داده‌های پیش‌فرض نرم‌افزار

	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m2]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m2]
Total Site Energy	182762.53	233.48	233.48
Net Site Energy	182762.53	233.48	233.48
Total Source Energy	401096.12	512.41	512.41
Net Source Energy	401096.12	512.41	512.41

جدول ۵. میزان مصرف الکتریسیته ساختمان بعداز اعمال تغییرات داده‌ها

	Electricity Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]	Water Intensity [m3/m2]
Lighting	33.95	0.00	0.00
HVAC	0.00	3.86	0.05
Other	43.34	0.00	0.00
Total	77.29	3.86	0.05

مطابق جداول ۴ و ۵ مقدار کل شدت جریان الکتریسته در سیستم روشنایی افزار به ازای هر متر مربع ساختمان با متریال نرمال ۱۲۱/۶۴ کیلووات در ساعت می‌باشد و با بکارگیری متریال LFL[1] کل شدت جریان الکتریسیته به ۷۷/۲۹ کیلووات در ساعت کاهش می‌یابد. در ادامه روند شبیه‌سازی ساختمان در نرم‌افزار دیزاین بیلدر، به بررسی حداکثر اتلاف انرژی مبتنی بر میزان مصرف انرژی الکتریسته اتاق‌ها، میزان روشنایی، حداکثر مصرف گاز گرمایشی، الکتریسیته سرمایش، DHW(Gas)، دمای خروجی هوا، دمای تابشی، دمای آسایش، دمای خشک بیرون بیان شد و سپس میزان حداکثری اتلاف انرژی در شیشه‌ها، دیوار خارجی، سقف، کف، کف طبقه همکف، پشت بام، هدررفت ناشی از نشت هوا، تهویه بیرونی، روشنایی عمومی، کامپیوتر و سایر تجهیزات، سکونت افراد، گرمایش خورشیدی به دست آمده توسط پنجره‌های درونی و بیرونی، بار گرمایش، بارسرمایش، میزان رطوبت نسبی و نرخ تهویه هوا برحسب ساعت محاسبه گردید. مطابق با جدول ۶ مشخص گردید که حداکثر اتلاف انرژی وابسته به بار سرمایش به میزان ۱۰۵۵/۷۵- کیلووات در ساعت ۲۲ جولای (۳۱ تیر) است و بعد از آن الکتریسیته سرمایش با میزان ۶۳۷,۹۰ کیلووات در ساعت ۲۲ جولای (۳۱ تیر)، روشنایی عمومی به میزان اتلاف انرژی ۲۳۴,۸۳ کیلووات در ساعت، گرمایش خورشیدی به دست آمده توسط پنجره‌های درونی و بیرونی با میزان اتلاف انرژی ۲۳۷/۵ کیلووات در ساعت ۱۹ سپتامبر (۲۸ شهریور)، میزان روشنایی با اتلاف انرژی ۲۳۴,۸۳کیلووات در ساعت، میزان مصرف انرژی الکتریسته اتاق‌ها و کامپیوتر و سایر تجهیزات با میزان ۱۲۵,۲۴ کیلوات در ساعت بالاترین میزان اتلاف انرژی را دارند. این در حالی است که دیگر عوامل همچون سقف و دیوارهای خارجی موجب بالاترین اتلاف انرژی شده‌اند. همانطور که در این جدول مشخص است، میزان حداکثری اتلاف انرژی در سقف ۱۶۵,۳۶ کیلووات در ساعت ۵ اگوست (۱۴ مرداد)، و دیوارهای خارجی، ۱۲۷/۷۸ کیلوات در ساعت ۲۲ جولای (۳۱ تیر) است. تهویه بیرونی نیز موجب ۶۲/۵۴- کیلووات در ساعت ۲۲ ژانویه (۲ بهمن) هدررفت انرژی و شیشه‌های نیز موجب اتلاف انرژی به میزان ۶۱,۲۲ کیلووات در ساعت ۱۹ جولای (۲۸ تیر) شده است. همچنین سکونت افراد نیز باعث هدررفت انرژی به میزان ۵۷/۴۴ کیلووات در ساعت گشته است. دیگر عوامل

۱. لامپ فلورسنت

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-08-23]

مطرح شده نیز مابین ۵ تا ۴۴/۱۳ کیلووات در ساعت موجب اتلاف حداکثری انرژی در ساختمان شبیه‌سازی شده گشته‌اند. اما کمترین اتلاف انرژی از طریق هدررفت ناشی از نشت هوا به میزان ۵/۱۷ - کیلووات در ساعت ۲۳ ژوئن (۲ تیر) صورت گرفته است.

جدول ۶. خروجی نرم‌افزار (شبیه‌سازی حداکثر مصرف انرژی ساختمان در ماه‌های مختلف سال) با داده‌های پیش‌فرض نرم‌افزار

حداکثر اتلاف انرژی	
میزان مصرف انرژی الکتریسته اتاق‌ها	۱۲۵/۲۴ کیلوات در ساعت
میزان روشنایی	۲۳۴/۸۳کیلووات در ساعت
حداکثر مصرف گاز گرمایشی	۲۶/۲۳کیلووات درساعت ۱۴ژانویه (۲۴دی)
الکتریسیته سرمایش	۶۳۷/۹۰کیلووات درساعت ۲۲جولای(۳۱ تیر)
DHW(Gas)	۱۳/۳۳کیلووات درساعت
دمای خروجی هوا	۳۷/۹۴درجه سانتی گراد در ۲۱ جولای(۳۰ تیر)
دمای تابشی	۳۸/۰۲۷درجه سانتی گراد در ۲۱ جولای(۳۰ تیر)
دمای آسایش	۳۷/۹۸درجه سانتی گراد در ۲۱ جولای(۳۰ تیر)
دمای خشک بیرون	۳۵/۳۲درجه سانتی گراددر ۲۰ جولای(۲۹ تیر)
شیشه‌ها	۶۱/۲۲کیلووات درساعت ۱۹جولای (۲۸ تیر)
دیوار خارجی	۱۲۷/۷۸کیلوات درساعت ۲۲جولای(۳۱ تیر)
سقف	۱۶۵/۳۶کیلووات در ساعت ۵ اگوست(۱۴ مرداد)
کف	۴۰/۲۷کیلووات درساعت ۲۲جولای(۳۱ تیر)
کف طبقه همکف	۴۴/۱۳-کیلووات در ساعت ۲۱ جولای(۳۰ تیر)
پشت بام	۲۴/۴۰کیلووات در ساعت ۵ اگوست(۱۴ مرداد)
هدررفت ناشی از نشت هوا	۵/۱۷ -کیلووات در ساعت ۲۳ ژوئن(۲ تیر)
تهویه بیرونی	۶۲/۵۴-کیلووات درساعت ۲۲ژانویه (۲ بهمن)
روشنایی عمومی	۲۳۴/۸۳کیلووات درساعت
کامپیوتر و سایر تجهیزات	۱۲۵/۲۴کیلووات در ساعت
سکونت افراد	۵۷/۴۴کیلووات درساعت
گرمایش خورشیدی به دست امده توسط پنجره‌های درونی و بیرونی	۲۳۷/۵کیلووات در ساعت ۱۹سپتامبر (۲۸ شهریور)
بار گرمایش	۱۹/۰۷ کیلووات در ساعت ۱۴ ژانویه (۲۴ دی)
بارسرمایش	۱۰۵۵/۷۵- کیلووات در ساعت ۲۲ جولای (۳۱ تیر)
میزان رطوبت نسبی	۵/۱۶-درصد در ساعت ۲۳ژوئن (۲ تیر)
نرخ تهویه هوا برحسب ساعت	۷/۰۶۷ ac/h، ۶می (۱۶ اردیبهشت)

در ادامه روند شبیه‌سازی انجام شده، پیش‌فرض‌های مد نظر، وارد نرم‌افزار شد و مجدداً میزان حداکثر اتلاف انرژی شبیه‌سازی و محاسبه گردید. همانطور که در جدول ۶ مشخص است، میزان مصرف انرژی الکتریسته اتاق‌ها، دمای خشک بیرون، DHW(Gas)، کامپیوتر و تجهیزات، تغییری پیدا نکرد. اما میزان روشنایی، تقریباً به نصف کاهش پیدا نمود. این در حالی است که حداکثر مصرف گاز گرمایشی تقریباً دو برابر شد. دمای خروجی هوا به میزان ۶/۹۳ درجه و دمای آسایش نیز به میزان ۶/۴۶ درجه سانتیگراد، افزایش یافت. این در حالی است که حداکثر اتلاف حرارتی در شیشه‌ها به میزان ۵۱/۴۹ کیلووات در ساعت در ۲ اردیبهشت کاهش پیدا نمود. این میزان در دیوارهای خارجی نیز با میزان ۲/۹ کیلووات ساعت در ۱۹ مهر با کاهش روبرو بود. در سقف نیز در ۳۰ تیر، با اعمال پیش‌فرض‌ها میزان حداکثر اتلاف حرارتی با کاهش ۵۰/۴۲ کیلووات ساعت مواجه شد. اما حداکثر اتلاف حرارتی در سقف با اعمال پیش‌فرض با افزایش ۸۰/۶۹ کیلووات در ساعت در ۳۰ فروردین، در کف طبقه همکف با افزایش ۶- کیلووات در ساعت در ۱۵ آبان، در پشت بام با کاهش اتلاف ۵۰ درصدی، در هدررفت ناشی از نشت هوا با افزایش ۱/۱۹ کیلووات در ساعت در ۱۷ آبان ماه، در تهویه بیرونی با افزایش ۳۲۶/۶۶ کیلووات در ساعت در ۹ اردیبشهت ماه، در روشنایی عمومی با افزایش ۱۱۸/۰۳ کیلووات در ساعت، در گرمایش خورشیدی به دست آمده توسط پنجره‌های درونی و بیرونی با کاهش به میزان ۱۱۳/۶ کیلووات در ساعت در ۲۸ شهریورماه، در میزان بار گرمایش با افزایش ۱۰/۴ کیلووات در ساعت در ۸ مهر ماه، در میزان بار

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-08-23]

سرمایش ۷۲۰/۰۵ کیلووات در ساعت در ۳۱ تیر ماه با کاهش روبرو است. در میزان رطوبت نسبی ۱/۲ درصد در ۱۷ آبان حداکثر اتلاف حرارتی، افزایش و در نرخ تهویه هوا برحسب ساعت میزان ۱/۸۸ac/h کاهش مشاهده می‌شود (جدول ۷).

جدول ۷. خروجی نرم‌افزار (شبیه‌سازی حداکثر مصرف سالیانه انرژی ساختمان در ماه‌های مختلف سال) بعداز اعمال تغییرات داده‌ها

حداکثر اتلاف انرژی	
میزان مصرف انرژی الکتریسته اتاق‌ها	۱۲۵/۲۴ کیلوات در ساعت ۱۶ اوریل (۲۷ فروردین)
میزان روشنایی	۱۱۶/۸۰کیلووات در ساعت ۶ دسامبر(۱۵ اذر)
حداکثر مصرف گاز گرمایشی	۵۰/۵۸کیلووات درساعت ۱۴ژانویه (۲۴ دی)
DHW(Gas)	۱۳/۳۳کیلووات در ساعت
دمای خروجی هوا	۴۴/۸۷درجه سانتی گراد در۱۱ اکتبر(۱۹ مهر)
دمای تابشی	۴۴/۰۱درجه سانتی گراد در ۱۱اکتبر(۱۹ مهر)
دمای آسایش	۴۴/۴۴درجه سانتی گراد در ۱۱اکتبر (۱۹ مهر)
دمای خشک بیرون	۳۵/۳۲درجه سانتی گراددر ۲۰ جولای(۲۹ تیر)
شیشه‌ها	۹/۷۳کیلووات درساعت ۲۲اوریل (۲ اردیبهشت)
دیوار خارجی	۱۲۴/۸۸-کیلوات درساعت ۱۱اکتبر(۱۹ مهر)
سقف	۱۱۴/۹۴کیلووات در ساعت ۲۱ جولای(۳۰ تیر)
کف	۱۲۰/۹۶کیلووات درساعت ۲۹ اوریل(۳۰ فروردین)
کف طبقه همکف	۵۰/۱۳-کیلووات در ساعت ۶ نوامبر (۱۵ ابان)
پشت بام	۲۷/۹۵-کیلووات در ساعت ۱۵نوامبر((۲۴ ابان)
هدررفت ناشی از نشت هوا	۶/۳۶-کیلووات در ساعت ۸ نوامبر(۱۷ ابان)
تهویه بیرونی	۳۸۹/۲-کیلووات درساعت ۲۹ اوریل(۹ اردیبهشت)
روشنایی عمومی	۱۱۶/۸کیلووات درساعت
کامپیوتر و سایر تجهیزات	۱۲۵/۲۴کیلووات در ساعت
سکونت افراد	۶۲/۴کیلووات درساعت ۱۴ژانویه(۲۴ دی)
گرمایش خورشیدی به دست آمده توسط پنجره‌های درونی و بیرونی	۱۲۳/۹کیلووات در ساعت ۱۸ سپتامبر (۲۷ شهریور)
بار گرمایش	۲۹/۴۷کیلووات در ساعت ۳۰ سپتامبر (۸ مهر)
بارسرمایش	۳۳۵/۷- کیلوات در ساعت ۱ مارس(۱۰ اسفند)
میزان رطوبت نسبی	۶/۳۶-درصد در ساعت ۸نوامبر(۱۷ ابان)
نرخ تهویه هوا برحسب ساعت	۲ ۵/۷۹ ac/h می(۱۲ اردیبهشت)

۶. نتیجه‌گیری

استفاده از مصالح هوشمند در ساختمان‌ها باعث کاهش اتلاف انرژی می‌شود و در نهایت هزینه‌های مصرف انرژی ساختمان را کاهش می‌دهد با بهره‌گیری از موادی که دارای مقاومت حرارتی مساوی یا بیشتر از ۰/۵ وات بر مترمربع کلوین و ضریب هدایت حرارتی کمتر یا مساوی ۰/۰۶۵ وات بر مترمربع کلوین باشند؛ به عنوان عایق حرارتی محسوب می‌شوند؛ در راندمان مصرف انرژی تاثیر می‌گذارند و بار حرارتی ساختمان را کاهش می‌دهند. بیشترین اتلاف حرارتی در سقف‌ها و دیوارها ایجاد می‌شود و می‌توان با پوشش عایق دیوارها و سقف‌ها میزان انرژی مصرفی به حداقل کاهش داد. امروزه متریال‌های جدیدی به بازار عرضه شده است که این متریال‌ها از یک طرف سبک هستند و از طرف دیگر دارای عایق حرارتی مناسب می‌باشند و اتصال این دیواره‌ها به اسکلت به وسیله پیچ و مهره و یا جوش انجام می‌شود؛ بنابراین در مقابل زلزله مقاوم هستند؛ لذا استفاده از این دیوارها توصیه می‌شود. شبیه‌سازی ساختمان مبتنی بر معیارهای مشخص شده در این پژوهش نشان داد که به طور کلی با بکارگیری از مصالح هوشمند، میزان اتلاف انرژی در ساختمان مد نظر از ۲۳۳/۴۸ کیلووات در ساعت به ۸۱/۱۵ کیلووات در ساعت کاهش پیدا می‌کند (جدول ۸).

جدول ۸. خروجی داده‌های نرم‌افزار دیزاین بیلدر

مقدار اتلاف انرژی برحسب کیلووات در ساعت	
شیشه‌های معمولی	۸/۰۵-
شیشه‌های هوشمند الکتروکرومیک	۴/۷۶-

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-08-23]

مقدار اتلاف انرژی برحسب کیلووات در ساعت	
خمیر سیمان معمولی	-۳/۷۸
خمیر سیمان سیلیکافوم	- ۳/۵۲
سنگ گرانیت	-۳/۴۸
سنگ تراوتن	-۳/۴۶

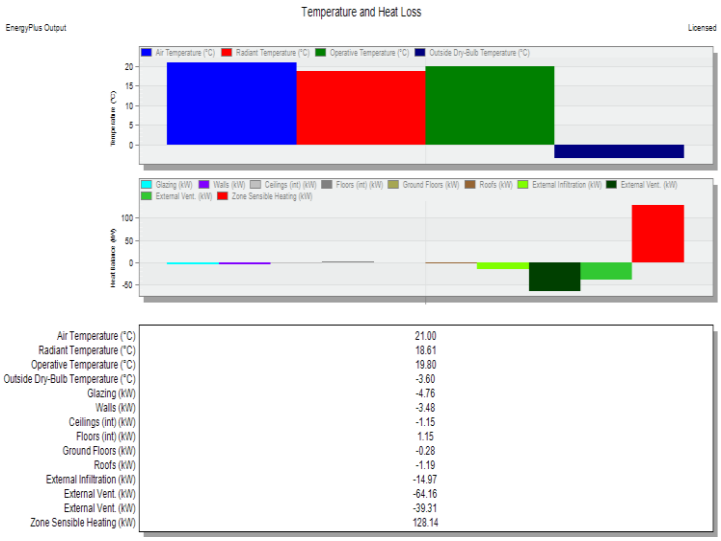
به طور کلی نتایج نشان داد که با استفاده از دمای حداقل و حداکثر گرمایش ۱۲ و ۲۲ درجه سانتی‌گراد، حداقل و حداکثر دمای سرمایش ۲۴و۲۸ درجه سانتی‌گراد که به صورت پیش‌فرض در نرم‌افزار وجود داشت، میزان اتلاف بار سرمایش و گرمایش ساختمان ۱۳۶/۹۴ کیلووات بود با تغییر حداقل و حداکثر دمای گرمایش به ۱۱ و ۲۱ درجه سانتی‌گراد و حداقل و حداکثر دمای سرمایش به ۲۷ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد، با کاهش دمای گرمایش و افزایش دمای سرمایش میزان اتلاف انرژی بار سرمایش و گرمایش به ۱۲۸/۱۲ کیلووات رسید و هدررفت بار حرارتی انرژی ساختمان کاهش پیداکرد. همچنین نتایج نشان داد که اگر تعداد لایه‌های دیوار خارجی را افزایش داده و از خمیر سیمان سیلیکافوم به جای خمیر سیمان معمولی و از سنگ تراوتن به جای سنگ گرانیت، از شیشه‌های هوشمند الکتروکرومیک به جای شیشه‌های معمولی استفاده گردد و با کاهش دمای گرمایش و افزایش دمای سرمایش در نرم‌افزار میزان اتلاف و هدررفت بار حرارتی انرژی ساختمان را کاهش داد. همچنین استفاده مصالح هوشمندی که دارای مقاومت حرارتی مساوی یا بیش‌تر از ۰/۵ وات برمترمربع کلوین دارای ضریب هدایت حرارتی کمتر یا مساوی ۰/۰۶۵ وات برمتر مربع کلوین باشد به عنوان عایق حرارتی محسوب می‌شوند میزان انتشار کربن دی اکسید ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی را کاهش داد.

در این تحقیق دیواره‌های خارجی ساختمان به جای چهار لایه از پنج لایه استفاده شد که افزایش لایه‌ها در اتلاف کمتر انرژی موثر بود از سیمان سیلیکافوم به جای خمیر سیمان معمولی استفاده شد که این سیمان دارای مقاومت حرارتی بالاتری نسبت به سیمان معمولی است که در استحکام ساختمان و اتلاف انرژی ساختمان موثر بود. ضمن آنکه از پنجره‌های هوشمند الکتروکرومیک در این پژوهش استفاده گردید که در کاهش اتلاف انرژی ساختمان تاثیر زیادی داشت. لازم به ذکر است که در این ساختمان از سنگ نمای بیرونی تراوتن که خود عایق حرارتی و صوتی می‌باشد و قادر به چسبندگی به ملات سیمانی می‌باشد، استفاده شده است.

با توجه به یافته‌های پژوهش می‌توان گفت که استفاده از مصالح هوشمند و مواد نانو تکنولوژی در ساختمان در کاهش اتلاف انژی تاثیر زیادی دارند با به کارگیری از سوخت‌های تجدیدپذیر به جای سوخت تجدیدناپذیر (سوخت‌های فسیلی) همراه با مصالح هوشمند در ساختمان می‌توان از اتلاف انرژی در ساختمان به حد زیادی جلوگیری کرد.

روش‌های کاهش مصرف انرژی در ساختمان بصورت عمومی و قابل استفاده برای ساختمانهای دیگر در شهر تهران به شرح ذیل است:

۱. هنگامی که ازسنگ گرانیت به جای سنگ تراوتن در بیرونی‌ترین لایه ی دیوار خارجی استفاده شود، میزان اتلاف انرژی آن بیشتر از سنگ تراوتن است که مطابق با داده‌های نرم‌افزار دیزاین بیلدر، زیر میزان هدررفت انرژی از دیوارها هنگام استفاده ازسنگ گرانیت ۳,۴۸ -کیلووات بیان گردیده است(نمودار۳).



نمودار ۳. اتلاف انرژی از دیوارها هنگام استفاده از سنگ گرانیت

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-08-23]

۲. استفاده از دمای حداقل و حداکثر گرمایش ۱۲و۲۲ درجه سانتی گراد،حداقل و حداکثر دمای سرمایش ۲۴و۲۸ درجه سانتی گراد، میزان اتلاف بارسرمایش و گرمایش ساختمان ۱۳۶,۹۴ کیلووات مطابق با داده‌های نرم‌افزار دیزاین بیلدر است که با تغییر حداقل و حداکثر دمای گرمایش به ۱۱و۲۱درجه سانتی گراد و حداقل وحداکثر دمای سرمایش به ۲۷و۳۰ درجه سانتی گراد، باکاهش دمای گرمایش و افزایش دمای سرمایش میزان اتلاف انرژی بارسرمایش و گرمایش به ۱۲۸,۱۲ کیلووات می‌رسد و هدررفت بار حرارتی انرژی ساختمان کاهش پیدا می‌کند.
۳. در الگوی ساختار دیوار خارجی ساختمان از سمت بیرون به درون از پنج لایه به ترتیب از سنگ آهک سخت به نام تراوتن به ضخامت ۰/۲ متر، خمیر سیمان سیلیکا فوم به ضخامت ۰/۲ متر، بلوک آجری به ضخامت ۰/۱ متر و یک لایه پلی استایرن به ضخامت ۰/۰۸ و در نهایت گچ به ضخامت ۰/۰۱۳ متر مطابق با داده‌های نرم‌افزار طراحی گردید، میزان انتشار کربن را تا ۱۰٪ کاهش داد، اما هزینه‌های اولیه ساختمان را ۲۳٪ افزایش می‌دهد. لذا به این خاطر که میزان مصرف انرژی و انتشارکربن دی‌اکسید ناشی از سوخت‌های فسیلی با استفاده از این مصالح کاهش پیدا می‌کند؛ استفاده از مصالح هوشمند در ساختمان‌ها توصیه می‌گردد(جدول۹).
۴. در جهت اجرای بام تخت، استفاده از ساختار ۴ لایه آسفالت به ضخامت ۰/۰۱ متر، پشم شیشه به ضخامت ۰/۱۴۵ متر، هوا به ضخامت ۰/۲ متر، تخته گچ به ضخامت ۰/۰۱۳ متر، همراه با مصالح دیوارهای داخلی اعم از – تخته گچ به ضخامت ۰/۰۲۵ متر و یک لایه هوا به ضخامت ۰/۱ متر و لایه بعدی از تخته گچ به ضخامت ۰/۰۲۵ متر–، مصالح کف متشکل از از ۴ لایه فوم عایق اوره فرمالدهید به ضخامت ۰/۱۳۳ متر و بتن ریخته‌گری به ضخامت ۰/۱ متر و کف‌سازی سقف به ضخامت ۰/۰۷ متر و کفپوش چوبی به ضخامت ۰/۰۳ متر ، مطابق با داده‌های نرم‌افزار طراحی گردید، میزان انتشار کربن را تا ۱۰٪ کاهش داد، اما هزینه‌های اولیه ساختمان را ۲۳٪ افزایش می‌دهد(جدول۱۰ و ۱۱).

جدول ۹. میزان انتشار دی اکسیدکربن بعد از اعمال تغییرات درداده‌های ساختمان

Materials Embodied Carbon and Inventory	Area (m2)	Embodied Carbon (kgCO2)	Equivalent CO2 (kgCO2)	Mass (kg)
cement silica fume	435.3	0.0	0.0	150598.6
Timber Flooring	200.0	1794.0	1833.0	3900.0
Limestone extra hard	435.3	4526.7	4526.7	226333.1
Floor/Roof Screed	200.0	2688.0	2688.0	16800.0
Plasterboard	200.0	2766.4	2912.0	7280.0
Gypsum Plastering	645.3	3187.6	3355.3	8388.3
Urea Formaldehyde Foam	200.0	473.5	510.7	266.0
MW Glass Wool (rolls)	200.0	532.4	584.6	348.0
XPS Extruded Polystyrene - CO2 Blowing	645.3	5192.8	17273.1	1803.0
Concrete Block (Medium)	210.0	2352.0	2352.0	29400.0
Cast Concrete	200.0	3200.0	3200.0	40000.0
Cast Concrete (Dense)	565.5	9500.8	9500.8	118760.5
Brickwork Outer	645.3	24132.6	25229.5	109693.5
Asphalt 1	200.0	210.0	210.0	4200.0
Sub Total		60556.7	74175.8	717771.1

Constructions Embodied Carbon and Inventory	Area (m2)	Embodied Carbon (kgCO2)	Equivalent CO2 (kgCO2)
Reference Below grade wall Medium weight	210.0	12926.3	17252.8
Project ground floor	200.0	8155.5	8231.7
Project flat roof	200.0	3508.8	3706.6
Project wall	435.3	26465.3	35483.8
Project internal floor_Reversed	382.8	6430.4	6430.4
Project internal floor	182.8	3070.4	3070.4
Sub Total	1610.8	60556.72	74175.83

Glazing Embodied Carbon and Inventory	Area (m2)	Embodied Carbon (kgCO2)	Equivalent CO2 (kgCO2)
elcterocoromic	186.5	3488.3	3488.3
Local shading		0.0	0.0
Window shading		0.0	0.0
Sub Total	186.5	3488.3	3488.3
Building Total	**1797.3**	**64045.0**	**77664.1**

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-08-23]

جدول ۱۰. هزینه‌های مصرفی ساختمان با داده‌های پیش‌فرض

Structure Costs	Floor Area (m2)	Cost (GBP)
Sub Total	782.8	164,380.23

HVAC Costs	Floor Area (m2)	Cost (GBP)
Sub Total	782.8	313,105.20

Lighting Costs	Floor Area (m2)	Cost (GBP)
Sub Total	782.8	78,276.30

Sub-Structure Costs	Floor Area (m2)	Cost (GBP)
Sub Total	200.0	22,000.00

Super Structure Cost	Construction Area (m2)	Cost (GBP)
Reference Below grade wall Medium weight	210.0	27,300.00
Project ground floor	200.0	67,800.00
Project flat roof	200.0	15,000.00
Project wall	435.3	145,810.76
Project internal floor_Reversed	382.8	80,380.23
Project internal floor	182.8	38,380.23
Sub Total	1610.8	374,671.22

Glazing Cost	Surface Area (m2)	Cost (GBP)
elcterocoromic	186.5	18,654.00
Local shading		0.00
Blinds and internal shades		0.00
Sub Total		18,654.00

Renewables Cost	Area (m2)	Cost (GBP)
PV Panels	0.00	0.00
Solar Hot Water Panels	0.00	0.00
Wind Turbines	0.00	0.00
PV Electrical		600.00
Wind Turbine Electrical		0.00
Sub Total		600.00

Surface Finish Costs	Surface Area (m2)	Cost (GBP)

جدول ۱۱. هزینه‌های مصرفی ساختمان بعد ازتغییر داده‌ها

Wind Turbines	0.00	0.00
PV Electrical		600.00
Wind Turbine Electrical		0.00
Sub Total		600.00

Surface Finish Costs	Surface Area (m2)	Cost (GBP)
Walls	645.3	25,810.24
Floors	765.5	34,448.67
Ceiling	765.5	31,448.67
Sub Total		91,707.58
Building Total Cost (GBP)		**1,063,394.53**

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-08-23]

منابع

بابائی، حامد. واصفی، دکتر سید ایمان. یاسی، دکتر یوسف. (۱۴۰۲). "بررسی تاثیر سیستم مدیریت ساختمان و عایق‌سازی در کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌های بلند مرتبه". پژوهش‌های کاربردی در فنی و مهندسی. ۳۲: ۱۵-۳۲.

باقلائی، مصطفی. (۱۳۹۳). اجرای نوین ساختمان با استفاده از شیشه‌های هوشمند، پانزدهمین کنفرانس دانشجویان عمران سراسر کشور. دانشگاه ارومیه. ارومیه. ایران.

ترتیبیان، زهرا. حق‌پرست، مجید. (۱۴۰۰). "بهینه‌سازی مصرف انرژی اینترنت اشیاء با استفاده از سیستم فازی در ساختمان هوشمند". فصلنامه نخبگان علوم و مهندسی. ۳۳: ۸۰-۹۴.

رستمی، میلاد. هروی، غلامرضا. (۱۳۹۸). ارزیابی مقایسه‌ای کاربرد فناوری‌های هوشمند در مدیریت و بهینه‌سازی مصرف انرژی ساختمان. یازدهمین کنگره ملی مهندسی عمران. تهران. ایران.

شاعری، جلیل. وکیلی‌نژاد، رزوا. (۱۳۹۷). "تاثیر شیشه‌های هوشمند بر بهره خورشیدی و بار سرمایش در یک ساختمان اداری در اقلیم گرم و مرطوب بوشهر". نشریه مهندسی مکانیک ایران، ۲۰(۴): ۹۷-۱۱۷.

عبدالله‌زاده، صفورا. (۱۳۹۲). دربام سبز رویکردی نوین در معماری همگام با طبیعت در راستای کاهش مصرف انرژی و مقابله با تغییر اقلیم، سومین کنفرانس انرژی و محیط زیست، تهران، ایران.

فاریابی، علی اصغر. (۱۳۹۴). مدیریت بهینه‌ی انرژی در ساختمان‌های هوشمند.

کاظمی پوران بدر، سمانه. دانشجو، فرهاد. معصومی حقیقی، علی. شایانفر، محسنعلی. (۱۳۹۹). "بررسی تاثیر سیستم مدیریت ساختمان و عایق‌سازی در کاهش مصرف انرژی با استفاده ازتحلیل انرژی ساختمان‌های مسکونی". فصلنامه مهندسی سازه و ساخت،۷(۲): ۵-۲۳.

کشفی، لعیا. اکبرزاده توتونچی، محمدرضا. یغمایی مقدم، محمدحسین. (۱۳۹۸). "سیستم چند عامله همکار فازی با سنسورهای مجازی برای مدیریت انرژی ساختمان در بخش سرمایشی". نشریه انرژی ایران، ۲۲(۴): ۱۲۵-۱۵۲.

مرادی، ساسان. (۱۳۹۲). تنظیم شرایط محیطی (معماری). تهران: نشر آرمان شهر.

نکویی، الهه. (۱۳۹۶). امکان‌سنجی و برنامه‌ریزی ساختمان‌های هوشمند شهری با تاکید بر انرژی‌های پاک (مطالعه موردی: زاهدان). سومین کنفرانس انرژی و محیط زیست، تهران، ایران.

نوری‌وند، شیرین. بلیلان اصل، لیدا. ستارزاده، داریوش. آصفی، مازیار. (۱۴۰۰). "طراحی مبتنی بر شبیه‌سازی در تحقیقات تجربی عملکرد ساختمان، مورد مطالعاتی: یک ساختمان اداری در تبریز". فصلنامه آرمانشهر، ۳۶: ۱۱۳-۱۳۰.

یارمحمدی، زهرا. نصر، طاهره. مضطرزاده، حامد. (۱۴۰۲). "طراحی الگوریتمیک نمای هوشمند ساختمان در جهت کنترل نور روز با الهام از الگوی حرکتی گل زنبق". فصلنامه دانشگاه تربیت مدرس. ۱۳(۲): ۱-۲۴.

Aboukhadra, T. (2022). Building Management System Basics, *Papers uploaded to Academia*.

Babaei, H., Wasefi, S. I., & Yasi, Y. (2023). Investigating the effect of building management system and insulation on reducing energy consumption in high-rise buildings, *Applied Research in Technology and Engineering*, 32, 15-32. [In Persian]

Dadashi-Rad, M. H., Ghasemi-Marzbali, A., & Ahangar, R. A. (2020). Modeling and planning of smart buildings energy in power system considering demand response. *Energy*, *213*, 118770.

Esmaili Torshabi, A., & Ghorbanzadeh, L. (2017). A study on stereoscopic x-ray imaging data set on the accuracy of real-time tumor tracking in external beam radiotherapy. *Technology in cancer research & treatment*, *16*(2), 167-177.

Faryabi, A. A. (2015). *Optimal Energy Management in Smart Buildings*, Master's Thesis, University of Birjand, Faculty of Electrical and Electronics. [In Persian]

Gaitan, N. C., Ungurean, I., Roman, C., & Francu, C. (2022). An Optimizing Heat Consumption System Based on BMS. *Applied Sciences*, *12*(7), 3271.

Ismaili, K. (2015). *Building Management System-Energy Efficiency Management*. Master of Sciences.University of Business and Technology in Kosovo. UBT Knowledge Center

Kashfi, L., Akbarzadeh Tutunchi, M. R., & Yaghmaee, M. H. (2020). A Fuzzy Multi-agent System with Virtual Sensors for Energy Management in the Cooling System, *Iranian Journal of Energy*, 22(4), 125-152. [In Persian]

Kazemi Pouran Badr, S., Daneshjoo, F., Maasoumy Haghighi, A., & Shayanfar, M. A. (2020). Impact of insulation and building management systems on reducing energy consumption and Energy

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-08-23]

analysis of residential buildings. *Journal of Structural and Construction Engineering*, *7*(2), 5-23. [In Persian]

Moradi, S. (2013), *Regulation of Environmental Conditions (Architecture)*. Tehran: Arman Shahr Publishing. [In Persian].

Mujumdar, P., & Agarwal, S. (2024). Integrating Building Management Systems in High-Rise Structures using Building Information Modeling. In *Proceedings of the International Conference of Contemporary Affairs in Architecture and Urbanism-ICCAUA*, 7(1), 277-276.

Nekoei, E. (2017). Feasibility study and planning of smart urban buildings with emphasis on clean energy (Case study: Zahedan). *Third Energy and Environment Conference*, Tehran. Iran. [In Persian]

Nourivand, S., Balilan, L., Sattarzadeh, D., Asefi, M. (2021) "Simulation-based design in experimental research on building performance, case study: an office building in Tabriz". *Armanshahr Quarterly*. 36: 113-130. [In Persian]

Rostami, M., & Heravi, G., (2019). Comparative evaluation of the application of smart technologies in the management and optimization of building energy consumption. *11th National Congress of Civil Engineering*. Tehran. Iran. [In Persian]

Shaeri, J., & Vakilinezhad, R. (2019). Evaluation the effect of smart glasses on solar heat gain and cooling loads in office building in hot and humid climate of Bushehr. *Iranian Journal of Mechanical Engineering Transactions of ISME*, *20*(4), 97-117. [In Persian]

Tartibian, Z., & Haghparast. M. (2021). Optimization of Internet of Things energy consumption using fuzzy system in smart building, *Quarterly Journal of Science and Engineering Elites*. 33(6), 80-94. [In Persian]

Yarmahmoodi, Z., Nasr, T., & Moztarzadeh, H. (2023). Algorithmic Design of Building Intelligent Facade to Control the Daylight Inspired by the Rafflesia Flower Kinetic Pattern. *Naqshejahan*, 13(2), 1-24. [In Persian]

Yusefi, P., Ostad, M., & Sadeqi, A. (2020). Building Management System for Supporting the repaired Building. *Munich Personal RePEc Archive (MPRA) Paper*, 98181.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-08-23]

نشریه علمی (فصلنامه) «انرژی ایران»
دوره ۲۷، شماره۲، تابستان ۱۴۰۳، صفحه ۵۱-۶۶

Development of an Optimized BMS Model Utilizing Energy Consumption Simulation in Tehran

Bahareh Najm[1], Samira Ghiasi*[2], Mohammadreza Vafaei[3]

1. M.Sc. Department of HSE Engineering, Faculty of Technology and Engineering, Central Tehran Branch of Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Email: najm.b72@gmail.com

2. Corresponding author, Associate Prof, Department of Environmental Engineering, Faculty of Civil Engineering and Land Resources, Central Tehran Branch of Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Email: Sghiasi92@gmail.com

3. Assistant Prof, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Technology and Engineering, West Tehran Branch of Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Email: Mohammadreza.vafaee@iau.ac.ir

Abstract

Nowadays, buildings exhibit high energy wastage, and due to their heavy reliance on fossil fuels, the adoption of intelligent management systems presents a viable solution. These systems can not only reduce energy consumption but also mitigate the waste of fossil fuels. Therefore, the aim of this study is to investigate the impact of a Building Management System (BMS) utilizing an energy consumption simulator to enhance the energy efficiency of buildings. This research employs an experimental simulation method using the DesignBuilder software. In this study, a three-story building with one basement floor was initially designed in DesignBuilder, located in the Mehrabad Airport area of Tehran. The energy loss through the building's external walls was then examined based on the software's default data. The results indicated that modifications in the wall design, consisting of five layers from outside to inside: 20 cm thick travertine stone, 20 cm thick Silicafom cement, 10 cm thick brick blocks, 8 cm thick polystyrene insulation, and 1.3 cm thick plaster layer, reduced the energy loss from the walls by 46.3 kW. Additionally, the use of electrochromic smart glass reduced energy loss from 8.5 kW to 4.76 kW compared to conventional glass. Therefore, it can be concluded that by utilizing smart materials in a three-story building, the total energy loss in the studied building decreased from 233.48 kWh to 81.15 kWh.

Keywords: BMS, Smart Glass, Smart Materials, Silicafom Cement, Electrochromic Smart Glass

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-08-23]