بررسی نقش عناصر پوسته بنای بلندمرتبه در کاهش مصرف انرژی (نمونه موردی: برج‌های مسکونی پزشکان آبشار اصفهان)[۱]

مجتبی جانقربان*، شهاب کریمی‌نیا**، مریم فرخی***، مهسا جعفری****

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۲/۸
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۱۰/۲۲

چکیده

انرژی قابل‌توجهی برای تأمین و حفظ شرایط محیطی برای آسایش حرارتی در ساختمان‌های مسکونی بلندمرتبه مصرف می‌شود که به میزان زیادی به مؤلفه‌های طراحی پوسته بستگی دارد. لذا برای رسیدن به مقادیر بالای صرفه‌جویی انرژی در ساختمان‌ها، ابتدا اقدامات طراحی با تأثیر زیاد باید تعریف و سپس بهینه‌سازی شوند. این پژوهش به‌دنبال پاسخ به پرسش چگونگی تأثیر مؤلفه‌های پوسته ساختمان بر مصرف انرژی ساختمان مسکونی بلندمرتبه در اقلیم گرم و خشک است. بنابراین، پژوهش حاضر با هدف دستیابی به مؤلفه‌های بهینه طراحی پوسته در ساختمان‌های بلندمرتبه در اقلیم گرم و خشک پرداخته تا سبب برقراری شرایط آسایش حرارتی و ذخیره انرژی اولیه (الکتریسیته و گاز طبیعی) شود. به این منظور، یک ساختمان مسکونی بلندمرتبه موجود به‌عنوان نمونه موردی در اصفهان انتخاب گردیده تا مصرف انرژی قبل و بعد از بهینه‌سازی با استفاده از نرم‌افزار شبیه‌سازی کامپیوتری DesignBuilder مقایسه شود. تجزیه و تحلیل مطابق با شبیه‌سازی‌های انرژی نشان داده است که هر یک از مؤلفه‌های پوسته در خور تغییرات فراوانی در زمینه کاهش مصرف انرژی ساختمان هستند. سه مؤلفه‌ای که برای بالا بردن عملکرد انرژی پوسته ساختمان انتخاب شده است شامل نسبت پنجره به دیوار، ویژگی‌های شیشه و مصالح پوسته است. نتایج نشان داده است که نسبت پنجره به دیوار ۲۰ درصد به میزان ۱۱/۰۴ درصد نسبت به مدل پایه (۵۰ درصد) عملکرد مناسب‌تری دارد. همچنین نمای پوسته‌ای با شیشه‌ای سه‌جداره شفاف به ضخامت ۴ میلی‌متر و لایه گاز آرگون ۱۰ میلی‌متر بیش‌ترین صرفه‌جویی در انرژی کل را به دنبال دارد. در شرایط آب و هوایی گرم و خشک پلاستر سیمان عملکرد بهتری نسبت به سایر مصالح نشان داده است. این مطالعه سبب طراحی پوسته با کارایی بالا می‌شود و صرفه‌جویی قابل‌توجهی در مصرف انرژی (حدود ۱۲/۵ درصد برای انرژی کل، ۱۶ درصد برای گرم کردن و ۲۹ درصد برای خنک کردن) به همراه دارد. همچنین باعث افزایش ۲/۵ درصدی انرژی روشنایی الکتریکی می‌شود.

واژگان کلیدی

ویژگی‌های شیشه، نسبت پنجره به دیوار، مصالح پوسته، ساختمان بلندمرتبه، شبیه‌سازی انرژی.

۱- این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد نگارنده اول با عنوان «طراحی ساختمان مسکونی بلندمرتبه در اقلیم گرم و خشک با هدف دستیابی به مؤلفه‌های بهینه طراحی پوسته بنا با تاکید بر کاهش مصرف انرژی (نمونه موردی: برج‌های مسکونی پزشکان آبشار اصفهان)» به راهنمایی نگارنده دوم در دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف‌آباد است.

* کارشناسی ارشد معماری، گروه معماری، مرکز تحقیقات افق‌های نوین در معماری و شهرسازی، واحد نجف‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف‌آباد، ایران
mojtaba.janghorban145@gmail.com
** استادیار گروه معماری، گروه معماری، مرکز تحقیقات افق‌های نوین در معماری و شهرسازی، واحد نجف‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف‌آباد، ایران. (نویسنده مسئول)
sh.kariminia@par.iaun.ac.ir
*** استادیار گروه شهرسازی، مرکز تحقیقات افق‌های نوین در معماری و شهرسازی، واحد نجف‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف‌آباد، ایران farokhi.m@par.iaun.ac.ir
**** کارشناسی ارشد معماری، گروه معماری، مرکز تحقیقات افق‌های نوین در معماری و شهرسازی، واحد نجف‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف‌آباد، ایران
mahsa.jafari873@gmail.com

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-19]

مقاله پژوهشی- مورد پژوهی
©: IAUH
ISSN: 2322-5602
[DOR: 20.1001.1.23225602.1401.11.41.7.9]
[DOI: 10.52547/hafthesar.11.41.7]

مقدمه

بحران محیط‌زیست در نیم قرن گذشته و سالیان اخیر، زندگی بشر بر روی کره زمین را با چالش‌های جدیدی روبه‌رو ساخته است. پیامدهای ناشی از روش‌های زندگی ماشینی و صنعتی، اتمام و اتلاف منابع انرژی و آلودگی‌های ناشی از سوخت‌های فسیلی به منظور دستیابی به آسایش بیش‌تر در زندگی روزمره و افزایش جمعیت؛ عواملی هستند که روز به روز توجه به مسائل زیست‌محیطی و مصرف بهینه انرژی را در کانون توجه پژوهشگران قرار داده است. امروزه در کشور ایران، به‌منظور دستیابی به این آسایش، میزان مصرف انرژی در بخش ساختمان به نسبت استانداردهای جهانی، در حد بالایی قرار دارد. بالا بودن این میزان مسلماً با عوامل و معیارهای تأثیرگذار مختلفی در ارتباط است. در این راستا، با افزایش بلندمرتبه‌سازی در دنیای کنونی، پوسته بنا یکی از مهم‌ترین فن‌آوری‌ها در مصرف انرژی و مؤلفه‌های آسایش حرارتی است. این ساختمان‌ها در طول روز به دلیل گرمای خورشیدی از طریق پوسته ساختمان و نفوذ تابش خورشید از طریق پنجره‌ها بیش از حد گرم می‌شوند و در معرض تأثیر دمای‌های خارجی و تابش خورشید قرار می‌گیرند و در راحتی ساکنان تأثیر منفی می‌گذارند. ارائه محیط زندگی راحت برای ساکنان در ساختمان‌های مسکونی، یک چالش بزرگ برای معماران، مهندسان و کسانی است که در صنعت ساختمان مشغول به کار هستند. مصرف انرژی در ساختمان‌های موجود، ۴۰ درصد از کل مصرف انرژی در کشورهای توسعه یافته را در بر دارد و انتظار می‌رود که تا سال ۲۰۳۰ در بخش مسکن، ۶۷ درصد انرژی جهان را به خود اختصاص دهد (Pérez-Lombard, Ortiz, & Pout, 2008). در جوامع مدرن به‌ویژه در مناطق آب و هوایی گرم، بخش قابل‌توجهی از مصرف انرژی در داخل ساختمان‌ها به گرمایش، سرمایش، تهویه و تهویه مطبوع[1] مربوط است؛ که منجر به افزایش دمای جهانی، هزینه‌های انرژی و نیاز به تنظیم دما در ساختمان‌ها می‌شود. اقدامات مختلفی برای حفاظت از انرژی وجود دارد که می‌تواند برای کاهش مصرف انرژی مورد استفاده قرار گیرد. سه عامل اصلی تعیین‌کننده انرژی در ساختمان؛ برنامه‌ریزی (عملکردی و اشغال)، آب و هوا و نمای ساختمان (پوسته، شکل و ساخت و ساز) است.

برنامه‌ریزی دقیق و تصمیم‌گیری در مراحل مختلف فرآیند طراحی که اغلب نادیده گرفته می‌شود، باعث ایجاد ساختمان‌های کارآمد انرژی می‌شود. در طی فرآیند طراحی ساختمان‌ها با کیفیت بالا، باید رهنمودهای مربوط به آب و هوا را در نظر گرفت. در طراحی پوسته ساختمان در آب و هوای مختلف، تفاوت‌های قابل‌توجهی دیده می‌شود. طراحی حرارتی پوسته ساختمان باید در فضای داخلی از انتقال گرمای بیش از حد به خارج در شرایط آب و هوای سرد و انتقال گرمای بیش از حد به داخل در صورت گرم بودن آب و هوا محافظت کند (Kočí, Kočí, Maděra, & Černý, 2019). طراحی پایدار پوسته در آب و هوای گرم نیازمند جریان حرارتی در خارج از ساختمان است تا از تغییرات دمایی بالا در روز به شب محافظت شود (Alalouch, Saleh, & Al-Saadi, 2016). در آب و هوای سرد، به حداکثر رساندن قابلیت‌های عایق و نیز استفاده از پنجره‌هایی برای افزایش تابش خورشید و جرم حرارتی پوسته ساختمان تأکید می‌شود.

نما، دیوار بیرونی یا چهره یک ساختمان است و معمولاً شامل عناصر طراحی مانند پنجره‌ها و درها می‌شود. در اکثر ساختمان‌ها، نمای ساختمان بر بودجه انرژی ساختمان و آسایش اشخاص آن بیش‌تر از هر سیستم دیگری تأثیر می‌گذارد. از روش‌های اساسی برای طراحی نمای ساختمان با کارایی بالا عبارتند از: (۱) جهت‌گیری و هندسه ساختمان برای پاسخ به موقعیت خورشید؛ (۲) سایه‌انداز خورشید برای کنترل بارهای گرمایشی و بهبودی راحتی حرارتی؛ (۳) استفاده از تهویه طبیعی برای افزایش کیفیت هوا و کاهش بارهای سرمایشی؛ و (۴) صرفه‌جویی در انرژی مورد استفاده برای روشنایی مصنوعی، سرمایش مکانیکی و حرارت با بهینه‌سازی عایق دیوار بیرونی و استفاده از نور روز (Aksamija, 2013)؛ و اما پوسته‌ها رابط بین محیط داخلی و خارجی ساختمان هستند و مقدار انرژی مورد نیاز برای حفظ راحتی حرارتی را تعیین می‌کنند. پوسته ساختمان توسط ساختار اسکلتی پشتیبانی می‌شود و یک مانع حرارتی بین فضای محصور شده داخلی و محیط خارجی است که از طریق آن انرژی حرارتی منتقل نمی‌شود (Bano & Sehgal, 2019; Elotefy, Abdelmagid, Morghany, & Ahmed, 2015).

یکی از بهترین گزینه‌ها برای صرفه‌جویی انرژی در تکمیل و یا ساخت و ساز پروژه‌های جدید، طراحی پوسته ساختمان به روش پایدار است (Raji, Tenpierik, & van den Dobbelsteen, 2016). پوسته‌های پایدار با کارایی بالا می‌توانند به‌عنوان محوطه بیرونی تعریف شوند که از کم‌ترین مقدار انرژی برای حفظ راحتی محیط داخلی برخوردار هستند و سلامت ساکنان ساختمان را ارتقا می‌دهند. این بدان معنی است که پوسته‌ها صرفاً موانعی بین درون و بیرون نیستند؛ آن‌ها سیستم‌های ساختمانی را ایجاد می‌کنند که فضای راحتی را به‌وسیله سیستم فعال به محیط خارجی ساختمان دهند و به میزان قابل‌توجهی باعث کاهش مصرف انرژی ساختمان‌ها می‌گردند. با به حداقل رساندن انتقال حرارت از طریق پوسته ساختمان، نیاز انرژی مورد استفاده برای حرارت دادن و خنک‌سازی فضا کاهش می‌یابد. پوسته ساختمان می‌تواند تا ۳۰ درصد از

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-19]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1401.11.41.7.9]
[DOI: 10.52547/hafthesar.11.41.7]

کل مصرف انرژی در یک ساختمان را کاهش دهد (Elkadi, 2016; Hausladen, De Saldanha, & Liedl, 2008). عملکرد پوسته‌ها را می‌توان تحت سه مؤلفه قرار داد: (۱) مؤلفه‌های طراحی مانند پنجره (جنس شیشه)، نسبت پنجره به دیوار و سایه‌انداز؛ (۲) خواص مواد و مصالح ساختمانی مانند جرم حرارتی، عایق حرارتی و هوای فشرده؛ و (۳) مؤلفه‌های موقعیت سایت مانند جهت‌گیری ساختمان و ویژگی‌های آب و هوا (Raji et al., 2016).

تحقیقات انجام شده نشان داده است که استفاده از پنجره‌ها به کاهش مصرف انرژی کمک می‌کند (Kneifel, 2010). بیش از ۴۰ درصد کشورها با آب و هوای گرم، پنجره را یک راه‌حل جامع برای مدیریت پایدار می‌دانند. اجزای پنجره از عناصر مهم طراحی، از لحاظ زیبایی‌شناختی و عملکرد است. آن‌ها اجازه می‌دهند نور طبیعی وارد فضای داخلی شود و انتقال حرارت بین داخل و خارج ساختمان را امکان‌پذیر می‌کنند. اجزای پنجره بر روی میزان مصرف کلی انرژی ساختمان و نیز رفاه، سلامت و راحتی ساکنان تاثیر می‌گذارد. هنگام انتخاب مواد باید خواص شیشه از قبیل مقادیر ضریب انتقال حرارت[۲]، ضریب گرمایش خورشیدی (SHGC)[۳] و ضریب انتقال بصری[۴] در نظر گرفته شود. شیشه‌ها می‌توانند با استفاده از دو، سه و یا لایه‌های شیشه بیش‌تر عایق‌بندی شوند. فضاهای بین لایه‌های شیشه را می‌توان با گازهای غیرمستقیم یا عایق‌های آلیاژی پر کرد تا تبادل گرما کاهش یابد. همچنین برای کاهش انتقال گرمای خورشید به شیشه‌ها می‌توان از پوشش‌های کم نور، بازتابنده یا سرامیکی استفاده نمود.

نسبت پنجره به دیوار[۵] (WWR) بهینه باید بر اساس طرح طبقاتی یک فضا، موقعیت‌های ساکنان در فضا و انواع فعالیت‌های ساکنان باشد. نسبت پنجره به دیوار کوچک‌تر مخصوصا در نمای جنوبی‌گرا باید برای فضایی استفاده شوند که در آن افراد ساکن معمولا به پنجره‌ها نزدیک هستند. اما در فضایی که افراد ساکن معمولاً از پنجره‌ها دور هستند، نماها با نسبت پنجره به دیوار بالاتر، بیش‌تر در راحتی حرارتی ساکنان تاثیر می‌گذارند. استفاده از فضاهای کاملاً شیشه‌ایی به‌دلیل استفاده بیش از حد از منابع انرژی در جهان، به شدت مورد انتقاد قرار گرفته است (Elkadi, 2016). گرم شدن بیش از حد فضاهای داخلی به علت افزایش تابش خورشید به داخل، منجر به افزایش مصرف انرژی و نیاز به تهویه مکانیکی می‌شود. اجرای سایه‌انداز برای کاهش تابش خورشید در نمای ساختمان‌ها، پیچیده، گران قیمت و نیاز به نگهداری بالا دارد. انتخاب مصالح براساس اطلاعات انرژی (مقدار انرژی مورد نیاز برای استخراج، فرآیند، حمل و نقل، نصب و بازیافت یا دفع مواد) که معمولا در هر جرم یا حجم مواد اندازه‌گیری می‌شود، روش مناسب برای بررسی تأثیرات محیطی است. تعادل انرژی یک ساختمان به شدت به خواص مصالح پوسته بستگی دارد که شامل سه گروه اصلی از عناصر مات، شفاف و نیمه‌شفاف است. اجزای شفاف پوسته ساختمان به دلیل ماهیت پویایی آن‌ها، به تغییرات کوتاه‌مدت و بلندمدت در شرایط داخلی و خارجی پاسخ می‌دهند. آن‌ها دارای عملکرد پیچیده‌تری هستند و امکان مشاهده و ارتباط با محیط خارج، فراهم آوردن حرارت از طریق استفاده منظم از خورشید، نور روز، سایه و تهویه دارند.

مطالعات مربوطه متعددی در زمینه نماهای دوپوسته در مناطق سرد یا معتدل انجام شده است، اما پژوهش‌هایی نیز در مورد تأثیر استفاده از این نماها در دیگر مناطق دیده می‌شود. به‌عنوان مثال، حمزه در سال ۲۰۰۸، تأثیر کاربرد نمای دوپوسته تهویه‌ای دارای شیشه‌های ساده، رنگی و انعکاسی را در جبهه‌های مختلف ساختمان اداری هفت طبقه واقع در منطقه گرم و خشک (قاهره) توسط نرم‌افزار IESVE بررسی کرده است (Hamza, 2008). هاشمی و دیگران، تأثیر کاربرد نمای دوپوسته را در ساختمان دیوان محاسبات کشور (واقع در شهر تهران)، از طریق اندازه‌گیری تجربی و مدلسازی در نرم‌افزار انرژی‌پلاس بررسی کرده‌اند. آن‌ها نتیجه گرفته‌اند که دمای فضای بین دوپوسته در تابستان بین ۱ تا ۱۰ درجه از دمای فضای خارج بالاتر است (Hashemi et al, 2010). شایان ذکر است که در اکثر تحقیقات، عملکرد نماهای دوپوسته در فصل سرد سال همواره عملکرد مطلوبی داشته است، این در حالی است که در فصل گرم سال، عملکرد نمای دوپوسته وابستگی شدیدی به نحوه طراحی اجزای نما و نیز اقلیم مورد بررسی نشان می‌دهد، به‌طوری که در اقلیم‌های گرم باعث افزایش مصرف انرژی ساختمان خواهد شد. جدول۱ مرور دقیق مطالعات اخیر در زمینه پوسته ساختمان را ارائه می‌دهد. پوسته ساختمان مرز فضای قابل کنترل داخل و فضای غیرقابل کنترل بیرون است و دقیقا محلی است که بخش زیادی از اتلاف انرژی در این بخش اتفاق می‌افتد. پوسته‌ها با کارایی بالا باید جلوی اثرات ناخوشایند محیط خارجی و حفظ شرایط راحتی محیط داخلی را با حداقل مصرف انرژی داشته باشند. بنابراین، این پژوهش به دنبال پاسخ به پرسش چگونگی تأثیر مؤلفه‌های پوسته ساختمان شامل نسبت پنجره به دیوار، ویژگی‌های شیشه و مصالح در جهت‌گیری‌های مختلف بر کاهش مصرف انرژی ساختمان مسکونی بلندمرتبه در اقلیم گرم و خشک است. نقطه شروع پژوهش، حاصل بررسی منابع و بیان مختصر پیشینه‌های تحقیقات انجام شده درباره موضوع می‌باشد. بر اساس آن، فرضیه‌هایی مطرح می‌گردد و پس از مدل‌سازی شدن به روش تجزیه و تحلیل و شبیه‌سازی به‌وسیله نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر آزموده می‌شوند. طراحی پوسته ساختمان به روش پایدار در طول دو دهه گذشته به یکی از اجزای مهم در طراحی معماری تبدیل شده است و به‌عنوان یک راه‌حل تکنیکی به‌منظور بهبود راحتی حرارتی در ساختمان‌ها و

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-19]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1401.11.41.7.9]
[DOI: 10.52547/hafthesar.11.41.7]

صرفه‌جویی انرژی در تکمیل و یا ساخت و ساز پروژه‌های جدید در عرصه شهری موضوعی تازه است، که نیازمند انجام پژوهش‌های گسترده و عمیق در اقلیم‌های متفاوت می‌باشد. عملکرد این نوع پوسته‌ها در اقلیم مناطق سردسیر به دفعات مورد مطالعه و آزمون قرار گرفته و تجربه شده است، لیکن در اقلیم شهری نظیر اصفهان به جز معدودی مطالعات موردی، بررسی جامع و مدونی درخصوص به‌کارگیری طراحی پوسته بنا گزارش نشده است. از این‌رو، پژوهش حاضر با هدف دستیابی به مؤلفه‌های بهینه طراحی پوسته در ساختمان‌های بلندمرتبه در اقلیم گرم و خشک سبب نوآوری در این زمینه می‌شود.

جدول ۱- جمع‌بندی پژوهش‌های اخیر در زمینه پوسته‌های ساختمان

نویسنده (ها) و سال	آب و هوا و موقعیت مکانی	نوع ساختمان	مدل پایه	مؤلفه‌های پژوهش	معیارهای تجزیه و تحلیل	روش شناسی	ابزار شبیه‌سازی	نتایج
Cheung et al. (2005)	نیمه گرمسیری (هنگ کنگ، چین)	مسکونی	واقعی: آپارتمان های اجاره‌ای عمومی ساخته شده توسط اداره مسکن	عایق، جرم حرارتی، نوع شیشه، اندازه پنجره، رنگ دیوار خارجی و سایبان خارجی	مصرف انرژی سرمایش سالانه و حداکثر بار سرمایشی	شبیه‌سازی پارامتری	ENERGY-10	راهبردهای بهبود عملکرد حرارتی دیوار خارجی از پنجره‌ها موثرتر بودند.
McKeen and Fung (2014)	سرمای نیمه قاره‌ای (تورنتو، کانادا)	مسکونی	واقعی/مجازی: ساختمان های ۱۰ طبقه با مساحت ناخالص ۶۰۰۰مترمربع و نسبت ابعاد ۱:۱	نسبت ابعاد	مصرف انرژی گرمایش و سرمایش	شبیه‌سازی پارامتری	E QUEST	نسبت بهینه برای کاهش بار سرمایش ۱: ۲ است.
Echenagucia et al. (2015)	گرم و معتدل، نیمه گرمسیری و مرطوب، قاره مرطوب و اقیانوسی معتدل	فضای اداری باز	واقعی: طبقه اول یک ساختمان پنج طبقه به ابعاد ۲۰×۱۴×۴متر	تعداد، موقعیت، شکل و نوع پنجره‌ها و ضخامت دیوارهای سنگ‌تراشی	عملکرد انرژی گرمایش، سرمایش و روشنایی	شبیه‌سازی پارامتری	Energy Plus, NSGAII and Pareto front	نسبت پنجره به دیوار در دیوارهای جنوبی ۲۵٪ بود، در حالی که نسبت پنجره به دیوار کم‌تر در دیوارهای دیگر نزدیک به ۱۰٪ بود.
Ferrara (2015)	نیمه گرمسیری مرطوب (تورین، ایتالیا)	مؤسسه	مجازی: ۷/۵ متر در ۸ متر کلاس‌های مدرسه	ساخت دیوار و سقف، نوع پنجره، عایق دیوار و سقف، ضریب بازتاب سقف و پنجره، ارتفاع و عرض پنجره و عمق برآمدگی	بهره‌وری انرژی و راحتی حرارتی و بصری	شبیه‌سازی پارامتری	TRNSY/ GenOpt	مصرف بهینه انرژی مربوط به یک پوسته عایق‌بندی شده است. پنجره‌ها ۰/۲ متر بالاتر و ۲/۵ متر گسترده‌تر هستند و هیچ سایه افقی مشاهده نمی‌شود، در حالی که سایه عمودی به عرض ۲۰ سانتی‌متر در دو طرف راست و چپ پنجره مشاهده می‌شود.

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-19]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1401.11.41.7.9]
[DOI: 10.52547/hafthesar.11.41.7]

نویسنده (ها) و سال	آب و هوا و موقعیت مکانی	نوع ساختمان	مدل پایه	مؤلفه‌های پژوهش	معیارهای تجزیه و تحلیل	روش شناسی	ابزار شبیه‌سازی	نتایج
Raji et al. (2015)	معتدل (هلند)	اداری	واقعی: ساختمانی ۲۱ طبقه	نوع شیشه، نسبت پنجره به دیوار، سایبان و راهبردهای سقف	بارهای گرمایش، سرمایش و روشنایی	شبیه‌سازی پارامتری	DesignBuilder	شیشه شفاف دوجداره، نسبت پنجره به دیوار ۵۰ ٪، سایبان‌های قابل استفاده، شیشه الکتروکرومیک و سقف سبز ۱۰ سانتی‌متری توصیه می‌شود. طراحی پوسته با عملکرد بالا باعث صرفه‌جویی قابل‌توجهی در انرژی می‌شود که تقریباً ۴۲٪ در کل است.
Ascione et al. (2016)	مدیترانه‌ای (مادرید، نیس، ناپل و آتن)	مسکونی	مجازی: ساختمانی یک طبقه، به شکل مستطیل و مساحت خالص ساختمان مطبوع تقریباً ۱۴۰ مترمربع	خواص حرارتی پوسته ساختمان، استفاده از مواد تغییر فازدهنده (PCM) با دمای ذوب مختلف، محلول‌های خنک سقف، چندین مقدار نسبت پنجره به دیوار و برخی از سیستم‌های سایبان خارجی و داخلی	گرمایش سالانه، تقاضای انرژی سرمایش و راحتی حرارتی	شبیه‌سازی پارامتری	DesignBuilder/GenOpt	بلوک‌های بتونی هوادهی یا آجرهایی با عایق یکپارچه و سقف آجری بتنی با عایق خارجی توصیه می‌شود. تغییرات نسبت پنجره به دیوار بهینه در انتخاب پنجره‌های سه جداره با پوشش انتخابی و سایبان خارجی، تغییر می‌کند. پذیرش مواد تغییرفازدهنده از دمای ذوب ۲۵ درجه سانتی‌گراد در سمت داخلی، امکان کاهش نیاز به سرمایش در هر شهر را فراهم می‌کند.
Goia (2016)	نیمه گرمسیری مرطوب (تورینو، ایتالیا)، قاره مرطوب (اسلو، نروژ)، اقیانوسی (فرانکفورت، آلمان) و گرم مدیترانه‌ای (رم و آتن)	اداری	مجازی: هفت طبقه با مساحت ۴۵/۹ × ۱۴/۴ متر و ارتفاع کف طبقه ۲/۷ متر	نسبت پنجره به دیوار	بارهای گرمایش، سرمایش و روشنایی	شبیه‌سازی پارامتری	Energy Plus	نسبت پنجره به دیوار بهینه از ۳۰٪ تا ۴۵٪ است. نسبت پنجره به دیوار مطلوب برای آب و هوای سرد ۶۰٪ (جنوب) است و برای آب و هوای گرم ۲۰٪ (جنوب) است.

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-19]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1401.11.41.7.9]
[DOI: 10.52547/hafthesar.11.41.7]

نویسنده (ها) و سال	آب و هوا و موقعیت مکانی	نوع ساختمان	مدل پایه	مؤلفه‌های پژوهش	معیارهای تجزیه و تحلیل	روش شناسی	ابزار شبیه‌سازی	نتایج
Košir et al. (2016)	قاره مرطوب (لیوبلیانا، اسلونی و انگلستان)	ا	مجازی: حجم ۱۰×۱۰×۱۰ متر	جهت‌گیری فرم ساختمان و نسبت پنجره به دیوار	دمای هوای داخل خانه و بارهای سرمایش و گرمایش	شبیه‌سازی پارامتری	Energy Plus	فرم‌های ساختمان کشیده با قسمت‌های بزرگ لعاب در نمای طولانی‌تر و سایبان مناسب، بازده انرژی بالاتری نسبت به ساختمان‌های جمع و جور با قسمت‌های شیشه کوچک یا متوسط دارند.
Lin et al. (2016)	گرمسیری دریایی (تایوان)	اداری	مجازی: یک ساختمان اداری درارتفاع ۳۰ متری	تعداد پنجره، طول پنجره، عرض پنجره، نوع تخته آفتابگیر، طول تخته آفتابگیر، مصالح شیشه پنجره، مصالح دیوار، مصالح سقف و مصالح پرده شیشه‌ای	عملکرد حرارتی و صرفه‌جویی در هزینه	شبیه‌سازی پارامتری: چند متغیره	TRNSY/ NSGA-II	مدل مطلوب طراحی پاکت ساختمان اداری با ۴۱٪ هزینه کمتر از هزینه طرح اصلی پیشنهاد شده توسط معماران ، یک طرح پاکت ساختمان قابل قبول را ارائه داده است
Al-Saadi and Al-Jabri (2017)	گرم و مرطوب (مسقط، عمان)	مسکونی	واقعی: ویلا معمولی	مقدار U، توده حرارتی، SHGC و نفوذ هوا	تجزیه و تحلیل حرارتی و هزینه	شبیه‌سازی پارامتری	DesignBuilder	طراحی بهینه برای حداکثر صرفه‌جویی در مصرف انرژی شامل ۱۵ سانتی‌متر عایق‌بندی برای دیوارها و سقف، یک لعاب رنگی انتخابی دوجداره کم انرژی و ۱۰۰ سانتی‌متر سایبان بود.
Raji et al. (2017)	معتدل (آمستردام ، هلند)، گرمسیر نیمه‌معتدل (سیدنی، استرالیا) و گرمسیری (سنگاپور)	اداری	واقعی/ مجازی: زمینی به مساحت ۶۰،۰۰۰ متر مربع بیش از ۴۰ طبقه	شکل، نسبت ابعاد، جهت‌گیری و نسبت پنجره به دیوار	مصرف سالانه انرژی	شبیه‌سازی پارامتری	DesignBuilder	از نظر آب و هوای گرمسیری ، ساختارهای هشت ضلعی کارآمدترین و به دنبال آن ساختارهای مربع و مستطیل بودند. نسبت ابعاد بهینه ۱: ۲ و نسبت پنجره به دیوار بهینه ۳۰٪ بود. جهت پنجره بهینه جنوب و شمال است.

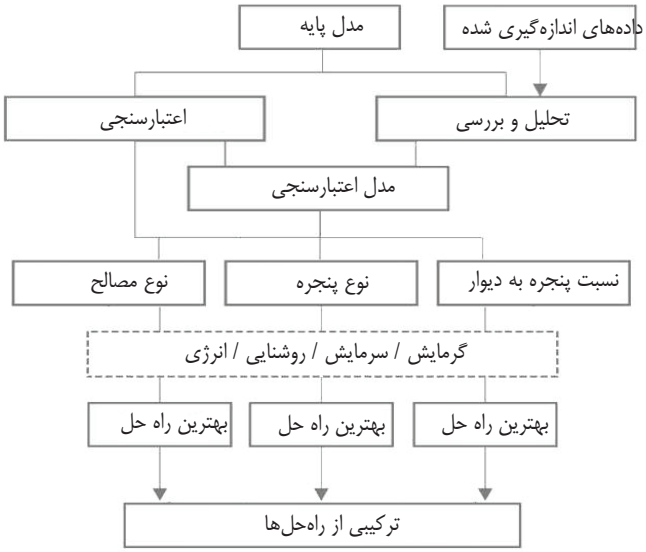
[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-19]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1401.11.41.7.9]
[DOI: 10.52547/hafthesar.11.41.7]

نویسنده (ها) و سال	آب و هوا و موقعیت مکانی	نوع ساختمان	مدل پایه	مؤلفه‌های پژوهش	معیارهای تجزیه و تحلیل	روش شناسی	ابزار شبیه‌سازی	نتایج
Shandilyaand Streic er (2017)	گرمسیری (دهلی نو، هند)	مسکونی	واقعی: خانه یک طبقه در سال ۱۹۸۰ ساخته شده است، با مساحت۱۲×۹ مترمربع و ارتفاع ۳ متر	نوع دیوار، سقف و شیشه	بار گرمایش، بار سرمایش، ارزش فعلی خالص (NPV)	شبیه‌سازی پارامتری: چند متغیره	TRNSYS	مقادیر U دیوار، سقف و پنجره‌ها به ترتیب ۰/۱۸، ۰/۲۰ و ۱/۶۹ بود. مقادیر U مطلوب دیوار، سقف و پنجره‌ها به ترتیب ۰/۲۶، ۰/۲۴، ۱/۶۹
Toutou and AbdElrahma (2017)	کویر خشک (قاهره، مصر)	اداری	مجازی: ساختمان اداری ۱۲طبقه (۴۰ × ۵۰متر)	شکل پلان، نسبت پنجره به دیوار، مصالح دیوار، مصالح شیشه و سایبان	نور روز و مصرف انرژی	شبیه‌سازی پارامتری	Ladybug and Honeybe	مصرف بهینه شامل یک دیوار سیمانی توخالی، شیشه دوجداره کم انرژی و برآمدگی افقی ۴۰۰ میلی‌متر بود.
Koči, Jan Koči, Václav Maděra, Jiří Černý, Robert/ 2019	۸ نوع آب و هوا/ پراگ، جمهوری چک	مسکونی	واقعی: خانه دو طبقه مدرن مستطیل شکل (۱۱/۴ × ۱۶/۳۵ مترمربع)	اثرات گرمایش جهانی، مجموعه داده‌های مختلف آب و هوایی و استفاده از روش‌های مختلف ارزیابی انرژی ساختمان	تقتضای انرژی گرمایش و سرمایش	شبیه‌سازی پارامتری	DB uses EP dynamic simulation	کاهش تقاضای انرژی گرمایشی به‌طور متوسط در پنج سال گذشته تقریبا ۴ درصد در مقایسه با سال اول و تفاوت بیش از ۱۵ درصد با سال جدید. افزایش تقاضای انرژی سرمایشی حدود ۴ درصد در عرض پنج سال گذشته. کاهش ۱۲ تا ۱۵ درصد انرژی مصرف شده برای گرمایش و افزایش ۲۰ درصد انرژی مورد نیاز برای سرمایشی
Fathi Soheil & Kavoosi Allahbakhsh/ 2021	مناطق مختلف آب و هوایی ایران	اداری	مجازی: ساختمان اداری بلندمرتبه	تأثیر پنجره‌های الکتروکرومیک (EC)، انواع شیشه‌های مختلف، ساختمان فتوولتائیک یکپارچه (BIPV) و سیستم مدیریت انرژی ساختمان (BEMS)	مصرف انرژی سالانه	شبیه‌سازی پارامتری	-	مصرف انرژی ساختمان یا استفاده از پنجره‌های الکتروکرومیک و سایر ابزارها تا ۳۵/۵۷ درصد کاهش می‌یابد. اختلاف بین شبیه‌سازی و نتایج واقعی حداقل ۱/۶ و حداکثر ۶/۲۲ درصد پیش‌بینی شده است.

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-19]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1401.11.41.7.9]
[DOI: 10.52547/hafthesar.11.41.7]

روش تحقیق

پژوهش حاضر از لحاظ هدف تحقیقی کاربردی و نوع مطالعه آن کتابخانه‌ای است. سپس با بهره‌گیری از شبیه‌سازی کامپیوتری به جمع‌آوری، طبقه‌بندی و تجزیه و تحلیل داده‌ها پرداخته می‌شود. روش بررسی فرضیه‌ها و پاسخگویی به سوالات توصیفی- تحلیلی است. متغیر وابسته میزان مصرف انرژی در ساختمان‌های مسکونی بلندمرتبه است و متغیر مستقل نسبت پنجره به دیوار، ویژگی‌های شیشه و مصالح پوسته ساختمان‌های بلندمرتبه است. طرح کلی روش انجام پژوهش حاضر در نمودار ۱ نشان داده شده است. ابزار این پژوهش، شبیه‌سازی به وسیله نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر (Design Builder) است که عملکرد پوسته‌های ساختمان تحت تأثیر مؤلفه‌هایی از قبیل نسبت پنجره به دیوار، ویژگی‌های شیشه و مصالح مورد بررسی قرار می‌گیرد. نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر یکی از نرم‌افزارهای معتبر و به‌روز مدل‌سازی انرژی است (مفیدی شمیرانی و دیگران ۱۳۹۲ ؛ حافظی، زمردیان، و تحصیلدوست ۱۳۹۵) که مصارف مختلف انرژی در ساختمان نظیر انرژی گرمایشی، سرمایشی، روشنایی، آب گرم مصرفی، تهویه و سایر تجهیزات مکانیکی و الکتریکی را به‌صورت دینامیک مدل‌سازی می‌کند و در نهایت، مصرف انرژی سالانه، ماهانه و حتی روزانهٔ ساختمان‌ها را در قالب جداول و نمودارها نمایش می‌دهد. موتور شبیه‌سازی این نرم‌افزار انرژی پلاس بوده که توسط بخش انرژی آمریکا در سال ۲۰۱۱ توسعه یافته و مورد تأیید واقع شده است (ASHRAE 2012). مطالعات نشان می‌دهد که ابزار شبیه‌سازی انرژی‌پلاس (۳۴ درصد) و سپس دیزاین‌بیلدر (۱۳ درصد) به‌طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار گرفته است (Bano & Sehgal, 2018; Nguyen, Reiter, & Rigo, 2014). نرم‌افزار شبیه‌سازی دیزاین‌بیلدر در پژوهش‌های زیادی اعتبارسنجی شده و نتایج، دقت نرم‌افزار و پایایی و روایی داده‌های خروجی را گزارش کرده‌اند. بنابراین، پژوهش حاضر با هدف عدم تکرار، به نتایج مذکور استناد کرده است (W. Stec & A. Van Paassen, 2003; حافظی et al., 1395; غیائی et al., 2013).

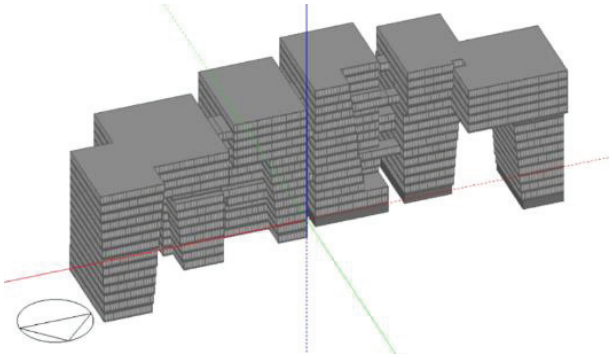


نمودار ۱- طرح روش پژوهش

سناریوهای شبیه‌سازی

در این پژوهش، با توجه به چهار جبهه ساختمان و دو فصل سرد و گرم، مجموعاً ۵۶ سناریو تعریف شده است. در ابتدا، مدلی شبیه به ساختمان موجود با ۱۵ طبقه و سقف تخت با ارتفاع کف به کف طبقات ساختمان ۴ متر انتخاب شده است. زیربنای فضا ۲۸۷۲۸ مترمربع و حجم فضا ۹۲۹۱۴ مترمکعب می‌باشد. بدنه اصلی برج‌ها در قسمت پایین از هم مجزا بوده و در وجوه مختلف به‌صورت شیبدار حرکت می‌کند و چهار بلوک از آن در طبقات فوقانی به یکدیگر متصل می‌شوند. سطح پنجره به خواستهٔ طراح و برای تأمین دید مناسب در حالت مرجع ۵۰ درصد از مساحت کل سطح جداره را تشکیل می‌دهند. ارتفاع پنجره ۱/۵۰ متر، فاصله هر پنجره بر روی نمای ساختمان ۵ متر، ارتفاع پایه پنجره از پایه بلوک ۰/۸ متر و عمق پنجره صفر در نظر گرفته شده است. همچنین قاب پنجره‌ها از جنس آلومینیوم ترمال بریک[۱۰] می‌باشد. هندسه شماتیک ساختمان در تصویر ۱ نشان داده شده است. خواص مواد ساختمانی و ساختار فیزیکی پوسته بنا در این مدل در جدول۲ خلاصه شده است.

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-19]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1401.11.41.7.9]
[DOI: 10.52547/hafthesar.11.41.7]

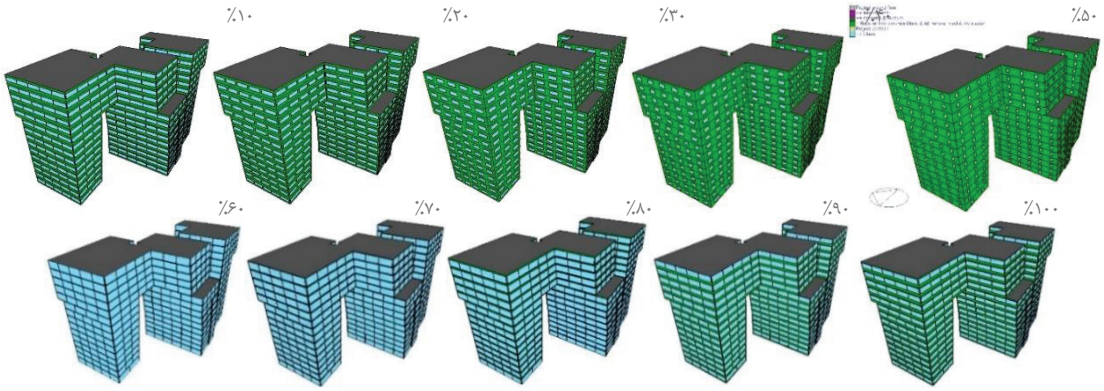


تصویر ۱- هندسه شماتیک ساختمان (دیزاین‌بیلدر)

جدول۲ - جزئیات ساختمان موجود

نوع جداره	مشخصات
کف	۱۵ سانتی‌متر دال بتنی/ ۱۰ سانتی‌متر فوم بتن/ ۳ سانتی‌متر ملات/ ۲ سانتی‌متر سنگ مرمریت اسلب
سقف	۱۵ سانتی‌متر دال بتنی/ ۱۲میلی‌متر گچ برگ
دیوار خارجی	نمای پوسته‌ای؛ پانل خارجی: ۲ سانتی‌متر بتن مسلح به الیاف شیشه (GFRC)/ پانل داخلی: ۱۰ سانتی‌متر بتن اتوکلاو شده/ ۵ سانتی‌متر فوم پلی‌استایرن دانسیته/ ۱۲ میلی‌متر گچ برگ
پنجره	پانل داخلی، دوجداره، شفاف (۴ میلی‌متر/ ۴ میلی‌متر)، لمینیت شده/ لایه گاز آرگون (۱۰ میلی‌متر)/ پانل خارجی، تک‌جداره، رنگی (۶ میلی‌متر)، بدون لمینیت
قاب پنجره	آلومینیوم ترمال بریک (Thermal Break)
نسبت پنجره به دیوار	۵۰ درصد

در وضع موجود، ۵۰ درصد از نمای ساختمان در چهار جهت شمال، جنوب، شرق و غرب از جنس شیشه است، در ادامه به‌منظور آزمایش تأثیر نسبت پنجره، ۹ سناریو (۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰، ۹۰ و ۱۰۰ درصد) نیز شبیه سازی شده است (تصویر۲). به غیر از مدل با نسبت پنجره به دیوار ۱۰۰ درصد، برای مقادیر دیگر نسبت پنجره به دیوار، دیوار خارجی از ۲ سانتی‌متر بتن مسلح به الیاف شیشه ($U=1/23\ W/m^2K$)، ۱۰ سانتی‌متر بتن اتوکلاو شده ($U=0/18\ W/m^2K$)، ۵ سانتی‌متر فوم پلی‌استایرن دانسیته ($U=0/03\ W/m^2K$) و ۱۲ میلی‌متر گچ برگ ($U=0/7\ W/m^2K$) تعریف شده است.

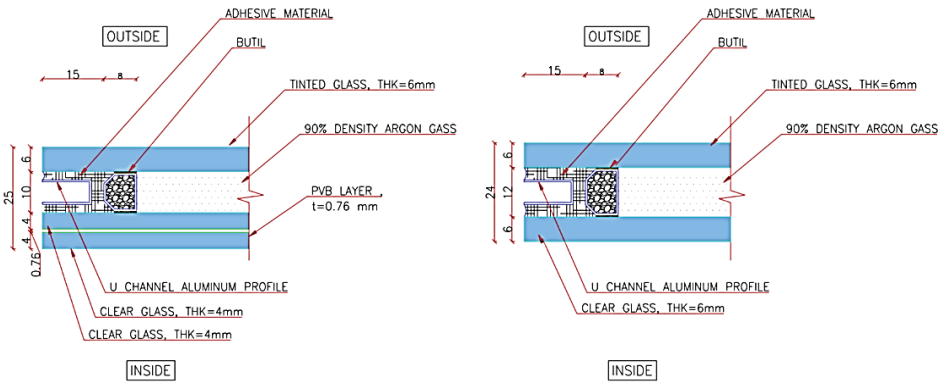


تصویر ۲- هندسه شماتیک ساختمان با انواع نسبت پنجره به دیوار (دیزاین‌بیلدر)

هنگام طراحی پنجره تعداد لایه‌های شیشه و نوع شیشه از فاکتورهای مهمی است که طراحان به آن‌ها توجه می‌کنند و می‌تواند به بر میزان نور و گرمای دریافت شده تأثیر بگذارد (Hassan & Al-Ashwal, 2015). عملکرد حرارتی پنجره اساساً به ضریب انتقال حرارت وابسته است. در شرایط مختلف آب و هوایی از طریق وسایل مختلف از جمله اضافه کردن لایه‌های شیشه بیش‌تر، استفاده از روکش‌های ویژه برای کنترل اشعه خورشید و پر کردن شکاف بین دو لایه با گاز رسانای حرارتی کم مانند آرگون یا کریپتون عملکرد شیشه بهبود می‌یابد (Al-Saadi,

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-19]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1401.11.41.7.9]
[DOI: 10.52547/hafthesar.11.41.7]

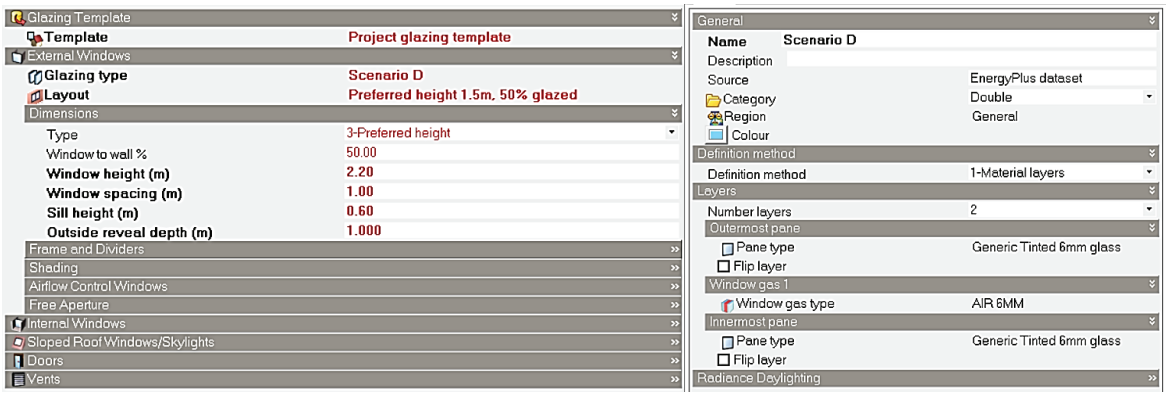
2006; Carmody, Selkowitz, Lee, Arasteh, & Willmert, 2004). در مدل پایه، پنجره با دو لایه شیشه ۶ میلی‌متری دوجداره بدون لمینیت ساخته شده حال آن‌که در سناریوهای جدید، یکی از جداره‌ها با دو لایه شیشه ۴ میلی‌متری لمینیت ساخته شده است (تصویر ۳). از مزایای لمینیت کردن می‌توان به استحکام بالاتر و جذب اشعه توسط ساختار شیشه اشاره کرد که مانع از تغییر رنگ فرش و مبلمان داخلی فضا می‌شود. در جدول۳ سناریوهای مدل‌سازی مؤلفه‌های شیشه نشان داده شده است. همچنین به‌عنوان نمونه، در تصویر ۴ داده‌های ورودی برای مشخصات شیشه در سناریو D در محیط نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر نمایش داده شده است.



تصویر ۳– ساختار شیشه مدل پایه (راست)، ساختار شیشه پیشنهادی (چپ)

جدول۳– سناریوهای مدل‌سازی مؤلفه‌های شیشه

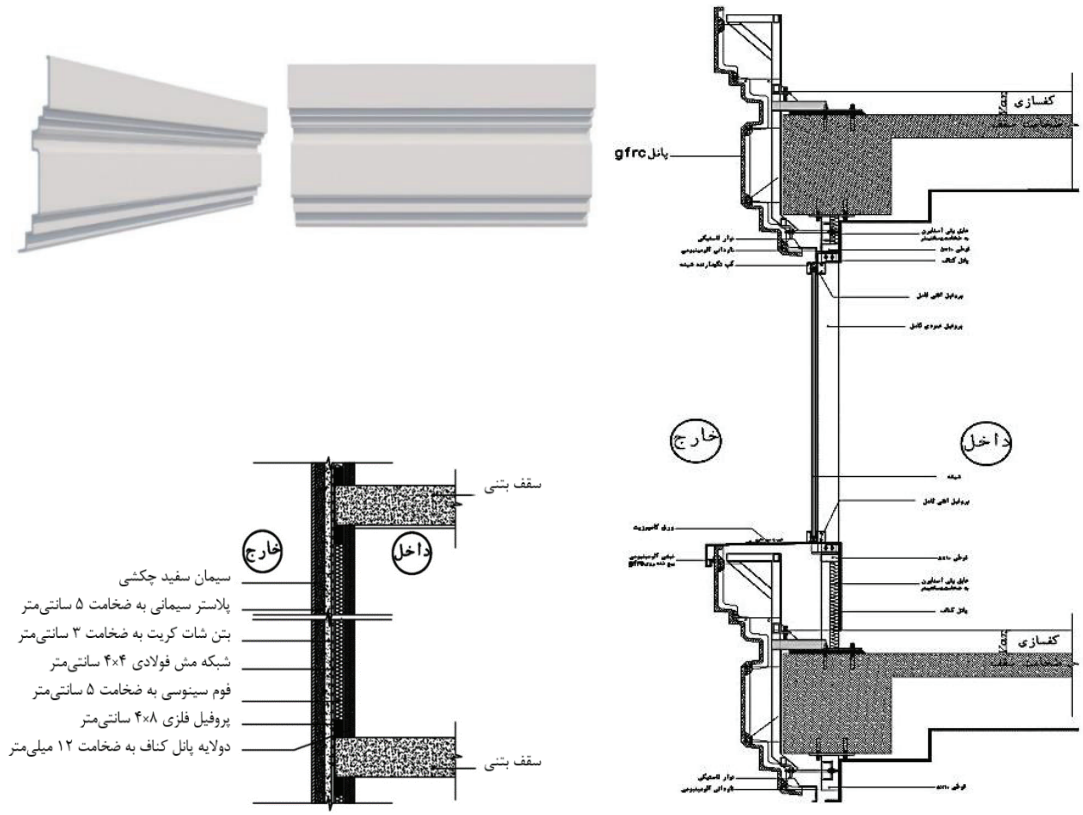
ویژگی‌های شیشه	ضریب انتقال حرارت (W/m^2-K)	انتقال حرارت خورشیدی
سناریو پایه: پانل داخلی، دوجداره، شفاف (۴ میلی‌متر/ ۴ میلی‌متر)/ لایه گاز آرگون (۱۰ میلی‌متر)/ پانل خارجی، تک‌جداره، رنگی (۶ میلی‌متر)	۱/۰۹	۰/۴۴
سناریو A: تک‌جداره، شفاف (۱۰ میلی‌متر)	۵/۶۷	۰/۷۴
سناریو B: تک‌جداره، رنگی (۱۰ میلی‌متر)	۵/۶۷	۰/۳۰
سناریو C: دوجداره، شفاف (۶ میلی‌متر/ ۶ میلی‌متر)، لایه هوا (۶ میلی‌متر)	۲/۴۰	۰/۶۰
سناریو D: دوجداره، رنگی (۶ میلی‌متر/ ۶ میلی‌متر)، لایه هوا (۶ میلی‌متر)	۲/۴۰	۰/۱۶
سناریو E: دوجداره، شفاف (۶ میلی‌متر/ ۶ میلی‌متر)، لایه گاز آرگون (۱۰ میلی‌متر)	۲/۵۵	۰/۷۰
سناریو F: دوجداره، رنگی (۶ میلی‌متر/ ۶ میلی‌متر)، لایه گاز آرگون (۱۰ میلی‌متر)	۲/۵۵	۰/۳۹
سناریو G: پانل داخلی، دوجداره، شفاف (۴ میلی‌متر/ ۴میلی‌متر)/ لایه هوا (۶ میلی‌متر)/ پانل خارجی، تک‌جداره، شفاف (۱۰ میلی‌متر)	۱/۰۹	۰/۴۴
سناریو H: پانل داخلی، تک‌جداره، شفاف (۱۰ میلی‌متر)/ لایه هوا (۶ میلی‌متر)/ پانل خارجی، دوجداره، شفاف (۶ میلی‌متر/ ۶ میلی‌متر)	۱/۰۹	۰/۴۴
سناریو I: سه جداره، شفاف (۶ میلی‌متر/ ۶ میلی‌متر/ ۶ میلی‌متر)، لایه هوا (۶ میلی‌متر/ ۶ میلی‌متر)	۱/۷۱	۰/۴۶
سناریو J: سه جداره، شفاف (۴ میلی‌متر/ ۴ میلی‌متر/ ۴ میلی‌متر)، لایه گاز آرگون (۱۰ میلی‌متر/ ۱۰ میلی‌متر)	۰/۸۱	۰/۵۱



تصویر ۴– داده‌های ورودی برای مشخصات شیشه در سناریو D در محیط نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر

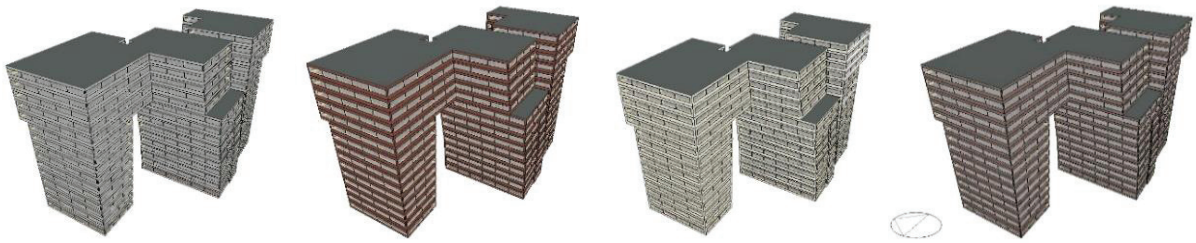
[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-19]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1401.11.41.7.9]
[DOI: 10.52547/hafthesar.11.41.7]

در این پژوهش، مصالح دیوار خارجی ساختمان از ۲ سانتی‌متر بتن مسلح به الیاف شیشه (GFRC) (U=1/23W/m²K)، ۱۰ سانتی‌متر بتن اتوکلاو شده[۱۰] (U=0/18 W/m²K)، ۵ سانتی‌متر فوم پلی‌استایرن دانسیته (U=0/03W/m²K) و ۱/۲ سانتی‌متر گچ‌برگ (U=0/4W/m²K) تشکیل شده است که سناریو پایه را تشکیل می‌دهد. در تصویر ۵ دیتیل اجرای بتن مسلح به الیاف شیشه و پلاستر سیمان نشان داده شده است.



تصویر ۵- دیتیل اجرای بتن مسلح به الیاف شیشه (GFRC) (راست)؛ و پلاستر سیمان

پوسته خارجی ساختمان با انواع مختلف مصالح جایگزین می‌شود تا بتوانند توان بالقوه خود را برای تکمیل انرژی مورد بررسی قرار دهند. با توجه به تنوع مصالح و بعضاً ضریب انتقال حرارتی و رفتارهای فیزیکی مشابه مصالح، در این پژوهش به استفاده از مصالح معمول و متداول پوسته که قابلیت تغییر و بسط دادن به نمونه‌های مشابه را نیز داشته باشد، بسنده شده است. به این منظور، ۲۰ سانتی‌متر آجر نما (U=1W/m²K)، ۳۰ سانتی‌متر سنگ گرانیت (U=2/9W/m²K) و ۵ سانتی‌متر پلاستر سیمان (U=0/72W/m²K) در نظر گرفته شده است (تصویر ۶). در ادامه سناریوهای مدل‌سازی مؤلفه‌های مصالح ساختمان نشان داده شده است (جدول۴).



تصویر ۶- هندسه شماتیک ساختمان با انواع مصالح ساختمان (دیزاین‌بیلدر)

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-19]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1401.11.41.7.9]
[DOI: 10.52547/hafthesar.11.41.7]

جدول ۴- سناریوهای مدل‌سازی مؤلفه‌های مصالح ساختمان

نوع جدار	مصالح	ضخامت (m)	رسانش حرارتی (W/m^2-k)	گرمای ویژه (J/kgK)	چگالی (kg/m^3)
دیوار خارجی	سناریو پایه: بتن مسلح به الیاف شیشه (GFRC)	۰/۰۲	۱/۲۳	۸۴۰	۲۲۰۰
	سناریو A: آجر نما	۰/۲	۰/۷۲	۸۴۰	۱۹۲۰
	سناریو B: سنگ گرانیت	۰/۳	۲/۹	۸۹۶	۲۷۰۰
	سناریو C: پلاستر سیمان	۰/۵	۰/۷۲	۸۴۰	۱۸۶۰

در کنار شبیه‌سازی، یک بررسی میدانی جهت استفاده نمای پوسته‌ای و دیوار پیرامونی به‌عنوان عایق حرارتی و برودتی صورت گرفته است. در این آزمایش، بتن اتوکلاو شده به ضخامت ۸ سانتی‌متر به مدت تقریبی ۶۰ دقیقه، یک سمت دیوار تحت شعله مستقیم با حرارتی حدود ۸۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته شد. مشاهدات نشان داد که درجه حرارت سوی دیگر بلوک مذکور از ۴۰ درجه سانتی‌گراد تجاوز نکرد (تصویر ۷). در واقع، این نشان‌دهنده عملکرد این مصالح در قطع حداکثر پل حرارتی در پوسته نما و دیوارهای پیرامونی است. محصول در هسته مرکزی دیوارهای پیرامونی در میان پانل خارجی بتن مسلح به الیاف شیشه و لایه داخلی گچ برگ کناف به‌کار رفته است.



تصویر ۷- آزمایش میدانی نمای پوسته‌ای به‌عنوان عایق حرارتی و برودتی

یافته‌های تحقیق

ابتدا به بررسی نمونه مورد مطالعه و پس از آن به تجزیه و تحلیل نتایج حاصل از پژوهش پرداخته می‌شود. اعداد ذکرشده در نمودارها توصیف کمّی انرژی ساختمان است و قابل قیاس با مصرف انرژی ساختمان در شرایط عینی نبوده و نباید جایگزین آن گردد. پارامترهای متعددی بر مصرف انرژی دخیل است؛ از این رو مصرف انرژی یک ساختمان در شرایط واقعی در ساختمان مسکونی مشابه ممکن است بیش از مقادیر ذکرشده باشد. ازآن‌جایی که داده‌های اولیه و مفروضات شبیه‌سازی در تمام موارد انجام شده یکسان است، تأثیر این پارامترها خطایی در نتایج ایجاد نمی‌کند.

نمونه مورد مطالعه

نمونه مورد مطالعه این پژوهش، برج‌های مسکونی پزشکان آبشار است (تصویر ۸) که در محل تلاقی اتوبان‌های آبشار و شهید کشوری، در مجاورت میدان بزرگ شهید قوچانی و حاشیه سبز زاینده‌رود در اقلیم گرم و خشک اصفهان با طول جغرافیایی ۵۱/۶۷ درجه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲/۴۷ درجه شمالی و ارتفاع ۱۵۵۰ متر از سطح دریا می‌باشد واقع شده است. تصویر ۹ موقعیت منطقه مورد مطالعه، استان اصفهان، در مرکز ایران را نشان می‌دهد.



تصویر ۸- برج‌های مسکونی پزشکان آبشار

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-19]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1401.11.41.7.9]
[DOI: 10.52547/hafthesar.11.41.7]



تصویر ۹- موقعیت منطقه مورد مطالعه، استان اصفهان، در مرکز ایران

این ساختمان در زمینی به وسعت ۱۵ هزار مترمربع شامل مجموعه‌ای ۱۵ طبقه با زیربنای تقریبی ۸۰ هزار مترمربع در ۴ بلوک ساختمانی می‌باشد. به‌عنوان نمونه یکی از بلوک‌ها به اختصار معرفی می‌گردد (تصویر۱۰). در تمام بلوک‌های ساختمانی این پروژه، از مدول‌بندی ۱۲۰ سانتی‌متر در عرض و ۱۷۵ سانتی‌متر در ارتفاع در تمام قسمت‌های سرتاسری و منقطع استفاده شده است.

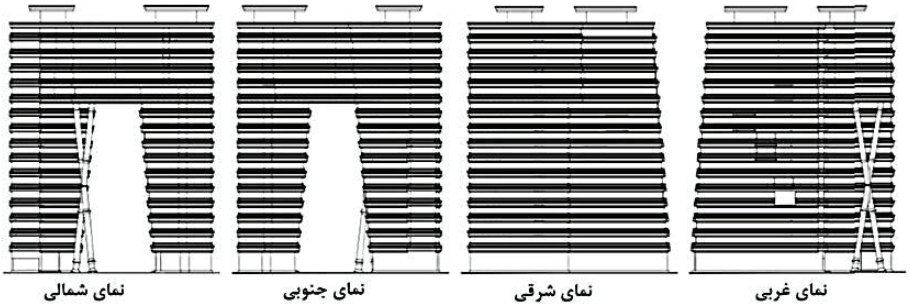


تصویر ۱۰- نمایش سایت پلان و نمونه پلان‌ها

فرم کلی بنا به گونه‌ای طراحی شده که بدنه اصلی برج‌ها در قسمت پایین از هم مجزا بوده و در وجوه مختلف به‌صورت شیبدار حرکت می‌کند و چهار بلوک از آن در طبقات فوقانی به یکدیگر متصل می‌شوند. تصویر۱۱ نمای برج‌های مسکونی پزشکان آبشار را در چهار جبهه مختلف نشان می‌دهد. پوسته ساختمان ترکیبی از پانل‌های پیش‌ساخته بتن مسلح به الیاف شیشه[۷]

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-19]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1401.11.41.7.9]
[DOI: 10.52547/hafthesar.11.41.7]

(GFRC) بـه رنـگ اسـتخوانی متمایـل بـه کـرم، بـتن اتـوکلاو شـده[8] کـه باعـث کـاهش تلفـات حرارتـی و برودتـی مـی‌گـردد، فـوم پلی‌اسـتایرن دانسـیته و گـچ بـرگ اسـت. همچنـین نمـای کـرتین‌وال[9] بـا پروفیـل پنجـره‌هـا از جـنس آلومینیـوم و شیشـه‌هـای دوجـداره شفاف لمینیت شده در پانل داخلی و شیشـه‌هـای تـک‌جـداره رنگـی بـدون لمینیـت مـی‌باشـد کـه ۱۰ میلـی‌متـر حفـره هـوا (گـاز آرگـون) بـین دو لایـه اسـت. بـرای ارائـه اطلاعـات آب و هـوایی کامـل، اطلاعـات هواشناسـی از ایسـتگاه هواشناسـی سـینوپتیک و جـو بـالای اصفهان استفاده شده است.



تصویر ۱۱- نمای برج‌های مسکونی پزشکان آبشار را در چهار جبهه مختلف

بحث

با توجه به یافته های تحقیق، شیشه سه‌جداره شفاف با لایه گاز آرگون و کاهش میزان نفوذ هوا باعث کاهش تقاضای انرژی گرمایشی و انرژی سرمایشی می‌شود. همچنین نسبت پنجره به دیوار حدود ۲۰ درصد، باعث تعادل مناسب برای کاهش گرما در تابستان و افزایش گرمای خورشیدی و انتقال گرما در زمستان می‌شود. علاوه‌بر این، از لحاظ بار گرمایشی و سرمایشی، پوسته خارجی ساختمان با پلاستر سیمان باعث کاهش و افزایش مصرف انرژی در زمستان و تابستان شده است. بنابراین در مجموع، مدل مطلوب دارای ویژگیهای مشخص شده در جدول ۸ می باشد. این مدل ممکن است از نظر هزینه های اولیه اجرا کاملاً اقتصادی نباشد، اما انتظار می‌رود پتانسیل صرفه‌جویی بالا در مصرف انرژی فراهم نماید. بر این اساس، تغییرات مذکور شامل ۲۰ درصد نسبت پنجره به دیوار با سه جداره شیشه ۴ میلی متر و لایه گاز آرگون و پلاستر سیمان روی مدل پایه (ساختمان موجود) اعمال شده و مصرف انرژی ساختمان مجدد براورد شد. مقایسه نتایج سناریوهای پیشنهادی با مدل پایه نشان می‌دهد تفاوت‌ها کاملا قابل توجه هستند. شیشه سه‌جداره شفاف با لایه گاز آرگون و مدل مطلوب ۱۶/۵ درصد کاهش انرژی گرمایشی ۳/۲۹ درصد کاهش انرژی سرمایشی را نسبت به مدل پایه نشان داد. با این حال، جایگزین نسبت پنجره به دیوار ۲۰ درصد منجر به افزایش ۲/۴ درصدی مصرف انرژی روشنایی الکتریکی گردید. همچنین مصرف انرژی کل ۱۲/۵ درصد کاهش یافت (جدول ۹). نمودار ۵ تفاوت های مذکور بین مدل مرجع و مدل پیشنهادی به تفکیک تفاوت مربوط به نسبت پنجره به دیوار، نوع پنجره و مصالح پوسته مطلوب نشان می‌دهد.

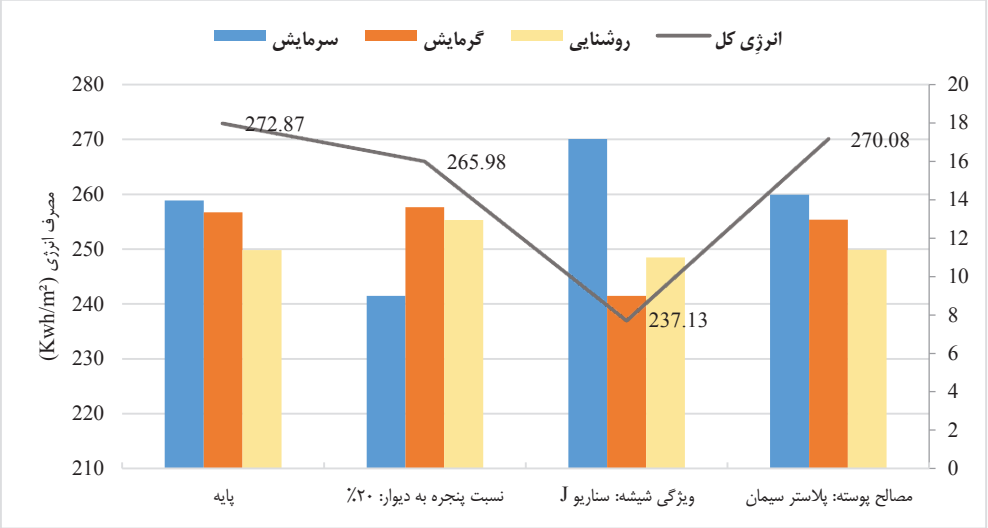
جدول ۸- ترکیب نهایی پارامترهای ساختمان و مقادیر مربوط به راهبردهای یکپارچه

ویژگی‌های شیشه	سه‌جداره- شفاف (۴ میلی‌متر)/ لایه گاز آرگون (۱۰ میلی‌متر)
نسبت پنجره به دیوار	۲۰ درصد
مصالح پوسته	پلاستر سیمان

جدول ۹- مقایسه نتایج صرفه‌جویی گرمایش، سرمایش، روشنایی و انرژی کل برای سناریو جدید و مدل مرجع

مصالح پوسته	گرمایش سالیانه			سرمایش سالیانه			روشنایی سالیانه			انرژی کل	
نوع	کل حرارت (kWh)	گرمایش/ تهویه مطبوع (Wh/m2)	درصد بهینه سازی (%)	کل حرارت (kWh)	سرمایش/ تهویه مطبوع (Wh/m2)	درصد بهینه سازی (%)	کل حرارت (kWh)	روشنایی/ تهویه مطبوع (Wh/m2)	درصد بهینه سازی (%)	انرژی کل منبع	درصد بهینه‌سازی (%)
مدل پایه	۱۰۷۲۸۳۷	۱۳۳۳۷	-	۱۱۲۳۴۰۲	۱۳۹۶۵	-	۳۲۶۶۲۷	۱۱۳۶۹	-	۲۷۲/۸۷	-
مدل جدید	۸۲۲۴۴۴	۱۱۰۷۶	٪۱۳/۹۵	۷۳۲۷۲۳	۹۸۶۸	٪۲۹/۳	۳۰۸۸۲۰	۱۱۶۴۵	٪-۲/۴	۲۳۸/۷۶	٪۱۲/۵

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-19]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1401.11.41.7.9]
[DOI: 10.52547/hafthesar.11.41.7]



نمودار ۵- تجزیه و تحلیل انرژی و مقایسه سناریوهای انتخاب شده بهینه و طراحی مرجع

در مقایسه و تحلیل یافته های پژوهش حاضر با پژوهشهای قبلی، نتایج قابل توجهی بدست آمد. پژوهشی مشابه و در آب و هوای معتدل، شیشه شفاف دوجداره و نسبت پنجره به دیوار ۵۰ درصد توصیه شده است (Raji et al, 2015). در پژوهش دیگری در آب و هوای معتدل، بار غالب در جهت ایجاد آسایش حرارتی، بار گرمایشی بوده و بهترین اندازه نسبت سطح پنجره به دیوار، ۳۵٪ و بهینه‌ترین نوع شیشه، دوجداره ساده می‌باشد. همچنین ابعاد و جنس پنجره تأثیرات قابل توجهی بر کاهش مصرف انرژی و ایجاد آسایش حرارتی داشته است (سلیمانی و هدایتی، ۱۳۹۵). همچنین در مطالعه‌ای نسبت پنجره به دیوار مطلوب در جبهه جنوبی برای آب و هوای سرد ۶۰٪ و برای آب و هوای گرم ۲۰٪ گزارش شده است (Goia, 2016). در بررسی یک ساختمان مسکونی در اقلیم معتدل و مرطوب، میزان مساحت پنجره به دیوار ۲۲ درصد، براساس استانداردها، از جهت میزان مصرف انرژی و تأمین روشنایی مناسب است (محسن‌زاده و همکاران، ۱۳۹۶). همچنین مطالعه دیگری در شهر تهران، افزایش میزان انرژی سرمایشی را به واسطه افزایش سطح پنجره بیش‌تر از افزایش انرژی گرمایشی آن گزارش کرده است. همچنین اندازه پنجره یکی از عواملی است که در اقلیم شهر تهران، در فصول گرم، در مقایسه با فصول سرد، تأثیر بیش‌تری بر میزان مصرف انرژی می‌گذارد (شریک‌زاده و همکاران، ۱۳۹۳).

عملکرد نمای پوسته‌ای همچنین بستگی به مکان ساختمان، آب و هوا، جهت‌گیری، نوع و ابعاد ساخت و ساز و سیستم HVAC دارد (یزدی زاد، ۲۰۱۴). ادبیات موجود در مورد نمای پوسته‌ای طیف گسترده‌ای از جنبه‌های مختلف، مانند سایبان‌ها، نسبت پنجره به دیوار، نوع شیشه، متریال پوسته، تجزیه و تحلیل جریان هوا و مباحث انرژی و تهویه طبیعی را در برمی‌گیرد. در نتیجه استخراج نتایج و خروجی‌هایی با درصدهای متفاوت امری طبیعی است.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش تأثیر مؤلفه‌های پوسته بر مصرف انرژی ساختمان مسکونی بلندمرتبه موجود در آب و هوای گرم و خشک، مورد بررسی قرار گرفت. با استفاده از شبیه‌سازی رایانه‌ای نقش سه مؤلفه پوسته بنا شامل نسبت پنجره به دیوار، ویژگی‌های شیشه و مصالح پوسته بررسی شد. یافته‌ها نشان داد، بیش‌ترین صرفه‌جویی انرژی برای مدل با نسبت پنجره به دیوار ۲۰ درصد (به میزان ۱۱/۰۴ درصد نسبت به مدل پایه) اتفاق می‌افتد. اما افزایش ۲/۵ درصدی انرژی روشنایی الکتریکی را به دنبال دارد. همچنین مدل با پنجره از شیشه سه‌جداره شفاف به ضخامت ۴ میلی‌متر و لایه گاز آرگون ۱۰ میلی‌متر کم‌ترین مصرف انرژی کل را به دنبال دارد. در شرایط آب و هوایی گرم و خشک ، از منظر مصرف انرژی، پلاستر سیمان عملکرد بهتری نسبت به سایر مصالح دارد (علاوه‌بر شکل‌پذیری و تنوع اجرایی). در نهایت استفاده همزمان از استراتژی‌های به‌دست آمده منجر به صرفه‌جویی در مصرف انرژی معادل ۲۹/۳، ۱۶/۹۵ و ۱۲/۵ درصد به‌ترتیب برای انرژی سرمایشی، گرمایشی و انرژی کل می‌شود. این نتایج متأثر از اقلیم گرم و خشک شهر اصفهان بوده و احتمالا نتایج در اقلیم‌های دیگر متفاوت خواهد بود. همچنین این یافته‌ها برای

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-19]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1401.11.41.7.9]
[DOI: 10.52547/hafthesar.11.41.7]

ساختمان موجود و ویژگی‌های خاص آن به‌دست آمد، که ممکن است برای ساختمان‌های دیگر از جمله با فرم و هندسه و جهت‌گیری متفاوت کمی متغیر باشد. پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های بعدی برروی سایر ویژگی‌های پوسته و همچنین تأثیر روی آسایش حرارتی و بصری تمرکز کنند.

پی‌نوشت‌ها

1. HVAC
2. U-Value
3. Solar Heat Gain Coefficient
4. visual Transmittance
5. window-to-wall ratio
6. Building Envelope Optimization
7. Glass Fiber Reinforced Concrete
8. Autoclaved Aerated Concrete
9. Curtainwall
10. Thermal Break

فهرست منابع

- حافظی، م.، زمردیان، ز. و تحصیلدوست، م. (۲۰۱۷). فرایند دستیابی به نمای دوپوستهٔ دارای بهره وری مناسب انرژی، نمونه موردی یک ساختمان اداری در تهران. مطالعات معماری ایران, ۵ (۱۰) : ۱۰۱-۱۲۲.
- غیائی، م.، مهدوی‌نیا، م.، طاهباز، م. و مفیدی شمیرانی، م. (۲۰۱۳). روش‌شناسی گزینش نرم‌افزارهای کاربردی شبیه‌ساز انرژی در حوزه معماری. هویت شهر، ۷ (

- Aksamija, A. (2009). Context Based Design of Double Skin Facades. *Perkins+ Will Research Journal*, 1(1), 54-69
- Aksamija, A. (2013). *Sustainable facades: Design methods for high-performance building envelopes*. John Wiley & Sons.
- Al-Saadi, S. N. (2006*). Envelope design for thermal comfort and reduced energy consumption in residential buildings*. King Fahd University of Petroleum and Minerals (Saudi Arabia).
- Al-Saadi, S. N., & Al-Jabri, K. S. (2017, May). *Energy-efficient envelope design for residential buildings: A case study in Oman*. In 2017 Smart City Symposium Prague (SCSP) (pp. 1-8). IEEE.
- Alalouch, C., Saleh, M. S. E., & Al-Saadi, S. (2016). Energy-efficient house in the GCC region. Procedia-*Social and Behavioral Sciences*, 216, 736-743.
- Ascione, F., De Masi, R. F., de Rossi, F., Ruggiero, S., & Vanoli, G. P. (2016). Optimization of building envelope design for nZEBs in Mediterranean climate: Performance analysis of residential case study. *Applied energy*, 183, 938-957.
- Bano, F., & Sehgal, V. (2019). Finding the gaps and methodology of passive features of building envelope optimization and its requirement for office buildings in India. *Thermal Science and Engineering Progress*, 9, 66-93.
- Capeluto, I. G., & Ochoa, C. E. (2014). Simulation-based method to determine climatic energy strategies of an adaptable building retrofit façade system. *Energy*, 76, 375-384..
- Carmody, J., Selkowitz, S., Lee, E., Arasteh, D., & Willmert, T. (2004). *Window system for high-performance buildings.*
- Cheung, C. K., Fuller, R. J., & Luther, M. B. (2005). Energy-efficient envelope design for high-rise apartments. *Energy and buildings*, 37(1), 37-48.
- DeKay, M., & Brown, G. Z. (2013). *Sun, wind, and light: architectural design strategies*. John Wiley & Sons.
- Elkadi, H. (2016). Cultures of glass architecture. Routledge.
- Elotefy, H., Abdelmagid, K. S., Morghany, E., & Ahmed, T. M. (2015). Energy-efficient tall buildings design strategies: a holistic approach. *Energy Procedia*, 74, 1358-1369.
- Ferrara, M., Filippi, M., Sirombo, E., & Cravino, V. (2015). A simulation-based optimization method for the integrative design of the building envelope. *Energy Procedia*, 78, 2608-2613.
- Fathi, S., & Kavoosi, A. (2021). Effect of electrochromic windows on energy consumption of high-rise office buildings in different climate regions of Iran. *Solar Energy*, 223, 132-149.

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-19]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1401.11.41.7.9]
[DOI: 10.52547/hafthesar.11.41.7]

- Goia, F. (2016). Search for the optimal window-to-wall ratio in office buildings in different European climates and the implications on total energy saving potential. *Solar Energy*, 132, 467-492.
- Hamza, N. (2008). Double versus single skin facades in hot arid areas. *Energy and buildings*, 40(3), 240-248.
- Hashemi, N., Fayaz, R., & Sarshar, M. (2010). Thermal behaviour of a ventilated double skin facade in hot arid climate. *Energy and buildings*, 42(10), 1823-1832.
- Hassan, A. S., & Al-Ashwal, N. T. (2015). Impact of building envelope modification on energy performance of high-rise apartments in Kuala Lumpur, Malaysia. *International Transaction Journal of Engineering, Management, & Applied Sciences & Technologies*, 91-105.
- Hausladen, G., De Saldanha, M., & Liedl, P. (2008). *ClimateSkin*. In ClimateSkin. Birkhäuser.
- Kleiven, T. (2003*). Natural ventilation in buildings: architectural concepts, consequences and possibilities*. Institutt for byggekunst, historie og teknologi.
- Kneifel, J. (2010). Life-cycle carbon and cost analysis of energy efficiency measures in new commercial buildings. *Energy and buildings*, 42(3), 333-340.
- Kočí, J., Kočí, V., Maděra, J., & Černý, R. (2019). Effect of applied weather data sets in simulation of building energy demands: Comparison of design years with recent weather data. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 100, 22-32.
- Košir, M., Gostiša, T., & Kristl, Ž. (2016). Search For An Optimised building envelope configuration during early design phase with regard to the heating and cooling energy consumption. *CESB16-Central Europe towards Sustainable Building*, 805-812.
- Lin, Y. H., Tsai, K. T., Lin, M. D., & Yang, M. D. (2016). Design optimization of office building envelope configurations for energy conservation. *Applied energy*, 171, 336-346.
- McKeen, P., & Fung, A. S. (2014). The effect of building aspect ratio on energy efficiency: A case study for multi-unit residential buildings in Canada. *Buildings*, 4(3), 336-354.
- Nguyen, A. T., Reiter, S., & Rigo, P. (2014). A review on simulation-based optimization methods applied to building performance analysis. *Applied energy*, 113, 1043-1058.
- Offiong, A., & Ukpoho, A. U. (2004). An analysis of solar gain through externally shaded window of buildings. *Renewable energy*, 29(1), 131-150.
- Oral, G. K., Yener, A. K., & Bayazit, N. T. (2004). Building envelope design with the objective to ensure thermal, visual and acoustic comfort conditions. *Building and Environment*, 39(3), 281-287.
- Paiho, S., Seppä, I. P., & Jimenez, C. (2015). An energetic analysis of a multifunctional façade system for energy efficient retrofitting of residential buildings in cold climates of Finland and Russia. *Sustainable cities and society*, 15, 75-85.
- Pérez-Lombard, L., Ortiz, J., & Pout, C. (2008). A review on buildings energy consumption information. *Energy and buildings*, 40(3), 394-398.
- Raji, B., Tenpierik, M. J., & Van Den Dobbelsteen, A. (2016). An assessment of energy-saving solutions for the envelope design of high-rise buildings in temperate climates: A case study in the Netherlands. *Energy and Buildings*, 124, 210-221.
- Raji, B., Tenpierik, M. J., & Van den Dobbelsteen, A. (2017). Early-stage design considerations for the energy-efficiency of high-rise office buildings. *Sustainability*, 9(4), 623.
- Santoro, C., Abad, F. B., Serov, A., Kodali, M., Howe, K. J., Soavi, F., & Atanassov, P. (2017). Supercapacitive microbial desalination cells: new class of power generating devices for reduction of salinity content. *Applied energy*, 208, 25-36.
- Shandilya, A., & Streicher, W. (2017). Performance and Cost Analysis of Retrofit Strategies Applied to a Sample Single Family House Located in New Delhi India Assisted by TRNSYS Energy Simulation Tool-A Case Study. *International Journal of Engineering and Technical Research*, 6(11), 304-312.
- Shuttleworth, K., & Principal, M. (2008, March). Form and Skin: antidotes to transparency in high rise buildings. *In CTBUH 8th World Conference*.

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.23225602.1401.11.41.7.9]

[DOI: 10.52547/hafthesar.11.41.7]

- Stec, W., & Van Paassen, D. (2003, August). Defining the performance of the double skin facade with the use of the simulation model. *In 8th International IBPSA Conference Building Simulation* (Vol. 2, pp. 1243-1250).
- Zhao, M., Künzel, H. M., & Antretter, F. (2015). Parameters influencing the energy performance of residential buildings in different Chinese climate zones. *Energy and Buildings*, 96, 64-75.

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.23225602.1401.11.41.7.9]
[DOI: 10.52547/hafthesar.11.41.7]

Investigating the role of high-rise building shell elements in reducing energy consumption (Case study: Isfahan Pezeshkan Abshar' residential high-rise buildings)

Mojtaba Janghorban, *Master of Architucture, Department of Architecture, Advancement in Architucture and Urban Planning Research centre, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Najafabad, Iran.*
Shahab Kariminia*, *Assistant Professor, Department of Architecture, Advancement in Architucture and Urban Planning Research centre, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Najafabad, Iran.*
Maryam Farokhi, *Assistant Professor, Department of Urban Planning, Advancement in Architucture and Urban Planning Research centre, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Najafabad, Iran.*
Mahsa Jafari, *Master of Architucture, Department of Architecture, Advancement in Architucture and Urban Planning Research centre, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Najafabad, Iran.*

Received: 2021/4/28 *Accepted: 2022/1/12*

Introduction: people consume considerable energy to provide and maintain environmental conditions for thermal comfort in high-rise residential buildings, which largely depends on the shell design components. Therefore, to achieve high values of energy saving in buildings, design measures with high impact must be defined and then optimized. This research seeks to answer the question of how the components of the building shell affect the energy consumption of high-rise residential buildings in a hot and dry climate.
Methodology: The current research aims to achieve the optimal components of the shell design in high-rise buildings in hot and dry climates to establish thermal comfort conditions and primary energy storage (electricity and natural gas). For this purpose, the article selected an existing high-rise residential building as a case study in Isfahan to compare energy consumption before and after optimization using Design Builder computer simulation software.
Results: The analysis according to the energy simulations has shown that each of the components of the shell is suitable for various changes in reducing the energy consumption of the building. The three components selected to enhance the energy performance of the building shell include window-to-wall ratio, glass properties, and shell materials. The results have shown that the window-to-wall ratio of 20% is 11.04% better than the base model (50%). Also, the shell facade with 4 mm thick transparent triple-paned glass and 10 mm argon gas layer leads to the maximum total energy saving. In hot and dry weather conditions, cement plaster has indicated better performance than other materials.
Conclusion: This study results in the design of a high-performance shell and significant savings in energy consumption (about 12.5% for total energy, 16% for heating, and 29% for cooling). It also increases the energy of electric lighting by 2.5%.
Keywords: high-rise building, shell elements, energy consumption, Isfahan city.

* Corresponding Author's E-mail: sh.kariminia@par.iaun.ac.ir

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-19]
[DOR: 20.1001.1.23225602.1401.11.41.7.9]
[DOI: 10.52547/hafthesar.11.41.7]