مقاله پژوهشی

فصلنامه پژوهش های نوین در مهندسی محیط زیست
دوره دوم، شماره ۵، بهار ۱۴۰۳، صفحات ۱-۱۴
شاپا الکترونیکی: ۰۹۳۰-۲۹۸۱

مدلسازی مصرف انرژی در ساختمان‌های بلندمرتبه شهری تحت سناریوهای چندگانه و با تاکید بر نما در معماری سبز

تبسم طبسی دانشجوی دکتری معماری، گروه معماری، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران
امیر فرج‌الهی‌راد* استادیار گروه هنر و معماری، واحد تهران، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
وحید احمدی استادیار گروه معماری، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران
حمید رضا شعاعی استادیار گروه معماری، واحد شاهرود، دانشگاه آزاد اسلامی، شاهرود، ایران

چکیده مبسوط

مقدمه: امروزه، از معماری سبز به عنوان ابزاری برای ارتقای کیفیت محیط شهری، مصرف بهینه انرژی و نیز کاهش آلودگی‌ها نام برده می‌شود. هدف از این تحقیق، مدلسازی میزان مصرف انرژی در ساختمان‌های بلندمرتبه تحت سناریوهای چندگانه و با تاکید بر نمای ساختمان در معماری سبز می‌باشد.

مواد و روش‌ها: ابتدا مولفه‌های مرتبط با نمای ساختمان‌های بلندمرتبه که در مصرف بهینه انرژی موثر هستند، در دو سبک معماری پارامتریک و سبز استخراج شدند. سپس، با استفاده از پنل خبرگان ۱۵ نفره اقدام به اولویت‌بندی مولفه‌ها گردید. در گام سوم، با استفاده از داده‌های پرسشنامه و نرم‌افزار SPSS, 22 و ضریب همبستگی تحلیل آماری گردید. در گام چهارم، برای شبیه‌سازی از یک مدل فرضی ساختمان بلندمرتبه در نرم افزار راینو (RHINO Software)که به وسیله افزونه گرس هاپر (Grasshopper)به طور پارامتریک ساخته شده بود، استفاده شد. در انتها، در قالب سناریوهای چندگانه و شبیه‌سازی میزان مصرف انرژی تحلیل گردید.

نتایج و بحث: از بین ۱۸ مولفه شناسایی‌شده مرتبط با اوریگامی، ۴ عامل "رنگ"، "فرم بنا"، "موقعیت بازشوها" و "جنس مصالح" در مصرف بهینه انرژی نقش دارند. نتایج شبیه سازی نشان می‌دهد، میزان دریافت تابش سالیانه در مدل اولیه (حالت پایه) برابر با ۲۰۲۹،۱۸ کیلووات ساعت می‌باشد. الگوی معماری پارامتریک، ۸،۳۴ درصد بیشتر از مدل اولیه تابش جذب کرده است. در الگوی معماری سبز میزان افزایش جذب انرژی خورشیدی ۹/۹۸ درصد بیشتر از حالت پایه بوده است. به علاوه، نرخ صرفه‌جویی مصرف انرژی نیز در الگوی معماری سبز ۲۸/۲۴ درصد بوده که نسبت به معماری پارامتریک (۱۱/۱۷ درصد) بوده است. از میان مولفه‌های موثر بر مصرف بهینه انرژی که در نماسازی سازه‌های بلند شهری کاربرد دارند، مولفه "جنس مصالح" با ضریب ۱۳۰ بیشترین سهم را داشته و پس از آن مولفه‌های "رنگ مصالح" و "آلبدو" به ترتیب با ضرایب ۱۲۰ و ۱۱۰ قرار دارند. در انتهای این رده‌بندی نیز مولفه "تعداد بازشوها" با ضریب ۴۰ قرار دارد.

نتیجه‌گیری: توجه بر مواردی نظیر جنس مصالح، رنگ مصالح، نوع پنجره‌ها، تعداد و موقعیت بازشوها، جنس و زاویه سایبان‌ها و ... می‌تواند میزان مصرف انرژی داخلی ساختمان را کاهش دهد و از طرف دیگر، با جذب انرژی حرارتی در فصل سرد سال، نیاز به انرژی را کاهش دهد.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۰۹
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۲۸
واژه‌های کلیدی: مدلسازی انرژی، معماری سبز، معماری پارامتریک، ساختمان‌های بلندمرتبه، نمای ساختمان

نویسنده مسئول: امیر فرج‌الهی‌راد
نشانی: گروه هنر و معماری، واحد تهران، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. **تلفن:** ۰۹۱۲۱۱۰۶۶۹۲ **پست الکترونیکی:** amirfrod@modares.ac.ir

استناد: طبسی تبسم، فرج‌الهی‌راد امیر، احمدی وحید، حمید رضا شعاعی. مدلسازی مصرف انرژی در ساختمان‌های بلندمرتبه شهری تحت سناریوهای چندگانه و با تاکید بر نما در معماری سبز. پژوهش‌های نوین در مهندسی محیط زیست. ۱۴۰۳؛ ۲(۵): ۱-۱۴.

حقوق نویسندگان محفوظ است. این مقاله با دسترسی آزاد و تحت مجوز مالکیت خلاقانه http://creativecommons.org/licenses/by/4.0 در فصلنامه پژوهش‌های نوین در مهندسی محیط زیست منتشر شده است. هرگونه استفاده غیرتجاری فقط با استناد و ارجاع به اثر اصلی مجاز است.

مقدمه

افزایش روزافزون مصرف انرژی در تمام جنبه‌های زندگی و محدودیت منابع انرژی از یک‌سو و مصرف بی‌رویه آن توسط جوامع مختلف از سوی دیگر، علاوه بر ایجاد آلودگی‌های محیط زیستی و هدردادن سرمایه‌های ملی، زندگی آینده بشر را با مخاطره مواجه کرده است (خدیوی و همکاران ۱۳۹۵؛ ارغوان و همکاران ۱۴۰۲). پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهد تا سال ۲۰۴۰ میلادی مصرف انرژی در جهان ۴۸ درصد نسبت به میزان مصرف انرژی در سال ۲۰۱۲ افزایش خواهد یافت و کماکان آسیا در سال ۲۰۴۰ بیشترین مصرف‌کننده انرژی است. در این میان بیش از ۵۰ درصد از انرژی جهان در بخش صنعت استفاده خواهد شد (ماریانو و همکاران ۲۰۲۱). ایران بیش از ۲/۵ برابر میانگین مصرف جهانی انرژی مصرف می‌کند. شاخص شدت مصرف انرژی ایران ۰/۶۳ درصد است و بعد از ایران، روسیه و عربستان سعودی به ترتیب با شاخص شدت انرژی ۰/۵۳ و ۰/۵۱ درصد بالاترین مقدار شاخص شدت انرژی را به خود اختصاص داده‌اند (حسامی ۱۳۹۷). مطابق با آمار رسمی، ایران نهمین مصرف‌کننده انرژی در دنیا شناخته شده و این مصرف انرژی معادل ۳/۴ میلیون بشکه نفت خام است (وزارت نیرو ۱۴۰۲). مصرف برق ساختمانی در ایران در طی ۱۰ سال گذشته، ۲ برابر شده است. براساس داده‌های آماری وزارت نیرو، مصرف سرانه انرژی در ایران سه برابر کشورهای صنعتی است و قسمت‌های بسیار زیادی از این اختلاف ناشی از تلفات انرژی در بخش ساختمان است (بهرامی ۱۳۹۰). شدت مصرف انرژی در ایران، ۳ برابر میانگین جهانی است (مرکز پژوهش‌های مجلس ۱۴۰۰). ارتقای بهره‌وری انرژی شهرها صرفاً به ذخیره انرژی کمک نمی‌کند، بلکه منجر به توسعه بودجه شهرها و بهبود خدمات‌رسانی و افزایش رقابت در این عرصه نیز می‌گردد (سازمان حفاظت محیط زیست ۱۳۹۸).

از آنجا که منابع انرژی در کشور بسیار محدود است، با توجه به رویکرد کشور برای کاهش وابستگی به منابع نفتی، و نیاز به کاهش مصرف انرژی در بخش‌های مختلف صنعت و ساختمان به عنوان اولین گزینه در زمینه توجه به راهکارهای صرفه‌جویی در مصرف انرژی محسوب می‌شوند (غفاری جباری ۱۳۹۲؛ قایدی ۱۴۰۲). در میان چالش‌های محیط‌زیستی در مدیریت شهری که می‌باید به صورت یکپارچه و نظام‌مند برنامه‌ریزی و مدیریت شوند، کاهش هزینه‌های بالای مصرف انرژی در ساختمان‌ها و به ویژه ساختمان‌های بلندمرتبه، توجه به حفظ محیط زیست و کاهش مشکلات زیست محیطی از جمله دغدغه‌هایی هستند که توجه به آنها هر روز بیشتر از گذشته در حال افزایش است. بخش ساختمان بیش از یک‌سوم انرژی مصرفی را به خود اختصاص داده است، که ارزش سالیانه آن بالغ بر شش میلیارد دلار می‌شود. اکثر قریب به اتفاق ساختمان‌های کشور فاقد ضوابط فنی شناخته‌شده برای جلوگیری از هدررفت انرژی سرمایی یا گرمایی هستند (طارطار و معرفت ۱۳۹۲). همچنین ساختمان‌های عمومی و دولتی ۷۰ درصد مصرف این بخش را به خود اختصاص می‌دهند و ساختمان‌های موجود و قدیمی عموماً بین ۴۰ تا ۶۰ درصد اتلاف انرژی دارند (بهمن‌پور و همکاران ۱۳۹۹). براساس تراز مصرف انرژی الکتریکی در یک ساختمان اداری در کشور، سرمایش و تهویه مطبوع با ۴۰ درصد، بیشترین سهم این نوع مصرف را به خود اختصاص داده و پس از آن روشنایی با ۲۵ درصد، گرمایش و آب گرم مصرفی با ۱۹ درصد و سایر لوازم برقی با ۱۵ درصد در رتبه های بعدی قرار دارند (وریج کاظمی ۱۳۹۶). تقریباً بیش از ۵۰ درصد انرژی کشور در بخش ساختمان مصرف می‌شود. این در حالیست که بیش از ۴۸ درصد ساختمان‌های ایران نسبت به استانداردهای جهانی هدررفت دارند (وزارت نیرو ۱۴۰۲). مقررات مبحث ۱۹ که ابتدایی‌ترین بحث بهره‌وری انرژی در بخش ساختمان است بیش از ۱۵ سال است که ابلاغ شده، اما هنوز به صورت کامل اجرایی نشده است و دغدغه اصلی وزارت راه و شهرسازی مبحث ۱۹ نیست. در واقع پارامترهای اقتصادی تا اندازه ای در بخش مسکن تاثیرگذار است که حوزه بهره‌وری انرژی در آن گم می‌شود (فاضلی و حیدری ۱۳۹۲). منظور از مدیریت انرژی، تنظیم و بهینه‌سازی استفاده از سیستم‌های انرژی شامل روش های مهندسی، کنترلی و مدیریتی می‌باشد (سماواتی ۱۳۹۵). مدیریت انرژی باید به اهداف عملیاتی سازمان متصل گردد، نه اینکه در یک مسیر منفک و جداگانه حرکت کند (شعبانزاده و جوان ۱۳۸۲). در همین راستا، شاخص مصرف انرژی برحسب میزان انرژی اولیه مصرفی ساختمان بر واحد زیر بنای مفید ($KWh/year.m^2$)مشخص می‌شود. منظور از بهینه‌سازی مصرف انرژی، انتخاب الگوها و اتخاذ روش‌ها و سیاست‌هایی در مصرف انرژی است که از نظر اقتصاد ملی مطلوب باشند و استمرار وجود و دوام انرژی را تضمین کنند و موجب ارتقای شاخص‌های زندگی و کاهش هزینه‌ها شوند و زمینه گسترش عدالت در جامعه را فراهم کنند (طارطار و معرفت ۱۳۹۲).

در سالیان اخیر، مطالعات متعددی در خصوص بهینه‌سازی مصرف انرژی در کشور صورت گرفته است. از جمله حسامی (۱۳۹۹)؛ به تبیین اثربخشی اجرای مصوبه اصلاح الگوی مصرف انرژی و منابع در ساختمان‌های شهرداری تهران پرداخت. نتایج این بررسی نشان داد که اجرای برنامه مذکور، موجب کاهش مصرف انرژی و منابع در سال‌های ۹۶ و ۹۷ گردیده است. این کاهش به شکل ۳ درصد در مصرف سرانه آب، ۹ درصد در مصرف سرانه برق و ۵ درصد در مصرف سرانه گاز بوده است. همچنین، حسامی (۱۳۹۷)؛

در مقاله‌ای با عنوان «اثربخشی اجرای بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌های اداری» اقدامات اجرایی در راستای کاهش مصرف انرژی را بررسی کرد و به این نتیجه رسید که کاهش مصرف انرژی در مناطقی که اقداماتی اجرایی در راستای کاهش مصرف انجام شده بود، عملی و امکان‌پذیر بود. محرمی و همکاران (۱۳۹۷) نیز در یک تحقیق کاربردی، با استفاده از شاخص‌هایی در راستای مدیریت انرژی و مدیریت امنیت محیط اقدام به ارایه چندین طرح نمودند. نتایج این تحقیق در راستای جلوگیری از آسیب‌هایی است که انسان به دلیل مشکلاتی از قبیل مشغله ذهنی، کمبود فرصت یا خطاهای انسانی نتوانسته با آن مقابله کند و منجر به حوادث و ... می‌شود. خدیوی و همکاران (۱۳۹۵)؛ اقدام به شناسایی ۷ شاخص موثر بر مصرف انرژی نمودند و با استفاده از نرم‌افزار در یک ساختمان اداری بلندمرتبه ۱۵ طبقه در تهران، داده‌های موجود را شبیه‌سازی کردند. نتایج نشان داد که در صورت صرفه‌جویی در وسایل سرمایشی و گرمایشی امکان کاهش بیش از ۳۵ تا ۴۰ درصد مصرف انرژی سالانه میسر خواهد بود. نیک مقدم حجتی و همکاران (۱۳۹۶)؛ در تحقیقی با عنوان «ساختمان های هوشمند؛ انتخابی کارآ در بهره‌وری انرژی» عنوان داشتند که ایران بیشترین شدت مصرف انرژی را در جهان به خود اختصاص داده است. همچنین بخش‌های غیرمولد بیشترین میزان مصرف انرژی (حدود ۴۰ درصد) را به خود اختصاص داده‌اند. بنادرخشان و همکاران (۱۳۹۶)؛ اقدام به ممیزی انرژی در ساختمان نمودند و پارامترهای موثر را سنجش کردند. سهم و میزان تاثیر هر یک از عناصر انرژی در اتلاف آن به درصد و به صورت جداگانه مشخص گردید. بر این اساس، راهکارهای انرژی در سه سطح راهکارهای کم‌هزینه، هزینه متوسط و پرهزینه طبقه‌بندی شدند. وریج کاظمی و همکاران (۱۳۹۵)؛ عوامل بازدارنده اجتماعی بهره‌وری مصرف انرژی در ساختمان اداری در ایران را بررسی کردند. سماواتی (۱۳۹۵)؛ مدیریت انرژی در ساختمان‌های هوشمند را با تغذیه منابع تجدیدپذیر بررسی نمود و مشخص گردید که با بکارگیری الگوریتم مدیریت انرژی در یک ساختمان با تغذیه منابع تجدیدپذیر، حدود ۲۸ درصد در هزینه برق ساختمان صرفه‌جویی می‌شود.

مونیکا سالویا[1] و همکاران (۲۰۲۱)؛ روشهای ارتقای سیاستگزاری برای ارتقای بهره‌وری انرژی در ساختمان‌های مربوط به شهرداری را بررسی کردند. در این تحقیق آنها بر روی سیاست‌گزاری عمومی در زمینه مدیریت انرژی متمرکز شدند. نتایج بیانگر آن بوده است که جنبه‌های فنی و مهندسی و مدیریتی به طور یکپارچه می‌باید به کار گرفته شوند. ماریانو هرناندز[2] و همکاران (۲۰۲۰)؛ اقدام به طراحی و ارایه مدلی برای مصرف انرژی در ساختمان‌های اداری کردند. آنها با این پیش فرض که مصرف انرژی ساختمانی در طی ۲۰ سال اخیر حدود ۴۰ درصد افزایش پیدا کرده است، ادعا نمودند که انرژی الکتریسیته بیشترین میزان مصرف انرژی را در ساختمانها دارد. بر اساس نتایج این تحقیق، مشخص گردید که استراتژی‌های بکار گرفته شده برای مدیریت انرژی در ساختمان ها متناسب با نوع ساختمان متغیر می‌باشد و در اصل ۲ مدل استراتژی را می‌توان اتخاذ نمود: ساختمان‌های مسکونی و غیرمسکونی. چن و همکاران (۲۰۲۰)؛ اقدام به بررسی عوامل موثر بر اثربخشی انرژی در ساختمان‌ها نمودند. نتایج نشان داد که ۳ دسته از عوامل در این میان مهم هستند. که عبارتند از: ویژگی های ساختمان، تجهیزات و فناوری و خصوصیات رفتاری. یافته‌ها نشان داد که بکارگیری تنها یکی از عوامل سه‌گانه فوق امکان دستیابی به اثربخشی در مدیریت انرژی را فراهم نخواهد کرد.

نمای ساختمان نقش مهمی در کنترل شرایط محیطی فضاهای داخلی دارد. همچنین از دیدگاه زیبایی‌شناسی نیز حایز اهمیت است. به طوری که می‌تواند در ارتقای کیفیت منظر شهری نقش مهمی ایفا کند (عباسی و همکاران ۲۰۱۵). امروزه، طراحی و معماری ساختمان به موضوعی پیچیده و چندوجهی تبدیل شده است بدین‌سان که طراحان تلاش می‌کنند، به صورت همزمان پارامترها و مولفه‌های متنوع و متضاد را در یک وضعیت متعادل قرار دهند (پیله‌چی‌ها ۲۰۱۴). زیبایی زمینه‌های بصری شهر و عناصر فیزیکی معماری آن مانند نمای ساختمان‌ها، بر ادراکات و ترجیحات افراد موثر بوده و از جمله عواملی است که نقش بسزایی در میزان خوشایندی فضا و جذب مردم به سوی فضاهای شهری ایفا می‌کند (حسن‌زاده و همکاران ۲۰۱۱). با این حال، مساله تاثیرگذاری ساختمان‌های بلند بر محیط‌های بلافصل شهری، را نمی‌توان تنها به فرم ساختمان مشروط کرد. ساختمان بلند به صورت گسترده و فراگیری بر شهر اثر می‌گذارد و آن را تغییر می‌دهند (عباسی و همکاران ۲۰۱۵)، از این‌رو، باید به این نکته توجه داشت که هر تغییر کالبدی در پدیده‌ای به نام ساختمان بلندمرتبه، بر ابعاد متنوعی از شهر تاثیر می‌گذارد که همه آن‌ها برای طراح یا معمار پروژه شناخته شده نیستند (امیرسرداری و همکاران ۲۰۲۱). از آن جائی که نخستین و مؤثرترین عامل تأثیرگذار بر ناظر، چشم‌انداز شهر است و نحوه استقرار ساختمان‌ها در چگونگی آن تأثیر زیادی دارند، لذا بلندمرتبه‌سازی و نماهای مرتفع آن با چشم‌انداز ویژه‌ای که ایجاد می‌نماید، از جمله مهمترین عوامل مؤثر و تأثیرگذار بر هر بیننده‌ای در شهر قلمداد می‌شوند (بلخاری قهی ۲۰۲۱). در عصر کنونی نیاز به

1- Monica Salvia
2- Mariano-Hernandez

ساختمان‌های بلند به دلایل مختلفی از جمله دلایل اقتصادی، عملکردی و محیط زیستی وجود دارد (پشم‌فروش و همکاران، ۲۰۱۶). این تحولات سبب ایجاد شهرهای جدید و گسترش شهرهای موجود شد و مسائلی از قبیل افزایش جمعیت، نیاز به اسکان بیشتر مردم در شهرها، ضرورت استفاده بیشتر از زمین در مراکز پرتراکم شهرها، ضرورت بازسازی و نوسازی در مناطق شهری، تقاضای مردم برای سکونت و یا کار در مراکز شهرها و ضرورت کاهش هزینه‌های ناشی از گسترش افقی شهرها همگی سبب پیدایش ساختمان بلند به عنوان یکی از راه‌حل‌های توسعه شهری شدند (خطیبی ۲۰۱۵). در واقع می‌توان گفت ساختمان‌های بلندمرتبه، تهاجمی به فضای شهری محسوب می‌شوند. زیرا این پتانسیل و ظرفیت را دارند که محیط مصنوع و طبیعی بلافصل خود را به صورت اساسی و بنیادین تغییر دهند (میرحیدری و همکاران ۲۰۲۱). از همین‌رو استدلال می‌شود تاثیر ساختمان بلند تنها محدود به حوزه‌ی محدود اطرافشان نیست بلکه به دلیل مقیاس و اندازه غیرمعمول‌شان، می‌توانند بر حال و آینده شهر تاثیر گذار باشند (واید و ایوانز ۲۰۱۶). نمای ساختمان یکی از اجزای اصلی منظر خیابان‌ها و محیط شهری است (دانگ و کین ۲۰۱۷). نمای ساختمان به همراه دیگر عناصر در فضای باز ترکیب می‌شوند تا مناظر خیابان را شکل دهند. جلوه بیرونی ساختمان‌های بلند مرتبه مهمترین بعد در زمینه‌ی ابعاد اجتماعی و هویتی این ساختمان‌ها محسوب می‌شود (امیرسرداری و همکاران ۲۰۲۱). هر فضایی را نمی‌توان فضای شهری دانست؛ یکی از شروط لازم برای تبدیل شدن یک فضای خالی به فضای شهری، توجه به اصول زیبایی‌شناسی است (برزویی و همکاران ۲۰۲۱).

بنابراین، هدف اصلی این تحقیق مدلسازی و مقایسه تطبیقی میزان ذخیره انرژی و مصرف بهینه آن در ساختمان‌های بلندمرتبه شهری براساس چند سناریوی مختلف (وضعیت فعلی، معماری پارامتریک و معماری سبز) و با تاکید بر نمای ساختمان می‌باشد تا از این گذر بتوان نسبت به تدوین راهکارهای منتسب به منظور بهینه‌سازی مصرف انرژی اقدام نمود. مقاله حاضر کوشیده است به این سوال پاسخ دهد: مولفه‌های مرتبط با نمای ساختمان‌های بلندمرتبه که بر ذخیره انرژی موثر هستند، کدامند؟ و این اثرگذاری تحت سناریوهای چندگانه چگونه است؟

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر به لحاظ روش اجرا، از نوع آمیخته (کیفی و کمی) و به لحاظ روش تجزیه و تحلیل داده‌ها از نوع توصیفی – تحلیلی می‌باشد. در گام اول این پژوهش، تلاش گردید تا از طریق مطالعه عمیق به روی منابع مکتوب (کتاب، مقاله، رساله و ...) و با کمک نرم‌افزار تخصصی MAXODA, 2020 مولفه‌های مرتبط با نمای ساختمان‌های بلندمرتبه که بر میزان مصرف انرژی موثر هستند، استخراج شوند. در گام دوم، از طریق تحلیل نشانه‌شناختی و با استفاده از پنل دلفی اقدام به اولویت‌بندی مولفه‌های موثر بر مصرف بهینه انرژی در ساختمان‌های بلندمرتبه شهری گردید. از آنجا که بنا بر استانداردهای پژوهشی، در گروههای همگن تعداد ۱۰–۱۵ نفر برای نظرسنجی کافی می‌باشد (خنیفر و مسلمی ۲۰۱۹)، در پژوهش حاضر، از پنل خبرگان به تعداد ۱۵ نفر به عنوان متخصصین شهرسازی، معماری و طراحی شهری استفاده شد. سپس، پرسشنامه محقق‌ساخته که توسط ۵ نفر از صاحبنظران مورد تایید قرار گرفته بود، به صورت الکترونیکی و حاوی سوالات باز در اختیار آنان قرار گرفت و در نهایت پاسخ‌ها جمع‌آوری گردید. برای ارزیابی میزان پایایی ابزارهای تحقیق از روش همسانی درونی یا آلفای کرونباخ استفاده شده است. در گام سوم، در این پژوهش با استفاده از داده‌های موجود اقدام به مدلسازی مصرف انرژی در ساختمان‌های بلندمرتبه و تحت سناریوهای گوناگون گردید. برای شبیه‌سازی از یک مدل فرضی ساختمان بلندمرتبه در نرم‌افزار راینو (RHINO Software) که به وسیله افزونه گرس هاپر (Grasshopper) ساخته شده بود، استفاده شد. به منظور اعتبارسنجی نرم‌افزارهای مورد استفاده، از روش Black box testing استفاده شد.

سایت مطالعاتی نیز شهر تهران در نظر گرفته شد و داده‌های پیش‌فرض این شهر وارد نرم‌افزار گردید.

در این بخش، سناریوهای مدنظر عبارت بودند از:

سناریوی اول: ساختمان بلندمرتبه با ارتفاع ۵۰ متر که فاقد اصول معماری سبز و معمای پارامتریک است؛

سناریوی دوم: ساختمان بلندمرتبه با ارتفاع ۵۰ متر که دارای ضوابط معماری پارامتریک است؛

سناریوی سوم: ساختمان بلندمرتبه با ارتفاع ۵۰ متر که دارای ضوابط معماری سبز است.

معماری پارامتریک سبکی است که مبنای ریاضی و ساختاری الگوریتم‌گونه دارد (ابراهیم‌زاده و قادرمرزی ۲۰۱۶). مطالعات پیرامون کاربست اوریگامی در معماری، یک رویکرد میان‌رشته‌ای به حساب می‌آید و با کمک دیدگاه‌های ریاضی و خلاقیت عملی، ارتباط میان سازه، معماری و فرم بنا را در سازه‌های تاشده مورد بررسی قرار می‌دهد (صاحب‌سرا و همکاران ۲۰۱۹). هنر اوریگامی؛ بر اساس نوعی تفکر هندسی بنا شده است که صفحات تا خورده با امکان‌پذیر کردن تنوع و پراکندگی نور و سایه، شکل‌پذیری و انعطاف‌پذیری فضا و پوشش معماری را نیز به بنا می‌افزایند. این چین‌خوردگی‌ها با ایجاد ساختاری شامل برجستگی‌ها و

فرورفتگی‌ها، ادراک عمیق‌تر فضا را ممکن کرده‌اند (بییک و همکاران ۲۰۱۷). ورق تاخورده مبتنی بر الگوهای اورگامی استحکام و قدرت تحمل بار بیشتری نسبت به صفحات صاف دارد، بر همین اساس این الگوها علاوه بر پوشش معماری قدرت تحمل بار را نیز دارند و می‌توانند به عنوان بخشی از سازه عمل کنند (ژانگ و ژانگ ۲۰۱۷).

مفهوم معماری سبز، علم و سبک طراحی ساختمان، مطابق با اصول سازگار با محیط زیست با تولید کمترین آلودگی و به‌طور آشکار کاهش اثرات کوتاه‌مدت و بلندمدت منفی زیست‌محیطی است (USGBC 2016). در معماری سبز، انرژی‌های طبیعت را مهار کرده و به بهترین شکل در ساختمان‌ها و سازه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد و دستیابی به چنین هدفی ممکن است در یک ساختمان سبز و همراه با طبیعت از مواد و مصالحی استفاده می‌شود که برای طبیعت زیان نداشته و بلکه قابل برگشت به چرخه طبیعت باشد (بهزادپور و کاکازند ۲۰۲۱). سعی می‌گردد سازه‌ها با توجه به جهت بهینه تابش خورشید و با هدف استفاده از نور طبیعی و کسب انرژی رایگان احداث شوند و اهمیت در این گونه ساختمان‌ها فراهم کردن راه و امکانی برای ورود طبیعت به بنا و در نهایت، اقتصادی‌ترین شیوه معماری است (فهیم حسین و وی‌شاه۲۰۲۲). استراتژی طراحی این‌گونه ساختمان‌ها بر مبنای استفاده حداکثری از پتانسیل انرژی‌های تجدیدپذیر به منظور کاهش تقاضای انرژی، کاهش استفاده از سوخت‌های فسیلی و کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای می‌باشد که باعث کاهش در روند گرمایش جهانی می‌گردد (عبدل احد و همکاران ۲۰۲۲).

استانداردهای مورد مقایسه عبارت بودند از: استاندارد مبحث ۱۹ ، استاندارد IECC[3] (کد بین‌المللی انرژی)، ISO7730 (استاندارد شرایط آسایش حرارتی)

جهت مدلسازی میزان مصرف انرژی در حالت پایه و حالت‌های بهسازی شده با استفاده از نرم افزار شبیه‌سازی محاسبه شدند. این شبیه‌سازی با استفاده از موتور انرژی‌پلاس انجام شده است و مبنای مقایسه میزان مصرف سالانهٔ انرژی سرمایشی و گرمایشی و روشنایی در ساختمان است. به منظور بررسی کلیهٔ حالت‌های بهسازی، از الگوریتم‌های مولد با استفاده از افزونهٔ گرس‌هاپر در نرم‌افزار راینو استفاده شده است تا با تغییر هر کدام پارامترهای بهسازی در یک محیط پارامتریک، تغییرات در مدل نهایی اعمال شود. همچنین، داده‌های مربوط به مصرف انرژی با استفاده از افزونه رابط هانی‌بی به موتورهای محاسبهٔ مصرف انرژی متصل شدند. در گام نهایی با مقایسهٔ میزان کاهش مصرف با مدل پایه، پارامترهای بهسازی نما از منظر کاهش مصرف انرژی اولویت‌بندی شدند.

نتایج و بحث

در گام نخست، با بررسی مبانی نظری و با استفاده از نرم‌افزار MAXODA مولفه موثر بر نماسازی ساختمان‌های بلندمرتبه در دو سبک معماری پارامتریک و معماری سبز استخراج گردیدند (جدول ۱ و ۲).

جدول ۱- مولفه‌های معماری پارامتریک و اوریگامی موثر بر نماسازی ساختمان‌های بلندمرتبه با استفاده از نرم‌افزار MAXODA

کد	مولفه	کد	مولفه
۰	فرم بنا	۹	هماهنگی با زمینه
۱	ابعاد و تناسبات	۱۰	هندسه طبیعی
۲	توازن و تقارن	۱۱	رنگ
۳	جنس مصالح	۱۲	تزیینات
۴	ریتم	۱۳	سادگی
۵	تکرارپذیری	۱۴	الگوها
۶	نظم	۱۵	موقعیت بازشوها
۷	بافت مصالح	۱۶	منحنی
۸	جزئیات در نما	۱۷	ترکیب‌بندی نما

(برگرفته از یافته‌های پژوهش)

3- International Energy Conservation Code

همانطور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، تعداد ۱۸ مولفه به عنوان عوامل اوریگامی موثر بر نماسازی ساختمان‌های بلندمرتبه شناسایی شدند.

جدول ۲- مولفه‌های معماری سبز موثر بر نماسازی ساختمان‌های بلندمرتبه

کد	مولفه	کد	مولفه
۰	جنس مصالح	۴	جنس سایبان
۱	رنگ مصالح	۵	تعداد تاشوها
۲	آلبدو	۶	زاویه سایبان‌ها
۳	نمای سبز و پوشش گیاهی	۷	نوع پنجره‌ها

(برگرفته از یافته‌های پژوهش)

همانطور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، تعداد ۸ مولفه به عنوان عوامل معماری سبز موثر بر نماسازی ساختمان‌های بلندمرتبه شناسایی شدند.

در بخش بعد، داده‌های جمع‌آوری شده از پرسش‌نامه‌ها مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. آلفای کرونباخ در این تحقیق ۰/۸۶۱ تعیین شد که بیشتر از ۰/۷ می‌باشد و این امر بیانگر پایایی و مورد اطمینان بودن پرسش‌نامه مورد نظر به منظور تحلیل های بعدی می باشد. به منظور سنجش رابطه بین مولفه‌های معماری پارامتریک و الگوریتم اوریگامی بر مصرف بهینه انرژی در ساختمان‌ها، از ضریب همبستگی پیرسون ا ستفاده شد. باتوجه به جدول ۳ م شاهده شد که بین ابعاد کلی الگوریتم اوریگامی با مصرف بهینه انرژی رابطه معنی‌داری برقرار است. ولیکن در خصوص ۴ مورد از مولفه‌های شناسایی شده این رابطه معنی‌دار بوده و الباقی چندان معنادار نبوده‌اند (کمتر از ۰/۶). نتایج نشانگر آن است که با در نظر گرفتن سطح معناداری کمتر از ۰/۰۱، با ۹۰ درصد اطمینان می‌توان بیان داشت که بین مصرف بهینه انرژی و چهار مورد از مولفه‌های الگوریتم اوریگامی در معماری پارامتریک رابطه مستقیمی وجود دارد. به این معنا که مولفه "رنگ" به میزان r=۰/۸۲۲ و مولفه "فرم بنا" به میزان r=۰/۸۸۸ و مولفه "موقعیت بازشوها" به میزان r=۰/۷۱۱ و "جنس مصالح" به میزان r=۰/۸۹۵ در مصرف بهینه انرژی نقش دارند.

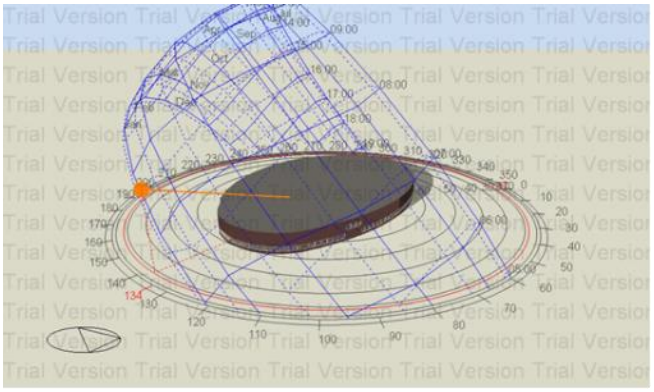
جدول ۳- ضریب همبستگی پیرسون برای بررسی رابطه بین مولفه‌های موثر الگوریتم اوریگامی بر مصرف بهینه انرژی

مولفه‌ها	مصرف بهینه	ترکیب‌بندی نما	رنگ	فرم بنا	جزئیات در نما	تکرارپذیری	هندسه طبیعی	ریتم	تقارن و توزان	بازشوها	جنس مصالح
مصرف بهینه انرژی	۱										
ترکیب‌بندی نما	۰/۵۶۵	۱									
رنگ	۰/۹۵۵	۰/۸۴۶	۱								
فرم بنا	۰/۸۸۸	۰/۷۶۲	۰/۸۲۳	۱							
جزئیات در نما	۰/۴۱۳	۰/۵۶۵	۰/۴۱۲	۰/۵۹۸	۱						
تکرارپذیری	۰/۲۹۶	۰/۴۰۹	۰/۴۵۳	۰/۵۳۵	۰/۵۸۰	۱					
هندسه طبیعی	۰/۵۴۷	۰/۵۷۲	۰/۶۰۱	۰/۴۰۱	۰/۴۲۲	۰/۳۶۰	۱				
ریتم	۰/۲۸۱	۰/۲۸۹	۰/۱۶۶	۰/۱۹۲	۰/۴۹۰	۰/۵۰۳	۰/۴۴۳	۱			
تقارن و توازن	۰/۳۵۱	۰/۴۹۹	۰/۵۹۱	۰/۵۴۸	۰/۳۹۳	۰/۴۹۲	۰/۵۸۶	۰/۵۶۱	۱		

مولفه‌ها	مصرف بهینه	ترکیب‌بندی نما	رنگ	فرم بنا	جزئیات در نما	تکرارپذیری	هندسه طبیعی	ریتم	تقارن و توزان	بازشوها	جنس مصالح
موقعیت بازشوها	۰/۷۱۱	۰/۶۲۳	۰/۶۷۵	۰/۶۸۹	۰/۷۲۴	۰/۷۸۵	۰/۸۰۳	۰/۷۶۵	۰/۶۱۹		
جنس مصالح	۰/۸۹۵	۰/۷۳۶	۰/۶۷۵	۰/۷۹۲	۰/۶۹۲	۰/۷۷۷	۰/۶۵۱	۰/۸۲۵	۰/۶۹۱	۰/۷۰۵	۱

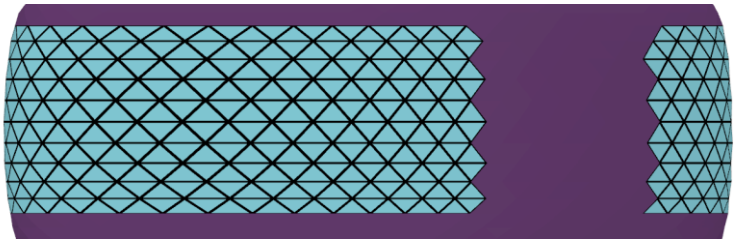
(برگرفته از یافته‌های پژوهش)

در گام نهایی پژوهش، باتوجه به مطالب گفته شده به شبیه‌سازی نمای یک ساختمان بلندمرتبه مسکونی فرضی در شهر تهران پرداخته شد (شکل ۱).



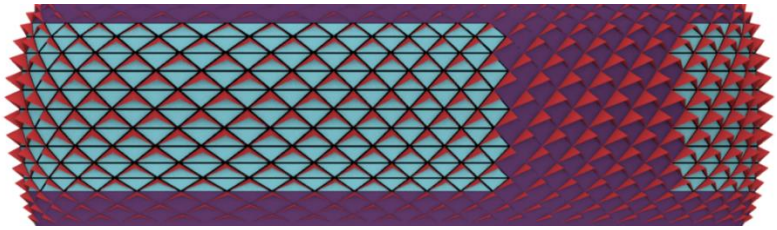
شکل ۱- مسیر حرکت خورشید نسبت به بنا

در این میان با توجه به محدوده تحقیق که نمای ساختمان‌ها را در بر می‌گیرد، ابتدا ساختمانی را با نمای شیشه‌ای در حالت پایه در نظر گرفته و در ادامه با استفاده از الگوی اوریگامی به بررسی مولفه‌های موثر پرداخته می‌شود (شکل ۲).



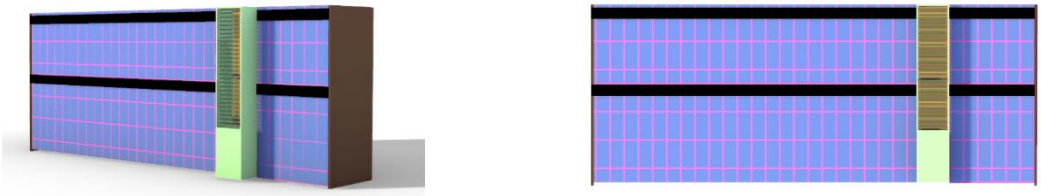
شکل ۲- مدل ساختمان با نمای شیشه‌ای در حالت پایه (برگرفته از یافته‌های پژوهش)

در ادامه، و برای سناریو دوم، با توجه به شکل ۳ مدل مذکور در نرم‌افزار راینو و به وسیله افزونه گرس‌هاپر به طور پارامتریک ساخته شد. در مدل پیشنهای با استفاده از الگوی تاخورده پوسته ای الگوریتم اوریگامی به بررسی مولفه‌های مذکور پرداخته شد. همان‌طور که در تحلیل مولفه‌های مستخرج از مصاحبه خبرگان گفته شد، استفاده از الگوهای دهگانه نظیر "تکرارپذیری"، "هندسه"، "ریتم"، "تقارن" و "جزئیات" و ... در نمای ساختمان‌ها، می‌تواند جنبه‌های کیفی محیطی را ارتقا بخشد. الگوریتم اوریگامی می‌تواند با کنار هم قرار دادن تمام مولفه‌های گفته شده، الگویی مناسب در نماسازی ساختمان‌های بلندمرتبه شهری باشد. شکل ۴ نشان‌دهنده قرارگیری پوسته طراحی شده با استفاده از الگوی تاخورده الگوریتم اوریگامی است.

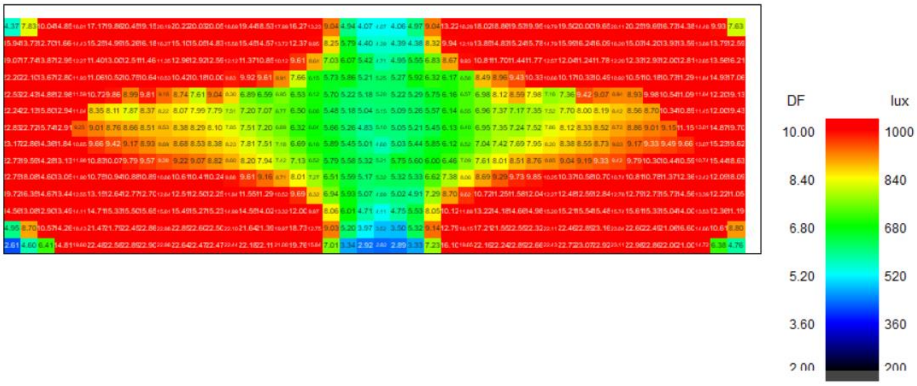


شکل ۳- قرارگیری الگوی تاخورده به عنوان پوسته دوم ساختمان (برگرفته از یافته‌های پژوهش)

همانطور که آشکار است با توجه به عرض جغرافیایی کشور، نمای جنوب امکان دریافت بیشترین میزان تابش خورشیدی را داراست. در ابتدا با در نظر گرفتن مدل بخشی از یک ساختمان بلندمرتبه با نمایی تک‌پوسته و مصالح مصرفی شیشه و آنالیز پلانی آن توسط موتور انرژی پلاس با پلاگین هانی بی، مشخص می‌شود در حالت اولیه واحد طراحی شده در فاصله کمی از جداره‌ها دارای بیشترین میزان نورپذیری می‌باشد. در صورتی که هر چه فاصله از جداره‌ها بیشتر شود، میزان دریافت نور کاهش می‌یابد، همانطور که در شکل ۵ مشخص است، میزان نور دریافتی در جداره‌های اصلی به میزان زیادی بوده و باعث خیرگی خواهد شد.

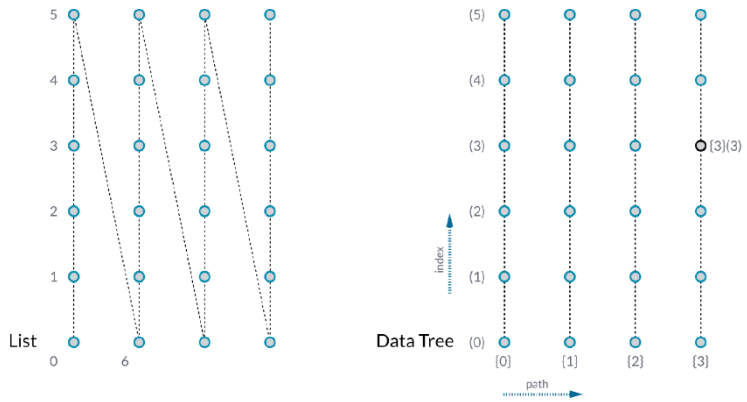


شکل ۴- مدل اولیه ساختمان مسکونی با نمای شیشه‌ای



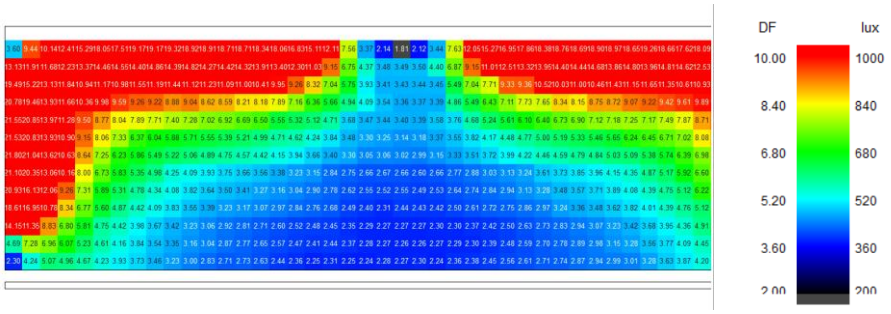
شکل ۵- تحلیل پلانی واحد مدلسازی شده با نمای شیشه‌ای

زاویه بهینه نمای ساختمان برای دریافت تابش حداکثری با توجه به عرض جغرافیایی شهر تهران ۳۰ درجه می‌باشد. با توجه به محدودیت نمای ساختمان برای تامین زاویه شیب ۳۰ درجه، تنها حالت ممکن تبدیل نما به مدول‌های پایه و چرخش هر یک از آنها بر اساس زاویه و شیب بهینه می‌باشد. با توجه به مطالب گفته شده یکی از گزینه‌های شبیه‌سازی نیز چرخش مدول‌های پایه یک متر مربعی به سمت شیب و زاویه بهینه دریافت تابش است. همانطور که در شکل ۶ نشان داده شده است با توجه به سایه اندازی‌های مدول‌های همجوار انتخاب شد.



شکل ۶- استفاده از الگوی قطری و پیچ‌خوردگی سیلندر به عنوان پوسته دوم ساختمان

با توجه به شکل ۶ مدل مذکور در نرم‌افزار راینو و به وسیله افزونه ی گرس‌هاپر به طور پارامتریک ساخته شده است و با بهره‌گیری از افزونه لیدی باگ که مجهز به داده‌های آب و هوایی نقاط مختلف جهان می‌باشد، مورد بررسی قرار گرفت و میزان دریافت تابش خورشید در طول یکسال بر روی سطح آن اندازه‌گیری شد. برای محاسبه میزان تابش دریافتی آنها داده‌های آب و هوایی ایستگاه هواشناسی غرب تهران (مهرآباد) استفاده شده است. در مدل پیشنهای و استفاده از پوسته با توجه به تحلیل پلانی آن در شکل ۷ پوسته دوم باعث نورپذیری یکسان در فضای داخلی می شود. در این بررسی دیگر خیرگی در جداره اصلی ساختمان وجود ندارد.



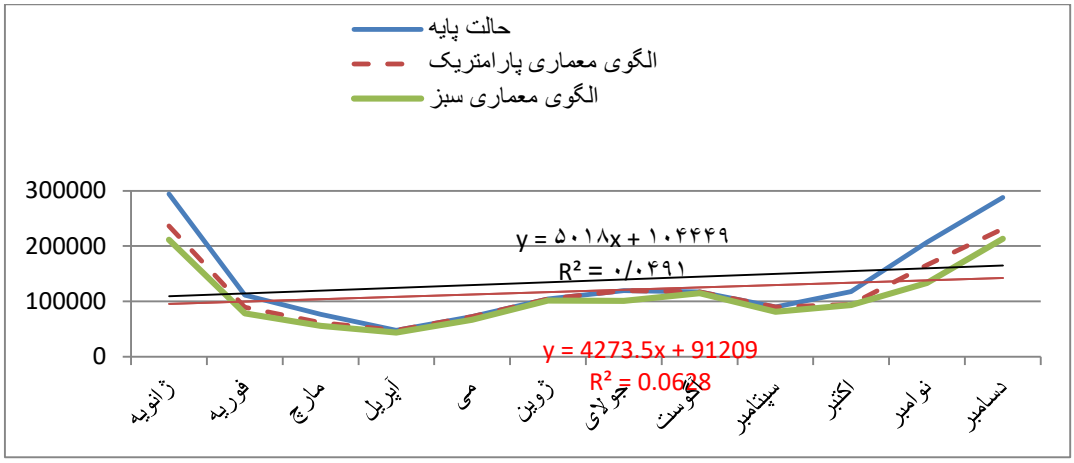
شکل ۷- تحلیل پلانی استفاده از الگوی قطری و پیچ خوردگی سیلندر به عنوان پوسته‌ی دوم ساختمان

برای الگوی شبیه‌سازی شده، بر اساس پارامترهای شکل‌گیری آن، بی‌نهایت حالت به وجود خواهد آمد، که به کمک این افزونه دامنه‌ای از پاسخ‌ها که میزان تابش دریافتی خورشید در آنها از سایر حالات بیشتر است، انتخاب می‌شوند. پس از شبیه‌سازی مدل و تکمیل بهینه‌سازی آن از طریق به کارگیری الگوریتم، نتایج ذیل به دست آمد (جدول ۴).

جدول ۴- نتایج شبیه‌سازی

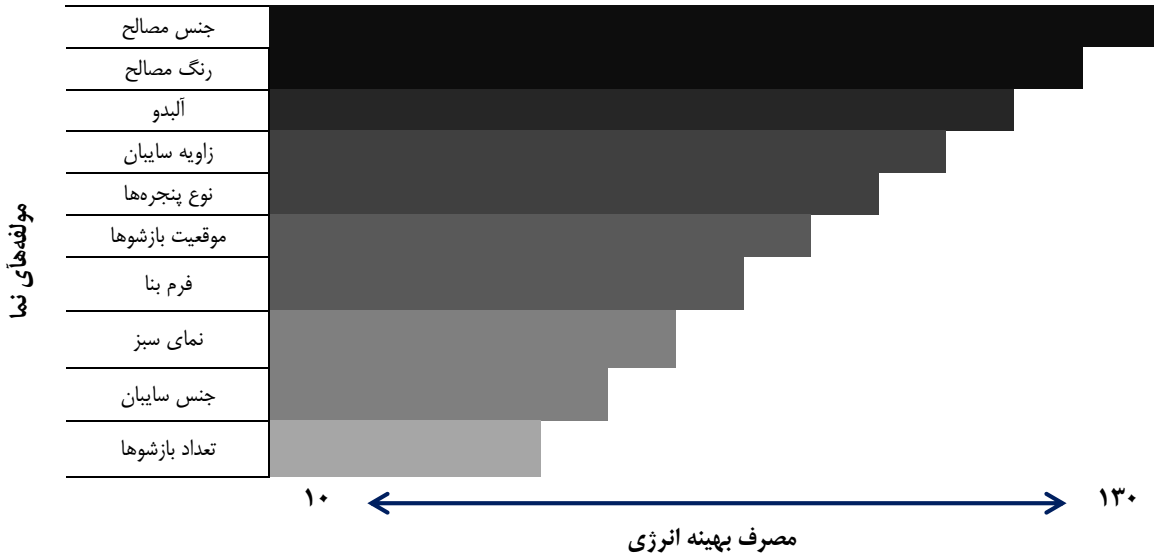
KWh Radiation		نرخ افزایش دریافت تابش	نرخ صرفه‌جویی در مصرف انرژی
مدل پایه	۲۰۲۹/۱۸	-	–
الگوی اوریگامی و معماری پارامتریک	۲۲۲۰/۷۰	٪۸/۳۴	٪۱۱/۱۷
الگوی معماری سبز	۲۶۵۸/۸۰	۹٪/۹۸	۲۸٪/۲۴

همانطور که نتایج جدول شبیه‌سازی نشان می‌دهد، مشخص است، میزان دریافت تابش سالیانه در مدل اولیه (حالت پایه) برابر با ۲۰۲۹،۱۸ کیلووات ساعت می‌باشد. الگوی معماری پارامتریک که مبتنی بر الگوریتم اوریگامی است، تابش بیشتری نسبت به مدل اولیه جذب کرده است. این میزان افزایش ۸,۳۴ درصد بیشتر از میزان جذب انرژی تابشی در مدل اولیه است. از سوی دیگر، در الگوی معماری سبز میزان افزایش جذب انرژی خورشیدی ۹/۹۸ درصد بیشتر از حالت پایه بوده است. به علاوه، نرخ صرفه‌جویی مصرف انرژی نیز در الگوی معماری سبز ۲۸/۲۴ درصد بوده که نسبت به معماری پارامتریک (۱۱/۱۷ درصد) بوده است.



شکل ۸- نمودار انرژی مصرفی سیستم گرمایش و سرمایش ساختمان بلندمرتبه در سناریوهای چندگانه

در نهایت، نتایج حاصل از مدل‌سازی نرم‌افزاری نمای ساختمان بلندمرتبه، ضرایب تاثیر هر یک از مولفه‌های اثرگذار را نشان می‌دهد (شکل ۹).



شکل ۹- نمودار مقایسه‌ای ضریب تاثیر مولفه‌های مرتبط با نمای ساختمان‌ها که بر مصرف انرژی موثر هستند

(برگرفته از یافته‌های پژوهش)

نتایج مندرج در شکل ۹ نشان می‌دهد که از میان مولفه‌های موثر بر مصرف بهینه انرژی که در نماسازی سازه‌های بلند شهری کاربرد دارند، مولفه "جنس مصالح" با ضریب ۱۳۰ بیشترین سهم را داشته است و پس از آن مولفه‌های "رنگ مصالح" و "آلبدو" به ترتیب با ضرایب ۱۲۰ و ۱۱۰ قرار دارند. در انتهای این رده‌بندی نیز مولفه "تعداد بازشوها" با ضریب ۴۰ قرار دارد.

دیدگاه یک معمار در خصوص مولفه‌های طراحی نما، نشان از نقش و وظایف او در راستایی کیفیت‌بخشی به منظر شهری دارد. پژوهش حاضر به دنبال مدلسازی و مقایسه تطبیقی مولفه‌های موثر بر نماسازی ساختمان‌های بلندمرتبه که در مصرف بهینه انرژی نقش دارند، بوده است. بر اساس آنچه از تحلیل عاملی پرسشنامه خبرگان به دست آمده است، چهار مولفه از میان ۱۸ مولفه ابتدایی، واجد بیشترین نقش و اثرگذاری بودند که در برگیرنده انواع الگوهای موجود می‌باشند. همان‌طور که طراحی پوسته ساختمان نشان داده شد، الگوریتم اوریگامی با کنار هم قرار دادن تمام مولفه‌های گفته شده، می‌تواند شاخص‌های مطرح‌شده توسط خبرگان را به صورت کامل به وجود آورد. براساس آنچه که در تحقیقات پیشین بیان شده است، نماهای ساختمان‌های بلندمرتبه در کیفیت محیط شهر نقش بسزایی را ایفا می‌کنند (لیندال و هارتیگ،۲۰۱۳؛ حیدری و همکاران، ۲۰۱۹). نتایج این

بررسی نشان می‌دهد، الگوهایی از اوریگامی که وجوه مختلف آن به سوی زوایای متفاوتی قرار می‌گیرند، می‌توانند مجموع تابش دریافتی از خورشید را در طول یک سال افزایش دهند. مدل ساخته شده بر طبق الگوی قطری با توجه به افزایش میزان دریافت تابش خورشیدی به میزان ۸٫۳۴٪ ، بهینه‌ترین شکل بهره‌گیری از تکنیک اوریگامی در نمای جنوبی ساختمان است. هر چند که الگوی معماری سبز با دریافت انرژی خورشیدی به میزان ۹/۹۸ درصد بیشتر از حالت پایه، در اولویت قرار دارد. همچنین، نرخ صرفه‌جویی مصرف انرژی نیز در الگوی معماری سبز ۲۸/۲۴ درصد بوده که نسبت به معماری پارامتریک (۱۱/۱۷ درصد) بیشتر می‌باشد. نتایج این بخش از تحقیق در خصوص امکان کاهش میزان مصرف، با مطالعه صورت گرفته توسط سماواتی (۱۳۹۵) منطبق است. همانطور که خدیوی و همکاران (۱۳۹۵) بیان کردند، در ساختمان‌های اداری امکان کاهش مصرف تا حدود ۴۰درصد نیز میسر است که این نرخ از آنچه در این تحقیق به دست آمده است، بیشتر می‌باشد. یافته‌های تحقیق حاضر نشان داد که میزان انرژی الکتریسیته بیشترین میزان مصرف انرژی را به خود اختصاص داده بود که این مورد با نتایج تحقیق ماریانو هرناندز و همکاران (۲۰۲۰) در ساختمان‌های اداری مطابقت دارد. از سوی دیگر، شاخص‌های موثر بر میزان مصرف انرژی که در تحقیق حاضر شناسایی شدند، با تحقیقات چن و همکاران (۲۰۲۰) هم خوانی دارد. چرا که در هر دو مورد بر عواملی نظیر ویژگی‌های ساختمان، تجهیزات و فناوری و خصوصیات رفتاری تاکید شده بود. در نهایت، همانطور که تحقیقات حسامی (۱۳۹۵ و ۱۳۹۷) نیز موید این نکته بوده است، اتخاذ رویکرد الگوی مصرف بهینه می تواند سبب کاهش میزان مصرف انرژی در ساختمان‌های اداری شود.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

نمای هر ساختمان بلندمرتبه، عنصری مجزا و مستقل نیست و به عنوان جزئی از دیوارها و پنجره‌های دیگر ساختمان‌های شهر، کلیت نما و منظر شهری را تشکیل می‌دهد. با این حال ذکر این نکته اهمیت دارد که به دلیل اشراف، اندازه، مقیاس و رویت‌پذیری بالای بلندمرتبه‌ها، جلوه بیرونی این ساختمان‌ها، یک عنصر حاشیه‌ای با تاثیرگذاری در مقیاس محدود نیست. بلکه به جرات می‌توان گفت نمای ساختمان بلندمرتبه در مقایسه با دیگر ساختمان‌های شهری، از اهمیت بیشتری در مبحث مدیریت مصرف انرژی برخوردار است. لذا توجه بر مواردی نظیر جنس مصالح، رنگ مصالح، نوع پنجره‌ها، تعداد و موقعیت بازشوها، جنس و زاویه سایبان‌ها و ... می‌تواند میزان مصرف انرژی داخلی ساختمان را کاهش دهد و از طرف دیگر، با جذب انرژی حرارتی در فصل سرد سال، نیاز به انرژی را کاهش دهد. از سوی دیگر، توجه معماران و طراحان به اصول و ضوابط معماری سبز، و پس از آن الگوریتم اوریگامی می‌تواند سبب شود که انرژی دریافتی از نور خورشید توسط یک سازه برای دوره یک‌ساله افزایش یابد و بدین ترتیب نیاز به مصرف انرژی را نیز تحت تاثیر خود قرار خواهد داد. در مجموع، باید بیان داشت که معماری سبز بیش از دو سبک دیگر یعنی اوریگامی و معماری پارامتریک سبب صرفه‌جویی در مصرف انرژی می‌گردد که بر این مبنا، الگوبرداری از این سبک معماری، برای کشور توصیه می‌شود.

References

1. Abasi M, Tahbaz M, Vafaee R. Introducing an innovative variable building layers system (V.B.L.S), *Naqshe Jahan*, 2015; Vol. 5, No. 2, pp. 55-64. [In Persian] https://doi.org/10.30475/isau.2021.161914.1144
2. Abdul Ahad M. Paiva S. Tripathi G. Feroz N. Enabling Technologies and Sustainable Smart Cities. *Sustainable Cities and Society*. 2020.
3. Amirsardari, Yaser, and Manouchehr Fortun, and Manouchehr Moazzami, and Maryam Mohammadi, The meaning of the exterior appearance of the residential tower; Analyzing the discourse semiotics of tall residential buildings in Tehran. *Journal of architecture and urban planning*, 2021; Vol. 27, 5-25. [In Persian]. Doi: 10.30480/aup.2020.796
4. Arghavan M, Metovasal M, Tashakor. Simultaneous location and design of solar and wind power plants in Fars province in order to reduce greenhouse gases, *New researches in environmental engineering*, 2023; 1 (1), pp. 41-54. [In Persian]. 14020523782703
5. Bahmanpour H, Mafi A, Salajeqeh B, Dorbeiki M. Climate change, environmental literacy educational package; Special for educators and facilitators, *publications of Environmental Protection Organization*, 2019, first edition, Tehran, 288 p. [In Persian].
6. Bahrami H, Davoudi T. energy management with smart switchboard, *Iranian Energy magazine*, 2012, 12th year, number 18.
7. Balkhari Qahi H. About beauty: aesthetics in Islamic wisdom and Western philosophy. Tehran:

University of Tehran. 2021. [In Persian]. file:///C:/Users/pctec/Downloads/4034114360201.pdf

8. Behzadpour M, khakzand M. Achieving green architecture through the use of BIM Environmental studies haft hesar. 2021
9. Biyik E, Araz M, Hepbasli A, Shahrestani M, Yao R, Shao L, Atlı YB. A key review of building integrated photovoltaic (BIPV) systems, *Engineering Science and Technology International Journal*, 2017; Vol. 20, No. 3, pp. 833–858. DOI: 10.1016/j.jestch.2017.01.009
10. Bokharaee S. Oppressive Environments: An Analytical Investigation of the Role of Buildings and Set-tings. *Soffeh*, 2017; 27(77), 5-20. [In Persian]. 20.1001.1.1683870.1396.27.2.1.3
11. Borzouei A, Zandieh M, Heidari S. Analyzing the Use of Origami to Increase the Solar Radiation on Photovoltaic Panels through Software Simulation. *Iranian Architecture and Urbanism* [Internet]. 2021; 11(2):189-203. [In Persian]. doi.org/10.30475/isau.2021.161914.1144
12. Chen S, Zhang G, Xia X, Setaung S, Shi S. A review of internal and external influencing factors on energy efficiency design of buildings, Energy & Buildings 216 (2020) 10994
13. Dong H, Qin B. Exploring the Link between Neighborhood Environment and Mental Wellbeing:A Case Study in Beijing, China. *Landscape and Urban Planning*, 2017; 164, 71-80. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2017.04.005
14. Ebrahimzadeh J, Qadermarzi J. An analysis of housing in urban areas; A solution to improve the quality of life of citizens; Case study: neighborhoods of Dehgolan city. *Geography and Development*, 2016; Volume 13, Number 40, 156-139. [In Persian]. 10.22111/gdij.2015.2103
15. Environmental Protection Organization. Translation of Paris Sustainable Development Goals document, 2018, Tehran, 112 p. [In Persian]
16. Fahim Huseien G, Wei Shah K. A review on 5G technology for smart energy management and smart buildings in Singapore. *Energy and AI*. 2022
17. Fazeli AR, Heydari S. Optimizing energy consumption in residential areas of Tehran using the Rotterdam energy planning approach, *Energy Planning and Policy Research*, 2012, first year, number 3, pp. 83-96. [In Persian]. URL: http://epprjournal.ir/article-44-1-fa.html
18. Ghafari J, Ghafari J, Salehi E. Housing design strategies to optimize energy consumption in Tehran, *Journal of Energy Planning and Policy Research*, 2012, second year, number 51. 115-132. [In Persian] URL: http://epprjournal.ir/article-1-26-fa.html
19. Hassanzadeh Firoozi M, Kalani Moghadam M, Bakshi H. Origami as a new construction technology in sustainable architecture. *The first national conference of new ideas and technologies in architecture*, Tabriz. 2011. [In Persian]
20. Hesami Z. Entrepreneurship workshop to optimize energy consumption and environment, Environmental Management Center and Sustainable Development of Tehran Municipality, *Sharif University of Technology*. 2017. Tehran. [In Persian]
21. Heydari O, Zebardast L, Asgarirad Fahime. Study and evaluation of outdoor advertising in urban spaces (Case study: distance between Enqelab square and Valiasr intersection in Tehran city). *Journal of Environmental Science and Technology* [Internet]. 2019; 21; 3 (82):265-278. [In Persian]. 10.22034/jsc.2020.234241.1252
22. Islamic Council Research Center, Comprehensive studies of energy consumption in the country; 2022, first volume. 418 p.
23. KhadIvi S, Abbaspur M, Karbasi A. Evaluation of the implementation of energy management measures in the domestic and commercial sector in metropolises using the SWOT method, *Environmental Science and Technology Quarterly*, 2016; 18th volume, special issue number 2, 11 p. [In Persian]
24. Khanifar H, Muslimi N. Principles and basics of qualitative research methods. Tehran: *Negha Danesh*. 2019. [In Persian]. https://uswr.ac.ir/uploads/2_57961.pdf
25. Lindal PJ, Hartig T. Architectural Variation, Building Height, And the Restorative Quality of Urban Residential Streetscapes. *Journal of Environmental Psychology*, 2013. 33, 26-36. https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2012.09.003
26. Mariano-Hernandez D, Hernandez- Calejo L, Zorita-Lamadrid A, Duque-Perez O, Santos-Garcia F. A review of strategies for building energy management system: Model predictive control, demand side management, optimization, and fault detect & diagnosis, *Journal of Building Engineering*, 33 (2021) DOI: 10.1016/j.jobe.2020.101692
27. Ministry of Energy, Energy Balance Sheet, Electricity and Energy Macro Planning Office, Ministry of Energy, 2023, 643 p. Electronic printing. www.energyinformation.ir
28. Mirheydar Turan B, Ostadi M, Niaye Qaraee f, Ehsaee A. A New Approach to the Analysis of Visual-Perception Illusion on the Spatial Layout of Urban Elements. *Geographical Research* [Internet]. 2021; 36(4):142:407-417. [In Persian]. URL: http://georesearch.ir/article-1-1088-en.html

29. Pashmfroosh S, Kohzadi Seifabadi I. Investigating the impact of high-rise buildings on the city landscape with an emphasis on legibility; Case example of Tehran. *Geography, civil engineering and urban management studies*, second period, 2016. vol. 4, 78-90. [In Persian]. https://www.armanshahrjournal.com/article_79972.html?lang=en
30. Pilehchiha P. Optimization methods and algorithms in architectural design and urban planning, basic mathematical solutions. *Naqsh Jahan*, 2014. Volume 10, Volume 3, 205-216. [In Persian]. 20.1001.1.23224991.1399.10.3.4.4
31. Qaedi A. Cursive flow converter as a renewable and environmentally friendly power plant, *New Researches in Environmental Engineering*, 2023, 1(3), pp. 15-27. [In Persian].
32. Sahebsara F, Taghvaeipour A, Ghafarirad H. Kinematic Modelling of Origami-Inspired Continuum Robotic Arm by Constant-Curvature Elements. *Modares Mechanical Engineering* [Internet]. 2019; 19(11): 2729-2735. http://dorl.net/dor/20.1001.1.10275940.1398.19.11.11.5
33. Salvia M, Simoes SG, Herrando M, Cavar M, Cosmi G. Improving policy making and strategic planning competencies of public authorities in the energy management of municipal public buildings: The PrioritEE toolbox and its application in five mediterranean areas, Renewable and Sustainable Energy Reviews 135 (2021) 106-110. DOI: 10.1016/j.rser.2020.110106
34. Samavati E. Energy management of smart building by feeding renewable sources, *scientific and promotional quarterly of renewable and new energies*, 2015, third year, first issue, pp. 45-50. [In Persian]. 20.1001.1.24234931.1395.3.1.7.6
35. Shabanzadeh H, Javan A. Energy efficiency standards and labels, guidebook for lighting devices and equipment, *Tehran University Press*, 2004, 36 p. [In Persian].
36. Tartar M, Marafet M. New solutions to reduce energy consumption in buildings through modification of the external shell, *Mechanical Engineering*, 2023, No. 61, Year 22. [In Persian]. 20.1001.1.16059719.1392.22.4.3.3
37. USGBC. U.S.Green Building Council. (2016). *LEED for building design and construction*. Retrieved from http://leed. usgbc.org/bd-c.html
38. Vaid U, Evans GW. Housing Quality and Health: An Evaluation of Slum Rehabilitation in India. *Environment and Behavior*, 2016; 49(7), 771–790. https://doi.org/10.1177/0013916516667975
39. Verijkazemi M. Providing operational solutions to optimize energy consumption and energy management in Iran's office and residential buildings, the second national conference on future buildings, Tehran. 2016. [In Persian].
40. Zhang Z, Zhang J. Perceived Residential Environment of Neighborhood and Subjective Well-Being among the Elderly in China: A Mediating Role of Sense of Community. *Journal of Environmental Psychology*, 2017; 51, 82-94. https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2017.03.004

Research Article

Journal of New Researches in Environmental Engineering

Volume 2, Issue 5, Spring 2024, Pages 1-14

ISSN (Online): 2981-0930

Modeling and Comparative Comparison of Energy Consumption in Urban High-Rise Buildings Under Multiple Scenarios and With an Emphasis on the Facade in Green Architecture

Tabbasom Tabasi Ph.D. Student in Architecture, Department of Architecture, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran

Amir Farajolahi Rod* Assistant Professor, Faculty of Art and Architecture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

Vahid Ahmadi Assistant Professor, Department of Architecture, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran

Hamid Reza Shoaei Assistant Professor, Department of Architecture, Shahrood Branch, Islamic Azad University, Shahrood, Iran

Received: 22 April 2024

Accepted: 17 June 2024

Keywords: *Energy Modeling, Green Architecture, Parametric Architecture, High -Rise Buildings, Building Facades.*

Extended Abstract

Introduction: Today, green architecture is referred to as a tool for improving the quality of the urban environment, optimizing energy consumption and reducing pollution. The purpose of this study is to model the amount of energy consumption in high-raise buildings under multiple scenarios and emphasize the facade of the building in green architecture.

Materials and Methods: First, components related to the facade of high -rise buildings that are effective in optimizing energy consumption were extracted in two parametric and green architectural styles. Then, using the 15 -person expert panel, prioritized the components. In the third step, the statistical analysis was analyzed using questionnaire data and software. In the fourth step, it was used to simulate a hypothetical model of the Rhino Software, which was parametric by the Grassshopper plugin. Finally, they were analyzed in the form of multiple scenarios and energy consumption simulation.

Results and Discussion: Among the 18 components identified as Origami, 4 are factors "color", "form form", "opening position" and "material of materials" are involved in optimal energy consumption. The simulation results show that the annual radiation receipt in the initial model (base mode) is 2029.18 kWh. The parametric architectural pattern is 8.34 % more than the initial model of radiation. In the green architecture pattern, the increase in solar energy absorption was 9.98 percent higher than the base. In addition, the energy -saving rate in the green architecture pattern was 28.24 %, which was 11.11 % compared to parametric architecture. Among the components of optimal energy consumption used in the facade of high urban structures, the "material of materials" component with the coefficient of 130 has the highest share, followed by "color" and "albeado" components with coefficients of 120 and 110 respectively have. At the end of this ranking is the "number of openings" with a coefficient of 40.

Conclusion: Paying attention to materials such as the material of materials, the color of the materials, the type and position of the pop -up, the sex and angle of the canopies, etc. can reduce the amount of internal energy consumption of the building and on the other hand, by absorbing thermal energy in the cold season, the need To reduce energy.

Corresponding author: Amir Farajolahi Rod

Address: Faculty of Art and Architecture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.**Tel:** +989121106692

Email:amirfrod@modares.ac.ir

Citation: Tabasi T, Farajolahi Rod A, Ahmadi V, Shoaei HR. Modeling and Comparative Comparison of Energy Consumption in Urban High-Rise Buildings Under Multiple Scenarios and With an Emphasis on the Facade in Green Architecture. *New researches in environmental engineering*, 2024; 2(5): 1-14.

© 2024, This article published in Journal of New Researches in Environmental Engineering (JNREE) as an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0). Non-commercial use, distribution and reproduction of this article is permitted in any medium, provided the original work is properly cited.