

امکان‌سنجی استفاده از راهکارهای بهینه سازی ساختمان‌های مسکونی میان‌مرتبه در مناطق معتدل و مرطوب با هدف دستیابی به صفر انرژی*

کیما جمشیدزاده^۱

سعید عظمتی^{۲*}

Saeed.azemati@iaui.ac.ir

راضیه لیب زاده^۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۱۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۶/۱۷

چکیده

زمینه و هدف: محدودیت منابع انرژی و افزایش روز افزون مصرف آن از یکسو و مصرف بی‌رویه انرژی توسط جوامع مختلف از سوی دیگر، علاوه بر آلودگی محیط زیست و هدر دادن سرمایه‌های ملی، زندگی آینده انسان‌ها را با مخاطره مواجه ساخته است. تجربه نشان می‌دهد که رشد اقتصادی و توسعه صنعتی کشورها بعنوان پیش شرط‌های اقتدار سیاسی، استقلال ملی و شکوفایی فرهنگی به عوامل مختلف از جمله انرژی و استفاده بهینه از منابع انرژی نیازمند است. معماری گیلان به عنوان نمونه‌ای مناسب از هماهنگی و تلفیق بنا با طبیعت، که حاصل عوامل مختلف اقلیمی، اجتماعی، اقتصادی، فرهنگی و غیره است، بیشترین تاثیر را از اقلیم و طبیعت پیرامون خود گرفته است. به نظر می‌رسد معماری این منطقه از مصالح مورد استفاده تا فرم کلی بنا تحت تاثیر محیط پیرامون می‌باشد. هدف از پژوهش حاضر طراحی ساختمان مسکونی میان مرتبه با تاکید بر معماری بومی گیلان و بهره‌وری صفر انرژی است.

روش بررسی: در این پژوهش به منظور بررسی مولفه‌های موثر بر کاهش مصرف انرژی در مجتمع‌های مسکونی میان مرتبه، از شبیه سازی نرم افزاری استفاده خواهد شد. در ابتدا با توجه به استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و اسنادی به بررسی و ارزیابی شاخص‌های موثر بر بهره‌وری صفر انرژی در مجتمع‌های مسکونی پرداخته شده است. باتوجه به مولفه‌های بدست آمده در مرحله اول در ادامه برای

* مقاله حاضر مستخرج از پایان نامه کارشناسی ارشد نگارنده اول با عنوان "طراحی مجتمع مسکونی میان‌مرتبه با تاکید بر بوم‌گرایی در شهر رشت" است که به راهنمایی نویسنده دوم و مشاوره نویسنده سوم در دانشکده عمران، معماری و هنر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تدوین شده است.

۱- گروه معماری، واحد علوم تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۲- گروه معماری، واحد تهران شرق، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. * (مسوول مکاتبات)

۳- گروه معماری، واحد علوم تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

بررسی عوامل اقلیمی شهر رشت از نرم افزار Climate Consultant استفاده خواهد شد. با در نظر گرفتن تمام شرایط، به‌ویژه صحت و اعتبار نتایج حاصل از الگوریتم‌های محاسباتی، پژوهش جهت شبیه‌سازی عملکرد سیستم ترکیبی، نرم‌افزار ترنسیس نسخه (۱۸) انتخاب شده است.

یافته‌ها: در روش بهینه‌سازی، انتخاب اقدامات در مورد پوشش ساختمان ممکن است شامل تغییر کل فناوری پوشش باشد، اما در عناصر و ویژگی‌های ساختمانی متفاوت است. بنابراین، در این مطالعه، معیارهای کارایی انرژی در یک سیستم پوششی یکسان از طریق پارامترهایی که ویژگی‌های هندسی یا ویژگی‌های ساختمانی را شناسایی می‌کنند و می‌توانند بر نیاز انرژی نهایی ساختمان تأثیر بگذارند، بیان می‌شوند.

بحث و نتیجه‌گیری: نتایج مربوطه در شرایط آب و هوایی معتدل و مرطوب شهر رشت همبستگی شدید موجود بین طراحی انرژی صفر و مقیاس محلی را ثابت کرد. در واقع، سیستم انرژی استفاده شده در پژوهش می‌تواند تأثیر متفاوتی بر طراحی پوشش یک ساختمان در مکان‌های مختلف داشته باشد و نه تنها بر میزان انرژی گرمایشی و سرمایشی برای رفع نیازهای سالانه ساختمان، بلکه بر توزیع روزانه بارها نیز تأثیر بگذارد.

واژه‌های کلیدی: معماری صفر انرژی، معماری بومی گیلان، بهینه‌سازی مصرف انرژی، همسازی با اقلیم، ساختمان مسکونی.

Feasibility of using optimization solutions for mid-rise residential buildings in temperate and humid regions with the aim of achieving zero energy*

Kimia Jamshidzadeh¹

Saeed Azemati² *

Saeed.azemati@iau.ac.ir

Raziyeh Labibzadeh³

Date of Acceptance: January 29, 2025

Date of Submission: September 7, 2024

Abstract

Background and Objective: The limitation of energy resources and the increasing consumption of it on the one hand, and the excessive consumption of energy by different societies on the other hand, in addition to environmental pollution and wasting national capital, have threatened the future life of humans. Experience shows that economic growth and industrial development of countries as preconditions for political authority, national independence and cultural prosperity require various factors including energy and optimal use of energy resources. Gilan architecture as a good example of the harmony and integration of building with nature, which is the result of various climatic, social, economic, cultural and other factors, has taken the most influence from the climate and nature around it, it seems that the architecture of this region is one of the materials The use to the general form of the building is influenced by the surrounding environment. The purpose of the current research is to design a mid-rise residential building with an emphasis on the native architecture of Gilan and zero energy efficiency.

Material and Methodology: In this research, software simulation will be used in order to investigate the factors affecting the reduction of energy consumption in mid-rise residential complexes. At first, according to the use of library and documentary studies, it has been investigated and evaluated the effective indicators on zero energy efficiency in residential complexes. According to the components obtained in the first stage, Climate Consultant software will be used to investigate the climatic factors of Rasht city. Considering all the conditions, especially the accuracy and validity of the results obtained from the calculation algorithms, the research has been selected to simulate the performance of the hybrid system, Transis software version.

Findings: In the optimization method, the choice of actions regarding the building coating may include changing the entire coating technology, but it differs in building elements and features. Therefore, in this study, energy efficiency measures in a uniform cladding system are expressed

* This article is an excerpt from the first author's master's thesis entitled "Design of a Mid-Rise Residential Complex with an Emphasis on Eco-Friendliness in Rasht City", which was compiled with the guidance of the second author and the advice of the third author at the Faculty of Civil Engineering, Architecture and Art, Islamic Azad University, Science and Research Branch.

1- Department of Architecture, Research Sciences Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

2- Department of Architecture, East Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. *(Corresponding Author)

3- Department of Architecture, Research Sciences Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

through parameters that identify geometric features or building characteristics that can affect the final energy demand of the building.

Discussion and Conclusion: The relevant results in the temperate and humid climate of Rasht city proved the strong correlation between zero energy design and local scale. In fact, the energy system used in the research can have a different impact on the design of a building envelope in different locations and affect not only the amount of heating and cooling energy to meet the annual needs of the building, but also the daily distribution of loads.

Keywords: zero energy architecture, native architecture of Gilan, optimization of energy consumption, integration with climate, residential building.

مقدمه

امروزه با توجه به محدود بودن منابع انرژی، آلودگی های ناشی از مصرف انرژی های فسیلی و برخی دلایل دیگر، توجه به مصرف بهینه انرژی و همچنین بهره گیری از انرژی طبیعی مثل خورشید و باد در بخش های مختلف مصرف بیش از پیش مورد توجه دولت ها قرار گرفته است. با توجه به پیشرفت تکنولوژی همراه با رشد جمعیت، تقاضا برای انرژی سالانه افزایش یافته است. انرژی نیروی محرکه اکثر اقتصادهای جهانی است. یکی از رویدادهای قابل توجهی که در سال ۲۰۱۸ بر اساس گزارش ارائه شده توسط آژانس بین المللی انرژی (IEA) اتفاق افتاد، افزایش قابل ملاحظه مصرف برق تقریباً ۲ برابر سال ۲۰۱۰ بود. تقاضای بالای انرژی در سال ۲۰۱۸ رابطه مستقیمی با دی اکسید کربن داشت (۱). اکثر مردم در سراسر جهان معمولاً بیشتر وقت خود را در داخل خانه می گذرانند، از این رو مهم است در نظر بگیریم که ساختمان ها چگونه می توانند در مصرف انرژی صرفه جویی کنند. محیط ساخته شده در سطح جهانی ۱/۳ از انرژی اولیه و همچنین ۴۰ درصد از منابع انرژی در سطح جهان را تشکیل می دهد (۲). استفاده از ساختمان با انرژی صفر صرفاً بابت کاهش مصرف انرژی نبوده بلکه موجب کاهش آلودگی های محیط زیستی به جهت عدم استفاده از سوخت های فسیلی و انتشار محصولات احتراق میگردد. صرفه جویی یکی از چالش های مهم جهان امروز است. ساختمان ها تقریباً ۴۰ درصد از مصرف انرژی جهان را تشکیل می دهند و نقش مهمی در بازار انرژی ایفا میکنند (۳). در ایران، به عنوان یک کشور در حال توسعه، ساختمان های مسکونی در انتشار ۴۴٪ از کل تولید گازهای گلخانه ای کشور سهم اند (۴). در

گزارش روابط عمومی مرکز پژوهش های مجلس شورای اسلامی، دفتر مطالعات انرژی آمده است که ایران در رتبه یازدهم پرمصرف ترین کشورها از نظر مصرف انرژی قرار دارد (۵). با توجه به این اطلاعات تلاش برای کاهش مصرف سوخت های فسیلی، ساخت ساختمان های بهینه از نظر مصرف انرژی و استفاده از منابع انرژی های تجدیدپذیر برای تولید انرژی، ضروری است (۶). در پهنه جغرافیایی گیلان که رطوبت هوا و بارش باران بسیار زیاد است. مسکن روستائیان نه تنها باید جوابگوی نیاز انسان به سرپناه باشد، بلکه باید آسایش اقلیمی را نیز به طور نسبی به همراه داشته باشد. بدین لحاظ، بنای مسکونی باید به گونه ای ساخته شود که حتی المقدور رطوبت بیش از حد تحمل انسان را در محیط زیست کاهش دهد تا شرایط دما و رطوبت، در حد آسایش قرار گیرد (۷). در این منطقه روند گسترش بنا بر اساس اولویت های اقلیمی و به ترتیب از سمت جنوب، شرق، غرب و سپس در ارتفاع می باشد. مجموعه این عوامل در کنار عامل برونگرایی، سبب ایجاد معماری منحصر به فردی شده که می توان اقلیم را علت اصلی شکل گیری آن دانست. معماری گیلان به عنوان نمونه ای مناسب از هماهنگی و تلفیق بنا با طبیعت، که حاصل عوامل مختلف اقلیمی، اجتماعی، اقتصادی، فرهنگی و غیره است، بیشترین تاثیر را از اقلیم و طبیعت پیرامون خود گرفته است به نظر میرسد معماری این منطقه از مصالح مورد استفاده تا فرم کلی بنا تحت تاثیر محیط پیرامون می باشد (۸). پژوهش حاضر با هدف بررسی مولفه های موثر بر کاهش مصرف انرژی در مجتمع های مسکونی میان مرتبه شکل گرفته است. این

آن ۸ درجه به سمت شرق بوده است. هم چنین پس از انتخاب ابعاد ساختمان؛ با محاسبه ی مساحت بهینه بازشوها و تعیین جهت گیری مناسب بنا؛ می‌توان اتلاف انرژی را کاهش داد (۱۳).

خوری و همکاران (۱۳۹۶) در پژوهشی دیگر، با هدف طراحی مجموعه مسکونی براساس اقلیم منطقه انتخابی است به صورتی که فرم و استقرار ساختمان های این مجموعه مسکونی در کنار هم باعث شود تا ساختمان های این مجموعه کمترین مصرف انرژی را داشته باشند. ضمن بررسی اقلیم منطقه مورد مطالعه، یک واحد مسکونی را براساس راهکارهای طراحی اقلیمی، طراحی و در نرم افزار دیزاین بیلدر مدلسازی نمودند و انرژی آن توسط نرم افزار در حالت ها و زوایای چرخش مختلف محاسبه شد. مقدار انرژی های به دست آمده توسط نرم افزار با مقدار استاندارد متوسط مصرف انرژی ساختمان مدلسازی شده در این پروژه، مقایسه شد. این مقدار استاندارد با استفاده از مقدار جهانی متوسط مصرف انرژی برای ساختمان های ۴ طبقه که توسط شرکت انرژی استار آمریکا اعلام شده، به دست آمده است. از بررسی نتایج این مقایسه محدوده ی از چرخش مجاز برای ساختمان مدلسازی شده مشخص شد. سپس همین کار نیز برای پلان قرینه شده واحد آپارتمانی اولیه انجام شد (۱۴). (شکل ۱، بررسی چرخه معماری همسازی با اقلیم).

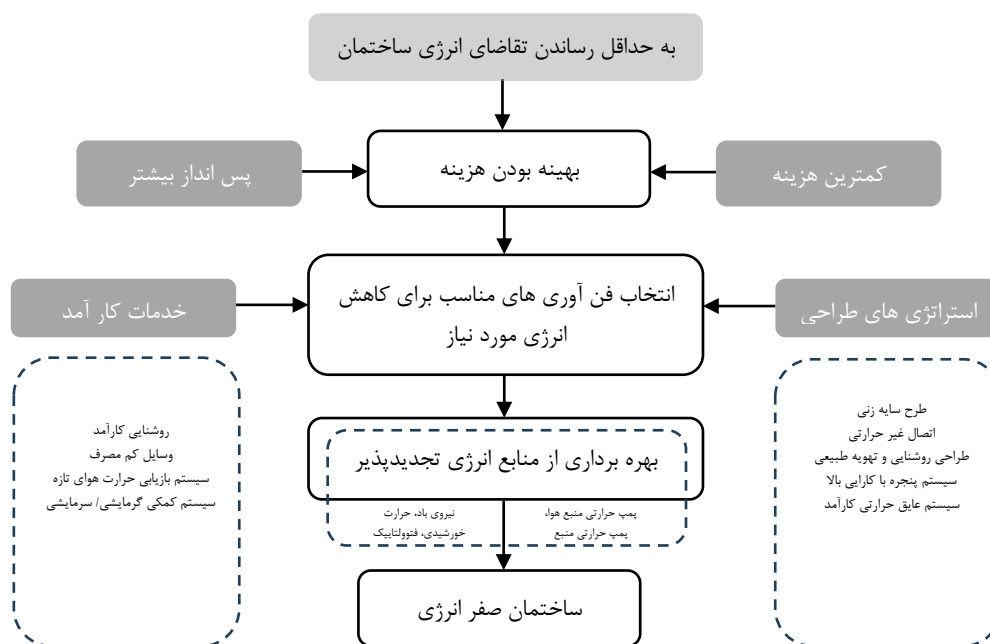
ارکویزو و همکاران (۲۰۱۷) در مقاله‌ای کاربرد بالقوه رابطه نزدیک بین چهار ویژگی مورفولوژیک شهری و مصرف نهایی انرژی ساختمان بررسی کرده و نتایجی را به دست آوردند که برای تفسیر سایر نواحی شهر و ارائه قوانین کلی برای اقدامات بهره‌وری انرژی مفید است (۱۶). فلورس-الرسن و همکاران (۲۰۱۹) تأثیر تغییرات آب و هوایی در مصرف انرژی ساختمان های مسکونی در مناطق گرم آرژانتین را ارزیابی کردند و بررسی کردند که آیا استراتژی‌های زیست اقلیمی متناسب برای شرایط آب و هوایی فعلی در طراحی ساختمان ها برای آب و هوای آینده میتواند عملی باشد. نتایج نشان داد که انرژی در نظر گرفته شده برای گرمایش و سرمایش هوا در سال ۲۰۸۰ به ترتیب بین ۲۳٪-۵۹٪ پایین تر و بین ۳۶۰٪-۷۹۰٪ بالاتر از دوره پایه (۱۹۹۰-۱۹۶۱) خواهد بود (۱۷).

پژوهش کوشیده است تا با تکیه بر داده‌های موجود از مجتمع های مسکونی میان مرتبه و بررسی مؤلفه‌های مؤثر بر کاهش مصرف انرژی، مسئله کاربرد طراحی و معماری و تأثیر آن بر مجتمع های مسکونی را بررسی کند. از سوی دیگر الگوی طراحی مبتنی بر معماری بومی گیلان به منظور بهره‌وری صفر انرژی را بررسی کرده است و بدین طریق می‌تواند مقدمه‌ای برای مطالعات جدیدتر در طراحی مجتمع های مسکونی میان مرتبه و نقش آن ها در کاهش مصرف انرژی را برای کاربران فراهم سازد. از این رو سوال اصلی پژوهش اینگونه بیان می‌شود: مؤلفه های اثرگذار بر طراحی مجتمع های مسکونی میان مرتبه به منظور بهره وری صفر انرژی کدامند؟ باتوجه به بررسی های صورت گرفته و در راستای هدف و سوال مطرح شده، فرضیه پژوهش در پی تحقق عواملی چون: بهره گیری از نور روز، تهویه طبیعی، استفاده از پنل های خورشیدی، مصالح بوم آورد، الگوهای معماری بومی و تاثیر آن در بهره وری صفر انرژی مجتمع های مسکونی میان مرتبه خواهد بود.

۱. مروری بر پیشینه و چارچوب نظری پژوهش

مقالات متعددی در زمینه مسائل مربوط به انرژی در ایران انجام شده است که موضوعات مختلفی را شامل می‌شوند از جمله ساختمان های صفر انرژی و مرور تحقیقات در زمینه مدلسازی انرژی (۹). افزایش توجه به مباحث مربوط به انرژی در ایران، از سال ۱۳۸۶ افزایش چشمگیری نسبت به سال‌های پیشین داشته است (۱۰). مطابق گزارش آژانس بین المللی انرژی، مصرف سوخت فسیلی برای انرژی مصرفی در ساختمان یکی از شناخته شده ترین منابع انتشار دی اکسیدکربن است (۱۱). افزایش بهره‌وری انرژی در ساختمان، تأثیر چشمگیری بر کاهش انتشار دی اکسید کربن، اثرات مخرب زیست محیطی و هزینه‌های بهره‌برداری خواهد داشت (۱۲).

در پژوهشی ناصری و همکاران (۱۳۹۶) ابتدا به بررسی عملکرد حرارتی و روشنایی گزینه های انتخابی پرداخته اند. نتایج نهایی نشان می‌دهد در اقلیم معتدل و با کاربری مسکونی؛ تناسب مربع با نسبت یک به یک (طول به عرض) دارای کمترین اتلاف انرژی نسبت به دیگر نمونه ها بوده، هم چنین درصد بهینه شفافیت جداره ها در نمونه مربع ۳۴/۵ و جهت گیری بهینه ی

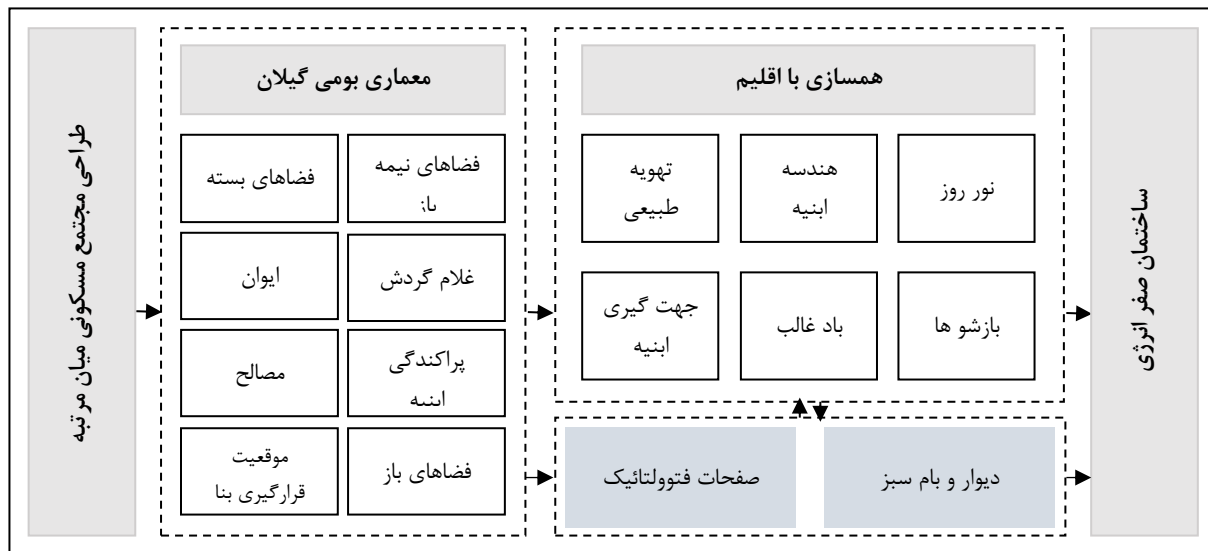


شکل ۱- مفهوم طراحی ساختمان صفر انرژی، منبع: اصغری و همکاران، ۱۴۰۰

Figure 1. concept of zero energy building design, source :Asghari et al ,1400

حاضر و آینده، از الگوریتم ژنتیک با مرتب سازی نامغلوب در محیط jEPlus استفاده شد. در بهینه سازی ساختمان مذکور، گزینه های مختلفی چون پارامترهای مرتبط با پوشش ساختمان، مانند نوع عایق وضخامت آن و نوع شیشه به کارگرفته شده در پنجره ها در نظر گرفته شد و در نهایت از پنل های خورشیدی به منظور رسیدن به ساختمان با انرژی خالص صفر استفاده شد. گزینه غیرفعال انتخاب شده با در نظر گرفتن آب و هوای کنونی باعث کاهش ۱۱/۸۳ درصدی در مصرف گاز سالانه ناشی از گرمایش و با در نظر گرفتن آب و هوای دهه باعث ۲۰۸۰ کاهش بیش از ۱/۱۵ درصد در مصرف انرژی سالانه ناشی از سرمایش و کاهش ۴۰/۴ درصدی مصرف سالانه گاز ناشی از گرمایش و افزایش ۴/۸۴ درصدی انرژی ناشی از سرمایش در مقایسه با مدل پایه می شود. نتایج نشان می دهد که ساختمان بهینه با فعلی نمیتواند به صورت بهینه در آینده باقی بماند (۲۰).

شریف و همکاران (۲۰۲۲) در مطالعه دیگری به بررسی تاثیر پیکربندی سینوسی بلوک های شهری بر پارامترهای ریز اقلیم فضای باز و مصرف انرژی خلی در شرایط آب و هوایی گرم امارات پرداختند. نتایج این مطالعه با ارائه ی پیکربندی بلوک شهری بهینه برای مناطق دارای آب و هوای گرم، به سیاست ها و مقررات برنامه ریزی شهری این مناطق کمک می کند (۱۸). در پژوهشی دیگر یارمحمد و همکاران (۱۴۰۱) پرکاربردترین راهکارها را به ترتیب مربوط به استفاده از صفحات فتوولتائیک، عایقکاری حرارتی جداره ها، استفاده از تهویه طبیعی، توجه به ابعاد و موقعیت پنجره ها، استفاده از نور روز، استفاده از مصالح با ظرفیت حرارتی مناسب، استفاده از گلخانه و آتریوم و استفاده از دیوار و بام سبز دانسته اند (۱۹). آرام و طاهرخانی (۱۴۰۱) در پژوهش خود بازسازی بهینه یک ساختمان آموزشی واقع در شهر تهران با استفاده از اقدامات غیر فعال را مورد بررسی قرار دادند. در این پژوهش جهت کمینه سازی بار سرمایش، گرمایش و سرمایه گذاری اولیه ساختمان برای آب و هوای



شکل ۲- مدل مفهومی پژوهش، منبع: نگارندگان

Figure 2. conceptual model of research, source: authors

۲- مشخصات ساختمان

مسکونی چهار طبقه در شهر رشت است. به دلیل ساخت و ساز معمولی و جدید بودن آن (در سال ۱۳۹۹ ساخته شده است)، می توان آن را به عنوان یک نمونه جدید با عملکرد بالا در نظر گرفت. ساختمان مذکور، برای اهداف مطالعه حاضر به عنوان پیکربندی ساختمان مرجع (RB) در نظر گرفته شد.

مطالعه موردی در شهر رشت در طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۳۵ دقیقه شرقی واقع شده است. که به طور معمول در فصل تابستان گرم و مرطوب و در فصل زمستان معتدل و مرطوب می باشد (جدول ۱). برنامه های شبیه سازی به طور معمول محاسبات را به صورت ساعتی برای تعیین شرایط داخلی ساختمان انجام می دهند. ساختمان مورد مطالعه یک ساختمان

جدول ۱- مشخصات اقلیمی شهر رشت، منبع: نگارندگان

Table 1. climatic characteristics of Rasht city, source: authors

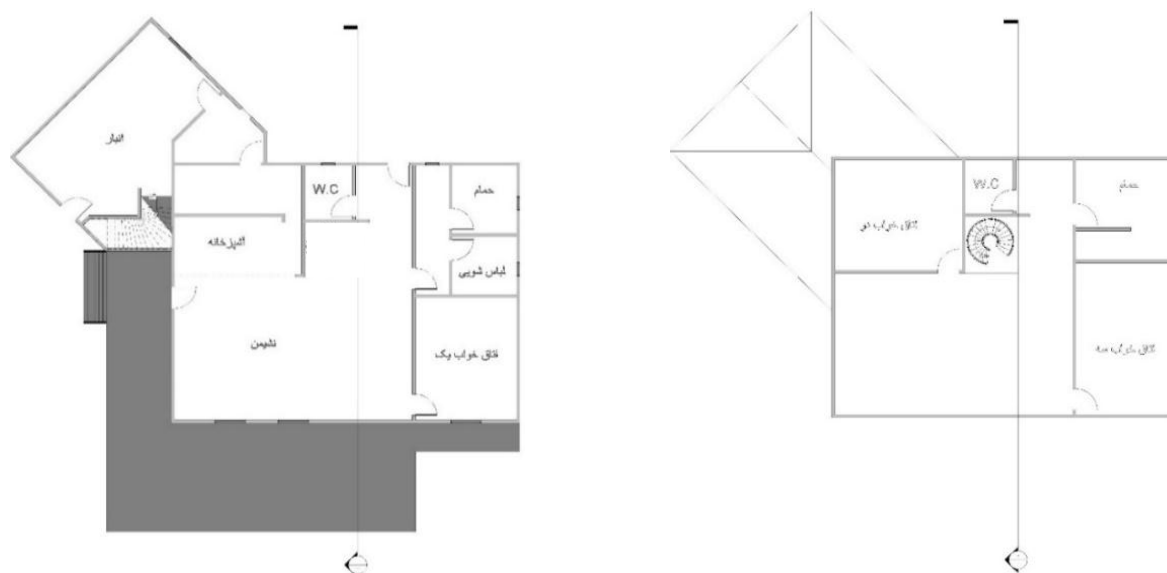
۳۳	زاویه بهینه تابستان	۳۷	عرض جغرافیایی
۳۰	زاویه بهینه زمستان	۱۱/۱	میانگین حداقل دما
۸۱/۱	میانگین رطوبت	۲۰/۵	میانگین حداکثر دما
٪۲۰	آسایش حرارتی سالانه	۱۳۶	میانگین حداقل تابش
شمال شرقی	باد غالب	۲۵۰	میانگین حداکثر تابش

(مقاومت حرارتی کلی $R = 7/53 \text{ m}^2\text{K/W}$) از ۲۰ سانتی متر بلوک بتنی (مقاومت حرارتی $R = 1 \text{ m}^2\text{K/W}$) تشکیل شده است. سقف چوبی (مقاومت حرارتی کلی $R = 12/81$) شامل ۴۰ سانتی متر عایق ($R = 12/5 \text{ m}^2\text{K/W}$) و دال شناور (مقاومت حرارتی کلی $R = 10/92$)

ساختمان مورد مطالعه، شکل فشرده ای دارد که سطح تبادل بین بیرون و داخل را به حداقل می رساند و منجر به نسبت سطح به حجم برابر با $0/186 \text{ m}^{-1}$ می شود. مساحت طبقه همکف برابر با ۱۵۰ متر مربع است (شکل ۴). دیوارهای خارجی به خوبی عایق بندی شده است (شکل ۵). دیوارهای خارجی

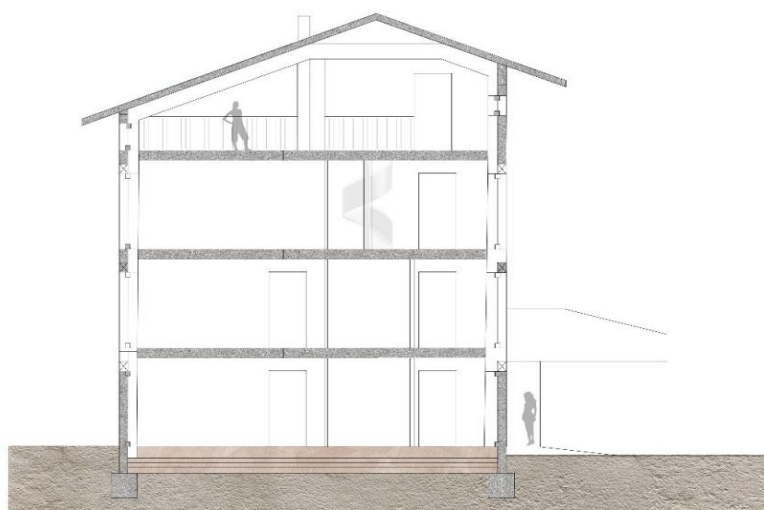
تهویه مکانیکی دو جریان ترکیب شده با یک مبدل حرارتی جریان متقاطع و یک پمپ حرارتی برگشت پذیر هوا به هوا است. قبل از ورود به مبدل حرارتی جریان متقاطع، هوا توسط مبدل حرارتی زمین گرمایی پیش تصفیه می شود. هنگامی که دمای نقطه تنظیم داخلی مورد نظر برآورده شد، سیستم می تواند حالت عملکرد خود را تغییر داده و آسایش را از طریق کنترل کامل جریان های ناشی از تهویه و در عین حال فراهم کردن هوا برای تضمین آسایش داخلی بدون توجه به فصل، مدیریت کند.

$30 \text{ m}^2\text{K/W}$ دارای ۳۰ سانتی متر عایق است. استفاده از بریج شکن های حرارتی، پل حرارتی را در طبقات میانی محدود می کند. تمامی پنجره ها دارای شیشه دو جداره به ضخامت ۴۴ میلی متر (۴/۱۶/۴/۱۶/۴)، ضریب خورشیدی برابر با ۰/۵ و ضریب عبور حرارتی U_w کل دهانه (شیشه و فریم) برابر با $0.7 \text{ W/m}^2\text{K}$ می باشد. این مقادیر به طور کامل با استاندارد Passivhaus مطابقت دارد، که مستلزم آن است که تمام قسمت های پاکت مات دارای U-value کمتر از ۰/۱۵ $\text{K}^2\text{W/m}$ و پنجره ها دارای U-value کمتر از ۰/۸ $\text{W/m}^2\text{K}$ باشند. ساختمان مورد مطالعه مجهز به سیستم



شکل ۳- جزئیات پلانی ساختمان مورد مطالعه، منبع: نگارندگان

Figure 3. plan details of the studied building, source :authors



شکل ۴- جزئیات اجرایی ساختمان مورد مطالعه، منبع: نگارندگان

Figure 4. executive details of the studied building ,source: authors

سرعت کمپرسور پمپ حرارتی تنظیم می‌شود. ضریب جهانی عملکرد (COP - جدول ۲) که هم راندمان پمپ حرارتی و هم بازیابی گرما از مبدل‌های حرارتی و بازیافت هوا را در نظر می‌گیرد، در رابطه با ترکیب همه این پارامترها نیز متفاوت است و به ویژه تا ۷/۶ می‌رسد.

در زمستان، سیستم کنترل دما به طور کلی روی حالت گرمایش تنظیم می‌شود و پمپ حرارتی روشن است. مبدل حرارتی جریان متقاطع قادر است حدود ۶۰ درصد گرما را از هوای استخراج شده بازیابی کند. ظرفیت گرمایش/ سرمایش پمپ حرارتی بسته به دمای بیرون، دمای مطلوب داخلی و سرعت جریان متفاوت است. سطوح مختلف ظرفیت با تغییر

جدول ۲- COP جهانی سیستم انرژی ساختمان مورد مطالعه - حالت گرمایش و سرمایش، منبع: نگارندگان

Table 2. global COP of the studied building energy system - heating and cooling mode ,source: authors

COP جهانی	ظرفیت گرمایش [W]	نرخ جریان هوا [m3/h]	دمای هوای داخل ساختمان	دمای هوای بیرون	
۷/۶	۱۶۶۳	۱۶۰	C°۲۰	C°۷-	حالت گرمایش
۴/۲	۲۸۶۱				
۳/۴	۳۲۲۰				
۵/۱	۱۱۳۰	۱۶۰	C°۲۰	C°۷	حالت سرمایش
۳/۴	۲۸۸۱				
۲/۸	۳۴۶۸				
COP جهانی	ظرفیت گرمایش [W]	نرخ جریان هوا [m3/h]	دمای هوای داخل ساختمان	دمای هوای بیرون	
۲/۹	۹۲۵	۱۶۰	C°۲۷	C°۳۵	حالت سرمایش
۲	۱۶۲۶				
۱/۴	۱۸۵۴				

۲- روش شناسی پژوهش

در این پژوهش به منظور بررسی مولفه های موثر بر کاهش مصرف انرژی در مجتمع های مسکونی میان مرتبه، از شبیه سازی نرم افزاری استفاده خواهد شد. در ابتدا با توجه به هدف اصلی پژوهش حاضر که طراحی مجتمع مسکونی میان مرتبه با تاکید بر معماری بومی گیلان و بهره وری صفر انرژی است. با استفاده از مطالعات کتابخانه ای و اسنادی به بررسی و ارزیابی شاخص های موثر بر بهره وری صفر انرژی در مجتمع های مسکونی پرداخته شده است. با توجه به مولفه های بدست آمده در مرحله اول در ادامه برای بررسی عوامل اقلیمی شهر رشت از نرم افزار Consultant Climate استفاده خواهد شد. با کمک این نرم افزار و با استفاده از داده های آب و هوایی شهر رشت، نمودار تابش سالیانه، میزان رطوبت نسبی، جریان هوا و میزان بارندگی سالیانه این شهر بررسی و در ادامه بر پایه مشخصات ساختمان شامل؛ ساختار فیزیکی، کاربران و همچنین داده های آب و هوایی سالانه ساعت به ساعت، محل استقرار ساختمان، با در نظر گرفتن تمام شرایط، به ویژه صحت و اعتبار نتایج حاصل از الگوریتم های محاسباتی، پژوهش جهت شبیه سازی عملکرد سیستم ترکیبی، نرم افزار ترنسیس^۱ نسخه (۱۸) انتخاب شده است. لازم به ذکر است از آنجایی که نرم افزار ترنسیس یک نرم افزار تجاری است، مطالعات زیادی در توسط پلتفرم ترنسیس بسیاری از محققین انجام شده است که نتایج مطالعات مذکور نشان میدهند تراز خطایی کم درصد بین نتایج حاصل از شبیه سازی در نرم افزار ترنسیس و داده های اندازه گیری شده وجود دارد. همچنین جهت صحت سنجی نرم افزار ترنسیس در این تحقیق، ابتدا یک سیکل رانکین شبیه سازی گردید که نتایج نشان دهنده تطابق بسیار مطلوب بین نتایج است. سپس بر مبنای استدلال استقرایی نتایج به دست آمده تعمیم داده شده و به صورت اصول کلی عوامل کالبدی معماری که ارتباط مستقیمی با دریافت انرژی طبیعی در فضا ارائه گردیده و راهکارهایی در جهت اصلاح آن و یا عدم تکرار آن در موارد طراحی مشابه ارائه گردیده است.

۳- یافته های پژوهش

روش هزینه جهانی شرح داده شده در استاندارد اروپایی EN15459 نشان می دهد که چگونه می توان هزینه را در طول دوره تمام سیستم هایی که می توانند بر عملکرد انرژی ساختمان تأثیر بگذارند محاسبه کرد. هزینه جهانی با جمع بندی هزینه های سرمایه گذاری اولیه، هزینه های دوره ای و جایگزینی، هزینه های سالانه و هزینه های انرژی و کسر ارزش نهایی تعیین می شود و تمام این هزینه ها به سال شروع محاسبه ارجاع می شود. بنابراین می توان معادله هزینه جهانی را به صورت زیر نوشت:

$$I_{TII} = I_1 + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (I_{ij} * I_i) (1 - I_{ij})$$

همانطور که گفته شد، پژوهش حاضر بر چگونگی تأثیر متغیرهای طراحی مربوط به سیستم انرژی بر سایر متغیرهای طراحی مرتبط با پوشش و هندسه ساختمان متمرکز است. به منظور انجام این مطالعه، دو سیستم انرژی (به نام سیستم های فنی TS-) از بین سیستم هایی که در حال حاضر در فرانسه استفاده، انتخاب و در TRNSYS مدل سازی شده است. لازم به ذکر است که اندازه برخی از سیستم های فنی کاملاً به پیکربندی ساختمان خاص بستگی دارد، برای برخی دیگر اندازه گیری تحت تأثیر بار گرمایش/ سرمایش خاص ساختمان نیست. این می تواند، به عنوان مثال، در مورد دیگ چگالشی، که در آن دیگ بخار همیشه بزرگ است و قادر به تامین بار حرارتی طراحی در هر پیکربندی ساختمان است، یا در مورد برق یکپارچه سیستم یا دیگ بخار پلت چوبی. بازده سیستم به عنوان وابسته به بار مدل سازی می شود. ظرفیت سایر سیستم ها، مانند سیستم تمام الکتریکی سنتی و سیستم خنک کننده، بر اساس حداکثر بار گرمایش/ سرمایش ارزیابی شده در طول شبیه سازی سالانه تعیین خواهد شد.

جدول ۳- هزینه‌های مربوط به سیستم انرژی اول، منبع: نگارندگان

Table 3. costs related to the first energy system, source: authors

Description	Unit cost CU[€]		Unit number	CI[€]	Lifespan [years]	Disc. Rate Rd	Replacement Cost CR[€]	Final Value Vff[€]
All-in-one system TS1	Supply	۱۴۰۰۰	۱	۱۴۰۰۰	۲۰	۰/۴۶	۶۴۴۰	۲۱۷۰
	Installation	۴۵۰	۲(workdays)	۹۰۰	۲۰	۰/۴۶	۴۱۴	۱۴۰
Description	Unit cost				Total cost in 30 years[€]			
Maintenance	۲,۵CI[€]				۶۴۴۱			
Energy cost: Electricity	Night (10pm – 7am)		[kWh]/€ 0/0567		Var = Qelectricity_night* 17/29 *0/0567 *			
	Day (7am – 10pm)		[kWh]/€0/0916		Var = Qelectricity_tot* 0/0228*17/29*			
	Contract and taxes		[kWh]/€0/0228		Var = Qelectricity_day*0/0916*17/29*			

های تعیین شده برای سیستم انرژی در نظر گرفته می‌شود. با این حال، کل هزینه سرمایه‌گذاری (و در نتیجه جایگزینی) هزینه و ارزش نهایی رادیاتورها و چیلرها ثابت نیست، اما به حداکثر ظرفیت گرمایش/ سرمایش مورد نیاز در طول شبیه‌سازی سالانه بستگی دارد. حداکثر ظرفیت گرمایش P_{max} از طریق یک فرآیند تکراری در TRNSYS به دست می‌آید که اجازه می‌دهد ظرفیت مورد نیاز در هر مرحله زمانی (Pts) را با مقدار ذخیره‌شده قبلی (P_{max} ، قدیمی) مقایسه و تنها در صورتی که مقدار فعلی بالاتر باشد، مقدار قدیمی جایگزین شود. در پایان شبیه‌سازی، حداکثر مقدار به صورت ذخیره شده در متغیر P_{max} به دست می‌آید.

جدول ۳ شامل کلیه هزینه‌های مربوط به سیستم انرژی اول می‌باشد. طول عمر ۲۰ سال برای این نوع سیستم در نظر گرفته شد. بنابراین انتظار می‌رود یک بار جایگزین و در پایان دوره ۳۰ ساله محاسبه، ارزش نهایی مثبت داشته باشد. هزینه نصب سیستم در ساختمان از برآوردهای واقعی ارائه شده توسط یک شرکت محلی گرفته شده است. قیمت انرژی بر اساس تعرفه‌های فعلی فرانسه تعیین شد. از میان هزینه‌های برق، باند دوبار انتخاب شد، زیرا بیشترین استفاده را در ساختمان‌های مسکونی دارد. هزینه‌های سرمایه‌گذاری مربوط به رادیاتورها و مولتی اسپلیت‌ها از برآوردهای ارائه شده توسط یک شرکت فرانسوی گرفته شده است، در حالی که سایر هزینه‌های مربوط به تعمیر و نگهداری و قیمت انرژی برابر با هزینه-

جدول ۴- هزینه های مربوط به سیستم انرژی دوم، منبع: نگارندگان

Table 4. costs related to the second energy system, source: authors

Description	Unit cost CU[€]		Unit number	CI[€]	Lifespan [years]	Disc. Rate Rd	Replacement Cost CR[€]	Final Value Vf[€]
Radiator (P=0/5 kW) TS2	Supply	۳۰۰	Var= Int (Pmaxheat/0.5)+1	Var=n* 300	۲۰	۰/۴۶	Var = IC*0.46	Var=IC*0.16
	Installation	۴۵۰	۲(workdays)	۹۰۰	۲۰	۰/۴۶	۴۱۴	۱۴۰
Description	Unit cost				Total cost in 30 years[€]			
Maintenance	%۲.۵CI[€]				۶۴۴۱			
Energy cost: Electricity	Night (10pm – 7am)		[kWh/€]0/0567		Var = Qelectricity_night* 17/29 *0/0567 *			
	Day (7am – 10pm)		[kWh/€] 0/0916		Var = Qelectricity_tot* 0/0228*17/29*			
	Contract and taxes		[kWh/€] 0/0228		Var = Qelectricity_day*0/0916*17/29*			

مصرف انرژی محاسبه و سایر هزینه ها اضافه شد. کلیه هزینه های مربوط به سیستم انرژی در جدول ۴ نشان داده شده است.

تمامی معادلات در مدل TRNSYS وارد شدند. مقادیر مصرف انرژی سالانه به عنوان ورودی برای یک نوع معادله «هزینه» در نظر گرفته شد که در آن بخشی از هزینه جهانی مربوط به

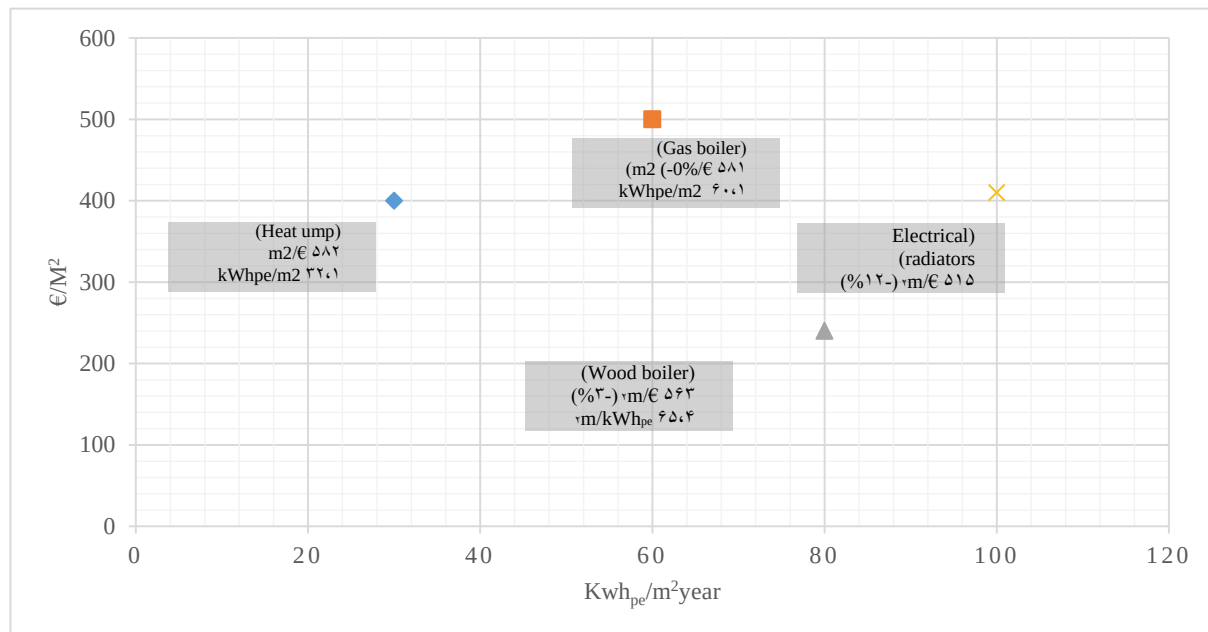
جدول ۵- مقادیر مصرف انرژی سالانه، منبع: نگارندگان

Table 5. annual energy consumption values, source: authors

Description	Unit cost CU[€]		Unit number	CI[€]	Lifespan [years]	Disc. Rate Rd	Replacement Cost CR[€]	Final Value Vf[€]
All-in-one system	Supply	۷۱۷۸	۱	۷۱۷۸	۲۰	۰/۴۶	۳۳۰۱	۱۱۱۲
	Installation	۴۵۰	۵ (workdays)	۲۲۵۰	۲۰	۰/۴۶	۱۰۳۵	۳۴۹
Description	Unit cost				Total cost in 30 years[€]			
Maintenance	%۲.۰CI[€]				Var = CIboiler+floor+fan*0.02*17.29			
Energy cost: Electricity	Night (10pm – 7am)		[kWh/€]0/0567		Var = Qelectricity_night* 17/29 *0/0567 *			
	Day (7am – 10pm)		[kWh/€] 0/0916		Var = Qelectricity_tot* 0/0228*17/29*			
	Contract and taxes		[kWh/€] 0/0228		Var = Qelectricity_day*0/0916*17/29*			

سیستم استفاده شده در TS^۱ و TS^۲ انرژی خنک کننده را تامین می کند. برای محاسبه مصرف انرژی، مقدار ثابتی از راندمان برابر با ۸۵ درصد تعیین شد که برابر با میانگین راندمان سالانه یک دیگ استاندارد پلت چوبی است.

انرژی اولیه خنک کننده مانند موارد قبلی محاسبه شد. جدول ۵ کلیه هزینه های مربوط به سیستم توصیف شده در یک سال را گزارش می کند. دیگ بخار پلت چوبی برای گرمایش در آخرین سیستم انرژی انتخاب شده گنجانده شده است. همان

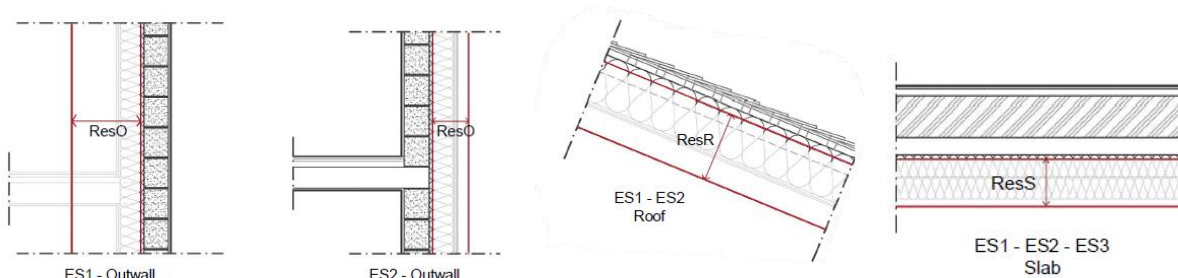


شکل ۵- تفاوت در هزینه جهانی و عملکرد انرژی پیکربندی پوشش ساختمان مرجع، منبع: نگارندگان

Figure 5. Differences in global cost and energy performance of the reference building envelope configuration, Source: Authors

شکل ۷ نشان داده شده است. محدوده و مرحله تغییرات آنها بر اساس الزامات مقررات تنظیم شده است، امکان‌سنجی فنی و معیارهای بازار تعیین شد. تغییر پارامترهای ساختمان نه تنها تغییر هزینه‌های مربوط به انرژی (به عنوان مجموع هزینه‌های مربوط به سیستم انرژی و مصرف انرژی) بلکه تغییر هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه مربوط به ساخت ساختمان را نیز ایجاد می‌کند. هزینه‌های جایگزینی برای عناصر ساختمانی در نظر گرفته نمی‌شود، زیرا قرار است طول عمر آنها برابر با دوره محاسبه باشد.

در روش بهینه‌سازی هزینه، انتخاب اقدامات بازده انرژی در مورد پوشش ساختمان ممکن است شامل تغییر کل فناوری پوشش باشد، اما همچنین در عناصر و ویژگی‌های ساختمانی متفاوت است. بنابراین، در این مطالعه، معیارهای کارایی انرژی در یک سیستم پوششی یکسان از طریق پارامترهایی که ویژگی‌های هندسی یا ویژگی‌های ساختمانی را شناسایی می‌کنند که می‌توانند بر نیاز انرژی نهایی ساختمان تأثیر بگذارند، بیان می‌شوند. این پارامترها به ضخامت عایق دیوارهای خارجی، سقف و دال (پارامترهای ResO، ResR، ResS)، نوع پنجره در جهت‌های مختلف (پارامترهای WT، WTS و WTR) و ابعاد پنجره (پارامترهای Bm، Blr) اشاره دارد. همانطور که در



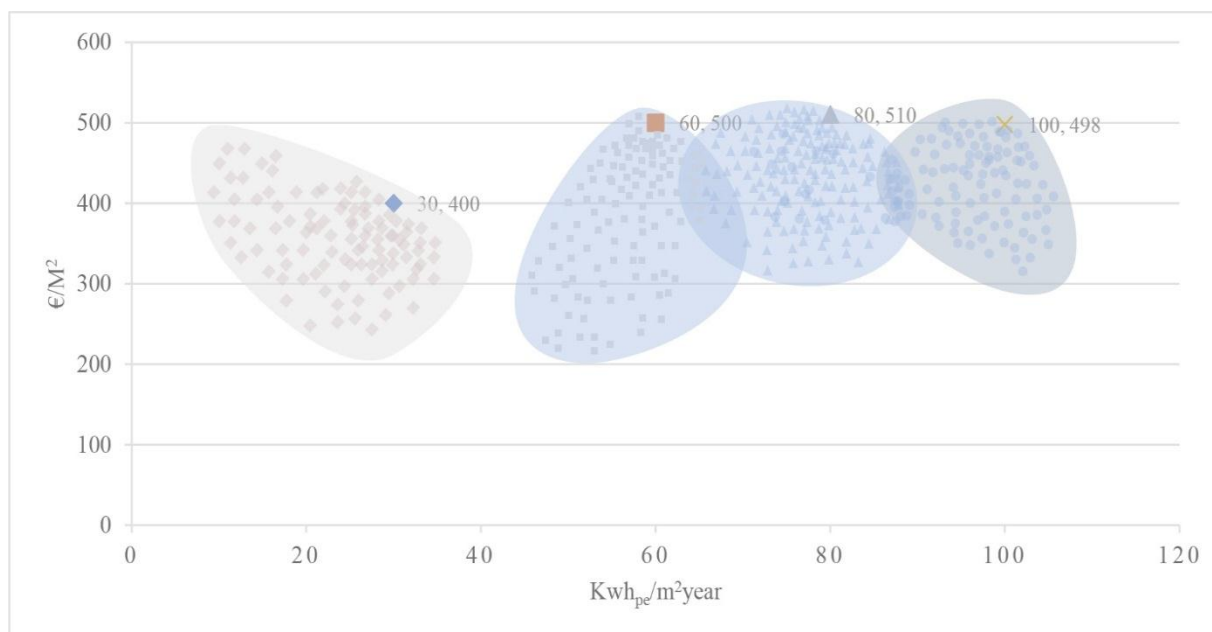
شکل ۶- نمایش پارامترهای پوششی غیر شفاف برای هر دو سیستم، منبع: Ferrara et al ۲۰۱۶.

Figure 6. shows the opaque envelope parameters for both systems, source Ferrara et al. ۲۰۱۶.

دارای رنگ و شکل یکسان هستند، خوشه‌بندی می‌شوند (شکل ۸).

رنگ‌ها نقاط سیستم پوششی را نشان می‌دهد، در حالی که شکل‌ها نقاط نشان دهنده سیستم فنی است. نقطه مربوط به کمترین هزینه در هر ابر، نقطه بهینه هزینه (OPT) را نشان می‌دهد که با مجموعه اقداماتی مطابقت دارد که در آن طراحی را می‌توان بهینه‌سازی هزینه در نظر گرفت. نام این نقاط شامل دو رقم است که اولی نشان‌دهنده عدد ES و دومی نشان‌دهنده شماره TS است.

نتایج در دو نوع نمودار ارائه شده است. نوع اول (شکل ۶) عملکرد انرژی را در محور افقی گزارش می‌کند که بر حسب کیلووات ساعت نیاز انرژی اولیه سالانه به ازای هر متر مربع مساحت طبقه مطبوع، و در محور عمودی، هزینه جهانی را که بر حسب یورو به ازای هر متر مربع شرطی شده بیان می‌شود، گزارش می‌کند. مساحت کف در این نمودارها، هر نقطه یک پیکربندی ساختمان را نشان می‌دهد که به یک ترکیب ES/TS با مجموعه‌ای از مقادیر پارامتر متفاوت اشاره دارد. نقاطی که مجموعه‌های مختلف مقادیر پارامتر مربوط به یک ترکیب ES و TS را نشان می‌دهند، در ابرها، جایی که نقاط



شکل ۷- ابرهای مقرون به صرفه از نقاط هزینه بهینه، منبع: نگارندگان

Figure 7. cost-effective clouds of optimal cost points ,source: authors

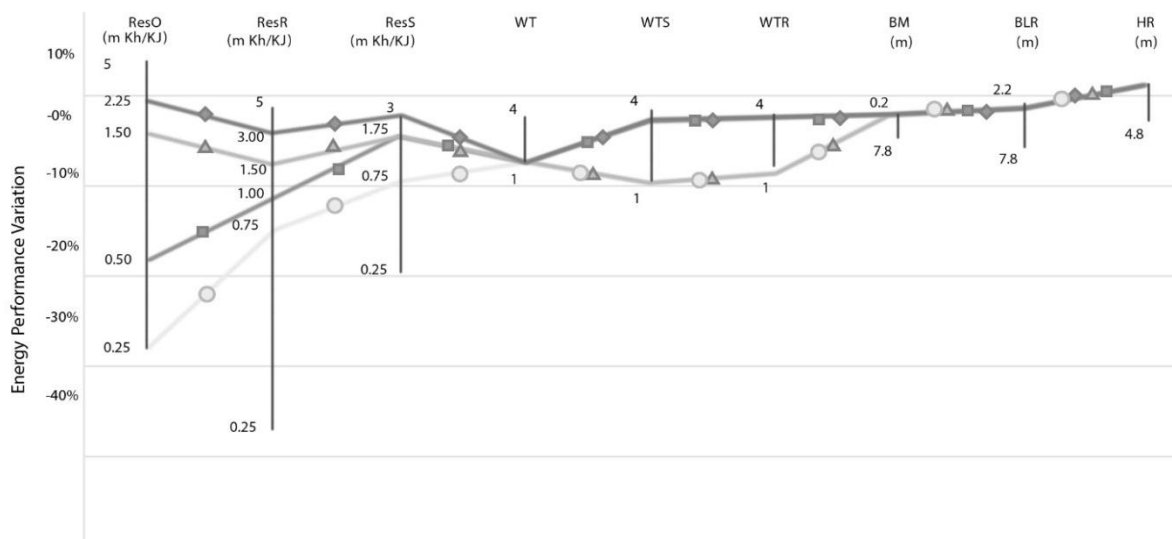
جدول ۶- هزینه‌های متغیر، منبع: نگارندگان

Table 6. variable costs, source: authors

Description	Unit cost CU[€]		Unit number	CI[€]	Lifespan [years]	Disc. Rate Rd	Replacement Cost CR[€]	Final Value Vf[€]
All-in-one system	Supply	۷۷۸۸	۱	۷۷۸۸	۲۰	۰/۴۶	۳۵۸۲	۱۲۰۷
	Installation	۴۵۰	۲ (workdays)	۹۰۰	۲۰	۰/۴۶	۴۱۴	۱۴۰
Description	Unit cost				Total cost in 30 years[€]			
Maintenance	%۲,۰ CI[€]				Var = Clboiler+floor+fan*0.02*17.29			
Energy cost: Electricity	Night (10pm – 7am)		[kWh/€] 0/0567		Var = Qelectricity_night* 17/29 *0/0567 *			
	Day (7am – 10pm)		[kWh/€] 0/0916		Var = Qelectricity_tot* 0/0228*17/29*			
	Contract and taxes		[kWh/€] 0/0228		Var = Qelectricity_day*0/0916*17/29*			

اولیه کمتر برای گرمایش و سرمایش در نظر گرفته شده است، همانطور که با معادلات محاسبه می‌شود، بسته به عوامل تبدیل انرژی اولیه، در حالی که مقادیر منفی مربوط به انرژی کمتری است، عملکرد مربوط به مصرف انرژی اولیه بالاتر است. در این محورها، پروفایل‌های رنگی مجموعه‌ای از مقادیر پارامترها را گزارش می‌کنند که نقاط بهینه هزینه را تشکیل می‌دهند، و یک نمایش مصنوعی در مورد نقش تغییرات هزینه محور هر پارامتر در افزایش یا کاهش عملکرد کل انرژی با توجه به پیکربندی RB است.

نوع دوم نمودار مجموعه مقادیر پارامتر نقاط مربوطه را گزارش می‌کنند (شکل ۹). در محور افقی، پارامترهای مختلف گزارش می‌شوند، در حالی که محور عمودی مقدار درصدی را گزارش می‌کند که نشان‌دهنده تغییرات نیازهای انرژی (گرمایش و سرمایش، بدون در نظر گرفتن سیستم انرژی) است که توسط تغییر یک پارامتر در یک زمان تولید می‌شود، در حالی که بقیه پارامترها به مقدار مرجع خود ثابت می‌شود. خط افقی سیاه، مربوط به درصد تغییرات، مجموعه مقادیر مرجع پارامترها را نشان می‌دهد که در ستون "RB" جدول ۶ گزارش شده است. مقادیر مثبت درصد مربوط به افزایش عملکرد انرژی با توجه به مرجع است. عملکرد انرژی بهتر به عنوان تقاضای کل انرژی

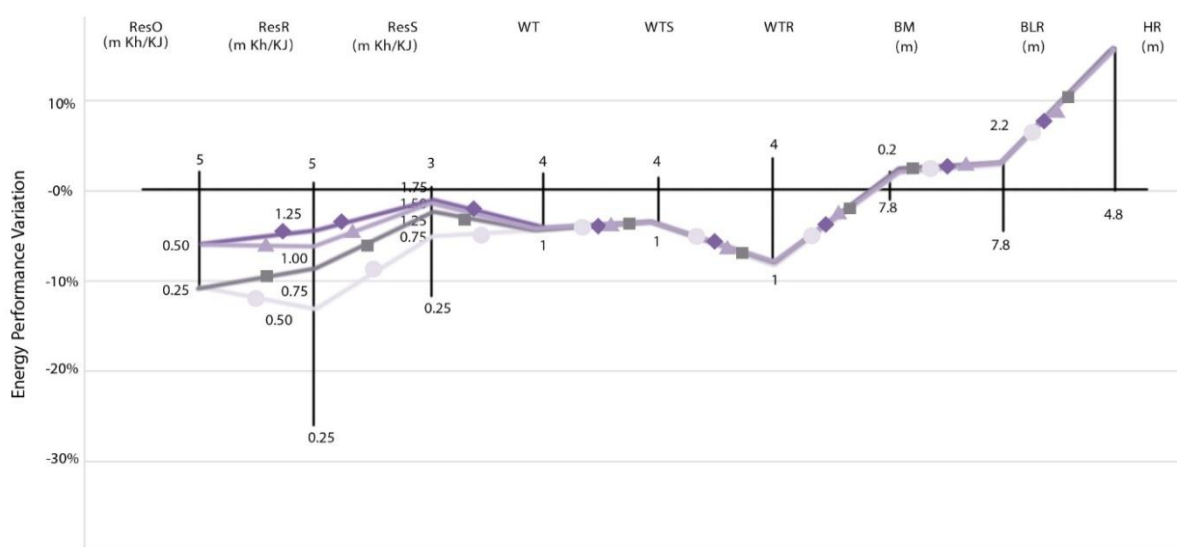


شکل ۸- مجموعه مقادیر پارامترهای بهینه، منبع: نگارندگان

Figure 8. set of optimal parameter values, source: authors

هزینه بهینه را تشکیل می دهند مشخص می شود (شکل ۸). در واقع، پروفیل OPT_1.2 نشان دهنده طراحی ساختمان با سطح عایق بالا در پوشش مات و شفاف است، در حالی که پروفیل OPT 1.1 در سطوح عایق پایین تأیید شده است، که نشان می دهد در این مورد آخر تأثیر هزینه های سرمایه گذاری بر روی هزینه جهانی بیشتر از هزینه های عملیاتی است. پروفیل های دیگر در وسط قرار داشتند. پارامترهای ابعاد پنجره همه در همه موارد روی حداقل مقادیر خود تنظیم می شوند.

هنگام کاوش در نقاط درون ابر، می توان دید که نقاط بهینه از نظر هزینه، مکان های متفاوتی در داخل ابرها دارند: اگر نقطه OPT_1.1 در سمت راست ابر مربوطه قرار داشته باشد، به سمت عملکرد انرژی بالاتر، نقطه OPT_1 است. در سمت چپ ابر مربوطه قرار دارد. این نشان دهنده وزن بالاتر هزینه های عملیاتی ساختمان است که مستقیماً با عملکرد انرژی ساختمان مرتبط است، زمانی که سیستم انرژی کارایی کمتری دارد. این امر هنگام وارد کردن مقادیر پارامترهای مجموعه ای که نقاط



شکل ۹- مجموعه مقادیر پارامترها نقطه بهینه سازی نهایی، منبع: نگارندگان

Figure 9. the set of parameter values of the final optimization point, source: authors

نتیجه گیری

سیستم انرژی اجازه دستیابی به عملکردهای بالا از نظر انرژی اولیه را بدهد، یک طراحی خوب از پوشش نهایی ساختمان می تواند راه حل طراحی را بیشتر به هدف صفر انرژی نزدیک کند، در حالی که گزینه های طراحی را در قسمت پایین بهینه سازی قرار می دهد (شکل ۱۰ جایی که هزینه جهانی به حداقل می رسد). علاوه بر این، مطالعه حاضر واقعیت را برجسته می کند که طراحی پوشش نهایی ساختمان را نمی توان بدون توجه به انتخاب سیستم انرژی از همان مرحله طراحی اولیه انجام داد، به ویژه هنگامی که به دنبال راه حل های بهینه از نظر هزینه می گردید، که ناشی از تعادل بین هزینه های سرمایه گذاری و هزینه های عملیاتی است که تحت تأثیر قرار می گیرد (هم

در این پژوهش با رعایت تمامی ملاحظات موجود و رعایت تمامی الزامات قانونی و فنی، امکان طراحی ساختمان با مصرف انرژی خالص صفر در شهر رشت مورد بررسی قرار گرفت. این مقاله با هدف بررسی مولفه های موثر بر کاهش مصرف انرژی در مجتمع های مسکونی میان مرتبه شکل گرفت. در ابتدا، پیکربندی های مختلف ساختمان برای به حداقل رساندن نیاز الکتریسیته ساختمان برای متغیرهای طراحی مانند دیوارها، پنجره ها، سایبان و سیستم روشنایی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. اول از همه، مشخص شد که در نمودارهای بهینه هزینه، سیستم انرژی انتخاب شده موقعیت گزینه های طراحی را در محور عملکرد انرژی تعیین می کند. سپس، تنها در صورتی که

- Built Environ. 1 (2021) 214–222, doi: 10.1016/j.enbenv.2020.07.003.
2. J. Dong, H. Lan, Y. Liu, X. Wang, C. Yu, Indoor Environment of nearly zero energy residential buildings with conventional air conditioning in hot-summer and cold-winter zone, Energy
3. Xing Y, Hewitt N, Griffiths P. Zero carbon buildings refurbishment—a hierarchical pathway. Renewable Sustainable Energy Rev 1122;2212112–22.
4. Eshraghi J., Narjabadifam, N., Mirkhani., N., Khosroshahi, S. S., and Ashjaee M., 2014. A comprehensive feasibility study of applying solar energy to design a zero energy building for a typical home in Tehran . Energy and Buildings, Vol. 72, pp.329-338
5. GES ۲۰۱۷. Global Energy Statistical Yearbook, see information in: www.https://yearbook.enerdata.net/electricity-domesticconsumption-data-byregion.html/wind-solarshareelectricity-production.html
6. Amani Nima, Moghadis Mashhad, Mostafa .(۲۰۱۹). Feasibility of building a zero energy building in the cold and semi-arid region of Iran (case study: Mashhad city), Environmental Science and Technology ,Volume ۲۲ Number - ۵ Serial Number ۹۶ August ۲۰۱۹ (Pages) ۵۷-۷۱ DOI ۱۰.۲۲۰۳۴ : (/JEST.۲۰۲۰,۳۶۳۶۲,۴۲۹۷.
7. Delshad Mehssa, Hosseinpour, Maryam .(۲۰۱۷). Analyzing the concepts of native architecture of Gilan in accordance with the stable characteristics of Iranian architecture. Construction Engineering and Housing Sciences. ۳۷-۳۱ (۱)۱۲ ,

توسط پوشش ساختمان و هم سیستم انرژی). به طور خلاصه، این مطالعه نشان داد که هر چه سیستم انرژی عملکرد کمتری داشته باشد، طراحی پوشش ساختمان با عملکرد بیشتر با نقاط بهینه مرتبط است. این امر زمانی مشهودتر است که سیستم های انرژی مقایسه شده از منبع انرژی مشابهی مانند TS^۱ (سیستم تمام هوشمند) و TS^۲ (سیستم انرژی سنتی تمام الکتریکی) در این مطالعه استفاده شده است. در صورت وجود عملکرد پایین سیستم انرژی که منجر به هزینه های عملیاتی بالاتر می شود، سرمایه گذاری در شبیه سازی با عملکرد بسیار بالا در طول دوره محاسبه سودآور می شود. در ادامه می توان اشاره کرد که کاهش قابل توجهی در مصرف انرژی اولیه را می توان با افزایش اندک هزینه جهانی یافت، در حالی که هنوز فاصله زیادی بین سطح بهینه و هزینه جهانی مربوط به نقطه انرژی صفر وجود دارد. مقایسه نتایج مربوطه در شرایط آب و هوایی معتدل و مرطوب شهر رشت همبستگی شدید موجود بین طراحی انرژی صفر و مقیاس محلی را ثابت کرد. در واقع، سیستم انرژی استفاده شده در پژوهش می تواند تأثیر متفاوتی بر طراحی پوشش یک ساختمان در مکان های مختلف داشته باشد و نه تنها بر میزان انرژی گرمایشی و سرمایشی برای رفع نیازهای سالانه ساختمان، بلکه بر توزیع روزانه بارها نیز تأثیر بگذارد. در نتیجه، این مطالعه نشان داد که یک طراحی صفر انرژی تنها می تواند از بهینه سازی همزمان بسیاری از متغیرهای طراحی درگیر، که در میان آنها سیستم انرژی نقش اساسی بازی می کند، حاصل شود و یک ابزار مدل سازی و شبیه سازی و یک روش برای پرداختن به مسئله بهینه سازی پیشنهاد کرد. همچنین باید به این موضوع توجه نمود که در طراحی یک ساختمان انرژی صفر اصل مهم، تولید انرژی نیست بلکه کاهش مصرف انرژی است که این اصل سبب کاهش ۷۰ درصد مصرف انرژی در مقایسه با ساختمان های معمولی شده است.

References

1. Z. Yi, Y. lv, D. Xu, J. Xu, H. Qian, D. Zhao, R. Yang, Energy saving analysis of a transparent radiative cooling film for buildings with roof glazing, Energy

۲۰۶.
<https://doi.org/10.1016/j.erss.2017.03.011>.
15. Shareef ,Sundus, and Hasim Altan . 2022“ .Urban Block Configuration and the Impact on Energy Consumption: A Case Study of Sinuous Morphology.” Renewable and Sustainable Energy Reviews 163.۱۱۲۵۰۷ :
16. Yarmohamed ,Fateme, Mehdizadeh Siraj, Fateme .(1401) .Feasibility of using solutions to optimize the shell of office buildings in temperate regions of Iran by using examples of zero energy buildings implemented in similar climates. Architecture and urban planning
17. Melabi ,Hossein, Labibzadeh, Razia, Habib, Farah .(۱۴۰۲) .Rereading the spatial structure model of middle-class housing using the complex systems theory (CST) paradigm. Modeling in Engineering .۲۷۳-۲۵۵ ,(۷۴)۲۱ ,doi : /۱۰,۲۲۰۷۵jme۲۰۲۳,۲۹۳۶۱,۲۳۸۳.
18. Madahi ,Seyyed Mehdi, and Fahimah, Fahima .(۲۰۱۸) .Optimizing the thermal performance of external walls of a mid-rise residential building in a cold and dry climate using energy simulator software (case example: Mashhad city). Energy Management Engineering (Energy Management ,(۱۲۱-۱۰۸ ,۳)۹
<https://sid.ir/paper/۲۲۳۷۷۹/fa>
19. Abolhasani ,Noushin, Fayaz, Rima, Mostaghani, Alireza, Kasab Sattari, Sattar .(۱۴۰۲) .Evaluation of effective indicators on low carbon building design in Iran. Architecture and Urbanism Journal.۲۵-۵ ,(۴۰)۱۶ ,doi : /۱۰,۳۰۴۸۰aup۲۰۲۲,۲۹۱۳,۱۵۸۵.
20. Energy systems in cost-optimized design of nearly zero-energy buildings / Ferrara ,Maria; Fabrizio, Enrico;
8. Gurji Mahlbani, Youssef, Yaran, Ali . (۱۳۸۹)Sustainable architecture solutions of Gilan along with comparison with Japanese architecture. Journal of Fine Arts: Architecture and Urbanism.۵۴-۴۳ ,(۴۱)۲ ,
9. Hosseini ,S. H., Mahmoudzadeh Andwari, A., AbdulWahid ,M & ., Bagheri, G. (2013). A review on green energy potentials in Iran .Renewable and Sustainable Energy Reviews, 27, 533-545
10. Fayaz ,Rima, Abolhasani, Noushin, Fakhari, Maryam .(1400) .A survey of energy research in the field of architecture in Iran. Andish Nameh Memari .۸۷-۶۳ ,(۱)۱ ,doi ۱۰,۳۰۴۸۰arcand۲۰۲۱,۸۶۷.
11. Baba ,A. (2013). Developing a decision support framework for low carbon housing design and delivery in the UK. University of the West of England.
12. Naseri ,Ayat, Mehrgan, Arash .(2016) . Investigating the effect of physical characteristics of residential buildings on energy consumption (case study of Khorram Abad city). Architecture and Urban Planning of Iran (JIAU ,(۲)۸ ,(۷۳-۵۹doi۱۰,۳۰۴۷۵ isau۲۰۱۸,۶۲۰۶۵.
13. Kamran Kasmaei, Haditha, Tadhu, Khosro, Mofidi Shemirani, Seyyed Majid. Evaluation of the native settlements of Gilan based on bio-sustainability. The role of the world - theoretical studies and new technologies of architecture and urban planning ۶۹-۵۸ :(۲) ۷ ;۱۳۹۶ .
14. Urquizo ,Javier, Carlos Calderón, and Philip James. 2017“ .Metrics of Urban Morphology and Their Impact on Energy Consumption: A Case Study in the United Kingdom ”.Energy Research and Social Science-۱۹۳ :۳۲

5805. - 70(2016), pp. 109-127 .

/۱۰,۱۰۱۶]]j.autcon.2016.06.007[

Virgone, Joseph; Filippi, Marco. - In:

AUTOMATION IN

CONSTRUCTION. - ISSN 0926-