

## Research Article

## Explaining the Effect of the Physical Factors of the Atrium on the Thermal Performance and Ventilation of high Buildings in the Climate of Rasht City

Babak Padasht<sup>1</sup>, Farzane Asadi Molkejahan<sup>2\*</sup> & Sayede Mamak Salavatian<sup>3</sup>

1. Ph.D Candidate, Department of Architecture, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran

2. Assistance Professor, Department of Architecture, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran

3. Assistance Professor, Department of Architecture, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran

\* Corresponding author: Email: [fasadi@iaurasht.ac.ir](mailto:fasadi@iaurasht.ac.ir)

Receive Date: 26 July 2023

Accept Date: 25 November 2023

### ABSTRACT

**Introduction:** Atrium is one of the most important architectural elements affecting the energy performance and ventilation of the building. Despite the significant effects of atriums on natural ventilation, indoor thermal conditions and reducing energy consumption, there is not enough knowledge about the effect of different design parameters on the energy performance and ventilation of atriums. This research investigates the effect of the physical factors of the atrium on the thermal performance, lighting and ventilation of high-rise buildings in the climate of Rasht city.

**Research Aim:** The aim of the current research is to determine the physical resilience of rural settlements in Amlash city against landslides.

**Methodology:** The main approach of the research method of this study is quantitative and uses the simulation method. The simulation reference building is a high-rise building with ten floors and a square plan with an open interior design, with a rectangular atrium exactly in the center of the building, defined so that the center of the atrium is located on the center of the building. The indicators of energy performance and ventilation performance including cooling demand, heating demand, total energy consumption, indoor air temperature and the number of air changes throughout the building are considered as dependent variables, and the variables of land dimensions, building form, window-to-wall ratio (WWR) and internal plan are fixed as a control variable. Considering the climate of Rasht, which is mild and humid, the need for ventilation is essential. For this purpose and due to checking the ventilation performance of the apartment, the windows have been evaluated with 50% opening. Also, the dimensions of the atrium, along with the orientation of the atrium, have been taken into consideration as independent variables.

**Studied Areas:** The geographical territory of this research is the Rasht city.

**Results:** The findings show that, in general, the change in the physical factors of the atrium directly affects the thermal performance, lighting and ventilation of high-rise buildings in the climate of Rasht city. Also, the findings show that the variables of length, width, perimeter and area of the atrium in the reference model in the climate of Rasht city have a significant and direct relationship with the heating demand and ventilation volume and an inverse relationship with the lighting demand of the building. Also, based on the findings, in general, in the reference building in Rasht, the largest share of energy demand is related to cooling energy. The results showed that the cooling demand constitutes the largest amount of energy consumption, i.e. about 74% of the total energy consumption. Also, the heating demand is about 17% of the total energy consumption on average. While lighting energy defines the lowest amount of energy consumption, on average 9% of the total energy consumption.

**Conclusion:** According to the findings, it is concluded that the use of atriums in high-rise buildings in Rasht city is recommended only in situations where there is an urgent need to increase the lighting in the heart of the building; Otherwise, imposing the thermal load due to the presence of the atrium in the building is not economical. Also, if an atrium is necessary in the building, it is recommended to use double-glazed and triple-glazed windows to control thermal performance to a great extent. Also, based on the findings, it can be concluded that in an equal area, the use of a square atrium generally produces better results. Also, rectangular atriums with north-south orientation have a better response in terms of energy performance than other orientations in Rasht city.

**KEYWORDS:** Atrium, Energy Performance, Ventilation Performance, High-Rise Building, Climate of Rasht city



فصلنامه علمی مطالعات برنامه‌ریزی سکونتگاه‌های انسانی  
دوره ۱۹، شماره ۴ (پیاپی ۶۹)، زمستان ۱۴۰۳  
شاپای چاپی ۰۹۶۸-۰۵۳۵ شاپای الکترونیکی ۰۹۵۸-۰۵۳۸  
<http://jshsp.iaurasht.ac.ir>

صص. ۱-۱۶

مقاله پژوهشی

## تبیین تأثیر عوامل کالبدی آتریوم بر عملکرد حرارتی و تهویه ساختمان‌های بلند در اقلیم شهر رشت

بابک پاداشت<sup>۱</sup>، فرزانه اسدی ملکجهان<sup>۲\*</sup> و سیده مامک صلواتیان<sup>۳</sup>

۱. دانشجوی دکتری، گروه معماری، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران

۲. استادیار، گروه معماری، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران

۳. استادیار، گروه معماری، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران

\* نویسنده مسئول: Email: [fasadi@iaurasht.ac.ir](mailto:fasadi@iaurasht.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۰۴ مرداد ۱۴۰۲

تاریخ پذیرش: ۰۴ آذر ۱۴۰۲

### چکیده

**مقدمه:** باوجود تأثیرات قابل توجه آتریوم‌ها بر تهویه طبیعی و شرایط حرارتی داخل ساختمان، دانش کافی در مورد تأثیر پارامترهای مختلف طراحی بر عملکرد انرژی و تهویه آتریوم‌ها وجود ندارد. این پژوهش، به بررسی تأثیر عوامل کالبدی آتریوم بر عملکرد حرارتی و تهویه ساختمان‌های بلند در اقلیم شهر رشت می‌پردازد.

**هدف:** هدف این پژوهش، به بررسی تأثیر عوامل کالبدی آتریوم بر عملکرد حرارتی و تهویه ساختمان‌های بلند است.

**روش‌شناسی تحقیق:** رویکرد اصلی روش تحقیق این مطالعه کمی بوده و از روش شبیه‌سازی استفاده می‌کند. ساختمان مرجع شبیه‌سازی، ساختمان بلند با ده طبقه و پلان مربع با طرح باز، دارای یک آتریوم مستطیل در مرکز ساختمان، تعریف شده است. شاخص‌های عملکرد حرارتی و عملکرد تهویه به‌عنوان متغیرهای وابسته و ابعاد و جهت‌گیری آتریوم به‌عنوان متغیر مستقل مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج به‌دست‌آمده از شبیه‌سازی علاوه بر بررسی در قالب آمار توصیفی، مورد آزمون‌های همبستگی و رگرسیون قرار می‌گیرد.

**قلمرو جغرافیایی پژوهش:** قلمرو جغرافیایی این پژوهش، شهر رشت است.

**یافته‌ها:** یافته‌ها نشان می‌دهد که متغیرهای طول و عرض آتریوم، محیط و مساحت آتریوم در مدل مرجع در اقلیم شهر رشت، رابطه معنادار و مستقیم با نیاز انرژی و حجم تهویه ساختمان دارد. اگرچه افزایش ابعاد آتریوم باعث کاهش نیاز روشنایی و افزایش توان تهویه ساختمان می‌شود، اما تا حد قابل توجهی باعث افزایش نیاز حرارتی و به تبع آن، نیاز انرژی کل ساختمان می‌شود.

**نتایج:** بر اساس یافته‌ها، نتیجه‌گیری می‌شود که در یک مساحت مساوی استفاده از آتریوم مربع شکل به‌طور کلی نتایج بهتری را رقم می‌زند. همچنین آتریوم‌های مستطیل شکل با کشیدگی در محور شمالی-جنوبی، پاسخ بهتری از نظر عملکرد انرژی نسبت به سایر جهت‌گیری‌ها در شهر رشت دارا است.

**کلیدواژه‌ها:** آتریوم، عملکرد انرژی، عملکرد تهویه، ساختمان بلند، اقلیم شهر رشت

## مقدمه

نیاز روزافزون انرژی، نگرانی‌های واقعی مربوط به مشکلات منابع انرژی و مشکلات زیست محیطی مانند تخریب ازن، تغییرات آب و هوا و گرم شدن کره زمین را ایجاد کرده است (Gassar & Chu, 2020). به همین دلیل، و با توجه به حجم ذخایر انرژی، امروزه در سطح جهان، موضوع مصرف بهینه انرژی، بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته است (خطیبی، و همکاران، ۱۴۰۱-ج). گسترش شهرنشینی و توسعه شهرها همراه با رشد شتابان جمعیت، منجر به افزایش مصرف انرژی در بخش ساختمان به منظور آسایش حرارتی و محیطی ساکنان شده است (موسوی و همکاران، ۱۴۰۲؛ مرادخانی و همکاران، ۱۳۹۸). با این حال، بخش ساختمان جهانی هنوز با سرعت بی سابقه‌ای در حال رشد است و این روند را ادامه خواهد داد (Li et al., 2020).

به طوری که در حال حاضر، یکی از بزرگترین بخش‌های مصرف کننده انرژی در سطح جهان، بخش ساختمان است و این روند به شدت در حال رشد است (Dong et al., 2022). به طور مثال در ایالات متحده، اگر یکی از ضایعات حرارتی حاصل از تولید برق غیر تجدید پذیر باشد، بخش ساختمان تقریباً ۴۰٪ از انرژی مصرف شده در سطح کشور را تشکیل می‌دهد (U.S. EIA., 2017). یک مطالعه در سال ۲۰۱۷ میلادی همچنین نشان داد که هنگامی که تولید برق بالادست در محاسبات گنجانده شود، متأسفانه بخش ساختمان و ساخت و ساز در کنار هم ۳۶٪ از مصرف نهایی انرژی جهانی و ۳۹٪ از انتشار دی اکسید کربن (CO<sub>2</sub>) مرتبط با انرژی را شامل می‌شوند (Abergel et al., 2017). در ایران، میانگین مصرف انرژی ساختمان‌ها بیش از ۲/۵ برابر میانگین مصرف جهانی است (صادق ابرکوهی و همکاران، ۱۴۰۱). این موضوع، نشان از اهمیت بررسی مصرف انرژی ساختمان و بهینه‌سازی فرم و عناصر آن دارد. در این راستا، ساختمان‌های اداری، در کنار ساختمان‌های مسکونی، بیشترین مصرف انرژی در بخش ساختمان را به خود اختصاص داده‌اند (خطیبی، و همکاران، ۱۴۰۱-الف؛ خطیبی، و همکاران، ۱۴۰۱-ب) و در پژوهش‌های مختلفی مورد توجه قرار می‌گیرند.

فضای آتریوم، یک فضای مرکزی بزرگ، به ویژه در ساختمان‌های غیر مسکونی، یک فضای مورد توجه است که در طول قرن‌ها با روند افزایشی از دوران باستان در بین‌النهرین شروع می‌شود و مورد استفاده قرار گرفته است. آتریوم فضای زیبایی شناختی چشمگیری را فراهم می‌کند، فضاهای داخلی مجاور را در معرض نور روز قرار می‌دهد، منافع به حداکثر رساندن سود مستقیم خورشیدی، و افزایش معاشرت و تعاملات ساکنان را افزایش می‌دهد (Bednar, 1986; Bryn, 1993; Pfafferoth et al., 2004; Saxon, 1983). همچنین آتریوم، گردش هوا و ارتباط بین طبقات مختلف ساختمان را فراهم می‌کند. آتریوم‌ها در کنار عملکردی آسایشی، به عنوان عاملی در مقیاس ارزشی بازار ساختمان در نظر گرفته می‌شود (Li et al., 2020; Laouadi et al., 2002). آتریوم‌های مدرن خاستگاه خود را در مناطقی با آب و هوای معتدل دارد و برای اولین بار در اوایل دهه ۱۹۹۰ توسعه یافت، و سپس تنها با اتخاذ زیبایی‌شناسی خود در مناطق مختلف با آب و هوای نامناسب‌تر بدون مواد و شرایط کافی گسترش و تکثیر یافت (Asfour, 2020). استفاده از آتریوم‌ها در ساختمان‌ها، بدون ارزیابی آن‌ها، منجر به مشکلات مختلفی همچون خیرگی (خطیبی، و همکاران، ۱۴۰۱-الف) و افزایش بیش از حد انرژی حرارتی خورشیدی (Guan et al., 2022) شده است.

به طور کلی، علاقه به بکارگیری تکنولوژی جدید و استفاده از دیوارهای شیشه‌ای در آتریوم‌ها، به ویژه در برخی ساختمان‌های اداری و تجاری، منجر به غفلت از پتانسیل‌های زیست محیطی (تابش، باد، و دیگر شرایط طبیعی) شده است (Encinas, 2004; Dai et al., 2022). بنابراین، علیرغم تمام مزایای ذکر شده در بالا، تامین آسایش حرارتی در آتریوم، نیاز به مقدار بالایی از انرژی (Hussain et al., 2012) به دلیل افزایش گرمای بیش از حد خورشیدی در طول روز تابستان و از دست دادن گرما در طول فصل‌های سرد از دیواره‌های شیشه‌ای بزرگ دارد (Göçer et al., 2006). بر همین اساس، بررسی عملکرد حرارتی آتریوم می‌تواند به شناخت و طراحی مناسب آتریوم در ساختمان‌ها بر مبنای عملکرد حرارتی کمکی شایانی کند.

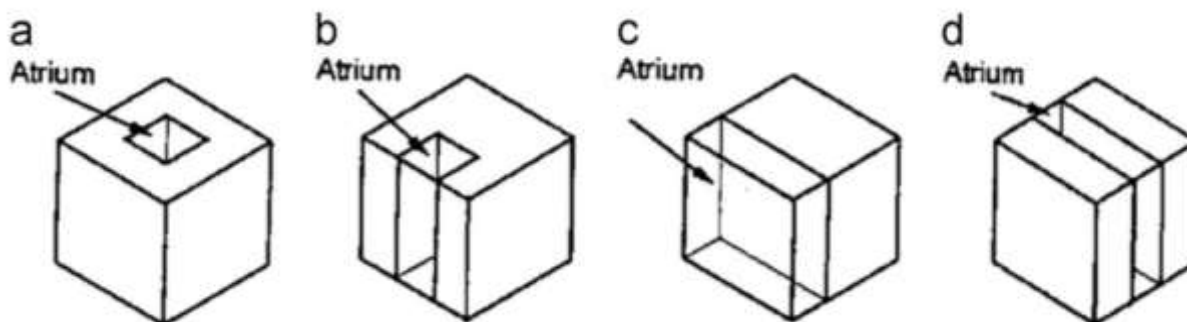


شکل ۱. چارچوب محتوایی پژوهش

ساختن طراحی و ساخت ساختمان، بدون آزمایش کامل، یک عمل مرسوم است (Magnier & Haghghat, 2010). شبیه سازی انرژی ساختمان، در طی مراحل طراحی و ساخت و ساز، فرصت هایی را برای بررسی و ارزیابی عملکرد ساختمان و سیستم گرمایش، سرمایش و تهویه هوا (HVAC) قبل از اتمام ساختمان ارائه می دهد (Asfour, 2020). این امکان، شرایط ایجاد تغییرات در مراحل طراحی فراهم می کند (Coakley et al. 2014). به همین دلیل، این پژوهش به بررسی تأثیر عوامل کالبدی آتریوم از طریق شبیه سازی و ارزیابی نتایج عملکرد حرارتی آتریوم در ساختمان از طریق نرم افزارهای شبیه سازی انرژی می پردازد. بر این اساس سوال اصلی این پژوهش این است که عواملی کالبدی مؤثر بر عملکرد حرارتی و تهویه آتریوم کدامند و دارای چه اولویت بندی بر مبنای عملکرد انرژی ساختمان هستند؟ و هر کدام از این عوامل در آتریوم های مرکزی در ساختمان های اداری شهر رشت، به چه میزان بر عملکرد حرارتی و تهویه ساختمان تأثیر گذار هستند؟

## آتریوم

آتریوم (Atrium; Atria) در ریشه اولیه لاتین به یک اتاق اصلی یا یک محوطه ی مرکزی با آتشدان اشاره دارد. این مفهوم در خانه های معمول روم باستان اشاره دارد. در دوران مدرن، طراحی آن به شکلی تغییر کرده است که معمولاً با دیوارهای شیشه ای و سقف پوشیده شده (همچنین) فضای مشترکی را ایجاد می کند که راهروها و طبقه های مجاور درون یک ساختمان آتریوم را به هم متصل می کند. آتریوم معمولاً در برخی ساختمان ها برای تهویه طبیعی و مقاصد حرارتی تعبیه شده اند. این عنصر کالبدی، باعث تشکیل محورهایی در ساختمان می شوند و با تأمین تهویه طبیعی و نور خورشید از طریق تبادل هوای داخلی با هوای خارجی باعث (Olsen & Chen, 2003)، نقش اساسی در آسایش حرارتی ساختمان و مصرف انرژی حرارتی و روشنایی دارند (Dong et al., 2008; Olsen et al., 2022). با افزایش تعداد ساختمان های دارای آتریوم، به ویژه در ساختمان های لوکس غیر مسکونی، تقاضا برای سیستم های تهویه برای ایجاد کیفیت هوا بالا و آسایش حرارتی برای ساکنین افزایش یافته است. این امر در نتیجه منجر به بکارگیری سیستم های مکانیکی با نیاز بالای انرژی شده است. از این رو، در دهه ۱۹۷۰ و اوایل دهه ۱۹۸۰، مزایای زیست محیطی آتریوم به عنوان واکنش پس از بحران نفت به مصرف زیاد انرژی در طراحی و ساخت ساختمان (Ahmad & Rasdi, 2000) از نو در نظر گرفته شد. اما همچنان، بررسی دقیق ابعاد کالبدی آتریوم در رابطه با عملکرد حرارتی ساختمان، مورد غفلت قرار گرفته است.



شکل ۲. چهار نوع آتریوم: مرکزی، نیمه بسته، پیوسته و خطی (Hung & Chow, 2001).

به طور کلی، عوامل کالبدی آتریوم در ساختمان، عامل اصلی تعیین کننده مزایای بالقوه زیست محیطی آتریوم و عملکرد انرژی در ساختمان است (Zhengyu & Yihua, 2020). به عنوان دسته بندی اصلی اشکال آتریومی، چهار شکل مختلف آتریوم وجود دارد که در مطالب از آن، بر اساس محل آتریوم در ساختمان، همانطور که در شکل ۲ نشان داده شده است، ذکر شده است (Hung & Chow, 2001). هر شکل از آتریوم دارای یک مزیت زیست محیطی خاص است که با توجه به شرایط محیط، تهویه مورد نظر و عملکرد نور روز انتخاب می شود. به عنوان مثال، برای آب و هوای معتدل، برای داشتن گرمای بیشتر خورشید در زمستان و دید جذاب تر در فصول مختلف، آتریوم به عنوان یک نمای شیشه ای به ساختمان متصل می شود (تصویر ۲). آتریوم های مرکزی و خطی رایج ترین اشکال عمومی در حال استفاده در مناطق گرم هستند (Quek, 1989). آتریوم های مرکزی در ایران نیز بیشترین

فراوانی را به خود اختصاص می‌دهند (پیریایی و همکاران، ۱۴۰۱). در این پژوهش با توجه به رواج آتریوم‌های مرکزی و مزایای افزایش نورگیری از طریق آنها به دل ساختمان، این نوع از آتریوم مورد بررسی قرار گرفته است. در بررسی عملکرد آتریوم، پارامترهای طراحی را می‌توان به دو دسته تقسیم کرد: پارامترهای موثر بر عملکرد حرارتی و پارامترهای موثر بر عملکرد تهویه. عوامل حرارتی یک ساختمان به فرآیند مدل سازی انتقال انرژی بین ساختمان و محیط اطراف اشاره دارد. عملکرد حرارتی به طور کلی، برآورد رویکرد حالت پایدار عوامل کالبدی ساختمان و برآورد میزان کلی انتقال حرارت است (Joseph et al., 2015). همچنین در عملکرد تهویه، پیش بینی رفتار جریان هوا از نظر جهت و ثبات در بین فضاها در طراحی آتریوم‌ها مورد توجه است. این موضوع به این دلیل است که افزایش منبع گرمایی داخلی یک فضای داخل ساختمان یا تغییر برخی پارامترهای طراحی می‌تواند الگوی جریان هوا را معکوس کند و در نتیجه باعث نامطبوعیت گرمایی یا انتشار آلودگی در فضاهای اطراف شود (Coakley et al. 2014).

پژوهش‌های مختلفی به بررسی تأثیر عوامل متنوع کالبدی آتریوم در ساختمان‌ها با کاربری‌های مختلفی پرداخته‌اند. فروسی و همکاران (Ferrucci et al., 2022)، به بررسی تأثیر عملکرد آتریوم بر آسایش محیطی در بیمارستان‌ها پرداخته‌اند. همچنین لی و همکاران، (Li et al., 2020) به بررسی تأثیر آتریوم بر بهره‌وری انرژی در ساختمان اداری در اقلیم‌های مختلف کشور چین پرداخته‌اند. همچنین ژنگیو و ییهوها (Zhengyu & Yihua, 2020)، نیز عملکرد انرژی آتریوم در ساختمان‌های اداری مد نظر قرار داده‌اند. به طور کلی، در سال‌های اخیر، عملکرد انرژی آتریوم در ساختمان‌های اداری، بیش از پیش مد نظر قرار گرفته است. اما علیرغم وجود پژوهش‌های متنوعی در این حوزه، پژوهش‌های کمتری به بررسی همزمان تهویه و عملکرد حرارتی ساختمان‌های اداری در کنار هم پرداخته‌اند.

## روش پژوهش

این مطالعه، تجزیه و تحلیل پارامتری مقایسه‌ای براساس شبیه‌سازی کامپیوتری انجام می‌دهد. یک ساختمان با پلان مربع با طرح پیکربندی باز به عنوان یک مورد مرجع مدل سازی دارای یک آتریوم مستطیل دقیقاً در مرکز ساختمان به صورتی که مرکز آتریوم روی مرکز ساختمان قرار بگیرد، تعریف شده است. چندین شاخص عملکرد انرژی و عملکرد تهویه شامل نیاز سرمایشی، نیاز گرمایشی، مصرف انرژی کل، دمای هوای داخلی و تعداد تعویض هوا در سراسر ساختمان به عنوان متغیرهای وابسته تعریف شده است. در این پژوهش، ابعاد زمین، فرم ساختمان، نسبت پنجره به دیوار (WWR)، برآمدگی آتریوم و پلان داخلی به عنوان متغیر کنترل، ثابت در نظر گرفته شده است. همچنین ابعاد آتریوم شامل طول و عرض و دو متغیر محیط و مساحت آتریوم در کنار جهت گیری آتریوم به عنوان متغیر مستقل مورد توجه قرار گرفته است.

## ابزار تجزیه و تحلیل عددی و تنظیمات

این مطالعه از برنامه دیزاین بیلدر ورژن وی ۵/۴ (DesignBuilder v.5.4) برای شبیه‌سازی و ارزیابی عملکرد انرژی حرارتی و عملکرد تهویه استفاده کرده است. در مورد مدل سازی عملکرد انرژی، نرم افزار دیزاین بیلدر از موتور شبیه‌سازی پویای انرژی پلاس (EnergyPlus) برای تولید داده‌های عملکرد حرارتی استفاده می‌کند. انرژی پلاس، یک ابزار شبیه‌سازی قابل اعتماد است که با استفاده از روش‌های تحلیلی بیان شده در استاندارد اشرای (ASHRAE 140-2014) (EnergyPlus, Testing and validation., 2019) تأیید شده است. بر اساس ابزار ذکر شده، نیاز گرمایشی و سرمایشی و تعداد تعویض هوا محاسبه می‌شود. میزان تهویه به وسیله نرخ تعویض هوا بر ساعت (ACH) داخل ساختمان اندازه‌گیری می‌شود و از تغییرات زمانی پراکندگی گاز ردیاب تعیین می‌شود:

$$ACH = \frac{V}{V_{bldg}} = \frac{1}{t} \cdot \ln \left[ \frac{C_0}{C(t)} \right] \quad (1)$$

$$C(t) = C_0 \cdot e^{-ACHt} \quad (2)$$



$C_0$ ، مشخص کننده میزان پراکندگی اولیه گاز ردیاب است و Vbldg، حجم ساختمان را نشان می دهد. اقلیم و شرایط جغرافیایی شهر رشت، به عنوان داده های اقلیمی پژوهش استفاده می شود. این داده های اقلیمی از فایل های آب و هوایی (EPW) از وب سایت انرژی به علاوه (Energy Plus, 2020) برای شبیه سازی، به دست می آید. این وب سایت، داده های آب و هوا برای بیش از ۲۱۰۰ مکان را در دسترس قرار داده است. دو متغیر کنترل عملکرد حرارتی، نقاط معیار عملکرد حرارتی، شامل نقطه تنظیم سرمایش (Cooling Temperature Setpoint; CTP) و نقطه تنظیم گرمایش (Heating Temperature Setpoint; HTP) می باشد. نقطه تنظیم گرمایش و سرمایش، دمای ایده آل در فضا را هنگام نیاز گرمایش و سرمایش تعریف می کند که در محاسبه نیاز گرمایشی و سرمایشی به عنوان نقطه مبنا استفاده می شوند.



شکل ۳. تنظیمات دیزاین بیلدر برای شبیه سازی.

اقلیم مرجع، شهر رشت در نظر گرفته شده و در تنظیمات اکتیویته (Activity) نرم افزار، ساختمان اداری در نظر گرفته شده است و ست پوینت سیستم گرمایشی و سرمایشی تعیین گردیده است. دیوار بیرونی ساختمان بتنی با عایق پلی استایرن در نظر گرفته شده و باقی مصالح ساختمان طبق فرض خود نرم افزار در نظر گرفته شده است. درصد پنجره های بیرونی ساختمان ۵۰ درصد نسبت به دیوار با ۵۰ درصد بازشدگی جهت تهویه در نظر گرفته شده است. نسبت شیشه به دیوار آتریوم ۱۰۰ درصد در نظر گرفته شده که شیشه های بیرون جهت تهویه ۱۰۰ درصد باز می شوند و شیشه های داخل ۵۰ درصد باز می شوند.

سیستم روشنایی ساختمان ال ای دی (LED) در نظر گرفته شده و طبق روش خطی کنترل می شود. همچنین سیستم گرمایش و سرمایش فن کویل و چیلر است و طبق برنامه خود ساختمان اداری و ست پوینت های گرمایشی و سرمایشی سیستم تهویه مطبوع فعال می شود. برنامه تهویه طبیعی در زمستان ماه های دی و بهمن و در پاییز آبان و آذر غیر فعال است. در شهر رشت ماه اسفند و مهر ماه از ساعت صبح ۹ تا ۵ بعدازظهر به دلیل شرایط آسایش محیطی تهویه طبیعی فعال می شود و ورود هوای بیرونی به داخل ساختمان امکان پذیر می گردد. در تابستان به دلیل رطوبت و گرمای زیاد تهویه به صورت کامل در طول شبانه روز انجام می شود.



شکل ۴. تنظیمات دیزاین بیلدر برای شبیه سازی.

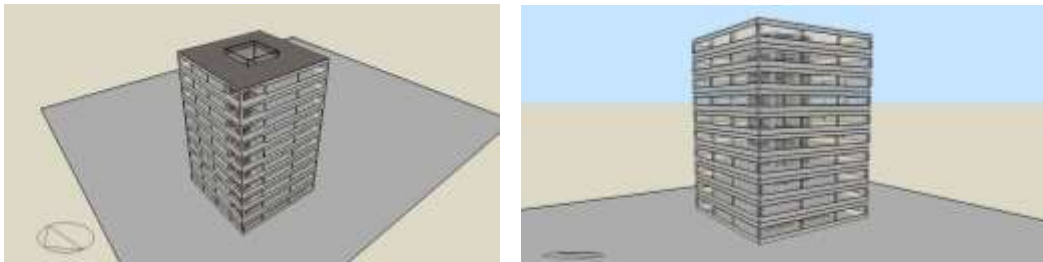
در نهایت پسس از شبیه سازی، نتایج کدگذاری شده و در نرم افزار اس پی اس اس (SPSS) مورد تحلیل و ارزیابی قرار گرفته است. داده ها جهت تحلیل مورد دو آزمون همبستگی و رگرسیون قرار گرفته است و یافته گزارش شده است.

## هندسه ساختمان مدل

ساختمان مدل شده یک ساختمان ۱۰ طبقه با پلان مربع و با طرح باز است که شامل یک پهنه حرارتی اصلی در هر طبقه می باشد. هدف اصلی ارزیابی عملکرد انرژی و عملکرد تهویه ساختمان است. آتریوم هدف مطالعه، دقیقاً در مرکز ساختمان به طوری قرار گرفته است که مرکز آتریوم روی مرکز پلان ساختمان قرار بگیرد. مطالعه فرض می کند که ساختمان به طور کامل نور روز را از طریق پنجره های خارجی و آتریوم مرکزی دریافت می کند. بنابراین، حداکثر عمق اتاق،  $L$ ، ممکن است با استفاده از معادله (۳) برآورد شود. توجه داشته باشید که اگر پنجره ها در طرف مقابل قرار داشته باشند، مقدار  $L$  ممکن است دو برابر شود (DesignBuilder Software Ltd, 2019):

$$\frac{L}{W} + \frac{L}{H_w} < \frac{2}{1-R_D} \quad (3)$$

در این فرمول،  $W$  طول ساختمان است.  $H_w$  ارتفاع بالای پنجره از کف و  $R_D$  بازتاب متوسط سطوح در نیمه عقب فضا (دور از پنجره) است. برای مطالعه حاضر، عرض ساختمان ۲۰ متر، ارتفاع بالای پنجره از کف  $(H_w)$  ۲/۳ متر و بازتاب  $(R_D)$  ۰/۵ است. طبق معادله (۳)، این بدان معناست که حداکثر عمق اتاق برای روشنایی مؤثر یک روزه ۸/۲۵ متر است. هنگامی که پنجره ها در طرف مقابل قرار می گیرند، این مقدار تقریباً دو برابر می شود. بنابراین، مطالعه عمق پلان مشابه عرض آن، یعنی حدود ۱۶ متر را فرض کرده است که بر همین اساس، شروع ابعاد آتریوم از ۴ متر شروع شده است.



شکل ۵. مدل ساختمان مرجع.

پنجره ها در ساختمان مرجع مورد بررسی به شکل سراسری در محیط ساختمان با ارتفاع پایین پنجره از کف ۰/۸ متر و ارتفاع بالای پنجره از کف ۲/۳ متر، در نظر گرفته شده است. این مطالعه، مقدار نسبت پنجره به دیوار (WWR) را ۵۰ درصد به عنوان متغیر کنترل، ثابت قرار داده است. با توجه به اقلیم رشت که معتدل و مرطوب است، نیاز به تهویه الزامی می باشد. به همین منظور و به دلیل بررسی عملکرد تهویه آپارتمان، پنجره ها با ۵۰ درصد بازشدگی مورد ارزیابی قرار گرفته است. در مورد کشورهای دارای ارتفاع زیاد خورشیدی مانند ایران، استفاده از وسایل سایه افقی در نمای شرقی و غربی نیز مؤثر است (Asfour, 2008). در این پژوهش، سایه بان افقی با در نظر گرفتن عمق ۰/۲ متر در همه نماها فرض می شوند تا بین روشنایی روز و نیازهای سایه اندازی تعادل برقرار شود (Lau et al., 2016). این مطالعه پیکربندی ساختمان مرجع را با پلان مربع ۲۰ در ۲۰ متر در نظر گرفته است. همانطور که گفته شد، ابعاد طول و عرض آتریوم و جهت گیری آن، به عنوان متغیر مستقل تعیین شده است و ابعاد آن از ۴ متر در ۴ متر شروع شده است و تا ۱۲ متر در ۱۲ متر افزایش یافته است. حجم نمونه های شبیه سازی بر مبنای نمونه برداری گلوله برفی ۴۳ مورد است که با احتساب نمونه های تکراری به ۵۳ مورد می‌رسد، شبیه سازی تا اشیاع نتایج ادامه پیدا کرده است.

## قلمرو جغرافیایی پژوهش

قلمرو مکانی پژوهش شهر، با تمرکز بر ساختمان‌های بلند، شهر رشت در نظر گرفته شده است.

## یافته‌ها و بحث

برای مقایسه عملکرد انرژی و تهویه ساختمان مرجع براساس تغییرات ابعاد آتریوم، خروجی‌های مختلفی در نظر گرفته شد. این خروجی‌ها شامل مقادیر دمای هوا، تعداد تعویض هوا، مصرف انرژی کل، نیاز روشنایی، نیاز گرمایشی و نیاز سرمایشی مورد نیاز برای هر مورد است. بر این اساس، یافته‌های پژوهش ارائه می‌شود.

### یافته‌های توصیفی

نتایج نشان داد که نیاز سرمایشی بیشترین میزان مصرف انرژی یعنی حدود ۷۴ درصد از کل مصرف انرژی را تشکیل می‌دهد. همچنین نیاز گرمایشی به طور متوسط حدود ۱۷ درصد از کل انرژی مصرفی را تشکیل می‌دهد. در حالی که انرژی روشنایی کمترین میزان مصرف انرژی، به طور متوسط ۹ درصد از کل انرژی مصرفی را تعریف می‌کند. بنابراین، تجزیه و تحلیل عملکرد انرژی بر انرژی سرمایش، گرمایش و عملکرد تهویه متمرکز است. براساس نتایج می‌توان فهمید نسبت‌های نیاز گرمایشی به کل مصرف انرژی، نیاز سرمایشی به کل مصرف انرژی و نیاز روشنایی به کل مصرف انرژی، رابطه معناداری با ابعاد آتریوم ندارد.

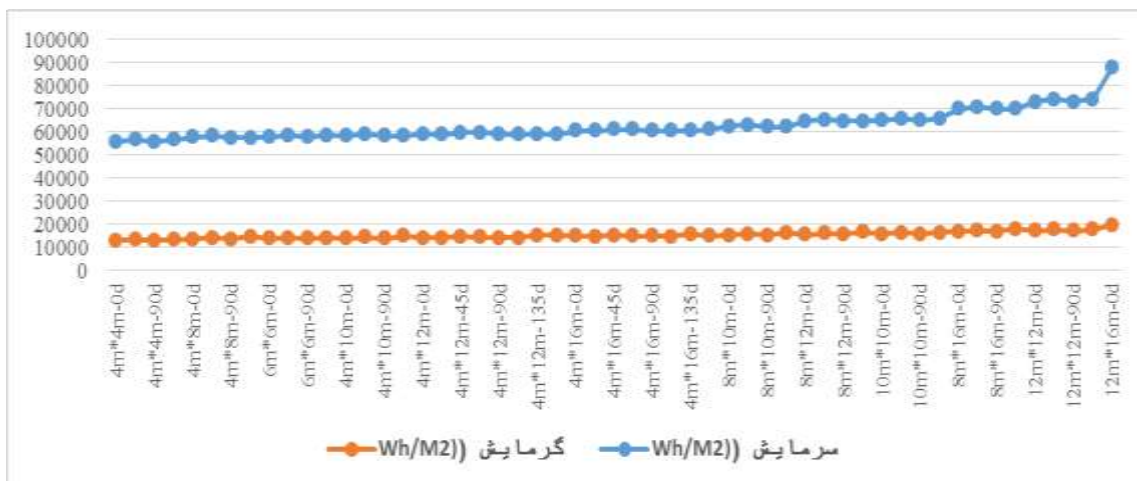
جدول ۱. نتایج آماری شبیه سازی پژوهش

کد	طول آتریوم	عرض آتریوم	مساحت آتریوم	محیط آتریوم	زاویه جهت گیری	گرمایش (Wh/M2)	سرمایش (Wh/M2)	روشنایی (Wh/M2)	مصرف انرژی (Wh/M2)	تعداد تعویض هوا (AC/H)	دمای هوا (C)
4m*4m-0d	4	4	16	16	0	13081.15	55956.24	6648.204	75685.59	2.214507	23.44221
4m*4m-45d	4	4	16	16	45	13393.15	56640.8	6654.365	76688.32	2.231303	23.41177
4m*4m-90d	4	4	16	16	90	13081.15	55956.24	6648.204	75685.59	2.214507	23.44221
4m*4m-135d	4	4	16	16	135	13393.15	56640.8	6654.365	76688.32	2.231303	23.41177
4m*8m-0d	4	8	32	24	0	13553.13	57723.78	6696.094	77973	2.233889	23.46133
4m*8m-45d	4	8	32	24	45	13985.24	58331.65	6710.366	79027.26	2.245314	23.43646
4m*8m-90d	4	8	32	24	90	13629.27	57632.8	6664.159	77926.23	2.241464	23.4589
4m*8m-135d	4	8	32	24	135	14593.72	57614.07	6610.222	78818.01	2.255425	23.43398
6m*6m-0d	6	6	36	24	0	13708.31	57920.94	6557.36	78186.61	2.242477	23.46369
6m*6m-45d	6	6	36	24	45	14142.68	58622.93	6572.087	79337.7	2.250046	23.43783
6m*6m-90d	6	6	36	24	90	13708.31	57920.94	6557.36	78186.61	2.242477	23.46369
6m*6m-135d	6	6	36	24	135	14142.68	58622.93	6572.087	79337.7	2.250046	23.43783
4m*10m-0d	4	10	40	28	0	13815.78	58398.96	6718.473	78933.21	2.246027	23.46999
4m*10m-45d	4	10	40	28	45	14265.16	59072.98	6732.551	80070.69	2.256074	23.44487
4m*10m-90d	4	10	40	28	90	13897.02	58290.24	6694.776	78882.04	2.25247	23.46818
4m*10m-135d	4	10	40	28	135	14879.81	58361.71	6629.749	79871.27	2.259349	23.44376
4m*12m-0d	4	12	48	32	0	14128.05	59134.52	6647.695	79910.27	2.251746	23.47957
6m*8m-0d	6	8	48	28	0	14075.67	58985.76	6563.083	79624.51	2.260032	23.47878
4m*12m-45d	4	12	48	32	45	14543.11	59827.65	6649.485	81020.25	2.260283	23.45499
6m*8m-45d	6	8	48	28	45	14530.58	59667.68	6577.437	80775.7	2.264598	23.4528
4m*12m-90d	4	12	48	32	90	14133.71	59096.04	6677.792	79907.54	2.259185	23.47807
6m*8m-135d	6	8	48	28	90	14144.82	58914.79	6539.191	79598.8	2.262636	23.47579
4m*12m-135d	4	12	48	32	135	15100.12	59111.46	6706.648	80918.23	2.26971	23.45558



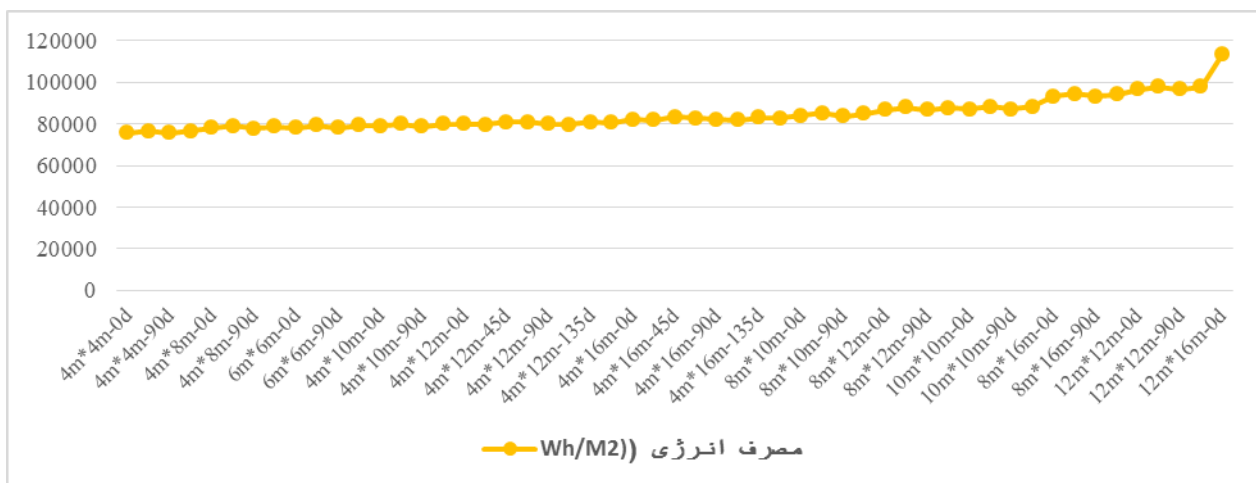
6m*8m-90d	6	8	48	28	135	15159.43	59020.2	6493.731	80673.36	2.271662	23.45204
4m*16m-0d	4	16	64	40	0	14918.81	60483.96	6660.477	82063.25	2.272092	23.48696
8m*8m-0d	8	8	64	32	0	14604.44	60705.8	6414.792	81725.03	2.273897	23.50276
4m*16m-45d	4	16	64	40	45	15347.71	61229.36	6666.019	83243.09	2.278586	23.46436
8m*8m-45d	8	8	64	32	45	15081.43	61275.21	6428.373	82785.01	2.287926	23.47576
4m*16m-90d	4	16	64	40	90	14948.39	60562.44	6692.917	82203.75	2.272787	23.48653
8m*8m-90d	8	8	64	32	90	14604.44	60705.8	6414.792	81725.03	2.273897	23.50276
4m*16m-135d	4	16	64	40	135	15915.05	60529.82	6728.691	83173.56	2.280683	23.46586
8m*8m-135d	8	8	64	32	135	15081.43	61275.21	6428.373	82785.01	2.287926	23.47576
8m*10m-0d	8	10	80	36	0	15166.19	62513.48	6240.208	83919.88	2.290513	23.53347
8m*10m-45d	8	10	80	36	45	15652.07	63173.02	6251.066	85076.16	2.308583	23.50519
8m*10m-90d	8	10	80	36	90	15232.02	62360.41	6236.741	83829.17	2.299141	23.52899
8m*10m-135d	8	10	80	36	135	16300.4	62378.89	6208.227	84887.52	2.309156	23.50914
8m*12m-0d	8	12	96	40	0	15646.84	64635.15	6355.999	86637.99	2.320941	23.57392
8m*12m-45d	8	12	96	40	45	16116.5	65383.54	6362.217	87862.26	2.337049	23.54717
8m*12m-90d	8	12	96	40	90	15653.85	64674.9	6379.26	86708.01	2.322916	23.57174
8m*12m-135d	8	12	96	40	135	16734.16	64652.22	6401.761	87788.14	2.336437	23.55403
10m*10m-0d	10	10	100	40	0	15775.62	65173.08	6234.619	87183.32	2.324728	23.58399
10m*10m-45d	10	10	100	40	45	16289.06	65867.78	6244.317	88401.16	2.342831	23.55584
10m*10m-90d	10	10	100	40	90	15775.62	65173.08	6234.619	87183.32	2.324728	23.58399
10m*10m-135d	10	10	100	40	135	16289.06	65867.78	6244.317	88401.16	2.342831	23.55584
8m*16m-0d	8	16	128	48	0	16816.04	69941.14	6347.908	93105.09	2.378339	23.67919
8m*16m-45d	8	16	128	48	45	17281.51	70778.13	6350.416	94410.06	2.393169	23.65518
8m*16m-90d	8	16	128	48	90	16784.92	69974.72	6368.116	93127.76	2.386252	23.6814
8m*16m-135d	8	16	128	48	135	17945	69955.23	6392.867	94293.1	2.395454	23.66495
12m*12m-0d	12	12	144	48	0	17307.11	73209.3	6021.104	96537.51	2.409761	23.76038
12m*12m-45d	12	12	144	48	45	17715.31	74094.3	6022.388	97832	2.421669	23.73921
12m*12m-90d	12	12	144	48	90	17307.11	73209.3	6021.104	96537.51	2.409761	23.76038
12m*12m-135d	12	12	144	48	135	17715.31	74094.3	6022.388	97832	2.421669	23.73921
12m*16m-0d	12	16	192	56	0	19638.12	87720.98	5826.363	113185.5	2.559073	24.09525

براساس نتایج شبیه سازی، در ساختمان مرجع در همه حالات شبیه‌سازی شده، نیاز سرمایشی حدود ۵ برابر نیاز گرمایشی می‌باشد. بنابراین نسبت نیاز گرمایشی به نیاز سرمایشی با تغییر ابعاد آتریوم دچار تغییر نمی‌شود. نیاز گرمایشی براساس تغییر ابعاد آتریوم، از ۱۳۰۸۱ تا ۱۹۶۳۸ وات ساعت بر متر مربع تغییر می‌کند. همچنین نیاز سرمایشی براساس تغییر ابعاد آتریوم، از ۵۵۹۵۶ تا ۸۷۷۲۰ وات ساعت بر متر مربع تغییر می‌کند. براساس یافته‌ها می‌توان فهمید، که افزایش ابعاد آتریوم باعث افزایش نیاز سرمایشی و گرمایشی می‌شود. نمودار خطی تغییرات نیاز گرمایشی و سرمایشی در قیاس با هم، ارائه شده است.



شکل ۶. نمودار خطی نتایج نیاز گرمایشی و نیاز سرمایشی

همچنین با افزایش ابعاد آتریوم، نیاز روشنایی کاهش پیدا می‌کند اما این کاهش در برابر افزایش نیاز گرمایشی و سرمایشی آنقدر کم است که تأثیر زیادی روی مصرف انرژی کل ندارد. براساس آنچه گفته شد، طبیعتاً با افزایش ابعاد آتریوم، مصرف انرژی کل نیز افزایش می‌یابد. این موضوع را نمودار مصرف انرژی نیز تأیید می‌کند. اما همانطور که دیده می‌شود مقدار مصرف انرژی نسبت به افزایش ابعاد آتریوم، به نسبت خیلی کمتری افزایش می‌یابد. به طوری که با افزایش ۱۲ برابری مساحت آتریوم، مصرف انرژی ۵۰ درصد افزایش پیدا کرده است. همچنین نیاز سرمایشی و گرمایشی با افزایش ۱۲ برابری مساحت آتریوم، بیش از ۵۰ درصد افزایش یافته است و نیاز روشنایی نیز کاهش ۱۴ درصدی را تجربه کرده است.



شکل ۷. نمودار خطی نتایج مصرف انرژی

عملکرد تهویه نیز، براساس تعداد تعویض هوا در ساعت، با افزایش ابعاد آتریوم روند افزایشی داشته است؛ به طوری که با افزایش ۱۲ برابری مساحت آتریوم، تعداد تعویض هوا در ساعت حدود ۱۶ درصد افزایش داشته است. به منظور بررسی تأثیر جهت گیری، چهار زاویه مرجع ۰، ۴۵، ۹۰ و ۱۳۵ درجه در هر آتریوم مورد بررسی قرار گرفته است. با مساوی در نظر گرفتن طول و عرض آتریوم، حالا ۰ و ۹۰ و ۴۵ و ۱۳۵ برابر می‌شوند. براساس نتایج به دست آمده در هر زاویه، بر مبنای مجموع مصرف انرژی هر زاویه، بیشترین مصرف انرژی مربوط به زاویه ۰ درجه بوده است و کمترین میزان مربوط به زاویه ۹۰ درجه بوده است. با توجه به اینکه در همه نمونه‌های آتریوم مستطیل شکل، عرض آتریوم در حالت زاویه ۰ درجه در راستای شمالی-جنوبی قرار گرفته است. می‌توان نتیجه گرفت به طور کلی، کشیدگی آتریوم در راستای شمالی-جنوبی، عملکرد انرژی بهتری را در شهر رشت رقم می‌زند.

جدول ۲. مجموع داده‌ها در هر موضوع براساس زاویه قرارگیری آتریوم.

دمای هوا (C)	تعداد تعویض هوا (AC/H)	مصرف انرژی (Wh/M2)	روشنایی (Wh/M2)	سرمایش (Wh/M2)	گرمایش (Wh/M2)	زاویه جهت گیری
330.01149	32.278022	1194670.76	89932.379	892503.09	212235.26	0
305.58143	29.877431	1096529.66	84221.087	813965.03	198343.51	45
305.90263	29.762221	1081501.36	84129.031	804471.7	192900.63	90
305.59975	29.911651	1095467.38	84093.426	808124.62	203249.32	135

همچنین بیشترین نیاز سرمایشی و گرمایشی نیز مربوط به زاویه ۰ درجه بوده است و کمترین میزان مربوط به زاویه ۹۰ درجه بوده است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت به طور کلی، کشیدگی آتریوم در راستای شمالی-جنوبی، عملکرد حرارتی را نسبت به کشیدگی شرقی-غربی در شهر رشت دارا می‌باشد. در بخش عملکرد تهویه، زاویه ۰ نسبت به سه زاویه دیگر، تا حد بسیار زیادی بهتر عمل کرده است. سه زاویه ۴۵، ۹۰ و ۱۳۵ درجه، عملکرد تهویه تقریباً یکسانی را ارائه داده اند اما زاویه ۰ درجه تهویه طبیعی بیشتری را ارائه داده است. نکته حائز اهمیت در بخش یافته‌ها، این موضوع می‌باشد که نتایج به دست آمده در بخش‌های سرمایش، گرمایش و مصرف انرژی تحت تأثیر عملکرد تهویه می‌باشد. این موضوع نیازگرمایشی را تا حدی افزایش می‌دهد و نیاز سرمایشی را تا حدی کاهش می‌دهد.

### یافته‌های تحلیلی

به منظور بررسی دقیق تر نیاز به تحلیل آماری همبستگی و رگرسیون براساس نرم افزار اس پی اس می‌باشد. آزمون همبستگی پیرسون بین مساحت آتریوم و مصرف انرژی، نیاز سرمایشی، نیاز گرمایشی و تعداد تعویض هوا انجام شده است. ضرایب معناداری هر چهار آزمون نزدیک به صفر گزارش شده است. بنابراین معناداری تأیید می‌شود. همانطور که قابل مشاهده است، همبستگی هر چهار متغیر با مساحت آتریوم نزدیک به یک گزارش شده است. این موضوع نشان دهنده رابطه معنادار و مستقیم این چهار متغیر با مساحت آتریوم می‌باشد. بیشترین همبستگی مربوط به تعداد تعویض هوا و مصرف انرژی می‌باشد.

جدول ۳. همبستگی پیرسون متغیرهای وابسته با مساحت آتریوم.

		مصرف انرژی	نیاز گرمایشی	نیاز سرمایشی	تعداد تعویض هوا
همبستگی با مساحت آتریوم	Pearson Correlation	.977**	.963**	.971**	.979**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000
	N	53	53	53	53

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

همچنین آزمون همبستگی پیرسون بین محیط آتریوم و مصرف انرژی، نیاز سرمایشی، نیاز گرمایشی و تعداد تعویض هوا انجام شده و همبستگی هر چهار متغیر با مساحت آتریوم نزدیک به ۰/۹ گزارش شده است. ضرایب معناداری هر چهار آزمون نزدیک به صفر گزارش شده است. بنابراین معناداری تأیید می‌شود. این موضوع نشان دهنده رابطه معنادار و مستقیم این چهار متغیر با محیط آتریوم می‌باشد. بیشترین همبستگی مربوط به نیاز گرمایشی و مصرف انرژی می‌باشد. کمترین همبستگی نیز مربوط به نیاز سرمایشی می‌باشد.

جدول ۴. همبستگی پیرسون متغیرهای وابسته با محیط آتریوم.

		مصرف انرژی	نیاز گرمایشی	نیاز سرمایشی	تعداد تعویض هوا
همبستگی با محیط آتریوم	Pearson Correlation	.903**	.933**	.883**	.898**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000
	N	53	53	53	53

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

همچنین به منظور بررسی اهمیت هر کدام از مؤلفه های کالبدی در مقایسه با یکدیگر، از آزمون رگرسیون استفاده شده است. ابتدا رگرسیون بین سه متغیر مستقل مساحت، محیط و زاویه جهت گیری آتریوم با متغیر وابسته مصرف انرژی بررسی می شود. در این آزمون ضریب معناداری نزدیک به صفر گزارش شده و معناداری تأیید می باشد. تنها در بخش زاویه جهت گیری، ضریب معناداری بالاتر از ۰/۰۵ گزارش شده است که به خاطر تعداد محدود زوایای مورد بررسی می باشد. براساس نتایج آزمون، می توان دریافت در بین سه متغیر، مساحت آتریوم بیشترین تأثیر را با ضریب استاندارد شده ۱/۲۲ بر مصرف انرژی دارد. زاویه جهت گیری اما تأثیر بسیار کمی بر انرژی مصرفی دارد. به طوری که ضریب استاندارد شده آن حدود ۰/۰۰۷ تبیین شده است.

جدول ۵. رگرسیون متغیرهای مستقل با انرژی مصرفی

Model	ضرایب استاندارد نشده		ضرایب استاندارد شده	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	75298.308	1273.877		59.110	.000
رگرسیون با					
مساحت آتریوم	216.744	15.820	1.222	13.700	.000
انرژی مصرفی					
محیط آتریوم	-191.459	66.357	-.257	-2.885	.006
زاویه جهت گیری	1.015	3.973	.007	.255	.800

a. Dependent Variable: گرمایش

رگرسیون بین سه متغیر مستقل مساحت، محیط و زاویه جهت گیری آتریوم با متغیر وابسته نیاز گرمایشی بررسی می شود. در این آزمون ضریب معناداری نزدیک به صفر گزارش شده و معناداری تأیید می باشد. در بخش محیط آتریوم، ضریب معناداری کمی بالاتر از ۰/۰۵ گزارش شده است. براساس نتایج آزمون، می توان دریافت در بین سه متغیر، مساحت آتریوم بیشترین تأثیر و سهم ۸۱ درصدی بر نیاز گرمایشی دارد. زاویه جهت گیری برعکس تأثیر بسیار کم بر انرژی مصرفی، تأثیر حدود ۱۵ درصدی بر نیاز گرمایشی دارد. همچنین محیط آتریوم بر نیاز گرمایشی حدود ۱۷ درصد تأثیر دارد.

جدول ۶. رگرسیون متغیرهای مستقل با نیاز گرمایشی

Model	ضرایب استاندارد نشده		ضرایب استاندارد شده	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	12050.379	279.445		43.123	.000
رگرسیون با					
مساحت آتریوم	28.457	3.470	.810	8.200	.000
نیاز گرمایشی					
محیط آتریوم	25.526	14.556	.173	1.754	.086
زاویه جهت گیری	4.176	.872	.149	4.791	.000

a. Dependent Variable: گرمایش

همچنین رگرسیون بین مساحت، محیط و زاویه جهت گیری آتریوم با نیاز سرمایشی بررسی می شود. در این آزمون ضریب معناداری به جز زاویه جهت گیری، نزدیک به صفر گزارش شده و معناداری تأیید می باشد. در بخش زاویه جهت گیری، ضریب معناداری، بالاتر از ۰/۰۵ گزارش شده است. براساس نتایج آزمون، می توان دریافت در بین سه متغیر، مساحت آتریوم بیشترین تأثیر و سهم ۱۳۳ درصدی بر نیاز سرمایشی دارد. محیط آتریوم نسبت به نیاز گرمایشی تأثیر بیشتری بر نیاز سرمایشی دارد. به طوری که تأثیر محیط آتریوم بر نیاز سرمایشی حدود ۳۹ درصد و تقریباً بیش از دو برابر نیاز گرمایشی می باشد. همچنین تأثیر زاویه جهت گیری حدود ۳ درصد بر نیاز سرمایشی تأثیر دارد. اگرچه معناداری آن تأیید نشده است. نتایج رگرسیون سه متغیر کالبدی با مصرف انرژی، نیاز گرمایشی و نیاز سرمایشی نشان می دهند مساحت آتریوم، بیشترین تأثیر را بر مصرف انرژی دارد.

جدول ۷. رگرسیون متغیرهای مستقل با نیاز سرمایشی.

Model	ضرایب استاندارد نشده		ضرایب استاندارد شده	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	56879.494	1105.724		51.441	.000
رگرسیون با					
مساحت آتریوم	198.710	13.732	1.337	14.471	.000
نیاز سرمایشی					
محیط آتریوم	-241.666	57.598	-.387	-4.196	.000
زاویه جهت گیری	-3.100	3.449	-.026	-.899	.373

a. Dependent Variable: سرمایش

در ادامه رگرسیون بین مساحت، محیط و زاویه جهت گیری آتریوم با تعداد تعویض هوا در ساعت به عنوان متغیر وابسته بررسی می‌شود. در این آزمون ضریب معناداری به جز زاویه جهت گیری، نزدیک به صفر گزارش شده و معناداری تأیید می‌باشد. در بخش زاویه جهت گیری، ضریب معناداری، بالاتر از  $0/05$  گزارش شده است که همانطور که گفته شد به دلیل تعداد حالات کم زوایع جهت گیری است. براساس نتایج آزمون، می‌توان دریافت در بین سه متغیر، مساحت آتریوم بیشترین تأثیر و سهم  $128$  درصدی و محیط آتریوم سهم  $31$  درصدی دارد. بر این اساس می‌توان فهمید مساحت آتریوم مهمترین مؤلفه کالبدی مؤثر بر عملکرد انرژی و تهویه در بین متغیرهای مطرح شده می‌باشد.

جدول ۸. رگرسیون متغیرهای مستقل با تعداد تعویض هوا

Model	ضرایب استاندارد نشده		ضرایب استاندارد شده	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	2.220	.011		209.500	.000
رگرسیون با					
تعداد تعویض					
مساحت آتریوم	.002	.000	1.283	16.003	.000
محیط آتریوم	-.002	.001	-.317	-3.960	.000
هوا					
زاویه جهت گیری	4.959E-5	.000	.038	1.501	.140

a. Dependent Variable: تعداد تعویض هوا

در ادامه، آزمون رگرسیون با یک چیش متغیرهای مستقل دیگر، یعنی طول، عرض و زاویه جهت گیری انجام می‌شود. در این پژوهش، عرض همه ی مدل های آتریوم در حالت  $0$  درجه، در راستای شمالی-جنوبی قرار می‌گیرد. بر این اساس این آزمون می‌تواند بهترین حالت کشیدگی آتریوم تعریف کرد. در ابتدا، این آزمون با متغیر وابسته مصرف انرژی انجام شده است. در این آزمون ضریب معناداری به جز زاویه جهت گیری، نزدیک به صفر گزارش شده و معناداری تأیید می‌باشد.

جدول ۹. رگرسیون متغیرهای مستقل با مصرف انرژی

Model	ضرایب استاندارد نشده		ضرایب استاندارد شده	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	61583.270	1437.109		42.852	.000
رگرسیون با					
طول آتریوم	1937.157	143.862	.704	13.465	.000
مصرف انرژی					
عرض آتریوم	959.355	109.314	.459	8.776	.000
زاویه جهت گیری	-2.069	7.164	-.015	-.289	.774

a. Dependent Variable: مصرف انرژی

معناداری زاویه جهت گیری  $0/77$  گزارش شده است که بسیار بالا می‌باشد. از این جهت نتایج این بخش قابل استناد نیست. براساس یافته های آزمون رگرسیون، طول آتریوم، با ضریب استاندارد شده  $0/7$  و عرض آتریوم  $0/46$  بر مصرف انرژی تأثیر دارد. در این آزمون نیز علی‌رغم عدم معناداری، زاویه جهت گیری، تأثیر کمی بر مصرف انرژی دارد. با استناد به یافته های آزمون

رگرسیون و یافته های آمار توصیفی می تواند گفت که افزایش کشیدگی طول آتریوم در ضلع جنوبی- شمالی می تواند بیش از ۷۰ درصد بر مصرف انرژی تأثیر مثبت بگذارد.

همچنین، آزمون رگرسیون با متغیر وابسته نیاز گرمایشی انجام شده است. در این آزمون ضریب معناداری، نزدیک به صفر گزارش شده و معناداری مورد تأیید می باشد. براساس یافته های آزمون رگرسیون، طول آتریوم، با ضریب استاندارد شده ۰/۶۶، عرض آتریوم، با ضریب استاندارد شده ۰/۵۳ و زاویه جهت گیری با ضریب استاندارد شده ۰/۱۳ بر نیاز گرمایشی تأثیر دارد. در این آزمون نیز علی رغم عدم معناداری، زاویه جهت گیری، تأثیر کمی بر مصرف انرژی دارد. با استناد به یافته های آزمون رگرسیون و یافته های آمار توصیفی می تواند گفت که افزایش کشیدگی طول آتریوم در ضلع جنوبی- شمالی می تواند بیش از ۷۰ درصد بر مصرف انرژی تأثیر مثبت بگذارد.

جدول ۱۰. رگرسیون متغیرهای وابسته با نیاز گرمایشی.

Model	ضرایب استاندارد نشده		ضرایب استاندارد شده	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	10248.837	228.821		44.790	.000
رگرسیون با					
طول آتریوم	361.772	22.906	.664	15.794	.000
نیاز گرمایشی					
عرض آتریوم	223.338	17.405	.539	12.832	.000
زاویه جهت گیری	3.776	1.141	.135	3.310	.002

a. Dependent Variable: نیاز گرمایشی

آزمون رگرسیون بعدی با متغیر وابسته نیاز سرمایشی انجام شده است. ضریب معناداری این آزمون، نزدیک به صفر گزارش شده و معناداری آزمون مورد تأیید می باشد. براساس یافته های آزمون رگرسیون، طول آتریوم، با ضریب استاندارد شده ۰/۷۲، عرض آتریوم، با ضریب استاندارد شده ۰/۴۲ و زاویه جهت گیری با ضریب استاندارد شده ۰/۰۵- بر نیاز سرمایشی تأثیر دارد. با استناد به یافته های آزمون رگرسیون و یافته های آمار توصیفی می تواند گفت که افزایش کشیدگی طول و عرض آتریوم می تواند بیش از ۵۰ درصد بر نیاز سرمایشی تأثیر بگذارد. این تأثیر در کشیدگی شمالی جنوبی مثبت می باشد. به طور می توان گفت با تغییر ابعاد آتریوم، در مصرف انرژی نقش طول و عرض آتریوم حائز اهمیت می باشد؛ به طوری که طول آتریوم دارای اهمیت بیشتری می باشد.

جدول ۱۱. رگرسیون متغیرهای وابسته با نیاز سرمایشی.

Model	ضرایب استاندارد نشده		ضرایب استاندارد شده	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	44303.652	1279.658		34.621	.000
رگرسیون با					
طول آتریوم	1657.686	128.100	.719	12.941	.000
نیاز سرمایشی					
عرض آتریوم	738.232	97.337	.421	7.584	.000
زاویه جهت گیری	-5.916	6.379	-.050	-.927	.358

a. Dependent Variable: نیاز سرمایشی

همچنین آزمون رگرسیون روی متغیر تعداد تعویض هوا انجام شده است. ضریب معناداری آزمون رگرسیون در همه موارد به جز زاویه جهت گیری نزدیک به صفر گزارش شده است و تأیید می شود. در این بخش هم، طول آتریوم حدود ۷۲ درصد تأثیرگذار است و عرض آتریوم نیز با ۴۴ درصد تأثیر، اهمیت زیادی دارد. به طور کلی براساس آمار توصیفی، که گزارش می دهد ۱۲ برابر شدن ابعاد آتریوم، عملکرد تهویه را ۱۵ درصد کاهش داده است می توان فهمید تغییر ۱۲ برابری در طول آتریوم ۹ درصد در تعداد تعویض هوا تأثیرگذار است. همچنین با افزایش ۱۲ برابری عرض آتریوم، حدود ۶ درصد افزایش در عملکرد تهویه تأمین می کند.



جدول ۱۲. رگرسیون متغیرهای وابسته با تعداد تعویض هوا.

Model	ضرایب استاندارد نشده		ضرایب استاندارد شده	t	Sig.	
	B	Std. Error	Beta			
رگرسیون با تعداد تعویض هوا	(Constant)	2.086	.013		159.554	.000
	طول آتریوم	.018	.001	.723	14.064	.000
	عرض آتریوم	.009	.001	.440	8.559	.000
	زاویه جهت گیری	1.983E-5	.000	.015	.304	.762

a. Dependent Variable: تعداد تعویض هوا

یافته‌ها به طور کلی نشان می‌دهد که در اقلیم شهر رشت، با تعداد تعویض هوا حدود ۲ تا ۲/۵ در هر ساعت، ابعاد آتریوم با عملکرد حرارتی رابطه معنادار و مستقیم می‌باشد. بر طبق یافته‌ها، تأثیرگذارترین مؤلفه معماری بر روی عملکرد انرژی، مساحت آتریوم می‌باشد. از مؤلفه‌های تشکیل دهنده مساحت آتریوم، طول آتریوم دارای بیشترین درجه اهمیت می‌باشد.

## نتیجه گیری

این پژوهش به تأثیر عوامل کالبدی آتریوم مرکزی بر عملکرد حرارتی و تهویه ساختمان‌های بلند در اقلیم شهر رشت می‌پردازد. براساس یافته‌ها می‌توان نتیجه‌گیری کرد که به طور کلی تغییر در عوامل کالبدی آتریوم مرکزی به طور مستقیم بر عملکرد حرارتی و تهویه ساختمان‌های بلند در اقلیم شهر رشت تأثیر بگذارد. همچنین استنتاج می‌شود که متغیرهای طول، عرض، محیط و مساحت آتریوم‌های مرکزی در اقلیم شهر رشت در ساختمان ده طبقه ۲۰ متر در ۲۰ متر با نسبت پنجره به دیوار ۵۰ درصد، رابطه معنادار و مستقیم با نیاز انرژی و حجم تهویه و رابطه معکوس با نیاز روشنایی ساختمان دارد. این موضوع نشان می‌دهد که اگرچه افزایش ابعاد آتریوم‌های مرکزی باعث کاهش نیاز روشنایی و افزایش توان تهویه ساختمان می‌شود، اما تا حد قابل توجهی باعث افزایش نیاز انرژی می‌شود. یافته‌ها نشان می‌دهد سهم عملکرد تهویه و روشنایی در این فرآیند شبیه سازی، کمتر بوده و عملکرد حرارتی تا حدی زیادی تحت تأثیر منفی قرار گرفته است. بر این اساس، استفاده از آتریوم‌های مرکزی در شهر رشت در ساختمان‌های بلند، فقط در شرایط توصیه می‌شود که نیاز مبرم به افزایش روشنایی در قلب ساختمان احساس می‌شود. همچنین براساس یافته‌ها، می‌توان نتیجه گرفت که در یک مساحت مساوی استفاده از آتریوم مرکزی مربع شکل به طور کلی نتایج بهتری را رقم می‌زند. همچنین آتریوم‌های مرکزی مستطیل شکل با کشیدگی در محور شمالی-جنوبی، پاسخ بهتری از نظر عملکرد انرژی نسبت به سایر جهت‌گیری‌ها در شهر رشت دارا می‌باشد.

## تقدیر و تشکر

این مقاله مستخرج از رساله دکتری رشته معماری بوده که در دانشگاه آزاد اسلامی از آن دفاع شده است. از همه اساتید که در این مسیر نگارندگان را یاری نموده‌اند، تقدیر و تشکر می‌شود.

## منابع

- خطیبی، اشکان؛ شهبازی، مجید و ترابی، زهره. (۱۴۰۱-الف). ارزیابی شدت روشنایی در فضاهای اداری و ارائه راهکار مداخله‌گرانه برای کاهش خیرگی در آن‌ها (موردپژوهی: یک ساختمان اداری در تهران). معماری و شهرسازی پایدار. ۱۰(۲). ۱۵۳-۱۶۴.
- خطیبی، اشکان؛ شهبازی، مجید و ترابی، زهره. (۱۴۰۱-ب). بررسی رفتار حرارتی نماها باهدف تعیین گزینه مطلوب از نظر مصرف انرژی (مورد مطالعه: ساختمان اداری در اقلیم تهران). نشریه انرژی‌های تجدیدپذیر و نو، ۹(۲). ۱۲۱-۱۲۹.
- خطیبی، اشکان؛ شهبازی، مجید و ترابی، زهره. (۱۴۰۱-ج). بررسی گرایش سرمایه‌گذاران به هوشمندسازی ساختمان بر اساس مدل (TAM) (مطالعه موردی: مناطق ساحلی استان مازندران). مطالعات جغرافیایی نواحی ساحلی، ۳(۱۰۳). ۱۹-۳۶.
- پیریایی، مهرانگیز؛ مفیدی شمیرانی، سید مجید؛ و صابرنژاد، ژاله. (۱۴۰۱). تحلیل پارامترهای طراحی آتریوم (با تأکید بر تشابهات عملکردی با حیاط مرکزی فلات مرکزی ایران)، مطالعه موردی خانه‌های سنتی یزد. مطالعات هنر اسلامی، ۱۹(۴۵). ۸۰-۹۵.

- صادق ابرکوهی؛ مریم، طلائی، آویده؛ و کابلی، محمد های. (۱۴۰۱). طراحی مسکن اجتماعی با رویکرد بهینه سازی مصرف انرژی در شهر تهران. *مطالعات برنامه ریزی سکونتگاه های انسانی*، ۱۷(۴)، ۱۱۵۳-۱۱۷۳.
- مراذخانی، ایوب؛ نیک قدم، نیلوفر؛ و طاهباز، منصوره. (۱۳۹۸). مصرف انرژی و انتشار کربن معادل در چرخه حیات جداره های خارجی متداول مسکن شهری، رهیافتی در توسعه پایدار انرژی (مطالعه موردی: مناطق شهر سندج). *مطالعات برنامه ریزی سکونتگاه های انسانی*، ۱۴(۴)، ۱۰۳۵-۱۰۵۶.
- موسوی، سید سعید؛ رضائی، پرویز و رمضان، بهمن. (۱۴۰۲). ارزیابی آسایش حرارتی در فضاهای مسکونی شهر رشت. *مطالعات برنامه ریزی سکونتگاه های انسانی*، ۱۸(۴)، ۱۲۹-۱۱۳.
- Abergel, T., Brown, A., Cazzola, P., Dockweiler, S., Dulac, J., Pales, A. F., ... & West, K. (2017). Energy technology perspectives 2017: Catalysing energy technology transformations.
- Ahmad, M. H., & Rasdi, M. T. H. M. (2000). Design principles of atrium buildings for the tropics. Penerbit UTM.
- Asfour, O. S. (2018). Solar and shading potential of different configurations of building integrated photovoltaics used as shading devices considering hot climatic conditions. *Sustainability*, 10(12), 4373.
- Asfour, O. S. (2020). A comparison between the daylighting and energy performance of courtyard and atrium buildings considering the hot climate of Saudi Arabia. *Journal of Building Engineering*, 30, 101299.
- ASHRAE, A. (2014). Standard 140-2014: Standard Method of Test for the Evaluation of Building Energy Analysis Computer Programs. ASHRAE, Atlanta.
- Bednar, M. J. (1986). The new atrium. New York: McGraw-Hill.
- Bryn, I. (1993). Atrium buildings environmental design and energy use.
- Coakley, D., Raftery, P., & Keane, M.M. (2014). A review of methods to match building energy simulation models to measured data. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 37, 123-141.
- Dai, B., Tong, Y., Hu, Q., & Chen, Z. (2022). Characteristics of thermal stratification and its effects on HVAC energy consumption for an atrium building in south China. *Energy*, 249, 123425.
- DesignBuilder Software (2019) Ltd, DesignBuilder V5.5. <https://designbuilder.co.uk/hel pv5.5/>. Accessed 07 Dec 2019.
- Dong, L., He, Y., Qi, Q., & Wang, W. (2022). Optimization of daylight in atrium in underground commercial spaces: A case study in Chongqing, China. *Energy and Buildings*, 256, 111739.
- Encinas, F. (2004). The Technology Transfer of Double Skin Facades from Europe to Chile, an evaluation by means of CFD simulations. Nottingham, UK: University of Nottingham.
- Ferrucci, M., Romagnoni, P., Peron, F., & Strada, M. (2022). Computational Fluid Dynamic Study with Comfort Analysis in Large Atrium of the Angelo Hospital in Venice. *Energies*, 15(9), 3454.
- Gassar, A. A. A., & Cha, S. H. (2020). Energy prediction techniques for large-scale buildings towards a sustainable built environment: A review. *Energy and Buildings*, 224, 110238.
- Göçer, Ö., Tavail, A., & Özkan, E. (2006, May). Thermal performance simulation of an atrium building. In Proceedings of eSim building performance simulation conference. Faculty of architecture, landscape, and design. University of Toronto, Canada (pp. 33-40).
- Guan, Z., Xu, X., Xue, Y., & Wang, C. (2022). Multi-Objective Optimization Design of Geometric Parameters of Atrium in nZEB Based on Energy Consumption, Carbon Emission and Cost. *Sustainability*, 15(1), 147.
- Holford, J. M., & Hunt, G. R. (2003). Fundamental atrium design for natural ventilation. *Building and environment*, 38(3), 409-426.
- Hung, W. Y., & Chow, W. K. (2001). A review on architectural aspects of atrium buildings. *Architectural Science Review*, 44(3), 285-295.
- Hussain, S., Oosthuizen, P. H., & Kalendar, A. (2012). Evaluation of various turbulence models for the prediction of the airflow and temperature distributions in atria. *Energy and Buildings*, 48, 18-28.
- Laouadi, A., Atif, M. R., & Galasiu, A. (2002). Towards developing skylight design tools for thermal and energy performance of atriums in cold climates. *Building and environment*, 37(12), 1289-1316.
- Li, H., Geng, G., & Xue, Y. (2020, June). Atrium energy efficiency design based on dimensionless index parameters for office building in severe cold region of China. In *Building Simulation (Vol. 13, pp. 515-525)*. Tsinghua University Press.
- Magnier, L., & Haghghat, F. (2010). Multiobjective optimization of building design using TRNSYS simulations, genetic algorithm, and Artificial Neural Network. *Building and Environment*, 45(3), 739-746.
- Olsen, E. L., & Chen, Q. Y. (2003). Energy consumption and comfort analysis for different low-energy cooling systems in a mild climate. *Energy and buildings*, 35(6), 560-571.
- Pfafferott, J., Herkel, S., & Wambsganß, M. (2004). Design, monitoring and evaluation of a low energy office building with passive cooling by night ventilation. *Energy and buildings*, 36(5), 455-465.

- Quek, C. K. (1989). Design of atrium. building in the warm humid tropics. Unpublished M. Phil. Dissertation. Paris, France: Darwin College Cambridge.
- Ratajczak, K., Bandurski, K., & Plóciennik, A. (2022). Incorporating an atrium as a HAVC element for energy consumption reduction and thermal comfort improvement in a Polish climate. *Energy and Buildings*, 277, 112592.
- Saxon R. (2017) Atrium building: development and design. London: The Architectural Press Ltd.; 1983.
- U.S. Energy Information Administration. Annual energy outlook 2017. 1. 2017.
- Zhengyu, F., & Yihua, Z. (2020, July). Numerical Investigation of key design parameters impact on energy consumption of commercial complex distributed atrium in cold area of China. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 531, No. 1, p. 012024). IOP Publishing.

**How to cite this article:**

Padasht, B, Asadi Molkejahan, F., & Salavatian S, M. (2024). Explanation of Physical Resilience of Rural Settlements in Amlesh County against Landslides. *Journal of Studies of Human Settlements Planning*, 19(4), 1-16.

ارجا به این مقاله:

پاداشت، بابک؛ اسدی ملکجهان، فرزانه و صلواتیان، سیده مامک. (۱۴۰۳). تبیین تأثیر عوامل کالبدی آتریوم بر عملکرد حرارتی و تهویه ساختمان‌های بلند در اقلیم شهر رشت. *فصلنامه مطالعات برنامه‌ریزی سکونتگاه‌های انسانی*، ۱۹ (۴)، ۱-۱۶.