DOI : 10.22034/jrenew.2024.189930

سال یازدهم، شماره اول، بهار و تابستان 1403، ص ص 110- 117

فصل‌نامه علمی انرژی‌های تجدیدپذیر و نو

jrenew.ir

Online ISSN 2676-2994 print ISSN 2423-4931

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: 1401/03/20

تاریخ پذیرش: 402/06/21

تعیین اندازه مورد نیاز برای پاسیوهای نورگیر در ساختمان‌های مسکونی بر پایه الزامات مبحث چهارم مقررات ملی ساختمان

سید محمدرضا عادل نسب[1]، شبنم تیمورتاش [2*]

1- کارشناس ارشد، مهندسی معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مشهد، ایران

2- استادیار، مهندسی معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مشهد، ایران

* مشهد، 9187147578، shabnam.teimourtash@iau.ac.ir

چکیده

اندازه پاسیوهای نورگیر در مبحث چهارم مقررات ملی برای ساختمان‌های یک تا چهار طبقه بر اساس مساحت زمین و تعداد طبقات ساختمان مشخص شده است. تعیین این اندازه برای ساختمان‌های بیش از چهار طبقه تا 23 متر ارتفاع، به تشخیص مهندس طراح سپرده شده است. هدف این پژوهش دستیابی به حداقل اندازه مورد نیاز برای پاسیوها در یک نمونه ساختمان مسکونی پنج طبقه است. در مرحله اول، عملکرد نوری پاسیوها بر اساس الزامات مبحث چهارم مقررات ملی برای یک ساختمان چهار طبقه بررسی شده است. بر پایه این نتایج، اندازه‌های حداقلی برای پاسیو در یک ساختمان پنج طبقه در نظر گرفته شده است. در مرحله دوم، امکان دستیابی به اندازه مورد نیاز به منظور رسیدن به روشنایی بهینه در این ساختمان، با در نظر گرفتن اندازه‌های مختلف مورد آزمون قرار گرفته است. به این منظور، میزان روشنایی با استفاده از پلاگین‌های گرسهاپر، هانی‌بی و لیدیباگ که از موتورهای ردینس و دی‌سیم در تحلیل‌های روشنایی بهره می‌برند، محاسبه شده است. در نهایت، با مقایسه این مقادیر با استانداردهای روشنایی، اندازه مورد نیاز ارائه گردیده است. نتایج نشان می‌دهد که اندازه مورد نیاز پاسیوها برای ساختمان‌های پنج طبقه حداقل 7 × 6 متر مربع است. همچنین، ابعاد ارائه شده برای ساختمان‌های چهار طبقه در مبحث چهارم مقررات ملی پاسخگوی حداقل نیازهای روشنایی ساکنان نیست. این ابعاد باید حداقل 6/5 × 5/5 متر مربع در نظر گرفته شود. تمامی مراحل این پژوهش تحت شرایط آسمان واقعی برای شهر مشهد، با بهره‌گیری از شاخص کفایت فضایی نور روز انجام شده است.

کلیدواژگان: پاسیوهای نورگیر، مبحث چهارم مقررات ملی ساختمان، میزان روشنایی، شاخص کفایت فضایی نور روز

Determining the required proportions of light-wells in residential buildings based on the Code Four of the National Building Regulations of Iran

Seyed Mohammad Reza Adel Nasab[1], Shabnam Teimourtash[2*]

1-Master of Architectural engineering, Faculty of Art and Architecture, Islamic Azad University, Branch of Mashhad, Iran

2- Associate Professor, Faculty of Art and Architecture, Islamic Azad University, Branch of Mashhad, Iran

* P.O.B. 9187147578 Mashhad, Iran, shabnam.teimourtash@iau.ac.ir

Received: 10 May 2022 Accepted: 12 September 2023

Abstract

The proportions of light-wells that are specified in Code four of the National Building Regulations of Iran are determined only for one-floor to four-floor buildings. These proportions are based on land area and number of floors. Furthermore, the determination of the proportions of buildings with more than four floors up to 23 meters is dedicated to the decision of the architectural designer. The purpose of this study is to determine the light-well's proportion for a five-floor residential building so as to have the required lighting in close spaces next to the light-wells. First, the performance of the given proportions in the Code Four for four-floor buildings was studied. Second, various proportions of light-well were examined for a four-floor and a five-floor building. In every stage, the results were compared with the standards of lighting. The lighting process was carried out by using Grasshopper, Honeybee, and Ladybug plugins. These plugins use Radiance and Daysim engines for calculation. Also, this study was carried out using the Spatial Daylight Autonomy and under real sky conditions. The results show that the given proportion in Code Four does not meet the lighting's requirement. The required proportion of the light-well for a four-floor building is 5.5 × 6.5 m. Besides, the required proportion of the light-well for a five-floor building is 6 × 7 m.

مالکیت معنوی این مقاله تحت گواهی بین المللی تخصیص 4 کریتیو کامنزمحفوظ است

Keywords: Spatial Daylight Autonomy, Daylighting, Light-well's proportions, Code Four of the national building regulations, Grasshopper

1- مقدمه

در مبحث چهارم مقررات ملی ساختمان، مساحت و ابعاد در نظر گرفته شده برای پاسیوها به منظور تأمین نور و تهویه در ساختمان‌های گروه 1 تا 5 که مساحت زمین آنها از 200 مترمربع بالاتر باشد، 12 متر مربع با حداقل عرض 3 متر در نظر گرفته شده است. اگر پاسیوهای نورگیر فقط برای تأمین نور و تهویه آشپزخانه یا انبار پیش بینی شوند، این ابعاد 6 متر مربع با حداقل عرض 2 متر است. همچنین، برای زمین های با مساحت کمتر از 200 مترمربع، ابعاد پاسیوهای نورگیر 6 درصد کل مساحت زمین در نظر گرفته شده است. در مبحث چهارم مقررات ملی ساختمان تفاوتی بین پنج گروه اول ساختمانی در رابطه با اندازه‌های پاسیوهای نورگیر وجود ندارد. بعلاوه، تعیین اندازه پاسیوهای نورگیر برای گروه های ساختمانی 6 و 7 بر عهده مهندس طراح معماری قرار داده شده است [1]. با توجه به اینکه امروزه بخش بزرگی از ساختمان های مسکونی جدید در شهرهای بزرگ از گروه‌های 6 و 7 ساختمانی هستند، داشتن اندازه‌های بهینه برای پاسیوهای نورگیر در ساختمان‌های پنج طبقه و بالاتر ضروری به نظر می رسد. به این ترتیب با رویکرد استفاده صحیح از روشنایی طبیعی، به مصرف بهینه انرژی الکتریکی تأکید می‌گردد. هدف این پژوهش دستیابی به حداقل اندازه مورد نیاز برای پاسیوهای نورگیر در یک نمونه ساختمان مسکونی پنج طبقه است. همچنین، این پژوهش در نظر دارد با انجام یک شبیه سازی مبتنی بر شاخص‌های پویای ارزیابی نور روز، میزان کارایی تناسبات ارائه شده در رابطه با پاسیوهای نورگیر در مقررات ملی ساختمان را برای اولین بار مورد ارزیابی قرار دهد. جدول 1، انواع گروه های ساختمانی در مبحث چهارم مقررات ملی ساختمان، تعداد طبقات و حداقل مساحت پاسیوهای نورگیر برای هر گروه را مشخص می‌نماید.

جدول 1 تعداد طبقات و حداقل مساحت پاسیوهای نورگیر در انواع گروه های ساختمانی [1]

گروه ساختمانی	تعداد طبقات	حداقل مساحت پاسیوی نورگیر (مترمربع)
1،2،3	1	مساحت زمین بیش از 200 مترمربع: 12 متر مربع
1،2،3	2	مساحت زمین کمتر از 200 مترمربع: 6٪ مساحت زمین
4،5	3	
4،5	4	
6،7	5 الی 7	بر عهده مهندس طراح
8	بیشتر از 7	مقررات خاص ساختمان های بلند مرتبه

1-1- پیشینه تحقیق

طراحی پاسیوهای نورگیر در یک ساختمان به پارامترهای متفاوتی وابسته است از جمله: جهت گیری نسبت به خورشید، فرم نورگیر، انتقال نور توسط کلاهک نورگیر، بازتاب سطوح داخلی نورگیر و میزان نفوذ نور به فضاهای مجاور نورگیر [2]. بطور کلی مطالعات و پژوهش‌های انجام شده بر روی پاسیوهای نورگیر در شش دسته: هندسه نورگیر، مصالح، محاسبات رایانه‌ای میزان روشنایی، فرم نورگیر، سیستم‌های کنترل کننده نور و شاخص‌های نورسنجی قابل تقسیم است. سه پارامتر هندسه نورگیر، مصالح و شاخص‌های نورسنجی از مهم‌ترین مواردی است که پژوهش‌های پیشین به طور ویژه ای به آن پرداخته‌اند.

هندسه نورگیر

هندسه نورگیر نقش مهمی در تأمین نور روز بخصوص در طبقات پایین ساختمان ایفا می‌کند. وقتی یک تناسب منطقی میان ارتفاع و سطح مقطع نورگیر برقرار باشد، میزان روشنایی به مقدار بسیار زیادی افزایش می‌یابد [3]. دو هندسه مربعی و مستطیلی از رایج ترین هندسه‌های مورد استفاده در نورگیرها است که پژوهش‌های فراوانی در رابطه با عملکرد هر یک از این مقاطع انجام گرفته است. عموم تحقیقات نشان می‌دهند که مقطع مستطیلی شکل در مقایسه با مقطع مربعی شکل از عملکرد بهتری برخوردار است [4]. با این حال پژوهش‌های دیگری انجام شده که نشان می‌دهد عملکرد نوری مقاطع استوانه‌ای از مقاطع مستطیلی بهتر است [5]. همچنین در تعیین هندسه نورگیرها نسبت عرض نورگیر به ارتفاع پنجره فضاهای مجاور آن تأثیر بسزایی دارد. زمانی که عرض نورگیر نسبت بهینه‌ای با ارتفاع پنجره داشته باشد عملکرد نورگیر به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد. این نسبت به طور مشخص بستگی به زاویه دید به آسمان و زاویه ارتفاع خورشید نیز دارد [6]. همچنین، با افزایش ارتفاع پنجره نورگیر عملکرد نور روز در فضاهای مجاور نورگیر به طور محسوسی بهبود می‌یابد [7].

مصالح

مصالح مورد استفاده در پاسیوهای نورگیر یکی دیگر از پارامترهایی است که در عملکرد پاسیوها تأثیر بسزایی دارد. استفاده از مصالح بازتاب دهنده در دیواره‌های پاسیوهای نورگیر می‌تواند نور روز را در فضاهای مجاور پاسیو به صورت قابل ملاحظه‌ای افزایش دهد. این افزایش در طبقات پایین بیش‌تر است [8]. به طورکلی پژوهش‌های بسیاری در رابطه با تأثیر مصالح بازتاب دهنده بر عملکرد نوری پاسیوها انجام شده است. عموم این پژوهش‌ها بر تأثیر بالای این مصالح بر عملکرد روشنایی پاسیوها اذعان دارند. برای نمونه در یک مدل سازی انجام شده میزان بازتاب سطوح طبقات و تناسبات بازشوها در دیوارهای نورگیر تحت شرایط آسمان واقعی مورد بررسی قرار گرفته‌است. نتایج نشان می‌دهد که روشنایی در طبقات میانی و پایینی نورگیر با افزایش تدریجی نسبت بازشو به سطوح داخلی نورگیر که از مصالح بازتاب دهنده در آن استفاده شده است، بیشتر می‌شود [9]. همچنین، میزان بازتاب دهندگی مصالح کف نورگیر تأثیر مثبتی بر روشنایی طبقات پایینی دارد [9]. بعلاوه در پژوهشی دیگر، استفاده از مصالح با رنگ روشن همچون سیمان سفید، حداقل 30٪ بر میزان روشنایی پاسیوهای نورگیر، اثر مثبت داشته است [10].

شاخص‌های نورسنجی

در بیشتر مطالعات مربوط به نور روز، از شاخص‌های استاتیک، مانند فاکتور نور روز استفاده می‌شود [11]. درحالیکه، شاخص‌های دینامیک مانند یکنواختی

نور روز، کفایت فضایی نور روز، میزان قرارگیری در معرض تابش نور خورشید سالیانه و روشنایی قابل استفاده نور روز برای تحلیل مطالعات نورسنجی به طور محدود به کار گرفته شده است [12]. بطورکلی شاخص‌های دینامیک نورسنجی به دلیل درنظرگیری اقلیم و قابلیت انجام محاسبات سالیانه، از اعتبار بیشتری نسبت به شاخص‌های استاتیک برخوردارند [13]. البته در تحقیقات قدیمی‌تر، شاخص‌های استاتیک بیشتر مورد استفاده بوده است. برخی از تحقیقات پیشین با استفاده از فاکتور نور روز به دنبال پاسخی برای بهبود عملکرد پاسیوهای نورگیر بوده‌اند. تعدادی از آنها شامل مطالعاتی بر روی هندسه و تأثیر مقاطع نورگیر بر عملکرد آن بوده است [3,5,14]. برخی دیگر از پژوهش‌ها، شامل مطالعاتی بر روی انواع پارامترهای مؤثر بر عملکرد روشنایی پاسیوهای نورگیر هستند که آنها نیز از شاخص های استاتیک در پیشبرد تحقیقاتشان استفاده نموده‌اند [4]. دسته‌ای دیگر از تحقیقات، فارغ از مسئله پاسیوهای نورگیر، در مطالعات مربوط به نور روز از این شاخص‌ها استفاده نموده‌اند[15–20]. با این حال، پژوهش‌هایی برای تحلیل مطالعات نورسنجی از شاخص‌های دینامیک بهره برده اند که البته به واسطه جدید بودن این شاخص‌ها تعداد آنها اندک‌اند [12,21–23].

2- مواد و روش‌ها

روش پژوهش در این تحقیق از نظر هدف کاربردی و از نظر ماهیت آزمایشی به روش شبیه سازی است. شاخص نورسنجی مورد استفاده در این پژوهش، شاخص کفایت فضایی نور روز است. به تعبیر انجمن مهندسی روشنایی آمریکا، این شاخص برابر است با درصدی از دورهٔ بازه زمانی اشغال فضا در طول یک سال که در آن میزان روشنایی مورد نیاز در نقطه ای معین از فضا به تنهایی توسط روشنایی طبیعی قابل تأمین باشد [24]. این شاخص نشان می‌دهد چه درصدی از مساحت یک فضا میزان حداقل روشنایی مطلوب را که طبق استانداردها تعیین می‌گردد، تجربه می‌کند [25]. طبق استاندارد انجمن مهندسی روشنایی آمریکا، زمانی‌که شاخص کفایت فضایی نور روز در نیمی از مواقع نیاز به روشنایی، بیشتر از 55٪ باشد، میزان روشنایی قابل قبول درنظر گرفته می‌شود. همچنین، اگر شاخص کفایت فضایی نور روز بیشتر از 75٪ باشد، میزان روشنایی مطلوب قلمداد می‌گردد [24,26]. شاخص کفایت فضایی نور روز با در نظر گرفتن پارامترهای طراحی، اقلیم و تغییرات وضعیت آسمان، ارزیابی شرایط نوری فضا و آسایش بصری کاربران را در هر زمان امکان‌پذیر می‌کند [27].

در مرحله اول این پژوهش، یک ساختمان چهار طبقه و یک ساختمان پنج طبقه با زمینی به مساحت 250 متر مربع و سطح اشغال 60 درصد با یک پاسیو نورگیر به ابعاد 4 × 3 مترمربع مطابق با الزامات مبحث چهارم مقررات ملی ساختمان در نرم افزار راینو و با کمک پلاگین گرسهاپر شبیه سازی می‌گردد. از محاسن استفاده از پلاگین گرسهاپر در این پژوهش می‌توان به امکان طراحی آسان و سریع فرم‌های مختلف ساختمانی، آنالیز و انجام محاسبات عددی بر اساس الگوریتم‌های مشخص بدون احتیاج به دانش برنامه نویسی و خروجی گرافیکی مناسب اشاره کرد . در مرحله دوم، با کمک پلاگین‌های هانی‌بی و لیدیباگ آنالیزهای روشنایی بر اساس شاخص کفایت فضایی نور روز برای هر دو ساختمان شبیه سازی شده انجام می‌پذیرد. ازمحاسن پلاگین‌های هانی‌بی و لیدیباگ نیز می‌توان به استفاده همزمان از موتورهای ردینس و دی سیم و قابلیت آنالیز همزمان چند زون اشاره نمود [28]. در این مرحله با استفاده از شاخص کفایت فضایی نور روز، فضاهای مجاور پاسیو در کلیه طبقات مورد تحلیل قرار می‌گیرند. در مرحله سوم، با گرفتن میانگین این شاخص برای تمام سطوح هر طبقه در هر یک از ساختمان‌ها، میزان روشنایی به سه دسته مطلوب، قابل قبول و نامطلوب تقسیم می‌گردد. در نهایت با توجه به نتایج به دست آمده اندازه مطلوب پاسیو نورگیر برای هر دو ساختمان تعیین می‌گردد.

2-1- استانداردهای روشنایی

با توجه به مطالب ذکر شده در بخش قبلی، برای بهره‌گیری از شاخص کفایت فضایی نور روز، نیازمند تعیین حداقل میزان استاندارد روشنایی هستیم. استانداردهای روشنایی گوناگونی در کتب و مقالات علمی ارائه شده که در جدول‌های 2 و 3 جمع بندی گردیده است. در این پژوهش مقادیر استاندارد در نظر گرفته شده مطابق با مبحث سیزدهم مقررات ملی ساختمان است (جدول3). استانداردهای کمیته ملی روشنایی و مبحث سیزدهم مقررات ملی ساختمان شامل مقادیر حداقلی و مطلوب برای فضاهای مختلف مسکونی است. کاربری فضاهای مجاور پاسیوهای نورگیر در این پژوهش نشیمن و پذیرایی و اتاق خواب در نظر گرفته شده است. لذا مطابق با جدول 3، حد کفایت‌های روشنایی برای انجام شبیه سازی برای کاربری نشیمن و پذیرایی 200 لوکس و برای کاربری اتاق خواب 100 لوکس در نظر گرفته شده است.

جدول2 میزان روشنایی پیشنهادی نبیل و همکاران [12]

شدت روشنائی	وضعیت روشنائی	نیاز به روشنائی مصنوعی
کمتر از 100 لوکس	ناکافی	نیاز به روشنائی الکتریکی
100 تا 300 لوکس	نسبتا ناکافی	نیاز به روشنائی کمکی
300 تا 900 لوکس	کافی	عدم نیاز به روشنائی کمکی
900 تا 2000 لوکس	عالی	عدم نیاز به روشنائی کمکی
بیشتر از 2000 لوکس	احتمال خیرگی	نیاز به کنترل

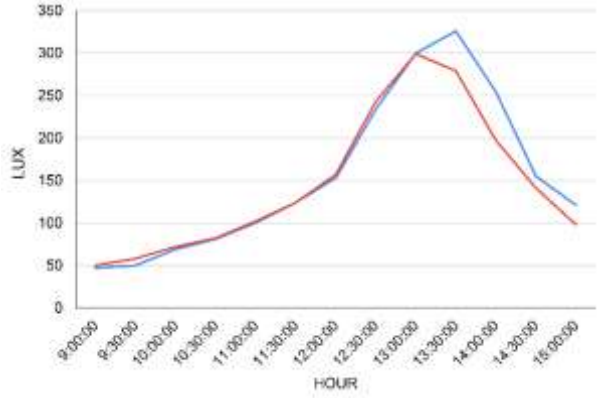
جدول3 میزان روشنایی حداقلی و پیشنهادی در مقررات ملی ساختمان در ایران [1]

کاربری فضا	حداقل روشنائی	روشنائی پیشنهادی
نشیمن و پذیرایی	70 لوکس	200 لوکس
اتاق مطالعه	150 لوکس	500 لوکس
اتاق خواب	50 لوکس	100 لوکس
حمام	50 لوکس	100 لوکس
پلکان	100 لوکس	150 لوکس

3- اعتبارسنجی داده‌های شبیه سازی

به منظور اطمینان از میزان دقت داده‌های خروجی شبیه سازی شده، یک آپارتمان مسکونی سه طبقه واقع در شهر مشهد با نورگیر مرکزی به ابعاد 190 در 200 سانتی متر به عنوان نمونه موردی، مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت. مطالعه موردی در تاریخ های 24، 25 و 26 فروردین سال 1399 از ساعت 9

الی 15 به عنوان سه روز آفتابی انجام گردید. به همین منظور، سه دستگاه لوکس‌متر دیتالاگر برای برداشت اطلاعات محلی، روی قسمت‌های داخلی نورگیر نصب گردید تا میزان روشنایی به دست آمده با میزان روشنایی خروجی از نرم افزارهای شبیه‌سازی مورد مقایسه قرارگیرند. لازم به ذکر است که تمام شبیه‌سازی‌ها تحت شرایط آسمان صاف (شرایط آسمانی برداشت میدانی) انجام شده است. شکل 1 مقایسه میزان تابش (روشنایی) که به صورت تجربی با دستگاه لوکس متر اندازه گیری شده، با اطلاعات شبیه‌سازی شده توسط نرم‌افزار را نشان می‌دهد. این میزان اختلاف برابر با 2/14٪ است که میزان قابل قبولی برای پیشبرد فرآیند شبیه‌سازی می‌باشد.



شکل 1 مقایسه نتایج میدانی با نتایج شبیه سازی، آبی: داده‌های شبیه سازی، قرمز: داده‌های میدانی

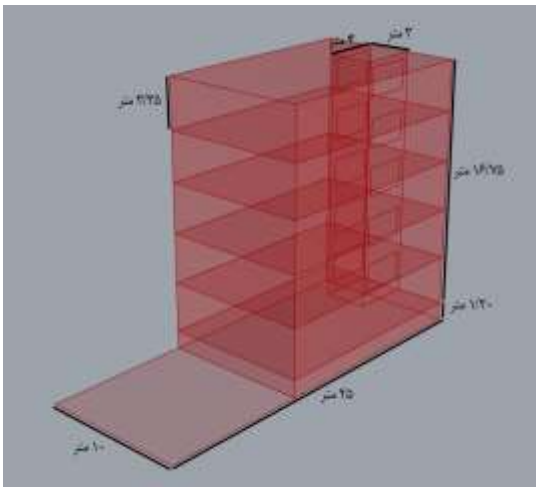
4- شبیه‌سازی

برای شبیه‌سازی، نسخهٔ ششم نرم افزار راینو برای تولید مدل سه بعدی ساختمان مسکونی و نسخهٔ چهارم افزونهٔ دیوا برای گرسهاپر به منظور ارزیابی‌های لحظه‌ای و سالانهٔ نور روز، انتخاب شده است. در شبیه سازی آسمان، اطلاعات اقلیمی شهر مشهد لحاظ شده است. مصالح مورد استفاده پاسیوی نورگیر مطابق با نتایج تحقیقات موجود، سیمان سفید انتخاب گردیده است. همچنین، ساعات آنالیز محاسبات روشنایی، از ساعت 8 الی 18 در نظر گرفته شده است. جدول4، داده‌های ورودی به نرم‌افزار جهت شبیه سازی برای ساختمان چهار طبقه و پنج طبقه را نشان می‌دهد.

در مرحله اول شبیه سازی، میزان کارایی اندازه‌های ارائه شده در مبحث چهارم مقررات ملی ساختمان مورد آزمایش قرار می‌گیرد. همانطور که اشاره شد، این شبیه سازی، ابتدا برای یک ساختمان نمونه چهار طبقه و سپس برای یک ساختمان نمونه پنج طبقه انجام می‌پذیرد. ابعاد پاسیوی نورگیر، ابتدا با اندازه 4 × 3 مترمربع مطابق اندازه پایه در مبحث چهارم مقررات ملی ساختمان در نظر گرفته می‌شود. تغییرات میزان روشنایی با افزایش همزمان طول و عرض پاسیوی نورگیر، هر بار به میزان 50 سانتی متر در چند مرحله مورد اندازه گیری قرار می‌گیرد. این فرآیند تا جایی ادامه پیدا می‌کند که شاخص کفایت فضایی نور روز حداقل در نیمی از مواقع بیش‌تر از 55٪ شود. شکل 2 مدل ساختمان‌های شبیه سازی شده را نشان می‌دهد.

جدول 4 داده‌های ورودی به نرم افزار جهت شبیه‌سازی ساختمان‌های چهار طبقه و پنج طبقه

مشخصات	4 طبقه	5 طبقه
ابعاد زمین (متر)	10 × 25	10 × 25
ارتفاع کل بنا (متر)	14/6	17/95
ضخامت سقف (متر)	0/35	0/35
ابعاد پاسیو (مترمربع)	3×4	3×4
ابعاد پنجره پاسیو (متر)	1/7×3/6	1/7×3/6



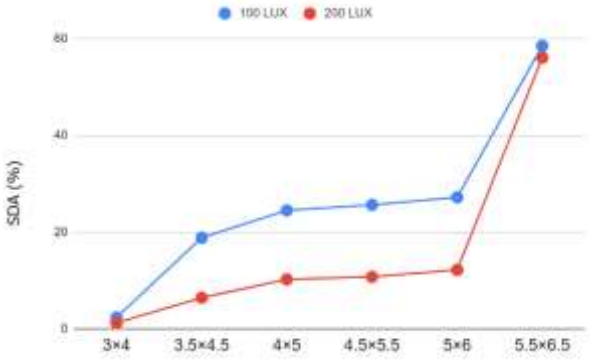
شکل 2 مدل ساختمان‌های شبیه سازی شده با تناسب پایه اولیه برای پاسیوهای نورگیر در پلاگین گرسهاپر

5- نتایج و یافته‌ها

نتایج شبیه‌سازی ساختمان چهار طبقه، با توجه به این که برای دستیابی به روشنایی قابل قبول، مقدار شاخص کفایت فضایی نور روز باید در نیمی از مواقع، حداقل برابر با 55٪ باشد، نشان می‌دهد که میزان شاخص کفایت فضایی نور روز برای اندازه ارائه شده در مبحث چهارم مقررات ملی ساختمان، پاسخگوی نیازهای روشنایی ساکنین به خصوص در طبقات همکف و اول نیست (جدول 5). در ساختمان چهار طبقه شبیه‌سازی شده، مقدار شاخص کفایت فضایی نور روز در طبقه همکف برای کاربری نشیمن و پذیرایی 1/23٪ و این مقدار برای کاربری اتاق خواب 2/34٪ است. در طبقه اول مقدار این شاخص برای کاربری نشیمن و پذیرایی 5/72٪ و برای کاربری اتاق خواب 27/2٪ است. در ساختمان پنج طبقه شبیه سازی شده، مقدار شاخص کفایت فضایی نور روز در طبقه همکف برای کاربری نشیمن و پذیرایی و کاربری اتاق خواب صفر است (جدول 6). طبق یافته‌های تحقیق، برای این که فضاهای مجاور پاسیوهای نورگیر در یک ساختمان چهار طبقه از میزان روشنایی قابل قبول بهره‌مند باشند، اندازه پاسیو نورگیر باید 6/5 × 5/5 مترمربع باشد. همچنین، اندازه مناسب پاسیوهای نورگیر به منظور دستیابی به روشنایی قابل قبول در ساختمان پنج طبقه، 7 × 6 متر مربع است. جدول 5، میزان شاخص کفایت فضایی نور روز برای اندازه‌های مختلف پاسیو در یک ساختمان چهار طبقه را در هر طبقه نشان می‌دهد. جدول 6، میزان شاخص کفایت فضایی نور روز برای اندازه های مختلف پاسیو در یک ساختمان پنج طبقه را در هر طبقه نشان می‌دهد.

6- بحث در نتایج و یافته‌ها

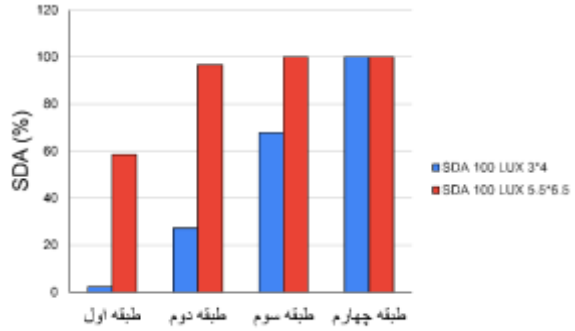
همان‌طور که در نتایج مشخص شد ابعاد ارائه شده در مبحث چهارم مقررات ملی ساختمان پاسخگوی نیازهای روشنایی ساکنین ساختمان های مسکونی چهارطبقه و پنج‌طبقه نمی‌تواند باشد. شاخص کفایت فضایی نور روز برای ابعاد مذکور در مبحث چهارم مقررات ملی ساختمان برای حد کفایت‌های 100 لوکس و 200 لوکس، مقادیری اندک و نزدیک به صفر است (جداول 5 و 6). شکل‌های 3 و 4 روند افزایش مقدار شاخص کفایت فضایی نور روز به ترتیب برای ساختمان‌های چهارطبقه و پنج‌طبقه را در طبقه همکف نشان می‌دهد. همانطور که در تصاویر دیده می‌شود، با افزایش همزمان طول و عرض پاسیو در هر مرحله، مقدار شاخص کفایت فضایی نور روز به استاندارد حداقلی خود یعنی 55% نزدیک‌تر می‌شود. مقدار شاخص کفایت فضایی نور روز برای تناسبات 6/5 × 5/5 در طبقه همکف یک ساختمان چهار طبقه برای حد کفایت‌های 100 لوکس و 200 لوکس به ترتیب 58/53٪ و 56/1٪ است. همچنین این مقادیر برای یک ساختمان پنج‌طبقه برای حد کفایت‌های 100 لوکس و 200 لوکس به ترتیب، 56/86٪ و 55/01٪ است. این مقادیر، حداقل قابل قبول برای تأمین نیازهای روشنایی ساکنین است. با در نظرگرفتن اندازه 6/5 × 5/5 متر مربع در ساختمان چهارطبقه و 7 × 6 متر مربع در ساختمان پنج‌طبقه، در طبقات بالاتر مقادیر شاخص کفایت فضایی نور روز از میزان قابل قبول به میزان مطلوب تغییر کرده است.



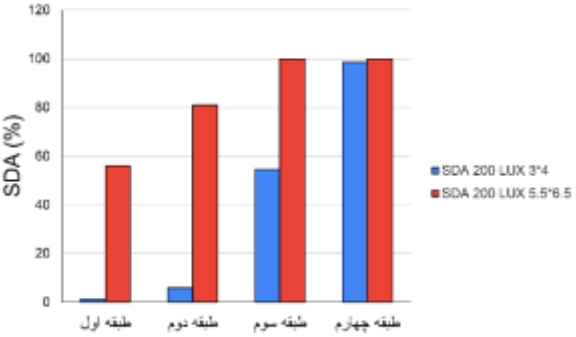
شکل 3 روند افزایشی شاخص کفایت فضایی نور روز با افزایش همزمان طول و عرض پاسیو در طبقه همکف، ساختمان چهارطبقه

شکل 4 روند افزایشی شاخص کفایت فضایی نور روز با افزایش همزمان طول و عرض پاسیو در طبقه همکف، ساختمان پنج طبقه

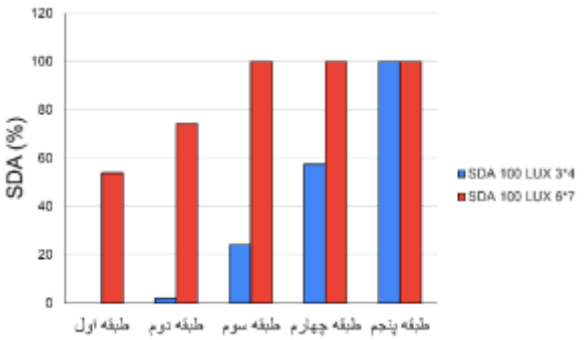
شکل‌های 5 الی 8 میزان تفاوت مقدار شاخص کفایت فضایی نور روز برای تناسبات پاسیوی نورگیر با ابعاد 4×3 متر مربع و مقادیر پیشنهادی این پژوهش در ساختمان‌های چهارطبقه و پنج‌طبقه را نشان می‌دهند. در این تصاویر ستون‌های آبی نشان دهنده شاخص کفایت فضایی نور روز برای تناسبات پیشنهادی در مبحث چهارم مقررات ملی ساختمان است. ستون‌های قرمز نشان دهنده مقدار این شاخص برای تناسبات پیشنهادی این پژوهش در طبقات مختلف است. همانطور که در تصاویر دیده می‌شود، میزان اختلاف شاخص کفایت فضایی نور روز برای تناسبات ارائه شده در مبحث چهارم مقررات ملی و تناسبات پیشنهادی این پژوهش در ساختمان‌های چهار طبقه، مقدار قابل توجهی است. با توجه به تصاویر 4 و 5، می‌توان دریافت که ساکنین طبقات همکف و اول ساختمان‌های چهارطبقه، روشنایی 100 لوکس و 200 لوکس را فقط در 1٪ فضاهای مجاور پاسیو نورگیر تجربه می‌نمایند. همچنین، تصاویر 6 و 7 نشان می‌دهند که میزان روشنایی در فضاهای مجاور پاسیوهای نورگیر در طبقه همکف ساختمان پنج طبقه برای تناسبات ارائه شده در مبحث چهارم، صفر است. این بدان معنی است که هیچ نقطه‌ای در فضاهای مجاور پاسیوهای نورگیر در طبقه همکف، روشنایی معادل 100 لوکس و 200 لوکس را در طول سال تجربه نمی‌نمایند.



شکل 5 مقایسه شاخص کفایت فضایی نور روز در تناسبات پیشنهادی مبحث چهارم و تناسبات پیشنهادی پژوهش در ساختمان چهارطبقه، حدکفایت 100 لوکس



شکل 6 مقایسه شاخص کفایت فضایی نور روز در تناسبات پیشنهادی مبحث چهارم و تناسبات پیشنهادی پژوهش در ساختمان چهارطبقه، حدکفایت 200 لوکس



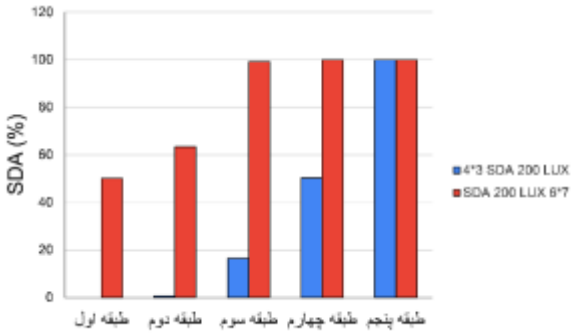
شکل 7 مقایسه شاخص کفایت فضایی نور روز در تناسبات پیشنهادی مبحث چهارم و تناسبات پیشنهادی پژوهش در ساختمان پنج طبقه، حدکفایت 100 لوکس

جدول ۵ نتایج شبیه سازی شاخص کفایت فضایی نور روز برای اندازه‌های مختلف پاسیو نورگیر در یک ساختمان نمونه چهار طبقه

ابعاد پاسیو	درصد شاخص کفایت فضایی نور با حدکفایت ۱۰۰ لوکس برای اتاق خواب				درصد شاخص کفایت فضایی نور با حدکفایت ۲۰۰ لوکس برای نشیمن و پذیرایی			
(متر)	همکف	اول	دوم	سوم	همکف	اول	دوم	سوم
۳ × ۴	۲/۳۴٪	۲۷/۲٪	۶۷/۷۱٪	۱۰۰٪	۱/۲۳٪	۵/۷۲٪	۵۴/۴۹٪	۹۸/۶۲٪
۳/۵ × ۴/۵	۱۸/۸۴٪	۳۵/۵٪	۷۶/۲۷٪	۱۰۰٪	۶/۴۳٪	۲۸/۵٪	۶۶/۶۵٪	۱۰۰٪
۴ × ۵	۲۴/۵٪	۴۶/۶۷٪	۹۷/۳۳٪	۱۰۰٪	۱۰/۲۳٪	۳۹/۷۱٪	۷۱/۴۴٪	۱۰۰٪
۴/۵ × ۵/۵	۲۵/۶۴٪	۵۱/۴٪	۹۸/۸٪	۱۰۰٪	۱۰/۷۵٪	۳۳/۹۴٪	۷۳/۹۴٪	۱۰۰٪
۵ × ۶	۲۷/۲٪	۵۳/۱٪	۸۱٪	۱۰۰٪	۱۲/۲٪	۳۴/۶٪	۷۵/۲٪	۱۰۰٪
۵/۵ × ۶/۵	۵۸/۵۳٪	۹۶/۵۹٪	۱۰۰٪	۱۰۰٪	۵۶/۱٪	۸۰/۹۷٪	۱۰۰٪	۱۰۰٪

جدول ۶ نتایج شبیه سازی شاخص کفایت فضایی نور روز برای اندازه‌های مختلف پاسیو نورگیر در یک ساختمان نمونه پنج طبقه

ابعاد پاسیو (متر)	درصد شاخص کفایت فضایی نور با حدکفایت ۱۰۰ لوکس برای اتاق خواب					درصد شاخص کفایت فضایی نور با حدکفایت ۲۰۰ لوکس برای نشیمن و پذیرایی				
	همکف	اول	دوم	سوم	چهارم	همکف	اول	دوم	سوم	چهارم
۳ × ۴	۰	۱/۹۳٪	۲۴/۱٪	۵۷/۵٪	۱۰۰٪	۰	۰/۵٪	۱۶/۵٪	۵۰/۲۱٪	۱۰۰٪
۳/۵ × ۴/۵	۱/۸۵٪	۱۹/۳۲٪	۳۵/۳٪	۷۶/۲٪	۱۰۰٪	۱/۰۲٪	۳/۱٪	۲۷/۹٪	۶۶/۵٪	۱۰۰٪
۴ × ۵	۵/۷۱٪	۲۷/۶۷٪	۴۵/۱٪	۹۷/۵٪	۱۰۰٪	۱/۹۵٪	۱۲/۲۹٪	۳۹/۹٪	۸۳/۷٪	۱۰۰٪
۴/۵ × ۵/۵	۱۲/۲۳٪	۳۴/۴۷٪	۵۷/۲٪	۱۰۰٪	۱۰۰٪	۵/۳۸٪	۲۸/۲۱٪	۵۱/۵٪	۹۹/۴۳٪	۱۰۰٪
۵ × ۶	۱۷/۱۵٪	۳۵/۴۹٪	۶۴/۵٪	۱۰۰٪	۱۰۰٪	۹/۷۴٪	۳۶/۹۴٪	۶۳/۱٪	۱۰۰٪	۱۰۰٪
۵/۵ × ۶/۵	۴۰/۰۶٪	۵۷/۳۹٪	۹۶/۵۹٪	۱۰۰٪	۱۰۰٪	۲۸/۵۷٪	۴۹/۴۳٪	۸۰/۱۱٪	۱۰۰٪	۱۰۰٪
۶ × ۷	۵۶/۸۶٪	۷۴/۲۹٪	۱۰۰٪	۱۰۰٪	۱۰۰٪	۵۵/۰۱٪	۶۳/۴۳٪	۹۹/۱۳٪	۱۰۰٪	۱۰۰٪



شکل 8 مقایسه شاخص کفایت فضایی نور روز در تناسبات پیشنهادی مبحث چهارم و تناسبات پیشنهادی پژوهش در ساختمان پنج طبقه، حدکفایت 200 لوکس

جدول 7 میزان تناسبات ارائه‌شده در مبحث چهارم مقررات ملی ساختمان در مقایسه با تناسبات پیشنهادی این پژوهش را نشان می‌دهد.

جدول 7 مقایسه نتایج شبیه سازی تناسبات در مبحث چهارم با تناسبات پیشنهادی پژوهش

گروه ساختمانی	تناسبات ارائه شده در مبحث چهارم	تناسبات پیشنهادی پژوهش
گروه 5 (چهار طبقه)	4 × 3 متر مربع	6/5 × 5/5 متر مربع
گروه 6 (پنج طبقه)	بر عهده مهندس طراح	7 × 6 متر مربع

7- نتیجه گیری

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که اندازه‌های ارائه شده در مبحث چهارم مقرارت ملی ساختمان پاسخگوی نیازهای روشنایی ساکنان در ساختمان‌های چهار طبقه نیست. توصیه‌های ذیل برای تحقیقات آینده پیرامون تعیین اندازه مورد نیاز برای پاسیوهای نورگیر در ساختمان‌های مسکونی ارائه می‌گردد:

1- استفاده از شاخص‌های نورسنجی دینامیک در انجام محاسبات به دلیل لحاظ شدن اطلاعات اقلیمی هر منطقه و قابلیت انجام محاسبات سالیانه.

2- بازنگری تناسبات پاسیوهای نورگیر ارائه شده در مبحث چهارم مقررات ملی ساختمان در گروه‌های ساختمانی 1 تا 5.

3- ارائه تناسبات پیشنهادی برای پاسیوهای نورگیر در ساختمان‌های گروه 6 و 7 در مبحث چهارم مقررات ملی ساختمان.

۸- مراجع

[1] National building regulations Office, *Code Four of the national building regulations of Iran*, Road, Housing and Urban Development research center, 2017.(in persian)

[2] I. Khayat, *Studying the factors affecting the optimum utilization of daylight in the lightwells of Mashhad residential buildings*, University of Art, 2015. (in persian)

[3] A.A.Y. Freewan, A.A. Gharaibeh, M.M. Jamhawi, Improving daylight performance of light wells in residential buildings: Nourishing compact sustainable urban form, *Journal of Sustainable Cities and Societies*. 13 (2014). https://doi.org/10.1016/j.scs.2014.04.001.

[4] J. Yunus, S.S. Ahmad, A. Zain-Ahmed, Evaluating daylighting of glazed atrium spaces through physical scale model measurements under real tropical skies condition, Recent Res. *Energy, Environ. Entrep*. Innov. - Int. Conf. Energy, Environ. Entrep. Innov. ICEEEI'11. (2011) 122–127.

[5] A. alah Ahadi, M.R. Saghafi, M. Tahbaz, The optimization of light-wells with integrating daylight and stack natural ventilation systems in deep-plan residential buildings: A case study of Tehran, *J. Journal of Building Engineering*. 18 (2018). https://doi.org/10.1016/j.jobe.2018.03.016.

[6] Z. Ghiyabaklou, *Fundamentals of Building Physics 2*, second, Jahad Daneshgahi, Tehran, Iran, 2013.

[7] M. Ghasemi, M. Noroozi, M. Kazemzadeh, M. Roshan, The influence of well geometry on the daylight performance of atrium adjoining spaces: A parametric study, *J. Journal of Building Engineering*. 3 (2015) 39–47. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2015.06.002.

[8] M. Marefat, A. Karim Doost Yari, Parametric design of light-wells in order to improve the daylighting, *Journal of Applied computer science*. 21 (2009) 12.

[9] R.J. Cole, The effect of the surfaces enclosing atria on the daylight in adjacent spaces, *Journal of Building and Environment*. 25 (1990) 37–42. https://doi.org/10.1016/0360-1323(90)90039-T.

[10] V. Garcia-Hansen, I. Edmonds, Methods for the illumination of multilevel buildings with vertical light pipes, *Journal of Solar Energy*. 117 (2015) 74–88. https://doi.org/10.1016/j.solener.2015.04.017.

[11] Z.S. Zomorodian, S. Poordeyheymi, Evaluation of thermal and visual performance of windows in classrooms in Tehran, *Soffeh*. 27 (2018) 5–24.

[12] A. Nabil, J. Mardaljevic, Useful daylight illuminances: A replacement for daylight factors, *Journal of Energy and Building*. 38 (2006) 905–913. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2006.03.013.

[13] A. Bugeat, B. Beckers, E. Fernández, Improving the daylighting performance of residential light wells by reflecting and redirecting approaches, *Journal of Solar Energy*. 207 (2020) 1434–1444. https://doi.org/10.1016/j.solener.2020.07.099.

[14] Ž. Kristl, A. Krainer, Light wells in residential building as a complementary daylight source, *Journal of Solar Energy*. 65 (1999) 197–206. https://doi.org/10.1016/S0038-092X(98)00127-

[15] K. Gorantla, S. Shaik, K.J. Kontoleon, D. Mazzeo, V.R. Maduru, S.V. Shaik, Sustainable reflective triple glazing design strategies: Spectral characteristics, air-conditioning cost savings, daylight factors, and payback periods, *J. Journal of Building Engineering*. 42 (2021) 103089. https://doi.org/10.1016/J.JOBE.2021.103089.

[16] S. Vaisi, F. Kharvari, Evaluation of Daylight regulations in buildings using daylight factor analysis method by radiance, *Journal of Energy Sustainable Development*. 49 (2019) 100–108. https://doi.org/10.1016/J.ESD.2019.02.002.

[17] M. Sudan, G.N. Tiwari, I.M. Al-Helal, A daylight factor model under clear sky conditions for building: An experimental validation, *Journal of Solar Energy*. 115 (2015) 379–389. https://doi.org/10.1016/J.SOLENER.2015.03.002.

[18] Y. Bian, Y. Ma, Analysis of daylight metrics of side-lit room in Canton, south China: A comparison between daylight autonomy and daylight factor, *Journal of Energy and Building*. 138 (2017) 347–354. https://doi.org/10.1016/J.ENBUILD.2016.12.059.

[19] Y. Rizal, I. Robandi, E.M. Yuniarno, Daylight Factor Estimation Based on Data Sampling Using Distance Weighting, *Energy Procedia*. 100 (2016) 54–64. https://doi.org/10.1016/J.EGYPRO.2016.10.153.

[20] F. Yu, R. Wennersten, J. Leng, A state-of-art review on concepts, criteria, methods and factors for reaching 'thermal-daylighting balance,' *Journal of Building and Environment*. 186 (2020) 107330. https://doi.org/10.1016/J.BUILDENV.2020.107330.

[21] A.A. Ahadi, M.R. Saghafi, M. Tahbaz, The study of effective factors in daylight performance of light-wells with dynamic daylight metrics in residential buildings, *Journal of Solar Energy*. 155 (2017) 679–697. https://doi.org/10.1016/J.SOLENER.2017.07.005.

[22] M. Rastegari, S. Pournaseri, H. Sanaieian, Daylight optimization through architectural aspects in an office building atrium in Tehran, *J. Journal of Building Engineering*. 33 (2021) 101718. https://doi.org/10.1016/J.JOBE.2020.101718.

[23] V.R.M. Lo Verso, F. Giuliani, F. Caffaro, F. Basile, F. Peron, T. Dalla Mora, L. Bellia, F. Fragliasso, M. Beccali, M. Bonomolo, F. Nocera, V. Costanzo, Questionnaires and simulations to assess daylighting in Italian university classrooms for IEQ and energy issues, *Journal of Energy and Building*. 252 (2021) 111433. https://doi.org/10.1016/J.ENBUILD.2021.111433.

[24] F. Mohammadi, M. Mofidi, M. Tahbaz, Evaluation and Analysis of the Efficiency of Dynamic Metrics Evaluating Daylight Performance (Daylight Autonomy and Useful Daylight Illuminance) through Sensitivity Analysis ; Case Study : Elementary Classroom in Tehran *, (2020) 135–144. https://doi.org/10.22034/AAUD.2020.113264.

[25] IES, IES Spatial Daylight Autonomy (sDA) and Annual Sunlight Exposure (ASE), *Illuminating Engineering Society*, 2015.

[26] M. Poorahmadi, M.A. Khan Mohammadi, F. Mozaffar, Analytical study of the effect of shell physical parameters on creating visual comfort in traditional houses of hot and dry climate of Iran (Case study: five-door rooms of traditional houses in Yazd), *Andishe Memari* (Architectural Thought). 4 (2020) 135–153.

[27] N. Shafavi Moghaddam, Z.S. Zomorodian, M. Tahsildoost, Efficiency of daylight metrics in estimating adequate lighting in spaces based on user evaluation; Case study: Educational spaces of architecture schools in Tehran, *Soffeh*. 29 (2020) 37–56.

[28] A. Montaser, *Optimal window dimensions in order to provide sufficient lighting and heating in residential buildings in temperate and humid climates*, University of Art, Iran, 2014. (in persian)