Journal of Iranian Architecture & Urbanism
(JIAU)
Homepage: https://www.isau.ir/

ORIGINAL RESEARCH PAPER

The acceptable illumination level for office occupants in Tehran

Maryam Fakhari [1], Rima Fayaz [2,*], Maryam Mehravar [3]

[1]Ph.D in Energy & Architecture, Faculty of Architecture and Urban Planning, University of Art, Tehran, Iran.
[2]Associate Professor, Faculty of Architecture and Urban Planning, University of Art, Tehran, Iran.
[3]M.Sc of Energy &Architecture, Faculty of Architecture and Urban Planning, University of Art, Tehran, Iran.

ARTICLE INFO

Article History:

Received	2019/04/19
Reviesed	2019/10/22
Accepted	2020/01/08
Available Online	2021/05/31

Keywords:

Lighting Preferences
Visual Comfort
Lighting Design
Lighting Intensity
Natural Lighting

Use your device to scan and read the article online

Number of References
39

Number of Figures
7

Number of Tables
4

Extended ABSTRACT

BACKGROUND AND OBJECTIVES: The accurate prediction of the visual comfort zone in an indoor environment is difficult as it depends on so many parameters such as individual and environmental variables. It is important in large compact urban areas in which the density and shadow from neighboring buildings can limit the accessible daylighting in indoor spaces. Lighting is one of the most important environmental parameters in office spaces. The employees spend most of their hours in office spaces during the day, and most of their activities are based on receiving visual information from the surroundings. Besides, being satisfied with lighting conditions is one of the main elements that significantly affects the environment's overall comfort level. Currently, in Iran, the visual comfort zone and the preferred illumination level are not defined for office spaces, and experts refer to the findings achieved in other countries. To assess the lighting in architectural spaces and define the conditions for conformity in many standards, the authors have used some metrics as the physical measures. Generally, there are static and dynamic metrics to evaluate various aspects of daylight. Static metrics, such as illuminance-based daylighting metrics and Daylight Factor (DF), are typically evaluated based on illuminance and have been used in building regulations for a long time. In most standards and codes, the minimum recommended illumination level for working planes in a regular office is 500 lx. Due to climatic and cultural differences, the findings of other countries may not be appropriate for Iran. On the other hand, many studies have been conducted to find an acceptable lighting level in offices; however, the results show the acceptable range for illuminance in different countries is not the same. So, this paper tries to investigate the satisfaction range with the illumination level in office spaces which architects and researchers could use. Therefore, a field measurement was conducted to evaluate the illumination levels, and to examine the effect of lighting conditions on employee level of satisfaction and perception of lighting level with actual illuminance levels in office spaces in Tehran, using both questionnaire and physical illuminance measurements.

METHODS: The focus is on six office buildings in the metropolis of Tehran, Iran. The buildings were selected to consider different spaces in old and new buildings, one-story and high-rise buildings, open plan, and cubicle offices with varying orientations. The selected rooms were one, two- or multi-user offices, located on different floors, with various window orientations and an optional atrium/outside window. Fluorescent interior artificial lighting was used in all spaces with a color temperature between 4000K and 5000K. The survey involved 509 questionnaires (280 were filled out in summer and 229 in winter).

FINDINGS: Most of the participants have spent at least three months in their offices and have been adapted to the environment. All participants were Iranians (to avoid the impact of occupants' culture on lighting perception). Most of them reported that they spend more than 8 hours or between 6 to 8 hours in their offices during the day. Field measurement includes illuminance, temperature, and relative humidity. The questionnaires were filled out in 146 and 109 rooms in summer and winter, respectively. At the same time, while users completed the questionnaire, the physical parameters were measured. The Spearman rank correlation coefficient was applied for quantitative

© 2021, JIAU. All rights reserved.

https://dx.doi.org/10.30475/isau.2020.195247.1263

OPEN ACCESS

* Corresponding Author:
Email: *fayaz@art.ac.ir*
Phone: +98(912)3931939

Extended ABSTRACT

variables. By using a monotonic function, the Spearman rank correlation coefficient is a non-parametric measure that assesses statistical dependence between two variables to describe their relationship.

CONCLUSION: The results revealed that occupants were more satisfied with higher levels of illuminance. The measured illuminance is categorized into certain levels to investigate the acceptable range for the lighting level. For this purpose, the measured lighting level was classified into 14 ranges. The values of less than 300 lx are in the first category, higher than 900 lx are in the last category, and the values between these mentioned ranges are classified into 50 lx intervals. The highest satisfaction from the environmental lighting level is provided in the illuminance range between 600 to 649 lx. The illumination level above this range results in more satisfaction compared to illumination levels less than 550 lx. Thus, there is an optimal range of satisfaction with lighting level, and the preferred lighting comfort range for the investigated office spaces is between 600 to 649 lx. While the illumination level higher than 550 lx is acceptable for most of the occupants.

.....

HIGHLIGHTS:

- Define lighting limits to provide visual comfort in office buildings in Tehran.
- Evaluation of the current lighting situation in Tehran office spaces
- The use of questionnaire to determine effective parameters on lighting comfort.

ACKNOWLEDGMENTS:

The authors would like to thank the University of Arts, Student Affairs Organization, Ministry of Science, Research and Technology, Tehran Municipality Beautification, Power Research Institute, and Kayson Company staff who kindly agreed to participate in this research.

CONFLICT OF INTEREST:

The authors declared no conflicts of interest.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

COPYRIGHTS

©2021 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers. (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

HOW TO CITE THIS ARTICLE

Fakhari, M.; Fayaz, R.; Mehravar, M., (2021). The acceptable illumination level for office occupants in Tehran. *Journal of Iranian Architecture & Urbanism*., 12(1): 79-92.

https://dx.doi.org/10.30475/isau.2020.195247.1263

https://www.isau.ir/article_109965.html

نشریه علمی معماری و شهرسازی ایران
(JIAU)
https://www.isau.ir/

مقاله علمی- پژوهشی

تبیین محدوده مطلوب شدت روشنایی در فضاهای اداری شهر تهران

مریم فخاری [۱]، ریما فیاض [۲و*]، مریم مهرآور [۳]

۱. دکتری معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر، تهران، ایران.
۲. دانشیار، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر، تهران، ایران.
۳. دانشجوی کارشناسی ارشد معماری و انرژی، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر، تهران، ایران.

مشخصات مقاله

تاریخ ارسال ۱۳۹۸/۰۱/۳۰
تاریخ بازنگری ۱۳۹۸/۰۷/۳۰
تاریخ پذیرش ۱۳۹۸/۱۰/۱۸
تاریخ انتشار آنلاین ۱۴۰۰/۰۳/۱۰

واژگان کلیدی

ترجیحات روشنایی
آسایش بصری
طراحی روشنایی
شدت روشنایی
روشنایی طبیعی

چکیده

آسایش بصری به‌ویژه در فضاهایی که فعالیت بصری در آن زیاد است، همواره برای معماران و طراحان روشنایی چالش‌برانگیز بوده است. این امر به‌خصوص در کلان‌شهرها و شهرهای با تراکم بالا، به دلیل سایه‌اندازی ساختمان‌های مجاور و محدودیت دسترسی به روشنایی روز، اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. برای دسترسی به طراحی مطلوب روشنایی آگاهی از سطح روشنایی مطلوب ضروری است. در حال حاضر در ایران، این محدوده برای فضاهای اداری تعریف نشده است و متخصصین برای جبران این نقیصه به یافته‌های دیگر کشورها رجوع می‌کنند. به دلیل تفاوت‌های اقلیمی و تفاوت فرهنگ استفاده از روشنایی، ممکن است یافته‌های دیگر کشورها برای ایران مناسب نباشد. از این رو پژوهش پیش‌رو به دنبال تعریف محدوده رضایت‌مندی از شدت روشنایی در ساختمان‌های اداری شهر تهران است. روش استفاده شده پیمایش و مطالعات میدانی است. به همین منظور تعداد ۵۰۹ پرسشنامه در دو فصل تابستان و زمستان، در ۱۴۶ اتاق در تابستان و ۱۰۹ اتاق در زمستان توسط کاربران در شش ساختمان اداری با ویژگی‌های مختلف از جمله یک طبقه تا سیزده طبقه، پلان باز و با اتاق‌های خصوصی، نوساز و قدیمی، به منظور ارزیابی شرایط روشنایی محیط تکمیل شدند. هم‌زمان با تکمیل پرسشنامه توسط کاربران، پارامتر فیزیکی شدت روشنایی در سطح میز کار کاربران، اندازه‌گیری شدند. از روش‌های آماری مرتبط در نرم افزار SSPS برای تحلیل داده‌ها و یافتن ارتباط بین متغیرهای تحقیق، استفاده شد. نتایج نشان می‌دهد که شدت روشنایی مطلوب در این فضاها ۶۰۰ تا ۶۵۰ لوکس است و شدت روشنایی بین ۵۵۰ تا ۶۰۰ لوکس نیز شرایط آسایش را فراهم می‌کند. شدت روشنایی کمتر از ۵۵۰ لوکس برای کاربران مطلوب نیست.

نکات شاخص

- تعریف روشنایی مطلوب برای تأمین آسایش بصری در ساختمان‌های اداری در تهران
- ارزیابی وضعیت روشنایی فعلی در فضاهای اداری تهران
- استفاده از پرسشنامه برای تعیین پارامترهای موثر بر آسایش روشنایی

نحوه ارجاع به مقاله

فخاری، مریم.، فیاض، ریما و مهرآور، مریم. (۱۴۰۰). تبیین محدوده مطلوب شدت روشنایی در فضاهای اداری شهر تهران، *نشریه علمی معماری و شهرسازی ایران*، ۱۲(۱)، ۹۲-۷۹.

* نویسنده مسئول
تلفن: ۰۰۹۸۹۱۲۳۹۳۱۹۳۹
پست الکترونیک: fayaz@art.ac.ir

مقدمه

ویژگی‌های خاص روشنایی روز مانند تضاد و پویایی، در ادراک فضای معماری ضروری و بسیار اثرگذار است. روشنایی روز عمق را به هندسه فضا افزوده و فضای داخلی ایستا را با تغییر ترکیبات نور و سایه تعریف می‌کند. با ایجاد تضاد روشنایی بین سطوح مختلف و برجسته شدن بافت و رنگ سطوح توسط روشنایی روز، فضا، قابل‌درک می‌شود و با تغییر در ویژگی‌های فضا که به دلیل پویایی آن اتفاق می‌افتد، ادراک فضای معماری نیز به‌وضوح تغییر می‌کند (Rockcastle and Andersen, 2013). در کنار ادراک فضا، روشنایی روز بر کاربران اثرات روانی و فیزیولوژیک گذاشته و در سلامت آنان مؤثر است. به همین منظور تأمین روشنایی مطلوب در فضاها برای معماران، محققان و طراحان روشنایی امر چالش‌برانگیزی بوده است.

آسایش بصری در طراحی معماری برای دستیابی به شرایط مطلوب به‌ویژه در فضاهایی همچون فضای اداری که کاربران بخش مهمی از وقت خود را در طول روز (در حدود ۸ ساعت در روز در ایران) در این فضاها صرف می‌کنند و غالب فعالیت‌ها در آن‌ها وابسته به دریافت اطلاعات بصری از محیط اطراف است، یک امر مهم است. در این راستا استفاده صحیح و اصولی از روشنایی روز هم در جهت ایجاد شرایط آسایش و هم به‌منظور صرفه‌جویی در مصرف انرژی در ساختمان‌ها، اهمیت دارد (Galasiu and Veitch, 2006). ازاین‌رو معماران نیاز به سنجه مناسب دارند تا تأثیرات پویایی و ادراکی روشنایی روز را ارزیابی کنند و فضای معماری را بر اساس معیارهای آسایش بسنجند.

سطح روشنایی موردنیاز در یک فضا به فاکتورهای مختلفی همچون نوع کار، طول مدت انجام کار، سن کارمندان و ... بستگی دارد (Michael and Heracleous, 2017). علی‌رغم مطالعات گسترده درزمینهٔ روشنایی روز، هنوز معیار جامعی که موردپذیرش عموم باشد و قابلیت سنجش روشنایی روز مناسب را داشته باشد، وجود ندارد. بااین‌حال، استانداردها و ضوابط کنونی برای روشنایی فضاهای اداری پارامترهایی را در طراحی روشنایی انتخاب کرده‌اند و معیارها و شاخص‌هایی را برای ارزیابی آن‌ها در نظر گرفته‌اند. در اغلب آن‌ها، شدت روشنایی افقی در سطح میز کار و یا فاکتور نور روز، پارامترهای اصلی طراحی روشنایی در فضاهای اداری هستند (Aries, 2005).

حداقل شدت روشنایی و فاکتور نور روز[1] در فضاهای اداری در استانداردهای مختلف تفاوت اندکی دارد. استاندارد DIN V 18599-10: 2011-12 شدت روشنایی ۵۰۰ لوکس را برای فضاهای اداری در نظر گرفته است (Moosmann, 2015). استانداردهایی همچون Canadian Labor Code، IESNA و NS-EN 12464–1:2011 حداقل روشنایی معادل ۵۰۰ لوکس را برای فضاهای اداری پیشنهاد داده‌اند (Reinhart and Fitz, 2006; Grynning et al., 2014). در BS8206-2 میانگین فاکتور روشنایی روز باید حداقل ۲% باشد (Mardaljevic and Christoffersen, 2013). سازمان‌های رتبه‌بندی ساختمان سبز مانند LEED و شورای ساختمان سبز ایالات‌متحده در سال ۲۰۰۷ مشخصات ویژگی‌های روشنایی روز را با معیار فاکتور روز نور ساختمان (LEED-NC 2.1) یا فاکتور شیشه (LEED-NC 2.2) و دید به بیرون می‌سنجند (Galasiu and Reinhart, 2008) و حداقل فاکتور روشنایی روز معادل ۲% را برای فضاهای اداری تعیین کرده‌اند (Reinhart and Fitz, 2006). بااین‌حال در اغلب این استانداردها حداقل سطح روشنایی در فضاها بیش از آن‌که آسایش بصری کاربر را در نظر بگیرند، بر اساس مسائل اقتصادی تعریف‌شده‌اند (Mardaljevic and Christoffersen, 2016). در استانداردها تنها حداقل‌ها مطرح می‌شود و رعایت این موارد لزوماً شرایط مطلوب را برای کاربران تأمین نمی‌کند. همان‌طور که اکثر مطالعات درزمینه‌ی آسایش بصری و ترجیحات کاربر در روشنایی بیانگر این است که افراد میزان روشنایی بیشتری را نسبت به آنچه توسط استانداردها و مقررات توصیه‌شده است، ترجیح می‌دهند (Boubekri, 2008).

طی مطالعات پیشین درزمینه‌ی حد بهینه روشنایی مشخص‌شده است که ترجیحات روشنایی افراد در شهرها و کشورهای مختلف بسیار متفاوت است. به‌طور مثال در میشیگان روشنایی کار یک فضای اداری نباید کمتر از ۶۵۰ لوکس باشد (Kim and Kim, 2007). کارمندان اداری هلند به‌طور متوسط ۸۰۰ لوکس را در سطح میز کار خود ترجیح می‌دهند (Boubekri, 2008). در فرانسه ترجیحات سطح روشنایی بین ۳۰۰ تا ۶۰۰ لوکس متغیر است (Escuyer and Fontoynont, 2001). در اوکلند کارمندان اداری تمایل دارند که مرز حداقل سطح روشنایی را از ۵۰۰ لوکس به‌عنوان‌مثال به ۵۶۰ لوکس برسانند (Vine et al., 1998). در هنگ‌کنگ، سطح متوسط روشنایی افقی ۵۱۸ لوکس منجر به مقبولیت ۸۶ درصد کاربران می‌شود درحالی‌که اگر سطح روشنایی بیش از ۷۵۰ لوکس شود آسایش روشنایی ۹۶ درصد افراد را در پی دارد (Mui and Wong, 2011).

علی‌رغم نیاز به یک سنجه مناسب، که معماران و طراحان بتوانند بر اساس آن و برای نزدیک شدن به شرایط آسایش کاربران، فضای داخل را طراحی کنند، تاکنون اقدام منسجمی در این راستا در ایران انجام‌نشده است. طراحان برای جبران این نقیصه از یافته‌های دیگر کشورها بهره جسته‌اند که ممکن است ازلحاظ اقلیمی، خواست‌ها و نیازهای ایرانیان از روشنایی و غیره برای این کشور مناسب نباشد.

علاوه بر آن با توجه به تحقیقات پیشین شدت روشنایی مطلوب برای افراد در شهرها و کشورهای مختلف متفاوت است. ازاین‌رو، این پژوهش به دنبال تعیین محدوده روشنایی روز در فضاهای اداری است تا با در نظر گرفتن این محدوده در طراحی و تحقیقات این حوزه، فضاهای اداری در شهر تهران، به شرایط ایجاد آسایش روشنایی نزدیک‌تر شوند.

روش انجام پژوهش

شناسایی عوامل مؤثر بر ارزیابی افراد از روشنایی طبیعی در فضای اداری هم از طریق مطالعه میدانی و هم از طریق اتاقک آزمون امکان‌پذیر است. در محیط آزمایشی می‌توان شرایط محیطی را کنترل کرد و مقادیر اندازه‌گیری شده در این روش از دقت اندازه‌گیری زیادی برخوردارند. اما محیط کار آزمایشی محیط کار "واقعی" افراد نیست و افراد معمولاً فقط چند دقیقه و یا چند ساعت در اتاقک آزمون هستند. ازاین‌رو مطالعات میدانی که در محیط کار واقعی افراد انجام می‌شود و تأثیرات عوامل متعدد محیطی را نیز در طول مطالعه می‌سنجد در مقایسه با مطالعات در اتاقک آزمون، از اعتبار بیشتری برخوردار است. از سوی دیگر اینکه چه عواملی در فضای اداری بر ادراک روزمره افراد از محیط اثر می‌گذارند، همچنین عوامل روان‌شناختی مانند تعامل با افراد دیگر در محیط آزمایشی قابل ارزیابی نیست. در مطالعات اتاق آزمایشی، تنها چند داوطلب می‌توانند به‌صورت هم‌زمان مصاحبه شوند، که حجم نمونه را محدود می‌کند.

در مطالعات میدانی، امکان جمع‌آوری داده‌ها به‌طور هم‌زمان در چند اتاق و تکمیل پرسشنامه توسط چند نفر وجود دارد (Moosmann, 2015). با توجه به این موارد، این پژوهش یک مطالعه پیمایشی و در محل کار افراد و درواقع ارزیابی پس از بهره‌برداری[۲] (POE) است.

ارزیابی پس از بهره‌برداری پس از تعاملات طولانی‌مدت کاربر و ساختمان انجام می‌شود و یک روش منسجم برای درک بهتر از تجربه کاربران از شرایط فیزیکی محیط کار برای دستیابی به این فهم است که چقدر محیط کار در راستای پاسخگویی به نیاز کاربران موفق بوده است (Schakib-Ekbatan et al., 2012). بدین ترتیب ابتدا داده‌های مربوط به متغیرهای فیزیکی، فردی و محیطی از طریق پرسشنامه و اندازه گیری میدانی جمع‌آوری شدند. سپس گام بعد تحلیل داده‌ها و مشخص کردن محدوده مطلوب شدت روشنایی و ارزیابی شرایط فعلی روشنایی در فضاهای اداری شهر تهران است.

پیمایش در این مطالعه میدانی به‌صورت مقطعی است که واکنش ادراکی افراد را با مقادیر فیزیکی همسو می‌کند و آن را به یک طرح مطالعه طولی، تکرارپذیری متصل می‌کند. بدین ترتیب که به‌منظور بررسی تأثیر فصل، جمع‌آوری داده‌ها در دو فصل زمستان و تابستان و به فاصله شش ماه انجام شد. تلاش بر این بود که پرسشنامه در این دو بار توسط همان افراد و با همان شرایط کاری پر شود. گام‌های انجام این پژوهش شامل سه بخش است؛ اول، انتخاب نمونه‌های موردی و شرکت‌کنندگان؛ دوم، جمع‌آوری داده‌ها شامل تدوین پرسشنامه، ارزیابی کاربران از متغیرهای فیزیکی، اندازه‌گیری پارامترهای فیزیکی و محیطی هم‌زمان با تکمیل پرسشنامه. سوم، تحلیل داده‌ها و جمع‌بندی نتایج.

انتخاب ساختمان‌ها و افراد شرکت‌کننده

به‌منظور بررسی تأثیر پارامترهای مانند ابعاد، سطح پنجره و سیستم حفاظت از تابش خورشید بر ادراک افراد از روشنایی محیط، لازم است که انواع فضاهای داخلی با ویژگی‌های متفاوت انتخاب شود. تلاش بر این بود که در انتخاب این ساختمان‌ها طیف مختلفی از ساختمان‌های قدیمی و جدید، یک طبقه و بلندمرتبه، ساختمان‌های متداول و پلان باز مورد بررسی قرار گیرد. انتخاب فضاها در این نمونه‌های موردی بر اساس تنوع در طبقات قرارگیری، جهت‌گیری‌های مختلف پنجره‌ها حضور یک نفر تا چند نفر در فضاها، بوده است.

برای انجام این پژوهش شش ساختمان اداری مختلف در شهر تهران انتخاب شدند(شکل۱) به‌طوری‌که هر یک نماینده نوع خاصی از ساختمان‌های اداری شهر تهران باشند. ویژگی‌های کلی هر ساختمان عبارت‌اند از:

ساختمان یک: ساختمان سی اتاقه پژوهشگاه نیرو، واقع در شمال غرب تهران؛ یک ساختمان یک طبقه در یک محیط نسبتاً باز در سایت پژوهشگاه نیرو. در این بنا ۶۶ پرسشنامه در ۴۸ اتاق مختلف توسط شرکت‌کنندگان تکمیل‌شده است. جهت‌گیری پنجره‌های این ساختمان به سمت هر چهار طرف جغرافیایی است، در این ساختمان بعضی از اتاق‌ها دو پنجره به سمت شمال و شرق و بعضی دو پنجره به سمت جنوب و شرق داشتند و یک اتاق فاقد پنجره بود. نسبت مساحت پنجره خارجی به سطح اتاق در این ساختمان به‌طور متوسط ۱۷ درصد و نسبت مساحت پنجره به دیوار خارجی در فضای داخل، ۲۳ درصد است.

ساختمان دو: ساختمان اداری دانشگاه هنر واقع در بخش مرکزی تهران؛ یک ساختمان دوطبقه قدیمی در سایت دانشگاه هنر پردیس باغ ملی است. در این ساختمان، ۶۸ پرسشنامه در ۴۵ اتاق توسط شرکت‌کنندگان تکمیل‌شده است. جهت‌گیری پنجره‌های این ساختمان به سمت هر چهار طرف جغرافیایی است. اما بیشتر پنجره‌ها رو به جبهه جنوبی و شمالی قرار دارند و تنها تعداد محدودی از آن‌ها جهت‌گیری به سمت شرق یا غرب دارند. نسبت مساحت پنجره خارجی به سطح اتاق در این ساختمان به‌طور متوسط ۲۲ درصد و نسبت

مساحت پنجره به دیوار خارجی در فضای داخل، ۳۰ درصد است.

ساختمان سه: سازمان زیباسازی شهرداری تهران؛ یک ساختمان پنج طبقه نوساز در مرکز شهر تهران است. در این ساختمان ۳۴ پرسشنامه توسط شرکت‌کنندگان در ۱۹ اتاق مختلف تکمیل شد.جهت‌گیری پنجره‌های این ساختمان به سمت هر چهار طرف جغرافیایی است. این ساختمان چرخش بسیار ناچیزی به سمت غرب دارد. نسبت مساحت پنجره خارجی در فضای داخل، به سطح اتاق در این ساختمان به‌طور متوسط ۲۱ درصد و نسبت مساحت پنجره به دیوار خارجی ۲۷ درصد است.

ساختمان چهار: ساختمان سازمان امور دانشجویی در بخش مرکزی تهران؛ یک ساختمان هفت طبقه نوساز در مرکز شهر تهران است. در این ساختمان، تعداد ۶۱ شرکت‌کننده در ۴۶ اتاق پرسشنامه را تکمیل کردند. جهت‌گیری پنجره‌های این ساختمان به سمت هر چهار طرف جغرافیایی است. این ساختمان چرخش بسیار ناچیزی به سمت شرق دارد. نسبت مساحت پنجره خارجی به سطح اتاق در این ساختمان به‌طور متوسط ۱۶ درصد و نسبت مساحت پنجره به دیوار خارجی در فضای داخل، ۲۹ درصد است.

ساختمان پنج: ساختمان شرکت کیسون واقع در شمال تهران؛ یک ساختمان هشت طبقه نوساز با پلان باز در مرکز شهر تهران است. در این ساختمان، ۱۱ پرسشنامه توسط شرکت‌کنندگان در ۲۶ فضا تکمیل شد. جهت‌گیری پنجره‌های این ساختمان به سمت جنوب شرق و شمال غرب است. پنجره برخی فضاها به سمت آتریوم مرکزی است. این ساختمان به سمت شرق با زاویه نزدیک به ۴۵ درجه چرخیده است. نسبت مساحت پنجره خارجی به سطح اتاق در این ساختمان به‌طور متوسط ۲۶ درصد و نسبت مساحت پنجره به دیوار خارجی در فضای داخل، ۵۶ درصد است، در این ساختمان تعدادی اتاق فاقد پنجره بررسی شدند.

ساختمان شش: وزارت علوم، تحقیقات و فناوری در شمال غربی تهران؛ یک ساختمان ۱۳ طبقه است. در این ساختمان، ۱۶۹ پرسشنامه توسط شرکت‌کنندگان در ۷۱ اتاق تکمیل شد. جهت‌گیری پنجره‌های این ساختمان به سمت شمال غرب، شمال شرق، جنوب غرب و جنوب شرق است. پنجره برخی فضاها به سمت آتریوم مرکزی است. این ساختمان به سمت غرب با زاویه نزدیک به ۴۵ درجه چرخیده است. نسبت مساحت پنجره خارجی به سطح اتاق در این ساختمان به‌طور متوسط ۱۷ درصد و نسبت مساحت پنجره به دیوار خارجی در فضای داخل، ۳۵ درصد است.

در شکل ۲ برخی از فضاهای داخلی ساختمان های منتخب نشان داده شده‌اند.

در این پیمایش ۵۰۹ پرسشنامه (۲۸۰ عدد در تابستان و ۲۲۹ عدد در زمستان) توسط شرکت‌کنندگان تکمیل شد. ۵۵.۹ درصد شرکت‌کنندگان زن و ۴۴.۱ درصد آن‌ها مرد بودند. شرکت‌کنندگان بین ۲۲ تا ۶۸ سال بودند و میانگین سنی آن‌ها ۳۸ سال بود. اکثر شرکت‌کنندگان (۳۸.۵%) بین ۳۰ تا ۳۹ ساله هستند. جدول ۱، طیف سن و جنس اشخاص را به درصد نشان می‌دهد. شرکت‌کنندگان به‌طور میانگین ۳.۴ سال (حداقل ۱ ماه و حداکثر ۲۰ سال) در اتاق‌ها حضور داشتند بدین ترتیب به اندازه کافی با شرایط محیط کار خود، سازگار شده‌اند.

Fig. 1. Studied buildings

Fig. 2. Indoor spaces

۳۵.۲ درصد کارمندان گزارش دادند که در طول روز بیش از ۸ ساعت در اتاق مشغول کار هستند. ۵۱.۷ درصد بین ۶ تا ۸ ساعت، ۱۱.۵ درصد بین ۴ تا ۶ ساعت و ۱.۶ درصد کمتر از ۴ ساعت در روز در اتاق کار خود حضور دارند. ۱۸۸ از پرسشنامه‌ها قبل از ۱۱:۳۰ تکمیل شدند، ۱۷۳پرسشنامه بین ۱۱:۳۰ تا ۱۳:۱۰ و تعداد ۱۴۸ پرسشنامه بعد از ساعت ۱۳:۳۰ تکمیل شدند. ۴۷.۷ درصد فعالیت کارمندان مبتنی بر نوشتن و خواندن از روی کاغذ بود، ۶.۷ درصد فقط با کامپیوتر و نوع کار ۴۵.۶ درصد دیگر ترکیب کار با کامپیوتر و نوشتن بر روی کاغذ بود. ۲۴.۶ درصد گزارش دادند که دچار سردردهای شدید هستند و ۳۶.۶ درصد از عینک برای خواندن استفاده می‌کنند. ۱۸ درصد در اتاق خصوصی کار می‌کنند، ۲۵.۸ درصد در یک اتاق دو نفره، ۳۴.۸ درصد در فضا با سه یا چهار نفر و ۲۱.۴ درصد در فضاهای با پلان باز مشغول کار بودند.

Table. 1. Age and gender of the participants (%)

	Female	Male	Total
<30	64.63	35.36	16.11
30-39	53.57	46.42	38.50
40-49	49.25	50.74	26.32
50≥	62.88	37.11	19.05

گردآوری داده‌ها

داده‌های گردآوری‌شده شامل دو بخش داده‌های میدانی برداشت شده در محل، و پرسشنامه است. هم‌زمان با تکمیل پرسشنامه توسط کارمندان، لازم است داده‌های محیطی توسط محققین جمع‌آوری شوند و متغیرهای فیزیکی توسط دستگاه‌های مربوطه اندازه‌گیری شوند. به‌منظور دستیابی به تأثیرات فصلی، در این پژوهش در دو فصل تابستان از هفتم تیرماه تا اول مرداد و در زمستان از ۱۲ بهمن تا ۶ اسفند اندازه‌گیری انجام شد. ازآنجاکه این پژوهش، تنها به دنبال تبیین محدوده آسایش روشنایی است، دیگر پارامترهای فیزیکی جمع‌آوری‌شده ازجمله دمای هوا و رطوبت نسبی، در این مقاله بررسی نخواهند شد. در ادامه به جزئیات شرح پژوهش می‌پردازیم.

- **برداشت‌های میدانی**

متغیرهای فیزیکی شدت روشنایی افقی در سطح میز کار افراد، دمای هوا ور طوبت نسبی به‌صورت هم‌زمان اندازه‌گیری شده‌اند. شدت روشنایی یک‌بار با روشنایی مصنوعی و یک‌بار بدون روشنایی مصنوعی اندازه‌گیری شد، دمای هوای اتاق و دمای تابشی در اطراف افراد، رطوبت نسبی هوا در اطراف افراد اندازه‌گیری شد.داده‌های فیزیکی اندازه‌گیری شده در محیط: اندازه‌گیری در محل و تکمیل پرسشنامه در فصل تابستان و از هفتم تیرماه تا اول مردادماه انجام شد. روشنایی افقی در سطح میز کارمندان و در یک یا دونقطه دیگر در ارتفاع میز در اتاق توسط دستگاه نورسنج مدل LX-1128SD اندازه‌گیری شد. همچنین دمای هوا و دمای تابشی توسط Heat index WBGT meter مدل WBGT-2010SD و رطوبت نسبی محیط توسط HT-3007SD انجام شد. مشخصات این دستگاه‌ها در جدول شماره ۲ و شکل ۳ نمایش داده شده است.

در هر اتاق دستگاه‌های لوکس متر در سطح میز افراد و در چند نقطه دیگر (دو یا سه دستگاه در هر اتاق) برای اندازه‌گیری توزیع روشنایی در اتاق (به فاصله ۱.۵ تا ۲ متر از پنجره و یا همین فاصله از دیوار روبرو)، نصب شدند.

در طول تکمیل پرسشنامه از طرف کارمندان، اندازه گیری ها، در طول حدود ۱۵ دقیقه و به فاصله ۱۰ ثانیه انجام شد. داده‌ها، از ساعت ۹ صبح تا ۱۶ بعدازظهر جمع‌آوری شدند. از میان پرسشنامه‌های تکمیل‌شده ۱۸۸ عدد قبل از ساعت ۱۱:۳۰ تعداد ۱۷۳ عدد بین ۱۱:۳۰ تا ۱۳:۱۰ و ۱۴۸ عدد آن بعد از ساعت ۱۳:۳۰ تکمیل شدند. بدین ترتیب داده‌های مربوط به‌شدت روشنایی در سطح میز و چگونگی توزیع روشنایی در اتاق، جمع‌آوری شدند.

- **پرسشنامه**

در این پژوهش رابطه بین فرد، ساختمان و شرایط ادراک‌شده محیط (کیفیت روشنایی، دما و ...) از طریق پرسشنامه و معیارهای ایستا مورد ارزیابی قرارگرفته است. در پژوهش حاضر، با استفاده از یک مطالعه طولی و با استفاده از معیارهای ایستا برای سنجش آسایش روشنایی، تعداد نسبتاً زیادی از افراد (۵۰۹ نفر) در یک بازه زمانی مشخص موردبررسی قرار گرفتند. در مطالعات پیمایشی لازم است که برای تدوین پرسشنامه از مطالعات پیشین کمک گرفته شد. بدین ترتیب که طبق جدول ۳، مطالعات پیشین با توجه به هدف تحقیق

Table 2. Measurement devices

Device		Resolution	Accuracy
LX-1128SD		1 LUX	± (4 %+ 2dgt)
WBGT-2010SD	Air temperature	0/1 ℃	± 0/8 ℃
	Black globe temperature (TG)	0/1 ℃	± 0/6 ℃
HT-3007SD		0/1 % R.H.	≧70% RH: ± (3 % reading+ 1% RH) < 70% RH: ± 3 %RH

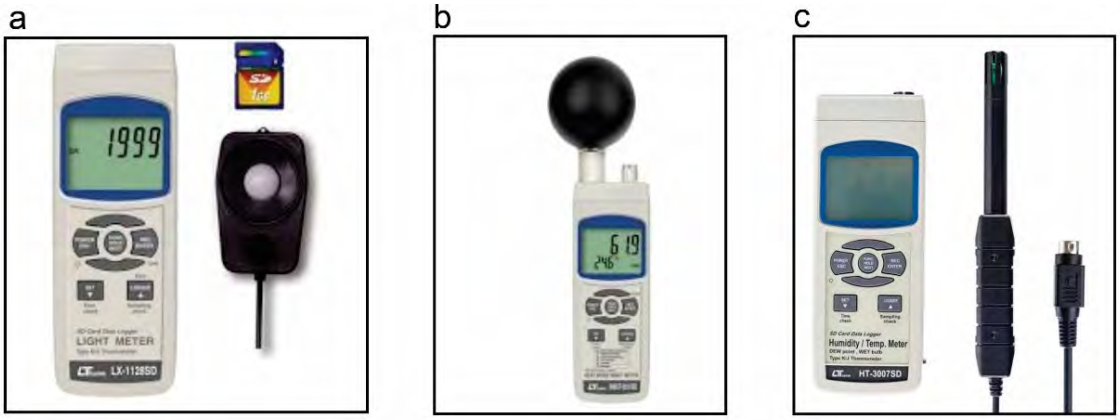

Fig. 3. Measurement tools. Lux meter(a), Thermometer (b), Hygrometer (c)

و پارامترهایی که اندازه‌گیری کرده بودند بررسی شدند. درن هایت با توجه به هدف تحقیق پیش‌رو، پارامترها و پرسش‌های مربوط به آن‌ها تعیین شدند.

بدین ترتیب بخشی از پرسشنامه نهایی که توسط شرکت‌کنندگان تکمیل‌شده است، شامل این قسمت‌ها است: ارزیابی روشنایی، توزیع روشنایی در فضا، ارزیابی تغییرات روشنایی در طول روز، ارزیابی بازتاب روشنایی، خیرگی، سایه‌اندازی و کنترل روشنایی، ارزیابی تابش مستقیم، ارزیابی پنجره و ارزیابی دمای هوا. سؤالات مربوط به روشنایی و مؤلفه‌های وابسته به آن و همچنین دما در پنج سطح مختلف بر اساس طیف لیکرت، توسط کاربران ارزیابی شدند. تنها ارزیابی دمای هوا در هفت سطح انجام شد. هدف از این پژوهش و ضرورت انجام آن همچنین، اصطلاحات فنی مانند خیرگی، توزیع روشنایی و غیره به پاسخ‌دهندگان توضیح داده شد.

تحلیل داده‌ها

داده‌های به‌دست‌آمده از اندازه‌گیری و نظرسنجی شامل اطلاعات متنوع ساختاری و مقیاس‌های متفاوتی هستند. اندازه‌گیری‌های فیزیکی مداوم ثبت‌شده (فواصل اندازه‌گیری ۳۰ ثانیه) متریک و در مقیاس پیوسته هستند، پاسخ‌های پرسشنامه به‌صورت پنج گزینه‌ای بر اساس طیف لیکرت هستند و در مقیاس ترتیبی تفسیر می‌شوند.

داده‌های آماری در نرم‌افزار IBM SPSS 25 تحلیل شدند. به دلیل تنوع در مقیاس داده‌ها، برای تحلیل داده‌ها، روش‌های آنالیز داده‌های آماری مختلفی اتخاذ شده است. ازآنجاکه داده‌های مربوط به رضایت افراد از نوع رتبه‌ای است، ضریب همبستگی اسپیرمن برای بررسی رابطه رضایت ساکنین از روشنایی روز و سایر عوامل اندازه‌گیری شده همچون رابطه بین شدت روشنایی و رضایت از سطح روشنایی، مورد استفاده قرار گرفته است. ضریب همبستگی رتبه اسپیرمن، یک معیار غیر پارامتری برای سنجش وابستگی آماری بین دو متغیر از نوع رتبه‌ای است (Xue et al. 2014). از آمار توصیفی برای تعریف محدوده آسایش و ارزیابی شرایط فعلی روشنایی در فضاهای اداری استفاده شده است.

نگاه کلی به شدت روشنایی اندازه‌گیری شده در فضاهای مختلف

پیش از تحلیل شرایط ایجاد آسایش روشنایی در فضاهای اندازه‌گیری شده، لازم است حدود کلی محدوده پارامترهای فیزیکی اندازه‌گیری شده در محل را بشناسیم. ازآنجاکه این پارامترها تحت تأثیر فصول مختلف هستند، داده‌های جمع‌آوری‌شده بر اساس فصل تقسیم‌بندی شده‌اند. شدت روشنایی اندازه‌گیری شده در سطح میز در شکل ۴- الف نشان داده‌شده است. بیشترین شدت روشنایی ناشی از ترکیب روشنایی طبیعی و مصنوعی در تابستان ۱۲۹۸ لوکس و در زمستان ۱۱۵۰ لوکس اندازه‌گیری شده است. حداقل شدت روشنایی اندازه‌گیری شده در تابستان ۷۷ لوکس و در زمستان ۳۵ لوکس است. میانگین شدت روشنایی در تابستان ۴۷۲/۶۴ لوکس و در زمستان ۴۷۰/۲۱ لوکس است. همان‌طور که در شکل ۴- الف نشان داده‌شده است، میانگین شدت روشنایی کل در محیط که حاصل ترکیب روشنایی طبیعی و مصنوعی است در زمستان در طول ساعات روز افزایش می‌یابد. میانگین روشنایی در صبح روز تابستان بیشتر از زمستان است، اما صبح و بعدازظهر روشنایی در زمستان بالاتر از تابستان است (این مقادیر در اتاق‌هایی با جهت پنجره‌های مختلف

Table 3. Parameters and variables in previous studies

Parameters	The research aims to investigate	Ref
Horizontal and vertical illuminance	Relationship between physical variables and assessment of lighting conditions	(Iwata et al. 1994)
Horizontal illuminance, luminance, DF, ADF	a system to increase the penetration of light and visual comfort	(Courret et al. 1998)
ADF	Occupants' satisfaction with lighting in the workplace	(Roche et al. 2000)
Horizontal and vertical illuminance	Thermal and visual comfort effect of thermal conditions on the perception of light	(Laurentin et al. 2000)
Vertical illuminance, sky luminance	Relationship between measured parameters and glare	(Velds 2002)
Horizontal illuminance, luminance	The effect of light distribution and glare on visual comfort	Wienold and) (Christoffersen 2006
Indoor and outdoor horizontal illuminance	Acceptable illuminance, the impact of illuminance on the perception of the indoor environment	(Nicol et al. 2006)
Illuminance, temperature, relative humidity, IEQ	Relationship between physical variables and visual comfort	(Fransson et al. 2007)
Horizontal illuminance	The effect of changes in ambient light intensity on an acceptable range.	(Kim and Kim 2007)
Horizontal illuminance	The impact of daylight illuminance changes on visual comfort	(Catherine et al. 2007)
Daylight and artificial light illuminance	the effects of daylight in the classroom (the amount of annoyance light from the sun's radiation)	(Axarli and Meresi 2008)
Horizontal illuminance, luminance, view	How occupants percept and evaluate lighting conditions	(Dahlan et al. 2009)
Horizontal illuminance, view	View and IEQ	(Aries et al. 2010)
Horizontal illuminance	Occupants satisfaction with the lighting system	(Linhart and Scartezzini 2010)
Horizontal illuminance, luminance	Satisfaction with vertical illuminance, reflections, and lighting distribution	Van den Wymelenbergab) (et al. 2010
Horizontal illuminance, window luminance	Lighting factor affect visual comfort	(Hwang and Jeong 2011)
Horizontal illuminance	Daylight impact on visual comfort and privacy	(Kilic and Hasirci 2011)
Horizontal and vertical illuminance, temperature, relative humidity	Perception of light and thermal condition	(Maki and Shukuya 2012)
Horizontal illuminance	Visual comfort and lighting control on interior design	(Day et al. 2012)
Horizontal and vertical illuminance, temperature	The efficiency of daylight with seasonal and daily changes	(Konis 2013)
Horizontal illuminance, Luminance	Visual comfort and design criteria	Van Den Wymelenberg,) (Kevin 2014

اندازه‌گیری می‌شود و لزوماً منعکس‌کننده الگوی روشنایی در طول روز نیست). به‌طورکلی شدت روشنایی در تابستان بیشتر از زمستان است.

اما ازآنجاکه این شدت روشنایی مجموع روشنایی طبیعی و مصنوعی است، لازم است تفکیک روشنایی طبیعی و مصنوعی انجام شود تا بتوان به‌صورت دقیق‌تر کیفیت روشنایی فضاها را ارزیابی کرد. به همین منظور شکل ۴- ب روشنایی طبیعی، مصنوعی و ترکیب این دو را در فضاهای اندازه‌گیری شده نشان می‌دهد. همان‌طور که در این شکل مشخص است، شدت روشنایی طبیعی از شدت روشنایی مصنوعی در فضاها، بیشتر است. درواقع به‌طورکلی در ترکیب روشنایی طبیعی و مصنوعی، درصد بیشتری از شدت روشنایی به روشنایی طبیعی اختصاص دارد.

در حالت کلی مجموع روشنایی طبیعی و مصنوعی در فضاها و بدون در نظر گرفتن تغییرات فصلی، در فضاها در طول روز در حال افزایش است و در بعدازظهر بیشترین دامنه تغییرات و بیشترین میانگین شدت روشنایی در فضاها ثبت شده است.

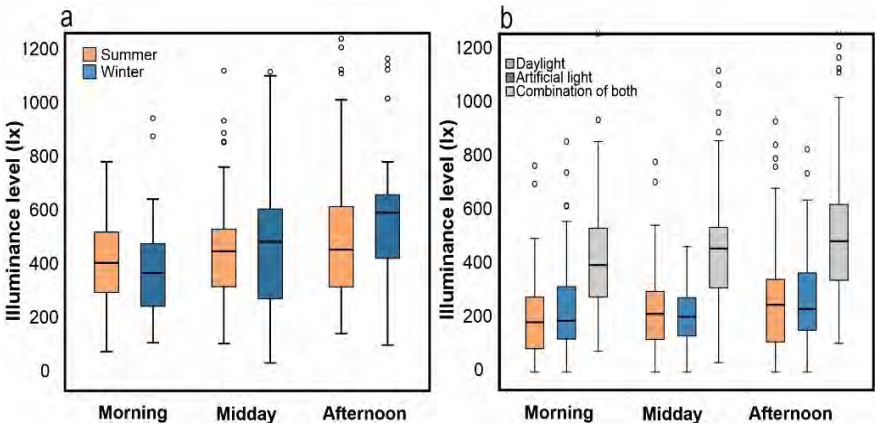

Fig. 4. On-Site measured illuminance

تبیین محدوده مطلوب شدت روشنایی در ایجاد آسایش بصری

در میان سؤالات پرسشنامه، سوا لاتی که در راستای رضایت کاربران از شدت روشنایی در سطح میز و شدت روشنایی اتاق بودند، انتخاب شدند و میانگین ارزیابی کاربران از این سؤالات به‌عنوان مبنای رضایت آن‌ها از شرایط کلی روشنایی محیط در نظر گرفته شد. نسبت بین ارزیابی ساکنین از شرایط روشنایی و شدت روشنایی محیط، حدوده آسایش روشنایی را بیان می‌کند. برای یافتن محدوده قابل‌قبول روشنایی لازم است که ابتدا بررسی شود که آیا بین رضایت افراد از شرایط روشنایی محیط و شدت روشنایی رابطه معناداری وجود دارد. برای این منظور ضریب همبستگی اسپیرمن مورد استفاده قرار گرفته است.

ازآنجاکه یکی از متغیرها فاصله‌ای (شدت روشنایی) و دیگری در مقیاس ترتیبی است (رضایت از روشنایی محیط)، ضریب اسپیرمن برای بررسی رابطه بین این دو مناسب است (Bluyssen et al. 2018; Dianat et al. 2013). همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، رابطه معناداری بین این دو متغیر وجود دارد(sig<0/05) و ازآنجاکه ضریب اسپیرمن بیش از ۰/۳ است (ضریب همبستگی اسپیرمن ۰/۵۲۸ است)، می‌توان گفت مقدار اثرگذاری شدت روشنایی محیط بر احساس آسایش بصری ساکنین بسیار زیاد است.

Table 4. Spearman coefficient between lighting satisfaction and illuminance

lighting satisfaction	Illuminance
Spearman Correlation	0.528**
Sig. (2-tailed)	0.0

با توجه به تأثیری که شدت روشنایی بر ادراک روشنایی افراد در محیط می‌گذارد، می‌توان نسبت دقیق‌تر رابطه بین این دو را با استفاده از آمار توصیفی بیان کرد و مقادیر شدت روشنایی در محیط را که منجر به حداکثر رضایت کاربران از روشنایی می‌شود، تعیین کرد. به همین منظور ابتدا رضایت افراد از روشنایی را بر اساس شدت روشنایی، بررسی می‌کنیم. همان‌طور که در شکل ۵ مشخص است، به‌طورکلی با افزایش شدت روشنایی رضایت افراد از روشنایی محیط بیشتر می‌شود. درعین‌حال، پاسخ‌های متوسط به رضایت از سطح روشنایی، دامنه گسترده‌ای از شدت روشنایی را در برمی‌گیرد. فاصله چارک اول و چارک سوم در پاسخ «متوسط» نسبت به گزینه‌های دیگر بیشتر است و خطوط ویسکر نیز بلندتر است. به‌عبارت‌دیگر پراکندگی داده‌ها در این بخش زیاد است. این در حالی است که پراکندگی داده‌ها در پاسخ «بسیار زیاد»، کم است. بر اساس این شکل افراد از روشنایی بین ۶۰۰ تا ۶۵۰ لوکس بسیار راضی هستند و محدوده بین ۵۰۰ تا ۶۰۰ لوکس برای آنان رضایت‌بخش است.

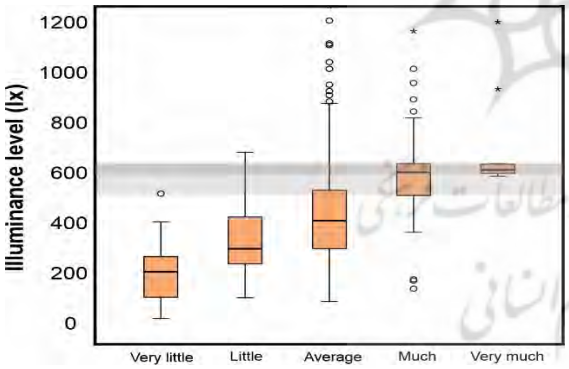

Fig. 5. Occupants' satisfaction with ambient light

برای بررسی دقیق‌تر دامنه قابل‌قبول برای سطح روشنایی، شدت روشنایی اندازه‌گیری شده به سطوح مختلف طبقه‌بندی‌شده است. بدین ترتیب، مقادیر جمع‌آوری‌شده که در یک مقیاس فاصله‌ای بودند، به مقیاس ترتیبی تبدیل می‌شوند. مقادیر کمتر از ۳۰۰ لوکس در رده اول قرار دارند چراکه در تمامی استانداردها شدت روشنایی در فضاهای اداری نباید کمتر از ۳۰۰ لوکس باشد (در اغلب استانداردها این عدد ۵۰۰ لوکس است)، بالاتر از ۹۰۰ لوکس در آخرین رده (در فضاهای اندازه‌گیری شده به‌ندرت شدت روشنایی بالای ۹۰۰ لوکس بود) و مقادیر بین این محدوده‌ها، به فاصله ۵۰ لوکس طبقه بندی شده اند.

شکل ۶- الف نشان می‌دهد که کاربران در شدت روشنایی بالاتر از ۵۵۰ لوکس احساس آسایش بیشتری دارند و شدت روشنایی در محدوده بین ۶۰۰ و ۶۵۰ لوکس، بالاترین میزان رضایت‌مندی را فراهم می‌کند. بنابراین، محدوده بهینه‌ای از رضایت از سطح روشنایی وجود دارد و این محدوده در ایجاد بیشترین میزان آسایش روشنایی برای این فضاهای اداری ۶۰۰ تا ۶۵۰ لوکس است. این در حالی است که می‌توان گفت شدت روشنایی بالاتر از ۵۵۰ لوکس برای اکثر ساکنان قابل‌قبول است. این محدوده ممکن است در فصول مختلف متفاوت باشد. به همین منظور، شکل ۶- ب سطح رضایت کاربران از محدوده‌های مختلف شدت روشنایی را به تفکیک فصل نشان می‌دهد. همان‌طور که مشخص است، بیشترین سطح رضایت از روشنایی در هر دو فصل در محدوده بین ۶۰۰ تا ۶۵۰ لوکس است. این نمودارها پاسخ کاربران به رضایت از سطح روشنایی را در فواصل ۵۰ لوکس نشان می‌دهد. برای بررسی دقیق‌تر لازم است ارزیابی دقیق کاربران در هر محدوده مطالعه شود.

در شکل ۷- الف در هر محدوده درصد انتخاب هریک از سطوح رضایت از سطح یک تا پنج، مشخص‌شده است. همان‌طور که در شکل ۷- الف مشاهده می‌شود، در محدوده زیر ۳۰۰ لوکس درصد انتخاب سطح یک رضایت از روشنایی بالاست (۴۸ درصد) انتخاب سطح دو ۳۱ درصد، سطح سه ۱۴ درصد، سطح چهار، ۵ درصد و سطح پنج کمتر از دو درصد است. با افزایش شدت روشنایی درصد انتخاب گزینه یک و دو کاهش می‌یابد به‌طوری‌که در شدت روشنایی بالای ۵۵۰ لوکس انتخاب سطح رضایت یک از شدت روشنایی محیط به صفر می‌رسد و در شدت روشنایی بالای ۷۰۰ لوکس درصد انتخاب گزینه رضایت کم از روشنایی به صفر می‌رسد. انتخاب گزینه رضایت زیاد و بسیار زیاد از شرایط روشنایی، در محدوده ۶۰۰ تا ۷۰۰ لوکس، بیشترین درصد را دارد. در محدوده بالای ۷۰۰ لوکس رضایت افراد از روشنایی در سطح متوسط تا بسیار زیاد است. بنابراین شدت روشنایی بین ۶۰۰ تا ۶۵۰ لوکس بیشترین رضایت از روشنایی را به همراه دارد. درحالی‌که شدت روشنایی زیر ۵۵۰ لوکس برای کاربران نامطلوب و بالای ۷۰۰ لوکس رضایت متوسط را ایجاد می‌کند.

شکل ۷- ب تعداد پرسشنامه‌های تکمیل‌شده در هر محدوده شدت روشنایی را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشخص است، تعداد شدت روشنایی اندازه‌گیری شده در محدوده زیر ۳۰۰ لوکس بیشترین مقدار را دارد و تعداد پرسشنامه‌های پرشده در محدوده بالای ۶۵۰ لوکس کمترین تعداد است. با توجه به این‌که در این ساختمان‌ها، بیشتر شدت روشنایی اندازه‌گیری شده در فضاها در محدوده زیر ۳۰۰ لوکس است، و در این محدوده رضایت از روشنایی برای کاربران در سطح بسیار پایینی قرار دارد، می‌توان گفت روشنایی در فضاهای اداری مطلوب نیست.

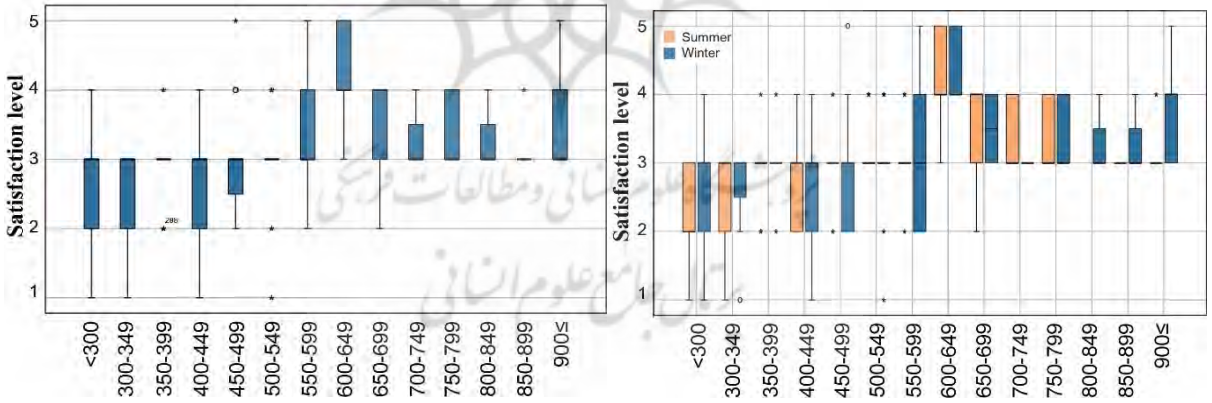

Fig. 6. Satisfaction with illumination

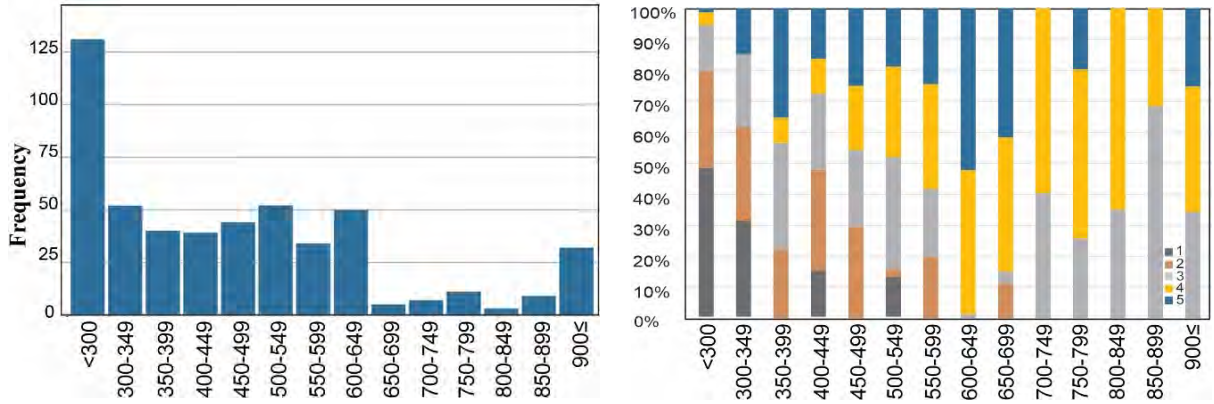

Fig. 7. Percent of selected satisfaction levels, Frequency of completed questionnaires

بحث و نتیجه‌گیری

در این مطالعه هدف، تعیین محدوده‌ای از شدت روشنایی محیط است که آسایش روشنایی را برای کاربران در ساختمان‌های اداری شهر تهران فراهم می‌کند. به همین منظور یک مطالعه میدانی در فضای واقعی کاربران طراحی شد. به‌طورکلی، ۵۰۹ پرسشنامه (۲۸۰ در تابستان و ۲۲۹ در زمستان) توسط شرکت‌کنندگان در دو فصل تابستان از هفتم تیرماه تا اول مرداد و در زمستان از ۱۲ بهمن تا ۶ اسفند تکمیل شد. ۱۰۹ اتاق در زمستان ۱۴۶ اتاق در تابستان، در ۶ ساختمان اداری مختلف در شهر تهران بررسی شدند. بیشترین شدت روشنایی حاصل ترکیب روشنایی طبیعی و مصنوعی در تابستان، ۱۲۹۸ لوکس و در زمستان ۱۱۵۰ لوکس اندازه‌گیری شده است. حداقل شدت روشنایی اندازه‌گیری شده در تابستان ۷۷ لوکس و در زمستان ۳۵ لوکس است. میانگین شدت روشنایی در تابستان ۴۷۲/۶۴ لوکس و در زمستان ۴۷۰/۲۱ لوکس است. در این مطالعه، تجزیه‌وتحلیل پاسخ ساکنان به ارزیابی سطح روشنایی، نشان می‌دهد که شدت روشنایی بین ۶۰۰ تا ۶۵۰ لوکس حداکثر رضایت را به همراه دارد. اما درعین‌حال شدت روشنایی بین ۵۵۰ تا ۶۰۰ لوکس نیز برای کاربران مطلوب است. این محدوده برای ساختمان‌های اداری در شهر تهران قابل‌قبول است.

اما لازم است این محدوده با مطالعات مشابه مقایسه شود تا تفاوت بین این محدوده در تهران و دیگر شهرها مشخص شود حداقل شدت روشنایی در سطح میز کار در میشیگان نباید کمتر از ۶۵۰ لوکس باشد. در هلند، مردم ترجیح می‌دهند که به‌طور متوسط شدت روشنایی در سطح میز ۸۰۰ لوکس باشد. در فرانسه، ترجیح کاربران از سطح روشنایی در میز کار، شدت روشنایی بین ۳۰۰ تا ۶۰۰ لوکس است. در اوکلند کاربران فضای اداری شدت روشنایی بین ۵۱۰ تا ۵۶۰ لوکس را ترجیح می‌دهند. در هنگ‌کنگ، میانگین شدت روشنایی ۵۱۸ لوکس برای ۸۶ درصد کاربران مطلوب است هرچند شدت روشنایی بیش از ۷۵۰ لوکس منجر به رضایت ۹۶ درصد کاربران می‌شود. در ایتالیا، یک مطالعه نشان داد که با شدت روشنایی معادل حداکثر ۴۱۳ لوکس، ۷۴٪ ساکنان رضایت از روشنایی را در محدوده خنثی معرفی کردند. بدین ترتیب همان‌طور که در فرضیه تحقیق بیان شد، سطح رضایت از روشنایی در مناطق مختلف متفاوت است.

پی نوشت

1. Daylight Factor
2. Post-Occupancy Evaluation

تشکر و قدردانی

از همکاری کلیه کارمندان محترم دانشگاه هنر، سازمان امور دانشجویان، وزارت علوم، تحقیقات و فن‌آوری، زیباسازی شهرداری تهران، پژوهشگاه نیرو و شرکت کیسون سپاسگزاریم.

تعارض منافع

نویسندگان اعلام می‌دارند که در انجام این پژوهش هیچ‌گونه تعارض منافعی برای ایشان وجود نداشته است.

تاییدیه‌های اخلاقی

نویسندگان متعهد می‌شوند که کلیهٔ اصول اخلاقی انتشار اثر علمی را براساس اصول اخلاقی COPE رعایت کرده‌اند و در صورت احراز هر یک از موارد تخطی از اصول اخلاقی، حتی پس از انتشار مقاله، حق حذف مقاله و پیگیری مورد را به مجله می‌دهند.

منابع مالی/ حمایت‌ها

موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

مشارکت و مسئولیت نویسندگان

نویسندگان اعلام می‌دارند به‌طور مستقیم در مراحل انجام پژوهش و نگارش مقاله مشارکت فعال داشته و به طور برابر مسئولیت تمام محتویات و مطالب گفته‌شده در مقاله را می‌پذیرند.

References

1. Aries& Veitch& Newsham (2010). Windows, view, and office characteristics predict physical and psychological discomfort. In *Journal of Environmental Psychology* 30 (4), pp. 533–541.
2. Aries, Maria (2005). *Human lighting demands: Healthy lighting in an office environment*. [Eindhoven. Technische Universiteit Eindhoven, Faculteit Bouwkunde] (Bouwstenen, 94).
3. Axarli, Kleo& Meresi, Aikaterini (Eds.) (2008). Objective and Subjective Criteria Regarding the Effect of Sunlight and Daylight in Classrooms. *Conference on Passive and Low Energy Architecture*. Dublin, 22nd to 24th October. PLEA.
4. Bluyssen& Zhang& Kurvers& Overtoom& Ortiz-Sanchez (2018). Self-reported health and comfort of school children in 54 classrooms of 21 Dutch school buildings. In *Building and Environment* 138, pp. 106–123.
5. Boubekri, Mohamed (2008). Daylighting, architecture and health: Building design strategies. 1st ed. Amsterdam, Boston, London. Architectural.
6. Catherine, Dubois& Claude, Demers& andré, Potvin (Eds.) (2007). The Influence Of Daylighting On Occupants. Comfort And Diversity Of Luminous Ambiences In Architecture. Cleaveland, Ohio, 7-12 July. *American Solar Energy*

Society (ASES).
7. Courret& Scartezzini& Francioli& Meyer (1998). Design and assessment of an anidolic light-duct. In *Energy and Buildings* 28 (1), pp. 79–99.
8. Dahlan& Jones& Alexander& Salleh& Alias (2009). Daylight Ratio, Luminance, and Visual Comfort Assessments in Typical Malaysian Hostels. In *Indoor and Built Environment* 18 (4), pp. 319–335.
9. Day& Theodorson& Van Den Wymelenberg, Kevin (2012). Understanding Controls, Behaviors and Satisfaction in the Daylit Perimeter Office. A Daylight Design Case Study. In *Journal of Interior Design* 37 (1), pp. 17–34.
10. Dianat& Sedghi& Bagherzade& Jafarabadi& Stedmon (2013). Objective and subjective assessments of lighting in a hospital setting. implications for health, safety and performance. In *Ergonomics* 56 (10), pp. 1535–1545.
11. Escuyer& Fontoynont (2001). Lighting controls. A field study of office workers' reactions. In *light res technol* 33 (2), pp. 77–94.
12. Fransson& Västfjäll& Skoog (2007). In search of the comfortable indoor environment. A comparison of the utility of objective and subjective indicators of indoor comfort. *In Building and Environment* 42 (5), pp. 1886–1890.
13. Galasiu& Reinhart (2008). Current daylighting design practice. A survey. In *Building Research & Information* 36 (2), pp. 159–174.
14. Galasiu& Veitch (2006). Occupant preferences and satisfaction with the luminous environment and control systems in daylit offices. a literature review. In *Energy and Buildings* 38 (7), pp. 728–742.
15. Grynning& Time& Matusiak (2014). Solar shading control strategies in cold climates – Heating, cooling demand and daylight availability in office spaces. In *Solar Energy* 107, pp. 182–194.
16. Hwang& Jeong (2011). Effects of Indoor Lighting on Occupants' Visual Comfort and Eye Health in a Green Building. In *Indoor and Built Environment* 20 (1), pp. 75–90.
17. Iwata& Hatao& Shukuya& Kimura (1994). Visual comfort in the daylit luminous environment. Structural model for evaluation. In *Lighting Research and Technology* 26 (2), pp. 91–97.
18. J. Mardaljevic and J. Christoffersen (Ed.) (2013). A roadmap for upgrading national/EU standards for daylight in buildings. *CIE Midterm Conference towards a New*. Paris, France, 12-19 April.
19. Kilic& Hasirci (2011). Daylighting Concepts for University Libraries and Their Influences on Users' Satisfaction. In *The Journal of Academic Librarianship* 37 (6), pp. 471–479.
20. Kim& Kim (2007). Influence of light fluctuation on occupant visual perception. In *Building and Environment* 42 (8), pp. 2888–2899.
21. Konis (2013). Evaluating daylighting effectiveness and occupant visual comfort in a side-lit open-plan office building in San Francisco, California. In *Building and Environment* 59, pp. 662–677. DOI. 10.1016/j.buildenv.2012.09.017.
22. Laurentin& Bermtto& Fontoynont (2000). Effect of thermal conditions and light source type on visual comfort appraisal. In Lighting Research and Technology 32 (4), pp. 223–233.
23. Linhart& Scartezzini (2010). Minimizing lighting power density in office rooms equipped with Anidolic Daylighting Systems. In *Solar Energy* 84 (4), pp. 587–595.
24. Maki& Shukuya (2012). Visual and thermal comfort and its relations to exergy consumption in a classroom with daylighting. In *IJEX* 11 (4), p. 481.
25. Mardaljevic& Christoffersen (2016). 'Climate connectivity' in the daylight factor basis of building standards. In *Building and Environment*.
26. Michael& Heracleous (2017). Assessment of natural lighting performance and visual comfort of educational architecture in Southern Europe. The case of typical educational school premises in Cyprus. In *Energy and Buildings* 140, pp. 443–457.
27. Moosmann (2015). *Visual comfort and natural lighting at the office workplace*. PhD Thesis. Karlsruhe Institution of Thechnology (KIT), Karlsruhe, Germany, checked on 2015.
28. Mui& Wong (2011). Acceptable Illumination Levels for Office Occupants. In *Architectural Science Review* 49 (2), pp. 116–119.
29. Nicol& Wilson& Chiancarella (2006). Using field measurements of desktop illuminance in European offices to investigate its dependence on outdoor conditions and its effect on occupant satisfaction, and the use of lights and blinds. In Energy and Buildings 38 (7), pp. 802–813.
30. Reinhart& Fitz (2006). Findings from a survey on the current use of daylight simulations in building design. *In Energy and Buildings* 38 (7), pp. 824–835.
31. Roche& Dewey& Littlefair (2000). Occupant reactions to daylight in offices. In *Lighting Research and Technology* 32 (3), pp. 119–126.
32. Rockcastle, Siobhan& Andersen, Marilyne. (2013). *Annual dynamics of daylight variability and contrast. A simulation-based approach to quantifying visual effects in architecture*. London. Springer (Springer briefs in computer science, 2191-5768).
33. Schakib-Ekbatan, Karin& Wagner, Andreas& Lützkendorf, Thomas (2012). *Assessment of aspects of socio-cultural sustainability in ongoing building operations based on user surveys*. Stuttgart. Fraunhofer-IRB-Verl. (Forschungsinitiative ZukunftBau, F 2813).
34. Van Den Wymelenberg, Kevin& Inanici (2014). A Critical Investigation of Common Lighting Design Metrics for Predicting Human Visual Comfort in Offices with Daylight. In *LEUKOS* 10 (3), pp. 145–164.
35. van den Wymelenbergab& Inanicia& Johnsonc (2010). The Effect of Luminance Distribution

Patterns on Occupant Preference in a Daylit Office Environment. In L*EUKOS* 7 (2), pp. 103–122.
36. Velds (2002). User acceptance studies to evaluate discomfort glare in daylit rooms. In *Solar Energy* 73 (2), pp. 95–103.
37. Vine& Lee& Clear& DiBartolomeo& Selkowitz (1998). Office worker response to an automated Venetian blind and electric lighting system. A pilot study. In *Energy and Buildings* 28 (2), pp. 205–218.
38. Wienold& Christoffersen (2006). Evaluation methods and development of a new glare prediction model for daylight environments with the use of CCD cameras. In *Energy and Buildings* 38 (7), pp. 743–757.
39. Xue& Mak& Cheung (2014). The effects of daylighting and human behavior on luminous comfort in residential buildings. A questionnaire survey. In *Building and Environment* 81, pp. 51–59.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی