مقاله پژوهشی

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و چهارم، شماره هفت، مهرماه ۱۴۰۱ (۶۸-۵۱)

تبیین مؤلفه‌های موثر بر اولویتهای کارکنان در ارتباط با نورپردازی طبیعی محیطهای اداری به روش تحلیل فازی

مرتضی ملکی [*]

mo.maleki@basu.ac.ir

صمد نگین تاجی [۲]

زهرا ظهیری نیا [۳]

تاریخ دریافت: ۹۹/۹/۲۰ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۹/۱۰**

چکیده

زمینه و هدف: بهبود کارآیی نورپردازی ساختمان‌های اداری به لحاظ مصرف انرژی با بکارگیری مطلوب از نور روز حاصل می‌شود، اما این امر مستلزم در نظر گرفتن مؤلفه‌هایی است که به شرایط روشنایی مناسب برای ساکنان منتهی می‌شوند. بنابراین تامین شرایط روشنایی طبیعی مطلوب در محیطهای اداری که بر اساس اولویتهای کارمندان شکل گرفته است، از ضرورتهای طراحی و ساخت می‌باشد. با وجود پژوهشهای بسیار در این زمینه، خلاء چارچوبی نظری که با نگاهی جامع بدست آمده باشد، مشهود بود. از این رو، هدف پژوهش حاضر دستیابی به مدلی جامع درارتباط با تمامی مولفه های موثر بر مطلوبیت شرایط نورپردازی طبیعی در محیطهای اداری است.

روش بررسی: در ابتدا با روش فراتحلیل، مروری تحلیلی بر پژوهشهای پیشین در زمینه های مرتبط با به کارگیری روشنایی طبیعی در ساختمان‌های اداری انجام شد. سپس با بکارگیری آراء ۱۵ نفر متخصص طراحی با سابقه و با روش تحلیل شبکه ای فازی، سعی شده متغیرها و مؤلفه‌های پیشنهادی اولویت بندی گردند.

یافته ها: یافته های این پژوهش در قالب مدلهای مفهومی و جداول مرتبط با وزن دهی تاثیر مولفه ها می باشد. ابتدا اولویتهای افراد در ساختار سه گانه اولویتهای ذهنی کارمندان نسبت به نورطبیعی و اولویتهای آنها در ارتباط با کارایی روشنایی مورد نیاز و تجهیزات کنترل روشنایی، دسته بندی شدند. همچنین مدلی از نحوه ارتباط و چگونگی تاثیرگزاری مولفه ها بر یکدیگر ارائه شد.

۱- استادیار، گروه معماری، دانشکده هنر ومعماری، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران. [*](مسوول مکاتبات)

۲- دکتری معماری، دانشکده هنر، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

۳- کارشناسی معماری، دانشکده هنرومعماری، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.

بحث و نتیجه گیری: نتایج تحلیل فازی مؤلفه‌های بدست آمده از مطالعات یاد شده و مدل ارائه شده، نشان داد که متغیرهای سطوح مطلوب نور و آسایش بصری و خیرگی و مؤلفه‌های فاصله از پنجره و چشم انداز، میتوانند تاثیر بیشتری بر ایجاد شرایط مطلوب روشنایی داشته باشند.

واژه های کلیدی: نور طبیعی، روشنایی طبیعی، اولویتهای کارمندان، تحلیل شبکه ای فازی، مطلوبیت محیط اداری.

J. Env. Sci. Tech., Vol 24, No. 7, October, 2022

Explaining Effective Parameters on the Employees' Priorities in the Daylighting Condition in Office Environments by Fuzzy Analysis Method

Morteza Maleki [1*]
mo.maleki@basu.ac.ir
Samad Negintaji[2]
Zahra Zahirinia[3]

Admission Date: December 1, 2021 Date Received:December 10, 2020

Abstract

Background and Objective: A good lighting condition in an office building, in terms of energy efficiency, is achievable through better use of natural light, but this requires consideration of all effective parameters. Therefore, providing the desirable daylighting in office environments that are based on the priorities of employees, is a necessity in terms of design and construction. Despite much research in this area, there is no comprehensive theoretical framework. The aim of this study is to achieve a comprehensive model in this regard.

Method: At first, an analytical review of research related to the use of natural light in office buildings has been done. In this section, the meta-analysis method and comparison of the results of previous researches and the development of a theoretical model have been used. Then, by using the opinions of 15 experts - with experience in office space design - and fuzzy network analysis, the proposed variables and parameters in this theoretical model are tried to be prioritized.

Findings: According to which, people's preferences in the three structures of employees' mental priorities over natural light and their priorities in relation to the required lighting efficiency and in relation to lighting control equipment can be summarized. In addition, the most important components affecting the determination and limitation of these priorities are stated.

Discussion and Conclusion: The results of fuzzy analysis of the components obtained from the mentioned studies and the proposed framework showed that the variables of optimal levels of light and visual comfort and glare and parameters of distance from the window and landscape can have a greater impact on creating optimal lighting conditions.

Keywords: Daylighting, Natural light, Employee Priorities, Fuzzy Network Analysis, Desirability of the Office Environment.

1- Assistant Professor, Faculty of Arts and Architecture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran. **(Corresponding Author)*
2- PhD, Architecture, Faculty of Art, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
3- Bachelor Degree of Architecture, Faculty of Arts and Architecture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

مقدمه

نقش نور در معماری همواره در غالب دو جنبه نگریسته شده است: هنر و علم، کیفیت و کمیت، یا در اصطلاح آسمانی و زمینی. در گذشته این جنبه ها جدایی ناپذیر بودند اما امروزه به صورت جداگانه بررسی می شوند. هدف از تلاش در این زمینه، برآوردن هردو جنبه نیازهای احساسی فرد – رضایت، راحتی و سلامت- و نیازهای عملی جمعی در ارتباط با صرفه جویی انرژی بوده تا به آینده ای پایدار دست یافته شود(۱). در دهه های آخر قرن بیستم و در پی بحران های انرژی و محیط زیست لزوم کاهش مصرف انرژی و آلاینده های محیطی مورد توافق اغلب کشورهای جهان قرارگرفت. به طور معمول یک سوم انرژی مصرفی استفاده شده در ساختمانهای غیرمسکونی مربوط به روشنایی مصنوعی است. نوروز مناسب در ساختمانها قابلیت حفظ انرژی بالایی را در حدود ۷۰ درصد متضمن میشود. همچنین شواهد بسیاری وجود دارد که ساختمانهای دارای نور روز مشکلات کمتری درارتباط با سلامتی و رضایتمندی کارکنان دارا هستند(2). از این رو توجه به مؤلفه‌های آسایش کارکنان و در نظر گرفتن اولویتهای آنها در ارتباط با شرایط مطلوب روشنایی، میتواند نقشی کلیدی ایفا نماید. استفاده مناسب از نورطبیعی و ایجاد شرایط روشنایی مطلوب به میزان قابل توجهی منجر به کاهش مصرف انرژی الکتریکی و افزایش رضایت کارکنان خواهد شد(3). هدف این مقاله در ابتدا جستجوی چارچوبی برای تشخیص اولویتهای موثر کارکنان در تعیین شرایط مطلوب روشنایی طبیعی و ارائه مؤلفه‌های موثر بر تعیین و میزان این اولویتها است؛ و سپس تعیین وزن فازی و نهایی این مؤلفه‌ها نسبت به هدف اصلی یعنی تعیین شرایط مطلوب روشنایی، انجام گرفته است. بنابراین در ابتدا چارچوبی برای بررسی اولویتها تدوین شده است تا در قالب آن برخی اولویتهای به دست آمده از پژوهشهای پیشین ارائه شود؛ و در ادامه مدلی جامع الابعاد از مؤلفه‌های که بر این اولویتها موثرند استخراج شده است. مدل ارائه شده ابزار مناسبی برای پژوهشهای آتی در این زمینه و همچنین برای طراحان فضای اداری است تا از این طریق مشخص کنند چه موضوعاتی می بایست برای سنجش یا ایجاد شرایط روشنایی طبیعی مطلوب درنظر گرفته شود.

چارچوب نظری پژوهش

استراتژی این مطالعه براساس استخراج و تفسیر هم‌زمان عوامل موثر بر اولویت کارمندان برای روشنایی مطلوب در پژوهش های پیشین است. در واقع چارچوب این مطالعه برگرفته از پژوهشهای پیشین با روش فراتحلیل (مقایسه، مقابله و تفسیر داده ها و استخراج نتایج) است. در این راستا مهمترین پژوهشها در ارتباط با کارایی روشنایی مطلوب از نظر ترجیحات کارمندان براساس موضوع، روش انجام و یافته ها، انتخاب و مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته اند؛ و در نهایت به منظور وزن‌دهی مؤلفه‌ها از نظرات طراحان با سابقه طراحی فضاهای اداری، از روش فرایند تحلیل شبکه ای فازی استفاده شده است.

۱- شرایط روشنایی مطلوب در اداره

پژوهشگران عوامل متعددی را بر جوانب طراحی نوروز در فضاهای اداری موثر دانستند. میزان مصرف انرژی الکتریکی، سطوح روشنایی داخلی و ابعاد و تناسبات فضا از این جمله اند (4). حیدری(5) سه مقوله را برای حفظ خصوصیات کیفی روشنایی در فضا بیان می‌کند که شامل راحتی دید، محیط دید و کارایی دید است به نحوی که راحتی را متناسب با فعالیت جاری در فضا، محیط را وابسته به رنگ و جهت نور، و کارایی را مرتبط با سطح روشنایی و کنترل خیرگی میداند. لی و گوئرین (6) کیفیت فضای داخلی[1] (IEQ) را با ایجاد آسایش، راحتی و بازده بالای کارکنان نشان می‌دهند. این پژوهشگران IEQ را با سه شاخص کیفیت هوا، کیفیت حرارتی و کیفیت روشنایی اندازه گیری می‌نمایند. و برای سنجش کیفیت روشنایی از سه مولفه میزان روشنایی مطلوب، آسایش بصری و میزان قابلیت شغلی تحت نور موجود بهره گرفتند. گالاسیو و ویچ (۷) در بررسی پژوهشهای مرتبط با رضایت کارمندان از روشنایی محیط اداری

1- Indoor Environment Quality

و سیستمهای کنترل که در حد فاصل سالهای ۱۹۶۵ تا ۲۰۰۴ میلادی صورت گرفته اند، ساختار پیشنهادی خود را در قالب ۲ بخش ارائه دادند: پژوهشهایی که ترجیحات کارمندان را در ارتباط با شرایط فیزیکی و روشنایی ادارات با نور طبیعی مطالعه کرده‌اند. و پژوهشهایی که رضایت و مقبولیت کارکنان را در ارتباط با سیستمهای کنترل بر نور مصنوعی و سایه اندازهای پنجره، مورد بررسی قرار دادند. بیشتر این پژوهشها از روش ارزیابی پس از سکونت (POE[1]) در مدل خود استفاده کرده اند. در این بین مطالعات بسیاری نیز وجود دارند که با استفاده از روشهای تجربی، آزمایشگاهی، نیمه آزمایشگاهی و شبیه سازی، به بررسی ترجیحات افراد در ارتباط با جنبه های مختلف نورطبیعی در اداره پرداخته اند (۸، ۹ ،۱۰). برخی دیگر نیز تاثیر استفاده از نورطبیعی در کاهش مصرف انرژی را به وسیله نرم افزارهای شبیه ساز، بررسی کرده‌اند(۱۱).

در ارتباط با هدف این پژوهش و با جمع بندی دیدگاههای پژوهشگران در این زمینه و به منظور ارائه ساختاری برای پژوهش حاضر، پژوهش های بررسی شده در قالب سه متغیر کلی که بیانگر اولویت های کارمندان خواهند بود، تحلیل می‌شوند (نمودار ۱). در این مدل سعی شده است تمامی جوانب نور طبیعی در نظر گرفته شود. بدیهی است هر کدام از عوامل سه گانه بر یکدیگر نیز تاثیرگذار خواهند بود. در این پژوهش به مباحث مربوط به سامانه های هوشمند کنترل نورطبیعی و نورپردازی مصنوعی پرداخته نشده است.

۱-۱-اولویتهای کارمندان در ارتباط با کارایی روشنایی

الف - سطوح مطلوب نور

ترجیح افراد بر این است که کارشان را در روشنایی روز انجام دهند. اما در اوقاتی از روز، این روشنایی ناکافی و در بخشهایی از سال نیز، بیش از حد روشن و گرم است. که می‌تواند موجب خیرگی نیز شود. ازطرفی کارهای مختلف، مقدار و انواع نور متفاوتی را می‌طلبند. مواردی که باید در نظر گرفته شوند شامل روشنایی، کنتراست، جهت، رنگ و کنترل می‌باشد (۱۲).

مهمترین نکته که از بررسی اغلب مطالعات حاصل می شود تنوع بسیار در میزان روشنایی مطلوب ازیک فرد تا فردی دیگر است (۹، ۱۳).

اولین مؤلفه تاثیرگذار بر تعیین اولویت سطح روشنایی انتخابی، نوع کار کارمندان است. نتایج برخی مطالعات نشان داد که برای کارمندانی که با کامپیوتر کار می‌کنند، سطوح مطلوب نور متفاوتی نسبت به افرادی که زمان کمتری با کامپیوترها کار می‌کنند طلب می‌کنند (۱۴). براساس تحقیقات IRC[2]، میزان متوسط روشنایی مطلوب روی میز کار به میزان بالایی مرتبط با نوع کار افراد میباشد (۱۵). همچنین در این پژوهش و برخی پژوهشهای مشابه مشخص شد افراد زمانی میزان نورهای مصنوعی را کم می‌کنند، که ترجیح دهند از نور طبیعی بهره گیرند یا می‌خواهند در انرژی صرفه‌جویی کنند و یا به خاطر سطوح بالای روشنایی چشمان آن‌ها آسیب می‌بیند (۱۵). بنابراین بسیاری از کارمندان وقتی نور طبیعی وجود دارد، سطوح پائین‌تر نور مصنوعی را انتخاب می‌کنند تا بیشتر از نور طبیعی بهره ببرند. گاهی نیز برخی از آنها بر خلاف انتظار سطح نورپردازی مصنوعی را با افزایش سطوح نور طبیعی افزایش می دهند که می‌تواند ناشی از افزایش شدت تفاوت نور (کنتراست) در نواحی نزدیک و دورتر نسبت به پنجره باشد (۱۶). کارمندان سطح روشنایی کمتر توسط نور مصنوعی صرف را نسبت به شرایط نور طبیعی یا نورپردازی ترکیبی ترجیح می‌دهند که می‌تواند عمدتاً به روش توزیع نور در فضا تحت تأثیر این سه نوع روش نورپردازی مرتبط باشد. بطور مثال در هنگام روشن شدن اتاق تنها با نور طبیعی ، تضاد نوری(کنتراست) بالایی بین ناحیه نزدیک به پنجره و دور از آن وجود دارد که باعث خیرگی و عدم مطلوبیت می‌گردد.

براساس نتایج حاصل از پژوهشها، تحت شرایط نور طبیعی صرف، متوسط سطح روشنایی مطلوب بر روی میزکار حدود ۳۰۰ لوکس، در شرایط نور مصنوعی صرف متوسط سطح روشنایی

1- Post Occupancy Evaluation

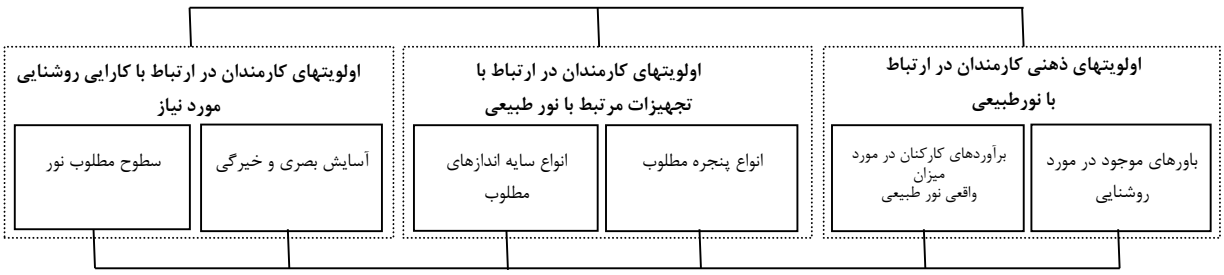
2- Institute for Research in Construction-National Research Council of Canada

مطلوب حدود ۵۰۰ لوکس و در مورد نور ترکیبی متوسط سطح روشنایی مطلوب ۵۶۰ لوکس می‌باشد(۱۷).

البته می‌بایست به این نکته توجه نمود که هر کدام از تنظیمات به میزان زیاد از یک شخص به دیگری متفاوت است، که برخی پژوهشگران معتقدند به حساسیت فرد نسبت به نور، کیفیت خواب، ساعت بیولوژیکی و میزان رفاه و راحتی متکی است؛ و برخی دیگر هم مؤلفه‌های سن و جنس را نیز موثر دانستند(۹). پژوهشهای دیگری عوامل شرایط گرمایی و شرایط آسمان را بر میزان مطلوبیت سطوح روشنایی موثر دانستند. به طور مثال تحت شرایط آسمان نیمه ابری مشارکت‌کنندگان در هلند به طور متوسط حدود ۱۰۰۰ لوکس از نورپردازی مصنوعی را اضافه کردند، در حالی‌که در روزهای دارای آسمان صاف این افزایش بین ۱۲۰۰- ۵۰۰ لوکس، همراه با کاهش سطوح نور طبیعی از ۲۰۰۰ تا ۵۰۰ لوکس بود(۷). در این مطالعه نشان داده شد ساعات مختلف روز هم در تعیین میزان روشنایی مطلوب موثر است که احتمالا نتیجه نیاز افراد به پاسخ بیولوژیکی از طریق نورپردازی داخلی به منظور تنظیم خود براساس چرخه نور طبیعی می‌باشد. همچنین رابطه‌ای معنادار بین روشنایی مطلوب نور طبیعی بر روی میز کار و گرمای مناسب رنگ یافتند. مبنی بر این که در سطوح پائین نور طبیعی (۵۰۰ لوکس) متوسط گرمای مطلوب رنگ حدود ۳۳۰۰ کلوین است، در حالی‌که در سطوح بالاتر نور طبیعی (۱۵۰۰ لوکس)، گرمای مطلوب رنگ به ۴۳۰۰ کلوین افزایش می‌یابد(همان).

برخی پژوهشها نیز از طریق مشاهده رفتارهای کارمندان و اندازه گیری سطوح نور به بررسی اولویتهای آنها پرداختند که نتایج مؤید تفاوت بسیار بالا در سطوح نور تنظیم شده توسط مشارکت‌کنندگان بین ۲۳۰ و ۱۰۰۰ لوکس است (۶). حتی برخی از کارکنان در طول مدت زمان کار خود نیز سطحی ثابت از روشنایی را در میز کار حفظ نمی‌کنند (۷،۹).

در چند پژوهش دیگر به روش مشاهده، تاثیر فاصله از پنجره نشان داده شده است(۱۹،۱۸). این امر نشان می‌دهد که سطوح روشنایی انتخابی بر روی میز کار تا حدود زیادی به موقعیت فرد نسبت به پنجره وابسته است، و افراد اغلب شرایط بسیار متفاوت نورپردازی را در ارتباط با موقعیت‌شان می‌پذیرند. میز کار واقع در نزدیکی پنجره موقعیتی است که بیش از همه برای کارمندان ارزشمند است، در مطالعات میدانی که در هلند و آلمان انجام شد، بیش از ۸۰ درصد افرادی که در ادارات کار می‌کردند، موقعیت کنار پنجره را برای قرارگیری میز کار انتخاب نمودند(۵). اما به طور کلی، در هر دو حالت کنار و دور از پنجره، علیرغم تفاوت بالای میزان نور طبیعی(500 تا 1200 لوکس) حداکثر ۵۰۰ لوکس نور مصنوعی توسط کارکنان ادارات فرانسه به نور طبیعی موجود افزوده می‌شد. علاوه بر این همبستگی معناداری بین شرایط روشنایی مطلوب و اختلاف جنسیتی مشاهده شده است. به طور کلی، زنان به شرایط گرمایی حساس‌تر هستند، در حالی‌که مردان به شرایط آسمان حساس می‌باشند (۵).



نمودار ۱- ساختار بررسی اولویتهای کارمندان در ارتباط با شرایط روشنایی مطلوب در محیطهای اداری

Figure 1. Structure of reviewing employees' priorities in relation to desirable lighting conditions in office environments

ب - آسایش بصری و خیرگی

خیرگی نامناسب در افراد احساس خستگی و نارضایتی ایجاد می‌کند. به عبارت دیگر خیرگی بیش از اندازه، کیفیت نور داخلی را تحت تاثیر قرار می‌دهد. در فضای اداری اصلی ترین منابع خیرگی، روشنایی مستقیم لامپ و نور خورشید می‌باشند(۲۰). علی‌رغم تلاش‌های متعدد، پیش‌بینی میزان خیرگی ناراحت‌کننده حاصل از روشنایی طبیعی هنوز در شکلی که برای کاربرد عملی گسترده مفید باشد محقق نشده است. دو دلیل اصلی برای این امر عبارتند از تنوع فردی گسترده در واکنش به خیرگی و اهمیت چشم‌انداز به سمت بیرون از پنجره (۲۱). بهترین راه برای نزدیک شدن به مفهوم خیرگی مطالعات میدانی است. باید توجه داشت واکنشهای افراد به این پدیده بسیار وابسته به شرایط محیطی است که با آن سازگار شده اند. به طور مثال مردمی که در مناطق پرنور و با آفتاب شدید زندگی می‌کنند دیرتر از سایرین دچار خیرگی میشوند (۵).

به نظر می‌رسد نوع منبع نور نیز بر قضاوت‌ها درمورد مطلوبیت بصری و جذابیت محیط نورپردازی تأثیر بگذارد. اغلب کارمندان سیستم ترکیبی نورپردازی را نسبت به هرکدام از منابع نور به تنهایی ترجیح می‌دهند، عمدتاً بدین دلیل که با این روش آن‌ها احساس می‌کنند که حداقل کنترل جزئی بر نورپردازی را دارند. از طرف دیگر افراد خیرگی روشنایی طبیعی را نسبت به خیرگی حاصل از سایر منابع نور بهتر تحمل می‌کنند. به طور کلی، کارمندان در مورد خیرگی حاصل از پنجره‌ها گلایه نمی‌کنند، که همین امر دال بر این است که افراد در برابر خیرگی ملایم در موقعیت‌های نور طبیعی واقعی تحمل بالایی دارند(۲۰).

مؤلفه تاثیر گذار دیگر بر روی خیرگی، چشم انداز به بیرون از پنجره می‌باشد که در مطالعات بسیاری بیان گردیده است. وقتی چشم‌اندار خوشایند از پنجره دیده می‌شود، تحمل سطوح بالای خیرگی افزایش می‌یابد. محققان گمان می‌کنند که دسترسی داشتن به پنجره هایی که چشم اندازهای جذاب فراهم می آورند می‌تواند به مراتب مهم تر از هر خیرگی ناراحت کننده توأم با آنها باشد؛ در حقیقت، " ...بنظر می‌رسد محتوای چشم انداز و تجربه ارتباط با دنیای بیرون تحمل ساکنان را نسبت به خیرگی حاصل از پنجره ها افزایش می‌دهد "(۲۱).

نتایج برخی مطالعات نشان می‌دهد که میزان خیرگی اعلام شده توسط افراد با جهت گیری بیرونی پنجره همبستگی ندارد، و پنجره های رو به شرق و غرب نسبت به پنجره های رو به جنوب سطوح خیرگی ادراک شده بالاتری نشان نمی‌دهند(۷). مؤلفه‌های تجهیزات سایه اندازی، تفاوت میزان نور(کنتراست) صفحه نمایش کامپیوتر، جهت گیری نسبت به پنجره و سن افراد نیز با ارزیابی خیرگی در محیط کار روشن شده با نورطبیعی ارتباط ندارند(همان).

ویلدز (۲۰۰۲) در مطالعه خود در مورد کیفیت نورپردازی در اتاق‌های اداری با روشنایی طبیعی، روش هایی را برای ارزیابی کلی کیفیت نورپردازی، از جمله عملکرد بصری و آسایش بصری، ایجاد نمود. مزیت این پژوهش ارائه نتایج ارزیابی خیرگی مستقل از چشم انداز است. این مطالعه نشان داد خیرگی ناراحت کننده برای افرادی که برروی کامپیوتر کار می‌کنند نسبت به افرادی که بر روی مطالعه و وظایف نوشتاری کار می کنند بیشتر صورت می‌گیرد. همچنین میزان خیرگی ادراک شده در نزدیکی پنجره بیشتر از میزان آن در انتهای اتاق است (۲۲). یکی از شایعترین موارد خیرگی مربوط به صفحه مانیتور کامپیوترها و میزان درخشندگی سطوح است که در تحقیقات IRC به دست آمده است.

۲-۱- اولویتهای کارمندان در ارتباط با تجهیزات مرتبط با نور طبیعی

الف- اولویتهای کارمندان در مورد انواع پنجره

پنجره‌ها چشم‌انداز افراد به سمت محیط بیرون و به علاوه راهی برای ورود نور طبیعی را فراهم می‌آورند. معقول ترین راه برای استفاده از نور طبیعی استفاده از پنجره است. اما در اغلب موارد، طراحی پنجره بر اساس ملاحظات زیباشناختی صرف صورت می‌پذیرد و کمتر به مقوله بهره‌وری از نورروز و ایجاد مطلوبیت برای ساکنان با در نظر گرفتن اولویتهای آنان پرداخته می‌شود. پنجره عنصر مهمی در ساختمان و دارای دو کارکرد اساسی است.

اول تامین روشنایی فضای داخل، ارتباط و دید مناسب به بیرون و دومین کارکرد آن ایجاد امکان تهویه مناسب می‌باشد(۵). با این حال محققان متعددی اولویتهای افراد را در مورد شکل، اندازه، تعداد، موقعیت در دیوارها، و درجه شفافیت پنجره‌ها بررسی کرده‌اند(۲۳،۱۹). برخی از پژوهشها نیز بر روی فرآیند طراحی پنجره بر اساس روش تصمیم گیری چند معیاری تحت عوامل متعددی نظیر رفتار حرارتی، تهویه، فرم و جهت گیری ساختمان و ضریب نور روز مطالعه نموده‌اند(۲۴).

برخی پژوهشها مسائل بصری را مقدم بر مشکلات حرارتی نشان داده‌اند و به طور کل رضایت افراد به طرز معناداری تحت تأثیر مساحت پنجره است، و به طور معکوس متناسب با تعداد و عرض وادارها و چهارچوب پنجره می‌باشد. در بیشتر پژوهشهای پیشین، روش مطالعه اولویتهای کارمندان به صورت آزمایشگاهی با شرایط هدایت شده و در اتاقهای شبیه سازی شده با ابعاد واقعی بوده است. در این اتاقها علاوه بر امکان تغییر در ابعاد اتاق، چشم اندازها و ابعاد پنجره نیز تغییر می‌کردند. در برخی از این پژوهشها، مقدار سطوح نور داخلی و بیرونی، به علاوه موقعیت خورشید و روشنایی (درخشانی) آسمان عوامل اصلی تأثیرگذار بر حداقل اندازه قابل قبول انتخابی پنجره، نشان داده نشدند. در عوض مشخص شد عرض مطلوب پنجره مستقیماً با فاصله بین فرد و پنجره متناسب است و نوع چشم‌انداز بیرونی و محتوای چشم‌انداز و زوایای دید به بیرون عوامل مهم‌تری برای تعیین این مقدار می باشند، به طور مثال چشم‌اندازهای با فاصله نزدیک‌تر نسبت به چشم‌اندازهای دورتر باعث انتخاب پنجره‌های عریض‌تر می‌شوند(۲۵).

نورطبیعی، تهویه طبیعی، دسترسی به نور خورشید، ایجاد وسعت مکان، ارتباط بصری با بیرون، آسایش حرارتی و افزایش انگیزه و حوصله، بیشتر از سایر مؤلفه‌هادر تعیین اولویتهای افراد نسبت به پنجره موثر بوده‌اند(۲۶،۱۹). هر سه متغیر (عرض، ارتفاع کف و بالای پنجره) بیشتر از هر چیز به نوع چشم‌انداز بیرونی ارائه شده وابسته اند، به نحوی که برای چشم‌اندازهای دور و طبقه همکف در محدوده پائین‌تر و برای چشم‌اندازهای نزدیک و چشم‌اندازهایی در طبقه بالا در محدوده بالاتر قرار می‌گیرند. خارج از این محدوده‌ها در میزان رضایت ساکنان در مورد تمامی انواع چشم‌اندازها کاهش اتفاق می‌افتد. اغلب کارمندان ترجیح می‌دهند که چشم‌انداز (دید) جانبی گسترده‌ای از خط افق و خط آسمان داشته باشند. از این حیث پنجره‌های افقی بزرگ که ۲۵٪ یا مقدار بیشتری از مساحت دیوار را به خود اختصاص دهند بیشتر از سایر حالات بین کارمندان مطلوب می نماید، در حالی‌که پنجره‌هایی با اندازه کمتر از ۱۰ درصد مساحت دیوار نارضایت‌بخش تلقی می‌گردند (۲۷).

عامل مهم دیگر از نظر دید فاصله افراد از پنجره است. هرچه افراد از پنجره دورتر باشند پنجره بزرگتری را طلب می‌کنند و با نزدیک شدن به پنجره تمایل به ابعاد کوچکتری دارند(۵). در بررسی شبیه سازی توسط نرم افزار کامپیوتری برای تعیین تاثیرات عامل پنجره در میزان و کیفیت نوردهی فضای داخلی، مشخص گردید که پنجره های افقی‌تر میزان بیشتر و موثرتر نور را به فضای داخل وارد مینمایند (۲۸). همچنین تعداد بیشتر پنجره های کوچکتر از یک پنجره واحد با مساحتی برابر با مجموع مساحتهای آنها مطلوبیت و کارایی بیشتری دارد(۲۸).

ب – انواع سایه اندازهای مطلوب

ابزار ایجاد سایه و کنترل نور مانند پرده کرکره عناصر کلیدی در کنترل خیرگی و گرمایش بیش از حد در فضای داخلی هستند، که هر دو آن‌ها بر رفاه ساکنین و مصرف انرژی ساختمان تأثیر می‌گذارند. در یک ساختمان خوب طراحی شده اقدامات لازم در زمینه کنترل نور خورشید وجود خواهد داشت. نورگیرها، دریچه-های هوا و کنسول‌ها می‌توانند جزئی از بدنه ساختمان باشند یا همانند پنجره های کرکره ای یا شیشه های ویژه جزئی از پوسته ساختمان به حساب آیند. پژوهشهای متعددی تاثیر ابزار کنترل بر نور را بر شرایط روشنایی طبیعی مطلوب بیان کرده اند و مؤلفه‌های بسیار متنوعی را موثر دانسته اند.

اولگی و اولگی (۱۹۵۷) گونه‌های مختلفی از سایه اندازهای ثابت و متحرکی را که بطور موثری عمل کرده و همزمان آسایش بصری را فراهم می‌کنند، با بررسی نمونه های موردی بسیار ثبت

نموده‌اند (۹). آژانس بین المللی انرژی[1] در برنامه سرمایش و گرمایش خورشیدی خود، مرجع جامع و کاملی از سیستمهای کاربرد و کنترل نورروز در ساختمانها با توجه به قابلیتهای آنها در ذخیره انرژی، خصوصیات بصری و کنترل بر اشعه های خورشیدی ایجاد کرده است(۹).

پژوهشگران در این زمینه عموما به مطالعه روشهای استفاده کارکنان از ابزارهای سایه اندازی و کنترل نور پرداخته‌اند تا بتوانند به الگوهایی قابل پیش بینی دست یابند یا حداقل تعیین کنند که این الگوها تحت تاثیر چه عواملی تغییر می‌کنند. در پژوهشهای متعددی عواملی همچون جهت‌گیری پنجره، زمان روز، شرایط آسمان، فصل، ارتفاع و موقعیت میز کار بررسی شده است تا میزان و نحوه تاثیر آنها بر این الگوها مشخص گردد(۲۹). در بیشتر موارد روشهای بکار گرفته شده در این پژوهشها، مشاهده رفتار کارمندان و نحوه استفاده آنها از ابزار کنترل بر نور می‌باشد. در برخی از آنها تغییراتی در آرایش و ترکیب بندی پرده کرکره ها داده شده است تا خود کارمندان آنها را بر اساس خواست و شرایط مطلوب خود دوباره تغییر دهند. کار مشاهده توسط عکسبرداری در روزها و ساعات مختلف از داخل و بیرون ساختمان ثبت شده است. در برخی دیگر از پژوهشها از پرسشنامه های باز و بسته به منظور دریافت اولویتهای کارکنان استفاده گردیده است(۳۰).

نتایج این گونه پژوهشها ترجیحات و الگوهای تغییرات ابزار سایه انداز را توسط کارمندان نشان می‌دهند. انواع دیگری از پژوهشها به بررسی عملکرد انواع سایه اندازهای مختلف توسط برنامه های شبیه ساز و تایید و تعمیم آن با مطالعه آزمایشگاهی می پردازند(۳۱،۸). نتایج این پژوهشها نشان میدهد کارمندان پرده کرکره‌ها را بیشتر از هرچیز به منظور جلوگیری از نفوذ نور خورشید و گرمایش بیش از حد اتاق‌شان استفاده می‌کنند. به طوری که علت اصلی پایین نگه داشته شدن پرده کرکره ها توسط بیشتر کارکنان ترس از گرمایش بیش از حد درون اتاق است (۳۱). با این وجود، اغلب پرده کرکره‌ها با پره‌های باز به جای پره‌های بسته تنظیم می‌شوند، که بر مطلوبیت چشم‌انداز به سمت بیرون دلالت دارد.

هرچند وضعیت پرده کرکره‌ها به طور نامنظم تغییر می‌یابد اما کارکنان به احتمال زیاد وقتی وضعیت پرده کرکره را تغییر می‌دهند که نور مستقیم آفتاب به محل کار می‌رسد اما به ندرت تنظیمات موجود در مورد چشم‌انداز یا نور طبیعی را تغییر می‌دهند. آنها معمولاً تمایل دارند تا جائی‌که ممکن است پرده کرکره را باز نگه دارند مگر اینکه اتاق بسیار روشن یا بسیار گرم باشد، این امر حاکی از آن است که خیرگی و گرما دلایل اصلی برای دست‌کاری پرده کرکره و تغییر در وضعیت آن می‌باشند. همچنین شرایط آسمان و موقعیت آفتاب، به‌علاوه کار و موقعیت میز بر وضعیت پرده کرکره و زاویهٔ پرّه‌ها که توسط ساکنان انتخاب می‌شود تأثیر می‌گذارند(۲۹). بالاترین میزان انسداد پرده کرکره وقتی در نماهای ساختمان مشاهده شده که نفوذ اندازه‌گیری شده نور آفتاب در ادارات بیش از ۲ متر باشد و یا میزان تشعشع مستقیم خورشید که بر روی میز کارمندان می‌افتد حدود ۲۵۰ تا ۳۰۰ وات بر متر مربع باشد(۳۱). برآوردها در پژوهشهای مشابه نشان داد که وقتی روشنایی بر روی جام پنجره بیش از ۸۰۰۰ لوکس است، کرکره‌ها باید بسته شوند تا معیارهای عملکرد بصری محقق شوند (همان).

کارکنان معمولا پرده کرکره‌های پنجره اتاق خود را در اوایل صبح یا در انتهای روز بالا می‌کشند. زوایای افقی تابش بین ۲۵ تا ۷۰ درجه باعث بسته شدن کرکره‌ها می‌شود. همچنین کارمندان در اتاقهای دارای چشم‌اندازهای بیرونی ضعیف و یا در ساختمان‌هایی که میزها در فاصله دورتر از پنجره‌ها قرار دارند، کمتر پرده کرکره‌های اتاق خود را دستکاری می‌کنند(۳۲).

۳-۱- اولویتهای ذهنی کارمندان

الف- ذهنیات کارمندان در ارتباط با نورطبیعی

افراد اتاقهای با نور طبیعی را نسبت به اتاق بدون پنجره ترجیح می‌دهند مگر آن که برای کار ویژه ای فقدان نورطبیعی لازم باشد(۳). اغلب پژوهشها در این زمینه نشان داده‌اند که کارمندان

1- International Energy Agency Solar Heating and Cooling program (IEA-SHC)

نور طبیعی را نسبت به نور مصنوعی به لحاظ تأثیراتش بر روی آنها بهتر می‌دانند. عدم دسترسی به نورطبیعی روز و عدم آگاهی از شرایط اقلیمی خارج از ساختمان، شرایط کاری نامناسبی را برای کارکنان ایجاد می‌کند. دیده شده است کارمندان در چنین فضاهایی برای دیدن روشنایی طبیعی و یا مناظر خارج ساختمان اقدام به رفت و آمدهای غیر ضروری می‌کنند که نوعی گریز از حبس بودن در فضایی بسته به نظر می‌رسد(۱۳).

مطالعه ای میدانی در هلند و آلمان نشان داد در حدود ۸۰ درصد کارمندان با وجود نور مصنوعی، علاقه مند به کار زیر نور طبیعی‌اند(۵). در حدود ۹۹ درصد از کارمندان که در پژوهشی درانگلستان مورد سوال قرار گرفتند، تصور می‌کردند که ادارات باید پنجره‌هایی به بیرون داشته باشند و ۸۶ درصد از آنها اعلام کردند که روشنایی طبیعی اولویت اصلی آن‌ها برای نورپردازی می‌باشد(۷). ویچ و گیفورد نشان دادند اولویت روشنایی طبیعی بر این باور نسبت داده می‌شود که کار با نور طبیعی به استرس و ناراحتی (دستپاچگی) کمتر نسبت به کار در نور مصنوعی منتهی می‌شود و این گونه نیست که نور طبیعی برای سلامتی مفید است بلکه بیشترمعتقدند نور مصنوعی صرف برای سلامتی آنها مضرّ می‌باشد(۱۹). در پژوهشهای مشابه دیگری نتایج مشابهی به دست آمد مبنی براین که ذهنیت کارمندان بر این است که نور طبیعی برای آسایش روان‌شناختی، خوشایند بودن ظاهر اداره، سلامتی کلی، آسایش بصری و ظاهر رنگی افراد و اثاثیه بهتر است(۳۴،۳۳،۱۳). البته باید توجه داشت برخی مؤلفه‌ها در این ذهنیت موثرند. بطور مثال وضعیت موجود فرد بر اولویات ذهنی او اثر دارد. کارمندانی که در اتاق دارای پنجره هستند نسبت به آنهایی که در اتاقهای فاقد پنجره کار می‌کنند با شدت کمتری بر این باورها اعتقاد دارند. همچنین در کارمندان مرتبط با کار یا مشاغل نیازمند به تمرکز بصری و مشاهده دقیق، گرایش کلی به سمت نور طبیعی چندان مشهود نیست، و در پاسخ اینگونه افراد در اتاقهای دارای پنجره و بدون پنجره تفاوتی دیده نمی‌شود(۳۴). در مطالعه ای میدانی در ایران که نظرات ۱۲۰ کارمند در۱۴ اداره شهرستان تبریز را شامل می‌شد، مشخص شد میان عامل رضایت از نور و عوامل مطلوبیت فضای کار و رضایت شغلی همبستگی قوی وجود دارد(۳۵). ذهنیتهای مرتبط با نور طبیعی کمابیش با باورهای موجود در مورد اهمیت نورپردازی (روشنایی)، ویژگی‌های سودمند نور روشن (پُر نور)، باورهای موجود در مورد تأثیرات مضرّ نورپردازی لامپهای فلورسنت (مثلاً سردرد وخستگی چشم)، و تأثیرات نورپردازی در ایجاد محیط‌های اجتماعی، همبستگی داشتند. پژوهشگران همچنین اشاره داشتند که علی‌رغم اولویت بالا و رضایت از نور طبیعی و مجاورت میزهای کاری به پنجره‌ها، بسیاری از پاسخ‌دهندگان حتی وقتی نور طبیعی کافی وجود دارد چراغ‌های الکتریکی اتاق خود را روشن می‌کنند. استفاده همزمان از نور طبیعی و مصنوعی علاوه بر کاهش میزان مصرف انرژی الکتریکی، رضایت افراد را افزایش می‌دهد(۳).

ب- برآوردهای کارکنان در مورد وجود و میزان نور طبیعی در محل کار

یکی از محدودیتهای پژوهش در زمینه رضایت از نور طبیعی اعتبار برآوردهای افراد از میزان نور طبیعی درک شده است. از سویی دیگر رضایت افراد بطور غیر مستقیم و به دلیل ذهنیاتی که نسبت به نورطبیعی دارند، متاثر از برآورد آنها از میزان واقعی وجود نور طبیعی است. برخی مطالعات در این زمینه نشان دادند که ارزیابی ساکنان از سطوح نورطبیعی به مراتب دور از واقعیت است(۹). کارمندان تمایل دارند که سهم نورطبیعی را که با آن کار می‌کنند به نسبت فاصله‌شان از پنجره‌ها بیش از حد برآورد نمایند. در یکی از این مطالعات نتایج نشان داد که مشارکت کنندگان حتی وقتی نور طبیعی بسیار اندکی وجود دارد و بخش عمده‌ای از روشنایی به واسطه نورپردازی مصنوعی تأمین می‌شود، هنوز فکر می‌کنند سطوح قابل توجهی از نورطبیعی را در میز کار خود دارند (۱۰). این محقق نتیجه گرفت که برآوردهای افراد از میزان وجود نورطبیعی مستقل از میزان واقعی آن به عنوان روشن کننده محیط هستند. در این مطالعه نشان داده شد برآوردها در مورد سطوح نور طبیعی نسبتاً به ملاحظات روان‌شناختی ای همچون قضاوت در مورد توزیع روشنایی ظاهری و چشم‌انداز به سمت بیرون متکی هستند (همان).

روش انجام پژوهش

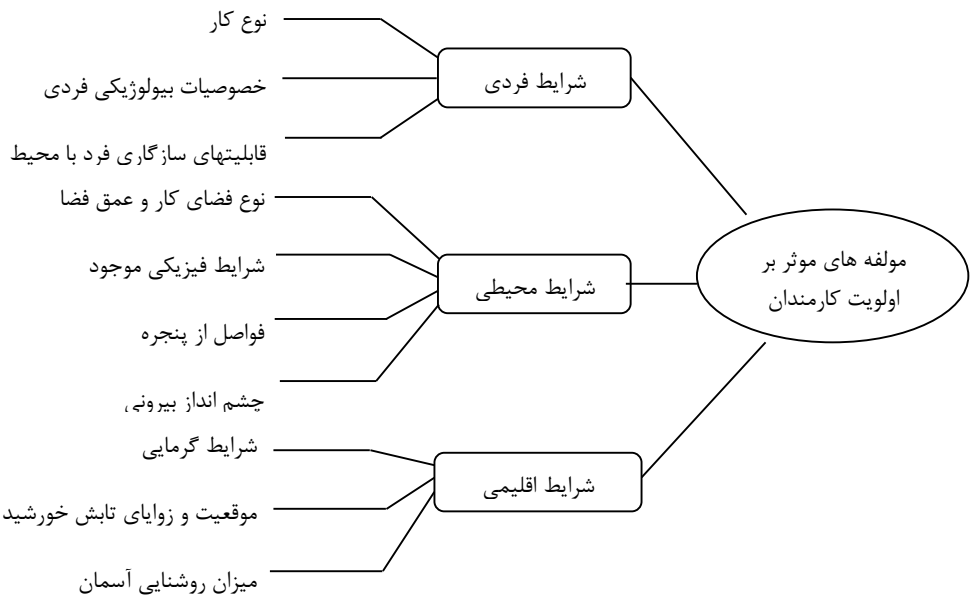
این پژوهش با بررسی کلی پیشینه موضوع شروع شده و تا رسیدن به مولفه های مشخص در راستای نیل به هدف متمرکز می شود. به منظور دستیابی به هدف، در مدل پیشنهادی بدست آمده از بررسی پژوهشهای پیشین، پرسشنامه‌های مقایسات زوجی بین مؤلفه‌ها و متغیرهای ارائه شده طراحی و بین خبرگان توزیع شد. در روش دلفی- فازی تعداد خبرگان بین ۱۰ تا ۵۰ نفر برای تکمیل پرسشنامه نیاز هست (۳۶). بدین منظور با استفاده از روش دلفی فازی و با بهره گیری از ابزار پرسشنامه از معماران صاحب تجربه در زمینه طراحی فضاهای اداری شهر تهران خواسته شد اهمیت هر مولفه را با انجام مقایسات زوجی تعیین نمایند. نمونه گیری بصورت هدفمند بوده است، یعنی از معمارانی با تجربه ی که قادر به ارائه اطلاعات در این زمینه بودند، در خواست تکمیل پرسشنامه شد. از این رو معمارانی بالای ۵ سال سابقه کار در شهر تهران انتخاب شدند. پرسشنامه به صورت الکترونیکی برای جامعه آماری ارسال شد که تعداد ۱۷ پرسشنامه دریافت شد. از این تعداد۱۵ مورد تایید قرار گرفت. ۲ مورد پرسشنامه بیش از ۲۵ درصد از پرسش ها را بی پاسخ گذاشته بودند که از فرآیند تحلیل کنار گذاشته شدند.

یافته ها

یافته های این پژوهش در قالب مدلهای مفهومی و جداول مرتبط با وزن دهی تاثیر مولفه ها می باشد. ابتدا اولویتهای افراد در ساختار سه گانه اولویتهای ذهنی کارمندان نسبت به نورطبیعی و اولویتهای آنها در ارتباط با کارایی روشنایی مورد نیاز و در ارتباط با تجهیزات کنترل روشنایی، دسته بندی شدند.همچنین مدلی از نحوه ارتباط و چگونگی تاثیرگزاری مولفه ها بر یکدیگر ارایه شد.

مدل پیشنهادی مؤلفه‌های موثر

با بررسی و تحلیل پژوهشهای پیشین در ارتباط با اولویتهای کارمندان و مقایسه نتایج و مؤلفه‌های ارائه شده، شاخص های خصوصیات بیولوژیک کار (۱۴)، نوع کار (۱۵)، قابلیت های سازگاری فرد با محیط (۲۹،۵)، نوع فضای کار و عمق فضا (۱۶)، شرایط فیزیکی موجود (۲۶)، فواصل از پنجره (۱۹)، چشم انداز بیرونی (۲۱)، شرایط گرمایی (۷)، موقعیت و زوایایی تابش (۷) و میزان روشنایی آسمان (۲۹) بر اساس میزان تکرار و تاکید بر آنها در پژوهشهای مورد بررسی قابل استخراج است. این شاخص ها را می‌توان در قالب ۳ گروه کلی فردی، محیطی و اقلیمی دسته‌بندی کرد (نمودار ۲).



نمودار ۲- مدل به دست آمده از مولفه های موثر بر اولویت کارمندان (ماخذ: نگارندگان)

Figure 2. Model of components affecting employee priority

روش تحلیل شبکه ای فازی

در این پژوهش برای تمامی مؤلفه‌های موثر و گزینه های مرتبط با اولویتهای افراد، جداول مقایسات زوجی ایجاد شد تا وزن مؤلفه‌ها به دست آورده شود؛ و در نهایت بر اساس نتایج، مؤلفه‌ها اولویت‌بندی گردیدند. به منظور محاسبه سازگاری از روش گوگوس و بوچر استفاده شده است که بر اساس مشتق گیری از "ماتریسهای زوجی به دست آمده" و" روش ساعتی" عمل می شود (۳۷). با توجه به رویکرد فازی پژوهش، از عبارات کلامی و اعداد فازی مندرج در جدول۱ استفاده گردید. نام گزینه‌ها و علامت اختصاری آن‌ها در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۱ - طیف فازی و عبارت کلامی متناظر

Table 1. Fuzzy spectrum and corresponding verbal expressions

کد	عبارات کلامی	عدد فازی
۱	ترجیح کاملا برابر	(۱,۱,۱)
۲	ترجیح تقریبا برابر	(۰/۵,۱,۱/۵)
۳	ترجیح کم	(۱,۱/۵,۲)
۴	ترجیح زیاد	(۱/۵,۲,۲/۵)
۵	ترجیح خیلی زیاد	(۲,۲/۵,۳)
۶	ترجیح کاملا زیاد	(۲/۵,۳,۳/۵)

جدول ۲- نام گزینه‌ها و علامت اختصاری آن‌ها

Table 2. Parameters and their abbreviation

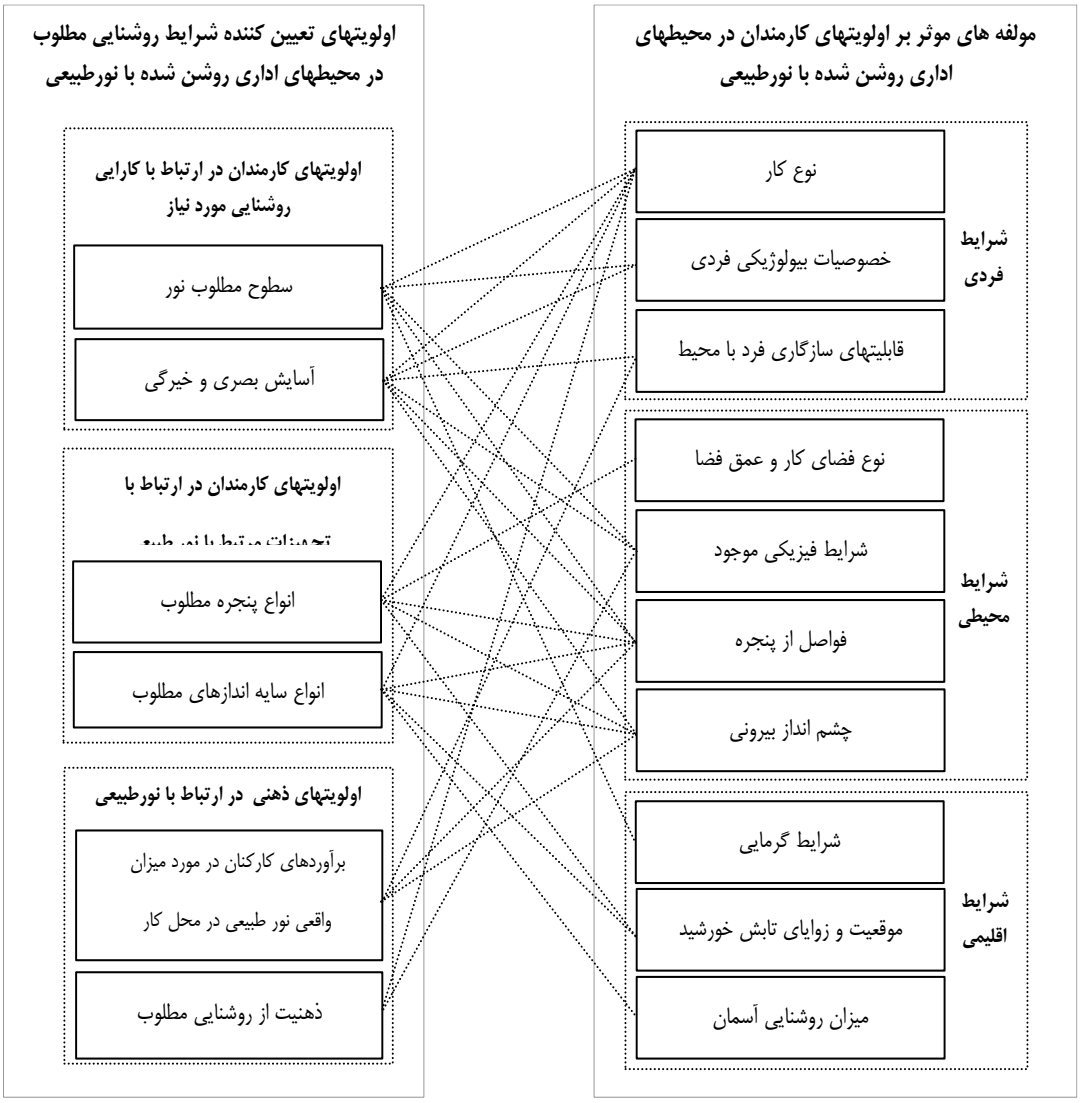
علامت اختصاری	نام گزینه
A1	نوع کار
A2	خصوصیات بیولوژیکی فردی
A3	قابلیتهای سازگاری فرد با محیط
A4	نوع فضای کار و عمق فضا
A5	شرایط فیزیکی موجود
A6	فاصله از پنجره
A7	چشم انداز بیرونی
A8	شرایط گرمایی
A9	موقعیت و زوایای خورشید
A10	میزان روشنایی آسمان

پرسشنامه از نوع زوجی و آنلاین می‌باشد و دارای ۲۸۵ مقایسه زوجی با طیف ششگانه است. این پرسشنامه به پست الکترونیکی تعدادی از طراحان با سابقه طراحی فضای اداری در شهر تهران فرستاده شد. نتایج پیش رو براساس تحلیل یافته های ۱۵ پاسخنامه قابل استفاده ارائه شده است.

تحلیل یافته های پژوهش

در تحلیل شـــبکه فازی نحوه ارتباط و تاثیر گذاری آنها بر اولویتهای کارمندان، ن شان‌دهنده اهمیت ن سبی هر کدام از آنها می‌باشد. براساس نمودار ۳ در میان ریز مؤلفه‌ها، در مورد شرایط

فردی به خصوصیات بیولوژیکی و نوع کار فرد، در مورد شرایط محیطی به چشم انداز و فاصله از پنجره و در مورد شرایط اقلیمی به شرایط گرمایی بیشتر از سایر مؤلفه‌ها اشاره شده است.



نمودار ۳- مدل به دست آمده از تاثیر و اهمیت نسبی مهمترین ریزمؤلفه های موثر بر اولویتهای کارمندان (ماخذ : نگارندگان)

Figure 3. Model of impact and relative importance of the most important components affecting employees' priorities

مقایسه زوجی بین متغیرهای مرتبط با اولویتهای کارکنان در ارتباط با شرایط روشنایی مطلوب(جدول۳)، نشان داد که از نظر خبرگان، متغیر آسایش بصری و خیرگی بیشترین اولویت را در این ارتباط دارا داشته باشند. مقایسه مقادیر بردارهای ویژه متغیرها نشان می‌دهد به ترتیب سطوح مطلوب نور و پنجره مطلوب در اولویتهای بعدی می‌باشند.

جدول ۳- میانگین مقایسات زوجی نسبت به شرایط روشنایی مطلوب

Table 3. Average pairwise comparisons of desirable lighting conditions

	سطوح مطلوب نور(B)	آسایش بصری و خیرگی(C)	پنجره مطلوب (D)	تابش بند مطلوب (E)	برآورد واقعی از نورروز (F)	ذهنیات و باور نسبت به نورروز(G)	بردار ویژه
B	۱,۱,۱	۰/۵۷,۰/۷۹,۱/۱	۰/۷,۱/۱,۱/۴۵	۰/۹,۱/۳,۱/۶	۱/۵,۲/۰۸,۲/۵	۱/۵,۲/۰۲,۲/	۰/۱۵۸,۰/۲۱,۰/۲۶
C	۰/۹,۱/۲,۱/	۱,۱,۱	۰/۹,۱/۱۸,۱/۳۹	۱,۱/۳۹,۱/۷۳۲	۱/۲۵,۱/۷,۲/۳	۱/۳,۱/۹,۲/۴	۰/۱۷۲,۰/۲۲۴,۰/۲۷
D	۰/۶,۰/۹,۱/۴	۰/۷,۰/۸,۱/۰۷	۱,۱,۱	۰/۵۹,۱,۱/۳۵	۱,۱/۵,۲	۱/۱,۱/۶,۲/۱	۰/۱۳۴,۰/۱۷۹,۰/۲۳۲
E	۰/۶,۰/۷,۱/۰۷	۰/۵,۰/۷۱,۱	۰/۷۳,۱,۱/۶۸	۱,۱,۱	۰/۵۹,۱,۱/۳۵	۰/۵,۱,۱/۵	۰/۱۰۵,۰/۱۴۶,۰/۲۰۱
F	۰/۳۸,۰/۴۸,۰/۶۹	۰/۴۳,۰/۵۶,۰/۷۵	۰/۵,۰/۶۷,۱	۰/۷۳,۱,۱/۶۸	۱,۱,۱	۰/۸۱,۱/۲۵,۲	۰/۰۹۸,۰/۱۲۶,۰/۱۷۷
G	۰/۳۹,۰/۴۹,۰/۶۹	۰/۴۱,۰/۵۲,۰/۷۱	۰/۴۷,۰/۶,۰/۹۰	۰/۶۷,۱,۲	۰/۵,۰/۸۱,۱/۲۵	۱,۱,۱	۰/۰۸۸,۰/۱۱۵,۰/۱۶۳
سازگار				CR^m =0/007	CR^g =0/039		

برای محاسبه وزن نهایی مؤلفه‌های هر سطح(W_i^*) می‌بایست حاصلضرب ماتریس بردار ویژه روابط درونی در بردار ویژه همان سطح را در وزن نهایی سطح بالاتر ضرب کنیم.

$$W_i^* = W_{ii} \times W_{i(i-1)} \times W_{i-1}^* \qquad (۱)$$

در صورتی که برای یک سطح ماتریس این مقدار وجود نداشت، لازم است یک ماتریس یکه هم درجه جایگزین آن گردد. به عبارت دیگر می‌بایست از فرمول زیر استفاده می شود(همان).

$$W_i^* = I \times W_{i(i-1)} \times W_{i-1}^* \qquad (۲)$$

با تحلیل مقادیر به دســـت آمده از آراء خبرگان، وزن نهایی متغیرهای شرایط مطلوب رو شنایی به شرح جدول ۴ به د ست آمد.

مطابق انتظار، نتایج حاکی از اهمیت بیشتر کارایی روشنایی مورد نیاز در تامین شرایط روشنایی مطلوب است. این امر نشان می‌دهد که از بین متغیرهای ذکر شده، توجه به ساز و کارهایی که به سطوح مطلوب نور منجر شود و آسایش بصری افراد را تامین نماید و از خیرگی جلوگیری کند، اولویت اصلی در طراحی فضاهای اداری است.

در ادامه تحلیلها، مقایسه های زوجی برای هریک از مؤلفه‌ها نسبت به هر کدام از متغیرها صورت گرفت و نتایج آنها با یکدیگر مقایسه شد. این تحلیل به منظور تعیین مهمترین مؤلفه‌های تاثیرگذار بر تعیین و تحدید هر کدام از متغیرهای شرایط روشنایی مطلوب صورت گرفت. نتایج نشان دادند که برخی مؤلفه‌ها نسبت به سایرین بر متغیرهای بیشتری می‌توانند تاثیر بگذارند. در ارتباط با سطوح مطلوب، نوع کار، خصوصیات بیولوژیکی و فاصله از پنجره مهمترین مؤلفه‌ها تشخیص داده شدند. در ارتباط با آسایش بصری و خیرگی، چشم انداز، قابلیتهای سازگاری فرد با محیط و فاصله از پنجره مؤلفه‌های مهم‌تر بودند. چشم انداز و فاصله از پنجره مهمترین مؤلفه‌های موثر بر پنجره مطلوب ارزیابی شدند و در ارتباط با تابش بندهای مطلوب، موقعیت و زوایای خورشید، شرایط گرمایی و چشم انداز اولویتهای اصلی بودند. مؤلفه‌های نوع کار، شرایط فیزیکی موجود و فاصله از پنجره، مهمترین مؤلفه‌های موثر بر باور ها و ذهنیات کارکنان در ارتباط با روشنایی مطلوب تشخیص داده شدند. این امر بدین معنی است که در طراحی یا تحلیل هر کدام از متغیرهای شرایط روشنایی مطلوب، چه مؤلفه‌هایی بیش از سایرین می‌بایست در نظر گرفته شود و با ارزیابی یا تخمین آنها، می‌توان به نتایج مطلوبتری دست یافت.

جدول ۴- وزن نهایی متغیرهای شرایط مطلوب روشنایی

Table 4. Final weight of desirable lighting conditions variables

مولفه	وزن فازی نهایی	وزن قطعی نهایی
آسایش بصری و خیرگی	۰/۱۷۲,۰/۲۲۴,۰/۲۷۳	۰/۲۲۴
سطوح مطلوب نور	۰/۱۵۸,۰/۲۱,۰/۲۶۱	۰/۲۱
پنجره مطلوب	۰/۱۳۴,۰/۱۷۹,۰/۲۳۲	۰/۱۸
تابش بند مطلوب	۰/۱۰۵,۰/۱۴۶,۰/۲۰۱	۰/۱۴۸
برآورد واقعی از نوروز	۰/۰۹۸,۰/۱۲۶,۰/۱۷۷	۰/۱۳
ذهنیات و باور نسبت به نوروز	۰/۰۸۸,۰/۱۱۵,۰/۱۶۳	۰/۱۱۹

با توجه به نتایجی که از بررسی پژوهشهای پیشین به دست آمده بود، می‌توان فهمید که مؤلفه‌های ذکر شده به عنوان اولویتهای به دست آمده، موارد اصلی ای هستند که می بایست در طراحی شرایط مطلوب روشنایی در نظر گرفته شوند و تاثیر هرکدام، در پژوهشها اثبات شده است. به منظور تعیین مهمترین اولویتها از بین این ۱۰ مولفه، وزن نهایی قطعی هر کدام از آنها نسبت به شرایط مطلوب روشنایی محاسبه شد.(جدول ۵)

بر این اساس، اولویتهای مؤلفه‌هادر تاثیرگذاری بر شرایط مطلوب روشنایی تعیین شد. فاصله از پنجره و چشم‌انداز به عنوان مهمترین مؤلفه‌ها نشان داده شده اند. اولی مولفه‌ای مرتبط با فضای داخلی و دومی مولفه‌ای مرتبط با محیط پیرامون ساختمان اداری است که البته مواردی مانند جهت گیری ساختمان اداری را نیز شامل می‌شود. مؤلفه‌های موثر بعدی موارد اقلیمی و فردی را شامل می‌شوند که نشان‌دهنده اهمیت جنبه‌های بوم‌گرای طراحی فضای کار اداری است. گروه سوم از مؤلفه‌های موثر شامل شرایط فیزیکی و نوع فضای کار هستند که مرتبط با ویژگی‌های الگوهای فضای اداری طبقه بندی می‌گردند.

جدول ۵- وزن نهایی مؤلفه‌هانسبت به شرایط مطلوب روشنایی

Table 5. Final weight of parameters in relation to desirable lighting conditions

مولفه	وزن فازی نهایی گزینه‌ها	وزن قطعی	اولویت
A1	(۰/۰۵۵,۰/۱۰۳,۰/۱۸۶)	۰/۱۰۹	۴
A2	(۰/۰۵۵,۰/۱۰۴,۰/۱۹۱)	۰/۱۱	۳
A3	(۰/۰۵۱,۰/۰۹۸,۰/۱۸)	۰/۱۰۴	۵
A4	(۰/۰۵۱,۰/۰۹۷,۰/۱۸۵)	۰/۱۰۴	۵
A5	(۰/۰۵,۰/۰۹۳,۰/۱۷۹)	۰/۱	۷
A6	(۰/۰۵۸,۰/۱۱۴,۰/۲۰۹)	۰/۱۲۱	۱
A7	(۰/۰۵۷,۰/۱۱۱,۰/۲۰۴)	۰/۱۱۷	۲
A8	(۰/۰۵۴,۰/۱۰۳,۰/۱۹۴)	۰/۱۱	۳
A9	(۰/۰۵۲,۰/۰۹۷,۰/۱۷۹)	۰/۱۰۳	۶
A10	(۰/۰۴۴,۰/۰۸,۰/۱۵۳)	۰/۰۸۶	۸

نتیجه گیری

در این مقاله تعدادی از مهمترین پژوهشها در زمینه رضایت و اولویتهای کارمندان برای بهره‌وری از نورطبیعی مورد بررسی، تفسیر و تحلیل قرار گرفت. بر این اساس رئوس اصلی چارچوب روشنایی مطلوب در محیط‌های اداری شامل ذهنیات کارمندان

نسبت به نورطبیعی، کارایی روشنایی مورد نیاز و کنترل تجهیزات روشنایی هستند. مؤلفه‌های موثر بر اولویتها شامل شرایط فردی، شرایط محیطی و شرایط اقلیمی هستند. با استفاده از روش تحلیل شبکه ای فازی و با استناد به آراء طراحان، اهمیت نسبی و نحوه تاثیر این مؤلفه‌ها مشخص شد. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد مؤلفه‌های چشم‌انداز بیرونی، فواصل از پنجره، خصوصیات بیولوژیکی افراد در بومهای مختلف و شرایط گرمایی اقلیم بیش از سایرین بر تعیین شرایط روشنایی طبیعی مطلوب در محیطهای اداری موثر هستند. در این میان نوع کار افراد و نوع فضای کار اداری به همراه شرایط فیزیکی محل کار، دیگر مؤلفه‌های موثر در تعیین شاخصه های دستیابی به شرایط روشنایی مطلوب در فضاهای اداری روشن شده با نور روز می-باشند. همچنین از یافته های این پژوهش اهمیت بررسی شرایط بومی موثر بر تعیین اولویتهای کارمندان است. برخی از خلا های پژوهشی و اطلاعاتی موجود شامل بررسی تاثیر سایه‌بانهای خودکار و هوشمند بر میزان مصرف انرژی و همچنین رضایت افراد از شرایط روشنایی با تکیه بر جنبه های بومی است. از این رو مطالعه تفاوت اولویتها براساس شرایط بومی هر منطقه به عنوان پژوهش های آتی پیشنهاد می‌شود.

References

1. Knoop, M; Stefani, O; Bueno, B; Matusiak, B; Hobday, R, et al. (2019): Daylight: What makes the difference? Lighting Research and Technology First published 2019 23 July,2019. DOI: 1477153519869758.
2. Lechner, N. (2014). Heating, cooling, lighting: Sustainable design methods for architects. John wiley & sons.(In Persian)
3. CIBSE.(2018): The SLL Lighting Handbook, Society of Light and Lighting, the Chartered Institution of Building Services Engineers, Printed in England on FSC certified Mixed Sources paper by Stones the Printers Ltd.
4. Turan, I; Chegut, A; Fink, D; Reinhart, C. (2020): The value of daylight in office spaces, Build. Environ. 545 168. 106503.
5. Shahin Heidari(2010): Architecture and Lighting; University of Tehran, Tehran, (Persian).
6. Lee, Y. S.; Guerin, D.A. (2010): "Indoor environmental quality differences between office types in LEED-certified buildings in the US",Building and Environment(45) 5 , pp: 1104–1112.
7. Galasiu, A. D; Veitch, J.A. (2006): "Occupant Preferences and Satisfaction with the Luminous Environment and Control Systems in Daylit Offices: A Literature Review" , Energy and Buildings 38, pp:728-742.
8. Kapsis, K.; Tzempelikos, A.; Athienitis, A.K; Zmeureanu, R.G (2010): "Daylighting Performance Evaluation of A Bottom-up Motorized Roller Shade". In Solar Energy 84 (12), pp. 2120–2131.
9. Konis, K. (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.
10. Xiong , J; Tzempelikos , A; Bilionis , I; Awalgaonkar , N.M; Lee , S; et al. (2018): Inferring personalized visual satisfaction profiles in daylit offices from comparative preferences using a Bayesian approach, Build. Environ. 138. 74–88 .
11. Choi, H; Hong, S; Choi, A; Sung, M. (2016): Toward the accuracy of prediction for energy savings potential and system performance using the daylight responsive dimming system,

Energy and Buildings. 133 (2016) 271–280.

12. Newsham, G. R; Birt, B. J; Arsenault, C; Thompson, A. J. L; Veitch, J. A; et al. (2013): Do green buildings have better indoor environments?: new evidence. Building Research & Information, 41(4), 415–434. doi:10. 1080/09613218.2013.789951.
13. Leder, S; Newsham, G.R; Veitch, J.A; Mancini, S; Charles K.E. (2015): Effects of office environment on employee satisfaction: a new analysis, Building Research & Information, DOI: 10/1080/09613218.2014.1003176.
14. Lim, GH; Hirning, MB; Keumala, N; et al. (2017): Daylight performance and users' visual appraisal for green building offices in Malaysia. Energy and Buildings 141: 175–185.
15. Newsham, G.R; Veitch, J.A; Reinhart, C.F; Sander, D.M.(2004):" Lighting Design for Open-Plan Offices". In Construction Technology Update (62).
16. Pierson, C; Wienold, J; Bodart, M. (2018): Review of factors influencing discomfort glare perception from daylight, Leukos 14 (3).111–148.
17. Liu, J; Newsham, G.R; Veitch, J. A; Gorgolewski, M. (2019): Evaluating the in-situ effectiveness of indoor environment guidelines on occupant satisfaction. ARCC Conference Repository, 1(1). Retrieved from https://www.arcc-journal.org/index.php/repository/article/view/630.
18. Moscoso, C; Chamilothori, K; Wienold, J; Andersen, M; Matusiak, B. (2020): Window Size Effects on Subjective Impressions of Daylit Spaces: Indoor Studies at High Latitudes Using Virtual Reality, LEUKOS, DOI: 10/1080/15502724.2020/1726183.
19. Yildirim, K; Akalin_Baskeya, A; Celebi, M. (2007):" The Effects of Window Proximity,Partition Height,& Gender on Perceptions of Open-Plan Offices", Journal of Environmental Psychology 27154-165.
20. Kim, W; Kim, J.T.(2010): "Effect of Background Luminance on Discomfort Glare in Relation to the Glare Source Size", Indoor and Built Environment(19) 1, pp: 175–183.
21. Galatioto, A; Beccali, M. (2016): Aspects and issues of daylighting assessment: A review study. Renewable and Sustainable Energy Reviews 66.852–860.
22. Velds, Martine(2002):" User Acceptance Studies to Evaluate Discomfort Glare in Dalit Rooms", Solar Energy 73 (2), pp: 95–103.
23. Aries, M.B.C; Veitch, J.A; Newsham, G.R. (2010): Windows, view, and office characteristics predict physical and psychological discomfort, J. Environ. Psychol. 30, 533–541, https://doi.org/10/1016/j.jenvp.2009.12 .004.
24. Mangkuto, R.A; Rohmah, M; Asri, A.D. (2016): Design optimisation for window size, orientation, and wall reflectance with regard to various daylight metrics and lighting energy demand: a case study of buildings in the tropics. Appl Energy, 164 , pp. 211-219.
25. Abboushi , B; Elzeyadi, I; Wymelenberg , K.W.D; Richard, T; Sereno, M; Jacobsen, G. (2020): Assessing the Visual Comfort, Visual Interest of Sunlight Patterns, and View

Quality under Different Window Conditions in an Open-Plan Office, LEUKOS.

26. Rodriguez, F; Garcia-Hansen, V; Isoardi, A.A.G. (2020): Appraising daylight changes in window views: systematic procedures for classifying and capturing dynamic outdoor scenes, Architectural Science Review, DOI:10/1080/00038628.2020/1758621.
27. Ko, W.H; Kent, M.G; Schiavon, S; Levitt, B; Betti, G. (2020): A window view quality assessment framework. Building and Environment. arXiv e-prints, pp.arXiv-2010.
28. Robinson, A; Selkowitz, S. (2013): Tips for Daylighting with Windows, Environmental Energy Technologies Division of the Lawrence Berkeley National Laboratory, October 2013. http://eetd.lbl.gov/sites/all/files/ellen_thomas_lbnl-6902e.pdf.
29. Day, J.K; Futrell, B; Cox, R; Ruiz, S.N. (2019): Blinded by the light: Occupant perceptions and visual comfort assessments of three dynamic daylight control systems and shading strategies, Building and Environment, doi: https://doi.org/10/1016/j.buildenv.2019.02.037.
30. Konstantoglou, M; Tsangrassoulis, A. (2016): Dynamic operation of daylighting and shading systems: A literature review. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 60. 268-283.
31. Sadeghi, S.A; Karava, P; Konstantzos, I; Tzempeliko, A. (2016): Occupant interactions with shading and lighting systems using different control interfaces: A pilot field study. Building and Environment. 97. 268-283.
32. Yan, D; O'Brien, W; Hong, T; Feng, X; Burak Gunay, H; Tahmasebi, F; et al. (2015): Occupant behavior modeling for building performance simulation: current state and future challenges, Energy Build. 107 (2015) 264–278, http://dx.doi. org/10/1016/j.enbuild.2015.08.032.
33. Jamrozik, A; Clements, N; Hasan, S.S; Zhao, J; Zhang, R; Campanella, C; Loftness, V; et al. (2019): Access to daylight and view in an office improves cognitive performance and satisfaction and reduces eyestrain: A controlled crossover study, Building and Environment, Vol. 165, p. 106379.
34. Kwona,M; Remoyb, H; Bogaardc, M.V.D. (2019): Influential design factors on occupant satisfaction with indoor environment in workplaces. Building and Environment.157. 356-365.
35. Maleki,Morteza ; Mohammadtaghi Pirbabaei (2009). 'Affecting factors on desirability of office space', Honar-Ha-Ye-Ziba: Memary Va Shahrsazi, 1(40), pp. 61-70. doi: 10.22059/jfaup.2009.68360(Persian).
36. Kennedy HP. (2004). Enhancing Delphi research: methods and results. J Adv Nurs 2004 Mar; 45(5): 504-11.
37. Gogus, O., & Boucher, T. O. (1998). Strong transitivity, rationality and weak monotonicity in fuzzy pairwise comparisons. *Fuzzy Sets and Systems*, *94*(1), 133-144.