Estimation of "daylight autonomy" and "useful daylight illuminances" for industrial parks of Tehran

Sh. Shekari[1], R Gholmohammadi[2]

Recieved: 2009/7/15 Revised: 2009/10/7 Accepted: 2009/11/28

Abstract

Background and aims: Apart from visual effects of daylight it has observed to elicit powerful non visual effects. It controls the circadian rhythm of hormone secretions and body temperature with implications for sleep/wake states, alertness, mood and behavior. In this study new metrics called "Daylight Autonomy" and "Useful Daylight Illuminance" were calculated utilizing south facing vertical illuminance values for industrial parks of Tehran province.

Methods: Measurement of south facing vertical values was carried out between 12 July and 1 August 2007 in three measuring stations (Hamadan, Eshtehard and Kerman). Synchronically calculation of corresponding values was performed using method of Illuminating Engineering Society of North America (IESNA, 2000). Once a proper model was fitted between measured and calculated values, prediction of south facing vertical illuminances was undertaken for 11 industrial parks of Tehran in a working year. Consequently metrics of "Daylight Authonomy" and "Useful Daylight Illuminances" were estimated for an assumed workplace in industrial parks.

Results: Minimum, maximum, mean and standard deviation of predicted values for total data found to be 5, 88.32, 50.14 and 23.35 KLux respectively. Values of "Daylight Authonomy" and "Useful Daylight illuminances" were found to be 56% and 56%- 100% respectively.

Conclusion: There is high potentiality for daylightv availability and energy conservation in industrial parks. The maximum external illuminance was found 88 KLux for all industrial parks. This value could produce internal illuminace exceede 630 Klux which could not make glare and discomfort for occupants.

Keywords:"Daylight Autonomy", "Useful Daylight Illuminace", energy saving, Tehran industrial park

1- School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Iran.
2- **(Corresponding author)** Center of Health Research, School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Iran. Tel: +98918 1117952, Email: gol1965@yahoo.com

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-07-09]

برآورد "روشنایی کافی روز" و "روشنایی مفید روز" در شهرکهای صنعتی استان تهران

شمسی شکاری سلیمانلو[۱]، رستم گلمحمدی[۲]

تاریخ دریافت: ۸۸/۴/۲۴ تاریخ ویرایش: ۸۸/۹/۱۵ تاریخ پذیرش: ۸۸/۱۰/۷

چکیده

زمینه و هدف: نور روز علاوه بر تاثیرات دیداری، سبب کنترل چرخه سیرکادین ترشح هورمونها و دمای بدن، تاثیر بر خواب و بیداری، هوشیاری، حالت و رفتار انسان می شود. در این مطالعه با پیش بینی مقادیر روشنایی قائم جنوبی، کمیتهای "روشنایی کافی روز" و "روشنایی مفید روز" در شهرکهای صنعتی تهران محاسبه گردید.

روش بررسی: اندازه گیری روشنایی نیز از ۱۲ جولای تا ۱ آگوست ۲۰۰۷ از ساعات ۹ تا ۱۵ در سه ایستگاه همدان، اشتهارد و کرمان انجام شد. با استفاده از معادلات انجمن مهندسین روشنایی آمریکای شمالی، مقادیر روشنایی قائم جنوبی برای ایستگاههای مذکور محاسبه گردید. با استفاده از مدل تجربی حاصله، ضمن محاسبه روشنایی قائم جنوبی در ۱۱شهرک صنعتی تهران در یک سال کاری، کمیتهای "روشنایی کافی روز" و "روشنایی مفید روز" در یک کارگاه فرضی پیش بینی شد.

یافته ها: حداقل، حداکثر، میانگین و انحراف معیار کل داده ها بترتیب برابر ۵، ۸۸/۳۲، ۵۰/۱۴ و ۲۳/۳۵ کیلولوکس بود. میزان "روشنایی کافی روز" حدود ۵۶ درصد، و میزان "روشنایی مفید روز" ٪۵۶ تا ٪۱۰۰ برای یک کارگاه فرضی تعیین شد.

نتیجه گیری: در شهرکهای صنعتی تهران پتانسیل بالایی جهت تامین روشنایی روز و صرفه جویی انرژی وجود دارد. حداکثر مقادیر روشنایی قائم در شهر کهای صنعتی بیش از ۸۸ کیلولوکس می باشد که قابلیت تامین روشنایی داخلی بیش از ۶۳۰ کیلولوکس را دارد. این میزان روشنایی داخلی سبب خیرگی و ناراحتی شاغلین نخواهد شد.

کلیدواژه ها: روشنایی کافی روز، روشنایی مفید روز، صرفه جویی انرژی، شهرکهای صنعتی تهران

مقدمه

نورروز نه تنها از لحاظ کیفیت بیشترین تطابق را با پاسخهای دیداری انسان دارد[۱] بلکه تاثیرات شگرفی بر حالات انسان می گذارد بگونه ایکه با تاثیر بر چرخه سیرکادین سبب تنظیم عملکردهای فیزیولوزی مانند خواب، گوارش، هوشیاری، افسردگی و سلامت عمومی می شود[۲]. روشنایی روز دارای تاثیرات روانی قابل ملاحظه ای نیز می باشد. بطوریکه درمحیطهای داخلی موجب احساس آرامش انسان می شود[۳]. براساس مطالعه ناگوچی و همکاران در سال ۲۰۰۴ روشنایی زیاد در طول روز میتواند سبب بهبود کارکرد انسان و نیز افزایش ترشح ملاتونین و افت دمای بدن در شب و در نهایت سبب بهبود کیفیت خواب شود[۴].

۱. کارشناس ارشد بهداشت حرفه ای، دانشگاه علوم پزشکی همدان
۲. (نویسنده مسئول) استادیار گروه بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت و مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی همدان
نشانی: همدان، خیابان مهدیه، روبروی پارک مردم، دانشگاه علوم پزشکی همدان، دانشکده بهداشت، همدان، ایران. gol۱۹۶۵@yahoo.com

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-07-09]

مطالعات شبیه سازی و اندازه گیریهای میدانی نشان داده اند که کنترل کننده های روشنایی مصنوعی با توجه به روشنایی طبیعی می توانند ٪۳۰ تا ٪۷۰ در مصرف انرژی الکتریکی صرفه جویی کنند [۵]. امروزه جهت ارزیابی روشنایی روز درون ساختمانها علاوه بر کمیت "روشنایی کافی روز "(Daylight Autonomy) از کمیت جدیدی بنام "روشنایی مفید روز "(Useful Daylight Illuminance) نیزاستفاده می شود. روشنایی کافی روز (DA) درصدی از سال کاری است که نور روز بتنهایی قادر به تامین روشنایی استاندارد کارگاه (عمدتا ۵۰۰ لوکس) باشد. بدیهی است که در این مدت نیازی به استفاده از روشنایی مصنوعی نبوده و در مصرف انرژی صرفه جویی خواهد شد. روشنایی مفید روز (UDA) درصدی از زمان کار است که روشنایی داخلی کارگاه در محدوده مفید بین ۱۰۰ تا ۲۰۰۰ لوکس باشد [۴]. روشنایی مفید روز را میتوان به سه محدوده اصلی تقسیم کرد: الف) روشنایی روز بین ۱۰۰ تا ۵۰۰ لوکس هم بصورت تنها منبع تامین روشنایی و هم بصورت ترکیب با روشنایی مصنوعی، بعنوان روشنایی موثر در نظر گرفته شده و برای برخی مشاغل مناسب است. ب) روشنایی روز در محدوده ۲۰۰۰-۵۰۰ لوکس اغلب بعنوان روشنایی مطلوب برای بسیاری از مشاغل بوده و یا حداقل، قابل تحمل در نظر گرفته می شود و ج) روشنایی روز بیش از ۲۰۰۰ لوکس غیر قابل قبول است و سبب خیرگی و ناراحتی شاغلین شده و نیز بار برودتی کارگاه را افزایش میدهد [۶]. امروزه برآورد مقادیر روشنایی داخلی کارگاهها با استفاده از نرم افزارهای رایانه ای و مدلهای محاسباتی صورت می گیرد که نیازمند دسترسی به داده های اولیه روشنایی خارجی کارگاهها و نیز درخشندگی آسمان می باشند. با توجه به عدم وجود داده های روشنایی قابل اعتماد در ایران، تعیین مقادیر روشنایی روز در سطح خارجی کارگاهها از طریق مدلهای تجربی امکان پذیر است.

استان تهران دارای ۱۱ شهرک صنعتی در شعاع ۱۲۵ کیلومتری می باشد. هدف از این مطالعه تعیین مقادیر روشنایی روز در سطح قائم رو به جنوب در شهرکهای صنعتی استان تهران و از آنجا تعیین کمیتهای " روشنایی کافی روز" و میزان نیز" روشنایی مفید روز" دراین شهرکها بوده است.

روش بررسی

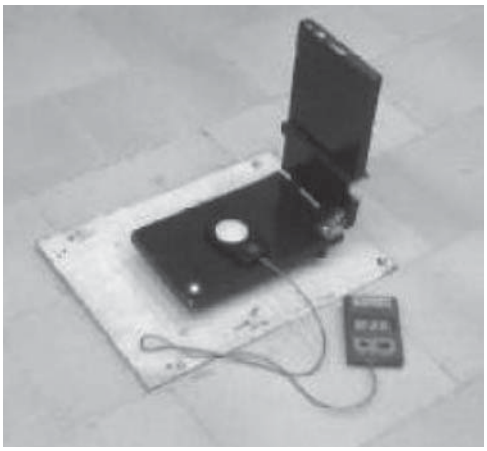
این مطالعه در سه مرحله صورت گرفته است. الف) تعیین مدل محاسباتی مناسب جهت پیش بینی روشنایی خارجی در سطح قائم رو به جنوب در کشور. ب) پیش بینی روشنایی خارجی در سطح قائم رو به جنوب و نیز روشنایی داخلی کارگاهها در شهرکهای صنعتی تهران. ج) پیش بینی کمیتهای " روشنایی کافی روز" و "روشنایی مفید روز" در شهرکهای صنعتی تهران.

تعیین مدل محاسباتی مناسب جهت پیش بینی روشنایی قائم جنوبی در کشور

روشنایی خارجی کارگاهها در سطح قائم، روشنایی داخلی را دقیقتر از روشنایی خارجی در سطح افقی نشان می دهد [۷]. روشنایی در سطح قائم شامل سه مولفه روشنایی مستقیم (ناشی از خورشید)، روشنایی پخشی (روشنایی آسمان) و روشنایی بازتاب زمینی است. دستگاههای معمولی لوکس متر قادر به تفکیک این سه مولفه نبوده و تنها روشنایی کلی در سطح قائم را نشان می دهند. جهت تعیین مدل محاسباتی روشنایی خارجی کارگاهها در سطح قائم ابتدا سه ایستگاه اندازه گیری در همدان، اشتهارد و کرمان با شرایط اقلیمی متفاوت در نظر گرفته شد. با استفاده از دستگاه GPS (global positioning system) مدل Vista Etrex ابتدا مختصات دقیق جغرافیایی سه ایستگاه اندازه گیری و نیز جهت جنوب در هر سه ایستگاه تعیین گردید. اندازه گیری روشنایی قائم در همدان در پشت بام دانشکده بهداشت صورت گرفت. همچنین در کرمان، اندازه گیری در مجتمع فولاد کرمان واقع در بردسیر و در محوطه باز پشت کارخانه و در استان تهران در شهرک صنعتی اشتهارد، در پشت بام ساختمان پست برق شرکت یراق آوران انجام شد.

تعداد سه سامانه اندازه گیری روشنایی جهت تنظیم فتوسل دستگاه لوکس متر در سطح تراز افقی و قائم تعبیه گردید. هر سامانه شامل دوسطح تراز شونده عمود برهم می باشد. با استفاده از سه پایه پیچی ابتدا سطح افقی تراز می شود. تراز مدور روی سطح افقی امکان تراز شدن سامانه را در دو محور X و Y می دهد.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-07-09]



شکل ۱. اندازه گیری روشنایی افقی توسط دستگاه لوکس متر با استفاده سامانه اندازه گیری

سطح عمودی توسط لولاهای نازکی به سطح افقی متصل شده و دارای یک تراز استوانه ای در لبه جانبی خود می باشد. جهت اندازه گیری روشنایی ابتدا باید سطح افقی و سپس سطح قائم تراز شود. سطح قائم دارای دو تکیه گاه در وجه داخلی و خارجی خود می باشد تا امکان قرار گرفتن فتوسل دستگاه لوکس متر در زاویه ۹۰ درجه روی ان میسر شود. فتوسل دستگاه لوکس متر توسط یک کش نازک روی هر یک از سطوح افقی و عمودی محکم و ثابت می شود. سامانه به رنگ قهوه ای تیره می باشد تا انعکاسات ناشی از این سطوح به حداقل برسد. شکل شماره ۱ یک ست سامانه را هنگام اندازه گیری روشنایی در سطح افقی نشان میدهد.

با استفاده از سه دستگاه لوکس متر مدل (۱۰۲-Lutron(Lxو سه سامانه اندازه گیری، مقادیر روشنایی کلی در سطح قائم جنوبی در هر ایستگاه به مدت ۱۵ روز از ۱۲ جولای تا ۱ آگوست ۲۰۰۷ راس هفت ساعت استاندارد و در فواصل ۱ ساعته از ساعت ۹ تا ۱۵ اندازه گیری شد. این ساعات مربوط به ساعات کاری می باشند. بدین ترتیب در هر ایستگاه اندازه گیری تعداد ۱۰۵ داده و در کل ایستگاهها تعداد ۳۱۵ داده روشنایی بدست آمد. هنگام ثبت مقادیر روشنایی، شرایط پوشش ابری آسمان بصورت تجربی در یکی از حالات صاف، نیمه ابری ویا ابری ثبت گردید. با توجه به فراوانی بیشتر روزهای صاف(۸۸٪)، داده های روشنایی مربوط به شرایط نیمه ابری و ابری از مطالعه کنار گذاشته شد و تنها از داده های مربوط به شرایط آسمانی صاف برای تعیین مدل تجربی روشنایی قائم استفاده گردید. همزمان با اندازه گیری روشنایی، با استفاده از معادلات پیشنهادی انجمن مهندسین روشنایی آمریکای شمالی (of North America Illuminating Engineering Society) مربوط به سال ۲۰۰۰ و نرم افزار Excel مقادیر روشنایی کلی در سطح قائم رو به جنوب برای هر یک از ایستگاهها، روزهای اندازه گیری و نیز ساعات مربوطه محاسبه گردید[۸]. جزئیات مربوط به ایستگاههای اندازه گیری در مقاله پیشین نویسندگان آمده است[۹]. داده های اندازه گیری شده و محاسباتی وارد نرم افزار SPSS شده و با استفاده از آنالیز رگرسیون چند گانه، مدل تجربی پیش بینی روشنایی قائم جنوبی برای ایران تعیین گردید. لازم بذکر است که در مقاله پیشین [۹]، از معادلات IESNA مربوط به سال ۱۹۹۶ استفاده شده بود ولیکن در این مطالعه از نسخه جدید این معادلات مربوط به سال ۲۰۰۰ استفاده شده است. لذا مدل تجربی حاصله برای پیش بینی روشنایی قائم جنوبی، با مدل ارائه شده در مقاله قبل متفاوت است.

پیش بینی روشنایی قائم جنوبی و نیز روشنایی داخلی کارگاهها در شهرکهای صنعتی تهران

تعداد ۱۱ شهرک صنعتی در اطراف استان تهران واقع شده که در جدول ۱ مشخصات هر یک از شهرکها آمده است. با استفاده از معادلات IESNA و مدل تجربی حاصله از مرحله قبل، مقادیر روشنایی قائم جنوبی برای هر یک از شهرکهای صنعتی تهران از ساعت ۸ تا ۱۶ در یک سال کاری (۲۹۴ روز) محاسبه گردید[۹]. روابط نهایی محاسبه روشنایی کلی در سطح قائم بصورت زیر است:

$$Ed_V = Ed_n \times \cos a_i \qquad (۱$$

$$E_{Vs} = Ed_V + Ek_V + E_g \qquad (۲$$

که Ed_v ، Ed_n ، Ed_v ، Ek_v ، E_g ، E_{vs} بترتیب شدت روشنایی مستقیم (ناشی ازخورشید)، روشنایی عمود برسطح تراز دریا، روشنایی پخشی (ناشی از آسمان)، روشنایی بازتاب زمینی و روشنایی کلی در سطح قائم رو

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-07-09]

به جنوب بر حسب کیلولوکس می باشند. و α_i زاویه برخورد بر حسب رادیان است.

در ادامه با استفاده از روش لومن (فرمولهای ۶-۳)، مقادیر روشنایی کلی لازم در سطح خارجی پنجره های جنوبی، جهت تامین روشنایی افقی داخلی در حد استاندارد فعلی ۵۰۰ لوکس و نیز محدوده روشنایی داخلی ۲۰۰۰-۱۰۰ لوکس برای یک کارگاه فرضی واقع در یکی از شهرکهای صنعتی تعیین شد[۸].

$$E_{itotal} = \frac{A_w . E_{des}}{A_S} \quad (۳$$

$$E_{ig} = E_{xg} . CU_g . \tau \quad (۴$$

$$E_{itotal} = E_i + E_{ig} \quad (۵$$

$$E_i = E_{xv} . \tau . cu_{sky} \quad (۶$$

E_{itotal}: روشنایی کلی داخلی کارگاه در یک نقطه مرجع از پنجره (Lux).

E_{des}: روشنایی مطلوب داخل کارگاه (۵۰۰ لوکس یا محدوده ۲۰۰۰-۱۰۰ لوکس).

A_w: مساحت دیوار پنجره (m^2).

A_s: مساحت پنجره (m^2).

E_i: روشنایی افقی داخلی کارگاه در یک نقطه مرجع ناشی از پنجره (Lux).

E_{ig}: روشنایی افقی داخلی کارگاه در یک نقطه مرجع ناشی از زمین (Lux).

E_{xg}: روشنایی ناشی از زمین در سطح خارجی پنجره (Lux).

CU_g: ضریب بهره روشنایی ناشی از زمین.

τ: عبور خالص نور از پنجره.

CU_{sky}: ضریب بهره روشنایی ناشی از آسمان.

E_{xv}: روشنایی مورد نیاز در سطح خارجی پنجره جهت تامین روشنایی داخلی کارگاه در حد مطلوب (Lux).

پیش بینی کمیتهای " روشنایی کافی روز" و " روشنایی مفید روز" در شهرکهای صنعتی استان تهران

جهت تعیین کمیتهای "روشنایی کافی روز" و "روشنایی مفید روز" از نمودار فراوانی تجمعی ساعات کاری دارای مقادیر روشنایی معین در سطح خارجی پنجره های جنوبی، استفاده می شود. لذا با استفاده از نرم افزار SPSS نمودار فراوانی تجمعی ساعات کاری دارای روشنایی معین خارجی، برای شهرکهای صنعتی تهران محاسبه گردید. با استفاده از مقادیر محاسباتی روشنایی قائم به روش لومن، جهت تامین مقادیر استاندارد روشنایی افقی ۵۰۰ لوکس و نیز محدوده ۲۰۰۰-۱۰۰ لوکس، و نمودار فراوانی تجمعی ساعات کاری با روشنایی قائم معین، کمیتهای "روشنایی کافی روز" و "روشنایی مفید روز" برای شهرکهای صنعتی تعیین گردید.

یافته ها

در این مطالعه داده های اندازه گیری شده در هر یک از ساعات استاندارد همبستگی بیشتری با داده های محاسباتی مربوط به یک ساعت جلوتر نشان دادند لذا جهت تعیین مدل رگرسیونی مناسب برای روشنایی قائم جنوبی، داده های محاسباتی مربوط به یک ساعت جلوتر، با داده های اندازه گیری شده در ساعات مختلف کاری مقایسه شدند. مدل رگرسیونی تعیین شده برای پیش بینی روشنایی قائم جنوبی بصورت زیر است (r^2= ۰/۸۰۲)

E_{vsm}=۰/۹۰۶ E_{vsc}+۱/۸۱۱

E_{vsm}: روشنایی قائم جنوبی پیش بینی شده (KLx)

E_{vsc}: روشنایی قائم جنوبی محاسبه شده برای یک ساعت جلوتر (KLx)

با توجه به مدل رگرسیونی فوق ، برای هریک از شهرک صنعتی تهران مقادیر روشنایی قائم جنوبی از ساعت ۸ تا ۱۶ برای روزهای کاری سال (۲۹۴) روز محاسبه گردید که در نتیجه تعداد ۲۶۴۶ داده برای هر شهرک و از آنجا تعداد ۲۹۱۰۶ داده برای ۱۱ شهرک صنعتی بدست آمد. مطابق با جدول ۱ حداقل، حداکثر، میانگین و انحراف معیار کل داده ها بترتیب برابر ۵، ۸۸/۳۲، ۵۰/۱۴ و ۲۳/۳۵ کیلولوکس می باشد. در جدول ۱ شاخصهای مرکزی و پراکندگی داده های

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-07-09]

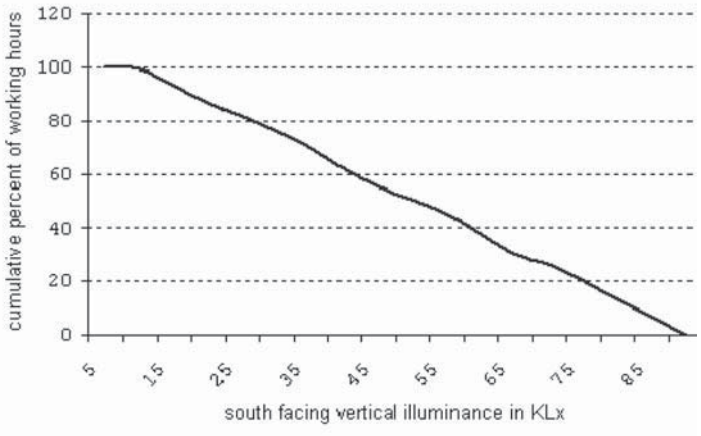
شهرک صنعتی	حداقل(کیلولوکس)	حداکثر(کیلولوکس)	میانگین(کیلولوکس)	انحراف معیار(کیلولوکس)
اشتهارد	۵/۱۷	۸۸/۲۱	۵۰/۰۹	۲۳/۴۵
پرند	۶/۱۴	۸۸/۲۶	۵۰/۰۵	۲۳/۴۰
پیشوا	۵/۸۸	۸۸/۲۹	۵۰/۰۸	۲۳/۳۴
چرمشهرو سالاریه	۶/۰۷	۸۸/۲۸	۵۰	۲۳/۳۷
خوارزمی	۵/۷۱	۸۸/۳۰	۵۰/۱۴	۲۳/۳۲
شمس آباد	۵/۸۵	۸۸/۲۷	۵۰/۰۳	۲۳/۳۹
عباس آباد	۵/۵۷	۸۸/۳۰	۵۰/۱۷	۲۳/۳۲
علی آباد	۵/۸۷	۸۸/۳۰	۵۰/۱۳	۲۳/۳۲
فیروزکوه	۶/۱۱	۸۸/۳۲	۵۰/۴۷	۲۳/۲
نصیر آباد	۵/۸۴	۸۸/۲۶	۵۰/۱۷	۲۳/۳۸
نظر آباد	۵	۸۸/۲۴	۵۰/۲۵	۲۳/۴۱
کل شهرکها	۵	۸۸/۳۲	۵۰/۱۴	۲۳/۳۵

جدول ۱. شاخصهای مرکزی و پراکندگی روشنایی قائم جنوبی در شهرکهای صنعتی تهران

هر یک از شهرکها آمده است. در جدول ۲ مقادیر حداقل، حداکثر و میانگین روشنایی قائم جنوبی کلیه شهرکهای صنعتی از ساعت ۸ تا ۱۶ آمده است. مطابق این جدول مقادیر حداقل، حداکثر و میانگین روشنایی قائم جنوبی به تفکیک ساعات کاری از ساعت ۸ تا ۱۶ در کلیه شهرکهای صنعتی تهران برابر (۴۵،۶۵،۱۶)، (۵۸،۷۸،۲۸)، (۶۶،۸۶،۳۶)، (۶۹،۸۸،۳۸)، (۶۶،۸۴،۳۷)، (۵۷،۷۵،۳۰)، (۴۴،۶۱،۱۹)، (۲۶،۴۲،۸) و (۱۶،۲۸،۵) کیلولوکس تعیین شد.

همچنین در بین شهرکهای صنعتی تهران، چرمشهر و نظرآباد بترتیب دارای کمترین و بیشترین مقادیر میانگین ساعتی روشنایی می باشند. محدوده میانگین روشنایی قائم در چرمشهر ۶۸/۸۳-۱۶/۵۳ کیلولوکس و در نظرآباد ۶۹/۴-۱۶/۵ کیلولوکس می باشد.

فراوانی مقادیر مختلف روشنایی در هر یک از شهرکها از طریق تقسیم بندی داده ها در ۱۳ گروه در جدول ۳ نشان داده شده است. طبق این جدول در همه شهرکها از کل ۲۶۴۶ داده بیشترین فراوانی مربوط به روشنایی قائم بیش از ۸۱/۹ کیلولوکس میباشد (بیش از ۱۲٪). نمودار فراوانی تجمعی ساعات کاری سالیانه در شهرکهای صنعتی نیز نشانگر این است که در ۱۵٪ ساعات کاری در طول سال میزان روشنایی رسیده به سطح خارجی پنجره های جنوبی کارگاهها بیشتر و یا مساوی ۸۲ کیلولوکس است. شکل ۲ نمودار فراوانی



شکل ۲. فراوانی تجمعی ساعات کاری دارای مقادیر مختلف روشنایی قائم جنوبی در شهرکهای صنعتی تهران

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-07-09]

ساعت	اشتهارد	پرند	پیشوا	چرمشهر	خوارزمی	شمس آباد	عباس آباد	علی آباد	فیروزکوه	نصیر آباد	نظر آباد	کل شهرکها
۸	۱۸/۷۶	۱۷/۷۰	۱۶/۷۴	۱۶/۷۵	۱۶/۷۳	۱۷/۳۲	۱۶/۸۶	۱۶/۶۳	۱۶/۴۶	۱۷/۹۳	۱۸/۸۵	۱۶/۴۶
	۶۶/۰۱	۶۵/۳۲	۶۴/۵۱	۶۴/۷۴	۶۴/۳۴	۶۵/۱	۶۴/۳۸	۶۴/۳۰	۶۳/۲۳	۶۵/۱۹	۶۵/۶۷	۶۶/۰۱
	۴۷/۲۶	۴۶/۴۲	۴۵/۵۸	۴۵/۷۱	۴۵/۴۷	۴۶/۱۴	۴۵/۵۵	۴۵/۴۱	۴۴/۷۳	۴۶/۴۴	۴۷/۰۹	۴۵/۹۸
۹	۳۰/۱۲	۲۹/۲۶	۲۸/۵۷	۲۸/۵۱	۲۸/۶۱	۲۸/۹۶	۲۸/۷۲	۲۸/۵۲	۲۸/۶۴	۲۹/۵۳	۳۰/۳۱	۲۸/۵۱
	۷۹/۴۰	۷۸/۹۴	۷۸/۴۱	۷۸/۵۵	۷۸/۳۰	۷۸/۷۹	۷۸/۳۳	۷۸/۲۷	۷۷/۵۹	۷۸/۸۷	۷۹/۱۹	۷۹/۴
	۵۹/۷۳	۵۹/۰۶	۵۸/۴۴	۵۸/۴۸	۵۸/۴۰	۵۸/۸۳	۵۸/۴۸	۵۸/۳۵	۵۸/۰۶	۵۹/۱۶	۵۹/۷۱	۵۸/۷۹
۱۰	۳۷/۱۰	۳۶/۴۲	۳۵/۹۳	۳۵/۸۱	۳۶/۰۱	۳۶/۱۷	۳۶/۱۲	۳۵/۹۴	۳۶/۳۵	۳۶/۷۳	۳۷/۳۹	۳۵/۸۱
	۸۶/۸۰	۸۶/۵۹	۸۶/۳۵	۸۶/۴۱	۸۶/۳۱	۸۶/۵۲	۸۶/۳۲	۸۶/۲۹	۸۵/۹۹	۸۶/۵۷	۸۶/۷۱	۸۶/۸۰
	۶۷/۱۱	۶۶/۶۴	۶۶/۲۶	۶۶/۲۲	۶۶/۲۸	۶۶/۴۷	۶۶/۳۴	۶۶/۲۳	۶۶/۳	۶۶/۷۹	۶۷/۲۲	۶۶/۵۳
۱۱	۳۹/۶۱	۳۹/۱۳	۳۸/۸۵	۳۸/۶۷	۳۸/۹۸	۳۸/۹۴	۳۹/۰۸	۳۸/۹۲	۳۹/۶۱	۳۹/۴۷	۳۹/۹۹	۳۸/۶۷
	۸۸/۲۱	۸۸/۲۶	۸۸/۲۹	۸۸/۲۸	۸۸/۳۰	۸۸/۲۷	۸۸/۳	۸۸/۳	۸۸/۳۲	۸۸/۲۶	۸۸/۲۴	۸۸/۳۲
	۶۹/۱۸	۶۸/۹۵	۶۸/۸۳	۶۸/۷۲	۶۸/۹	۶۸/۸۵	۶۸/۹۵	۶۸/۸۷	۶۹/۲۶	۶۹/۱۴	۶۹/۴	۶۹
۱۲	۳۷/۴۳	۳۷/۱۸	۳۷/۱۵	۳۶/۹۲	۳۷/۳۲	۳۷/۰۶	۳۷/۴	۳۷/۲۷	۳۸/۲۳	۳۷/۵۴	۳۷/۸۹	۳۶/۹۲
	۸۴/۰۸	۸۴/۳۸	۸۴/۷۲	۸۴/۶۳	۸۴/۷۸	۸۴/۴۸	۸۴/۷۶	۸۴/۸	۸۵/۱۷	۸۴/۴۳	۸۴/۲۲	۸۵/۱۷
	۶۵/۸۰	۶۵/۸۴	۶۶	۶۵/۸۴	۶۶/۱۳	۶۵/۸۴	۶۶/۱۶	۶۶/۱۱	۶۶/۷۹	۶۶/۰۵	۶۶/۱۱	۶۶/۰۶
۱۳	۳۰/۵۷	۳۰/۵۴	۳۰/۷۵	۳۰/۴۷	۳۰/۹۶	۳۰/۵۰	۳۱/۰۲	۳۰/۹۳	۳۲/۱	۳۰/۹۱	۳۱/۰۹	۳۰/۴۷
	۷۴/۱۱	۷۴/۶۹	۷۵/۳۱	۷۵/۱۶	۷۵/۴۲	۷۴/۸۷	۷۵/۳۹	۷۵/۴۶	۷۶/۱۴	۷۴/۷۵	۷۴/۳۳	۷۶/۱۴
	۵۷/۰۴	۵۷/۳۶	۵۷/۸۱	۵۷/۶	۵۷/۹۷	۵۷/۴۵	۵۷/۹۸	۵۷/۹۸	۵۸/۸۹	۵۷/۵۶	۵۷/۴	۵۷/۷۳
۱۴	۱۹/۳۵	۱۹/۵۵	۲۰/۰۱	۱۹/۶۸	۲۰/۲۵	۱۹/۵۹	۲۰/۲۹	۲۰/۲۳	۲۱/۶۲	۱۹/۹۳	۱۹/۹۴	۱۹/۳۵
	۵۹/۵۳	۶۰/۱۶	۶۰/۹۱	۶۰/۶۵	۶۱/۱۱	۶۰/۳۵	۶۱/۰۹	۶۱/۱۴	۶۲/۳۱	۶۰/۳۶	۵۹/۹۶	۶۲/۳۱
	۴۳/۰۹	۴۳/۷۳	۴۴/۴۸	۴۴/۲۳	۴۴/۶۶	۴۳/۹۲	۴۴/۶۴	۴۶/۶۹	۴۵/۸	۴۳/۹	۴۳/۴۹	۴۴/۲۴
۱۵	۸/۷۰	۷/۵۲	۸/۳۹	۷/۵۶	۸/۴۷	۸/۳۴	۸/۵۶	۸/۴۹	۸/۸	۸/۱	۸/۳۶	۷/۵۲
	۴۰/۷۶	۴۱/۶۰	۴۲/۵۷	۴۲/۲۹	۴۲/۷۸	۴۱/۸۷	۴۲/۷۳	۴۲/۸۳	۴۴/۱	۴۱/۷۷	۴۱/۲	۴۴/۱
	۲۵/۱۰	۲۵/۹۴	۲۶/۸۲	۲۶/۶۵	۲۶/۹۵	۲۶/۲۳	۲۶/۸۹	۲۷/۰۲	۲۷/۸۶	۲۵/۹۷	۲۵/۳۲	۲۶/۴۳
۱۶	۵/۱۷	۶/۱۴	۵/۸۸	۶/۰۷	۵/۷۱	۵/۸۵	۵/۵۷	۵/۸۷	۶/۱۱	۵/۸۴	۵	۵
	۲۶/۹۲	۲۶/۷۴	۲۶/۴۴	۲۶/۶	۲۶/۳۲	۲۶/۶۹	۲۶/۳۱	۲۶/۳۲	۲۵/۵۹	۲۶/۵۸	۲۶/۶۶	۲۶/۹۲
	۱۶/۵۳	۱۶/۵۱	۱۶/۵۲	۱۶/۵۳	۱۶/۵۲	۱۶/۵۱	۱۶/۵۱	۱۶/۵۳	۱۶/۵۷	۱۶/۴۹	۱۶/۵	۱۶/۵۲

مقادیر روشنایی بر حسب کیلولوکس می باشند.

ردیفهای بالا، میانی و پایینی مربوط به هر ساعت، نشانگر مقادیر حداقل، حداکثر و میانگین روشنایی قائم جنوبی می باشند.

جدول ۲. مقادیر روشنایی قائم جنوبی در هر یک از ساعات استاندارد در شهرکهای صنعتی تهران

تجمعی داده های روشنایی محاسباتی شهرکهای صنعتی تهران را نشان می دهد. داده های روشنایی قائم جنوبی در کلیه شهرکهای صنعتی در ساعت ۱۲ و ۱۶ بترتیب شامل بیشترین و کمترین مقادیر میانگین ساعتی می باشند. شکل شماره ۳ نمودار مقایسه ای میانگینهای ساعتی و ماهیانه روشنایی قائم جنوبی را در شهرکهای صنعتی نشان می دهد. برخلاف انتظار مقادیر میانگین ماهیانه روشنایی قائم در ماههای تابستان کمتر از زمستان می باشد.

با توجه به معادلات ۶-۳ روشنایی قائم جنوبی لازم جهت تامین روشنایی مطلوب داخلی (۵۰۰ لوکس یا محدوده ۲۰۰۰-۱۰۰ لوکس) در یک کارگاه فرضی در یکی از شهرکهای صنعتی تعیین شد. این کارگاه دارای عرض ۳۰ متر، عمق ۱۲ متراز دیوار پنجره، ارتفاع ۴ متر، عرض پنجره ۶ مترو ارتفاع پنجره ۳ متربا عبور خالص ۰/۹ میباشد. روشنایی ناشی از زمین بر سطح خارجی پنجره آن ۱ کیلولوکس و صریب بهره روشنایی از آسمان و زمین برابر ۰/۰۷۸ میباشد. با توجه به معادلات لومن

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-07-09]

روشنایی قائم (کیلولوکس)	اشتهارد	پرند	پیشوا	چرمشهر	خوارزمی	شمس آباد	عباس آباد	علی آباد	فیروزکوه	نصیرآباد	نظرآباد	کل شهرکها
کمتراز ۱۱/۵	۱/۶	۱/۶	۱/۵	۱/۶	۱/۵	۱/۶	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۶	۱/۷	۱/۶
۱۱/۵۱-۱۷/۹۰	۹	۹/۶	۹/۸	۹/۸	۹/۷	۹/۷	۹/۶	۹/۸	۹/۴	۹/۲	۸/۹	۹/۵
۱۷/۹۱-۲۴/۳۰	۸	۶/۸	۶/۲	۶/۳	۶/۴	۶/۳	۶/۴	۶/۳	۶/۳	۷/۲	۷/۸	۶/۸
۲۴/۳۱-۳۰/۷۱	۶/۶	۷/۳	۷/۱	۷/۵	۶/۹	۷/۶	۷	۷	۶/۶	۶/۷	۶/۲	۷
۳۰/۷۲-۳۷/۱۱	۷/۶	۸/۱	۸/۸	۸/۸	۸/۸	۸/۴	۸/۸	۸/۸	۸/۱	۶/۳	۷/۹	۸/۴
۳۷/۱۲-۴۳/۵۱	۱۰/۲	۹/۹	۱۰/۱	۹/۶	۱۰	۹/۹	۹/۹	۱۰/۱	۱۰/۸	۱۰/۱	۱۰	۱۰
۴۳/۵۲-۴۹/۹۱	۶/۳	۶/۲	۶/۲	۶/۲	۶/۲	۶/۱	۶/۳	۶/۲	۶/۴	۶/۲	۶/۴	۶/۲
۴۹/۹۲-۵۶/۳۱	۸/۹	۸/۵	۷/۴	۷/۶	۷/۴	۸/۲	۷/۴	۷/۳	۶/۳	۸/۷	۸/۸	۷/۹
۵۶/۳۲-۶۲/۷۲	۶/۷	۸	۱۰/۱	۹/۹	۱۰/۴	۹	۱۰/۳	۱۰/۵	۱۲/۱	۸/۷	۷	۹/۴
۶۲/۷۳-۶۹/۱۲	۷/۸	۶/۸	۵/۷	۵/۸	۵/۵	۶/۲	۵/۶	۵/۶	۴/۹	۶/۱	۷/۸	۶/۱
۶۹/۱۳-۷۵/۵۲	۸	۸	۸/۳	۸/۱	۸/۴	۸/۱	۸/۳	۸/۴	۷/۹	۸/۲	۸	۸/۱
۷۵/۵۳-۸۱/۹۲	۷/۳	۷/۱	۶/۸	۷	۶/۸	۶/۹	۶/۸	۶/۸	۷/۴	۶/۹	۷/۳	۷
بیش از ۸۱/۹۳	۱۲/۱	۱۲	۱۲	۱۱/۹	۱۲	۱۲	۱۲/۱	۱۲	۱۲/۲	۱۲/۲	۱۲/۲	۱۲
مجموع	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰

جدول ۳. درصد فراوانی مقادیر مختلف روشنایی قائم جنوبی در هر یک از شهرکهای صنعتی تهران

روشنایی مورد نیاز در سطح خارجی پنجره آن جهت تامین روشنایی استاندارد ۵۰۰ لوکس در نقطه مرجع ۰/۵ عمق فضای کارگاه برابر ۴۶/۵ کیلولوکس خواهد بود . با توجه به شکل ۲ در ۴۴٪ زمان کاری روشنایی خارجی در این کارگاه کمتر و مساوی ۴۶/۵ کیلولوکس است لذا در ۵۶٪ باقیمانده میزان روشنایی خارجی بیش از ۴۶/۵ کیلولوکس بوده و قادر به تامین روشنایی داخلی ۵۰۰ لوکس خواهدبود. بنابراین میزان "روشنایی کافی روز" در این کارگاه برابر ۵۶٪ است که به معنی ۵۶٪ صرفه جویی در مصرف انرژی الکتریکی می باشد. همچنین با توجه به معادلات ۶-۳ مقدار روشنایی مورد نیاز در سطح خارجی پنجره جهت تامین روشنایی داخلی این کارگاه در محدوده ۲۰۰۰-۱۰۰ لوکس برابر ۱۸۹-۸/۵ کیلولوکس می باشد. با وجود اینکه در شهرکهای صنعتی، میزان روشنایی خارجی ۸/۵ کیلولوکس جهت تامین روشنایی داخلی ۱۰۰ لوکس درهمه ساعات کاری وجود دارد(۱۰۰٪)، حداکثر روشنایی خارجی موجود در طول ساعات کاری در یکسال برابر ۸۸/۲۱ کیلولوکس است که قادر به تامین روشنایی داخلی ۲۰۰۰ لوکس نبوده و می تواند حداکثر حدود ۶۳۶ لوکس روشنایی داخلی را ایجاد نماید. با توجه به موارد فوق روشنایی داخلی ۱۰۰ تا ۵۰۰ لوکس در ۵۶٪ تا ۱۰۰٪ ساعات کاری بتنهایی توسط روشنایی موجود در سطح خارجی پنجره جنوبی قابل تامین است لذا روشنایی مفید روز در شهرکهای صنعتی ۵۶٪-۱۰۰٪ می باشد. بدیهی است که جهت تامین سقف روشنایی مفید روز، استفاده از منابع روشنایی مصنوعی اجتناب ناپذیر است.

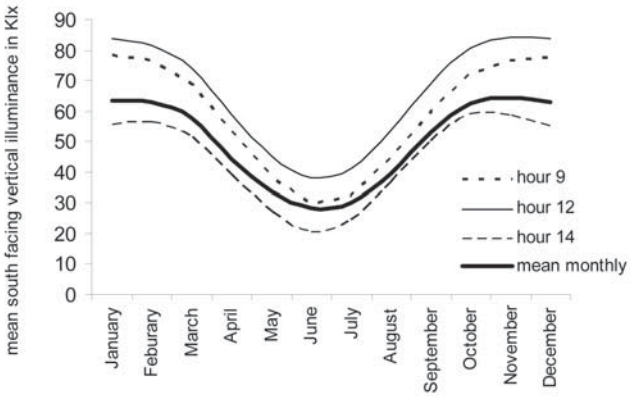
بحث

هدف از این مطالعه تعیین مقادبر روشنایی قائم جنوبی در شهرکهای صنعتی استان تهران در طول سال کاری و از آنجا تعیین کمیتهای "روشنایی کافی روز" و "روشنایی مفید روز" در یک کارگاه فرضی در یکی از این شهرکها بوده است.

مدل تجربی مورد استفاده در این مطالعه به دو دلیل با مدل روشنایی قائم جنوبی در مطالعه قبلی [۹] نویسندگان متفاوت است:

الف) در مطالعه قبلی از معادلات قدیمی IESNA مربوط به سال ۱۹۹۳ استفاده شده [۱۰] ولیکن در مطالعه حاضر از آخرین معادلات مربوط به سال ۲۰۰۰ استفاده شده است [۸].

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-07-09]



شکل ۳: مقایسه میانگین ساعتی و ماهیانه روشنایی قائم جنوبی در شهرکهای صنعتی تهران

ب) در مطالعه پیشین، مقادیر روشنایی محاسباتی و اندازه گیری مورد استفاده جهت تعیین مدل تجربی هر دو مربوط به ساعات استاندارد مشابه بودند ولیکن در مطالعه حاضر به دلایل ناشناخته، مقادیر اندازه گیری شده در هر یک از ساعات استاندارد، همبستگی بیشتری با مقادیرمحاسباتی با روش IESNAمربوط یک ساعت جلوتر نشان داد . لذا جهت تعیین مدل تجربی از مقادیر محاسباتی یک ساعت جلوتر استفاده شده است.

همه شهرکهای صنعتی دارای مقادیر متناظر حداقل، حداکثر، میانگین و انحراف معیار نزدیک به هم می باشند. مقادیر حداکثر و میانگین روشنایی قائم جنوبی در کلیه شهرکهای صنعتی تهران، بترتیب حدود ۱۷/۵و ۱۰ برابر مقادیر حداقل می باشند. در هر یک از ساعات کاری از ساعت ۸ تا ۱۶ در کلیه شهرکها نسبت مقادیر حداکثربه حداقل و میانگین به حداقل بترتیب برابر (۴و ۲/۸)، (۲/۷و ۲)، (۲/۳و ۱/۸)، (۲/۳و ۱/۸)، (۲/۲و ۱/۷)، (۲/۵و ۱/۹)، (۳/۲و ۲/۳)، (۵/۲و ۳/۲) و (۵/۲و ۳/۲) می باشد.

بر خلاف انتظار مقادیر میانگین ماهیانه روشنایی قائم جنوبی کلیه شهرکهای صنعتی در اواخر پاییز و زمستان بیش از تابستان می باشند. الگوی مشابهی نیز در مطالعه دسترسی به نور روز در سانفرانسیسکو مشاهده شده است [۱۱]. مرور برگه های محاسباتی Excelمربوط به مقادیر روشنایی قائم در طول سال نشان داد که تغییرات زاویه برخورد نور در اوقات سال علت این پدیده می باشد. چرا که با افزایش زاویه برخورد در فصل تابستان، میزان کسینوس این زاویه کاهش می یابد و در نتیجه میزان روشنایی مستقیم و در نهایت روشنایی کلی در سطح قائم جنوبی نیز کاهش خواهد یافت.

بیشترین فراوانی داده های روشنایی در همه شهرکها مربوط به محدوده روشنایی قائم بیش از ۸۱/۹ کیلولوکس میباشد (بیش از ۱۲٪) که نشانگر وجود مقادیر بالایی از روشنایی قائم در زمان قابل ملاحظه ای در طول سال در این شهرکها می باشد. در تامین روشنایی طبیعی در داخل کارگاهها باید به مقادیر بیش از سقف روشنایی مفید روز توجه کافی مبذول گردد زیرا وجود مقادبر روشنایی روز بیش از ۲۰۰۰ لوکس به عنوان یک شاخص برای احتمال ایجاد خیرگی و ناراحتی شاغلین میباشد لذا شاغلین جهت خلاصی از ناراحتی ناشی از خیرگی، اقدام به جلوگیری از ورود نور نموده و از روشنایی مصنوعی استفاده خواهند کرد که منجر افزایش مصرف انرژی خواهد شد. همچنین ورود مقادیر بالای نور روز سبب افزایش حرارت داخلی و از آنجا افزایش بار برودتی کارگاه و نیز مصرف انرژی خواهد شد.

نتیجه گیری

با توجه به اجرای قریب الوقوع سیاست هدفمند سازی یارانه های انرژی در کشور، بهینه سازی مصرف انرژی و صرفه جویی در مصرف آن اهمیت روز افزونی یافته است. لذا استفاده از روشنایی روز بعنوان جایگزین برق و یا همراه با روشنایی الکتریکی سهم

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-07-09]

قابل ملاحظه ای در صرفه جویی الکتریسیته خواهد داشت. این مطالعه نشانگر وجود مقادیر بالای روشنایی قائم در شهرکهای صنعتی تهران و نیز پتانسیل بالای نور روز در تامین روشنایی داخلی و صرفه جویی انرژی می باشد. بگونه ایکه در یک کارگاه فرضی در هر یک از شهرکهای صنعتی تهران، میزان روشنایی روز در سطح خارجی پنجره های جنوبی در ۵۶٪ ساعات کاری سالیانه، بیش از ۴۶/۵ کیلولوکس می باشد. این میزان نور روز بتنهایی قادر به تامین روشنایی استاندارد داخلی ۵۰۰ لوکس در سطح افق خواهد بود و می تواند جایگزین مصرف برق گردد. بنابراین میزان "روشنایی کافی روز" در این کارگاه برابر ۵۶٪ است که به معنی ۵۶٪ صرفه جویی در مصرف انرژی الکتریکی می باشد. همچنین در این شهرکها روشنایی مفید داخلی در محدوده ۱۰۰ تا ۵۰۰ لوکس را می توان در ۵۶٪ تا ۹۸٪ ساعات کاری سالیانه، به تنهایی توسط روشنایی موجود در سطح خارجی پنجره جنوبی ویا بصورت ترکیب با روشنایی مصنوعی تامین کرد. همچنین این مطالعه نشان داد که روشنایی روز در سطح قائم در طول سال، سبب ایجاد روشنایی داخلی خیره کننده نخواهد شد بطوریکه حداکثر مقادیر روشنایی قائم در شهر کهای صنعتی تهران (حدود ۸۸ کیلولوکس) قادر به تامین روشنایی داخلی افقی در حد ۶۳۰ کیلولوکس می باشد. این میزان روشنایی داخلی سبب خیرگی و ناراحتی شاغلین نخواهد شد. با توجه به اینکه مفهوم "روشنایی مفید روز" یک ایده نسبتا جدید است تحقیقات بیشتری باید جهت تعیین میزان بهینه روشنایی مفید خصوصا حد نهایی آن در محدوده ۲۰۰۰-۱۰۰ لوکس صورت گیرد.

منابع

1. Li, D.H.W., Lam, J.C. An investigation of daylighting performance and energy saving in a daylit corridor.Energy and buildings. 35,365-373, 2003.

2.Hashmi, K. Daylight vs Artificial Light. Swedish Energy Agency. 2008. http://ciralighteurope.com/(S(nsx4h455ulm4es45sdcdty55))/docs/Daylight_vs Artificial Light.pdf

3. Webb, A.R. Consideration for lighting in the built Environment: Non visual effects of light. Energy and Buildings. 38,721-772, 2006.

4. Nabil, A ., Mardaljevic, J. Useful daylight illuminance: a replacement for daylight factors. Energy and buildings. 38,905-913, 2006.

5.Ihm, P., Nemri, A and Krarti, M. Estimation of lighting energy savings from daylighting. Build. Environ., 44 (3): 509- 514, 2009.

6. Mardaljevic, J. Climate-based daylight modelling . Building Services Journal 2006 September. Available from:http://www.iesd.dmu.ac.uk/~jm/publications.html

7. Lam, J.C., Li, D.H.W. Measurement of solar radiation and illuminance on vertical surfaces and daylighting implications.Renewable energy. 20,389-404, 2000.

8. Rea, S. In: "Illuminating Engineering Society of North America " (IESNA). Lighting handbook - reference and application. New York: 2000.

9. Shekari, Sh., Golmohammadi, R., Mahjub, H., Mohammadfam, I., Motamedzadeh, M. Estimation of Illuminance on the South Facing Surfaces for Clear Skies in Iran. Journal of research health sciences . 8, 46-55, 2008.

10. Rea, S. In: "Illuminating Engineering Society of North America " (IESNA). Lighting handbook - reference and application. New York: 1993.

11. Navvab, M., Karayel, M., Neeman, E and Selkowitz, S. Daylight availability data for San Francisco. Energy and Buildings. 6:273-81, 1984.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-07-09]