علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و سوم، شماره یک، فروردین ماه ۱۴۰۰

بررسی عملکرد معیارهای ارزیابی خیرگی ناراحت کننده در ساختمان های اداری اقلیم گرم و خشک ایران

محبوبه پوراحمدی[۱]

محمدعلی خانمحمدی[۲*]

Khanmohammadi@iust.ac.ir

فرهنگ مظفر[۳]

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۱/۰۸ **تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۷/۱۱**

چکیده:

زمینه و هدف: با وجود اهمیت خیرگی در معماری مدرن امروز، هنوز معیار محکمی در مورد خیرگی نور روز وجود ندارد. از آن جایی که هر مقدار اندازه گیری شده باید همبستگی شاخصی را با درک ساکنان فضا داشته باشد، توافق بر روی شاخصه های خیرگی و معیارهای آن ها دشوار می باشد. این مقاله، به دنبال بررسی عملکرد معیارهای ارزیابی خیرگی ناراحت کننده در ساختمان های اداری اقلیم گرم و خشک ایران بوده و پنج شاخصه متفاوت خیرگی را با هم مقایسه می کند.

روش بررسی: معیارهای آنالیز شده شامل شاخص خیرگی نور روز (DGI)، شاخص خیرگی CIE (CGI)، احتمال آسایش بصری (VCP)، نرخ خیرگی یکپارچه (UGR) و احتمال خیرگی نور روز (DGP) می باشند و با استفاده از شبیه سازی و پرسشنامه، مشخص شد تحت شرایط مختلف کدام معیارها کاربردی ترند.

یافته ها: طبق یافته ها، DGP قابل اعتماد ترین نتایج را در سطوح متفاوت خیرگی بر اساس ارزیابی ذهنی افراد در بین ۵ شاخصه دیگر می دهد. UGR در بین شاخصه های دیگر، بالاترین نرخ دقت را برای صحنه های خیرگی محسوس داراست، DGI در صحنه های خیرگی نامحسوس دقت بسیار بالایی دارد و بهترین عملکرد CGI در صحنه های خیرگی آزار دهنده می باشد. VCP درتمامی صحنه های خیرگی دارای کمترین میزان دقت می باشد.

بحث و نتیجه گیری: با ارزیابی شاخصه های بصری با توجه به درک ذهنی افراد مشخص شد DGP مناسب ترین معیار در سطوح متفاوت خیرگی می باشد.

کلید واژه ها: "خیرگی ناراحت کننده"، "نور روز"، "شاخصه های خیرگی"، "آسایش بصری"

۱- دانشجوی دکترای معماری دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران.

۲- دانشیار دانشکده معماری دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران* (مسئول مکاتبات).

۳- دانشیار دانشکده معماری دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران.

J. Env. Sci. Tech., Vol 23, No.1, April, 2021

Investigation the Performance of Glare Indices in Iran's Hot and Dry Climate

Mahboubeh Pour Ahmadi[۱]

Mohammad Ali Khanmohammadi[۲*]

Khanmohammadi@iust.ac.ir

Farhang Mozaffar[۳]

Accepted: 2018.10.03 Received:2018.03.28

Abstract:

Background and Objective: Discomfort glare is a common issue in modern building. Glare not only has negative effect on the comfort of occupant but also increases energy consumption in the building. However, still there isn't a robust glare metric, especially about daylighting. Many existing glare indices including DGP (Daylight Glare Probability), DGI (Daylight Glare Index), UGR (Unified Glare Rating), VCP (Visual Comfort Probability), and CGI (CIE Glare Index) focus on evaluating perceived degree of glare intensity.

Method: This paper provides recommendations to determine discomfort glare in daylight space based on simulation and questionnaire in Iran and compares five different glare indices. The metrics analyzed are Daylight Glare Index, CIE Glare Index, Visual Comfort Probability, Unified Glare Rating, and Daylight Glare Probability. For assessing these indices, a questionnaire was developed and by reviewing the simulation results and the questionnaire, it was determined which criteria is more applicable under different circumstances.

Findings: It is found that DGP yields the most plausible results. UGR has the highest rate for assessing perceptible glare, DGI has acceptable accuracy for assessing imperceptible glare and the best performance of CGI is in intolerable glare scenes. VCP has the least degree of accuracy in each stage. VCP is not suitable for use in calculations of daylight glare.

Discussion and Conclusion: Evaluating visual criteria with considering at subject evaluation shows that DGP is the best Index in different level of glare.

Keywords: Discomfort Glare, Daylighting, Glare Indices, Visual Comfort

۱- PhD Candidate, Architecture, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran

۲- Associate Professor, Architecture, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran* (Corresponding Author)

۳- Associate Professor, Architecture, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran

مقدمه

طراحی ساختمان و فضاها با استفاده از قابلیت های نور روز بسیار مطلوب می باشد. این قابلیت ها شامل ارتباط با بیرون از طریق دید و نور طبیعی، کاهش استفاده از روشنایی الکتریکی و حفظ آسایش بصری می باشد. نور روز عموما باعث بهبود احساس سلامتی، شادابی و هوشیاری می شود؛ ولی اگر ناراحتی بصری اتفاق بیفتد، این امتیازات منتفی خواهند شد. به عبارتی دیگر، همزمان در نظر گرفتن این نکته مهم است که همیشه حضور نور روز یک نکته مثبت نمی باشد.

خیرگی ناراحت کننده از نور روز یک مساله رایج در تعداد زیادی از محیط های اداری می باشد. این مساله، یک موضوع قابل توجه تحقیقاتی بوده و تلاش های زیادی برای توسعه ارزیابی قابل اعتماد و ایجاد مدل هایی برای حل این مساله صورت گرفته است [۱]. در طراحی روشنایی، باید از خیرگی ناراحت کننده به منظور بهره گیری از امتیازات منابع نور طبیعی در ساختمان، جلوگیری شود. با این حال، ارزیابی دقیق خیرگی ناراحت کننده از آن جایی که خیرگی یک پدیده ذهنی است، چالش برانگیز می باشد [۲]. تعداد زیادی از شاخصه های خیرگی ناراحت کننده به منظور کمیت بخشی صحیح و تعیین سطوح درک خیرگی، توسعه یافته اند. با این حال شاخصه های خیرگی موجود، به طور گسترده ای ارزیابی های متناقضی را بر روی یک صحنه خیرگی مشابه نشان داده اند. پژوهشگران زیادی، مطالعات اعتبارسنجی بر روی شاخصه های خیرگی انجام داده اند، اما هنوز دستورالعمل واضحی برای استفاده صحیح از شاخصه های خیرگی وجود ندارد [۳].

ضرورت و اهمیت پژوهش

عموما پذیرفته شده است که نور روز و دید، موجب ایجاد سلامتی، آسایش و محیط کار سالم برای کاربران می شوند و بنابراین باید در دفاتر اداری گنجانده شوند. به همان اندازه قابل درک است که نیاز به کاهش ناراحتی بصری برای استفاده کنندگان فضاها با نور روز لازم است. با افزایش استفاده از شیشه در ساختمان های مدرن، توجه به نیاز به کمیت بخشی و جلوگیری از ناراحتی بصری، در کنار هم افزایش یافته است. از لحاظ تاریخی، تلاش های کمی برای پیش بینی خیرگی به صورت کمی، تحت شرایط متفاوت آزمایشگاهی و برای مقاصد مختلف، توسعه پیدا کرده است. بنابراین تلاش های بسیار محدودی برای مقایسه مستقیم پیش بینی این معیارها و تعیین دامنه های کاربردی آن ها، وجود دارند. در نتیجه، در حال حاضر برای طراح نسبتا دشوار است که تصمیم بگیرد از کدام شاخص خیرگی استفاده کند [۴].

در حال حاضر، درستی پیش بینی آسایش بصری نسبت به درک واقعی مورد ابهام است، زیرا پژوهش ها در مورد معیارهای ناراحتی بصری، ارتباط قوی ای را بین آسایش درک شده و آسایش پیش بینی شده نشان نداده اند [۶،۵]. به طور خاص، زمان ارزیابی خیرگی ناراحت کننده از نور روز، شواهدی وجود دارند که نشان می دهند، خیرگی درک شده در محیط آزمایشی کنترل شده از خیرگی درک شده در موقعیت های میدانی، متفاوت است، از آن جایی که در مطالعات میدانی بین افراد، نوع کار، شرایط آسمان، دید به پنجره و احتمالا جهت نما تفاوت وجود دارد [۸،۷].

اهداف تحقیق

هدف اصلی این پژوهش، یافتن میزان تاثیر شاخصه های متفاوت خیرگی در ساختمان های اداری اقلیم گرم و خشک ایران می باشد که به این منظور از یک دفتر اداری در تهران به منظور آنالیز بیشتر بهره گرفته شد. هدف فرعی پژوهش نیز بررسی میزان تاثیر شاخصه های متفاوت خیرگی در سطوح متفاوت آن (نامحسوس، محسوس، آزاردهنده و غیر قابل تحمل) و شناسایی کاربردی ترین شاخصه ها می باشد.

سئوالات پژوهش

سئوال کلی پژوهش را می توان به صورت زیر بیان نمود:

کدام یک از شاخص های خیرگی ناراحت کننده به منظور ارزیابی خیرگی در ساختمان های اداری اقلیم گرم و خشک ایران، مناسب تر می باشد؟

سوال فرعی نیز به شکل زیر مطرح می شود:

- میزان تاثیر شاخصه های متفاوت خیرگی در ساختمان های اداری اقلیم گرم و خشک ایران، بر اساس سطوح متفاوت خیرگی چگونه است؟

بررسی معیارهای خیرگی موجود

خیرگی زمانی اتفاق می افتد که چشم ها با یک روشنایی مشخصی سازگار شده اند، سپس نور آزاردهنده، منحرف و گاهی اوقات خیره کننده در داخل میدان بصری ظاهر می شود. خیرگی یک پدیده پیچیده است و رویکردهای متفاوتی در ارزیابی آن برای محاسبه قابلیت های ایجاد ناراحتی به کار گرفته شده اند. برای ارزیابی خیرگی، عموما از پنج شاخص زیر استفاده می شود:

احتمال آسایش بصری [۱](VCP)

این شاخصه به منظور ارزیابی خیرگی ناراحت کننده معرفی شد [۹] و سپس برای استفاده در انواع سیستم های روشنایی ویرایش شد [۱۰]. VCP فقط برای ارزیابی اندازه های معمول مثل چراغ های نصب شده در سقف با روشنای یکنواخت توسعه داده شده است. بنابراین برای استفاده با منابع غیر یکنواخت، خیلی بزرگ یا خیلی کوچک از قبیل لامپ های هالوژنی، یا برای ارزیابی خیرگی نور روز مناسب نمی باشد [۱۱].

شاخص خیرگی CIE [۲](CGI)

به منظور تصحیح تناقضات ریاضی BGI برای منابع خیرگیمتعدد، شاخص جدیدی ارائه شد که بعدا توسط CIE پذیرفته شد و بنابراین شاخص خیرگی CIE نامیده شد [۱۲].

شاخص خیرگی ناراحت کننده [۳](DGI)

این شاخص از CGI مشتق شده است و هدف آن پیش بینی خیرگی منابع بزرگ از قبیل بازشو هاست. مقدار DGI با سطوح مختلف از خیرگی ناراحت کننده همراه است. مقدار ۲۲ به عنوان یک آستانه قابل قبول منطقی در نظر گرفته شده است [۱۴،۱۳].

نسبت خیرگی یکنواخت [۴](UGR)

مقدار این شاخص بین ۱۰ (غیر قابل محسوس) تا ۳۴ (غیر قابل تحمل) با گام های سه واحدی متغیر است. مشابه CGI مقدار ۱۹ معمولا به عنوان مرز بین راحتی و خیرگی ناراحت کننده در نظر گرفته می شود.

احتمال خیرگی ناراحت کننده [۵](DGP)

برای تعیین خیرگی، فرمولDGP ، ایلومیننس عمودی چشم را با عناصرشاخصه های خیرگی موجود، ترکیب می کند. در مقایسه با شاخصه های خیرگی موجود،DGP همبستگی بسیار قوی ای را با واکنش کاربران درباره درک خیرگی نشان می دهد.

در جدول ۱، تعدادی از شاخصه های ناراحتی خیره کننده در چهار مقیاس احساس خیرگی، مقایسه شده اند.

جدول ۱- معرفی تعدادی از شاخصه های ناراحتی خیره کننده در چهار مقیاس احساس خیرگی

Table 1- Introducing some Index of Discomfort Glare in four level of glare

درجه احساس خیرگی	VCP	CGI	DGI	UGR	DGP
غیر قابل تحمل	<۴۰	>۲۸	>۳۱	>۲۸	>۰/۴۵
آزار دهنده	۴۰-۶۰	۲۲-۲۸	۲۴-۳۱	۲۲-۲۸	۰/۴-۰/۴۵
محسوس	۶۰-۸۰	۱۳-۲۲	۱۸-۲۴	۱۳-۲۲	۰/۳۵-۰/۴
نامحسوس	>۸۰	<۱۳	<۱۸	<۱۳	۰/۳۵>

۱- Visual Comfort Probability

۲- CIE Glare Index

۳- Discomfort Glare Index

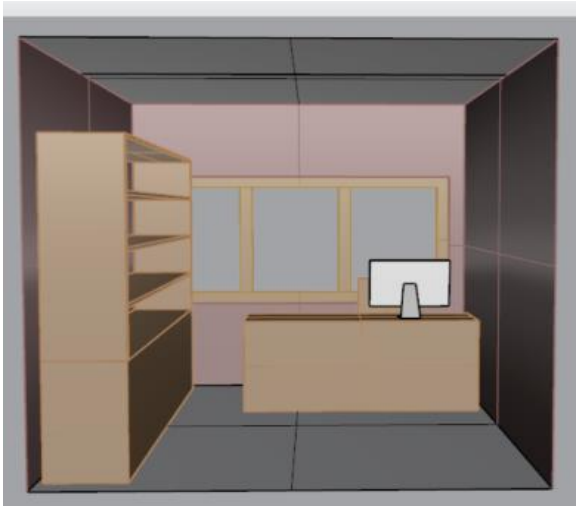
۴- Unified Glare Rating

۵- Discomfort Glare Probability

روش شناسی

به منظور محاسبه شاخص های خیرگی از پلاگین DIVA در grasshopper استفاده شد. این پلاگین برای ارزیابی خیرگی ناشی از نور روز به کار گرفته می شود. مدل سازی نیز در نرم افزار RHINO صورت پذیرفت.

به منظور ارزیابی دقیق تر شاخصه های آسایش بصری از یک مدل دفتر اداری خصوصی بهره گرفته شد. این دفتر در جبهه جنوبی واقع شده است و در نتیجه در طول روز در معرض بیشترین تابش قرار می گیرد. ابعاد مدل ۴×۳ متر بوده و مساحت پنجره ۲/۵ مترمربع می باشد که در جبهه جنوب قرار گرفته است. به منظور ارزیابی مسائل مربوط به خیرگی، فاصله ۱,۳ متری از پنجره در ارتفاع ۱/۲ (ارتفاع چشم در حالت نشسته) در نظر گرفته شده است. علاوه بر این هیچ مانع بصری نزدیک به دفتر اداری وجود ندارد (شکل ۱).



شکل ۱- مدل دفتر شبیه سازی شده

Fig1-The modeling of office

ویژگی مصالح استفاده شده در جدول شماره ۲ بیان شده است.

جدول ۲- ویژگی مصالح شبیه سازی شده

Table 2- Properties of material in simulation

میزان انعکاس دیوار	٪ ۷۰
میزان انعکاس سقف	٪ ۷۰
میزان انعکاس کف	٪ ۴۰
میزان انعکاس مبلمان	٪ ۵۰
میزان عبور بصری پنجره ها	٪ ۸۰

اطلاعات آب و هوایی بر اساس فایل اقلیمی ایستگاه مهرآباد تهران در نظر گرفته شد. بازه زمانی انجام پژوهش ۱۵ روز اول دی ماه و تحت مدل های متفاوت آسمان (صاف با حضور خورشید، نیمه ابری با حضور خورشید و پوشیده از ابر) انجام یافت. در طول پژوهش از اطلاعات جدول ۳ در پارامترهای رادیانس استفاده شد.

جدول ۳- پارامترهای استفاده شده در رادیانس

Table 3- Radiance parameter

Ambient bounces (-ab)	۲
Ambient divisions (-ad)	۱۰۲۴
Ambient supersamples (-as)	۱۰۲۴
Ambient resolution (-ar)	۱۲۸
Ambient accuracy (-aa)	۰,۲۵

به منظور ارزیابی ذهنی خیرگی از ۲۵ شرکت کننده (زن و مرد) که واجد شرایط زیر بودند استفاده شد:

- عدم بیماری مرتبط با دید و کوررنگی
- سن بین ۲۰ تا ۳۰ سال
- عدم استفاده از عینک

پرسشنامه مورد استفاده در پژوهش، شامل موارد زیر می شود:

- جزئیات مکان و زمان
- سوالات روشنایی عمومی
- سوالات جمعیت شناختی
- نظرات در مورد خیرگی ناراحت کننده

جدول شماره ۴ نمونه پرسشنامه استفاده شده در پژوهش، را ارائه می کند. برای انجام پرسشنامه از افراد در موقعیت مشابه اتاق شبیه سازی شده در همان زاویه دید، وسعت و چینش مبلمان استفاده شد. موقعیت مانیتور نیز نسبت به موقعیت آن در شبیه سازی یکسان در نظر گرفته شد.

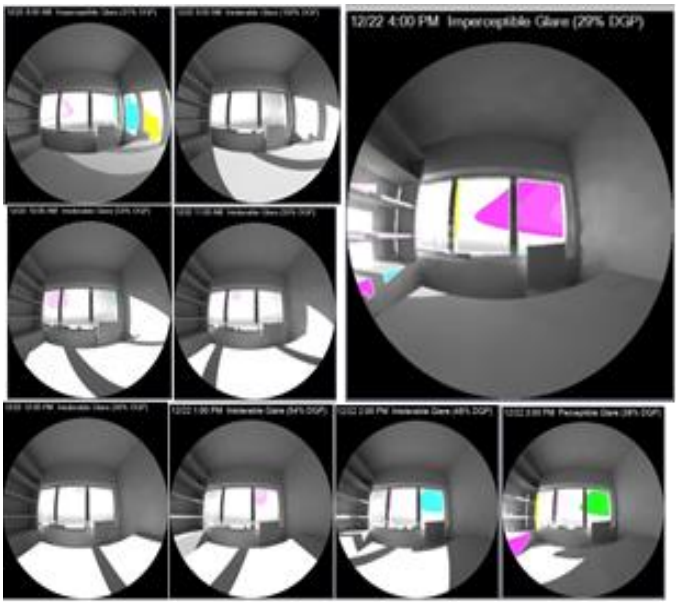
جدول ۴- پرسشنامه استفاده شده در پژوهش

Table 4- The questionnaire

<table>
<tr><td colspan="5">سن:</td><td colspan="5">موقعیت:</td></tr>
<tr><td colspan="5">جنس:</td><td colspan="5">تاریخ:</td></tr>
<tr><td colspan="5">استفاده از لنز:</td><td colspan="5">زمان:</td></tr>
<tr><td colspan="10">- اگر خیرگی را تجربه می کنید، عامل اصلی ایجاد کننده آن چیست؟
نور خورشید مانیتور انعکاس از سایر سطوح سایر موارد</td></tr>
<tr><td colspan="10">- خیرگی محیط کار خود را چگونه توصیف می کنید؟
نا محسوس محسوس آزار دهنده غیر قابل تحمل</td></tr>
<tr><td colspan="10">- به خیرگی ناراحت کننده محیط کار خود، چه نمره ای می دهید؟ (از یک تا ده)</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">نامحسوس</td><td colspan="3">محسوس</td><td colspan="3">آزار دهنده</td><td colspan="2">غیر قایل تحمل</td></tr>
<tr><td></td><td>۱</td><td>۲</td><td>۳</td><td>۴</td><td>۵</td><td>۶</td><td>۷</td><td>۸</td><td>۹</td><td>۱۰</td></tr>
</table>

یافته ها

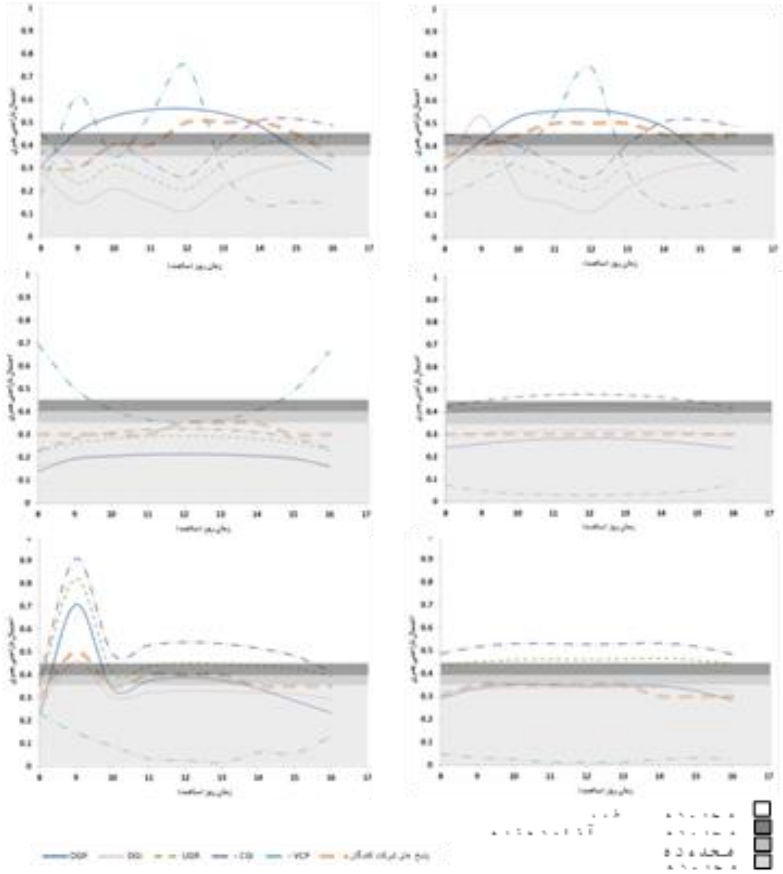
همان گونه که قبلا مطرح شد، به منظور انجام پژوهش از شبیه سازی و پرسشنامه بهره گرفته شد تا نتایج قابل تعمیم تری به دست بیاید. دفتر معرفی شده، با استفاده از نرم افزار RHINO مدل سازی و با استفاده از نرم افزار DIVA در grasshopper میزان هر کدام از شاخصه ها به دست آمد. در تصویر ۲ یک نمونه شبیه سازی مدل مورد نظر بین ساعات ۸ تا ۱۶ در روز اول دی ماه که آسمان کاملا صاف بوده است، ارائه شده است.



شکل ۲- شبیه سازی مدل مورد نظر تحت آسمان صاف در اول دی ماه بین ساعت ۸ تا ۱۶

Fig 2- Simulation of the model under clear sky in 22 December, 8-16

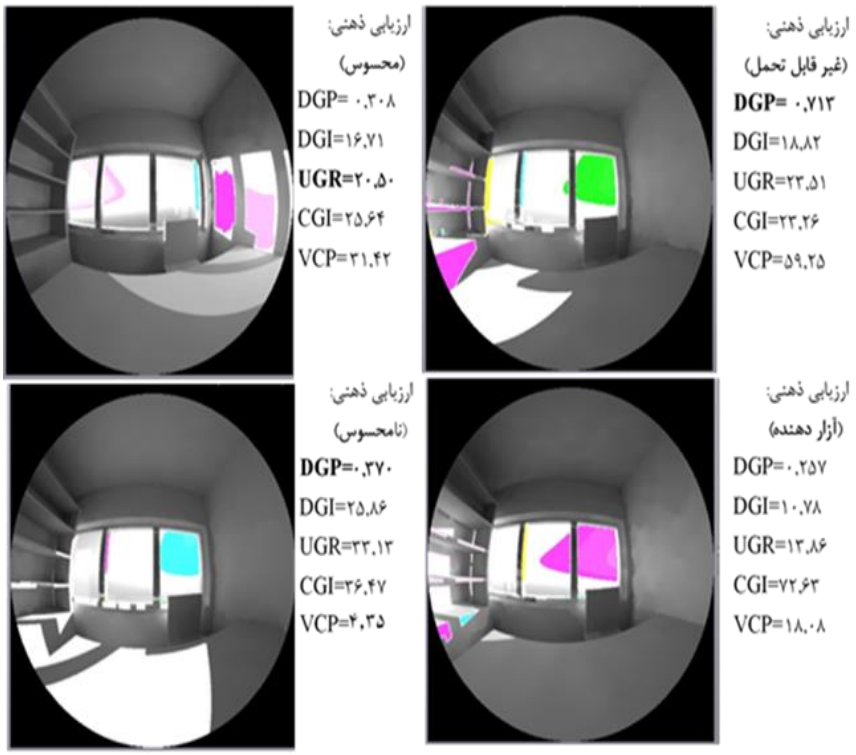
به منظور مقایسه مستقیم نتایج از شاخص های متفاوت خیرگی، شاخص های UGR, CGI, DGI, DGP و VCP در محدوده ۰ و ۱ نرمال سازی شدند که عدد صفر مربوط به عدم درک خیرگی و عدد ۱ مربوط به ۱۰۰ درصد احتمال ناراحتی بصری می باشد. در مورد DGP چون همیشه عددی بین صفر تا یک می باشد، نیازی به نرمال سازی نبود. DGI در عدد ۰/۰۱۴۵۲ و همچنین UGR و CGI در ۰/۰۱۶۰۷ ضرب شدند. VCP به وسیله تقسیم مقادیر آن در عدد ۱۰۰ نرمال سازی شد. ضرایب استفاده شده برای نرمال سازی کردن با توجه به محدوده غیر قابل تحمل که به وسیله DGP تعریف شده بود، انتخاب شدند. به منظور ارزیابی پاسخ های شرکت کنندگان با شاخص های متفاوت خیرگی مطرح شده در این پژوهش، پاسخ ها با مقادیر نرمال سازی شده تطابق پیدا کردند. به این ترتیب که پاسخ نامحسوس با محدوده زیر ۰/۳۵، پاسخ محسوس با محدوده بین ۰/۴۰-۰/۳۵، پاسخ آزاردهنده با محدوده ۰/۴۵-۰/۴۰ و پاسخ غیر قابل تحمل با محدوده بالای ۰/۴۵ تطابق یافت. در نمودار ۱ پنج شاخصه خیرگی و پاسخ های کاربران از ساعت ۸ تا ۱۶ در شش روز متفاوت ارائه شده است.



نمودار ۱- مقایسه شاخصه های خیرگی و پاسخ های کاربران از ساعت ۸ تا ۱۶

Diagram 1- Comparison of glare Indexes and subject evaluation time from 8 to 16

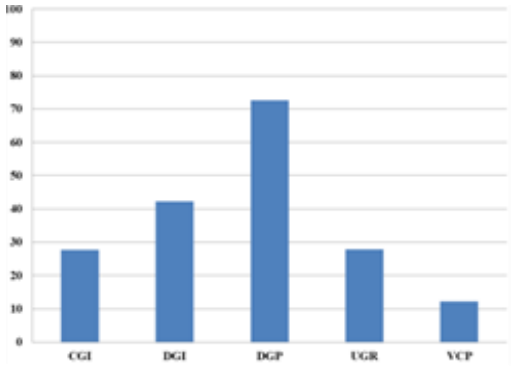
داده های ارزیابی خیرگی ذهنی با نمرات خیرگی محاسبه شده به وسیله معیارهای خیرگی موجود، مقایسه شد تا مشخص شود کدام معیار خیرگی به بهترین شکل با ارزیابی ذهنی افراد، هماهنگ می شود. هر معیار خیرگی که با ارزیابی ذهنی هماهنگ باشد، صحیح در نظر گرفته شده و شاخص می شود که در شکل ۳ به تصویر کشیده شده است.



شکل ۳- مقایسه شاخصه های خیرگی و پاسخ های کاربران از ساعت ۸ تا ۱۶

Fig 3- Comparison of glare Indexes and subject evaluation time from 8 to 16

همان گونه که از نتایج مشخص است، در هر صحنه تنها یک و یا حداکثر دو شاخص، به صورت صحیح با ارزیابی ذهنی هماهنگ شدند و در بعضی از صحنه ها، حتی هیچ کدام از شاخص ها مطابق ارزیابی های ذهنی نبودند. در حقیقت این مساله از یافته های پیشین پشتیبانی می کند که بیان می دارند پنج شاخصه خیرگی تناقضات وسیعی را در ارزیابی خیرگی ناراحت کننده دارند. نرخ دقت و عدم دقت هر شاخص در یک نمودار میله ای مقایسه شد. نرخ دقت نشان داده شده در نمودار ۲ نشان می دهد که کدام شاخص خیرگی با ارزیابی ذهنی در یک صحنه خیرگی مطابقت دارد.



نمودار ۲- نمودار میله ای نرخ دقت شاخص های مختلف

Diagram 2-Bar chart the accuracy rate of different indices

بر اساس نتایج آنالیز، DGP نرخ دقت ۷۲/۶ ٪ را نشان می دهد که دارای بالاترین نرخ در بین پنج شاخصه می باشد. VCP کمترین دقت را داراست (۱۲/۳ ٪). CGI، UGR و DGP نرخ دقتی از ۲۷/۷ ٪ تا ۴۲/۲ ٪ دارند. DGP تنها شاخص خیرگی است که نرخ دقت بالای ۵۰ ٪ دارد. برای تحلیل دقیق تر، صحنه های شبیه سازی شده خیرگی به چهار دسته متفاوت (نامحسوس، محسوس، آزار دهنده و غیر قابل تحمل) بر اساس ارزیابی های ذهنی طبقه بندی شدند.

این امر به این منظور انجام یافت که نشان داده شود آیا شاخص های متفاوت خیرگی می توانند با دقت بیشتری یک صحنه خیرگی را با سطوح بالاتر یا پایین تر ارزیابی کنند. بنابراین ارزیابی های خیرگی از هر شاخص با اطلاعات ارزیابی ذهنی برای هر گروه خیرگی مقایسه شدند. ابتدا صحنه های خیرگی نامحسوس، تجزیه و تحلیل شد. نتایج ارزیابی خیرگی محاسبه شده و داده های ذهنی مقایسه شدند که در نمودار ۳ نشان داده شده است. DGP دقت ارزیابی خیلی بالایی (۸۹/۹ ٪) را نشان می دهد. DGI نیز دقت ارزیابی بالایی (۷۳/۵ ٪) دارد. این نشان می دهد که DGP و DGI قادر به تشخیص درست در صحنه های خیرگی غیر قابل درک می باشند. UGR، VCP و CGI نرخ دقت پایین تری را در مقایسه با DGP و DGI دارند.

نمودار ۳- نمودار میله ای نرخ دقت شاخص های مختلف در صحنه های مختلف خیرگی

Diagram 3- Bar chart the accuracy rate of different indices in different scenes of glare

در ارتباط با صحنه های خیرگی محسوس، UGR بیشترین دقت را داراست (۵۲/۲ ٪). CGI بعد از UGR دارای بالاترین میزان دقت است (۳۵/۵ ٪). DGP، DGI و VCP در مرحله بعدی قرار گرفته اند. در ارزیابی خیرگی محاسبه شده و داده های ذهنی در صحنه های آزار دهنده، DGP بالاترین دقت ارزیابی را داراست (۳۷/۵ ٪) و در ادامه به ترتیب UGR (۵۲/۵ ٪)، CGI (۱۸/۴ ٪)، DGI (۱۳،۵ درصد) و VCP (۹/۳ ٪) قرار گرفته اند. در صحنه های خیرگی غیر قابل تحمل، DGP با ۹۵/۴ ٪ دارای بالاترین میزان دقت می باشد. CGI با ۸۹/۶ ٪ میزان دقت، بعد از DGP بالاترین نرخ دقت را داراست. در میان پنج

شاخصه خیرگی مطرح شده، DGI دارای کمترین میزان دقت (۴/۷ ٪) می باشد.

بر اساس آنالیز نرخ دقت، شاخصه های خیرگی موجود عملکرد ارزیابی متفاوتی را در شرایط نوری مختلف دارند:

- DGP قابل اعتمادترین شاخص برای صحنه های خیرگی محسوس، آزار دهنده و غیر قابل تحمل می باشد، اما دقت ضعیفی برای صحنه های خیرگی محسوس دارد. این نشان می دهد که DGP با ارزیابی های ذهنی تا حد زیادی مطابقت دارد.
- UGR در بین شاخصه های دیگر، بالاترین نرخ دقت را برای صحنه های خیرگی محسوس داراست و در صحنه های خیرگی آزاردهنده نیز عملکرد قابل قبولی دارد.
- DGI در صحنه های خیرگی نامحسوس دقت بسیار بالایی دارد، اما در صحنه های خیرگی آزاردهنده دارای نرخ دقت بسیار پایینی می باشد.
- CGI بهترین عملکرد را در صحنه های خیرگی آزار دهنده داراست و برای بقیه صحنه ها دارای نرخ دقت متوسطی می باشد.
- VCP درتمامی صحنه های خیرگی دارای کمترین میزان دقت می باشد و این در راستای یافته های پیشین است که VCP را برای ارزیابی خیرگی نور طبیعی مناسب نمی دانند.

بحث و نتیجه گیری

در این مقاله توصیه هایی برای تعیین احتمال خیرگی ناراحت کننده در فضاهای دارای نور روز در ایران بر اساس شبیه سازی و پرسشنامه ارائه و پنج شاخصه متفاوت خیرگی را با هم مقایسه شد. معیارهای آنالیز شده شامل شاخص خیرگی نور روز (DGI)، شاخص خیرگی CIE (CGI)، احتمال آسایش بصری (VCP)، نرخ خیرگی یکپارچه (UGR) و احتمال خیرگی نور روز (DGP) می باشند. به منظور ارزیابی شاخصه های بصری در ساختمان های اداری اقلیم گرم و خشک ایران، با استفاده از شبیه سازی میزان این شاخصه ها در فواصل زمانی ساعت ۸ تا ۱۶ تحت سه مدل آسمان صاف، نیمه ابری و پوشیده از ابر به دست آمد. نتایج حاصل از شبیه سازی با نتایج حاصل از پرسشنامه مقایسه شدند تا اعتبار نتایج بر اساس درک ذهنی افراد باشد.

آن چه از نتایج به دست می آید، این است که DGP قابل اعتماد ترین نتایج را در سطوح متفاوت خیرگی بر اساس ارزیابی ذهنی افراد در بین ۵ شاخصه دیگر می دهد (همانگونه که قبلا بیان شد، میزان این شاخص کمتر از ۰/۳۵ نامحسوس، بین ۰/۳۵ تا ۰/۴ محسوس، بین ۰/۴ تا ۰/۴۵ آزار دهنده و بیشتر از ۰/۴۵ غیر قابل تحمل می باشد).

UGR در بین شاخصه های دیگر، بالاترین نرخ دقت را برای صحنه های خیرگی محسوس داراست و در صحنه های خیرگی آزاردهنده نیز عملکرد قابل قبولی دارد (میزان این شاخص کمتر از ۱۳ نامحسوس، بین ۱۳ تا ۲۲ محسوس، بین ۲۲ تا ۲۸ آزار دهنده و بیشتر از ۲۸ غیر قابل تحمل می باشد).

DGI در صحنه های خیرگی نامحسوس دقت بسیار بالایی دارد، اما در صحنه های خیرگی آزاردهنده دارای نرخ دقت بسیار پایینی می باشد (میزان این شاخص کمتر از ۱۸ نامحسوس، بین ۱۸ تا ۲۴ محسوس، بین ۲۴ تا ۳۱ آزار دهنده و بیشتر از ۳۱ غیر قابل تحمل می باشد).

CGI بهترین عملکرد را در صحنه های خیرگی آزار دهنده داراست و برای بقیه صحنه ها دارای نرخ دقت متوسطی می باشد (میزان این شاخص کمتر از ۱۳ نامحسوس، بین ۱۳ تا ۲۲ محسوس، بین ۲۲ تا ۲۸ آزار دهنده و بیشتر از ۲۸ غیر قابل تحمل می باشد).

VCP درتمامی صحنه های خیرگی دارای کمترین میزان دقت می باشد (میزان این شاخص کمتر از ۴۰ نامحسوس، بین ۴۰ تا ۶۰ محسوس، بین ۶۰ تا ۸۰ آزار دهنده و بیشتر از ۸۰ غیر قابل تحمل می باشد).

منابع

1. Wienold J, Christoffersen J. Towards a new daylight glare rating. 2018;(November).
2. Bodart M, Cauwerts C. Assessing daylight luminance values and daylight glare probability in scale models. Build Environ [Internet]. 2017;113:210–9.
3. Suk JY, Schiler M, Kensek K.

Investigation of existing discomfort glare indices using human subject study data. Build Environ [Internet]. 2016;1–10.

4. Jakubiec J RC. The “adaptivezone” – a concept for assessing discomfort glare throughout daylit spaces. Light Res Technol. 2012;44(2):149–70.
5. Van Den Wymelenberg K, Inanici M. A Critical Investigation of Common Lighting Design Metrics for Predicting Human Visual Comfort in Offices with Daylight. Leukos. 2014;10(3):145–64.
6. Hirning MB, Isoardi GL, Coyne S, Garcia Hansen VR, Cowling I. Post occupancy evaluations relating to discomfort glare: A study of green buildings in Brisbane. Build Environ. 2013;59:349–57.
7. Tuaycharoen N, Tregenza PR. View and discomfort glare from windows. Light Res Technol. 2007;39(2):185–200.
8. Hirning MB, Isoardi GL, Cowling I. Discomfort glare in open plan green buildings. Energy Build. 2014;70(2):427–40.
9. Guth SK. A method for the evaluation of discomfort glare. Illum Eng. 1963;58(5):351–46.
10. IES. Outline of a standard procedure for computing visual comfort ratings for interior lighting. J Illum Eng Soc. 1966;61(10):643–66.
11. Harrold, R., D. Mennie AI. ESNA lighting ready reference: a compendium of materials from the IESNA lighting handbook. Illum Eng Soc North Am. 2003; 36(5):132–46.
12. Einhorn HD. Discomfort glare: a formula to bridge differences. Light Res Techno. 1979;11:90–4.
13. Nazzal AA. A new evaluation method for daylight discomfort glare. Int J Ind Ergon. 2005;35(4):295–306.
14. Chaiwiwatworakul P, Chirarattananon S RP. Application of automated blind for daylighting in tropical region. Energy Convers Manag. 2009;50:2927–43.