نشریه علمی پژوهشی علوم و فناوری رنگ
Journal of Color Science and Technology
www.jcst.icrc.ac.ir

available online @ www.jcst.icrc.ac.ir
نشریه علمی- پژوهشی علوم و فناوری رنگ/ ۱۲ (۱۳۹۷)، ۲۵۰-۲۴۱

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
پژوهشگاه رنگ

ارزیابی ویژگی‌های کیفیت خواب و خواب آلودگی کارکنان و ارتباط آن با پارامترهای مرتبط با منابع نوری مورد استفاده در اتاق کار

مهدی صفی[1*]، آتنا ویسی[2]، رستم گل‌محمدی[3]، آذر سلطانی[4]

۱ـ استادیار، گروه پژوهشی نمایش رنگ و پردازش تصاویر رنگی، پژوهشگاه رنگ، تهران، ایران، صندوق پستی: ۶۵۴-۱۶۷۶۵

۲ـ کارشناس ارشد، دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه کار قزوین، قزوین، ایران، صندوق پستی: ۳۴۳۱۸۴۹۶۸۹

۳ـ استاد، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت و مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران، صندوق پستی: ۴۱۷۱

۴ـ کارشناس ارشد، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت و مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران، صندوق پستی: ۴۱۷۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۶/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۲/۹ در دسترس به صورت الکترونیکی از: ۱۳۹۷/۱۱/۲۸

چکیده

عملکرد، سطح هوشیاری و تمرکز کارکنان در کار می‌تواند توسط یک سری عوامل فیزیک رنگی تحت تأثیر قرار بگیرد که از جمله آنها می‌توان به عوامل مرتبط به روشنایی محیط کار اشاره کرد. عوامل فیزیکی در محیط کار اثر مستقیم بر نیازهای چشمی روانی و سلامت افراد دارد بنابراین برای ارتقاء سطح کیفی اماکن به ویژه فضاهای داخلی، روشنایی به عنوان یک عامل فیزیکی در محیط‌های کار باید مورد توجه قرار گیرد. اگر کیفیت و کمیت مناسبی برای روشنایی اتاق فراهم نشود، می‌تواند به یک عامل خطر برای ایجاد برخی عوارض مانند اختلال‌های بینایی، جسمی و روحی مبدل گردد. در این پژوهش ارتباط ویژگی‌های روانی کارکنان در اتاق‌های کاری آنها و عوامل فیزیکی مرتبط با منبع نوری مورد استفاده شامل شدت روشنایی و دمای رنگ همبسته بررسی شد. به منظور تحلیل روانی افراد از پرسشنامه کیفیت خواب پیتزبورگ، مقیاس خواب آلودگی کارولینسکا و آزمون توجه متمرکز و پراکنده استفاده شد. متغیرهای روشنایی در فواصل زمانی ابتدا، وسط و انتهای شیفت کاری در ۲۱ اتاق کار با منابع نوری مصنوعی اندازه‌گیری گردید. نتایج نشان داد سطح هوشیاری پایین می‌تواند با اصلاح شرایط روشنایی و منابع نوری شامل شدت روشنایی و دمای رنگ همبسته، به میزان قابل توجهی بهبود یابد.

واژه‌های کلیدی: منابع نوری، دمای رنگ همبسته، شدت روشنایی، مقیاس خواب آلودگی کارولینسکا، کیفیت خواب پیتزبورگ.

Evaluation of Sleep Quality and Sleepiness Characteristics of the Staff and its Relationship with the Light Source Parameters Used in the Work Room

M. Safi[*1], A. Veisi[2], R. Golmohammadi[3], A Soltani[3]

1- Department of Color Imaging and Color Image Processing, Institute for Color Science and Technology, P.O. Box: 16765-654, Tehran, Iran

2- Textile Engineering Department, Kar Higher Education Institute, P.O. Box: 3431849689, Qazvin, Iran

3- Center of Excellence for Occupational Health and Research Center for Health Sciences, School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, P.O. Box: 4171, Hamadan, Iran

Received: 02-09-2017 Accepted: 28-02-2018 Available online: 17-02-2019

Abstract

Performance, level of consciousness and concentration of staffs at work could be affected by a series of color physics parameters among which parameters related to lighting of work environment could be noticed. Physical factors in working environment has direct effect on the visual, psychological and health needs of individuals to improve the quality of all the places, especially indoor spaces, lighting as a physical factor in working environments should be considered. If the quality and quantity of lighting of working room cannot be provided properly, it can be a risk factor for the emergence of some complications such as visual, physical and mental disorders. In this study, the relationship between the psychological characteristics of the staff in their working room and the physical parameters associated with the used light sources, i.e. illuminance and correlated color temperature (CCT) were considered. The questionnaire of the Pittsburgh sleep quality and the Karolinska sleepiness scale as well as the selective & divided attention test were used for the psychological analysis. The parameters of illumination were measured in time intervals as at the first, mid, and end of the work shift for 21 rooms with the artificial light sources. The results showed that the low consciousness level can be improved to some extent by the factors such as correcting lighting conditions and light sources in terms of intensity of lighting and correlated color temperature. J. Color Sci. Tech. 12(2019), 241-250©. Institute for Color Science and Technology.

Keywords: Light source, Correlated color temperature (CCT), Illuminance, The Karolinska sleepiness scale, The Pittsburgh sleep quality.

***Corresponding author: mahdisafi@icrc.ac.ir**

Archive of SID

www.SID.ir

۱ـ مقدمه

امروزه بشر بیشترین ساعات روز را در اتاق و محیط‌های بسته می‌گذراند، به همین دلیل نورپردازی فضاهای داخلی بیش از پیش اهمیت پیدا کرده است. نورپردازی در یک محیط بر اساس نیازهای کاربر تعیین می‌شود. با توسعه جوامع انسانی و تغییر در روند طراحی ساختمان‌ها توجه معماران، طراحان داخلی و برنامه‌ریزان به کیفیت فضاها و محیط‌های ساخته شده مختلف، با به کارگیری عنصر قدرتمندی به نام نور، افزایش یافته و نقش نورپردازی به عنوان ابزاری برای ارتقاء سطح کیفی تمامی محیط‌ها و پاسخگویی به نیازهای بصری، روانی و سلامت افراد و کارکنان آن، اهمیت بیشتری یافته است [۱]. یکی از مهم‌ترین عوامل بهینه‌سازی شرایط فیزیکی اماکن مختلف همانند سالن‌های بسته‌بندی و واحدهای کنترل کیفیت در واحدهای صنعتی، مراکز بهداشت و درمانی، آموزشی، ساختمان‌های تجاری و محیط‌های اداری فراهم آوردن سیستم روشنایی متناسب با فعالیت مورد نظر می‌باشد.

در بررسی کمیت و کیفیت نورپردازی در محیط‌های تولیدی و صنعتی همچون سالن‌های کنترل و تولید رنگ و دیگر واحدهایی که به طور سنتی در حال فعالیت هستند، باید وابستگی عملکرد و بازده کاری کارکنان به ویژگی‌های منابع نوری استفاده شده و روشنایی محیط، مورد توجه قرار گیرد. دمای رنگ همبسته[1] نامناسب منبع نوری مورد استفاده در چنین فضاهای کاری باعث افزایش خطا در تصمیم‌گیری می‌شود [۲]. همچنین در یک مجتمع تجاری، کیفیت نورپردازی یک عامل بسیار مهم در تصمیم‌گیری برای خرید یک محصول به شمار می‌رود [۳]. در مراکز آموزشی، انتخاب منابع نوری و دمای رنگ همبسته متناسب با فضای آموزشی نقش مهمی در بازده دانش‌آموزان داشته و توجه ویژه‌ای نیاز دارد. در مطالعه‌ای اثر دمای رنگ همبسته بر سطح هوشیاری و میزان دقت دانش آموزان در یک مدرسه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که فعالیت ذهنی، سطح هوشیاری و عملکرد دانش آموزان در محیط با دمای رنگ همبسته بالا به طور قابل توجهی افزایش می‌یابد [۴]. در واقع در محیط‌هایی با دمای رنگ همبسته بالا میزان فعالیت ملانپسین[2] که از خانواده پروتئین‌های شبکیه چشم و حساس به نور است، افزایش می‌یابد که به طول موج‌های ۴۸۰ نانومتر بیشترین حساسیت را دارد. دمای رنگ همبسته بالا در سرکوب هورمون ملاتونین[3] نیز نقش مهمی را ایفا می‌کند. ملاتونین یک هورمون حساس به نور است که کنترل خواب را به عهده دارد. هنگامی که فرد در معرض نور با دمای رنگ همبسته بالا قرار می‌گیرد، ترشح این هورمون مختل شده و سبب تغییر ضربان قلب و هوشیاری فرد می‌گردد در نتیجه فعالیت و قدرت پاسخگویی مغز در انجام کارها افزایش می‌یابد. تحقیقات نشان می‌دهد که قرار گرفتن در معرض نور سفید متمایل به آبی در مقایسه با دیگر رنگ‌ها در طول روز موجب افزایش پاسخ در نواحی ساقه، قشر مغز و تالاموس می‌شود، به همین دلیل محققان پیشنهاد کردند که سهم طول موج‌های کوتاه در طیف نور افزایش یابد که این امر با افزایش دمای رنگ همبسته (طیف سرد) همراه بوده و هوشیاری و عملکرد را در دنیای واقعی بهبود می‌دهد [۵].

در مطالعه‌ای تأثیر سیستم روشنایی با دمای رنگ همبسته بالا بر عملکرد ۴۶ نفر از کارمندان یک سازمانی در مدت زمان ۱۴ هفته مورد بررسی قرار گرفت. تمامی لامپ‌های مورد استفاده دارای دمای رنگ همبسته ۲۹۰۰ درجه کلوین بودند که پس از ارزیابی اولیه شرکت‌کنندگان، لامپ‌هایی با دمای رنگ همبسته ۱۷۰۰۰ درجه کلوین تغییر کرد وکیفیت عملکرد روانی کارمندان ارزیابی شد. بخشی از نتایج ویژگی‌های مورد بررسی در هفته اول و آخر پژوهش و همچنین درصد تغییرات آن در طول این مدت در جدول ۱ گزارش شده است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که تغییر سیستم روشنایی و استفاده از منابع نوری با دمای رنگ همبسته بالا در یک محیط اداری، موجب افزایش سطح هوشیاری[4]، تمرکز[5]، عملکرد کاری[6] و سلامت روان[7] کارمندان و همینطور کاهش ضعف و بی‌حالی[8]، خستگی[9]، سرگیجه[10] و خواب آلودگی[11] آنان در طول ساعات کاری می‌شود [۱۳-۶].

تحقیقات نشان می‌دهد که قرار گرفتن در معرض نور کافی در طول روز، می‌تواند در بهبود سلامت و کیفیت زندگی، کاهش میزان استرس و پریشانی افراد در یک محیط کاری سودمند باشد. فراهم بودن یک سیستم روشنایی مطلوب و کافی در محیط کاری باعث افزایش بهره‌وری و عملکرد افراد و افزایش سطح انرژی آنان می‌شود. در یک سیستم روشنایی نامطلوب همان‌طور که کمبود نور در یک محیط موجب سردرد، خستگی و آسیب رسیدن به چشم‌ها می‌شود، تابش بیش از حد نور نیز اثر منفی داشته و سبب سردرد، اضطراب و استرس، خستگی و تحریک چشم‌ها می‌شود [۱۵، ۱۴]. حضور طولانی و دائمی یک فرد در مکان‌هایی با سیستم روشنایی نامطلوب سبب اختلال‌هایی مانند افسردگی می‌شود، این در حالی است که اصلاح و بهبود سیستم روشنایی محیط کار می‌تواند کارایی افراد را ۳ درصد بهبود بخشد [۱۷، ۱۶].

1- Correlated Color Temperature (CCT)
2- Melanopsin
3- Melatonin
4- Alertness
5- Concentrating
6- Work Performance
7- Mental Health
8- Feeling of Weakness
9- Fatigue
10- Dizzy
11- Sleepiness

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۱: نتایج ویژگی‌های مورد بررسی در ابتدا و انتهای پژوهش [۶].

ویژگی	هفته اول (۲۹۰۰ درجه کلوین)	هفته آخر (۱۷۰۰۰ درجه کلوین)	تغییرات (٪)
خستگی	۲,۹	۲,۱	۲۶,۹
کاهش هوشیاری در طول روز	۲,۵	۱,۸	۲۸,۱
هوشیاری و تمرکز	۶,۱	۷,۵	۲۲,۹
خواب‌آلودگی در روز	۲,۸	۲,۶	۳۱
عملکرد کاری	۶,۴	۷,۶	۱۹,۴
بی‌حالی و احساس تنبلی	۲,۷	۱,۸	۳۱,۷
مشکل در تمرکز	۲,۹	۱,۸	۳۶,۸
سردرد و سرگیجه	۲,۱	۱,۴	۳۳,۷
ناتوانی فیزیکی	۱,۷	۱,۵	۱۳,۷
مشکل با حافظه	۱,۹	۱,۵	۲۱,۳
احساس ضعف و بی‌حالی	۲	۱,۴	۲۶,۷
سلامت روان	۶۴,۳	۷۳,۳	۱۳,۹
سرزندگی	۴۸,۴	۶۲,۱	۲۸,۴

روشنایی نامطلوب در محیط کار می‌تواند اطلاعات دریافتی افراد از محیط را تحت تأثیر قرار دهد و احتمال خطای انسانی در محیط کار را افزایش دهد. هر مجموعه کاری مانند یک کارخانه یا یک سازمان اداری شامل یک سری از مشاغل متفاوت بوده که حدود گسترده‌ای از فعالیت‌های مختلف با نیاز به سطح روشنایی متفاوت از یکدیگر را در بر می‌گیرد. در واقع، فعالیت‌های مختلف در یک محیط کاری به مقدار روشنایی معینی از لحاظ کمی و کیفی نیاز دارند که حصول اطمینان از تأمین روشنایی کافی، در استفاده از منابع نوری با تلفیقی از نور طبیعی (نور خورشید)، مؤثر واقع می‌شود. روشنایی می‌تواند بر فیزیولوژی انسان همچون ضربان قلب، فشار خون و امواج مغز اثر بگذارد. نتایج تحقیقاتی که توسط الکتروکاردیوگرام[1] (نوار قلب)، محرک‌های سیستم عصبی افراد را بررسی کرده است، نشان می‌دهد که دمای رنگ همبسته یک منبع نوری به عنوان یک عامل محرک برای سیستم عصبی سمپاتیک و پاراسمپاتیک عمل می‌کند. قرار گرفتن در معرض دمای رنگ همبسته بالا موجب فعالیت سیستم عصبی سمپاتیک شده که قند خون و در نتیجه آن جریان خون در مغز افزایش می‌یابد. این امر باعث تشدید فعالیت‌های روانی و تحرک بخشیدن به بدن و افزایش فعالیت ذهنی می‌شود. به طور مشابه قرار گرفتن در معرض دمای رنگ همبسته پایین حس آرامش (ریلکسی) بیشتری را در افراد القاء می‌کند [۱۸].

با توجه به اهمیت و مؤثر بودن شرایط روشنایی بر سلامت جسم و روان، افزایش بازده و بهبود عملکرد افراد در محیط‌های مختلف، در طرح حاضر ویژگی کیفیت خواب و خواب آلودگی کارکنان یک مجموعه اداری به صورت مطالعه موردی توسط پرسش‌نامه‌هایی ارزیابی شد و ارتباط آن با کیفیت روشنایی اتاق کار آنها با اندازه‌گیری دو عامل از ویژگی‌های منابع نوری بررسی گردید.

۲ـ بخش تجربی

در تحقیق حاضر از مجموعه‌ای شامل ۱۰ زن و ۱۱ مرد (در مجموع ۲۱ نفر) به طور تصادفی و از طبقات و بخش‌های مختلف در یک سازمان اداری شامل ۲۱ اتاق فاقد پنجره با منابع نوری مصنوعی (فاقد نور روز) استفاده شد. محدوده سنی شرکت‌کنندگان بین ۲۱ تا ۶۴ سال و ساعت کاری کارکنان ۸ صبح تا ۴ بعدازظهر بود که ارزیابی در سه محدوده زمانی ابتدا (ساعت ۹-۸)، میانی (ساعت ۱۳-۱۲) و انتهای شیفت کاری (ساعت ۱۶-۱۵) صورت گرفت. دو عامل شدت روشنایی[2] و دمای رنگ همبسته به عنوان عوامل فیزیکی مرتبط با ظاهر رنگی منبع نوری اندازه‌گیری شد و پرسش‌نامه‌های مقیاس خواب‌آلودگی کارولینسکا[3]، شاخص کیفیت خواب پیتزبورگ[4] و آزمون توجه متمرکز و پراکنده[5] به منظور تحلیل روانی جامعه

1- Electrocardiogram (ECG)

2- Illuminance
3- Karolinska Sleepiness Scale (KSS)
4- Pittsburg Sleep Quality Index (PSQI)
5- Selected & Divided Attention Test

Archive of SID
www.SID.ir

آماری مورد استفاده قرار گرفتند.

از پرسش‌نامه پیتزبورگ به منظور بررسی کیفیت خواب در ۴ هفته گذشته (قبل از آزمون شرکت‌کنندگان) استفاده شد.

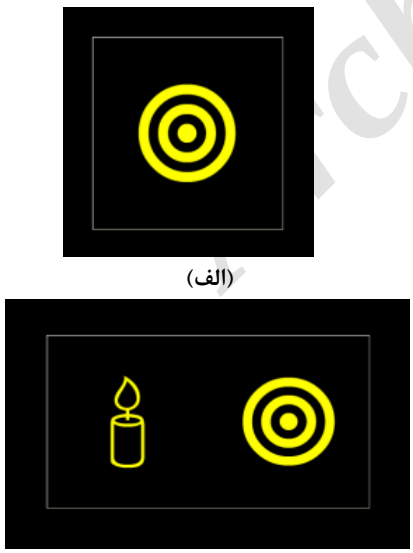
تمام سؤالات پرسشنامه امتیازدهی‌شده و در مجموع از امتیازات بدست آمده، ۷ مقیاس زیر تفسیر و استخراج شدند:

- توصیف کلی فرد از کیفیت خواب[1]
- تأخیر در به خواب رفتن[2]
- طول مدت خواب مفید[3]
- کفایت خواب[4] (نسبت طول مدت خواب مفید از کل زمان سپری شده در رختخواب)
- اختلال خواب[5] (به صورت بیدار شدن شبانه فرد تعریف می‌شود)
- میزان داروی خواب‌آور مصرفی[6]
- عملکرد صبحگاهی[7] (به صورت مشکلات تجربه شده توسط فرد در طول روز ناشی از بدخوابی تعریف می‌شود)

شاخص کیفیت خواب پیتزبورگ بین ۲۱-۰ امتیازدهی شده که امتیاز بین ۴-۰ بیانگر کیفیت خواب مطلوب و امتیاز بین ۲۱-۵ بیانگر کیفیت خواب نامطلوب بود [۲۱-۱۹].

مقیاس خواب آلودگی کارولینسکا به منظور ارزیابی سطح هوشیاری ذهنی شرکت‌کنندگان در هر سه نوبت اندازه‌گیری مورد استفاده قرار گرفت. آزمون یک مقیاس ۹ عددی بود که از سطح ۱ (شدیداً هوشیار[8]) تا سطح ۹ (تلاش برای بیدار ماندن[9]) درجه‌بندی شده و مقادیر بین ۵-۱، به عنوان سطح هوشیاری مطلوب و مقادیر بین ۹-۶، به عنوان سطح هوشیاری نامطلوب در نظر گرفته شدند [۲۴-۲۲].

نوعی تلاش ذهنی بدنی روی محرک‌های محیطی توجه یا تمرکز بوده که دربرگیرنده همه اطلاعاتی است که از حافظه، ادراک و سایر فرآیندهای شناختی در دسترس قرار می‌گیرد و امکان دستکاری آن فراهم است. توجه، به انسان اجازه می‌دهد تا منابع محدود فعال شناختی خود را به صورت عاقلانه به کار گیرد (به دلیل ظرفیت محدود حافظه کاری) تا به سرعت و صحت به محرک‌های مورد نظر، پاسخ داده و اطلاعات برجسته را به یاد بسپارد. در واقع آزمون توجه به منظور سنجش عملکرد ذهنی افراد در دو بخش متمرکز و پراکنده مورد استفاده قرار می‌گیرد. توجه متمرکز (گزینشی) عبارت است از اینکه فرد انتخاب کند به کدام محرک توجه کرده و کدام یک از محرک‌ها را نادیده بگیرد. با نادیده گرفتن یا حداقل تأکید نکردن بر برخی از محرک‌ها، محرک‌های خاص مورد توجه قرار می‌گیرند. توجه پراکنده (توزیع شده) عبارت است از این که فرد غالباً قادر است به طور هم‌زمان به بیش از یک تکلیف پرداخته و منابع توجه خود را به صورت محتاطانه از یکی به دیگری، به تناسب نیاز معطوف سازد. نحوه انجام آزمون توجه متمرکز، به این صورت است که دو تصویر روی صفحه نمایش کامپیوتر نشان داده شد که فرد مورد آزمون آنها را به حافظه می‌سپرد. پس از شروع آزمون، تصاویری به صورت تک‌تک و پی‌درپی (شکل ۳-الف) روی صفحه مانیتور ظاهر شده و در صورت نمایش هر یک از تصاویر تعیین شده، باید کلید منتخب در صفحه کلید زده می‌شد. در آزمون توجه پراکنده (توجه توزیع شده) دو تصویر تعیین شده در دو سمت صفحه نمایشگر همانند (شکل ۳-ب) هم‌زمان به نمایش در آمده و مجدداً فرد مورد آزمون آنها را به حافظه می‌سپرد. با شروع آزمون، شرکت‌کننده باید در صورت مشاهده هر یک از این تصاویر در نمایش‌های بعدی با دست راست فقط به محرک سمت راست و با دست چپ فقط به محرک سمت چپ پاسخ می‌داد. در غیر این صورت خطا محسوب می‌شد. آزمون در هر سه محدوده زمانی تعیین شده در بالا تکرار شد. مرحله هر تکرار در حدود ۱۰ دقیقه به طول انجامید که در هر بار از اندازه‌گیری‌ها، فاصله زمانی حداقل ۲ ساعت بین انجام آزمون‌ها رعایت شد که فاصله زمانی مناسب برای جلوگیری از تأثیر آموزش و یادگیری شرکت‌کنندگان به واسطه انجام آزمون در دفعات دوم و سوم بر نتایج نهایی بود [۲۶، ۲۵].



(الف)

(ب)

شکل ۱: نمایی از آزمون توجه (الف) متمرکز و (ب) پراکنده [۲۵].

1- Subjective sleep quality
2- Sleep latency
3- Sleep duration
4- Habitual sleep efficiency
5- Step disturbances
6- Use of sleeping medication
7- Daytime dysfunction
8- Extremely alert
9- Great effort keeping awake

Archive of SID
www.SID.ir

ویژگی‌های منابع نوری به دو صورت طیفی و رنگی قابل اندازه‌گیری و تحلیل هستند. در اندازه‌گیری‌های طیفی، توزیع انرژی طیفی منبع نوری مورد استفاده در محدوده مرئی (۷۰۰-۴۰۰ نانومتر) اندازه‌گیری شده و مقدار شدت روشنایی که میزان جریان نور تابیده شده بر یک سطح معین است، با واحد لوکس اندازه‌گیری می‌شود. علاوه بر آن در تحلیل ویژگی‌های رنگی منابع نوری، یکی از مهم‌ترین کمیت‌های مرتبط، دمای رنگ همبسته می‌باشد [۲۷]. دمای رنگ همبسته طبق تعریف دمای یک جسم سیاه[1] بر حسب درجه کلوین بوده که در آن دما، ظاهر رنگی منبع نوری و جسم سیاه یکی است [۲۸، ۲۹]. دمای رنگ همبسته به نوعی بیان کننده گرمی یا سردی طیف تابشی منبع نوری نیز است. طیف سرد در طول موج‌های کوتاه و میانی و طیف گرم در طول موج‌های بلند و میانی از امواج الکترومغناطیس قرار گرفته‌اند. تابش انرژی طیفی در یک منبع نوری با گرم شدن ابتدا از فام قرمز شروع شده و سپس با گذر از فام زرد و سفید مایل به آبی، به فام آبی ختم می‌شود [۳۰]. شکل ۱ نمایی از تغییرات دمای رنگ همبسته که در نتیجه تغییر در تابع توزیع انرژی طیفی منبع نوری حاصل می‌گردد را نشان می‌دهد. یکی از شاخص‌های مهم در انتخاب منابع نوری جهت تأمین روشنایی محیط کار، مقدار دمای رنگ همبسته آنها بوده که این کمیت با کمک مؤلفه‌های رنگی بدست آمده از تابع توزیع انرژی آن منبع نوری در توابع رنگ همانندی[2] چشم (منحنی‌های حساسیت مشاهده کننده استاندارد) تعیین می‌شوند. روابط مختلفی برای محاسبه دمای رنگ همبسته یک منبع نوری گزارش شده است که در تحقیق حاضر با یک تقریب ساده روش پیشنهادی مک کامی[3] (رابطه های ۱ و ۲) استفاده شده است [۳۱].

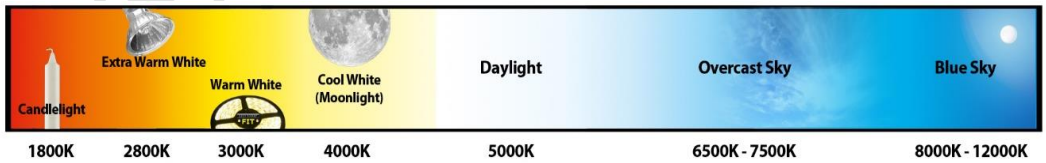
$$CCT(x, y)= -437*n^3+3601*n^2-6861*n +5524.31 \quad (۱)$$

$$n =(x-0.3320)/(y-0.1858) \quad (۲)$$

در رابطه ۲، کمیت‌های x و y مختصات رنگی منبع نوری مورد آزمایش در لوکاس طیفی حاصل از فضا رنگ CIEXYZ است. CCT نیز دمای رنگ همبسته منبع نوری است. همچنین n متغیر چند جمله‌ای برازش شده بر منحنی‌های ایزوترم یک رادیاتور پلانگ بوده که از رابطه ۲ به دست می‌آید. هرچه مقدار دمای رنگ همبسته افزایش یابد، سهم طول موج‌های کوتاه در توزیع انرژی طیفی منبع نوری بیشتر شده و شانس صدور پرتوهای فرابنفش نیز افزایش می‌یابد.

در این تحقیق، اندازه‌گیری‌های فوتومتری توسط دستگاه اسپکترورادیومتر[4] مدل Eye-one pro ساخت شرکت X-rite آمریکا با هندسه[5] 45°/0° ring انجام شد (شکل۳). در هر سری از اندازه‌گیری‌ها، شدت روشنایی تابیده شده از منبع نوری روی میز کار توسط دستگاه اسپکترورادیومتر اندازه‌گیری شد. در واقع توزیع انرژی طیفی منبع نوری مورد استفاده (با توجه به محدوده دید روی میز کار) توسط دستگاه، اندازه‌گیری و بر مبنای آن ضرایب شدت روشنایی و دمای رنگ همبسته توسط نرم‌افزار محاسبه شدند. دستگاه بصورتی قرار داده شد تا بسمت منبع نوری (سقف اتاق کار) قرار بگیرد تا شدت روشنایی تابیده شده از آن روی میز کار اندازه‌گیری شود. در کلیه اتاق‌ها از روشنایی فلورسنتی استفاده شده بود. داده‌های به دست آمده در تحقیق حاضر بهمراه پرسشنامه‌ها در محیط نرم‌افزار اکسل ۲۰۱۳ با محاسبه مقادیر میانگین و رسم نمودارهای آنها تحلیل شدند.

1- Black Body
2- Color Matching Functions (CMFs)
3- McCamy
4- Spectroradiometer
5- Geometry



شکل ۲: تغییر دمای رنگ با تغییر تابع توزیع انرژی طیفی منبع نوری [۳۲].

شکل ۳: دستگاه اسپکترورادیومتر مدل Eye-one [۳۳].

Archive of SID
www.SID.ir

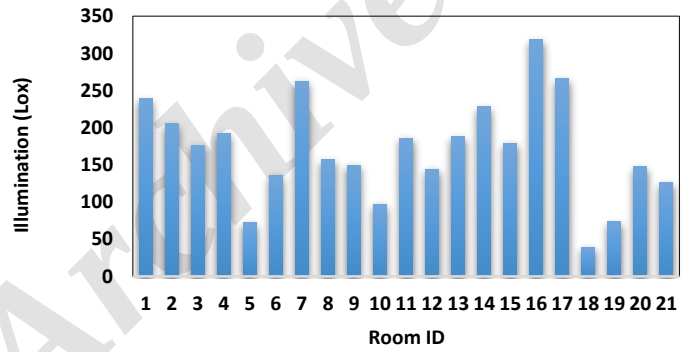
۳ـ نتایج و بحث

مقادیر شدت روشنایی و دمای رنگ همبسته برای شرایط روشنایی استفاده شده روی میز کار در هر یک از اتاق‌ها اندازه‌گیری و نتایج در نمودار ۱ و ۲ گزارش شده است. در نمودار ۱ میانگین شدت روشنایی محاسبه شده ۱۷۰,۶۴ لوکس با انحراف استاندارد ۶۹,۴۷ لوکس کمتر از حدود توصیه شده می‌باشد. طبق استاندارد کمیته ملی ایران حدود توصیه شده برای شدت روشنایی، حداقل ۳۰۰ لوکس و عدد پیشنهادی برای اتاق پرسنل ۵۰۰ لوکس می‌باشد [۳۴]. کم‌ترین مقدار به دست آمده برای شدت روشنایی مربوط به اتاق شماره ۱۸ با ۳۹,۲۵ لوکس و بیشترین مقدار به دست آمده ۳۱۸,۲۵ لوکس، مربوط به اتاق شماره ۱۶ می‌باشد. با توجه به میانگین محاسبه شده درصد بالایی از شرایط روشنایی اعمال شده در اتاق‌های مورد بررسی برای عملکرد کاری بهتر بایستی اصلاح شده و تغییر یابد. به نظر می‌رسد یک افزایش حداقل ۲ برابری در شدت روشنایی، بتواند شرایط توصیه شده در استاندارد و بهداشت کار را تأمین نماید.

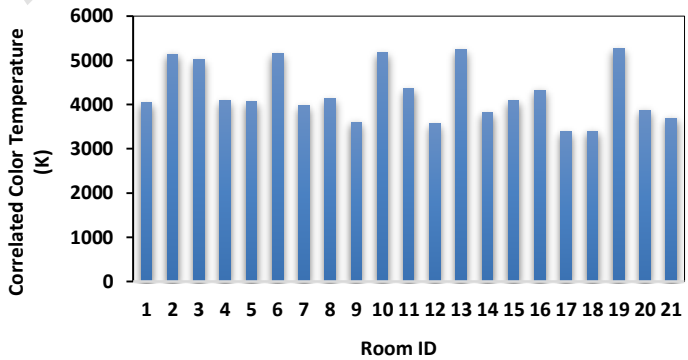
نمودار ۲ مقادیر دمای رنگ همبسته محاسبه شده برای اتاق‌های مورد بررسی را نشان می‌دهد. دمای رنگ همبسته به دست آمده در محدوده ۵۲۶۷,۲۵-۳۳۹۳ درجه کلوین می‌باشد. این مقادیر، تغییر روشنایی اتاق‌ها را از یک نمونه نسبتاً زرد تا سفید فلورسنتی نشان می‌دهد. مقدار میانگین و انحراف استاندارد به دست آمده برای مقادیر دمای رنگ همبسته ۴۲۵۸,۷۷ و ۶۴۳,۲۷ درجه کلوین می‌باشد. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که ۶۱,۹ درصد از اتاق‌های کاری از دمای رنگ بالای ۴۰۰۰ درجه کلوین برخوردارند و ۳۸,۱ درصد آنها دارای دمای رنگ پایین‌تر از ۴۰۰۰ درجه کلوین می‌باشند.

نمودار ۳ نتایج امتیازدهی پرسش‌نامه کیفیت خواب پیتزبورگ را نشان می‌دهد. نتایج به دست آمده برای شاخص کیفیت خواب نشان می‌دهد ۲۳,۸۱ درصد افراد شرکت‌کننده در این آزمون از کیفیت خواب مطلوب و ۷۶,۱۹ درصد افراد از کیفیت خواب تقریباً نامطلوبی برخوردارند.

نمودارهای ۶-۴ نتایج مقیاس خواب‌آلودگی کارولینسکا به دست آمده در هر سه نوبت اندازه‌گیری را نشان می‌دهد. نتایج به دست آمده در ساعت اول اندازه‌گیری نشان می‌دهد که ۸۰,۹۵ درصد افراد شرکت‌کننده در آزمون از سطح هوشیاری مطلوبی برخوردار هستند. نتایج اندازه‌گیری برای ساعت‌های دوم و سوم نیز نشان دادند که به ترتیب ۹۵,۲۴ و ۹۰,۴۸ درصد از افراد از سطح هوشیاری مطلوب برخوردار هستند. بر اساس نتایج به دست آمده نمی‌توان روند مشخصی برای هر یک از اعضاء در آزمون خواب آلودگی در هر سه ساعت اندازه‌گیری به‌دست آورد. به عبارتی با تغییر ساعت آزمون در برخی از موارد سطح هوشیاری روندی کاهشی و در برخی دیگر روندی افزایشی نشان می‌دهد.

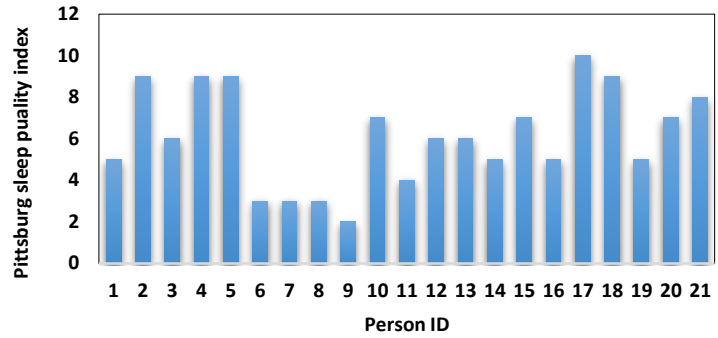


نمودار ۱: شدت روشنایی محاسبه شده در هر یک از اتاق‌ها.

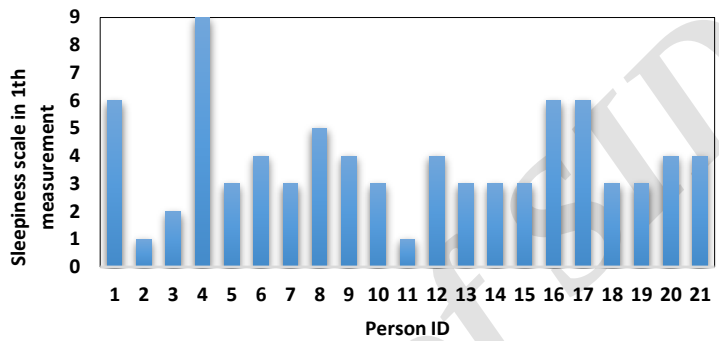


نمودار ۲: دمای رنگ همبسته محاسبه شده در هر یک از اتاق‌ها.

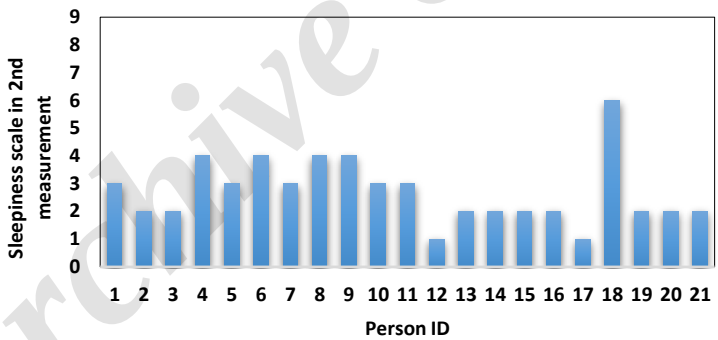
Archive of SID
www.SID.ir



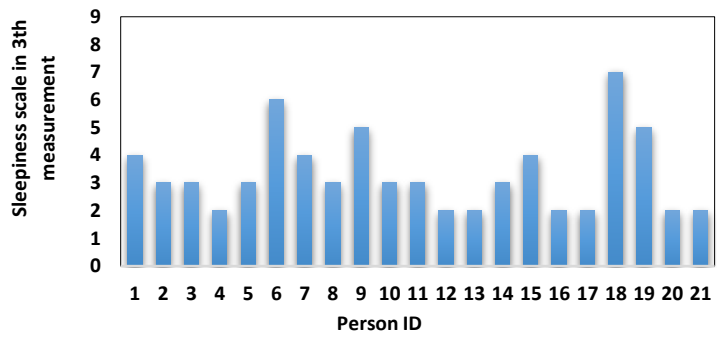
نمودار ۳: نتایج امتیازدهی پرسش‌نامه کیفیت خواب پیتزبورگ.



نمودار ۴: مقیاس خواب‌آلودگی کارولینسکا بدست آمده در اندازه‌گیری اول.



نمودار ۵: مقیاس خواب‌آلودگی کارولینسکا بدست آمده در اندازه‌گیری دوم.



نمودار ۶: مقیاس خواب‌آلودگی کارولینسکا به دست آمده در اندازه‌گیری سوم.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲ نتایج پاسخ‌های صحیح آزمون توجه متمرکز و پراکنده را بر حسب درصد نشان می‌دهد. میانگین درصد پاسخ‌های صحیح آزمون توجه متمرکز در اندازه‌گیری اول (ساعت ۹-۸) مقدار ۹۶,۴۳ درصد، در اندازه‌گیری دوم (ساعت ۱۳-۱۲) مقدار ۹۴,۷۶ درصد و در اندازه‌گیری سوم (ساعت ۱۶-۱۵) مقدار ۹۷,۳۳ درصد را نشان می‌دهد. همچنین در این آزمون کمترین و بیشترین درصد ثبت شده به ترتیب ۴۶ و ۹۹ درصد می‌باشد. میانگین درصد پاسخ‌های صحیح آزمون توجه پراکنده در اندازه‌گیری اول (ساعت ۹-۸) مقدار ۸۲,۶۲ درصد، در اندازه‌گیری دوم (ساعت ۱۳-۱۲) مقدار ۸۸,۴۳ درصد و در اندازه‌گیری سوم (ساعت ۱۶-۱۵) مقدار ۸۸,۳۸ درصد را نشان می‌دهد. در این آزمون کمترین و بیشترین درصد ثبت شده به ترتیب ۵۲ و ۱۰۰ درصد می‌باشد. میانگین کل درصد پاسخ‌های صحیح آزمون توجه متمرکز ۹۶,۱۷ درصد با انحراف معیار ۵,۶ و میانگین کل درصد پاسخ‌های صحیح آزمون توجه پراکنده ۸۶,۴۷ درصد با انحراف معیار ۱۲,۷۸ می‌باشد. نتایج بدست آمده برای هر آزمون تغییرات خیلی محسوسی را نشان نمی‌دهند اما به نظر می‌رسد هرچه از صبح می‌گذرد و ساعات کاری رو به اتمام می‌رود میزان دقت و تمرکز شرکت‌کنندگان افزایش می‌یابد.

جدول ۲: نتایج آزمون توجه متمرکز و پراکنده در نوبت‌های مختلف اندازه‌گیری.

شناسه اتاق	پاسخ‌های آزمون توجه متمرکز (٪)			پاسخ‌های آزمون توجه پراکنده (٪)		
	ساعت ۹-۸	ساعت ۱۳-۱۲	ساعت ۱۶-۱۵	ساعت ۹-۸	ساعت ۱۳-۱۲	ساعت ۱۶-۱۵
۱	۹۶	۹۹	۹۹	۸۶	۸۹	۹۲
۲	۹۶	۹۵	۹۳	۷۳	۹۲	۸۷
۳	۹۹	۹۹	۹۹	۹۸	۱۰۰	۹۸
۴	۹۷	۹۶	۹۶	۸۸	۹۳	۹۳
۵	۸۷	۹۲	۹۴	۵۲	۷۳	۸۳
۶	۹۸	۹۹	۹۹	۹۱	۹۶	۹۹
۷	۹۸	۹۸	۹۷	۹۶	۹۵	۹۶
۸	۹۹	۹۸	۹۹	۹۰	۹۶	۹۶
۹	۹۳	۴۶	۹۶	۶۱	۷۹	۶۶
۱۰	۹۹	۹۸	۹۹	۸۳	۸۸	۸۹
۱۱	۹۴	۹۲	۹۴	۶۵	۷۰	۶۴
۱۲	۹۰	۹۸	۹۳	۹۷	۹۱	۹۱
۱۳	۹۸	۹۹	۹۹	۹۴	۹۶	۹۵
۱۴	۹۹	۹۸	۹۸	۹۴	۹۹	۹۸
۱۵	۹۸	۹۸	۹۸	۶۲	۷۰	۶۹
۱۶	۹۸	۹۹	۹۸	۷۱	۷۱	۸۰
۱۷	۹۶	۹۸	۹۹	۹۸	۹۷	۹۵
۱۸	۹۸	۹۹	۹۹	۹۶	۹۷	۹۹
۱۹	۹۶	۹۳	۹۸	۵۴	۷۱	۷۲
۲۰	۹۷	۹۷	۹۹	۹۰	۹۶	۹۶
۲۱	۹۹	۹۹	۹۸	۹۶	۹۸	۹۸

Archive of SID

www.SID.ir

نتایج پرسش‌نامه‌ها و آزمون مورد استفاده در این تحقیق، بیان می‌کند که سطح هوشیاری پایین مشاهده شده کارکنان بخصوص در ابتدای شیفت کاری، با گذشت زمان افزایش می‌یابد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که می‌توان با اصلاح شرایط روشنایی و انتخاب منابع نوری مناسب، سطح هوشیاری مورد نظر را افزایش و جبران نمود.

۴ـ نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر ارتباط متغیرهای روشنایی مورد استفاده در یک اتاق کار با ویژگی‌های کیفیت خواب و خواب آلودگی کارکنان بررسی گردید. نتایج این تحقیق نشان داد که شرایط روشنایی تعریف شده برای هر اتاق در بیشتر موارد، از شرایط مطلوب و توصیه شده دور است. همچنین در بررسی و مقایسه نتایج به دست آمده از آزمون و پرسش‌نامه‌ها مشاهده شد که افراد به واسطه کیفیت خواب نسبتاً نامطلوب، از سطح هوشیاری پایینی بخصوص در ابتدای شیفت کاری برخوردار هستند. کیفیت خواب نامطلوب در دراز مدت منجر به خستگی در افراد شده و ممکن است حساسیت، دقت و هوشیاری آنها را در حین انجام کار تحت تأثیر قرار داده و باعث کاهش ظرفیت انجام کار و بروز خطا در تصمیم گیری و حوادث شغلی گردد. همچنین با گذشت زمان و سپری شدن ساعات کاری، مشاهده گردید که سطح هوشیاری افراد افزایش می‌یابد. به نظر می‌رسد می‌توان با اصلاح شرایط روشنایی و انتخاب منابع نوری مناسب از لحاظ شدت روشنایی و دمای رنگ همبسته، سطح پایین هوشیاری مورد نظر را بهبود بخشید. لذا ضروری است منطبق با حدود و استانداردهای توصیه شده و رعایت اصول چیدمان، تعداد و نوع منابع نوری با توجه به نوع فعالیت و دقت مورد نیاز برای انجام کار در ایجاد شرایطی مطلوب اقدام گردد. علاوه بر آن تهیه پوشش‌های سطح با ضریب انعکاس مناسب به منظور توزیع نرمال روشنایی، نظافت دوره‌ای و منظم محیط کار و به طور کلی توجه به مؤلفه‌های رنگی و طیفی سامانه‌های روشنایی، محیط کاری را برای انجام کار، مؤثرتر و فعال‌تر می‌نماید.

۵ـ مراجع

1. S. Heydarpanah, Principles of lighting in the Hospital. *J. Chideman Visual Art*, 5(2016), 82-87.
2. Indoor lighting, http://www.pozeen.com/solutions/indoor lighting, 2017.
3. Lighting of commercial centers, http://www. galaxyled. ir/ articles/137, 2017.
4. B. M. T. Shamsul, C.C. Sia, Y.G Ng, K. Karmegan, Effects of light's color temperatures on visual comfort level, Task Performances, and Alertness among Students. *J. Public Health Research*, 1(2013), 159-165.
5. A. Viola, L. M. James, L. J. M. Schlangen, D. J. Dijk, Blue-enriched white light in the workplace improves self-reported alertness, performance and sleep quality. *Scand J Work Environment Health*. 34(2008), 297-306.
6. P. R. Mills, S. C. Tomkins, L. J. Schlangen, The effect of high correlated color temperature office lighting on employee wellbeing and work performance. *J. Circadian Rhythms*, 5(2007), 1-9.
7. P. R Boyce, Human factors in lighting, Taylor and Francis, USA and Canada. 2003, Ch. 3, 95-109 and Ch. 5, 162-188.
8. IES. The Lighting handbook, 10th Edition, The illuminating engineering society of north america, New York. 2010, Ch. 3, 1-18.
9. M. Farokhzad, A. Dehdashti, F. Tajik, Lighting Assessment and effects on visual fatigue and psychological status of employees in damghan velayat hospital wards. *J. Neyshabur Univ Med Sci*. 3(2015), 37-48.
10. A. Tenner, Mechanisms involved in enhancing human performance by changing the lighting in the industrial workplace. *J. Industrial Ergonomics*, 35(2005), 843–855.
11. S S. Lehrl, K. Gerstmeyer, J. Jacob, H. Frieling, A. Henkel, R. Meyrer, J. Wiltfang, J. Kornhuber, S. Bleich, Blue light improves cognitive performance. *J. Neural transmission*, 114(2007), 457-460.
12. V. Kretschmer, B. Griefahn, K. Schmidt, Bright light and night work, Effects on selective and divided attention in elderly persons. *J. Lighting Res. Technol*. 43(2011), 473-486.
13. S. L. Chellappa, R. Steiner, P. Blattner, P. Oelhafen, T. Götz, C. Cajochen, Non-visual effects of light on melatonin, alertness and cognitive performance: can blue-enriched light keep us alert*? J. PLoS One*. 6(2011), 1-11.
14. M. R. Ghotbi R., N. Khanjani, F. Nadri, A. Nadri, H. Nadri, M. Ahmadian, A. Toolabi, E. Karimi B., Evaluationof illumination intensity and ultraviolet radiation at kerman medical university libraries. *J. Iran Occupational Health*, 8(2012), 29-35.
15. A. Omidiandost, Y. Sohrabi, M. Poursadeghiyan, H. Yarmohammadi, A. Mosavi, Evaluation of general and locallighting as an environmental ergonomics factor in different parts of a hospital in the city of kermanshah in 2015. *J. Eng. Appl. Sci*. 5(2015), 255-259.
16. R. Golmohamadi, M. Shafiee M., M. Jamshidi R., N. Salimi, Z. Valizadeh, Assessment of interior and area artificial lighting in hospitals of hamedan city. *J. Occupational Hygiene Eng*. 1(2014), 47-56.
17. A. Ghanbari S., M. Ashnagar, F. Palyzban, B. Shafiei, Assessment of interior general lighting in hospitalsbased on standards of north america illumination engineering society. *J. Preventive Medicine*, 3(2016), 12-19.
18. K. Choi, H. J. Suk, Dynamic lighting system for the learning environment: Performance of elementary students. *J. Optical Soc. Am.* 24(2016), 1-10.
19. J. Farrahi, N. Nakhaee, V. Sheibani, B. Garrusi, A. Amirkafi,

www.SID.ir

Psychometric properties of the Persian version of the Pittsburgh Sleep Quality Index addendum for PTSD (PSQI-A). *J. Sleep Breath*, 13(2009), 259-262.
20. D. J. Buysse, Ch. F. Reynolds, T. H. Monk, S. R Berman, D. J. Kupfer, The pittsburgh sleep quality index - A new instrument for psychiatric practice and research. *J. Psychiatry Res.* 28(1989), 193-213.
21. K. Davani, PSQI Questionnaire, http://kambiz1348.blogfa.com/post/1, 2015.
22. K. Kaida, M. Takahashi, T. Akerstedt, A. Nakata, Y. Otsuka, T. Haratani, K. Fukasawa, Validation of the Karolinska sleepiness scale against performance and EEG variables. *J. Clin. Neurophysiol.* 117(2006), 1574-1581.
23. R. Zare, A. Choobineh, S. Keshavarzi, S. Moghateli, Investigation of the relationship of sleep quality, sleepiness and sickness absence. *J. Ergon.* 4(2016), 1-7.
24. A. Akerstedt M., G. Kecklund, T. Akerstedt, Comparing two versions of the Karolinska sleepiness scale (KSS). *J. Sleep Biol. Rhythms*, 14(2016), 257-260.
25. M. Khodadadi, S. M. Yazdi, H. Amani, Selective & divided attention software, Institute for behavioral & cognitive sciences, Tehran, Iran, 2014.
26. H. Zare, P. Nahravanian, The effect of training on visual search and vigilance of adult and children. *J. Adv. Cognit. Sci.* 15(2014), 9-18.
27. S. H. Amirshahi, F. Agahian, Computational color physics, Arkan Danesh pub. Esfahan, Iran. 2007,Ch. 8, 503.
28. Light sources, http://www.lrc.rpi.edu/programs/nlpip/lightinganswers/lightsources/whatisCCT.asp, 2017.
۲۹. ر. **جعفری**، بررسی اثر نرمال بودن توزیع داده‌ها در تعیین ابعاد طیفی نمونه‌های سیاه. نشریه علمی پژوهشی علوم و فناوری رنگ. (۱۳۹۴)۹، ۱۷۵-۱۶۹.
30. R. Golmohamadi, OEL Assessment guideline for lighting, Daneshju pub. Hamadan, Iran. 2016, 9-11.
31. N. Ohta, A. R. Robertson, Colorimetry Fundamentals and applications, John Wiley & Sons Ltd, England. 2005, 110-111.
32. Correlated Color Temperature, https://iristech.co/what-is-the-best-color-temperature, Viewed 2017.
33. Eye one spectroradiometer, Wikipedia, 2017.
34. M. M. Moslemi A., H. Eghtesadi, Lighting educational package in the work environment. Health and Work Environment Center, 2008.

Archive of SID

www.SID.ir