Advances in Cognitive Sciences
Vol 26, No. 1, Spring 2024
Research Article
Pages 46-62

# Investigating the effect of color and lighting of the workspace on the mental workload and sustained attention of employees: A study in virtual reality

**Sodabeh Soltanzadeh[1], Shaghayegh Chitsaz[2*], Reza Kazemi[3]**

1. PhD Student, Department of Social Cognition, Institute for Cognitive Science Studies, Tehran, Iran
2. Assistant Professor, Institute for Cognitive Science Studies, Tehran, Iran
3. Assistant Professor, Faculty of Entrepreneurship, University of Tehran, Tehran, Iran

**Recieved:** 26 Dec. 2023
**Revised:** 30 Apr. 2024
**Accepted:** 11 Jul. 2024

**Keywords**
Virtual reality
Mental workload
Sustained attention
Color
Light

**Corresponding author**
Shaghayegh Chitsaz, Assistant Professor, Institute for Cognitive Science Studies, Tehran, Iran

**Email:** Chitsaz.sh@gmail.com

doi.org/10.30514/icss.26.1.46

## Abstract

**Introduction:** The environmental quality of indoor spaces plays an essential role in human health. Since people spend more than 90% of their time inside buildings, the effects of indoor environmental factors on cognitive functions are critical. Therefore, the present study was conducted to investigate the performance of attention and workload of employees under the influence of light and color of the environment.

**Methods:** In this study, 20 participants from 18 to 50-year-old employees (mean=33.8±standard deviation=5.13) were exposed to four environments simulated in virtual reality with lighting and colors were placed. First, the participants rested in the simulated space for 5 minutes, and then they performed the cognitive task designed based on the continuous performance test while the brain waves of the participants were recorded. Evaluation of the mental workload index was done through a NASA questionnaire.

**Results:** The multivariate analysis of variance statistical test revealed that in an environment with a light intensity of 300 lux and blue color, people's level of sustained attention increased significantly (P=0.031, F=5.206 (36, 3)). Furthermore, no significant change was observed in this study regarding the mental workload index (P=0.902).

**Conclusion:** Based on the findings of this research, it can be concluded that the blue color positively affects the function of sustained attention of employees. Therefore, it is possible to improve the function of sustained attention with design interventions in work environments, which can improve the efficiency of employees and the productivity of organization.

Citation: Soltanzadeh S, Chitsaz Sh, Kazemi R. Investigating the effect of color and lighting of the workspace on the mental workload and sustained attention of employees: A study in virtual reality. Advances in Cognitive Sciences. 2024;26(1):46-62.

## Extended Abstract

### Introduction

There is no doubt that indoor environmental quality is crucial to the health and well-being of its inhabitants. It is crucial to determine the impact of these parameters on human perception to improve building design standards. Color and light are environmental factors that affect cognitive functions. Numerous studies have examined the role of lighting, demonstrating that physical environments can be designed to impact the visual, psychological, phys-

[ DOI: 10.30514/icss.26.1.46 ]



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License

iological, and cognitive performance of their inhabitants. The science of cognitive ergonomics is concerned with studying mental processes, including perception, memory, mental workload, inhibition, attention, interactions between humans, and systems to ensure the correct interaction between work and environment, needs, capabilities, and limitations. Therefore, paying attention to the design factors in the work environment to improve cognitive functions requires the interdisciplinary cooperation of psychologists, designers, and architects.

A comprehensive approach requires investigating and identifying potential objective and subjective measures of the work environment to improve cognitive functions in the workplace. Due to the importance of this cognitive function in different dimensions of life, the subject studied in many researches is focused on sustained attention. In addition, the studies show that cognitive functions, as well as mental health indicators are related to indoor environment parameters such as light. This study aimed to investigate the combined role of lighting intensity and color on mental workload and sustained attention in the work environment.

## Methods

This research, is a clinical trial study with a quantitative approach aimed at developmental and applied purposes. The participants for this study were selected through a voluntary, non-random method based on specific entry and exit criteria following an open call for research on social networks. The Continuous Performance Test (CPT) continuous performance test was introduced in 1956 by Rosold et al. This test is used to evaluate sustained attention and impulsive movements. The task was designed to move the boxes on the conveyor belt in front of the participants, simulating the virtual environment with the actual work environment. Single-digit numbers from "0 to 9" are written on each of these boxes. The participants were required to identify the boxes with the target stimulus, considered the number "0" in this study. The NASA workload index test has been used in many studies to evaluate mental workload. This test has been used to evaluate mental workload in six subscales. The use of virtual reality as a research tool is well-established in many fields, including cognitive research. Moreover, virtual reality has a strong potential to be used as an experimental research tool in psychological and architectural research. The simulated environment in this research is a high dynamic range image model HDRI. The simulated workspace is a windowless room with artificial lighting. The color of the walls based was selected on the levels of the variables. Electroencephalography data was recorded with the help of a Q5000 EEG device (Negar Andishgan Co., Iran). This study used Ag/AgCl electrodes to record electroencephalography signals installed on an elastic cap. Thirty-two electrodes based on the international 10-20 system were installed on the participants' heads.

At first, the experiment process was fully explained to all the participants, and the participants completed the informed consent form and the demographic information questionnaire. First, electroencephalography was recorded for 2 minutes with eyes closed before the virtual reality glasses were placed on the head. In the next step, people were asked to put on virtual reality glasses. The experiment was conducted randomly, and people encountered each of the four scenarios designed in the virtual reality environment with a wall color while their brain waves were recorded. The experiment duration for each participant was 3 hours, with steps for preparation for the electroencephalography recording.

## Results

CPT task was performed to assess the significance of changes in dependent variables (accuracy, attention, inhibition, and reaction time) in different situations (four

[ DOI: 10.30514/icss.26.1.46 ]



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License

situations) of multivariate covariance analysis. Box's M test was performed to check the equality of variance-covariance matrices to check the assumptions of multivariate covariance analysis, and this assumption was confirmed with the obtained results (F(30, 36)=2.736, P=0.005). Multivariate covariance analysis showed a significant difference in at least one of the dependent variables (F(12, 105)=2.244, P<0.05), Eta=0.20. The results of Scheffe's test show that placing subjects in different positions significantly affect "accuracy" (F(3, 36)=9.719, P<0.05, Eta=0.44), attention (F (3, 36)=5.206, P=0.004, Eta=0.30) and inhibition (F (3, 36)=5.018, P=0.005, Eta=0.29), But there was no significant change in "reaction time" F(3, 36)=151.6, P>0.05, Eta=0.11). Scheffe's post hoc test results showed a significant difference between the "accuracy" performance of individuals between positions 1 and 3 (P=0.003), 1 and 4 (P=0.001), 2 and 4 (P=0.21), 3 and 1 (P=0.003), 4 and 1 (P=0.001) and 4 and 2 (P<0.05), a significant difference between people's "attention" performance between positions 1 and 3 (P=0.031), 1 and 3 (P=0.031) and a significant difference in "inhibition" in environment 1 and 3 (P=0.04), environment 2 and 3 (P=0.04) and environment 3 and 1 (P=0.04) showed.

Examining the average scores of NASA's workload questionnaire showed that the lowest score was in the condition with a white wall and 800 Lux lighting. Furthermore, the analysis of the data in the ANOVA statistical test indicated no significant difference in the workload imposed on the individual in different situations (P<0.05) and no interaction effect between environment design and workload.

The pairwise comparison test revealed a significant discrepancy in the measured values of the normalized brain signal strength measured when each participant rested and performed the task in the four studied positions in virtual reality.

## Conclusion

The present study aimed to investigate the combined role of two components of lighting intensity and color in the work environment with sustained attention and mental workload. The results showed that the interactive effect of color and light, with the combination of white and blue colors and light intensity of 300 or 800 Lux, on mental workload insignificant. This means that the design interventions resulting from the combination of these two variables did not significantly affect the scores obtained from the NASA questionnaire.

In the present study, the one-way analysis of variance of the absolute power of the frequency bands shows that when the brightness intensity increases, it does not create a significant difference in people's attention in the electroencephalogram data. Similar to accuracy performance, inhibition performance also improves under the influence of design interventions in color and illuminance intensity. This finding can be explained using the principles of Kaplan's theory of attention recovery and psychological recovery. Attention recovery theory emphasizes that the presence of natural elements plays a role in reducing anxiety and mental fatigue in people.

Recent studies show that the color blue can boost employees' attention and cognitive functions. By incorporating blue into office design, organizations can enhance cognitive abilities, work performance, and overall productivity.

## Ethical Considerations

### Compliance with ethical guidelines

This research was carried out in compliance with ethical principles, including obtaining written informed consent, the principle of confidentiality, providing sufficient information about how to conduct the research, and the freedom of the participants to withdraw from the study. The current research was approved by the ethical guidelines

[ DOI: 10.30514/icss.26.1.46 ]



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License

of the Ministry of Health and Medical Education based on international documents from the Ethics Committee of the Higher Education Institute of Cognitive Sciences and the University of Tehran with ID IR.UT.PSYEDU.REC.1399.009 in the Ethics Committee of the Higher Education Institute of Cognitive Sciences. This article is noteworthytaken from the master's thesis of cognitive science, design, and creativity with code 203-2 1401 Kh T A.

## Authors' contributions

All authors played a pivotal role in every stage of the research, from the initial design and virtual reality design to data collection and analysis, as well as the initial writing, revision, and editing of the article.

## Funding

This research is not under the financial support of any institution or organization.

## Acknowledgments

The authors are grateful and appreciative to the sincere cooperation of Ms. Dehghani, the head of the human laboratory of the Institute for Cognitive Science Studies, and Mona Valeh.

## Conflicts of interest

The authors declared no conflict of interest.

[ DOI: 10.30514/icss.26.1.46 ]



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License

مجله تازه‌های علوم شناختی
دوره ۲۶، شماره ۱، بهار ۱۴۰۳
صفحات ۶۲-۴۶
مقاله پژوهشی

# بررسی تاثیر رنگ و نور فضای کاری بر بار کاری ذهنی و توجه پایدار کارمندان: مطالعه در واقعیت مجازی

سودابه سلطان‌زاده[۱]، شقایق چیت‌ساز[۲*]، رضا کاظمی[۳]

۱. دانشجوی دکتری، گروه شناخت اجتماعی، مؤسسه آموزش عالی علوم شناختی، تهران، ایران
۲. استادیار، گروه طراحی و خلاقیت، مؤسسه آموزش عالی علوم شناختی، تهران، ایران
۳. استادیار، گروه توسعه کارآفرینی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

**دریافت:** ۱۴۰۲/۱۰/۰۵
**اصلاح نهایی:** ۱۴۰۳/۰۲/۱۱
**پذیرش:** ۱۴۰۳/۰۴/۲۱

**واژه‌های کلیدی**
واقعیت مجازی
بارکاری ذهنی
توجه پایدار
رنگ
نور

**نویسنده مسئول**
شقایق چیت‌ساز، استادیار، گروه طراحی و خلاقیت، مؤسسه آموزش عالی علوم شناختی، تهران، ایران
**ایمیل:** Chitsaz.sh@gmail.com

doi.org/10.30514/icss.26.1.46

## چکیده

**مقدمه:** کیفیت محیطی فضاهای داخلی نقش اساسی در سلامت انسان دارد. از آنجایی که، امروزه مردم بیش از ۹۰ درصد وقت خود را در داخل ساختمان‌ها می‌گذرانند، اثرات عوامل محیط داخلی، بر کارکردهای شناختی و ابعاد مختلف سلامت حائز اهمیت است. از این رو، مطالعه حاضر با هدف بررسی عملکرد توجه و بار کاری کارمندان، تحت تأثیر نور و رنگ محیط انجام شد.

**روش کار:** در این مطالعه، ۲۰ شرکت‌کننده از میان کارمندان ۱۸ تا ۵۰ ساله با میانگین و انحراف معیار: ۵/۱۳±۳۳/۸ در مواجهه با ۴ محیط شبیه‌سازی شده در واقعیت مجازی با روشنایی (۳۰۰ و ۸۰۰ لوکس) و رنگ ( آبی و سفید) قرار گرفتند. ابتدا، شرکت‌کنندگان به مدت ۵ دقیقه، در حالت استراحت در فضای شبیه‌سازی شده حضور داشتند، سپس تکلیف شناختی طراحی شده بر پایه آزمون عملکرد پیوسته را در حالی که همزمان امواج مغزی شرکت‌کنندگان از طریق دستگاه الکتروآنسفالوگرام ثبت می‌گردید، انجام دادند. ارزیابی شاخص بار کاری ذهنی از طریق پرسشنامه ناسا با ۶ خرده مقیاس صورت گرفت.

**یافته‌ها:** نتایج تحلیل واریانس چند متغیره نشان داد که در محیط با شدت نور ۳۰۰ لوکس و رنگ آبی میزان توجه پایدار افراد به طور معناداری ($F(۳۶،۳)=۵/۲۰۶$، $P=۰/۰۳۱$) افزایش پیدا می‌کند. همچنین در این مطالعه هیچ تغییر معناداری در خصوص شاخص بار کاری ذهنی ($P=۰/۹۰۲$) مشاهده نشد.

**نتیجه‌گیری:** بر اساس یافته‌های این پژوهش می‌توان چنین برداشت نمود، که رنگ آبی در کارکرد توجه پایدار کارمندان تأثیر مثبت دارد. از آنجایی که توجه پایدار نقش اساسی در فعالیت‌های مستمر اداری دارد، لذا می‌توان با مداخلات طراحی در محیط‌های کاری، به بهبود کارکرد توجه پایدار و در نتیجه ارتقا کارآیی کارمندان و بهره‌وری سازمان‌ها دست یافت.

## مقدمه

بدون تردید کیفیت محیط داخلی (Indoor Environmental Quality (IEQ)) نقش اساسی در سلامت و رفاه ساکنان آن دارد، چرا که امروزه مردم بیش از ۹۰ درصد وقت خود را در داخل ساختمان‌ها سپری می‌کنند (۱). شواهد نشان می‌دهد که فاکتورهای طراحی داخلی، از جمله کیفیت هوای داخل ساختمان، دمای محیط، رنگ، رطوبت، نور و صدا برای سلامت روانی و جسمی انسان حیاتی بوده و بر شناخت (۲-۴)؛ و به دنبال آن تعدیل و سازگاری فرد با محیط، تاثیرگذار است (۵). با توجه به کلیدی بودن نقش کیفیت محیط داخلی، تعیین پیامدهای هر کدام از این پارامترها بر ادراک انسان در راستای دستیابی به استانداردهایی که با لحاظ نمودن آنها در طراحی ساختمان، بتوان عملکرد افراد را ارتقا بخشید، از اهمیت زیادی برخوردار است (۳). رنگ و نور ازجمله عوامل محیطی تاثیرگذار بر کارکردهای شناختی



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License

[ DOI: 10.30514/icss.26.1.46 ]

می‌باشند (۶). رنگ نقش مهمی در تجربه افراد از جهان دارد. در سال ۲۰۱۲، Elliot و Maier نظریه‌ای را مبتنی بر نظریه‌های یادگیری اجتماعی و زیست‌شناسی ارائه دادند، که در آن بیان شده، رنگ دارای اثرات متعددی بر شناخت و رفتار در نتیجه تداعی‌های آموخته شده است (۷، ۸). مطالعاتی که در مورد نقش روشنایی انجام گرفته، حاکی از آن است محیط‌های فیزیکی می‌توانند به گونه‌ای مهندسی شوند که بر عملکرد بصری، روانی، فیزیولوژیکی و شناختی ساکنان آن اثر بگذارند (۹).

علم ارگونومی شناختی که به مطالعه فرآیندهای ذهنی مانند ادراک، حافظه، بارکاری ذهنی، بازداری، توجه و تصمیم‌گیری مربوط می‌شود، تعاملات بین انسان‌ها و عناصر یک سیستم را با هدف اطمینان از تعامل مناسب بین کار و محیط، نیازها، قابلیت‌ها و محدودیت‌های انسان بررسی می‌کند (۱۰). از دیدگاه این علم، حوادث ناشی از خطاهای انسانی به علت ناآگاهی فرد رخ نمی‌دهد، بلکه کاهش توجه و دقت فرد به دلیل بار اضافه ذهنی در لحظه، علت بروز این خطاها است (۱۱)، با این وجود، که کاهش بارکاری همچون بار اضافی، کاهش عملکرد شناختی افراد را به دنبال دارد (۱۲). بنابراین، توجه به فاکتورهای طراحی در محیط کار به منظور ارتقا کارکردهای شناختی، نیازمند همکاری‌های بین‌رشته‌ای روان‌شناسان، طراحان و معماران است. همچنین، بررسی و شناسایی اقدامات بالقوه عینی و ذهنی در ارتباط با فضای کاری به منظور ارائه رویکردی جامع در راستای بهبود عملکردهای شناختی در محل کار ضروری به نظر می‌رسد.

بارکاری ذهنی؛ به مقدار ظرفیت پردازشی که یک فرد برای انجام یک کار در زمان معین نیاز دارد، اشاره می‌کند (۹). طبق پژوهش‌های انجام شده انجام وظایف کاری متکی به بارکاری ذهنی است. زمان‌بندی نامناسب و خستگی در مشاغلی که بارکاری زیادی در آنها وجود دارد، سبب اختلال در فرآیند حافظه، تفکر و افزایش احتمال بروز رفتارهای مخاطره‌آمیز و در نتیجه کاهش فزاینده عملکرد کاری می‌شود (۱۳). از آنجایی که گسترش فناوری‌های مدرن در بسیاری از محیط‌های کاری، نیازهای شناختی بیشتری را در مقایسه با نیازهای فیزیکی به افراد تحمیل می‌کند، درک این که چه عواملی بر بارکاری ذهنی و به دنبال آن عملکرد کاری تأثیر می‌گذارد، بسیار مهم است (۱۲). یکی از راهکارهای ارزیابی بار کار شناختی که در بسیاری از مطالعات مورد بررسی قرار گرفته پرسشنامه بار کاری شناختی NASA-TLX است. این پرسشنامه بر اساس فاکتورهای متنوع بارکاری شناختی را مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار می‌دهد.

پرسشنامه شاخص بار کاری شناختی NASA-TLX یکی از ابزارهای شناخته شده جهت ارزیابی بار کاری ذهنی است (۱۱). در پژوهشی که توسط Bao و همکاران در سال ۲۰۲۱ انجام شد، بارکاری ذهنی افراد تحت شرایط نوری مختلف با تکمیل پرسشنامه شاخص بار کاری ناسا، مورد آزمایش قرار گرفت. بررسی داده‌ها حاکی از آن است که محیط اداری با روشنایی ۷۵۰ لوکس، کمترین بارکاری را اعمال می‌کند (۹).

عملکرد شناختی توجه از دیگر فاکتورهای تاثیرگذار در محیط‌های کاری است (۱۰). تمرکز بر روی یک پدیده به استثنای محرک‌های دیگر توجه نامیده می‌شود (۱۶-۱۴). در میان پارادایم‌های مختلف توجه، عملکرد توجه پایدار ارتباط نزدیکی با وظایف افراد در محیط‌های کاری دارد (۹). توجه پایدار شامل توانایی حفظ تمرکز بر محرک‌ها و وظایف مستمر در دوره‌های زمانی طولانی است، در حالی که اطلاعات مزاحم سرکوب می‌شود (۱۷-۹). اختلال در این عملکرد شناختی با ناتوانی در تنظیم پاسخ‌ها و رفتارها با خواسته‌های موقعیتی (ضعف در بازداری)، کاهش عملکرد دقت و افزایش زمان واکنش مرتبط است (۱۷). با توجه به اهمیت این کارکرد شناختی در ابعاد مختلف زندگی (۱۸)، موضوع مورد مطالعه در بسیاری از پژوهش‌ها بر توجه پایدار متمرکز شده است. مطالعات تصویربرداری انسانی نشان داده‌اند که فعال شدن نواحی قشر پیشانی و آهیانه‌ای، بیشتر در نیمکره راست، با عملکرد توجه پایدار مرتبط است (۹). در پژوهشی توسط Ko و همکاران در سال ۲۰۱۷، تغییرات طیفی الکتروانسفالوگرافی ((EEG) Electroencephalography) در طول یک تکلیف توجه پایدار مورد بررسی قرار گرفت. یافته‌های این مطالعه و سایر پژوهش‌های مشابه بیانگر آن است، که ارزیابی تغییراتی که در باندهای فرکانسی رخ می‌دهد، اطلاعات مفیدی از مکانیسم کارکردهای شناختی در اختیار پژوهشگران می‌گذارد (۱۹، ۲۰).

مطالعات پیشین دال بر آن است که ارزیابی عصب‌روان‌شناختی مبتنی بر واقعیت مجازی (Virtual Reality)، ابزار معتبری برای سنجش کارکردهای شناختی در مقایسه با آزمون‌های کلاسیک است (۱۷). واقعیت مجازی با شبیه‌سازی یک موقعیت واقعی به فرد امکان غوطه‌وری در محیط را می‌دهد (۱۶). فناوری واقعیت مجازی امکان جمع‌آوری داده‌ها را به روشی انعطاف‌پذیر، مقرون به صرفه با دقت بالای کنترل آزمایشگاهی و قابلیت انجام آزمایش‌های تکرار شونده و بدون ضرر فراهم می‌کند (۲۱). همچنین، این ابزار، فرصتی برای مطالعات جامع‌تر در مورد متغیرهای مختلف طراحی ارائه می‌دهد (۲۲). نظارت بر واکنش‌های کاربران به محرک‌های بیرونی و درونی در محیط مجازی، با کمک تجهیزات ثبت EEG، این امکان را فراهم می‌کند تا پاسخ‌های

[ DOI: 10.30514/icss.26.1.46 ]



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License

شناختی افراد را تحلیل و استنباط کرد (۲۳).

واکاوی مطالعات پیشین در حوزه ارگونومی شناختی و فضای کاری، بر اهمیت نقش عوامل محیطی بر عملکرد کاری کارمندان تأکید دارند. علاوه بر این، بررسی‌های به عمل آمده نشان می‌دهد، کارکردهای شناختی و همچنین، شاخص‌های سلامت روان با پارامترهای محیط داخلی مانند نور مرتبط هستند (۲۴)، لیکن، مطالعاتی که کاربست هم زمان شاخص‌های طراحی را در واقعیت مجازی مورد بررسی قراردهند، کمتر با اقبال پژوهشی مواجه شده است. لذا، پژوهش حاضر به دنبال پاسخ‌گویی به این سوال است؛ که آیا رنگ و شدت روشنایی فضای کاری در تعامل با هم می‌توانند بر ۱) بار کاری ذهنی و ۲) توجه پایدار کارمندان تاثیرگذار باشند؟

با توجه به موارد بیان شده، با کاربرد طراحی شناختی در فضاهای کاری، می‌توان در جهت بهبود ابعاد مختلف سلامت و عملکردهای شناختی قدم برداشت. از این رو، پژوهش حاضر با هدف بررسی نقش ترکیبی دو مؤلفه شدت روشنایی و رنگ محیط کاری بر بار کاری ذهنی و توجه پایدار اجرا گردید.

## روش کار

این پژوهش، از منظر روش یک مطالعه کارآزمایی بالینی با رویکرد کمی و از منظر هدف یک پژوهش توسعه‌ای_کاربردی است، که با هدف بررسی عملکرد توجه و بار کاری کارمندان تحت تأثیر نور و رنگ محیط اداری بر اساس داده‌های امواج مغزی در واقعیت مجازی اجرا گردید. جامعه آماری این مطالعه پس از اعلان فراخوان پژوهش در شبکه‌های اجتماعی در شهریور ۱۴۰۱ به روش غیر احتمالی ساده و داوطلبانه بر اساس معیارهای ورود و خروج (معیار ورود: دارا بودن سن بین ۱۸ تا ۵۰ سال، تحصیلات دانشگاهی، راست دست بودن و تکمیل رضایت‌نامه کتبی. معیار خروج: ابتلا به اختلالات روان‌پزشکی و بیماری‌های نورولوژی و عدم تمایل فرد برای ادامه شرکت در پژوهش)، انتخاب شدند.

### ابزارها

#### تکلیف سنجش توجه پایدار

در این مطالعه، جهت سنجش توجه پایدار از تکلیف طراحی شده بر پایه آزمون عملکرد پیوسته (Continuous Performance Test (CPT)): در محیط واقعیت مجازی استفاده شد. آزمون عملکرد مستمر CPT در سال ۱۹۵۶ توسط Rosvold و همکاران معرفی شد. از این آزمون برای ارزیابی توجه پایدار و حرکات تکانشی استفاده می شود (۲۵، ۲۶). در مطالعه انجام شده توسط هادیان‌فرد و همکاران در سال ۱۳۷۹، با مطالعه روی ۴۳ دانش‌آموز پسر دبستانی، پایایی و روایی این آزمون، در دامنه‌ای بین ۰/۵۹تا ۰/۹۳ محاسبه گردید (۲۷).

اگرچه، نسخه‌های متفاوتی از این آزمون تاکنون ارائه شده است، لیکن، تمامی نسخه‌ها از یک ساختار کلی یکسان تبعیت می‌کنند (۲۶). در این آزمون دو نوع خطای حذف (Omission Error) و خطای ارتکاب (Error Commission) نمره‌گذاری می‌شود. خطای حذف هنگامی رخ می‌دهد که شرکت‌کننده به محرک هدف پاسخ ندهد. این نوع خطا به عنوان مشکل در پایداری توجه تفسیر می‌شود و نشانگر بی‌توجهی به محرک‌ها است. خطای ارتکاب هنگامی رخ می‌دهد که شرکت‌کننده به محرک غیرهدف پاسخ دهد. این نوع پاسخ نشان‌دهنده ضعف در بازداری است (۲۸). در این آزمون، علاوه بر این دو خطا، تعداد پاسخ‌های صحیح و زمان عکس‌العمل افراد به محرک، جهت سنجش دقت و زمان واکنش افراد، توسط برنامه رایانه‌ای شمارش شد.

به منظور شبیه‌سازی محیط مجازی با محیط کار واقعی، تکلیف به این شکل طراحی شد که جعبه‌هایی (که تداعی‌کننده کالای بسته‌بندی شده است) بر روی نوار نقاله در مقابل دید شرکت‌کنندگان حرکت می‌کنند. بر روی هر یک از این جعبه‌ها اعدادی تک رقمی از "۰ تا ۹ " نوشته شده است. شرکت‌کنندگان موظف به شناسایی جعبه‌هایی با محرک هدف که در این مطالعه عدد "۰" در نظر گرفته شد، بودند. از آنجایی که، در پژوهش‌های قبلی نشان داده شده، که تغییرات در قدرت طیفی باندهای فرکانسی در نتیجه حرکات انگشت و دست برای انجام تکلیف‌های توجه پایدار به سرعت کاهش می‌یابد و بر تحلیل باندهای فرکانسی و اختلاف توان، تأثیر نمی‌گذارد (۲۹)، از این رو، در این مطالعه، به منظور کنترل حرکت شرکت‌کنندگان و ثبت امواج EEG با نویز کمتر، از افراد خواسته شد، که هر زمان که رقم "۰"روی جعبه‌ها در محیط واقعیت مجازی ظاهر شد، با فشار دادن دکمه "ENTER" بر روی صفحه کلید با دست غالب پاسخ دهند.

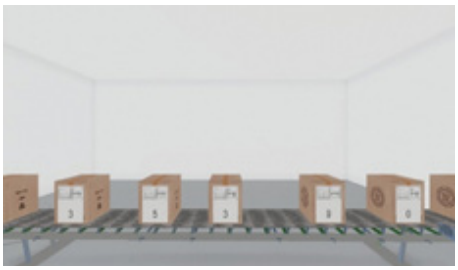
فاصله بین هر یک از جعبه‌ها (محرک‌ها) به صورت تصادفی ۲۰۰۰- ۱۵۰۰ میلی‌ثانیه و حداکثر زمان مجاز به پاسخ به محرک هدف ۱۵۰۰ میلی‌ثانیه بود (۲۷). شکل ۱ نمایی از تکلیف طراحی شده در سناریوهای مختلف در این پژوهش نشان داده شده است. محرک هدف ۳۰ درصد و محرک غیر هدف ۷۰ درصد کل موارد را شامل می‌شدند.

[ DOI: 10.30514/icss.26.1.46 ]

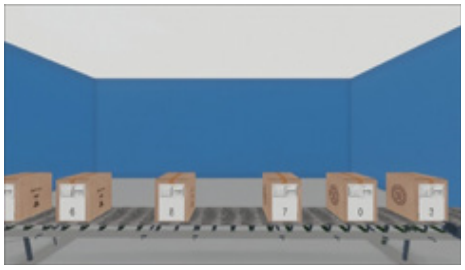


This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License

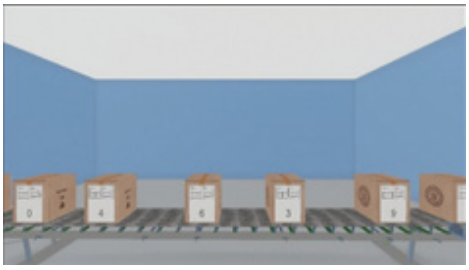
شکل ۱. الف)



شکل ۱. ب)



شکل ۱. ج)



شکل ۱. د)

شکل ۱. نمایی از نمایی از تکلیف طراحی شده در محیط واقعیت مجازی

شکل ۱. الف. محیط شبیه‌سازی شده ۱ (رنگ دیوارها سفید و نور با شدت روشنایی ۳۰۰ لوکس)، شکل ۱. ب. نمایی از محیط شبیه‌سازی شده ۲ (رنگ دیوارها سفید و نور با شدت روشنایی ۸۰۰ لوکس)، شکل ۱. ج. نمایی از محیط شبیه‌سازی شده ۳ (رنگ دیوارها آبی و نور با شدت روشنایی ۳۰۰ لوکس) و شکل ۱. د. نمایی از محیط شبیه‌سازی شده ۴ (رنگ دیوارها آبی و نور با شدت روشنایی ۸۰۰ لوکس) نشان می‌دهد.

### آزمون شاخص بار کاری ناسا NASA-TLX

این آزمون در مطالعات متعددی، جهت ارزیابی بار کاری ذهنی، به کار گرفته شده است. این آزمون، در سال ۱۹۸۸ توسط Hart و Staveland ارائه شد (۳۰). همچنین، این شاخص توسط گروه مهندسی فاکتورهای انسانی مرکز تحقیقات ناسا NASA، به عنوان ابزاری جهت مشخص نمودن بارکاری ذهنی، پیشنهاد شده است (۱۱). روایی صوری این پرسشنامه در مطالعه محمدی و همکاران (۱۳۹۲)، تایید شده است. علاوه بر این آزمون آلفای کرونباخ جهت تعیین پایایی این پرسشنامه به کار گرفته شد و در نتیجه اعتبار و پایایی پرسشنامه شاخص بارکاری ناسا به عنوان یک روش معتبر جهت ارزیابی بارکاری تایید گردید (۱۳).

آزمون شاخص بار کاری ناسا، در قالب پرسشنامه طراحی، جهت ارزیابی بار کاری ذهنی در ۶ زیر مقیاس (نیاز فکری و ذهنی، نیاز فیزیکی، زمان، میزان تلاش، بازدهی و دلسردی) در دو بخش به کار برده شده است (۹). نمره‌گذاری در بخش اول آن برای هر یک از زیر مقیاس‌های مورد مطالعه در بازه ۱۰۰ امتیازی که با گام‌های ۵ امتیازی، تقسیم‌بندی شده است، صورت می‌گیرد. در بخش دوم، این خرده مقیاس‌ها در مقایسه دو دویی آنها و بر اساس درک خود یک فرد انجام می‌شود. در این قسمت، افراد از بین هر دو انتخاب دو دویی، آن موردی را که بیشتر به آن فعالیت ارتباط داشته گزینش می‌کند و هر بار انتخاب برابر با یک نمره وزنی برای آن مورد است. حاصل‌ضرب این نمره وزنی در نمره مقیاس هر بعد، تقسیم بر ۱۵ برابر است با نمره بار کاری از ۰ تا ۱۰۰ که همان شاخص کل بار کاری می‌باشد.

### طراحی واقعیت مجازی

محیط شبیه‌سازی شده در این پژوهش، یک مدل تصاویر با دامنه دینامیکی بالا (High Dynamic Range Images (HDRI)) در نسخه 2020.3.5F با قابلیت تنظیم نورهای محیط واقعی، است. طراحی این مدل در نرم‌افزار UNITY انجام گرفته است. فضای کاری شبیه‌سازی شده، یک اتاق بدون پنجره و با روشنایی مصنوعی است. رنگ دیوارها بر اساس سطوح متغیرها؛ (رنگ آبی و سفید) انتخاب شد. طبق پژوهش‌های پیشین؛ رنگ آبی بر عملکرد شناختی افراد موثر می‌باشد (۳۲)، لذا این رنگ به عنوان متغیر مورد مطالعه انتخاب گردید. رنگ کف؛ خاکستری و رنگ سقف سفید بود. همچنین میزان شدت روشنایی در دو مقدار ۳۰۰ و ۸۰۰ لوکس با توجه به استانداردهای توصیه شده جهت شدت روشنایی مناسب در فضای کاری و میزان تاثیرگذار بر کارکردهای شناختی تعیین گردید (۳۳-۹). به منظور واقعی کردن



[ DOI: 10.30514/icss.26.1.46 ]

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License

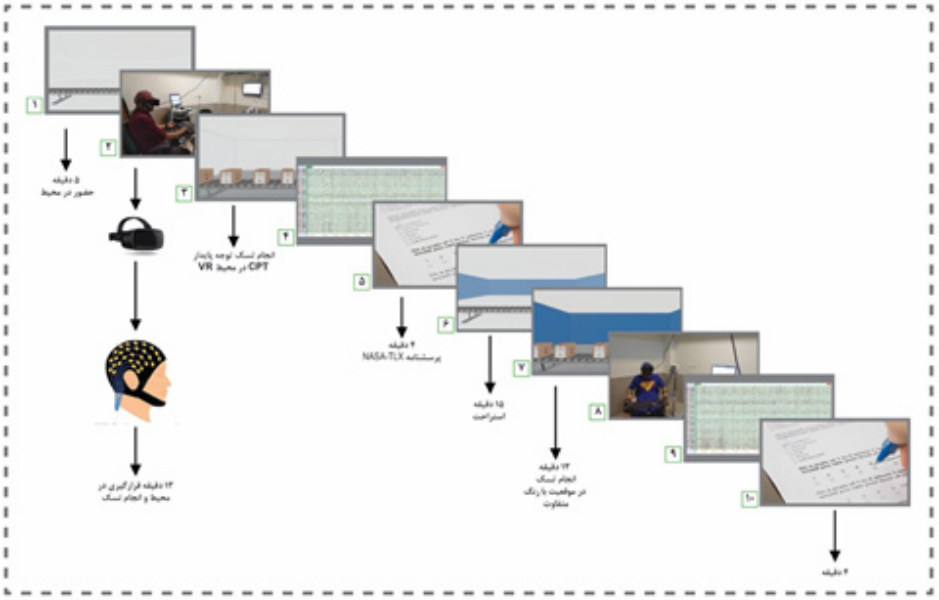
شرایط محیط، صدای فضای کاری در شبیه‌سازی در نظر گرفته شد. از آنجایی که طبق پژوهش‌های انجام گرفته، جهت اثربخشی عوامل فیزیکی موجود در فضا، افراد حداقل باید ۵ دقیقه در محیط واقعیت مجازی حضور داشته باشند (۳۴). زمان مواجهه فرد با هر موقعیت شبیه‌سازی شده واقعیت مجازی، شامل، ۵ دقیقه حضور در محیط در حالت استراحت و ۱۳ دقیقه تکلیف، در مجموع ۱۸ دقیقه بود.

**ثبت الکتروانسفالوگرافی (EEG)**

ثبت داده‌های EEG به کمک دستگاه Q5000 EEG (شرکت نگار اندیشگان ایران) انجام گرفت. جهت ثبت سیگنال‌ها از الکترودهای Ag/AgCl که بر کلاه الاستیک نصب می‌شدند، استفاده شد. ۳۲ الکترود بر اساس سیستم بین‌المللی ۲۰-۱۰ بر روی سر شرکت‌کنندگان نصب گردید. کانال‌های مورد مطالعه در این پژوهش شامل:FP1، FPZ، FP2، F7، F3، FZ، F4، F8، FC5، FC1،FCZ، FC2، FC6، T7، C3، CZ، C4، T8، CP5، CP1، CPZ، CP2، CP6، P7، P3، PZ، P4، P8، POZ، O1، OZ، O2 بودند. امپدانس بین الکترودها و پوست با استفاده از ژل رسانا زیر ۵ کیلو اهم KΩ نگه داشته شد و یک فیلتر ناچ ۵۰ هرتز برای حذف نویز برق شهر و فیلتر بالا گذر ۰/۵ و فیلتر پایین گذر ۷۰ هرتز استفاده شد. نرخ نمونه‌برداری در این مطالعه ۵۰۰ هرتز بود. الکترود رفرنس در این مطالعه، CZ و GROUND بر روی مچ دست متصل بود.

**روند اجرای پژوهش**

آزمایش در بازه زمانی شهریور تا مهر ۱۴۰۱ در آزمایشگاه انسانی موسسه آموزش عالی علوم شناختی، تهران، ایران انجام شد. در ابتدا، برای تمامی شرکت‌کنندگان روند اجرای آزمایش به طور کامل توضیح داده شد و فرم رضایت آگاهانه، پرسشنامه اطلاعات دموگرافیک توسط شرکت‌کنندگان تکمیل گردید. سپس با قرار دادن کلاه EEG بر روی سر، آماده‌سازی شرکت‌کنندگان جهت ثبت سیگنال‌های مغزی انجام گرفت. ابتدا ۲ دقیقه در حالت چشم بسته قبل از این که عینک واقعیت مجازی روی سر قرار گیرد ثبت الکتروانسفالوگرافی انجام گرفت. در مرحله بعد از افراد خواسته شد که عینک واقعیت مجازی (Oculus VR، ساخت آمریکا) را بر سر خود قرار دهند. نحوه آزمایش بدین صورت بود که افراد به صورت تصادفی با هر یک از ۴ سناریوی طراحی شده در محیط واقعیت مجازی با نور (۳۰۰ لوکس و ۸۰۰ لوکس) و رنگ دیوار (سفید و آبی) مواجه شدند، در حالی که امواج مغزی آنها ثبت گردید. مراحل اجرای آزمایش در شکل ۲ نشان داده شده است. زمان اجرای آزمایش برای هر شرکت‌کننده با مراحل آماده‌سازی جهت ثبت الکتروانسفالوگرافی، ۳ ساعت به طول انجامید.



شکل ۲. مراحل اجرای آزمایش

**تحلیل آماری**

در این مطالعه از نرم‌افزار SPSS-23 جهت تجزیه و تحلیل آماری استفاده شد. مقدار P<۰/۰۵ به عنوان سطح معناداری در نظر گرفته شد. از تحلیل کوواریانس چند متغیری برای بررسی ارتباط بین

[ DOI: 10.30514/icss.26.1.46 ]



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License

موقعیت‌های مختلف (نور سفید، شدت ۳۰۰ لوکس/نور سفید، شدت ۸۰۰ لوکس/نورآبی، شدت ۳۰۰ لوکس و نور آبی، شدت ۸۰۰ لوکس) با عملکردهای شناختی؛ توجه پایدار، دقت، بازداری شناختی و زمان واکنش استفاده شد.

تحلیل داده‌های الکتروانسفالوگرام در دو مرحله پیش‌پردازش و پردازش اصلی انجام گرفت. جهت پیش‌پردازش از نرم‌افزار EEGLAB استفاده شد. این مرحله؛ شامل: ۱) حذف سیگنال‌ها با نویز بالا به صورت چشمی در زمان‌هایی که سیگنال با نویز بالا بود. ۲) در مرحله بعد، به وسیله ICA مولفه‌های نویزی حذف گردید. ۳) برای به دست آوردن توان مطلق، داده‌ها را با دستور ((Fast Fourier transform (FFT به فاز فرکانس برده و مؤلفه‌های مورد نظر، استخراج شد. در مرحله پردازش جهت تجزیه و تحلیل از t-test و سپس False discovery rate.Correcteh جهت بررسی وجود یا عدم وجود ارتباط بین حالت استراحت و تکلیف در افراد استفاده شد. سپس از تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر به منظور بررسی این که آیا بین ۴ حالت مورد مطالعه در این آزمون، تفاوت معنادار وجود دارد یا خیر، گرفته شد.

## یافته‌ها

### داده‌های جمعیت شناختی

جامعه آماری این مطالعه متشکل از ۱۰ نفر از کارمندان ۱۸ الی ۵۰ سال شهر تهران بودند، که به روش غیر احتمالی ساده و داوطلبانه در طرح شرکت داشتند. پارامترهای طراحی محیط کار، بر روی خلق وخو، عملکرد شغلی، بهره‌وری و رضایت شغلی کارکنان اثرگذار است. کاربرد مناسب عوامل فیزیکی مانند: چیدمان، رنگ، نور و غیره در طراحی فضای داخلی، دارای پیامدهای رفاهی، رفتاری، اقتصادی و زیست محیطی است، بنابراین گروه مشارکت‌کننده از میان کارمندان انتخاب شده است. شرکت‌کنندگان پژوهش حاضر را ۶ زن و ۴ مرد در محدوده سنی ۲۲ الی ۴۴ سال با میانگین سنی ۳۳/۸ سال و سطح تحصیلات کارشناسی تا دکتری تشکیل دادند.

### نتایج آزمون عملکرد مستمر

اندازه‌های توصیفی میانگین و انحراف معیار مربوط به متغیرهای مورد مطالعه در موقعیت‌ها در جدول ۱ قابل مشاهده است. با توجه به نتایج به دست آمده به وضوح تغییر مثبت عملکرد شرکت‌کنندگان در محیط با رنگ آبی و شدت نور ۸۰۰ لوکس مشهود است.

جدول ۱. نتایج تجزیه و تحلیل توصیفی متغیرهای خروجی

| متغیر وابسته | موقعیت | میانگین | انحراف معیار |
|---|---|---|---|
| دقت | ۱ | ۱/۴۷ | ۶۳/۱۴ |
| | ۲ | ۱/۸۱ | ۷۶/۸۷ |
| | ۳ | ۲/۵۷ | ۵۳/۴۱ |
| | ۴ | ۲/۷۱ | ۴۵/۵۱ |
| | کل | ۲/۱۴ | ۷۸/۶۷ |
| توجه | ۱ | ۲/۳۴ | ۷۸/۸۶ |
| | ۲ | ۲/۲۷ | ۸۳/۹۹ |
| | ۳ | ۱/۳۳ | ۴۸/۴۶ |
| | ۴ | ۱/۵۱ | ۶۸/۴۷ |
| | کل | ۱/۸۶ | ۸۱/۹۸ |
| بازداری | ۱ | ۲/۲۲ | ۸۰/۹۹ |
| | ۲ | ۲/۱۹ | ۸۳/۰۰۸ |
| | ۳ | ۱/۲۳ | ۵۲/۸۸ |

[ DOI: 10.30514/icss.26.1.46 ]



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License

| متغیر وابسته | موقعیت | میانگین | انحراف معیار |
|---|---|---|---|
| بازداری | ۴ | ۱/۴۱ | ۶۹/۱۸ |
| | کل | ۱/۷۶ | ۸۲/۹۶ |
| زمان واکنش | ۱ | ۰/۰۶۴ | ۰/۰۵۲ |
| | ۲ | ۰/۰۷۲ | ۰/۰۶۱ |
| | ۳ | ۰/۲۳ | ۰/۳۶۲ |
| | ۴ | ۰/۱۳ | ۰/۱۳۲ |
| | کل | ۰/۱۲ | ۰/۲۰۱ |

به منظور بررسی معناداری میزان تفاوت متغیرهای پژوهش از روش آماری MANOVA استفاده گردید. مفروضه همگنی واریانس از طریق آزمون لون، نشان داد که، داده‌های این پژوهش از لحاظ پراکندگی همگن بودند. جهت بررسی مفروضه‌های تحلیل کوواریانس چند متغیری، از آزمون BOX's M، استفاده شد و با نتایج به دست آمده، این مفروضه مورد تایید قرار گرفت. با توجه به معنادار شدن آزمون BOX's M، تنها نتایج آزمون Pilli را از جدول MANOVA گزارش می‌کنیم.

همان‌طور که در جدول ۲ گزارش شده، نتایج آزمون Pilli در تمامی متغیرهای وابسته به طور کلی معنادار گردید (P<۰/۰۵). به این معنا که عملکرد شناختی فرد در محیط‌های مختلف تغییر کرده است.

جدول ۲. نتایج آزمون Pillai's

| منبع | آزمون | ارزش | F | DF | df خطا | مقدار P | مربع اتای جزئی |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| اثر گروه | Pillai's Trace | ۰/۶۱۲ | ۲/۲۴۴ | ۱۲/۰ | ۱۰۵/۰ | ۰/۰۰۱۴ | ۰/۲۰۴ |
| | Wilks' Lambda | ۰/۴۵۶ | ۲/۵۲۳ | ۱۲/۰ | ۸۷/۶۰ | ۰/۰۰۰۷ | ۰/۲۳۰ |
| | Hotelling's Trace | ۱/۰۴۵ | ۲/۷۵۹ | ۱۲/۰ | ۹۵/۰ | ۰/۰۰۰۳ | ۰/۲۵۸ |
| | Roy's Largest Root | ۰/۸۸۲ | ۷/۷۲۰ | ۴/۰ | ۳۵/۰ | ۰/۰۰۰۰ | ۰/۴۶۹ |

در ادامه، نتایج آزمون‌های تعقیبی نشان داد که تنها اثر موقعیت‌های مختلف در این مطالعه بر متغیر زمان واکنش (P>۰/۰۵) معنادار نبود. حال آن که، معناداری در متغیر دقت (P<۰/۰۵)، متغیر توجه (P=۰/۰۰۴) و متغیر بازداری (P=۰/۰۰۵) گزارش شده است. به منظور بررسی این که در کدام محیط، کدام یک از متغیرهای وابسته به صورت معنادار تغییر کرده است، از آزمون شفه استفاده گردید و نتایج حاصل از آن دلالت بر آن داشت که، تفاوت معناداری میان عملکرد دقت افراد بین موقعیت ۱ و ۳ (P=۰/۰۰۳)، ۱ و ۴ (P=۰/۰۰۱)، ۲ و ۴ (P=۰/۲۱)، ۳ و ۱ (P=۰/۰۰۳)، ۴ و ۱ (P=۰/۰۰۱) و ۴ و ۲ (P<۰/۰۵) وجود داشت.

در مقایسه بین سایر موقعیت‌ها تفاوت معناداری در عملکرد دقت (P>۰/۰۵) وجود نداشت.

در جدول ۳ نتیجه آزمون تعقیبی شفه به منظور بررسی اثر تعاملی محیط و نور بر متغیر توجه پایدار ارائه شده است. این جدول نشان می‌دهد که توجه پایدار افراد در محیط با رنگ سفید و روشنایی ۳۰۰ لوکس و رنگ آبی با شدت روشنایی ۳۰۰ لوکس تفاوت معنادار دارد. همچنین، عملکرد افراد از لحاظ توجه پایدار در سایر محیط‌ها با یکدیگر تفاوت معناداری ندارد و محیط‌های طراحی شده با شرایط رنگ و نور متفاوت توجه پایدار شرکت‌کنندگان را تحت تاثیر قرار نداد.

[ DOI: 10.30514/icss.26.1.46 ]



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License

جدول ۳. نتایج خروجی از آزمون شفه به منظور بررسی اثر تعاملی محیط و نور بر متغیر توجه پایدار شرکت‌کنندگان

| متغیر وابسته | موقعیت (I) | موقعیت (J) | اختلاف میانگین | خطای استاندارد | مقدار P | سطح اطمینان ۹۵ درصد | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | کرانه پایین‌تر | کرانه بالاتر |
| توجه | ۱ | ۲ | ۶/۹۰ | ۳۱/۸۶ | ۰/۹۹۷ | -۸۶/۵۵ | ۱۰۰/۳۵ |
| | | ۳ | ۱۰۰/۵۰* | ۳۱/۸۶ | ۰/۰۳۱ | .۷/۴۸ | ۱۹۳/۹۵ |
| | | ۴ | ۸۲/۴۰ | ۳۱/۸۶ | ۰/۱۰۲ | -۱۱/۰۵ | ۱۷۵/۸۵ |
| | ۲ | ۱ | -۶/۹۰ | ۳۱/۸۶ | ۰/۹۹۷ | -۱۰۰/۳۵ | ۸۶/۵۵ |
| | | ۳ | ۹۳/۶۰* | ۳۱/۸۶ | ۰/۰۵۰ | ۰/۱۴۸ | ۱۸۷/۰۵ |
| | | ۴ | ۷۵/۵۰ | ۳۱/۸۶ | ۰/۱۵۲ | -۱۷/۹۵۱ | ۱۶۸/۹۵ |
| | ۳ | ۱ | -۱۰۰/۵۰* | ۳۱/۸۶ | ۰/۰۳۱ | -۱۹۳/۹۵۱ | -۷/۰۴ |
| | | ۲ | -۹۳/۶۰* | ۳۱/۸۶ | | | |
| | | ۴ | -۱۸/۱۰ | ۳۱/۸۶ | | | |
| | ۴ | ۱ | -۸۲/۴۰ | ۳۱/۸۶ | | | |
| | | ۲ | -۷۵/۵۰ | ۳۱/۸۶ | | | |
| | | ۳ | ۱۸/۱۰ | ۳۱/۸۶ | | | |

بررسی داده‌ها، نشان داد، تفاوت بازداری شناختی افراد در محیط ۱ و ۳ (P=۰/۰۴۰)، محیط ۲ و ۳ (P=۰/۰۴۸) و محیط ۳ و ۱ (P=۰/۴۰) معنادار شده است. در سایر محیط‌ها، تفاوت عملکرد افراد در بازداری شناختی (P>۰/۰۵) معنادار نبود. رنگ سفید با نور ۳۰۰ لوکس و رنگ آبی با شدت نور ۳۰۰ لوکس بر بازداری شناختی فرد اثر مثبت گذاشته است. نتایج نشان می‌دهد، افراد در محیط آبی با شدت نور ۳۰۰ لوکس به میزان بیشتری توانسته‌اند در هنگام انجام تکلیف واکنش خود را کنترل نماید و میزان پاسخ‌های اشتباه کمتری بدهد.

**تجزیه و تحلیل داده‌های مربوط به پرسشنامه شاخص بار کاری**

**ناسا**

پرسشنامه بار کاری ناسا، جهت ارزیابی بار کاری ذهنی در ۶ زیر مقیاس توسط شرکت‌کنندگان پس از حضور در هر ۴ موقعیت طراحی شده در واقعیت مجازی، تکمیل گردید. بررسی میانگین نمرات این آزمون نشان داد، کمترین امتیاز در شرایط با دیوار سفید و روشنایی ۸۰۰ لوکس بود. همچنین تجزیه و تحلیل داده‌ها در آزمون آماری ANOVA در جدول ۴ بیان کرد که هیچ تفاوت معناداری در بارکاری تحمیل شده به فرد در موقعیت‌های متفاوت وجود ندارد (P>۰/۰۵) و بین طراحی محیط و بارکاری اثر تعاملی وجود نداشت.

جدول ۴. تحلیل داده‌های ANOVA پرسشنامه شاخص بار کاری ناسا

| منبع | مجموع مجذورات | df | میانگین مجذورات | F | مقدار P |
|---|---|---|---|---|---|
| بین گروهی | ۲۰۰/۰۶۵ | ۳ | ۶۶/۶۸۸ | ۰/۱۹۱ | ۰/۹۰۲ |
| درون گروهی | ۱۲۵۹۳/۸۲۳ | ۳۶ | ۳۴۹/۸۲۸ | | |
| کل | ۱۲۷۹۳/۸۸۸ | ۳۹ | | | |



[ DOI: 10.30514/icss.26.1.46 ]

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License

**تجزیه و تحلیل داده‌های الکتروانسفالوگرام**

نتایج آزمون مقایسه‌های زوجی نشان داد که مقادیر اندازه‌گیری شده قدرت سیگنال‌های مغزی نرمالایز شده در حال استراحت و اجرای تکلیف در ۴ موقعیت مورد مطالعه در واقعیت مجازی در هر یک از شرکت‌کنندگان تفاوت معناداری وجود داشته است. پس از تایید برقرار بودن همگنی واریانس‌ها توسط آزمون موخلی و تایید نرمال بودن توزیع داده‌ها از طریق آزمون کولموگروف_اسمیرنوف، از آزمون تحلیل واریانس یک راهه با اندازه‌های مکرر بین امواج مغزی ۴*۱ (position1*position2*position3*position4) استفاده گردید. تجزیه و تحلیل داده‌ها حاکی از آن بود، که تفاوت باندهای فرکانسی در زمان تکلیف در موقعیت‌های مورد مطالعه، تنها در دو کانال P7 و FPZ از ۳۲ کانال مورد مطالعه در این پژوهش، معنادار بود. همچنین، اثر تعامل بین عامل درون گروهی موقعیت‌های مورد مطالعه در کانال P7 در باند فرکانسی آلفا و آلفا ۱ معنادار بود. با توجه به سطوح عامل درون گروهی، از تصحیح بنفرونی جهت بررسی اثر ساده درون گروهی استفاده شد و نتایج نشان داد که توان مطلق امواج مغزی باند فرکانسی آلفا و آلفا ۱ در کانال P7 در مقایسه بین موقعیت‌ها position1 با position2، position3 و position4 و position2 با position3، position4، position3 با position4 تفاوت معناداری وجود ندارد (P>۰/۰۵).

نتایج تحلیل واریانس بین شرکت‌کنندگان با اندازه‌گیری‌های مکرر برای توان مطلق امواج مغزی در باند فرکانسی آلفا برای کانال FPZ نشان می‌دهد، بین عوامل ۱ (position1*position2*position3*position4) در باند فرکانسی آلفا ۱ (P=۰/۰۴۶) تفاوت معناداری وجود داشت، در حالی که بین عوامل (position1*position2*position3*position4) در باند فرکانسی آلفا (P=۰/۰۸)، آلفا ۲ (P=۰/۲۲) در باند فرکانسی بتا ۲ (P=۰/۲۲) و بتا ۱ (P=۰/۱۰۵)، دلتا (P=۰/۲۸)، گاما (P=۰/۲۱) و تتا (P=۰/۲۱) تفاوت معناداری وجود ندارد.

از آنجا که اثر تعامل بین عامل درون گروهی موقعیت‌های مورد مطالعه در کانال FPZ در باند فرکانسی آلفا ۱ معنادار بود. نتایج تصحیح بنفرونی جهت بررسی اثر ساده درون گروهی نشان داد که توان نسبی امواج مغزی باند فرکانسی آلفا در کانال FPZ در مقایسه بین موقعیت‌ها position1 با position2، position3 و position4 و position2 با position3، position4 و position3 با position4 تفاوت معناداری وجود ندارد (P>۰/۰۵).

## بحث

پژوهش حاضر با هدف بررسی نقش ترکیبی دو مؤلفه شدت روشنایی و رنگ محیط کاری بر توجه پایدار و بارکاری ذهنی انجام شد. نتایج نشان داد، اثر تعاملی رنگ و نور با ترکیب رنگ سفید و آبی و نور با شدت روشنایی ۳۰۰ یا ۸۰۰ لوکس بر بارکاری ذهنی معنادار نیست. بدین معنا که مداخلات طراحی حاصل از ترکیب این دو متغیر، تأثیر قابل توجهی بر نمرات حاصل از پرسشنامه ناسا نداشتند. این یافته همسو با مطالعه انجام گرفته توسط Bao و همکاران، در سال ۲۰۲۱ بود، که نشان داد تأثیرگذاری شدت روشنایی در بارکاری ذهنی مشخص نیست (۹). بنابراین، به طور قطعی نمی‌توان این نتیجه را ناشی از عدم تأثیرگذاری محیط بر بارکاری تحمیل شده به افراد دانست و نتیجه حاصل را می‌توان به متغیرهای مزاحم نسبت داد. به عنوان مثال همان‌طور که Fadeev و همکاران در سال ۲۰۲۰ اشاره کردند، دلیل این امر را می‌توان به عوارض ناشی از حضور در محیط واقعیت مجازی و در نتیجه بروز علائم موقت بیماری سایبری، مرتبط دانست (۳۵). علاوه بر این، با توجه به این که سر و صدا به عنوان یک عامل مزاحم تاثیرگذار بر بارکاری ذهنی می‌باشد (۱۷)، می‌توان بیان کرد که صدای محیط بر یافته‌های این پژوهش تداخل ایجاد کرده است.

در پژوهش حاضر، نتایج توان مطلق باندهای فرکانسی نشان می‌دهد، زمانی که شدت روشنایی افزایش می‌یابد، تفاوت معناداری در توجه افراد در داده‌های الکتروانسفالوگرام ایجاد نمی‌کند. این یافته همسو با مطالعه Bao و همکاران در سال ۲۰۲۱ بود که با افزایش شدت روشنایی، تفاوت معناداری در سطح توجه افراد بر اساس داده‌های مغزی مشاهده نشد (۹). همچنین در تضاد با یافته‌های پژوهش Min و همکاران در سال ۲۰۱۳ است، به عقیده این پژوهشگران، امواج آلفا در محیط با روشنایی بالا در حین انجام یک کار نیازمند توجه پایدار کاهش می‌یابد (۲۸). با این حال، ارزیابی رفتاری شرکت‌کنندگان و نتایج حاصل از تکلیف شناختی در این مطالعه نشان می‌دهد که در محیط با شدت نور کم (۳۰۰ لوکس) و رنگ آبی میزان توجه افراد به طور معناداری افزایش پیدا می‌کند. این نتیجه در تضاد با مطالعه Min و همکاران است که به بررسی توجه افراد در سطوح مختلف روشنایی، از طریق آزمون عملکرد پیوسته پرداختند و یافته‌های آنها نشان داد که با افزایش سطح روشنایی، سطح عملکرد توجه افراد ارتقا می‌یابد (۲۸). این تضاد در نتایج ارزیابی فیزیولوژیکی و رفتاری، می‌تواند ناشی از خطاهای آماری نظیر کم بودن تعداد شرکت‌کنندگان، بر نتایج تحلیل داده‌های آزمون شناختی و یا اثر خستگی روان‌شناختی بر عملکرد امواج مغزی در خروجی داده‌ها باشد.

[ DOI: 10.30514/icss.26.1.46 ]



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License

مشابه با عملکرد دقت، کارکرد بازداری نیز تحت تاثیر مداخلات طراحی در رنگ و شدت روشنایی بهبود می یابد. این یافته با استفاده از مبانی نظریه بازیابی توجه کاپلان و بازیابی روان‌شناختی قابل تبیین است. نظریه بازیابی توجه، تاکید بر این دارد که حضور عناصر طبیعی در کاهش اضطراب و خستگی ذهنی افراد نقش دارد. به علاوه، بر اساس نظریه بازیابی روان‌شناختی، تلفیق افزایش شدت روشنایی و استفاده از رنگ آبی به عنوان عناصر طبیعی در طراحی داخلی در پژوهش حاضر، بر توانایی فرد برای جدا شدن از نظر روانی از نگرانی‌ها و خواسته‌های فعلی تاثیرگذار و منجر به بهبود عملکرد شناختی و همچنین دقت افراد می‌شود (۱۲-۴). این یافته همسو با مطالعات Xia و همکاران در سال ۲۰۱۶ (۸) و Yildirim و همکاران در سال ۲۰۰۶ (۳۲) است. این پژوهشگران نشان دادند، که عملکرد افراد از لحاظ دقت و بازداری شناختی در فضاهایی با دیوار آبی بهبود یافته است. نتیجه حاصل با استفاده از نظریه رنگ در زمینه Elliot و Maier قابل تبیین است. اثر تداعی‌کننده آرامش رنگ آبی بر روی انسان در بهبود عملکرد شناختی افراد نقش دارد (۳۲-۷).

نتایج آزمون، تفاوت معناداری را بین اثر موقعیت‌های مختلف طراحی شده و زمان واکنش نشان نداد. این نتیجه در تضاد با مطالعه Bao و همکاران در سال ۲۰۲۱ بود، که با افزایش شدت روشنایی، زمان واکنش افراد کاهش داشته است (۹). به علاوه با یافته‌های مطالعه Min و همکاران نیز ناهمخوان بود، که افزایش شدت روشنایی، تاخیر در زمان واکنش شرکت‌کنندگان را به دنبال داشت (۲۸). در تبیین این موضوع می‌توان بیان داشت، با بالا رفتن شدت روشنایی، گیرنده‌های نوری در شبکیه به شیوه‌ای تاخیری رفتار می‌کنند. به عبارتی دیگر نور ممکن است، به عنوان یک محرک از پایین به بالا عمل کرده و با محرک‌های بالا به پایین رقابت داشته باشد (۲۸).

بررسی داده‌های سیگنال‌های مغزی حاکی از آن بود، که در مقایسه بین قدرت امواج مغزی در حالت استراحت با زمانی که تکلیف را اجرا می‌کردند، تفاوت معناداری مشاهده می‌شود. این تغییرات با مطالعه Gaume و همکاران در سال ۲۰۱۹ همخوان است، که افزایش فعالیت باند فرکانسی تتا در ناحیه پره فرونتال، مرتبط با عملکرد توجه می‌باشد (۳۶). همچنین این یافته با نتایج حاصل از ارزیابی رفتاری این پژوهش همسو است که، در محیط شبیه‌سازی شده "۳" سطح توجه بهبود یافته است.

بررسی فعالیت باندهای فرکانسی در نواحی مختلف مغز حاکی از افزایش موج دلتا؛ در موقعیت ۱، ۲ و ۴ و افزایش فعالیت موج تتا در موقعیت ۲، ۳ و ۴ می‌باشد، که در تضاد با پژوهش Khan و همکاران در سال ۲۰۲۱ می‌باشد، این پژوهشگران معتقدند که افزایش امواج دلتا، تتا و بتا در ناحیه پس‌سری با افزایش زمان واکنش در اجرای تکلیف همراه است (۳۷).

طرح پژوهش حاضر همانند دیگر مطالعات دارای یک سری محدودیت‌هایی بود که جهت تعمیم یافته‌ها باید آن را در نظر گرفت. اجرای این مطالعه در واقعیت مجازی با مدت زمان ۳ ساعته آزمایش برای هر فرد، کاهش قابل توجه عملکرد افراد در انجام تکلیف شناختی را تحت‌تاثیر خستگی در سناریوی چهارم به دنبال دارد. همچنین قرار دادن عینک واقعیت مجازی روی شرکت‌کنندگان منجر به بیماری سایبری و علائمی مانند سرگیجه، سوزش چشم و حالت تهوع گردید، که بر کیفیت پاسخ‌گویی شرکت‌کنندگان تاثیر گذاشت. با توجه به این محدودیت‌ها، تکرار پژوهش مشابه در محیط واقعی توصیه می‌گردد. به علاوه، با توجه به طولانی بودن زمان آزمایش در این پژوهش و تاثیر آن بر عملکرد شرکت‌کنندگان، بررسی تاثیر خستگی ذهنی بر عملکرد شناختی و رفتاری افراد، پیشنهاد می‌شود.

## نتیجه‌گیری

تحت شرایط مختلف نوری (۸۰۰-۳۰۰ لوکس) و رنگ (آبی و سفید)، ۱۰ کارمند در آزمایش طراحی شده در واقعیت مجازی شرکت کردند. ثبت EEG به منظور بررسی پاسخ‌های فیزیولوژیکی، نمرات حاصل از پرسشنامه شاخص بارکاری ناسا به عنوان پاسخ‌های روان‌شناختی و نمرات حاصل از تکلیف شناختی به عنوان عملکرد رفتاری انجام گرفت. نتایج نشان داد که مداخلات طراحی بر توان قدرت امواج مغزی، موثر نبوده است، لذا تفاوت معناداری در سطح توجه پایداردر ارزیابی فیزیولوژیک مشاهده نمی‌شود. حال آن که ارزیابی رفتاری حاکی از آن بود که تفاوت معناداری در سطح توجه افراد با سطح معناداری (P=۰/۰۳۱) در محیط با رنگ آبی و شدت روشنایی ۳۰۰ لوکس وجود دارد. اگر چه، هیچ تفاوت معناداری در ترکیب نور و رنگ‌های مورد مطالعه در این پژوهش بر بارکاری وجود نداشت. بر اساس یافته‌های این پژوهش می‌توان اذعان کرد، که رنگ آبی در بهبود عملکرد توجه و کارکردهای شناختی کارمندان نقش دارد. لذا، می‌توان با مداخلات طراحی در فضای ادارات، به ارتقا کارکرد شناختی، عملکرد کاری و بهره‌وری سازمان‌ها دست یافت.

## ملاحظات اخلاقی

### پیروی از اصول اخلاق در پژوهش

انجام این پژوهش با رعایت اصول اخلاقی از جمله کسب رضایت‌نامه آگاهانه کتبی، اصل رازداری، ارائه اطلاعات کافی در مورد چگونگی اجرای پژوهش و آزاد بودن شرکت‌کنندگان برای خروج از مطالعه انجام

[ DOI: 10.30514/icss.26.1.46 ]



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License

گردید. پژوهش حاضر مطابق با دستورالعمل‌های اخلاقی مصوب وزارت بهداشت درمان و آموزش پزشکی بر اساس اسناد بین‌المللی در کمیته اخلاق موسسه آموزش عالی علوم شناختی و دانشگاه تهران با شناسه IR.UT.PSYEDU.REC.1399.009 در کمیته اخلاق موسسه آموزش عالی علوم شناختی تصویب شده است. شایان ذکر است، این مقاله، برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته علوم شناختی گرایش طراحی و خلاقیت با کد ۲۰۳-۲ ۱۴۰۱ خ ط ا می‌باشد.

## مشارکت نویسندگان

تمامی نویسندگان در اجرای مراحل پژوهش شامل؛ ارائه طرح اولیه، طراحی واقعیت مجازی، گردآوری و تحلیل داده، نگارش اولیه و بازبینی و ویرایش مقاله مشارکت داشتند.

## منابع مالی

این پژوهش تحت حمایت مالی هیچ موسسه و سازمانی قرار ندارد.

## تشکر و قدردانی

از همه شرکت‌کنندگان محترمی که در اجرای این مطالعه، ما را یاری کرده و همچنین همکاری صمیمانه سرکار خانم دهقانی، مسئول آزمایشگاه انسانی موسسه آموزش عالی علوم شناختی و سرکار خانم دکتر مونا واله در اجرای پژوهش، مراتب سپاس و قدردانی خود را به عمل می‌آوریم.

## تعارض منافع

نویسندگان مقاله هیچ‌گونه تعارض منافعی را گزارش نکرده‌اند.

## References

1. Jamrozik A, Clements N, Hasan SS, Zhao J, Zhang R, Campanella C, et al. Access to daylight and view in an office improves cognitive performance and satisfaction and reduces eyestrain: A controlled crossover study. *Building and Environment*. 2019;165:106379.

2. Lan L, Hadji S, Xia L, Lian Z. The effects of light illuminance and correlated color temperature on mood and creativity. *Building Simulation*. 2021;14:463-475.

3. Chinazzo G, Chamilothori K, Wienold J, Andersen M. Temperature–color interaction: Subjective indoor environmental perception and physiological responses in virtual reality. *Human Factors*. 2021;63(3):474-502.

4. Yin J, Arfaei N, MacNaughton P, Catalano PJ, Allen JG, Spengler JD. Effects of biophilic interventions in office on stress reaction and cognitive function: A randomized crossover study in virtual reality. *Indoor Air*. 2019;29(6):1028-1039.

5. Sadeghi F, Chitsaz Sh. Strategy for comparing the performance of gender differences in the ability of mental rotation to design architectural spaces. *Advances in Cognitive Sciences*. 2022; 24(3):17-29. (Persian)

6. Weigand A, Edelkraut L, Conrad M, Grimm S, Bajbouj M. Light-dependent effects of prefrontal rTMS on emotional working memory. *Brain Sciences*. 2021;11(4):446.

7. Elliot AJ, Maier MA. Color-in-context theory. In Advances in experimental social psychology. Vol 45. Oxford, UK:Academic Press;2012. pp. 61-125.

8. Xia T, Song L, Wang TT, Tan L, Mo L. Exploring the effect of red and blue on cognitive task performances. *Frontiers in Psychology*. 2016;7:784.

9. Bao J, Song X, Li Y, Bai Y, Zhou Q. Effect of lighting illuminance and colour temperature on mental workload in an office setting. *Scientific Reports*. 2021;11:15284.

10. Kalakoski V, Selinheimo S, Valtonen T, Turunen J, Kapykangas S, Ylisassi H, et al. Effects of a cognitive ergonomics workplace intervention (CogErg) on cognitive strain and well-being: A cluster-randomized controlled trial. A study protocol. *BMC Psychology*. 2020;8:1.

11. Taheri MR, Khorvash F, Hasan Zadeh A, Mahdavi Rad M. Assessment of mental workload and relationship with needle stick injuries among Isfahan Alzahra hospital nurses. *Medical Journal of Mashhad University of Medical Sciences*.

[ DOI: 10.30514/icss.26.1.46 ]



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License

2016;58(10):570-577. (Persian)

12. Stanton NA, Hedge A, Brookhuis K, Salas E, Hendrick HW. Handbook of human factors and ergonomics methods. Boca Raton:CRC Press;2004.

13. Mohammadi M, Mazloumi A, Nasl Seraji J, Zeraati H. Designing questionnaire of assessing mental workload and determine its validity and reliability among ICUs nurses in one of the TUMS's hospitals. *Journal of School of Public Health and Institute of Public Health Research*. 2013;11(2):87-96. (Persian)

14. Brau JM, Sugarman A, Rothlein D, DeGutis J, Esterman M, Fortenbaugh FC. The impact of image degradation and temporal dynamics on sustained attention. *Journal of Vision*. 2022;22(4):8:1-20.

15. Petranker R, Eastwood JD. Sitting with it: An investigation of the relationship between trait mindfulness and sustained attention. *Consciousness and Cognition*. 2021;90:103101.

16. Khojastebakht F, Rasti J, Tavakoli M, Sarrami Foroushani N. Design and validation of virtual reality software package with Real images for treatment of attention deficit disorder symptoms. *Advances in Cognitive Sciences*. 2020;22(3):79-94. (Persian)

17. Voinescu A, Petrin K, Stanton FD, Lazarovicz RA, Papava I, Fodor LA, et al. The effectiveness of a virtual reality attention task to predict depression and anxiety in comparison with current clinical measures. *Virtual Reality*. 2023;27(1):119-140.

18. Vallesi A, Tronelli V, Lomi F, Pezzetta R. Age differences in sustained attention tasks: A meta-analysis. *Psychonomic Bulletin & Review*. 2021;28:1755-1775 .

19. Ko LW, Komarov O, Hairston WD, Jung TP, Lin CT. Sustained attention in real classroom settings: An EEG study. *Frontiers in Human Neuroscience*. 2017;11:388.

20. Bolouri M, Askari E. Recognition of emotional states using fuzzy convolutional neural network based on electroencephalography in different bands. *Advances in Cognitive Sciences*. 2023;24(4):102-114. (Persian)

21. Li X, Lou J, Shi A, Wang N, Zhou L, Yuan Z, et al. Does indoor daylight level affect hospital costs and length of stay of patients? A retrospective cohort study. *Research Square*. doi.org/10.21203/rs.3.rs-141332/v1.

22. Llinares Millan C, Higuera-Trujillo JL, Montanana i Avino A, Torres J, Sentieri C. The influence of classroom width on attention and memory: Virtual-reality-based task performance and neurophysiological effects. *Building Research & Information*. 2021;49(7):813-826.

23. Naves ELM, Souza RHC. Attention detection in virtual environments using EEG signals: A scoping review. *Frontiers in Physiology*. 2021;12:727840.

24. Bergefurt L, Weijs-Perree M, Appel-Meulenbroek R, Arentze T. The physical office workplace as a resource for mental health–A systematic scoping review. *Building and Environment*. 2022;207:108505.

25. Rosvold HE, Mirsky AF, Sarason I, Bransome Jr ED, Beck LH. A continuous performance test of brain damage. *Journal of Consulting Psychology*. 1956;20(5):343-350.

26. Taymourtash A, Ghassemi F, Tehrani-doost M. Comparison of sustained attention and response inhibition between adults with attention deficit/hyperactivity disorder and normal controls during cognitive load changes of Continuous Performance Task. *Advances in Cognitive Sciences*. 2017;18(4):1-10. (Persian)

27. Hadianfard H, Najarian B, Shukarken H, Mehrabizadeh Artman M. Preparation and construction of the Persian form of Continuous Action. *Journal of Psychology*. 2000;4(2):388-440. (Persian)

28. Min BK, Jung YC, Kim E, Park JY. Bright illumination reduces parietal EEG alpha activity during a sustained attention task. *Brain Research*. 2013;1538:83-92.

29. Krokos E, Varshney A. Quantifying VR cybersickness using EEG. *Virtual Reality*. 2022;26(1):77-89.

30. Hart SG, Staveland LE. Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of empirical and theoretical research. Advances in Psychology. Vol 52. Amsterdam:North-Holland;1988. pp. 139-183

31. Kuliga SF, Thrash T, Dalton RC, Holscher C. Virtual reality

[ DOI: 10.30514/icss.26.1.46 ]



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License

as an empirical research tool—Exploring user experience in a real building and a corresponding virtual model. *Computers, Environment and Urban Systems*. 2015;54:363-375.

32. Yildirim KE, Akalin-Baskaya A, Hidayetoglu ML. Effects of indoor color on mood and cognitive performance. *Building and Environment*. 2007;42(9):3233-3240.

33. Moslemi Aghili MM, Eghtesadi H. Educational package of workplace lighting. Tehran:Ministry of Health and Medical Education;2008. (Persian)

34. Yin J, Zhu S, MacNaughton P, Allen JG, Spengler JD. Physiological and cognitive performance of exposure to biophilic indoor environment. *Building and Environment*. 2018;132:255-262.

35. Fadeev KA, Smirnov AS, Zhigalova OP, Bazhina PS, Tumialis AV, Golokhvast KS. Too real to be virtual: Autonomic and EEG responses to extreme stress scenarios in virtual reality. *Behavioural neurology*. 2020;2020(1):5758038.

36. Gaume A, Dreyfus G, Vialatte FB. A cognitive brain–computer interface monitoring sustained attentional variations during a continuous task. *Cognitive Neurodynamics*. 2019;13:257-269.

37. Khan SM, Mir SR, Husain A. An evaluation of sustained attention with frontal electroencephalogram. *Advances in Human Biology*. 2021;11(1):56-62.

[ DOI: 10.30514/icss.26.1.46 ]



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License