Journal of Psychological Science

Print ISSN: 1735-7462 Online ISSN: 2676-6639

Homepage: http://www.psychologicalscience.ir

An analysis of different levels of architectural space's cognitive effects on brain activities in distinct periods: Using neuroscience

Mahbubeh Zamani[1], Mehran Kheirollahi[2], Mohammad Javad Asghari EbrahimAbad[3], Hasan Rezaee[4], Farzaneh Vafaee[5]

1. Ph.D Candidate in Architecture, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran. E-mail: M_zamani@mshdiau.ac.ir
2. Assistant Professor, Department of Architecture, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran. E-mail: Dr.mehrankheirollahi@gmail.com
3. Associate Professor, Department of Education and Psychology, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. E-mail: Mjasghari@um.ac.ir
4. Assistant Professor, Department of Architecture, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran. E-mail: Rezaei.h@srbiau.ac.ir
5. Assistant Professor, Department of Neuroscience, Faculty of Medicine, Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran. E-mail: vafaeibagherif@mums.ac.ir

ARTICLE INFO

Article type:
Research Article

Article history:
Received 19 May 2023
Received in revised form 15 June 2023
Accepted 22 July 2023
Published Online 22 November 2023

Keywords:
Cognition,
brain activities,
architectural space,
neuroscience

ABSTRACT

Background: Architectural space has many effects on human mental and physical health. From a cognitive perspective, some effects are self-conscious and visible in behavior, while some are hidden and their understanding requires meticulous analysis. The range of effects is from positive to negative. Many studies have been conducted in the field of environmental psychology, but due to the use of traditional methods, they failed to provide an answer to explain how architectural space affects the brain. Today, with the emergence of the new trend of neuroscience, the way of this effect has been clarified.

Aims: The current research was carried out with the aim of identifying the cognitive effects of architectural space on brain activities based on neuroscience and sought to clarify the different levels of short-term and long-term effects of architectural space on the brain.

Methods: The current research has achieved the purpose of the study through qualitative approach and a descriptive-analytical research method, using the review of existing sources and studies, and has specifically addressed the effects of architecture on cognition and brain activities. The study period was between January 1st. 2010 and December 22nd. 2020. The following databases were used: Science Citation Index Expanded, Social Sciences Citation Index, Arts, and Humanities Citation Index, and Emerging Sources Citation Index.

Results: The results of the research indicate that the architectural space can be categorized in three different levels in terms of the importance of the effects from simple to complex. At low level, architectural space affects metabolic settings, basic and immune responses; at middle level, it affects orientation and stress; and at high level, emotion, memory and attention are affected by architectural space.

Conclusion: It seems that the current research field is a step in the direction of clarifying the effects of architecture for the researchers of environmental psychological fields and opens a clear path to achieve a healthy space in this field.

Citation: Zamani, M., Kheirollahi, M., Asghari Ebrahim Abad, M.J., Rezaee, H., & Vafaee, F. (2023). An analysis of different levels of architectural space's cognitive effects on brain activities in distinct periods: Using neuroscience. *Journal of Psychological Science*, 22(129), 1841-1867. 10.52547/JPS.22.129.1841

Journal of Psychological Science, Vol. 22, No. 129, 2023
© The Author(s). **DOI**: 10.52547/JPS.22.129.1841

✉ **Corresponding Author:** Mehran Kheirollahi, Assistant Professor, Department of Architecture, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran.
E-mail: Dr.mehrankheirollahi@gmail.com, Tel: (+98) 9153148709

Extended Abstract

Introduction

Human beings have strong interactions with the built environment (Horayangkura, 2012; Lang, 1987) and they give many unconscious responses to the built environment (Rock, 2009). Architectural space affects users on different levels. This interaction is proposed as an architecture-individual relationship which can change people; people can also change spaces and shape the individual-architecture relationship. Therefore, this relationship is a two-way path (de Paiva and Jedon, 2019). In addition, according to Gage (2003), "Changes in the built environment can change human brain; therefore, environmental planning and designs change our living space, our brains, and our behavior."

Recent scientific evidence claims that the brain and nervous system point to the multisensory nature of users' architectural experience. Pertinent experiments in this field have revealed that architectural perception has fundamental mental and emotional values that are embodied in biological nature (Vartanian et al., 2013, 2015; Wiesmann and Ishai, 2011; Kirk et al., 2009). Architects and environmental psychologists have long been aware of the importance of the impact of architectural space on human beings (Rock, 2009). The history of research about the interaction of the built environment with humans dates back to the decline of modernism (Lang, 1987, Rapoport, 1977).

At that time, traditional techniques such as observation and questionnaires were used. Although researchers can directly ask people about their opinions and feelings in the architectural space, the ability to process information consciously is less than 1% of the ability to process unconsciously (Eagleman, 2011). Most stimuli affect the subconscious level, though. Therefore, using traditional techniques based on self-awareness are incomplete. However, with the advancement of technology, modern sciences such as neuroscience have provided a new field for the development of environmental research in cooperation with architects (Eberhard, 2007, Robinson and Pallasmaa, 2015, Zeisel, 2006).

"Neuroarchitecture" uses modern tools and techniques to quantitatively measure human responses to the environment. The researchers have discovered the reason for human responses to the environment; they have also managed to measure physical changes in the body, physiological changes such as the activation of certain areas of the brain, changes in the level of hormones and blood circulation under the surface of the skin which occurs as a result of the interaction between the brain and the built environment. The impact of the built environment is not the same for everyone; personality traits and social characteristics affect people as well. However, the architectural space plays an important role in changing human behavior and emotions.

The amount of effects depends on the presence time in the built environment and sometimes it affects the person unconsciously, which causes physical and mental diseases in the long run. Therefore, the hidden and profound impact of architecture on humans cannot be ignored, and the necessity of research in this field should not be neglected.

Method

The current research seeks to clarify the effects of architectural space on human brain. It is noteworthy to realize that the way people adapt to their physical environment is different in terms of genetics, memories, cultural and personal experiences, frequency and length of exposure to the environment. Moreover, type of activity is different in each space. As a result, due to diverse variables affecting humans, it is difficult to study the effects of the built space (Di Payavar and Jadoun, 2019). However, among all the influential variables, the presence time in the architectural space is the simplest and the most controllable variable to check and measure. Therefore, in the current study, the time spent in the architectural space has been studied as a variable for measuring the effects of the architectural space on the brain. Changes can be divided into short-term or long-term based on the time of occupying a space and the duration of the effects.

The word "exposure" was emphasized in the architectural space because physical space is a stimulus that people can be exposed to. Exposure to architectural space can be active, or passive, like

learning at schools. When people are exposed (actively or passively) to a stimulus or set of stimuli, they can be affected by them. Therefore, the word "effect" was emphasized to examine the long-term or short-term effects in the research.

In the research process, the screened information only examines the architectural space. The basics related to urban, geographical and social studies were removed. In order to collect information based on the stated principles, previous literature review and findings were used through a qualitative approach, based on the descriptive-analytical method. In the research process, information was interpreted and analyzed via a logical reasoning strategy, and the results were presented in the form of specific categories of effects, and the duration of people's presence in the architectural space.

The study focused on English resources and the period of review was between January 1st. 2010 and December 1st. 2020 studying the last two decades. First, the search was started from the Web of Science database and the following indexes: Science Citation Index Expanded, Social Sciences Citation Index, Arts and Humanities citation Index, and Emerging Sources Citation Index. Two electronic databases of ProQuest and Scopus were also examined as valid directories for publishing empirical studies. The search was later conducted in two Elsevier databases including EMBASE and Science Direct. In addition, Google Scholar and Researchgate websites were used for manual review. The sources of the selected articles were also reviewed to ensure a comprehensive study. In addition to searching relevant articles, pertinent books or chapters referring to this field have been used as well. But conference articles, papers, reports and dissertations were removed from the course of study.

Results

Organisms respond to environmental changes in the short term in order to maximize the use of resources and minimize damages to cellular infrastructure (Brooks et al., 2010). Therefore, environment has many effects on humans which could have a quick response or require a long time of occupation and a complex interaction with the space. Immediate effects occur as a quick reaction to architectural stimuli; in this case, there is no need for physical interaction with the environment, and only understanding the space through the five senses (sight, hearing, smell, and touch) is sufficient to evoke immediate effects. The effects of the architectural space depend on the person's presence in it. With short-term presence, short-term effects are formed in the brain, which sometimes disappear when leaving the space, and sometimes remain permanent. If one is exposed to a space for a long time, the long-term effects in the brain might seriously harm the person.

The effects of architectural space on the brain can be revealed at different levels. At high levels, it affects excitement, attention and memory. Emotion is one of the main parameters affecting mental health (Williams et al., 1988). Internal data influence behavior (Wells and Mathews, 1994). The following architectural components affect emotions: form and geometry (Banaei et al., 2017), ceiling height and the degree of spaciousness (Vartanian et al., 2013, 2015), furniture and arrangement style (Vecchiato, Tieri, et al., 2015a, 2015b), materials and texture of the interior space (Zhang et al., 2017; Tsunetsugu et al., 2005), connection with nature in the interior space (Yin et al., 2019) and architectural space design details (Djebbara et al., 2019).

Attention and memory are also very important in educational places which are highly influenced by architecture. Components such as wall color (Duyan and U¨ nver, 2016; Llinares et al., 2021b), lighting and sound (Marchand et al., 2014), temperature (Xiong et al., 2018), classroom width (Linares et al., 2021a) and dimensions of the passing spaces (Djebbara et al., 2019) affect attention. Memory is also affected by the components of classroom color (Beato and Dı´ez, 2011), temperature (Xiong et al., 2018) and ceiling height (Meyers-Levy and Rui, 2007). Architectural space affects orientation (Leonards et al., 2015) and stress at middle levels. Stress is under the influence of light components (Partonen et al., 2000; Yamada et al., 1995), color (Martin, 1991; Demarco and Clarke, 2001), temperature (Lenzuni et al., 2009) and naturalism (Hansmann and Hug, 2007; Elsadek et al., 2019; Tyrväinen et al., 2014). Moreover, at lower levels, architectural space affects basic immune responses

(Salingaros, 2015) and metabolic adjustments (de Paiva and Jedon, 2019).

Conclusion

The results revealed that the architectural space has short-term and long-term effects on human brain based on the period of presence. These effects are influential at different low levels of metabolic settings, middle levels of basic responses and immunity, and high levels of emotion, attention and memory. Due to their high complexity, the high levels can even change the mood. Being exposed to an architectural space for a long time can have fundamental effects on people. All previous findings related to architectural spaces and their interaction with human brain proves the importance of architectural design in changing human brain and behavior.

Poor and monotonous designs can lead to various consequences such as boredom and lack of physical activities which can lead to mood and anxiety disorders and deterioration of cognitive functions in the long run. On the contrary, architectural environments that provide cognitive and physical stimuli can help prevent many physical and mental diseases, avoid stress, and strengthen learning processes and memory. Due to the significance of the subject, Neuroarchitecture is drastically expanding and through neuroscience, it is able to identify the cognitive effects of architectural space on the brain which in turn builds the future of architecture.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines: The present article is extracted from the doctoral dissertation of the first author entitled "Determining the role of the physical components of the interior residential space in the formation of emotional feelings using neuroscience (case study: contemporary architecture after the revolution)" under the supervision of Dr. Mehran Kheirollahi and Dr. Mohammad Javad Asghari Ibrahim Abad and Dr. Hassan Rezaei and Dr. Farzane Vafaee as advisors. The thesis is being completed in the architecture department of Islamic Azad University, Mashhad branch.

Funding: This research is in the form of a doctoral dissertation without any financial support.

Authors' contribution: This article was extracted from the doctoral thesis of the first author with the guidance of the second and third author and the advice of the fourth and fifth authors.

Conflict of interest: The authors also declare that there is no conflict of interest in the results of this research.

Acknowledgments: We would like to express our gratitude to the supervisors and advisors of this research.

مجله علوم روانشناختی

شاپا چاپی: ۷۴۶۲-۱۷۳۵ شاپا الکترونیکی: ۶۶۳۹-۲۶۷۶

Homepage: http://www.psychologicalscience.ir

تحلیل سطوح مختلف اثرات شناختی فضای معماری بر فعالیت‌های مغز در بازه‌های زمانی متفاوت: با بهره‌گیری از علوم اعصاب

محبوبه زمانی[۱]، مهران خیراللهی[۲]✉، محمدجواد اصغری ابراهیم‌آباد[۳]، حسن رضایی[۴]، فرزانه وفائی[۵]

۱. دانشجوی دکتری معماری، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران.

۲. استادیار، گروه معماری، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران.

۳. دانشیار، گروه روانشناسی، دانشکده تربیت و روانشناسی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

۴. استادیار، گروه معماری، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران.

۵. استادیار، گروه علوم اعصاب، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم‌پزشکی مشهد، مشهد، ایران.

مشخصات مقاله

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخچه مقاله:
دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۲۹
بازنگری: ۱۴۰۲/۰۳/۲۵
پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۳۱
انتشار برخط: ۱۴۰۲/۰۹/۰۱

کلیدواژه‌ها:
شناخت،
فعالیت‌های مغز،
فضای معماری،
علوم اعصاب

چکیده

زمینه: فضای معماری بر سلامت جسمی و روانی انسان اثرات زیادی می‌گذارد. برخی اثرات از منظر شناختی به صورت خودآگاه و نمایان در رفتار است، اما برخی اثرات پنهان و درک آن‌ها نیاز به تحلیل دارد. طیف اثرات می‌تواند از مثبت تا منفی باشد. از گذشته مطالعات متعددی در زمینهٔ روانشناسی محیط صورت گرفته است، اما به دلیل استفاده از روش‌های سنتی پاسخگوی چگونگی تأثیر فضای معماری بر مغز نبوده‌اند. امروزه با پیدایش گرایش نوین علوم اعصاب، نحوهٔ این تأثیر روشن شده است.

هدف: پژوهش حاضر با هدف شناسایی اثرات شناختی فضای معماری بر فعالیت‌های مغز بر مبنای علوم اعصاب، صورت گرفته است و در پی شفاف‌سازی سطوح مختلف اثرات کوتاه مدت و بلندمدت فضای معماری بر مغز بوده است.

روش: پژوهش حاضر با رویکرد کیفی و روش توصیفی - تحلیلی با بهره‌گیری از مرور منابع و مطالعات موجود انجام شده است و به طور خاص به اثرات معماری بر فعالیت‌های مغز و شناخت پرداخته است. بازهٔ زمانی مورد مطالعهٔ بین ۱۱ دی ۱۳۸۸ تا ۱۰ آذر ۱۳۹۸ در یک دههٔ اخیر بوده است و از پایگاه داده‌های Science Citation Index Expanded, Social Sciences Citation Index, Arts, and Humanities citation Index, and Emerging Sources Citation Index استفاده شده است.

یافته‌ها: نتایج پژوهش حاکی از آن است که فضای معماری در سه سطح مختلف از لحاظ اهمیت اثرات، از ساده تا پیچیده قابل دسته‌بندی است. فضای معماری در سطح پایین بر تنظیمات متابولیک، پاسخ‌های ایمنی و اساسی، در سطح میانی بر جهت‌یابی و استرس و در سطح بالایی بر هیجان، حافظه و توجه اثرگذار است.

نتیجه‌گیری: به نظر می‌رسد زمینهٔ پژوهشی حاضر گامی در جهت روشن‌سازی اثرات معماری برای پژوهشگران زمینه‌های روانشناختی محیطی باشد و مسیری روشن را برای دست‌یابی به فضای سالم در این زمینه باز کند.

استناد: زمانی، محبوبه؛ خیراللهی، مهران؛ اصغری ابراهیم‌آباد، محمدجواد؛ رضایی، حسن ؛ و وفائی، فرزانه (۱۴۰۲). تحلیل سطوح مختلف اثرات شناختی فضای معماری بر فعالیت‌های مغز در بازه‌های زمانی متفاوت: با بهره‌گیری از علوم اعصاب. مجله علوم روانشناختی، دوره ۲۲، شماره ۱۲۹، ۱۸۴۱-۱۸۶۷.

مجله علوم روانشناختی، دوره ۲۲، شماره ۱۲۹، ۱۴۰۲. **DOI:** 10.52547/JPS.22.129.1841

© نویسندگان.

✉ **نویسنده مسئول:** مهران خیراللهی، استادیار، گروه معماری، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران. رایانامه: Dr.mehrankheirollahi@gmail.com

تلفن: ۰۹۱۵۳۱۴۸۷۰۹

مقدمه

انسان‌ها با محیط ساخته شده تعامل و ارتباط قوی دارند (لنگ،۱۹۸۷؛ هورایانگکورا، ۲۰۱۲) و پاسخ‌های ناخودآگاه متعددی به محیط ساخته شده می‌دهند (راک، ۲۰۰۹). این تعامل به عنوان یک رابطهٔ معماری – فردی[1] مطرح شده است، که می‌تواند افراد را تغییر دهد و افراد می‌توانند فضاها را تغییر دهند و رابطه‌ی فردی – معماری[2] را شکل دهند. لذا این رابطه یک مسیر دو طرفه است (دی‌پایوا و جدون، ۲۰۱۹). همچنین گیج (۲۰۰۳) اظهار می‌کند: "تغییرات در محیط ساخته شده، مغز انسان را تغییر می‌دهد. بنابراین، برنامه‌ریزی و طراحی محیطی فضای زندگی، مغز و رفتار ما را تغییر می‌دهد."

علاوه بر این، طبق گفتهٔ راسل و لانیوس (۱۹۸۴) محیط بر عواطف و رفتار انسان نیز تأثیر می‌گذارد. کیفیت‌های محیط، عواطف کاربران را تعیین می‌کنند، که از طریق این ویژگی‌ها، کاربران در فرآیندی به نام ارزیابی عاطفی به محیط پاسخ می‌دهند. معماری به منزلهٔ یکی از شواهد محیط ساخته شده تأثیر شگرفی بر هیجان، ادراک، ترجیحات، رفتار و واکنش‌های مغزی دارد. هم‌چنین بر اساس مبانی روانشناسی شناختی و محیطی، رفتار محیطی انسان و رابطه انسان با محیط تحت تأثیر فرآیندهای ذهنی است (پاکزاد و بزرگ، ۱۳۹۱؛ رادبرگ و استفنر، ۲۰۰۳؛ استرنبرگ و ویلسون، ۲۰۰۶). بنابراین، برای ایجاد محیطی دلپذیر متناسب با رضایت روانشناختی کاربران، باید رابطه بین فرآیندهای شناختی کاربران و محرک‌های محیطی مشخص گردد.

شواهد علمی اخیر ادعا می‌کنند که مغز و سیستم عصبی بر ماهیت چند حسی تجربه معماری کاربران دلالت دارند. آزمایش‌های مرتبط در این زمینه نشان می‌دهد که ادراک معماری دارای ارزش‌های اساسی ذهنی و حسی است که در طبیعت بیولوژیکی تجسم یافته است (وارطانیان و همکاران، ۲۰۱۳، ۲۰۱۵؛ ویزمن و ایشای، ۲۰۱۱؛ کرک و همکاران، ۲۰۰۹). مروری بر مطالعات نشان می‌دهد که احساس لذت و نارضایتی با فعال‌سازی سیستم عصبی محیطی[3] مرتبط است (بارت، ۲۰۰۷) و ناحیهٔ آمیگدال با پردازش هیجانی محرک‌های محیطی و تصویرسازی ذهنی خوشایند ارتباط دارد (بارت، ۲۰۰۷؛ بونت و همکاران، ۲۰۱۵؛ ساباتینلی و همکاران، ۲۰۱۱؛ کاستا و همکاران، ۲۰۱۰) و نقش اصلی در تجربه ذهنی محیط ایفا می‌کند (اسچرر، ۲۰۰۱)، که شامل طیفی از حالات عاطفی مثبت تا منفی است و نشان دهندهٔ پدیده‌های انگیزشی بوده است و با تغییرات عصبی – فیزیولوژیکی[4]، بیانی[5] و تجربی[6] در انسان همراه است. از سوی دیگر، هیجانات، توجه، شکل‌گیری حافظه و یادآوری آن، در تصمیم‌گیری و درک محیط ساخته شده ضروری است (تاینگ و همکاران، ۲۰۱۷). بنابراین ویژگی‌های فضای معماری باعث برانگیختگی ادراک کاربر خواهد شد (یون چو و کیم، ۲۰۱۷؛ نسار، ۱۹۹۷). در نهایت هیجان، توجه، حافظه باعث ادراک فضای معماری می‌گردند و کیفیت‌های عاطفی یک تجربه ذهنی را تشکیل می‌دهند که منجر به پاسخ یا رفتار می‌شوند (فوگلز، ۲۰۰۸؛ راسل و اسنودگرس، ۱۹۸۷). آگاهی از پاسخ‌های انسان به محیط ساخته شده، در تصمیم‌گیری‌های طراحی معماری برای ایجاد ارتباط و تناسب انسان با فضا ضروری است (هورایانگکورا، ۲۰۱۲) و هرچه بیشتر پاسخ‌های انسانی به محیط درک گردد، طراحی کامل‌تری در جهت ایجاد فضای سالم شکل می‌گیرد.

معماران و روانشناسان محیطی مدت‌هاست، که بر اهمیت تأثیر فضای معماری بر انسان آگاهی داشته‌اند (راک، ۲۰۰۹) و سابقهٔ پژوهش تعامل محیط ساخته شده با انسان به افول مدرنسیم باز می‌گردد (لنگ، ۱۹۸۷؛ راپاپورت، ۱۹۷۷). در آن زمان از تکنیک‌های سنتی مانند مشاهده و پرسشنامه استفاده می‌شده است. با این‌که پژوهشگران می‌توانند نظرات و احساسات انسان‌ها در فضای معماری را به طور مستقیم بپرسند، اما توانایی پردازش آگاهانه اطلاعات کمتر از ۱٪ توانایی پردازش ناخودآگاه می‌باشد (ایگلمن، ۲۰۱۱). این در حالی است، که بیشتر محرک‌ها در سطح ناخودآگاه تأثیر می‌گذارند. ازهمین‌رو، بهره‌گیری از تکنیک‌های سنتی مبتنی بر خودآگاهی، ناقص است.

مطالعات سیستم عصبی انسان، راهی کمی برای کشف عملکرد مغز است (سلاکوند و همکاران، ۲۰۱۱). از این‌رو باید از علوم اعصاب استفاده نمود. عصب‌شناسی بر مغز و سیستم عصبی انسان تمرکز دارد. بر اساس این

1. Architecture eindividual
2. individual-architecture
3. peripheral nervous system
4. neuro-physiological
5. expressive
6. experiential

موضوع که مغزهای طبیعی انسان‌ها بسیار شبیه به هم هستند، علوم اعصاب بینش‌هایی را در مورد عملکرد سیستم عصبی ارائه کرده است (گرابن هورست و رووزلز، ۲۰۱۱). علوم اعصاب با تکنیک‌های تصویربرداری عصبی مسیرهای جدیدی را برای پژوهش‌ها باز کرده است. این تکنیک‌ها با ثبت غیرتهاجمی پاسخ‌های مغز، امکان مشاهدهٔ پاسخ افراد سالم در شرایط کنترل شده را فراهم می‌کند (دیریکان و گوکترک، ۲۰۱۱). علوم اعصاب از ابزارهای مختلفی برای ثبت پاسخ‌ها از سیستم عصبی مرکزی[1]، خودمختار[2] و سوماتیک[3] استفاده می‌کند (باگوزی، ۱۹۹۱). CNS از مغز و نخاع تشکیل شده است. ابزارهایی که معمولاً برای مطالعهٔ عملکرد CNS در انسان‌های زنده استفاده می‌شوند، تصویربرداری تشدید مغناطیسی عملکردی[4]، الکتروانسفالوگرافی[5] و مغناطیس مغزی[6] است. ANS بخشی از سیستم عصبی محیطی است، که اعمال غیرارادی را کنترل می‌کند. ابزارهایی که برای مطالعه آن استفاده می‌شوند، فعالیت الکترودرمی[7] به نام پاسخ پوستی Galvanic یا GSR، تغییرپذیری ضربان قلب[8] و مردمک‌سنجی را کنترل می‌کنند (بوسینو ۲۰۱۲). SNS بخشی از سیستم عصبی محیطی است که حرکت ارادی را کنترل می‌کند. ردیابی چشم[9] و الکترومیوگرافی[10] ابزارهایی هستند که معمولاً در این زمینه مورد استفاده قرار می‌گیرند (دوچوفسکی، ۲۰۰۳).

با پیوند علوم اعصاب و معماری، گرایش نوین "معماری عصب‌محور[11]" ظهور یافته است، که به وسیلهٔ آن، می‌توان به چگونگی تأثیر فضای معماری بر مغز پی برد (ابرهارد، ۲۰۰۹ الف؛ رابینسون و پالاسما، ۲۰۱۵؛ زایزل، ۲۰۰۶). اصطلاح "معماری عصب‌محور" نخستین بار در رابطه با طراحی ساختمانی در مصاحبه‌ای در پاییز سال ۲۰۰۳ مطرح شد و دلیل همکاری معماران و دانشمندان علوم اعصاب توضیح داده شد (رویز-آرلانو، ۲۰۱۵). همین موضوع باعث شکل‌گیری اولین بدنهٔ پژوهشی دانشگاهی بر روی معماری عصب‌محور با نام آکادمی علوم اعصاب برای معماری[12] در سن‌دیگو گردید (آنفا، ۲۰۰۳). معماری عصب‌محور را می‌توان به عنوان یک زمینهٔ نوظهور در نظر گرفت که علوم اعصاب، روانشناسی محیطی و معماری را برای تمرکز بر پویایی مغز انسان ناشی از کنش و تعامل با محیط ساخته شده ترکیب می‌کند (کاراکاس و یلدیز، ۲۰۲۰). حوزه میان رشته‌ای نوظهور معماری عصب‌محور با هدف توسعهٔ پارادایم‌های مفهومی و چارچوب‌های تجربی بر اساس تعامل بین مغز، بدن و فضای ساخته شده شکل گرفته است (چیامولرا و همکاران، ۲۰۱۷). این زمینهٔ مطالعاتی از ابزارها و تکنیک‌های مدرن جهت اندازه‌گیری کمی پاسخ‌های انسانی به محیط استفاده می‌کنند و پژوهشگران توانسته‌اند دلیل پاسخ‌های انسانی به محیط را کشف نمایند. هم‌چنین پژوهشگران موفق شده‌اند، تغییرات فیزیکی در بدن، تغییرات فیزیولوژیکی مانند فعال شدن نواحی خاصی از مغز، تغییر در سطح هورمون‌ها و هدایت خون زیر سطح پوست، که در نتیجهٔ تعامل میان مغز و محیط ساخته شده اتفاق می‌افتد، را اندازه‌گیری کنند.

اثر محیط ساخته شده بر افراد یکسان نیست و ویژگی‌های شخصیتی و اجتماعی بر آن تأثیر می‌گذارد، اما هم‌چنان فضای معماری نقش مهمی بر تغییر رفتار و احساسات انسان دارد (دی‌پایوار و جدون، ۲۰۱۹). مطالعات نشان داده است که دامنهٔ این تغییرات از ساختارهای فیزیولوژیکی پایه مانند ضربان قلب و فشار خون، تا ساختارهای عمیقی مانند هیجان، شناخت و ادراک گسترده می‌باشد. میزان تأثیرات، بر زمان حضور در محیط ساخته شده بستگی دارد و گاهی به صورت ناخودآگاه بر فرد تأثیر می‌گذارد که در طولانی مدت باعث ایجاد بیماری‌های جسمی و روانی می‌شود. بنابراین تأثیر پنهان و عمیق معماری بر انسان را نمی‌توان نادیده انگاشت و ضرورت پژوهش در این زمینه قابل چشم‌پوشی نیست.

از منظر تاریخی، نظریه‌های محیطی ساخته شده برای نخستین‌بار در سال ۱۹۶۰ مطرح گردید و با انتقاداتی نسبت به جنبه‌های انسانی فضای معماری، گسترش پیدا کردند. این انتقادات بر اساس دیدگاه جیکوبز (۲۰۰۲) و در مقابل اصول طراحی مدرنیستی و هدف تک‌نگر آن شکل گرفت (جیکوبز،

1. Central nervous system (CNS)
2. Autonomic nervous system (ANS)
3. Somatic nervous system (SNS)
4. functional magnetic resonance imaging (fMRI)
5. functional magnetic resonance imaging (fMRI)
6. functional magnetic resonance imaging (fMRI)
7. electrodermal activity (EDA)
8. heart rate variability (HRV)
9. Eye tracking
10. Electromyography (EMG)
11. Neuroarchitecture
12. Academy of Neuroscience for Architecture (ANFA)

۲۰۰۲). همزمان با جیکوبز، گروهی که خود را «بین‌الملل زمینه‌گرا»[1] می‌نامیدند، در اروپا به رد شهرسازی مدرنیستی پرداختند. هانری لوفر نیز در رد طراحی مدرنیستی، به بیگانگی فردی با محیط و از دست دادن وجود اساسی خود اشاره نموده است. جنبش زمینه‌گرایی و ادعاهای لوفر اعتراضاتی مبنی بر کمبودهای ذاتی نظریه‌های مدرنیستی معماری و شهرسازی بوده است، که در آن به انسان به عنوان کاربر اصلی و نیازهای ذاتی وی توجه نکرده‌اند (هاین، ۱۹۹۹).

به طور دقیق‌تر، اولین نشانه‌های مطالعات تجربی در مورد تجربیات انسان در فضای معماری در نظریات لینچ (۱۹۶۰) مطرح گردید. وی تجربیات انسانی مرتبط با ادراک، شناخت و حافظه را مورد بررسی قرار داد و اهمیت تجربهٔ ادراکی و حسی را با آشکار ساختن تصویر ذهنی آن از دیدگاه کاربران تبیین نمود. وی مفاهیم زیادی را که به دانش روانشناختی مرتبط هستند، مانند راه‌یابی، جهت‌یابی، اندازه، زمان، پیچیدگی، ایدهٔ هویت، تشخیص و روابط ساختاری – فضایی یا الگوی شی به ناظر مورد بحث قرار داد و تحت تئوری خوانایی معرفی نمود. پس از آن لنگ (۱۹۸۷) نیز با بیان نظریهٔ پوزیتیویستی، انتقاداتی را از شرایط غیرانسانی دوران مدرن مطرح نمود. در ادامه، ابرهارد (۲۰۰۹ الف) مطالعات محیطی و رفتاری را به عنوان پیش‌آزمون‌های مطالعات علوم اعصاب تعریف نمود و زمینه را برای پیدایش علم نوین معماری عصب‌محور میسر نمود. در حال حاضر، مطالعات بین انسان و محیط ساخته شده وارد گرایش جدید شده است، که به دلیل پیشرفت علوم اعصاب و علوم شناختی است. به همین دلیل پژوهشگران قادر به درک تأثیر محیط ساخته شده بر مغز انسان از طریق داده‌های مبتنی بر شواهد هستند. علوم اعصاب، حوزهٔ میان روابط رفتاری انسان با محیط را گسترش داد. اگرچه روانشناسان محیطی بیان می‌کردند که در محیط ساخته شده، چه رفتاری قابلیت بروز دارد، اما پژوهشگران معماری عصب‌محور قادر هستند گامی فراتر بردارند و دلیل بروز رفتارها را بیان کنند (دی‌پایوار و جدون، ۲۰۱۹).

به دلیل اهمیت روابط بین محیط و رفتار انسان، در بسیاری از رشته‌های مختلف از جمله روانشناسی، جغرافیا، نظریه‌های اجتماعی، طراحی شهری و شهرسازی مورد تأکید بوده است. در این میان، معماری به دلیل فراگیر بودن و گذراندن زمان زیاد در آن، تأثیر چشمگیری داشته و پژوهشگران در زمینهٔ معماری و محیط می‌توانند گام مؤثری در جهت ارتقای این دانش بردارند. بنابراین پژوهش حاضر به دنبال پاسخ‌گویی به این سؤالات اساسی است: سطوح مختلف اثرات شناختی فضای معماری بر فعالیت‌های مغز هنگامی که در معرض آن قرار می‌گیرد از دیدگاه علوم اعصاب، چیست؟ اثرات کوتاه‌مدت و بلندمدت فضای معماری بر مغز کدام است؟ و کدام مؤلفه‌های معماری بر مغز اثرگذار هستند؟

روش

الف) طرح پژوهش و شرکت‌کنندگان: پژوهش حاضر در پی شفاف‌سازی اثرات شناختی فضای معماری بر مغز انسان بود. قابل ذکر است که نحوهٔ انطباق افراد با محیط فیزیکی در عواملی مانند ژنتیک، خاطرات، تجربیات فرهنگی و شخصی، فراوانی و مدت مواجهه با محیط، متفاوت است. علاوه بر این، نوع فعالیت در هر فضا نیز متفاوت است. بنابراین به دلیل وجود متغیرهای مختلف مؤثر بر انسان، مطالعهٔ تأثیرات فضای ساخته شده دشوار است (دی‌پایوار و جدون، ۲۰۱۹). اما در بین تمام متغیرها، زمان حضور در فضای معماری ساده‌ترین و قابل کنترل‌ترین متغیر جهت بررسی و اندازه‌گیری است. از همین رو در پژوهش حاضر، زمان حضور در فضای معماری به عنوان متغیر سنجش اثرات شناختی فضای معماری بر مغز مورد مطالعه قرار گرفته است. تغییرات بر اساس زمان اشغال یک فضا و میزان ماندگاری تأثیرات به صورت کوتاه‌مدت یا بلندمدت قابل تقسیم است.

واژهٔ «در معرض قرار گرفتن[2]» در فضای معماری مورد تأکید قرار گرفت، زیرا فضای فیزیکی محرکی است که افراد می‌توانند در معرض آن قرار بگیرند. قرار گرفتن در معرض فضای معماری می‌تواند مانند یادگیری در مدارس فعال یا غیرفعال باشد. هنگامی که افراد (فعالانه یا منفعلانه) در معرض یک محرک یا مجموعه‌ای از محرک‌ها قرار می‌گیرند، می‌توانند تحت تأثیر آن‌ها قرار گیرند. بنابراین، واژهٔ "اثر[3]" برای بررسی میزان بلندمدت یا کوتاه‌مدت اثرات در پژوهش مورد تأکید قرار گرفت. در فرآیند پژوهش، اطلاعات به صورت غربال‌گری شده تنها فضای معماری را مورد بررسی قرار داده و مبانی مربوط به مطالعات شهرسازی، جغرافیایی

[1]. Situationist International
[2]. exposure
[3]. effect

و اجتماعی حذف شد. جهت استخراج اطلاعات از روش مرور سیستماتیک استفاده شد و بر اساس مبانی بیان شده، از ادبیات و نتایج مطالعات موجود استفاده شد و پژوهش با رویکردی کیفی و روش توصیفی - تحلیلی انجام شد. در فرآیند پژوهش با راهبرد استدلال منطقی به تفسیر و تجزیه و تحلیل اطلاعات پرداخته شد و نتایج در قالب دسته‌بندی‌هایی مشخص از میزان اثرات شناختی و بر اساس مدت حضور افراد در فضای معماری ارائه شد. مطالعه بر مطالعات انجام شده به زبان انگلیسی تمرکز داشته و بازهٔ زمانی مرور بین ۱۱ دی ۱۳۸۸ تا ۱۰ آذر ۱۳۹۸[1] مدنظر بوده است و به دلیل سرعت زیاد رشد علم، یک دههٔ اخیر مورد مطالعه قرار گرفته است. ابتدا از پایگاه داده Web of Science و نمایه‌های (Science Citation Index Expanded, Social Sciences Citation Index, Arts, and Humanities citation Index, and Emerging Sources Citation Index) جست‌وجو شروع شد. دو پایگاه داده الکترونیکی ProQuest و Scopus به عنوان منابع راهنمای معتبر جهت انتشار مطالعات تجربی نیز مورد بررسی قرار گرفتند. پس از آن، جست‌وجو در دو پایگاه داده Elsevier شامل: EMBASE، Science Direct نیز صورت گرفت. علاوه بر این، از وب سایت‌های Google Scholar و Researchgate برای بررسی دستی کمک گرفته شد و منابع مقالات منتخب نیز مورد بررسی قرار گرفتند تا اطمینان از جست‌وجوی کامل، حاصل شود. علاوه بر جست‌وجوی مقالات، کتاب‌ها یا فصل‌هایی از کتاب که بر این زمینه دلالت دارند، انتخاب شدند، اما مقالات کنفرانسی، گزارش‌ها و پایان‌نامه‌ها از سیر مطالعه حذف شدند.

یافته‌ها

جهت شناخت اثرات شناختی فضای معماری بر مغز، ابتدا باید ویژگی‌های آن شناخته شود. کل سیستم عصبی انسان، اعمال بدن را با انتقال سیگنال‌ها بین بخش‌های خاصی از بدن و مغز هماهنگ می‌کند و برای فعالیت خود به نورون‌ها وابسته است. این سلول‌ها، واحدهای عملکردی مغز، نخاع و کل سیستم عصبی محیطی هستند (آندریاسی، ۲۰۰۱). از نظر رشد عصبی، مغز دارای سه بخش اصلی است: مغز پیشانی[2]، مغز میانی[3] و مغز عقب[4]. مغز پیشانی از نظر تکاملی توسعه یافته‌ترین بخش مغز است و شامل قشر مغز[5] و ساختارهای زیر قشری[6] است. قشر مغز از چهار بخش اصلی با عملکردهای خاص شامل، لوب پیشانی[7]، جداری[8]، تمپورال[9] و اکسپیتال[10] تشکیل شده است. ساختارهای زیرقشری شامل سیستم لیمبیک[11]، تالاموس[12]، هیپوتالاموس[13] و غده هیپوفیز[14] است. سیستم لیمبیک یکی از مهم‌ترین سیستم‌های مغز است، زیرا مسئول احساسات، حافظه، یادگیری و شناخت است و سه زیرسیستم اصلی شامل: هیپوکامپ[15]، آمیگدال[16] و گانگلیول پایه[17]را در بر می‌گیرد (مورفی و همکاران، ۲۰۰۳).

بر اساس شواهد، حالات عاطفی اصلی افراد، فعالیت‌هایی را در قشر بینایی اولیه، که ادراک بصری را پردازش می‌کند، فرموله می‌کند (لیندکوئیست و همکاران، ۲۰۱۲). در این میان، آمیگدال[18] به عنوان یک ساختار اساسی که سیستم‌های خاصی را راه‌اندازی می‌کند و ورودی‌ها را از منابع مختلف دریافت می‌کند، نقش مهمی را در پردازش هیجانی - ادراکی[19] (شواب و همکاران، ۲۰۱۱؛ ویلومیر، ۲۰۰۵)، تصمیم‌گیری و تقویت حافظه (مک‌گاف، ۲۰۱۵) و سیستم‌های انگیزشی[20] (لنگ و بردلی، ۲۰۱۰) ایفا می‌کند. ناحیهٔ آمیگدال با ترس، غم، انزجار (آمیگدال چپ) و حالت‌های خشم فعال شده و تأثیرات منفی باعث تحریک ناحیه اینسولا[21] می‌شود. آمیگدال، سیگنال‌های مغزی را برای بدن فعال می‌کند تا از یک شی یا موضوع دوری کند (واگر و همکاران، ۲۰۰۳؛ فان و همکاران، ۲۰۰۲). فعال شدن آمیگدال ممکن است از طریق تأثیر آن بر ادراک و حافظه، باعث تجربهٔ هیجانی شود. آمیگدال با ادغام اطلاعات حسی محرک درک شده، به یک مدار عصبی پراکنده در حالت سوماتوویسرال کمک می‌کند که

1. January 1st. 2010 and December 22nd. 2020
2. forebrain
3. midbrain
4. hindbrain
5. cerebral cortex
6. subcortical
7. frontal
8. parietal
9. temporal
10. occipital
11. limbic
12. thalamus
13. hypothalamus
14. pituitary gland
15. hippocampus
16. amygdala
17. basal ganglia
18. amygdala
19. emotional-perceptual
20. motivation system
21. insula

منجر به ایجاد خلق‌وخوی عاطفی افراد می‌شود. در این زمینه، می‌توان تفسیر کرد که آمیگدال و سایر مناطق مغز، پیوندی را برای تعدیل حساسیت ادراکی و تجربه عاطفی تشکیل می‌دهند. بر این اساس، فعال شدن آمیگدال به شدت با تجربه احساسی و فعالیت عصبی در جریان بینایی شکمی[1] رابطه دارد (بارت و همکاران، ۲۰۰۷).

پارامترهای مختلف معماری مانند ویژگی‌های بصری و فضایی با نواحی پس‌سری[2] (پاسخ‌دهنده به اطلاعات ادراکی مربوط به معماری)، چین سینوسی گیجگاهی میانی[3] (درگیری در معماری به هنگام حرکت برای کاوش بصری - فضایی[4])، چین سینوسی دوکی شکل[5] (درگیری در بازنمایی‌های عصبی از سبک‌های مختلف معماری) و پرکونئوس[6] مرتبط است (ژانگ و همکاران، ۲۰۱۹). هم‌چنین برخی مناطق از مغز مانند قشر مغز[7] (بیان احساسات)، هیپوکامپ[8] (خاطرات)، تالاموس[9]، پاراهیپوکامپ[10] (دخالت در تجربهٔ معماری و پاسخ انتخابی به مکان‌ها و بازنمایی آن‌ها)، هیپوتالاموس[11] (دریافت پیام‌ها)، هسته اکومبنس[12] و قشر پیشانی میانی[13] (ادراک عاطفی، محرک‌های لذت‌بخش و یادگیری) از فضای معماری تأثیر می‌پذیرند. به طور خاص، ادراک فضای معماری در لوب‌های اکسپیتال[14]، جداری[15] و گیجگاهی[16] صورت می‌گیرد (مالگریو، ۲۰۱۱؛ کاستا و همکاران، ۲۰۱۰).

همچنین هنگام ارزیابی زیبایی‌شناسی معماری، قشر مداری[17] و شکنج سینگوله ساب کالوسال[18] در معماران در مقابل غیر معماران فعالیت بیشتری دارد (وارطانیان، ۲۰۱۳). از نواحی قشر بینایی، تصویر ادراکی به مناطق دیگر مغز منتقل می‌شوند. لوب‌های گیجگاهی[19] (برای فرم، رنگ و تشخیص اشیاء) و لوب‌های جداری[20] (برای فضا، حرکت و عمق) فعالیت دارند (مالگریو، ۲۰۱۱). علاوه بر این، محرک‌های بینایی در زمان حضور در فضای معماری، باعث فعالیت در اکسپیتال[21] می‌شوند و محرک‌های لمسی منجر به فعالیت قشر پیشانی[22]، جزیره‌ای[23] و جداری[24] می‌شوند (وارطانیان، ۲۰۱۳).

با توجه به آنچه مرور شد، فضای معماری اثرات زیادی بر فعالیت‌های مغز انسان دارد. در ابتدا می‌توان این اثرات را با مباحث زیست‌شناسی مقایسه نمود. سلول‌ها دائماً در حال تغییر و انطباق با محیطی هستند که در آن قرار دارند. این رابطه در موجودات نیز قابل مشاهده است و "موفقیت تکاملی یک موجود زنده، گواهی بر ظرفیت ذاتی آن برای همگام شدن با شرایط محیطی است که در دوره‌های کوتاه و طولانی مدت تغییر می‌کند" (بروکس و همکاران، ۲۰۱۰).

هنگام حضور انسان در فضای معماری، یک تعامل پیچیده با معماری شکل می‌گیرد. این اثرات می‌توانند فوری به همراه یک پاسخ سریع باشند، یا می‌توانند به زمان طولانی اشغال و تعامل پیچیده با فضا نیاز داشته باشند. تأثیرات فوری، به عنوان یک واکنش سریع به محرک‌های معماری رخ می‌دهد. در این حالت، نیازی به تعامل فیزیکی با محیط نبوده و تنها درک فضا از طریق حواس (بینایی، شنوایی، بویایی و لامسه) در برانگیختن اثرات فوری کفایت می‌کند. اثرات فضای معماری بستگی به میزان حضور فرد در آن دارد. با حضور کوتاه مدت، اثرات کوتاه مدتی در مغز شکل می‌گیرد که گاهی با ترک فضا از بین رفته و گاهی ماندگار می‌شود. اگر فرد زمان زیادی در معرض فضا قرار گیرد، اثرات طولانی مدت در مغز شکل می‌گیرد و ممکن است باعث ایجاد آسیب‌های جدی در فرد شود.

در ادامه یافته‌های مطالعهٔ حاضر در مورد اثرات شناختی فضای معماری بر فعالیت‌های مغز ارائه شده است.

1. ventral visual stream
2. occipital
3. middle temporal gyri
4. visuo-spatial
5. fusiform gyrus
6. precuneus
7. cerebral cortex
8. hippocampus
9. thalamus
10. parahippocampal
11. hypothalamus
12. nucleus accumbens
13. medial prefrontal cortex
14. occipital lobes
15. Parietal lobes
16. Temporal lobes
17. orbitofrontal cortex
18. subcallosal cingulate gyrus
19. temporal lobes
20. parietal lobes
21. occipital
22. frontal
23. insular
24. parietal cortex

۱) اثرات کوتاه مدت در معرض فضای معماری

جانداران به تغییرات محیطی به صورت کوتاه‌مدت، جهت استفادهٔ حداکثری از منابع و به حداقل رساندن آسیب‌های زیرساختی سلولی، پاسخ می‌دهند (بروکس و همکاران، ۲۰۱۰). پس از تعامل با فضای معماری اثرات کوتاه مدتی در مغز صورت می‌گیرد و از چند ثانیه تا یک روز طول می‌کشد. این اثرات از تغییرات جزئی مانند تغییر در جهت راه رفتن فرد (لئوناردز و همکاران، ۲۰۱۵)، افزایش یا کاهش حافظهٔ کاری (رادوانسکی و همکاران، ۲۰۱۱)، تغییرات در تنش عضلانی، ضربان قلب و فشار خون (مارتینز-سوتو و همکاران، ۲۰۱۳) و تغییرات در احساسات (شمش و همکاران، ۲۰۱۷) را شامل می‌شود.

تغییرات به منظور تنظیم بدن با محیط از ابتدایی‌ترین حالت تغییرات مانند تنظیم متابولیکی گرفته تا پیچیده‌ترین حالت مانند شناخت را شامل می‌شود. این تغییرات، پاسخ‌هایی برای افزایش شانس بقا در محیط فیزیکی و اجتماعی است (بروکس و همکاران، ۲۰۱۰). سطوح بالاتر، تأثیرات بر هیجان است، که این موضوع باعث تأثیر بر احساسات و خلق‌وخو نیز می‌شود. علاوه بر این، اثرات دیگری بر حافظه و توجه نیز دارد، که دو مقولهٔ مهم در زمینه‌های آموزش است. در ادامه اثرات به طور کامل تبیین شده است.

هیجان

هیجان یکی از پارامترهای اصلی تأثیرگذار بر سلامت‌روان است (ویلیامز و همکاران، ۱۹۸۸). هیجانات داده‌هایی درونی هستند که بر رفتار اثر می‌گذارند (ولز و ماتیوس، ۱۹۹۴). هیجانات در مغز تولید شده و توسط کل بدن تجربه می‌شوند. آن‌ها واکنش‌های ذاتی مغز هستند که از طریق حالات چهره، زبان بدن و نگرش‌ها بیان شده و به صورت آگاهانه یا ناخودآگاه بر نحوهٔ احساس افراد تأثیر می‌گذارند. به این معنا که بدن انسان قبل از این‌که بتواند ورودی را آگاهانه پردازش نماید، قادر است به محرکی پاسخ دهد (اوهمان و همکاران، ۲۰۰۲) و گاه این اتفاق بدون دخالت قشر بینایی می‌افتد (لیدل و همکاران، ۲۰۰۵). مطالعات نشان داده است که فضای معماری بر هیجان اثرگذار است. فرم و هندسهٔ فضای داخلی معماری بر هیجان اثرگذار است. فرم و هندسهٔ منحنی باعث فعالیت قشر دستبندی[1] مغز شده و موجب لذت و برانگیختگی بالاتری می‌شود (بائئی و همکاران، ۲۰۱۷). قضاوت زیبایی‌شناسی فضاهای منحنی در مقابل فضاهای مستطیل شکل، قشر دستبندی مغز را فعال می‌کند. هم‌چنین در ادراک فضا همراه با تجربهٔ زیبایی‌شناسی، قشر پیشانی قطبی[2]، شکنج فرونتال فوقانی[3]، گلوبوس پالیدوس[4]، پراکونئوس[5]، پاراهیپوکامپ[6] و شکنج پس‌سری میانی[7] فعال می‌شوند. رتبه "خوشایند" پرکونئوس[8]، شکنج پیشانی میانی[9]، قشر سینگولیت قدامی و قشر دستبندی را فعال می‌کند (وارطانیان و همکاران، ۲۰۱۳). حتی اگر حرکتی در فضا رخ ندهد، انحنای اشیا و محیط ساخته شده بر قشر دستبندی تأثیر می‌گذارد. ادراک فضای داخلی دلپذیر، نواحی پردازش بصری فضایی[10] را در شبکه جلویی-پاریتال[11] فعال می‌کند که نشان دهندهٔ دخالت فرآیندهای حرکتی و شناختی در طول ارزیابی فضای معماری است (شمش و همکاران، ۲۰۱۷).

معیارهای دیگری از فضای معماری مانند ارتفاع سقف و میزان باز یا بسته بودن فضا نیز بر هیجانات انسان اثر می‌گذارند. تفاوت سقف کوتاه و بلند بر فعالیت پراکونئوس چپ[12] و شکنج میانی پیشانی چپ[13] اثر می‌گذارد و میزان باز یا محصور بودن فضا شکنج گیجگاهی میانی چپ[14] و شکنج گیجگاهی فوقانی راست[15] را فعال می‌کند (وارطانیان و همکاران، ۲۰۱۳، ۲۰۱۵). مبلمان و سبک چیدمان نیز بر مغز اثر می‌گذارند (وکیاتو و همکاران، ۲۰۱۵ الف، ۲۰۱۵ ب). همچنین مصالح و بافت مانند طراحی داخلی به همراه چوب بر هیجان اثر گذار بوده و خستگی را کاهش داده و آرامش را به همراه دارد (ژنگ و همکاران، ۲۰۱۷؛ سانتسوگ و همکاران، ۲۰۰۵). ارتباط با طبیعت و بازشو به سمت آن، یا طراحی سبز داخلی باعث برانگیختگی هیجان می‌شود (یین و همکاران، ۲۰۱۹). علاوه بر این،

1. anterior cingulate cortex (ACC)
2. frontopolar cortex (FPC)
3. superior frontal gyrus (SFG)
4. globus pallidus (GP)
5. Precuneus (PN)
6. Parahippocampus (PH)
7. middle occipital gyrus (MOG)
8. precuneus
9. middle frontal gyrus (MFG)
10. visuospatial
11. fronto-parietal network
12. left precuneus
13. left middle frontal gyrus
14. left middle temporal gyrus
15. right superior temporal gyrus

جزئیاتی از فضا مانند راهروهای عبور و درها نیز هیجان را برانگیخته می‌کنند (جبارا و همکاران، ۲۰۱۹).

توجه

فضای معماری علاوه بر هیجان، بر توجه نیز اثر می‌گذارد. موضوع توجه در فضاهای آموزشی اهمیت بسیار زیادی دارد، ازهمین‌رو اکثر مطالعات توجه در رابطه با فضاهای آموزشی صورت گرفته است و نتایج ارزشمندی را ارائه داده‌اند.

رنگ دیوارهای فضای آموزشی بر توجه اثر می‌گذارد. هنگامی که دیوارها به رنگ‌های بنفش، آبی، سبز، زرد و قرمز هستند، توجه دانش‌آموزان بیشتر جلب می‌شود (دویان و یوانور، ۲۰۱۶). هم‌چنین توجه در کلاس‌هایی با رنگ‌های سرد (بین سبز مایل به زرد و بنفش) نتایج بهتری را در بر دارد. نتایج فیزیولوژیک نشان داده است، رنگ‌های سرد به طور قابل‌توجهی باعث فعال‌سازی بیشتر توجه می‌شوند (لینارس و همکاران، ۲۰۲۰ ب).

شرایط فیزیکی محیط نیز بر توجه اثربخش است. شرایطی مانند صدا و نور، اگر خارج از منطقه آسایش[1] باشد، بر وظایف گوش دادن تأثیر منفی داشته و توجه را کم می‌کنند، اما بر وظایف خواندن اثری ندارد (مارچند و همکاران، ۲۰۱۴). علاوه بر این، دمای محیط آموزشی نیز بر توجه اثر گذار است. دمای هوای خنک و آرام اثر مثبت بر فرد می‌گذارد. همچنین، یک محیط روشن می‌تواند فرآیندهای توجه را در رابطه با تعامل با سایر پارامترهای فیزیکی تعدیل کند. گرمای خنثی[2]، به همراه فضای نسبتاً آرام و نسبتاً روشن، فضایی بهینه جهت فرآیندهای حل مسئله به وجود می‌آورد، در حالی‌که فضاهای سرد[3]، نسبتاً آرام و روشن شرایط فیزیکی بهینه‌ای برای انجام وظایف توجه‌محور ایجاد می‌کند (شیونگ و همکاران، ۲۰۱۸). وسعت و مساحت نیز یکی دیگر از مؤلفه‌های ابعاد فضاهای آموزشی است. عرض کلاس به طور قابل توجهی بر معیارهای روانشناختی[4] و عصبی فیزیولوژیکی[5] توجه اثر می‌گذارد و این دو معیار با یکدیگر همبستگی دارند. کلاس‌های درس وسیع‌تر با عملکرد ضعیف‌تر و برانگیختگی عاطفی کمتر همراه است (لینارس و همکاران، ۲۰۲۰ الف).

توجه افراد را با مصالحی مانند فولاد، بتن یا شیشه می‌توان افزایش داد، یا با بهره‌گیری از بتن می‌توان یادگیری را بالا برد. علاوه بر این، فرآیندهای شناختی مربوط به تمرکز و حفظ اطلاعات را می‌توان در صورتی که کاربر در داخل یک فضای مخروطی شکل، فضای شیشه‌ای یا یک فضای مربعی و چوبی باشد، افزایش داد (البایوومی و همکاران، ۲۰۱۸). توجه با تحریک خط میانی فرونتال تتا[6] مرتبط است و نوسانات باند تتا در حافظه، توجه و احساسات مثبت مؤثر است (وکیاتو و همکاران، ۲۰۱۵ الف، ۲۰۱۵ ب). فضاهای منحنی با سقف‌های بلند، سیستم‌های عصبی را در توجه و درک بصری - فضایی تحریک کرده و افزایش می‌دهند. همچنین محدودیت حرکت و میدان دید محدود، مانند فضاهایی با سقف کم، واکنش‌های احساسی را تحریک کرده و تصمیمات خروج را افزایش می‌دهند (وارطانیان و همکاران، ۲۰۱۵). موضوع توجه در تمامی فضاهای معماری اهمیت دارد، اما در فضاهای آموزشی به دلیل ماهیت آن، اهمیت دوچندانی پیدا می‌کند. مطالعات دیگری نیز مبحث توجه را در کاربری‌های دیگر معماری مانند فضاهای مسکونی مورد بررسی قرار داده‌اند. فضاهای انتقال در معماری بر توجه افراد اثر می‌گذارند. فضاها با ابعاد و تناسبات قابل قبول برای عبور با افزایش پردازش توجه مرتبط هستند (جبارا و همکاران، ۲۰۱۹). فرم و هندسهٔ فضای داخلی نیز بر توجه اثرگذار است (بانئی و همکاران، ۲۰۱۷).

حافظه

در برخی مطالعات دیگر، به بررسی اثر فضای معماری بر حافظه پرداخته شده است. از آنجایی که موضوع حافظه مانند توجه در فضاهای آموزشی اهمیت بسیار پیدا می‌کند، اکثر مطالعات بر این فضا تمرکز نموده‌اند. نتایج یک مطالعهٔ مرتبط نشان داده است، دیوارهای کلاس با رنگ سرد و کلاس‌های باریک‌تر با عملکرد حافظهٔ بهتر مرتبط است (بیتو و دیز، ۲۰۱۱). در فضاهای آموزشی، کلاس‌های درسی با رنگ‌های سرد (بین سبز مایل به زرد و بنفش) نتایج بهتری از حافظه را نشان داده است (لینارس و همکاران، ۲۰۲۰ ب).

[1]. outside the comfort zone (OCZ)
[2]. Thermoneutral
[3]. cool
[4]. psychological
[5]. neurophysiological
[6]. theta frontal midline

همچنین مطالعات تأیید کرده است که حافظه به طور قابل توجهی، تحت تأثیر تلاقی نور و دما قرار دارد و افزایش صدا، اثر منفی بر حافظه دارد. گرمای خنثی، فضای ساکت و روشن، شرایطی بهینه برای کارهایی مبتنی بر ادراک هستند، در حالی که فضای گرم، آرام با روشنایی متوسط شرایط فیزیکی مطلوب برای کارهای حافظه‌محور است. همچنین در بررسی تأثیر جنسیت نیز مشخص شده است که زنان نسبت به مردان به تابش بیشتر حساس‌تر هستند (شیونگ و همکاران، ۲۰۱۸).

از سوی دیگر، مطالعات نشان داده‌اند ارتفاع سقف بر حافظه مؤثر بوده و سقف‌های کوتاه باعث القای حس محصوریت گشته و سقف‌هایی با ارتفاع بلند، حس آزادی را القا کرده و حافظه را تقویت می‌کنند. فضا با سقف بلند در درجهٔ اول پردازش منطقی[1] را تحریک می‌کند، اما در فضایی با سقف کوتاه پردازش‌های دیگری در مغز رخ می‌دهد (مایرز-لوی و روی، ۲۰۰۷). عرض کلاس بر معیارهای روانشناختی و فیزیولوژیکی عصبی حافظه مؤثر است و حضور در کلاس‌های آموزشی با عرض وسیع با برانگیختگی عاطفی کمتر و عملکرد پایین‌تر حافظه همراه است (لینارس و همکاران، ۲۰۲۰ ب).

حافظه را می‌توان در یک فضای مربع یا استوانه‌ای ساخته شده از بتن تقویت کرد. فضاهای مخروطی، شیشه‌ای و فضاهای مربعی و چوبی برای تمرکز و نگهداری اطلاعات مناسب‌تر هستند (البایوومی و همکاران، ۲۰۱۸). رنگ‌های گرم و خنثی در مقایسه با سیستم‌های رنگ سرد، حافظهٔ فضایی را تقویت می‌کند. حافظه در فضاهایی با ترکیب رنگی تضاد بالا، تقویت می‌شود (مین و لی، ۲۰۲۰). روشنایی دمای رنگ بهینه[2] برای فضای آموزشی ۴۰۰۰K است و دمای رنگ بهینه، نسبت به روشنایی اثربخشی بیشتری بر حافظه دارد (یانگ و جئون، ۲۰۲۰).

مؤلفه‌های توجه و انگیزشی هیجان با افزایش یادگیری و حافظه مرتبط است (تاینگ و همکاران، ۲۰۱۷). بنابراین، به دلیل ارتباط قوی آن‌ها، باید اثر فضای معماری بر این سه مؤلفه را مد نظر قرار داد. به طوری که اگر فضای معماری هیجانات انسان را برانگیزد، باعث می‌شود افراد توجه بیشتری داشته باشند و در طی آن تشکیل حافظه و یادآوری افزایش یابد.

استرس

استرس یک رابطه متقابل میان انسان و محیط ساخته شده است و زمانی رخ می‌دهدکه انسان منابع محیطی را برای برآوردن نیازهای خود، ناکافی ارزیابی می‌کند. عوامل مختلفی در فضای معماری بر استرس اثر می‌گذارند. یکی از این عوامل نور طبیعی و مصنوعی است. نور، اثرات مستقیم روانی و فیزیولوژیکی بر انسان دارد و باعث کاهش استرس می‌شود (پارتونن و همکاران، ۲۰۱۰؛ یامادا و همکاران، ۱۹۹۵)، حتی در کاهش افسردگی بیماران مبتلا به اختلال دوقطبی یا اختلال عاطفی فصلی نیز مؤثر است (بندتی و همکاران، ۲۰۰۱؛ والاس گای و همکاران، ۲۰۰۲). عامل مؤثر دیگر بر استرس، رنگ است. رنگ باعث ایجاد حالت برانگیختگی در فرد شده و بر روان افراد تأثیر می‌گذارد (مارتین، ۱۹۹۱). رنگ به سبب تولید پالس‌های الکتریکی و جریان‌های مغناطیسی سبب ایجاد زمینه‌های انرژی می‌شود که در حالت فعال از فرآیندهای بیوشیمیایی و هورمونی در بدن انسان، محرک یا آرام‌بخش لازم برای به تعادل رساندن کل سیستم و اعضای آن هستند (ثمینا و همکاران، ۲۰۰۵). مطالعات نشان داده است که رنگ بر روی استرس تأثیر می‌گذارد (دمارکو و کلارک، ۲۰۰۱) و از رنگ درمانی[3] برای درمان یا کاهش استرس استفاده می‌شود. مطالعات تأیید کرده‌اند که محیط کاملاً سفید می‌تواند بی‌انگیزگی دید ایجاد نماید و حتی القا کنندهٔ استرس در اقامت طولانی مدت باشد (اورچارد، ۱۹۷۷). رنگ سبز در کل سیستم عصبی بدن و به خصوص در سیستم عصبی مرکزی بدن اثر مستقیم دارد. هم‌چنین رنگ سبز اثر تسکینی دارد و باعث کم کردن خستگی و متعادل کردن هیجانات می‌شود و در مقابل آن، رنگ قرمز به دلیل تأثیر بر روی سیستم سمپاتیک و افزایش میزان فشارخون، تعداد تنفس و ضربان قلب، رنگ مناسبی نیست (لوشر و اسکات، ۱۹۶۹).

میزان دمای محیط نیز بر کاهش یا افزایش استرس مؤثر است. دمای بین ۲۱/۵ تا ۲۲ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی بین ۳۰ تا ۷۰ درصد، که در آن سرعت هوا کمتر از ۰ تا ۱ متر بر ثانیه باشد، شرایط مطلوب محیطی را به وجود می‌آورد (لنزونی و همکاران، ۲۰۱۰). مؤلفه‌ی دیگری از فضا که بر استرس تأثیر زیادی دارد و در سال‌های اخیر مورد توجه بسیار بوده است، طبیعت‌گرایی است. نظریهٔ کاهش استرس، یکی از مهم‌ترین و

[1]. rational processing
[2]. optimal colour temperature lighting
[3]. Chromo therapy

پرکاربردترین نظریه‌ها در مطالعات است که به وسیله اولریش و همکاران (۱۹۹۱) با دیدگاه روانشناسی محیطی در رابطه با طبیعت، بیان شده است. این نظریه بیان می‌کند که حضور طبیعت، پاسخ‌های روانشناختی تکاملی مرتبط با ایمنی و بقا را به همراه دارد. ازاین‌رو قرار گرفتن در معرض طبیعت، سیستم عصبی پاراسمپاتیک[1] انسان را فعال می‌کند و استرس روانی - فیزیولوژیکی انسان را کاهش می‌دهد. مطالعات متعدد نشان داده‌اند تجربیات مثبت در طبیعت، باعث کاهش استرس (هانسمان و هوگ، ۲۰۰۷؛ السادک و همکاران، ۲۰۱۹؛ تیروینین و همکاران، ۲۰۱۴) و واکنش‌های روانشناختی و فیزیولوژیکی مفیدی مانند کاهش فشار خون و ضربان قلب، تمرکز بهتر و بهبود مهارت‌های حل مسئله می‌شود (کاپلان، ۱۹۹۵؛ بیر و همکاران، ۲۰۱۴؛ لین و همکاران، ۲۰۱۹).

جهت‌یابی و حرکت

طراحی فضای داخلی معماری از جمله ارتفاع فضا، میزان گشودگی فضا، نشانه و نمادها در مسیر و تناسبات می‌تواند بر جهت‌یابی و حرکت اثرگذار باشد. اگر فضای معماری به گونه‌ای طراحی شود که فرد قادر به شناخت فضا و ناوبری فضایی نباشد، باعث سردرگمی خواهد شد که نتیجهٔ آن، تصمیم بر خروج و اجتناب از فضا می‌شود (لئوناردز و همکاران، ۲۰۱۵). جهت‌یابی و ناوبری فضایی، جزیی از اصول طراحی فضای معماری است و در فضاهای عمومی نیز اهمیت دارد.

پاسخ‌های ایمنی و اساسی

انسان نسبت به محیط فیزیکی، پاسخ‌ها و عکس‌العمل‌های مختلفی دارد، اما افراد آگاهی کمتری در رابطه با تغییرات سطوح پایین‌تر و پاسخ‌های ایمنی و اساسی دارند. به طوری که برخی از ویژگی‌های محیطی می‌توانند سیستم ایمنی را مختل کنند، اما بیشتر افراد تنها پس از نشان دادن برخی علائم بیماری از اختلالات آن آگاه می‌شوند (سالینگاروس، ۲۰۱۵). این موضوع را می‌توان در گرایش بیوفیلیا[2] مشاهده نمود. تأثیر کوتاه مدت قرار گرفتن در معرض منظرهٔ طبیعی باعث کاهش سطح استرس، فشار خون و تنش عضلانی می‌شود و اگر فرد طولانی مدت در معرض آن قرار گیرد، حتی باعث بهبود سیستم ایمنی بدن می‌گردد.

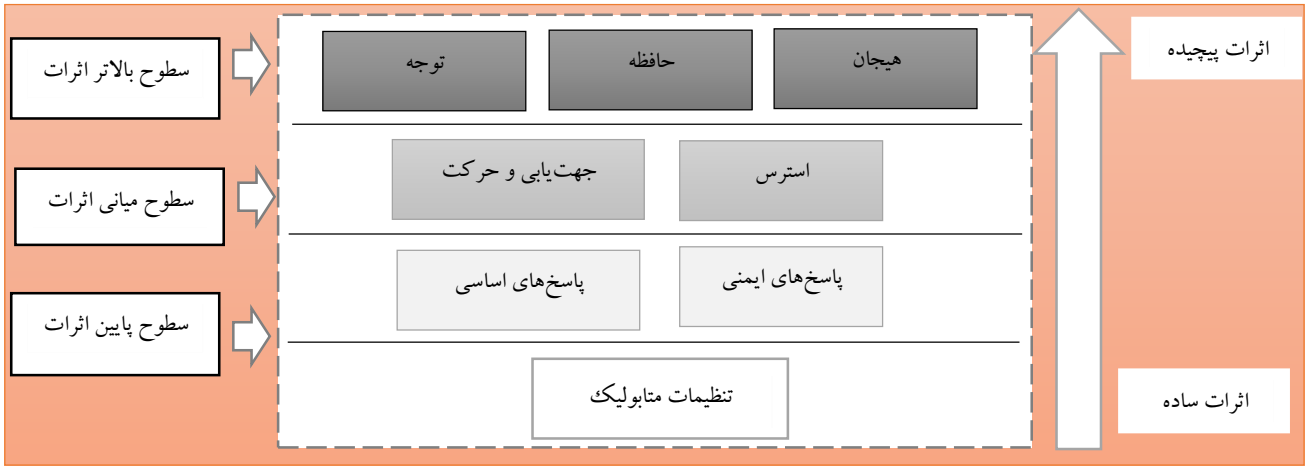
تنظیمات متابولیک

انسان، اثرات متابولیکی از محیط ساخته شده را دریافت می‌کند. در این رابطه، نور طبیعی و مصنوعی، نمونه‌های خوبی از اثر مستقیم محیط فیزیکی بر تنظیم متابولیک هستند، که بدون درک آگاهانه از سوی فرد صورت می‌پذیرند. از طریق نور، مغز بخش بزرگی از عملکرد خود را با دنیای بیرونی (ریتم شبانه‌روزی) هماهنگ می‌کند تا دوره ۲۴ ساعته‌ای را که در آن فعالیت‌های چرخه بیولوژیکی اتفاق می‌افتد، پوشش دهد. همچنین نور، ریتم‌های فیزیولوژیکی و روانی را تنظیم می‌کند و مستقیماً بر بیداری و خواب، ترشح هورمون‌ها، عملکرد سلولی و بیان ژنتیکی اثر می‌گذارد (دی‌پایوا و جدون، ۲۰۱۹).

گیرنده‌های نوری روی شبکیه، که حتی با چشم‌های بسته نیز کار می‌کنند، به نور مصنوعی و طبیعی پاسخ می‌دهند. از این‌رو، استفاده از لامپ برقی و دستگاه‌های الکترونیکی به افراد اجازه می‌دهد تا روز را طولانی‌تر کنند و ریتم شبانه‌روزی را از تنظیم خارج کنند. چنین کنترل‌زدایی در کوتاه مدت می‌تواند بر بسیاری از سیستم‌های مسئول کنترل خلق و خو، مانند سیستم لیمبیک[3]، محور هیپوتالاموس هیپوفیز[4] و ترشح گلوکوکورتیکوئیدها[5] (مانند کورتیزول[6]) اثر بگذارد. در نتیجه، تنظیم‌زدایی می‌تواند باعث بی‌خوابی و سایر اختلالات خواب، محرومیت از کنترل خلق‌وخو، روند افسردگی (زمستانی)، از دست دادن تمرکز، افزایش سطح استرس و اختلال طولانی مدت در سیستم ایمنی بدن شود (بدروسیان و نلسون، ۲۰۱۷).

طبق شکل ۱، معماری اثرات شناختی مختلفی بر مغز می‌گذارد که دارای سطوح مختلفی است. اثرات از سطوح ساده مانند تنظیمات متابولیک تا اثرات پیچیده‌ای مانند هیجان، حافظه و شناخت گسترده است. این اثرات به دلیل حضور در فضای معماری، از زمان کوتاه تا بلندمدت قابل تغییر است.

1. parasympathetic
2. Biophilia
3. Limbic system
4. hypothalamicepituitary axis
5. glucocorticoids
6. cortisol



شکل ۱. اثرات فضای معماری بر فعالیت‌های مغز

با توجه به مطالب بیان شده، اثرات شناختی معماری بر مغز بسیار گسترده بوده و اگر در طولانی مدت تأثیر بگذارد، می‌تواند آسیب‌های جبران ناپذیری بر انسان داشته باشد. علاوه بر این، محرومیت از کنترل خلق‌وخو و افزایش سطح استرس می‌تواند بر رفتار و تصمیم‌گیری اثر بگذارد. ازاین‌رو، محیط فیزیکی می‌تواند بر رفتار اثر منفی بگذارد. همان‌طور که در نمودار ۲ نمایش داده شده است، حضور کوتاه مدت در فضای معماری، می‌تواند اثرات شناختی مختلفی بر مغز انسان بگذارد. گاهی با حضور کوتاه مدت، اثر بلند مدت بر مغز انسان شکل می‌گیرد و به فرد کمک می‌کند تا با محیط سازگار شود. در این شرایط برانگیختگی هیجانی شدید می‌تواند بر حافظه و یادگیری اثر بگذارد. بنابراین، در چنین مواردی، یک واکنش سریع می‌تواند در دراز مدت دوام بیاورد. شکل ۲ اثرات کوتاه مدت فضای معماری بر فعالیت‌های مغز را نشان می‌دهد.

۲) اثرات بلندمدت در معرض فضای معماری

اثر بلندمدت می‌تواند برای مدتی طولانی حتی زمانی که قرار گرفتن در معرض محیط به پایان رسیده باشد، باقی بماند. معمولاً برای این اتفاق، نیاز به مواجهه طولانی و مکرر با محرک‌های مشابه دارند. مانند خانهٔ مسکونی، محل کار که سال‌ها در آن کار صورت می‌گیرد، یا مسیری که هر روز از آن عبور انجام می‌شود. این نمونه‌ها فضاهایی هستند که می‌توانند به عنوان محرک‌های مداوم برای مدت طولانی عمل کنند و باعث ایجاد تغییرات در مغز شوند.

این تصور که محیط می‌تواند باعث تغییرات طولانی مدت در مغز شود، همان‌طور که برای اولین بار توسط سانتیاگو رامون و کاخال فرموله شد، رابطهٔ نزدیکی با یافته‌های مربوط به انعطاف‌پذیری مغز دارد (مورا و همکاران، ۲۰۰۷). مطالعات در علوم اعصاب نشان داد که مغز، به ویژه مدارهای عصبی و نورون‌های آن، ظرفیت تغییرات ساختاری و عملکردی را دارد (ابرهارد، ۲۰۰۹ ب؛ کرامر و همکاران، ۲۰۰۴). اگرچه تمرکز این مطالعه بر مغز بزرگسالان و تغییرات آن است، اما اهمیت فضاهایی که توسط کودکان اشغال می‌شود و اثرات بلندمدت آن‌ها در مغز نیز باید مورد بررسی قرار گیرد (ون پراگ و همکاران، ۲۰۰۰).

این موضوع بر روی حیوانات نیز مطالعه شده است و صدق می‌کند. مطالعات روی موش‌هایی که در یک محیط به اصطلاح غنی شده در قفس بودند، نشان داد که بافت مغز تغییر کرده است. این موضوع انعطاف‌پذیری مغز در بزرگسالی را نیز مطرح می‌کند که به وسیلهٔ فضای فیزیکی صورت می‌گیرد (ون پراگ و همکاران، ۲۰۰۰). حیواناتی که در محیط غنی شده زندگی می‌کنند، تغییراتی در وزن، اندازه و ضخامت مغز و نتایج بهتر در یادگیری را نشان دادند. علاوه بر این، در برخی موارد آن‌ها توان‌بخشی را از چند اختلال و نقص مرتبط با رشد مغز نیز نشان دادند (روزنزوایگ و بنت، ۱۹۹۶). برخلاف محیط غنی شده، دانشمندان تغییرات مغز حیواناتی را که در فضاهای فقیر در قفس قرار گرفته بودند را نیز بررسی کرده‌اند. دانشمندان متوجه شدند که مغز موش‌هایی که در فضاهای فقیر در قفس بودند، کاهش وزن داشت و نتایج متفاوتی نسبت به مغز موش‌های موجود در فضاهای غنی‌شده نشان داده است (محمد و همکاران، ۲۰۰۲). این نتیجه نشان داد که غنی‌سازی برای کمک به بهبود انعطاف‌پذیری مغز و جلوگیری از آسیب آن مهم است.

حضور بلند مدت در فضای معماری بر نورون‌های مغز نیز اثر می‌گذارد. دو نوع نوروپلاستیسیتی[1] وجود دارد: نوروژنز[2] (تولید نورون‌های جدید) و بازتولید[3] (تغییر در اتصالات بین نورون‌های موجود). اگر چه چندین ناحیه مغز تحت تأثیر نوروپلاستیسیته قرار می‌گیرند (هیپوکامپ، قشر و آمیگدال)، هیپوکامپ تنها ناحیهٔ شناخته شده‌ای است که نوروژنز در آن اتفاق می‌افتد (روزنزوایگ و بنت، ۱۹۹۶). این ساختار مغزی است که نقش مهمی در فرآیندهای حافظه بلندمدت و ناوبری فضایی دارد. بنابراین، هنگامی که از طریق فضاهای غنی شده تحریک می‌شوند، افراد با قرار گرفتن در معرض طولانی‌مدت می‌توانند حافظه، یادگیری و توانایی‌های ناوبری فضایی را بهبود بخشند (اوکیف و داستروفسکی، ۱۹۷۱؛ ون پراگ و همکاران، ۲۰۰۰).

یکی‌دیگر از عوامل مهم تحت تأثیر فضای معماری که به شدت بر مغز اثر می‌گذارد، استرس است. در زمینه سلامت‌روان، استرس مزمن با افسردگی، با تغییرات نرم[4] آمیگدال[5]، هیپوکامپ[6] و قشر مغز[7] همراه است (مک ایون، ۲۰۱۳). فضاها می‌توانند با قرارگیری انسان در بازهٔ زمانی کوتاه مدت یا بلند مدت، سطوح استرس درک شده را به طرق مختلف افزایش دهند. با این حال، هنگامی که افراد اغلب در معرض چنین فضاهایی قرار می‌گیرند، استرس به یک اثر طولانی‌مدت تبدیل می‌شود. عوامل ساده، مانند موقعیت توالت و دسترسی، فضاهایی برای حفظ حریم خصوصی و نشانه و نمادهای مناسب برای کمک به ناوبری، عناصر مهمی هستند که می‌توانند اثر زیادی بر سطوح استرس درک شده داشته باشند.

این موضوع علاوه بر فضای معماری، در محیط‌های شهری نیز صدق می‌کند. محیط‌های آشفته، بر خلاف محیط‌های غنی شده، می‌توانند تغییرات طولانی مدت منفی در مغز و سلامت ایجاد کنند. افرادی که در شهرها زندگی می‌کنند، به طور کلی نسبت به افرادی که در مناطق روستایی زندگی می‌کنند، مشکلات سلامت‌روانی بیشتری دارند (پین و همکاران، ۲۰۱۰). به همین ترتیب، افرادی که در محیط‌های شهری رشد می‌کنند، به طور قابل توجهی بیشتر مستعد ابتلا به اختلالات روان‌پریشی[8] مانند اسکیزوفرنی[9] هستند (کرابندام و اوس، ۲۰۰۵). مناطق شهری می‌توانند بر افرادی که از نظر ژنتیکی مستعد ابتلا به اختلالات روانی هستند اثر منفی بگذارند (ویزر و همکاران، ۲۰۰۷). دلیل احتمالی چنین نتایجی این است که عوامل استرس‌زا مانند تراکم جمعیت و ازدحام جمعیت، انزوای اجتماعی، آلودگی هوا، سر و صدا، سبک زندگی و پیکربندی فضایی در شهرهای بزرگ رایج است.

فضای معماری اگر منطبق بر دیدگاه‌های روانشناختی و عصب‌شناختی طراحی شود، فضایی غنی بوده که گام بزرگی در راستای سلامت انسان است. اما اگر محیط غنی نباشد، مشکلات متعددی برای کاربران پیش خواهد آورد. در شکل ۳ اثرات شناختی بلندمدت ساده تا پیچیده بر مبنای دو دستهٔ محیط سالم و ناسالم ارائه شده است.

1. neuroplasticity
2. neurogenesis
3. rewiring
4. plastic alterations
5. amygdala
6. hippocampus
7. cortex
8. psychotic disorders
9. schizophrenia

شکل ۲. اثرات کوتاه مدت فضای معماری بر فعالیت‌های مغز

شکل ۳. اثرات بلندمدت فضای معماری بر فعالیت‌های مغز

بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف شناسایی سطوح مختلف اثرات شناختی فضای معماری بر مغز با استفاده از ادبیات و مبانی علوم اعصاب انجام شد. هم‌چنین این مطالعه، مؤلفه‌های معماری اثرگذار بر مغز انسان را روشن نمود. نتایج نشان داد که فضای معماری بر اساس بازهٔ زمانی حضور، اثرات کوتاه مدت و بلندمدتی بر مغز انسان می‌گذارد. این اثرات در سطوح مختلف پایینی مانند تنظیمات متابولیک، سطوح میانی مانند جهت‌یابی و استرس و سطوح بالایی مانند هیجان، توجه و حافظه اثر گذار است. سطوح بالایی مانند هیجانات به دلیل پیچیدگی زیاد، حتی باعث تغییر خلق‌وخو و احساسات نیز می‌شوند. توجه و حافظه نیز رابطهٔ تنگاتنگی با یکدیگر جهت بهبود آموزش دارند، اگر فضای معماری اثر مثبتی بر این دو مؤلفه داشته باشد، باعث ارتقای کیفی یادگیری خواهد شد. علاوه بر این، فضای معماری قادر به کاهش استرس محیطی از طریق مؤلفه‌های معماری نور، رنگ، دما و طبیعت‌گرایی است. همچنین فضای معماری با طراحی مناسب باعث

سهولت در جهت‌یابی نیز می‌شود. در سطوح پایین‌تر نیز باعث تنظیمات متابولیک، اثرات مثبت و توان‌بخشی برخی از اختلالات و نقص‌های مرتبط با رشد مغز می‌شود. بنابراین اگر انسان به صورت طولانی مدت در معرض فضای معماری قرار گیرد، اثرات عمیقی بر آن خواهد داشت. این اثرات اگر مثبت باشند باعث ایجاد محیطی سالم و در نهایت سلامت جسم و روان می‌شود و اگر اثرات منفی باشند، آسیب‌های جدی بر انسان وارد می‌کند. تمام یافته‌های مربوط به فضاهای معماری و تعامل آن با مغز انسان، نشان می‌دهند که طراحی معماری تا چه اندازه می‌تواند مغز و رفتار را تغییر دهند. طرح‌های ضعیف و یکنواخت می‌تواند منجر به پیامدهای مختلفی از کسالت تا فقدان فعالیت بدنی شود. این پیامدها به مرور زمان می‌تواند منجر به اختلالات خلقی و اضطرابی و بدتر شدن عملکردهای شناختی شود. در مقابل، محیط‌های معماری که محرک‌های شناختی و فیزیکی را ارائه می‌دهند، می‌توانند به پیشگیری از بسیاری از بیماری‌های جسمانی و روانی، اجتناب از استرس و تقویت فرآیندهای یادگیری و حافظه کمک کنند. به دلیل ضرورت و اهمیت موضوع، این زمینهٔ مطالعاتی در حال گسترش است. با وجود پیشرفت‌های مطالعاتی در زمینهٔ تأثیرات معماری بر مغز، چالش‌های مختلفی در مورد آن وجود دارد. یکی از مهم‌ترین چالش‌ها، تأثیر برخی ویژگی‌های پنهان در افراد است. برای مثال، اثرات فضای معماری علاوه بر مؤلفه‌های فیزیکی به مؤلفه‌های دیگری مانند فرهنگ، تجربه، حس مکان و حتی دفعات استفاده از فضا نیز بستگی دارد. این مباحث بر نوع اثرپذیری از فضا نیز اثر می‌گذارند و در مطالعات قابل تفکیک نیستند. علاوه بر این، تجربهٔ معماری باید به صورت پیوسته صورت گیرد و گاهی انتقال از یک فضا به فضای دیگر می‌تواند بر تجربهٔ جدید فضا تأثیر بگذارد (جبارا، ۲۰۱۹).

چالش دیگر در مورد ویژگی‌های شخصیتی هر فرد است، که بر درک آن از فضا اثرگذار است (بانئی و همکاران، ۲۰۱۹). علاوه بر موضوع شخصیت، دید محیطی نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (ریکانداراجه، ۲۰۱۸). همچنین تأکید بر حوزهٔ بصری در مطالعات محیطی نوعی چالش محسوب شده و باعث تک بعدی شدن تجربهٔ فضای معماری می‌شود (اسکوف، ۲۰۰۹؛ بروس و همکاران، ۲۰۰۳). این در حالی است که معماری تمام روش‌های حسی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. به همین دلیل حوزهٔ بصری برای توصیف تجربهٔ فضای معماری کفایت نمی‌کند (دزبیچ و همکاران، ۲۰۱۳).

با وجود پیشرفت مطالعات معماری در پیوند با علوم اعصاب، اما محدودیت‌هایی در بهره‌گیری از ابزارهای علوم اعصاب مانند بی‌حرکتی در هنگام آزمایش وجود دارد. علاوه بر این، تجزیه و تحلیل داده‌های عصبی فیزیولوژیکی، موضوعی چالش برانگیز است (کریگسکورت و همکاران، ۲۰۰۹) و ادغام رشته‌های روانشناسی، علوم کامپیوتر و مهندسی پزشکی نیز کار را دشوارتر می‌کند (پیکارد، ۲۰۰۰) و نیازمند تخصص پژوهشگران و یا همکاری محققان رشته‌های مذکور جهت مطالعه محیطی است.

با وجود تمام محدودیت‌ها، پیوند علوم اعصاب و معماری به پژوهشگران رشتهٔ محیطی کمک می‌کند تا معماری را از بعد شناختی - عاطفی مورد پژوهش قرار دهند (پالاسما و همکاران، ۲۰۱۳). این موضوع می‌تواند در کاربری بیمارستان‌ها به بهبود بیماران (استرنبرگ، ۲۰۰۹)، یا در محیط‌های آموزشی جهت توجه و افزایش حافظهٔ فراگیران، کمک کند (ترک و همکاران، ۲۰۱۸). علاوه بر این، در محیط‌های کاری همکاری را تشویق کرده و خستگی را کاهش می‌دهد (گلدشتاین، ۲۰۰۶)، باعث می‌شود موزه‌ها از لحاظ ادراکی با آثاری که در آن‌ها نگهداری می‌شوند، انطباق داشته باشند (بابلونی و همکاران، ۲۰۱۴) و یا در رستوران‌ها باعث ادغام چندحسی تجربهٔ غذایی می‌شود (اوری و اسپنس، ۲۰۰۸). این موضوع فراتر از معماری، در زمینهٔ شهرسازی و طراحی شهری نیز جهت کاهش آسیب‌های اجتماعی کاربرد فراوان دارد (بارت و همکاران، ۲۰۱۹؛ زوانون و همکاران، ۲۰۱۸).

ازهمین‌رو بهره‌گیری از علوم اعصاب شناختی یکی از راه‌های نجات معماری و دستیابی به آسایش و آرامش بیشتر کاربران است و مسیری است که آیندهٔ معماری را روشن می‌سازد. با این حال، تا کنون مطالعات اندکی در این زمینه به صورت تجربی صورت گرفته است. با وجود تمام محدودیت‌های مرور شده پیشنهاد می‌شود، اثربخشی فضای معماری بر هیجانات در کاربری‌هایی مانند فضاهای مسکونی که انسان زمان زیادی را در آن سپری می‌کند، مورد مطالعه دقیق‌تر قرار گیرد و دیگر مؤلفه‌ها معماری مانند نور، رنگ و یا ابعاد بازشوها که تاکنون مطالعه نشده‌اند را بررسی نموده یا موضوع استرس را در فضاهای درمانی که بسیار اولویت

دارد، مورد پژوهش قرار دهند. همچنین لازم است موضوع توجه را علاوه بر فضای آموزشی، برای بیماران مبتلا به اوتیسم مورد مطالعه قرار دهند تا برای این بیماران که توجه بیش از حد، آن‌ها را دچار مشکل می‌کند، فضای مناسبی فراهم شود. این گرایش نوین در ابتدای مسیر علمی خود قرار دارد و می‌تواند آیندهٔ معماری و علوم شناختی و رفتاری را تحت تأثیر خود قرار دهد و امید است که مورد توجه پژوهشگران آتی در حوزه‌های روانشناسی و معماری قرار گیرد.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش: این مقاله مستخرج از رسالهٔ دکتری نویسندهٔ اول با عنوان «تبیین نقش مؤلفه‌های کالبدی فضای داخلی مسکونی در شکل‌گیری احساسات هیجانی با بهره‌گیری از علوم اعصاب (نمونه موردی: معماری معاصر پس از انقلاب)» به راهنمایی آقای دکتر مهران خیراللهی و آقای دکتر محمدجواد اصغری ابراهیم‌آباد و مشاوره آقای دکتر حسن رضایی و خانم دکتر فرزانه وفائی می‌باشد که در گروه معماری دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد در حال تدوین است.

حامی مالی: این پژوهش در قالب رسالهٔ دکتری و بدون حمایت مالی می‌باشد.

نقش هر یک از نویسندگان: این مقاله از رسالهٔ دکتری نویسنده اول و به راهنمایی نویسنده دوم و سوم و مشاوره نویسنده چهارم و پنجم استخراج شده است.

تضاد منافع: نویسندگان همچنین اعلام می‌دارند که در نتایج این پژوهش هیچ‌گونه تضاد منافعی وجود ندارد.

تشکر و قدردانی: بدین‌وسیله از اساتید راهنما و مشاوران این پژوهش، تشکر و قدردانی می‌شود.

References

Andreassi, J.L. (2001). Psychophysiology: human behavior and physiological response (4th ed.). *Psychophysiology*, 40 (1), 89-91. https://doi:10.4324/9780203880340

ANFA. (2005). Neuroscience & The Architecture of Spiritual Spaces. *ANFA*, Columbus, OH, USA. https://anfarch.org

ANFA. (2003). History of ANFA. *ANFA*, Accessed 7/2018. http://anfarch.org/about- 2/history

Auvray, M., & Spence, C. (2008). The multisensory perception of flavor. *Consciousness and Cognition*, 17, 1016–1031. https://doi:10.1016/j.concog.2007.06.005

Babiloni, F., Cherubino, P., Graziani, I., Trettel, A., Bagordo, G.M., Cundari, C., Borghini, G., Aricò, P., Maglione, A.G., & Vecchiato, G. (2014). The great beauty: A by neuroelectric imaging during the observation of the real Michelangelo's Moses sculpture. *In Proceedings of the 36th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, Chicago, IL, USA, 26–30 August 2014; IEEE: Piscataway, NJ, USA, 6965–6968. https://doi:10.1109/EMBC.2014.6945230

Banaei, M., Ahmadi, A., Gramann, K., & Hatami, J., (2019). Emotional evaluation of architectural interior forms based on personality differences using virtual reality. *Frontiers of Architectural Research*, 9(1). 138-147. https://doi.10.1016/j.foar.2019.07.005

Banaei, M., Yazdanfar, A., Hatami, J., & Gramann, K. (2017). Walking through architectural spaces: The impact of interior forms on human brain dynamics. *Frontiers in Human Neuroscience*, 11. https://doi.10.3389/fnhum.2017.00477

Barrett, P., Sharma, M., & Zeisel, J. (2019). Optimal spaces for those living with dementia: Principles and evidence. Build. *Building Research and Information*, 47 (4), 1-13. https://doi.10.1080/09613218.2018.1489473

Barrett, L.F., Bliss-Moreau, E., Duncan, S.L., Rauch, S.L., & Wright, C.I. (2007). The amygdala and the experience of affect. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 2 (2), 73-83. https://doi.10.1093/scan/nsl042

Beato, M.S., & Dı´ez, E. (2011). False recognition production indexes in Spanish for 60 DRM lists with three critical words. *Behavior Research Methods*, 43 (2), 499-507. https://doi.10.3758/s13428-010-0045-9

Benedetti, F., Colombo, C., Barbini, B., Campori, E., & Smeraldi, E. (2001). Morning sunlight reduces length of hospitalization in bipolar depression. *Journal of Affective Disorders*, 62, 221-223. https://doi.10.1016/s0165-0327(00)00149-x

Beyer, K.M., Kaltenbach, A., Szabo, A., Bogar, S., Nieto, F.J., & Malecki, K.M. (2014). Exposure to neighborhood green space and mental health: Evidence from the survey of the health of Wisconsin. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 11 (3), 3453-3472. https://doi.10.3390/ijerph110303453

Bonnet, L., Comte, A., Tatu1, L., Millot, J.L., Moulin, T., & de Bustos, E.M. (2015). The role of the amygdala in the perception of positive emotions: an "intensity detector". *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 9, 1-12. https://doi.10.3389/fnbeh.2015.00178

Boucsein, W. (2012). *Electrodermal Activity*. 2nd ed.; Springer Science & Business Media: Newbury Park, NY, USA; London, UK; New Dehli, India. https://doi.10.1007/978-1-4614-1126-0

Brooks, A.N., Turkarslan, S., Beer, K.D., Lo, F.Y., & Baliga, N.S. (2010). Adaptation of cells to new environments. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Systems Biology and Medicine*, 3 (5), 544-561. https://doi.10.1002/wsbm.136

Bruce, V., Green, P.R., & Georgeson, M.A. (2003). *Visual Perception: Physiology, Psychology and Ecology*. Psychology Press: New York, NY, USA. https://doi.10.4324/9780203427248

Cela-Conde, C.J., Agnati, L., Huston, J.P., Mora, F., & Nadal, M. (2011). The neural foundations of aesthetic appreciation. *Progress in Neurobiology*, 94, 39–48. https://doi.10.1016/j.pneurobio.2011.03.003

Chiamulera, C., Elisa, F., Giulia, B., Stefano, F., Francesco, T., Bogdan, M., Thomas, Z., & Sandra, B. (2017). Virtual Reality for Neuroarchitecture: Cue Reactivity in Built Spaces. *Frontiers in Psychology*, 8 (FEB): 1–5. https://doi.10.3389/fpsyg.2017.00185

Costa, V.D., Lang, P.J., Sabatinelli, D., Versace, F., & Bradley, M.M. (2010). Emotional imagery: assessing pleasure and arousal in the brain's reward circuitry. *Human Brain Mapping*, 31, 1446-1457. https://doi.10.1002/hbm.20948

De Paiva, A, & Jedon, R. (2019). Short- and long-term effects of architecture on the brain: Toward theoretical formalization. *Frontiers of Architectural*

Research, 8(4), 1-8. https://doi.10.1016/j.foar.2019.07.004

Demarco. A., & Clarke. N. (2001). An interview with Alison Demarco and Nichol Clarke: light and colour therapy explained. *Complement Ther Nurs Midwifery*, 95: 103-7. https://doi.10.1054/ctnm.2000.0508

Dirican, A.C., & Göktürk, M. (2011). Psychophysiological measures of human cognitive states applied in human computer interaction. *Procedia Computer Science*, 3, 1361–1367. https://doi.10.1016/j.procs.2011.01.016

Djebbara, Z., Fich, L.B., Petrini, L., & Gramann, K. (2019). Sensorimotor brain dynamics reflect architectural affordances. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 116 (29), 14769-14778.
https://doi.10.1073/pnas.1900648116

Duchowski, A. (2003). *Eye tracking Methodology: Theory and Practice*. Springer Science & Business Media, London, UK. https://doi.10.1007/978-1-84628-609-4

Duyan, F., & U¨nver, R. (2016). A research on the effect of classroom wall colours on student's attention. *A|Z ITU JOURNAL OF THE FACULTY OF ARCHITECTURE*, 13 (2), 73-78. https://doi.10.5505/itujfa.2016.57441

Dzebic, V., Perdue, J.S., & Ellard, C.G. (2013). The influence of visual perception on responses towards real-world environments and application towards design. *Intelligent Buildings International*, 5, 29–47. https://doi.10.1080/17508975.2013.807766

Eberhard, J. P. (2009a). Applying Neuroscience to Architecture. *Neuron*, 62 (6): 753–756. https://doi.10.1016/j.neuron.2009.06.001

Eberhard, J. P. (2009b). *Brain Landscape: The Coexistence of Neuroscience and Architecture*. Oxford: Oxford University Press. https://doi.10.1093/acprof:oso/9780195331721.001.0001

Elbaiuomy, E., Hegazy, I., & Sheta, S. (2018). The impact of architectural spaces' geometric forms and construction materials on the users' brainwaves and consciousness status. *International Journal of Low-Carbon Technologies*, 13 (1), 43-51. https://doi.10.1093/ijlct/ctx018

Elsadek, M., Liu, B., Lian, Z., & Xie, J. (2019). The influence of urban roadside trees and their physical environment on stress relief measures: A field experiment in Shanghai. *Urban Forestry & Urban Greening*, 42, 51–60. https://doi.10.1016/j.ufug.2019.05.007

Eun Cho, M., & Kim, M.J. (2017). Measurement of user emotion and experience in interaction with space. J. Asian Architect. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 16, 99-106. https://doi.10.3130/jaabe.16.99

Ezzat Ahmed, D., & Kamel, S. (2021). Exploring the contribution of neuroarchitecture in learning environments design "a review". *International Journal of Architectural Engineering and Urban Research*, 4, 102–119. https://doi.10.22068/ijaup.31.4.664

Damasio, A. (2003). Feelings of Emotion and the Self. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1001(1), 253–261. https://doi.org/10.1196/annals.1279.014

Gage, F. (2003). *AIA 2003 National Conference*. San Diego, California. http://info.aia.org/aiarchitect/thisweek03/tw0509/convention2003.asp

Goldstein, R.N. (2006). Architectural design and the collaborative research environment. *Cell*, 127, 243–246. https://doi.10.1016/j.cell.2006.10.007

Grabenhorst, F., & Rolls, E.T. (2011). Value, pleasure and choice in the ventral prefrontal cortex. *Trends in Cognitive Sciences*, 15, 56–67. https://doi.10.1016/j.tics.2010.12.004

Hansmann, R. Hug, S.M. & Seeland. (2007). Restoration and stress relief through physical activities in forests and parks. *Urban Forestry & Urban Greening*, 6, 213-225. https://doi.10.1016/j.ufug.2007.08.004

Horayangkura, V. (2012). Incorporating environment-behavior knowledge into the design process: an elusive challenge for architects in the 21st century. *Procedia - Social and Behavioral Science*, 50, 30-41. https://doi.10.1016/j.sbspro.2012.08.013

Jacobs, J. (2002). *The Death and Life of Great American Cities*. Random House. https://www.buurtwijs.nl/sites/default/files/buurtwijs/bestanden/jane_jacobs_the_death_and_life_of_great_american.pdf

Kaplan, S. (1995). The restorative benefits of nature: Toward an integrative framework. *Journal of Environmental Psychology*, 15, 169-182. https://doi.10.1016/0272-4944(95)90001-2

Karakas, T., & Yildiz, D. (2020). Exploring the influence of the built environment on human experience through a neuroscience approach: a systematic review. *Frontiers of Architectural Research*, 9, 236–247. https://doi.10.1016/j.foar.2019.10.005

Kiecolt-Glaser, J. K., McGuire, L., Robles, T. F., & Glaser, R. (2002). EMOTIONS, morbidity, and mortality: New perspectives from psychoneuroimmunology. *Annual Review of Psychology*, 53(1), 83. https://doi.10.1146/annurev.psych.53.100901.135217

Kirk, U., Skov, M., Christensen, M.S., & Nygaard, N. (2009). Brain correlates of aesthetic expertise: a parametric fMRI study. *Brain and Cognition*, 69, 306-315. https://doi.10.1016/j.bandc.2008.08.004

Krabbendam, L., & van Os, J. (2005). Schizophrenia and urbanicity: a major environmental influence - conditional on genetic risk. *Schizophrenia Bulletin*, 31 (4), 795-799. https://doi.10.1093/schbul/sbi060

Kramer, A.F., Bherer, L., Colcombe, S.J., Dong, W., & Greenough, W.T. (2004). Environmental influences on cognitive and brain plasticity during aging. *Journal Gerontol A Biology Science Med Science*, 59 (9), 940-957. https://doi.10.1093/gerona/59.9.m940

Kriegeskorte, N., Simmons, W.K., Bellgowan, P.S., & Baker, C.I. (2009). Circular analysis in systems neuroscience: The dangers of double dipping. *Nature Neuroscience*, 12, 535–540. https://doi.10.1038/nn.2303

Lang, P.J., & Bradley, M.M. (2010). Emotion and the motivational brain. *Biological Psychology*, 84 (3), 437-450. https://doi.10.1016/j.biopsycho.2009.10.007

Lang, J.T. (1987). *Creating Architectural Theory: The Role of the Behavioral Sciences in Environmental Design*. Van Nostrand Reinhold Co. https://www.scirp.org/(S(i43dyn45teexjx455qlt3d2q))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1226035

Lenzuni, P., Freda, D., & Del Gaudio, M. (2010). Classification of thermal environments for comfort assessment. *Annals of Occupational Hygiene*, 53 (4). 325–332. https://doi.10.1093/annhyg/mep012

Leonards, U., Fennell, J.G., Oliva, G., Drake, A., & Redmill, D.W. (2015). Treacherous pavements: paving slab patterns modify intended walking directions. *PLoS One*, 10 (6), e0130034. https://doi.10.1371/journal.pone.0130034

Llinares, C., Higuera-Trujillo, J.L., Avin˜o´, A. M. i, Torres, J., & Sentieri, C. (2020a). The influence of classroom width on attention and memory: virtual-reality-based task performance and neurophysiological effects. *Building Research & Information*, 49 (7), 813-826. https://doi.10.1080/09613218.2021.1899798

Llinares, C., Higuera-Trujillo, J.L., & Serra, J. (2020b). Cold and warm coloured classrooms. Effects on students' attention and memory measured through psychological and neurophysiological responses. *Building and Environment*, 196, 107726. https://doi.10.1016/j.buildenv.2021.107726

Liddell, B. J., Brown, K. J., Kemp, A. H., Barton, M. J., Das, P., & Peduto, A. (2005). A direct brainstem–amygdala–cortical 'alarm' system for subliminal signals of fear. *NeuroImage*, 24(1), 235–243. https://doi.10.1016/j.neuroimage.2004.08.016

Lin, W., Chen, Q., Jiang, M., Zhang, X., Liu, Z., Tao, J., Wu, L., Xu, S., Kang, Y., & Zeng, Q. (2019). The effect of green space behaviour and per capita area in small urban green spaces on psychophysiological responses. *Landscape and Urban Planning*, 192, 103637. https://doi.10.1016/j.landurbplan.2019.103637

Lindquist, K.A., Wager, T.D., Kober, H., Bliss-Moreau, E., & Barrett, L.F. (2012). The brain basis of emotion: a meta-analytic review. *Behavioral and Brain Sciences*, 35, 121-202. https://doi.10.1017/S0140525X11000446

Luscher, M., & Scott, L. (1969). *The luscher color test*. New York: Random House. https://kimcampion.com/wp-content/uploads/2018/02/The-Luscher-Color-Test.pdf

Lynch, K. (1960). The image of the City MIT Press, Cambridge. *Lynch K*. https://mitpress.mit.edu

Mallgrave, H.F. (2013). *Architecture and Embodiment the Implications of the New Sciences and Humanities for Design*. Routledge. https://www.scirp.org/(S(i43dyn45teexjx455qlt3d2q))/reference/referencespapers.aspx?referenceid=2109637

Mallgrave, H.F. (2011). *The Architect's Brain: Neuroscience, Creativity, and Architecture*. Wiley-Blackwell. https://www.wiley.com/enie/The+Architect's+Brain:+Neuroscience,+Creativity,+and+Architecture-p-9780470658253

Marchand, G.C., Nardi, N.M., Reynolds, D., & Pamoukov, S. (2014). The impact of the classroom built environment on student perceptions and learning. *Journal of Environmental Psychology*, 40, 187-197. https://doi.10.1016/j.jenvp.2014.06.009

Martin. CL. (1991). The role of cognition in understanding gender effects. *Advances in Child Development and*

Behavior, 23, 113-49. https://doi.10.1016/s0065-2407(08)60024-5

Martı´nez-Soto, J., Gonzales-Santos, L., Pasaye, E., & Barrios, F.A. (2013). Exploration of neural correlates of restorative environment exposure through functional magnetic resonance. *Intelligent Buildings International*, 5, 10-28. https://doi.10.1080/17508975.2013.807765

Meyers-Levy, J., & Rui, Z. (2007). The influence of ceiling height: the effect of priming on the type of processing that people use. *JOURNAL OF CONSUMER RESEARCH*, 34 (2), 174-186. https://doi.10.1086/519146

McEwen, B.S. (2013). Brain on stress: how the social environment gets under the skin. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110 (4), 17180-17185. https://doi.10.1073/pnas.1121254109

McGaugh, J.L. (2015). Consolidating memories. Annu. *Annual Review of Psychology*, 66, 1-24. https://doi.10.1146/annurev-psych-010814-014954

Min, Y.H., & Lee, S. (2020). Does interior color contrast enhance spatial memory? *Color Research & Application*, 45 (2), 352-361. https://doi.10.1002/col.22463

Mohammed, A.H., Zhu, S.W., Darmopil, S., Hjerling-Leffler, J., Ernforns, P., Winblad, B., Diamond, M.C., Eriksson, P.S., & Bogdanivic, N. (2002). Environmental enrichment and the brain. *Progress in Brain Research*, 138, 109-133. https://doi.10.1016/S0079-6123(02)38074-9

Mora, F., Segovia, G., & del Arco, A. (2007). Aging, plasticity and environmental enrichment: structural changes and neurotransmitter dynamics in several areas of the brain. *Brain Research Reviews*, 55, 78-88. https://doi.10.1016/j.brainresrev.2007.03.011

Murphy, F.C., Nimmo-Smith, I., & Lawrence, A.D. (2003). Functional neuroanatomy of emotion: a meta-analysis. *Cognition and Affect Behavier Neuroscience*, 3, 207-233. https://doi.10.3758/CABN.3.3.207

Nasar, J. (1997). *New developments in aesthetics for urban design*. Toward the Integration of Theory, Methods, Research, and Utilization. Advances in environment, behavior, and design, 4. Plenum, New York, 149-193. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4757-4425-5_5

Öhman, A., Flykt, A., & Lundqvist, D. (2002). Evolutionary perspectives, psychophysiological data, and neuropsychological mechanisms. *Cognitive neuroscience of emotion*, 296. https://doi.10.1111/j.0963-7214.2004.0028

O'Keefe, J., & Dostrovsky, J. (1971). The Hippocampus as a Spatial Map. Preliminary evidence from unit activity in the feely-moving rat. *Brain Research*, 34 (1), 171-175. https://doi.10.1016/0006-8993(71)90358-1

Orchard. SE. (1977). Proceedings of the inter-society color council technical conference "Instrumental Colorant Formulation 1976" Williamsburg, Virginia II. *Color Research & Application*, 2(1), 26-31. https://doi.10.1002/j.1520-6378.1977.tb00109.x

Pallasmaa, J., Mallgrave, H.F., & Arbib, M.A. (2013). *Architecture and Neuroscience*. Tapio Wirkkala-Rut Bryk Foundation: Helsinki, Finland. https://dokumen.tips/documents/architecture-and-neuroscience.html

Partonen, T., & Lönnqvist, J. (2010). Bright light improves vitality and alleviates distress in healthy people. *Journal of Affective Disorders*, 57(1), 55–61. https://doi.10.1016/S0165-0327(99)00063-4

Peen, J., Schoevers, R.A., Beekman, A.T., & Dekker, J. (2010). The current status of urban-rural differences in psychiatric disorders. *Acta Psychiatrica Scandinavica*, 121 (2), 84-93. https://doi.10.1111/j.1600-0447.2009.01438.x

Picard, R.W. (2000). *Affective Computing*. MIT Press: Cambridge, MA, USA. https://mitpress.mit.edu/9780262661157/affective-computing/

Phan, K.L., Wager, T.D., Taylor, S.F., & Liberzon, I. (2002). Functional neuroanatomy of emotion: a meta-analysis of emotion activation studies in PET and fMRI. *Neuroimage*, 16, 331-348. https://doi.10.1006/nimg.2002.1087

Radberg, J., & Steffner, L. (2003). Affective appraisals as indicators of aesthetic qualities in urban places. In: 1st Nordic Symposium on Local Planning in Change New Possibilities and Roles, Lillehammer, 14-16. https://doi.10.1177/001391659402600305

Radvansky, G.A., Krawietz, S.A., & Tamplin, A.K. (2011). Walking through doorways causes forgetting: further explorations. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 64 (8), 1632-1645. https://doi.10.1080/17470218.2011.571267

Rapoport, A. (1977). *Human Aspects of Urban Form: towards a ManEnvironment Approach to Urban Form and Design*. Pergamon Press. https://doi.10.2307/2066198

Robinson, S., & Pallasmaa, J. (2015). *Mind in Architecture: Neuroscience, Embodiment, and the Future of Design*. MIT Press. https://mitpress.mit.edu/9780262533607/mind-in-architecture/

Rosenzweig, M.R., & Bennett, E.L. (1996). Psychobiology of plasticity: effects of training and experience on brain and behavior. *Behavioural Brain Research*, 78 (1), 57-65. https://doi.10.1016/0166-4328(95)00216-2

Russell, J.A., & Lanius, U.F. (1984). Adaptation level and the affective appraisal of environments. *Journal of Environmental Psychology*, 4, 119-135. https://doi.10.1016/S0272-4944(84)80029-8

Sabatinelli, D., Fortune, E.E., Li, Q., Siddiqui, A., Krafft, C., Oliver, W.T., Beck, S., & Jeffries, J. (2011). Emotional perception: meta-analyses of face and natural scene processing. *Neuroimage*, 54, 2524-2533. https://doi.10.1016/j.neuroimage.2010.10.011

Salingaros, N. (2015). *Biophilia & healing environments healthy principles for designing the built world.* Terrapin Bright Green. https://patterns.architexturez.net/doc/az-cf-193119

Samina. T., Azeemi. Y., & Mohsin Raza. S. (2005). A critical analysis of chromotherapy and its scientific evolution. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2(4), 481-8. https://doi.10.1093/ecam/neh137

Schwabe, L., Merz, C.J., Walter, B., Vaitl, D., Wolf, & Stark, R. (2011). Emotional modulation of the attentional blink: the neural structures involved in capturing and holding attention. *Neuropsychologia*, 49, 416-425. https://doi.10.1016/j.neuropsychologia.2010.12.037

Shemesh, A., Talmon, R., Karp, O., Amir, I., Bar, M., & Grobman, Y. J. (2017). Affective response to architecture – investigating human reaction to spaces with different geometry. *Architectural Science Review*, 60(2), 116–125. https://doi.10.1080/00038628.2016.1266597

Skov, M. (2009). *Neuroaesthetic problems: A framework for neuroaesthetic research*. In Neuroaesthetics; Skov, M., Vartanian, O., Eds.; Baywood Publishing: Amityville, NY, USA, 9–26. https://doi.10.4324/9781315224091-2

Srikantharajah, J., Ellard, C., & Condia, B. (2018). Place, peripheral vision, and space perception: A pilot study in VR. *In Proceedings of the 2018 ANFA Conference*; The Academy of Neuroscience for Architecture: La Jolla, CA, USA, 180–181. http://anfarch.org/about- 2/history

Sternberg, E.M. (2009). *Healing Spaces*. Harvard University Press: London, UK. https://www.academia.edu/40318072/healing_spaces_the_science_of_place_and_well_being

Sternberg, E.M., & Wilson, M.A. (2006). Neuroscience and architecture: Seeking Common Ground. *Cell*, 127 (2), 239-242. https://doi.10.1016/j.cell.2006.10.012

Sussman, A., & Hollander, J.B. (2021). *Cognitive architecture: Designing for how we respond to the built environment*. Routledge. https://doi.10.4324/9781315856964

Tsunetsugu, Y., Miyazaki, Y., & Sato, H. (2005). Visual effects of interior design in actualsize living rooms on physiological responses. *Building and Environment*, 40(10), 1341–1346. https://doi.10.1016/j.buildenv.2004.11.026

Turk, M.R., Amr, A., & Al Rawi, O. (2018). A school designed to improve student's brain activity using integrated neuro-architectural design aspects (qeeg-vr). *In Proceedings of the 2018 ANFA Conference; The Academy of Neuroscience for Architecture*: La Jolla, CA, USA, 146–147. http://anfarch.org/about- 2/history/

Tyng, C.M., Amin, H.U., Saad, M., & Malik, A.S. (2017). The influences of emotion on learning and memory. *Frontiers in Psychology*, 8, 1454. https://doi.10.3389/fpsyg.2017.01454

Tyrväinen, L., Ojala, A., Korpela, K., Lanki, T., Tsunetsugu, Y., & Kagawa, T. (2014). The influence of urban green environments on stress relief measures: A field experiment. *Journal of Environmental Psychology*, 38, 1–9. https://doi.10.1016/j.jenvp.2013.12.005

Ulrich, R.S., Simons, R.F., Losito, B.D., Fiorito, E., Miles, M.A., & Zelson, M. (1991). Stress recovery during exposure to natural and urban environments. *Journal of Environmental Psychology*, 11, 201–230. https://doi.10.1016/S0272-4944(05)80184-7

Van Praag, H., Kempermann, G., & Gage, F.H. (2000). Neural consequence of environmental enrichment. *Nature Reviews Neuroscience*. 1 (3), 191-198. https://doi.10.1038/35044558

Vartanian, O., Navarrete, G., Chatterjee, A., Fich, L.B., Gonzalez- Mora, J.L., Leder, H., Modron˜o, C., Nadal, M., Rostrup, N., & Skov, M. (2015). Architectural design and the brain: effects of ceiling height and perceived enclosure on beauty judgments and approach-avoidance decisions.

Journal of Environmental Psychology, 41, 10-18. https://www.academia.edu/12954367/Architectural_design_and_the_brain_Effects_of_ceiling_height_and_perceived_enclosure_on_beauty_judgments_and_approach_avoidance_decisions

Vartanian, O., Navarrete, G., Chatterjee, A., Fich, L. B., Leder, H., & Modroño, C. (2013). Impact of contour on aesthetic judgments and approach-avoidance decisions in architecture. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(Supplement 2), 10446–10453. https://doi.10.1073/pnas.1301227110

Vecchiato, G., Jelic, A., Tieri, G., Maglione, A. G., De Matteis, F., & Babiloni, F. (2015a). Neurophysiological correlates of embodiment and motivational factors during the perception of virtual architectural environments. *Cognitive Processing*, 16(1), 425–429. https://doi.10.1007/s10339-015-0725-6

Vecchiato, G., Tieri, G., Jelic, A., De Matteis, F., Maglione, A. G., & Babiloni, F. (2015b). Electroencephalographic correlates of sensorimotor integration and embodiment during the appreciation of virtual architectural environments. *Frontiers in Psychology*, 6(26), 1944. https://doi.10.3389/fpsyg.2015.01944

Vogels, I.M. (2008). Atmosphere metrics. In: Westerink, J.H., Ouwerkerk, M., Overbeek, T.J., Pasveer, W.F., de Ruyter, B.F. (Eds.), Probing Experience: from Assessment of User Emotions and Behaviour to Development of Products. *Springer, Dordrecht*, 25-41. https://doi.10.1007/978-1-4020-6593-4_3

Vuilleumier, P. (2005). How brains beware: neural mechanisms of emotional attention, Trends. *Cognit. Sci*, 12, 585-594. https://doi.10.1016/j.tics.2005.10.011

Wager, T.D., Phan, K.L., Liberzon, I., & Taylor, S.F. (2003). Valence, gender, and lateralization of functional brain anatomy in emotion: a meta-analysis of findings from neuroimaging. *Neuroimage*, 19, 513-531. https://doi.0.1016/S1053-8119(03)00078-8

Wallace-Guy, G., Kripke, D., Jean-Louis, G., Langer, R., Elliott, J., & Tuunainen, A. (2002). Evening light exposure: Implications for sleep and depression. *Journal of the American Geriatrics Society*, 50, 738-739. https://doi.10.1046/j.1532-5415.2002.50171.x

Weiser, M., van Os, J., Reichenberg, A., Rabinowitz, J., Nahon, D., Kravitz, E., Lubin, G., Shmushkevitz, M., Knobler, H.Y., Noy, S., & Davidson, M. (2007). Social and cognitive functioning, urbanicity and risk for schizophrenia. *The British Journal of Psychiatry*, 191, 320-324. https://doi.10.1192/bjp.bp.106.031328

Wells, A. & Mathews, G. (1994). *Attention and Emotion: A clinical perspective*. Hove: Erlbaum. https://doi.10.4324/9781315784991

Wiesmann, M., & Ishai, A. (2011). Expertise reduces neural cost but does not modulate repetition suppression. *Cognitive neuroscience*, 2, 57-65. https://doi.10.1080/17588928.2010.525628

Williams, J. M. G., Watts, F. N., Macleod, C., & Mathews, A. (1988). *Cognitive Psychology and Emotional Disorders*. Chichester: Wiley. https://handoutset.com/wpcontent/uploads/2022/05/Cognitive-Psychology-and-Emotional-Disorders-2nd-Edition-J.-Mark-G.Williams-Fraser-N.-Watts-etc..pdf

Winkielman, P., & Cacioppo, J.T. (2001). Mind at ease puts a smile on the face: Psychophysiological evidence that processing facilitation elicits positive affect. *Journal of Personality and Social Psychology*, 81, 989–1000. https://doi.10.1037//0022-3514.81.6.989

Xiong, L., Huang, X., Li, J., Mao, P., Wang, X., Wang, R., & Tang, M. (2018). Impact of indoor physical environment on learning efficiency in different types of tasks: a 3 × 4 × 3 full factorial design analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15 (6), 1256. https://doi.10.3390/ijerph15061256

Yang, W., & Jeon, J.Y. (2020). Effects of correlated colour temperature of LED light on visual sensation, perception, and cognitive performance in a classroom lighting environment. *Sustainability*, 12 (10), 4051. https://doi.10.3390/su12104051

Yamada, N., Martin-Iverson, M.T., Daimon, K., Tsujimoto, T., & Takahashi, S. (1995). Clinical and chronobiological effects of light therapy on nonseasonal affective disorders. *Biological Psychiatry*, 37:866 –73. https://jcsm.aasm.org/doi/pdf/10.5664/jcsm.27445

Yin, J., Arfaei, N., MacNaughton, P., Catalano, P.J., Allen, J.G. & Spengler, J.D. (2019), Effects of biophilic interventions in office on stress reaction and cognitive function: A randomized crossover study in virtual reality, *Indoor Air*, 29(6), 1028-1039. https://doi.10.1111/ina.12593

Zeisel, J. (2006). Inquiry by Design: Environment/Behavior/Neuroscience in

Architecture, Interiors, Landscape, and Planning. https://doi.10.1016/j.jenvp.2007.05.001

Zhang, X., Lian, Z., & Wu, Y. (2017). Human physiological responses to wooden indoor environment. *Physiology & Behavior*, 174, 27–34. https://doi.10.1016/j.physbeh.2017.02.043

Zheng, W., Ren, S., Zhang, H., Liu, M., Zhang, Q., Chen, Z., & Wang, Z. (2019). Spatial patterns of decreased cerebral blood flow and functional connectivity in multiple system Atrophy (Cerebellar-Type): a combined arterial spin labeling perfusion and resting state functional magnetic resonance imaging study. *Frontiers in Neuroscience*. 13, 1-9. https://doi.10.3389/fnins.2019.00777

Zuanon, R., & de Faria, B.A. (2018). Landscape Design and Neuroscience Cooperation: Contributions to the Non-Pharmacological Treatment of Alzheimer's disease. *Lecture Notes in Computer Science*, 353–374. https://doi.10.1007/978-3-319-91397-1_29