روش‌ها و معیارهای سنجش تجربه معماری در مطالعات نور روز

پگاه پایه‌دار اردکانی[1]، یوسف گرجی مهلبانی*[2] و عبدالحمید قنبران[3]

تاریخ دریافت: 1401/10/18
تاریخ پذیرش: 1402/04/25
(صفحات 20-1)

چکیده:

1- مقدمه: در پژوهش‌های بسیاری بر بهره‌گیری از نور روز در فضاهای داخلی، به دلیل مزایا و تأثیرات مثبت آن تأکید شده است. یکی از مهم‌ترین این تأثیرات، تجارب گوناگونی است که کاربران در برخورد با متغیرهای وابسته به نور روز دارند. هدف از پژوهش حاضر شناخت روش‌ها، معیارها و ابزارهای قابل اتکا برای سنجش تجربه فضایی کاربران (متغیر وابسته) در مقابل متغیرهای مستقل وابسته به نور روز است و با بهره‌گیری از روش کیفیِ مرور ساختاریافته، به توصیف، تحلیل‌و ترکیب مقالات پژوهشی و معتبر موجود، از سال 2012 تا ماه جولای سال 2023 می‌پردازد. یافته‌های حاصل نشان می‌دهد که می‌توان تجربه انسان در برابر نور روز را در شش گروه فیزیولوژیکی، نوروفیزیولوژیکی، هیجانی، رفتاری- انگیزشی، شناختی و بصری تقسیم‌بندی کرد. پژوهشگران برای سنجش آنها از روش‌های پیمایشی، آزمایشگاهی، مشاهده‌ای، بررسی موردی و یا ترکیب آنها استفاده کرده‌اند.

2- روش تحقیق: پرکاربردترین ابزار در روش پیمایشی پرسشنامه‌های خودارزیابی هستند، اما سنجش تجربه‌های عینی فیزیولوژیکی و نوروفیزیولوژیکی، امکان بهره‌مندی از ابزارها و حسگرهایی را به وجود آورده است که موجب ارتباط میان معماری و حوزه‌های مختلف علوم زیست-پزشکی بخصوص علوم اعصاب شده است.

3-نتایج و بحث: در این روش داده‌های به دست آمده از سنجش فعالیت‌های مغزی، وضعیت قلب، پوست، حرکات چشم و سر، با به‌کارگیری حسگرهای EEG، ECG، GSR، PPG، ردیابی چشم و سر به هیجانات فرد و کسب تجربه معماری نسبت داده شده است. در مقالات مورد بررسی بیشترین تمایل پژوهشگران به استفاده از فناوری‌های مرتبط با واقعیت مجازی و تصاویر رندر 360 درجه برای نمایش محرک به آزمون‌شوندگان است. به نظر می‌رسد به‌کارگیری یادگیری ماشینی و الگوریتم‌های آن برای تحلیل داده‌های گردآوری شده، به منظور ایجاد مدل‌های پیش‌بینی رفتارها و تجربیات فضایی انسان‌ها در مطالعات نور روز رو به گسترش است.

4- نتیجه‌گیری: بطور کلی نتایج حاصل از این تحقیق می‌تواند با مرور و تحلیل دستاوردهای امروز و بسترهای موجود برای تحقیقات آینده، زمینه‌ساز انجام مطالعات گسترده در این زمینه شود.

واژگان کلیدی: تجربه معماری، نور روز، مرور ساختاریافته، علوم اعصاب.

این مقاله برگرفته از رساله دکترای نگارنده اول، به راهنمایی نگارنده دوم و مشاوره‌ی نگارنده سوم در دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه بین‌المللی امام خمینی(ره) است.

[1] **دانشجوی دکتری معماری**، دانشکده‌ی معماری و شهرسازی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی(ره)، قزوین، ایران.
[2] **استاد**، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران، (نویسنده مسئول)، gorji@arc.ikiu.ac.ir
[3] **دانشیار**، معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران.

1- مقدمه

از آنجایی که انسان‌ها درصد زیادی از زمان‌های خود را در فضای ساخته شده سپری می‌کنند، تعیین ارتباط میان ویژگی‌های فضای داخلی و تجربه انسانی اهمیت می‌یابد. تجربه انسانی در فضا، پایه و اساس درک آگاهانه ما از جهان پیرامونمان محسوب می‌شود و به عنوان تأثیر فضا بر حالات، میزان راحتی و تعامل انسان با محیط اطراف معنا می‌شود (Eberhard, 2009). انسان‌ها از طریق محرک‌های حسی خود با جهان پیرامون ارتباط برقرار می‌کنند و این محرک‌ها نه تنها غیر فعال نیستند، بلکه به صورت آگاهانه‌ای به گردآوری، ذخیره‌سازی و ساختن دانش می‌پردازند. این تعامل مستقیم، باعث می‌شود تا انسان بتواند از محیط زندگی خود بیاموزد و تجربیات فضایی خود را به عنوان جزء تشکیل‌دهنده دانش کسب نماید (Vijayan & Embi, 2019). بنابراین کیفیت یک فضا یا مکان صرفا یک کیفیت وابسته به ادراک بصری نیست، بلکه قضاوت در مورد فضا، یک ترکیب پیچیده و چندحسی از عوامل بی‌شمار است (Pallasmaa, 2014).

در میان ویژگی‌های گوناگون معماری، نور روز در مطالعات بسیاری به عنوان عاملی شناخته می‌شود که علاوه بر تأثیر بر سلامت جسمی و روانی انسان‌ها، تأثیر عمیقی بر نحوه تجربه کاربران از فضای معماری دارد (Pallasmaa, 2007). با آنکه اهمیت نور روز از جنبه‌های گوناگون زندگی بشر و زیست‌محیطی باعث شده است تا پژوهش‌های بسیاری در این حوزه انجام شود، به نظر می‌رسد فضاهای معمارانه کمی هستند که باعث ایجاد تجارب مثبت در افراد می‌شوند و آنها را از تأثیرات ادراکی و هیجانی نور روز بهره‌مند می‌سازند. حال آن‌که نتایج مطالعات مختلفی که تأثیر طراحی معماری بر تجربه انسانی را مورد بررسی قرار داده‌اند نشان می‌دهند که یک طراحی مناسب، با در نظر گرفتن ویژگی‌های معمارانه (از جمله نور طبیعی، پنجره، دید به طبیعت) می‌تواند منجر به بهبودی سریع‌تر در بیمارستان‌ها (تا 30 درصد)، یادگیری بهتر در مدارس (تا 25 درصد) و بهره‌وری بالاتر (تا 25 درصد) در ادارات شود (Dravigne, et al., 2008; Dombeck & Reiser, 2012; Goldhagen, 2017).

بنابراین یکی از راهکارهای مطلوب برای بهبود شرایط حاضر در سطوح مختلف، بهره‌مندی از ویژگی‌های نور روز و تجربه فضایی است که از طریق واکنش‌های ذهنی و یا عینی در افراد و کاربران ایجاد می‌شود.

بر این اساس، هدف از مرور پیش رو شناسایی روش‌ها و معیارهایی است که با هدف بررسی تجربه فضایی کاربران در مطالعات مربوط به نور روز انجام شده است تا با تجزیه‌وتحلیل ادبیات حاضر، دستاوردهای امروز و بسترهای موجود برای تحقیقات آینده شفاف‌تر شود. به همین دلیل پس از بیان چارچوب و فرآیند مرور سیستماتیک و ساختاریافته‌ی پژوهش حاضر، به تحلیل مفاهیم مرتبط با مؤلفه‌های مورد مطالعه، روش‌ها، معیارها و ابزارهای اندازه‌گیری مورد استفاده خواهد پرداخت.

1-1-مطالعات تجربه انسانی در فضای معماری

توسعه توجه به انسان، ویژگی‌ها و نیازهای او را می‌توان وابسته به مطالعات مربوط به روان‌شناسی محیط دانست. توجه مایر به عنوان یک معمار در دهه 1920 به لزوم تعامل بین معماران و روان‌شناسان باعث ایجاد همکاری-های بین رشته‌ای معماران با دانشمندان علوم رفتاری در دهه 1950 میلادی شد. در سال 1961 برای نخستین بار از اصطلاح "روان‌شناسی محیطی" استفاده شد و در دهه 1970، ارتباطات چندرشته‌ای بین طراحی محیط، روان‌شناسی و جامعه‌شناسی به طور جدی آغاز شد (Jeong, 2014). با این حال، اصطلاح طراحی «تجربه کاربر[1]» برای نخستین بار در حوزه طراحی صنعتی توسط دان نورمن[2] به سال 1995 توسعه یافته است که بر بهبود رابطه محصول و کاربر برای ارتقای عملکرد محصول اشاره دارد. در سال 2015 این اصطلاح با انتشار کتاب کیم با عنوان *طراحی برای تجربه:* جایی که فناوری با طراحی و استراتژی روبرو می‌شود[3] و همچنین کتاب پیتر بنز[4] با عنوان ایده‌های تجربه کاربری و نمونه‌های موردی[5] رواج بیشتری یافت (Noguchi, et al., 2022 & Chowdhury, 2020).

چاودوری و همکاران (Chowdhury , 2022) و نوگوچی و همکاران (Noguchi, et al., 2021) بیان می‌کنند که

در سال 2017 میلادی مفهوم "طراحی تجربه محیطی[6]" توسط «ما» و همکاران برای تسهیلات مراقبت از سالمندان به کار گرفته شد و از آن پس در معماری کاربرد بیشتری یافت. آنها در پژوهش خود چارچوبی پژوهشی به منظور طراحی تجربه معمارانه براساس عوامل مختلف کالبدی و معماری مانند نور پیشنهاد کرده‌اند (Ma, et al., 2017). اینکه از چه زمانی سنجش تجربه انسان‌ها در فضای معماری در حوزه مطالعات نور روز به کار گرفته شده و با چه معیارهایی سنجیده شده است، یکی از مسائلی است که در پژوهش پیش رو به آن پرداخته خواهد شد.

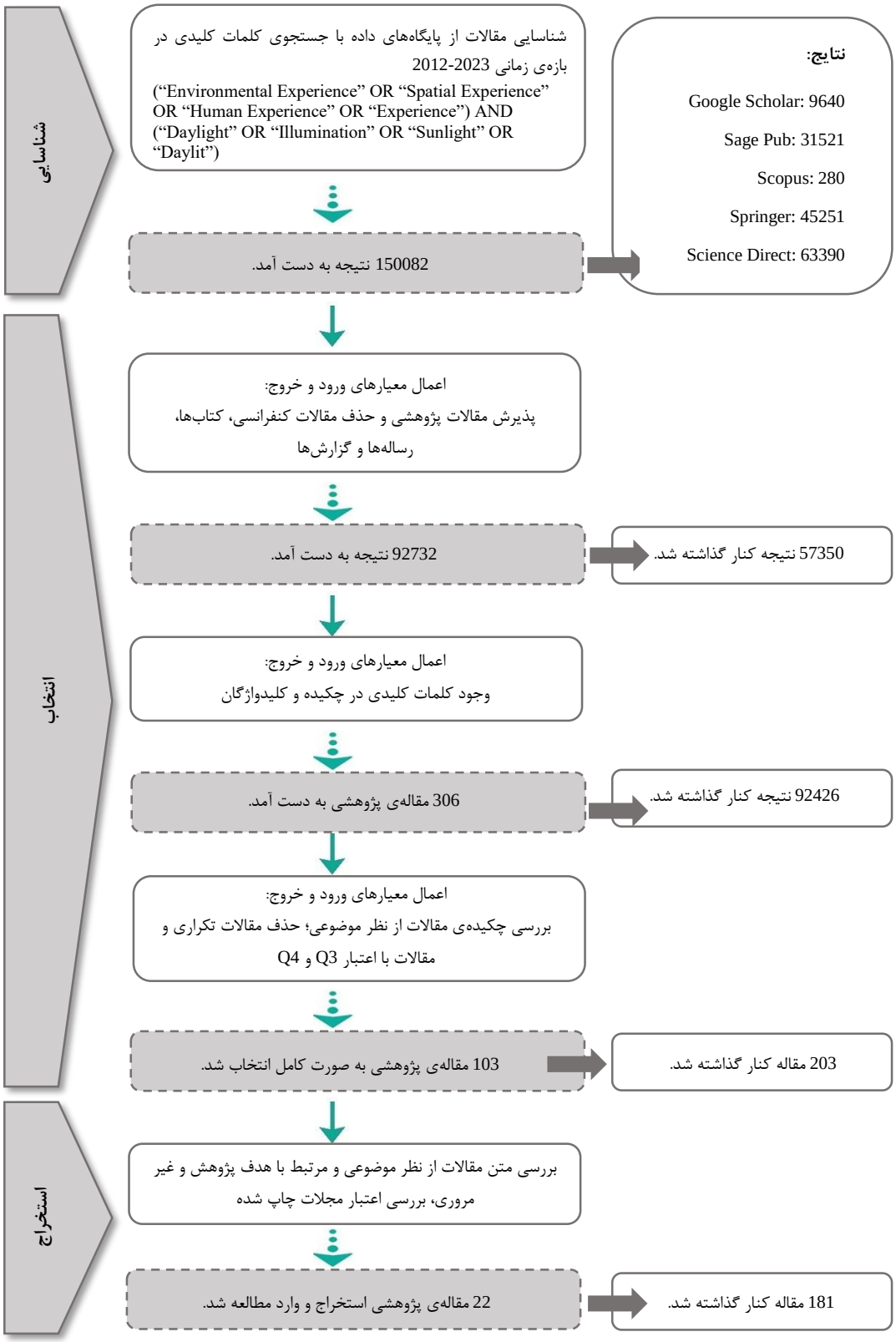
2- روش تحقیق

پژوهش حاضر، یک پژوهش کیفی و از نوع مرور ساختاریافته است. پرسش پژوهش به این صورت بیان می‌شود که ادبیات، تعاریف، معیارها و روش‌های پژوهش انجام گرفته برای بررسی و تحلیل تجربه معماری کاربران در مطالعات نور روز در منابع موجود چیست و تاکنون چه نوع مطالعاتی در این زمینه انجام شده است؟ برای این منظور، در گام اول اسناد مرتبط با کلیدواژه‌های پژوهش در پنج پایگاه داده Google Scholar، Science Direct، Sage Pub.، Scopus و Springer مورد جست-وجوی پیشرفته قرار گرفت. این کلیدواژه‌ها شامل: (“Environmental Experience” OR “Spatial Experience” OR “Human Experience” OR “Experience”) AND (“Daylight” OR “Illumination” OR “Sunlight” OR “Daylit”) است که بر اساس عنوان، چکیده و واژگان کلیدی بررسی شدند.

گزینش مطالعات با توجه به معیارهای ورود و خروج مشخص شده در فرآیند پژوهش بود. نخستین معیار ورود در این مطالعه تعیین بازه زمانی انتشار مقالات پژوهشی بین سال‌های 2012 تا جولای 2023 میلادی است. معیار دوم مرتبط با اعتبار پژوهش‌هایی است که تنها مقالات پژوهشی و غیر مروری چاپ شده در نشریات با اعتبار Q_1 و Q_2 انتخاب شدند. اعتبار این نشریات از سوی پایگاه Scimagojr دوباره بررسی شده است تا مقالات پژوهشی با اعتبار Q_3 و Q_4 و یا سایر حذف شوند. پس از گردآوری اسناد، مقالات همایشی و گزارش‌ها، پایان‌نامه‌ها و رسالات دانشجویی و فصول کتاب براساس معیار خروج حذف شدند. همچنین مقالات با موضوعات غیر از معماری، مانند مقالات حوزه‌های شهرسازی، پرستاری، بهداشت کار و پزشکی کنار گذاشته شدند. پس از این مرحله و در گام دوم، به منظور اطمینان از دقت تحقیق، به بررسی مقالاتی پرداخته شد که براساس اطلاعات پایگاه داده Google Scholar، به مقالات انتخابی در گام اول استناد کرده بودند. معیار ورود و خروج مقالات در این گام نیز مشابه با فرآیند اول بود. در مرحله آخر، مقالات پژوهشی نهایی مورد مطالعه و تحلیل دقیق قرار گرفته و براساس چک لیست تحلیل نهایی مطالعات CASP، بیست و دو مقاله استخراج شد. شکل 1 روش و فرآیند مرور پژوهش را نشان می‌دهد. در انتها یافته‌های حاصل از مقالات استخراج شده، دسته‌بندی و تفکیک شدند و به توصیف، تحلیل و ترکیب آنها پرداخته شد که در ادامه به تشریح یافته‌ها پرداخته شده است.

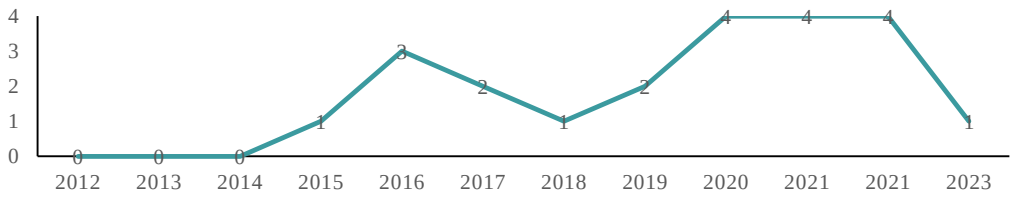
3- نتایج و بحث

شکل 2 وضعیت مقالات مستخرج را از نظر زمانی نشان می‌دهد. اگرچه شروع بازه مورد مطالعه در پژوهش حاضر از سال 2012 بود، اما به نظر می‌رسد آغاز بررسی متغیر تجربه فضایی در مطالعات نور روز از سال 2015 میلادی است. در این پژوهش، فان در زوارت و فان‌در وردت (Zwart & Voordt, 2015) به بررسی تجربه فضایی کاربران، پیش از ساخته شدن یک بیمارستان در کشور هلند پرداخته‌اند. این موضوع نمایانگر به‌کارگیری اصطلاح تجربه محیطی پیش از "ما" و همکاران، در مطالعات مربوط به نور است. با توجه به شکل 3 که فراوانی مقالات را در هر یک از نشریات معتبر نشان می‌دهد، نشریات LEUKOS، Journal of Building Engineering و Indoor and Built Environment، نشریات ترجیحی پژوهشگران، با بیشترین تمایل به چاپ مقالات با موضوع مورد نظر بوده‌اند.



شکل 1- فرآیند انتخاب مقالات در پژوهش

Fig. 1- The process of selecting articles in research



شکل 2- فراوانی مقالات پژوهش براساس سال انتشار

Fig. 2- The frequency of research articles based on the year of publication

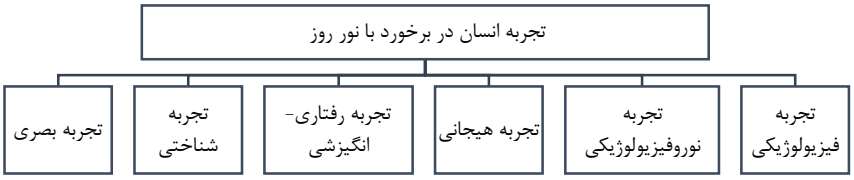
شکل 3- فراوانی مقالات پژوهش در هر یک از نشریات

Fig. 3- The frequency of research articles in each of the publications

3-1- انواع تجربه در فضای معماری

زو و ارگان (Zou & Ergan, 2021) تجربه انسان در یک فضای معماری را به عنوان حالت ذهنی تعریف می‌کنند که بازتاب وضعیت فیزیولوژیکی، هیجانی[7] و شناختی افراد است. ارگان و همکاران (Ergan, et al., 2022) تأثیر ویژگی‌های معمارانه بر تجربه انسانی را در چهار گروه «درمانگری[8]»، «استرس و اضطراب»، «زیبایی‌شناسی و لذت» و همچنین «انگیزه» دسته‌بندی کرده‌اند. فضاهای درمانگر دارای ویژگی‌هایی هستند که موجب بازیابی سلامتی افراد شده و بر دوره‌های درمان و بهبودی تأثیر می‌گذارند.

بر اساس جمع‌بندی مقالات مورد تحلیل، تجربه انسان در برخورد با نور روز را می‌توان به شش دسته کلی تجربه فیزیولوژیکی، نوروفیزیولوژیکی، هیجانی، رفتاری انگیزشی، شناختی و بصری تقسیم نمود (شکل 4). این تقسیم‌بندی با دسته‌بندی‌های پیشینه مطالعات مانند تقسیم ششگانه موسویان (Moosavian, 2022) شامل تجارب هیجانی، ادراکی، انگیزشی، حسی/حرکتی، شناختی و رفتاری قابل قیاس است. همچنین موسویان، امین‌زاده و شاهچراغی (Moosavian, et al., 2020) مؤلفه‌های سازنده تجربه معماری را شامل پنج نوع می‌دانند که عبارت از:



شکل 4- انواع تجارب معماری در مطالعات نور روز براساس پژوهش‌های مورد مطالعه
Fig. 4- Types of architectural experiences in daylight studies based on the studied researches

1. مؤلفه کالبدی (طرحواره‌ی بدن) که متشکل از پاسخ-های فیزیولوژیکی انسان نسبت به معماری از طریق دیدگاه جسمانی است؛ 2. مؤلفه حسی-حرکتی که شامل بیان رفتاری است و موجب توجه ادراکی به محیط می-شود؛ 3. مؤلفه انگیزشی شامل تمایلات عملی یا حالت-هایی از آمادگی است که از طریق قابلیت‌های معماری ایجاد می‌شود؛ 4. مؤلفه احساسی که موسوم به تجربه عاطفی است و از طریق معنابخشی به محیط ایجاد می-شود و 5. مؤلفه شناختی که از طریق ادراک تجسم‌یافته به فعالیت تجسم‌یافته و آگاهی حاصل از آن منجر می-شود. کبورن و همکاران (2020) در پژوهش خود که به دنبال یافتن پاسخ‌های روانی و عصبی نسبت به فضاهای داخلی هستند، تجربه زیبایی‌شناختی را به سه دسته کلی تقسیم می‌کنند و چگونگی تجربه معماری را برآمده از آنها می‌دانند: قضاوت‌های شناختی ناشی از سیستم معرفتی- معنایی، قضاوت‌های هیجانی ناشی از سیستم ارزش‌گذاری- هیجان و پاسخ‌های انگیزشی- رفتاری مرتبط با فعال‌سازی سیستم حسی- حرکتی.

2-3-روش‌های تحقیق مورد استفاده

1-2-3- روش پیمایشی

تعدادی از مطالعات از روش پیمایشی به تنهایی، و یا در کنار سایر روش‌ها جهت بررسی تجربه فضایی افراد استفاده کرده‌اند. یکی از متداول‌ترین ابزارها در این مطالعات استفاده از پرسشنامه‌های خودگزارش[9] است. همچنین ونوگوپال و همکاران (Venugopal, et al., 2020) از ابزار مصاحبه به تنهایی، و ساویر (Sawyer, 2022) و موسکوسو و ماتوسیاک (Moscoso & Matusiak, 2018) در کنار ابزار پرسشنامه استفاده کرده‌اند. در ادامه مقیاس‌های به کار گرفته شده برای سنجش تجارب مختلف معماری در روش پیمایشی و با ابزار پرسشنامه دسته‌بندی شده‌اند. این پرسشنامه‌ها به صورت رتبه‌بندی 7، 10 یا 11 درجه‌ای و یا امتیازدهی پنجگانه لیکرت استفاده شده‌اند که تعداد فراوانی آنها به ترتیب 4، 4، 1 و 5 عدد است.

الف. مقیاس‌های مرتبط با تجربه فیزیولوژیکی در روش پیمایشی

در روش پیمایشی تجارب مرتبط با حس بینایی در دسته‌ی تجربه فیزیولوژیک قرار می‌گیرد. مقیاس‌های پرسیده شده در این زمینه شامل احساس درد در چشم (Kong, et al., 2022)، حساسیت منفی، سرخی، خستگی و خشکی چشم (Kim & Mansfield, 2016) تحت شرایط نوری مختلف است که به ترتیب به صورت 11 و 7 رتبه‌ای مورد پرسش قرار گرفته‌اند.

ب. مقیاس‌های مرتبط با تجارب هیجانی

به غیر از دو پرسشنامه که در دو عدد از مقالات برای سنجش استرس (پرسشنامه‌ی سنجش استرس-PWI SF) و همچنین شخصیت‌شناسی افراد (تست شخصیت-شناسی بیگ فایو) استفاده شده بود (Kim, Park & Chu, 2021; Heydarian, et al., 2017)، می‌توان باقی پرسشنامه‌ها را برآمده از دو مقیاس و مدل سنجش هیجانات و عواطف دانست که در ادامه توضیح داده شده است.

- مقیاس عاطفه‌ی مثبت و منفی پاناس[10]:

یکی از مقیاس‌های هیجانی که به طور گسترده پذیرفته شده، مقیاس عاطفی مثبت و منفی پاناس است که در آن از شرکت‌کنندگان خواسته می‌شود تا تجربه هیجانی خود را نسبت به یک محصول یا طرح خاص در مقیاس پنج درجه‌ای لیکرت با استفاده از 20 گویه عاطفی از پیش تعریف شده ارزیابی کنند. این پرسشنامه توسط قربان شیرودی و عباس قربانی (2011) برای جامعه ایرانی در

420 نمونه از دانشجویان هنجاریابی شده است و نتایج نشان داده است که مقیاس سنجش عاطفه مثبت و منفی پاناس دارای پایایی و روایی مناسب (0.875) جهت کاربردهای روان‌سنجی است و به دلیل زمان کوتاه اجرا، شیوه اجرا و سهولت نمره‌گذاری به عنوان یک ابزار مناسب پیشنهاد شده است. ارگان و همکاران (2018) در پژوهش‌های خود از پرسشنامه‌ای برگرفته از مقیاس پاناس، شامل پرسش‌های دوقطبی از حالات عاطفی استفاده کرده‌اند که به دلیل مقایسه ویژگی‌های معمارانه به صورت دو قطبی و اطلاق عواطف مثبت و منفی به هرکدام انتخاب شده است. می‌توان این پرسشنامه را برگرفته از پرسشنامه فلین و همکاران نیز دانست که مطالعه‌ای را در مورد استفاده از تحلیل عاملی و مقیاس تفاضل معنایی برای مطالعه تأثیر نور بر عواطف و رفتار انسان منتشر کردند. پرسشنامه فلین شامل 18 صفت دوقطبی است (Flynn, 1973: 10).

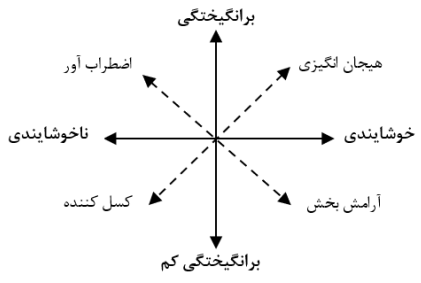
- مقیاس عاطفی برگرفته از مدل PAD:

یکی از پرکابردترین رویکردهای ارزیابی و توصیف تجربیات هیجانی فضا روشی است که راسل و محرابیان در سال 1974 میلادی پیشنهاد داده‌اند و به مدل PAD معروف است. آنها سه بعد هیجانی شامل خوشنودی (Pleasure)، برانگیختگی (Arousal) و تسلط/کنترل داشتن (Dominance) را برای توصیف ادراک انسان از محیط‌های فیزیکی لازم و کافی دانسته‌اند که این نتایج در طی چندین دهه همواره مورد توجه و استفاده پژوهشگران بسیاری بوده است (Russel & Mehrabian, 1974).

از نظر محرابیان و راسل خوشنودی- ناخوشنودی حالات احساسی هستند که می‌توان آنها را با معیارهای افتراقی ذهنی یا شاخص‌های رفتاری مانند لبخند، خنده و به طور کلی حالات مثبت چهره در مقابل منفی ارزیابی کرد. همچنین می‌توان آنها را توسط معیار «خوشایندی» که مستقل از دو کیفیت برانگیختگی و داشتن تسلط است امتیاز داد و یک شاخص رفتاری مهم، به‌ویژه در تعاملات اجتماعی است (Russel & Mehrabian, 1974). در بسیاری از مطالعات از واژه Valence برای توصیف میزان خوشایندی یک محرک استفاده شده است (Charland, 2005). این واژه که در فارسی به «شایستگی محیط» یا «جاذبه محیط» ترجمه شده است، الهام گرفته از مفاهیم «درخواست (Demand)» و «دعوت‌کنندگی» است که روان‌شناس آلمانی مکتب گشتالت، کورت کافکا، ارائه نمود (Daneshgarmoghaddam & Eslampour, 2013).

به صورت کلی شاخص برانگیختگی شدت هیجانات تحریک شده توسط یک محرک را نشان می‌دهد (Warriner, Kuperman & Brysbaert, 2013). پژوهش‌های پیشین نشان داده‌اند که می‌توان سطح برانگیختگی را با ورود نور خورشید به فضاهای داخلی تعدیل نمود، چرا که ضرباهنگ شبانه‌روزی را تقویت می‌کند، به حال خوش افراد کمک کرده و سطح استرس آنها را کاهش می‌دهد (Presti, 2022). براساس نظر راسل و محرابیان تسلط-تسلیم حالت‌هایی احساسی هستند که می‌توان آن را از طریق گزارش‌های شفاهی با استفاده از روش افتراق معنایی ارزیابی نمود. از مفاهیم مشابه به کار برده شده توسط پژوهشگران، می‌توان به «آزادی انتخاب» اشاره نمود که به مفاهیم آشناتری مانند حریم خصوصی، قلمرو و ازدحام مرتبط است (Russel & Mehrabian, 1974).

راسل در سال 1980 میلادی روابط متقابل میان مفاهیم هیجانی را با یک مدل فضایی نشان داد که در آن، مفاهیم اصلی خوشنودی/ ناخشنودی و برانگیختگی/خواب-آلودگی به ترتیب بر محور افقی و عمودی یک دایره قرار می‌گیرند (Russel, 1980). در واقع در مطالعات پیرو این مدل، از نمودارهایی با دو محور استفاده می‌شود که موقعیت سایر عواطف را براساس مثبت و یا منفی بودن میزان خوشنودی و برانگیختگی مشخص می‌کند (شکل 5).



شکل 5- مدل تجربه هیجانی راسل

Fig. 5- Russell's dimensional model of emotions

به‌کارگیری مدل راسل برای ارزیابی پاسخ عاطفی کاربران نسبت به نور روز در فضاهای معماری، اولین بار توسط بوبکری و همکاران در سال 1991 میلادی انجام گرفت و اعتبار یافت. آنها از دو معیار آرامش (ترکیبی از میزان خوشایندی بالا و میزان انگیختگی کم) و نقطه مقابل آن، استرس، و همچنین هیجان‌انگیز بودن (ترکیبی از میزان بالای خوشایندی و انگیختگی) و نقطه مقابل آن، خسته کننده بودن، که ترکیبی دوقطبی از معیارهای خوشایندی و انگیختگی راسل و همکاران هستند استفاده کرده‌اند (Boubekri, 1991). برگرفته از این دو مطالعه، در تعداد زیادی از مطالعات پیمایشی پژوهش حاضر، شاخص‌های عاطفی خوشایندی، جذابیت، هیجان‌انگیزی و آرامش‌بخش بودن مورد پرسش قرار گرفته است (Bokharaei & Nasar, 2016; Chamilothori, et al., 2022 (a); Chmilothori, et al., 2022 (b); Chamilothori, et al., 2019a). این شاخص‌ها در پژوهش (Chamilothori, et al., 2022 (a); Chamilothori, et al., 2022 (b)) در مقیاس رتبه‌ای 11 درجه‌ای از صفر (0) به معنای «اصلا» و 10 به معنای «بسیار زیاد» مورد پرسش قرار گفته است. ساویر انرژی‌زا بودن محیط را نیز به کار برده است (Sawyer, 2022).

ج. مقیاس‌های مرتبط با تجربه رفتاری-انگیزشی

در یک محیط ساخته شده، نه تنها عواطف و هیجانات در ارزش‌گذاری ابژه زیبایی‌شناختی نقش اساسی دارند، بلکه رفتارهایی را در انسان‌ها هدایت می‌کنند؛ بنابراین عواطف و هیجانات نقشی کلیدی در تصمیم‌گیری، مانند نحوه انتخاب ما برای ورود و یا حرکت در فضا دارند (Brown, et al., 2011). در پژوهش‌های مورد مطالعه میزان تمایل افراد به بودن و ماندن در فضا (Gökaslan & Erkan, 2022; Ergan, et al.; 2019) و همچنین رفتارهای انتخابی، برای مثال انتخاب بودن در فضای با نور طبیعی و یا مصنوعی (Heydarian, 2017) مقیاس‌هایی برای سنجش تجربه رفتاری-انگیزشی افراد محسوب می‌شوند.

د. مقیاس‌های مرتبط با تجربه شناختی

قضاوت افراد درباره ویژگی‌های معماری واکنشی شناختی است که در کنار ادراک، احساسات، ارزیابی عاطفی و معانی ضمنی موجب واکنش زیبایی‌شناسانه نسبت به ویژگی‌های بنا می‌شود (Jam, et al., 2019). در پژوهش‌های مورد مطالعه مقیاس‌های پیچیدگی فضا، دلبازی (Chamilothori, et al., 2022 (a); Chmilothori, et al., 2022 (b); Kong, et al., 2022; Kim & Mansfield, 2016, Bokharaei & Nasar, 2016) و همچنین نظم، خوانایی، انسجام، تعریف شدن فضا (Moscoso & Matusiak, 2018) برای سنجش تجربه شناختی و ذهنی افراد به کار گرفته شده است. باید توجه داشت که براساس نتایج پژوهش موسکوسو و ماتوسیاک (2018) صفات منظم/ نامنظم و باز/ بسته بودن در فضاهایی که در طول آزمایش شرایط ثابتی دارند برای آزمون‌شوندگان قابل درک نیستند و تأثیر معناداری بر نتایج نخواهند داشت.

ه. مقیاس‌های مرتبط با تجربه بصری

تجربه بصری کارمندان یکی از اساسی‌ترین عوامل ارگونومیک در طراحی بازشوها و نورپردازی فضاهای اداری محسوب می‌شود (Ru et al., 2023: 10). در مطالعاتی که به بررسی طراحی نما و نور روز وارد شده متأثر از الگوهای طراحی نما پرداخته‌اند، پرسش‌هایی با عنوان ظاهر بصری قرار داده شده که در کنار پیچیدگی و دلبازی فضا (تجربه‌های شناختی)، میزان دید و درخشندگی نور روز را پرسیده‌اند (Chamilothori, et al., 2022 (a); Chmilothori, et al., 2022 (b); Kong, et al., 2022; Kim & Mansfield, 2016) و می‌توان آنها را برگرفته از تجاربی دانست که تنها مختص به ادراک بصری انسان نسبت به نور روز است. همچنین ساویر در پژوهش خود در پی ارائه فهرستی است که در آن صفات وصف شده از نور طبیعی در محیط‌های کاری توسط خود کاربران به کار برده شود؛ عباراتی مانند طبیعی/ غیر مصنوعی، درخشندگی، گرما، ارتباط با بیرون، درک زمان/فصل، دید و منظر، یکنواختی نور، و پراکندگی نور (Sawyer, 2022).

2-2-3- روش آزمایشگاهی/ آزمایشگاهی و پیمایشی

از مهم‌ترین روش‌ها برای سنجش تجربیات فیزیولوژیکی و نوروفیزیولوژیکی، روش‌های آزمایشگاهی و یا ترکیبی پیمایشی و آزمایشگاهی است که با کمک ابزار و حسگرهای بیومتریک، مورد استفاده در علم عصب‌شناختی صورت می‌گیرد. تأثیرات مهمی که علوم

شناختی در چند دهه اخیر در حوزه‌های گوناگون داشته است، زمینه بهره‌گیری از علوم اعصاب را به عنوان یکی از مهم‌ترین زیرشاخه‌های علوم شناختی و فناوری نو در حوزه‌ی معماری فراهم آورده است. براساس پژوهش‌ها متخصصین علوم اعصاب در کنار معماران می‌توانند با بهره‌گیری از روش‌ها و ابزارهای مرتبط با علوم مهندسی پزشکی، چگونگی شکل‌گیری تجربه فضایی توسط نور روز را، به عنوان یک محرک کالبدی، تبیین نمایند.

اهمیت ارتباط میان علوم اعصاب و معماری موجب گسترش پژوهش‌ها در قالب موضوع و عنوان «نوروآرکیتکچر[11] یا معماری عصب‌ـمحور» شده است. از سال 2003 میلادی، آکادمی «علوم اعصاب برای معماری (ANFA)» از این رشته به‌عنوان راهی برای ارتباط میان علوم اعصاب و مطالعه پاسخ‌های رفتاری افراد نسبت به محیط‌های ساخته شده حمایت کرده است (Papale, et al., 2016). در دهه‌های اخیر پژوهشگران می‌توانند از روش‌های زیست‌ـپزشکی مختلفی برای بررسی فعالیت‌های مغزی، وضعیت قلب، سطح رسانایی پوست، واکنش‌های عضلانی صورت و حرکت چشم کمک بگیرند (Azzazy, et al., 2021). در ادامه بکارگیری این ابزارها و مقیاس‌های علوم اعصاب برای سنجش تجربه افراد در فضای همراه با نور روز در پژوهش‌ها شرح داده شده است.

الف. سنجش فعالیت‌های مغزی

در پژوهش‌های مورد مطالعه برای سنجش فعالیت مغزی و تجربیات نوروفیزیولوژیکی از داده‌های دستگاه الکتروآنسفالوگرام[12] استفاده شده است. الکتروآنسفالوگرافی یک واکنش کلی از فعالیت الکتروفیزیولوژیک سلول‌های عصبی مغز در سطح قشر مخ یا پوست سر به منظور ثبت مغزنگاره از پتانسیل سیناپسی سلول‌های عصبی است. فعالیت‌های مختلف ذهنی منجر به ایجاد ویژگی‌های مختلف EEG می‌شود که از نظر محققان روشی عینی برای ارزیابی تجارب مختلف مانند آرامش، افزایش تمرکز، شادمانی، پردازش شناختی، افزایش و یا کاهش سطح توجه افراد است (Zhang, et al., 2020). در دستگاه الکتروآنسفالوگرام بسته به میزان دقت از 1 تا 256 الکترود استفاده می‌شود که معمولا به صورت کلاهی درآمده و روی سر قرار می‌گیرد. در پژوهش‌های مورد بررسی از 14، 24 و 96 الکترود استفاده شده است. در میان باندهای فرکانسی محاسبه شده با استفاده از داده‌های دستگاه EEG، باندهای تتا، بتا و آلفا بیشترین ارتباط را با تغییرات در حالات عاطفی مانند استرس دارند.

می‌توان برای تجزیه‌وتحلیل داده‌های سیگنال‌های به دست آمده از حسگرهای مختلف، از ویژگی‌های عمومی سیگنال‌ها (مجموعه‌ای از ویژگی‌های سیگنال - مانند میانگین، حداکثر، واریانس و آنتروپی - که برای توصیف آماری سیگنال‌ها استفاده می‌شوند) و ویژگی‌های خاص سیگنال‌ها (ویژگی‌هایی که در توصیف سیگنال یک حسگر خاص معنادار هستند) استفاده کرد. برای هر دو ویژگی‌های عمومی و خاص سیگنال‌ها، دو دسته ویژگی وابسته به دامنه‌ی زمانی (به معنای تغییرات سیگنال در یک بازه‌ی زمانی) و ویژگی‌های حوزه فرکانس (یعنی تغییرات در یک سیگنال در داخل یک باند فرکانسی معین مربوط به طیف وسیعی از فرکانس‌ها) را تحلیل نمود. در برخی مطالعات مانند ارگان و همکاران (2019) و زو و ارگان (2021)، علاوه بر تجزیه‌وتحلیل داده‌های EEG در حوزه زمان (یعنی ولتاژهای خام در طول زمان)، از تبدیل فوریه سریع (FFT) در حوزه‌ی فرکانس نیز استفاده می‌شود که امکان تجزیه‌وتحلیل باندهای فرکانسی مختلف را فراهم می‌کند؛ یعنی دلتا (0.5 تا 4 هرتز)، تتا (4 تا 8 هرتز)، آلفا (8 تا 14 هرتز)، بتا (14 تا 40 هرتز)، و گاما (40 هرتز و بالاتر).

علاوه بر توان باندهای فرکانسی خاص، نسبت‌های توان فرکانس نیز در پژوهش کیم، پارک و چو (2021) برای اندازه‌گیری تجربه آرامش- برانگیختگی مورد مطالعه قرار گرفته است. در پژوهش کنگ و همکاران (2022) مقادیر میانگین دامنه زمانی، استاندارد دامنه زمانی و میانگین توان سیگنال‌های EEG کانال‌های FP چپ و راست هر آزمون‌شونده استخراج شده است. در سایر پژوهش‌ها علاوه بر نواحی فرونتال مغز (Kong, et al., 2022; Kim, et al., 2021) کانال‌های پشتی (نواحی اکسیپیتال و جداری) و همچنین عدم تقارن سیگنال نواحی پیشانی و پس‌سری نیز بررسی شده است (Zou & Ergan, 2021).

ب. سنجش فعالیت قلب و پوست

اگر ساختمان یا یک شیء توانایی تأثیرگذاری بر تنفس، ضربان قلب و ترشحات هورمونی فرد را داشته باشد، خواه

آگاهانه احساس شود یا نه، به دلیل تأثیرگذاری بر انسان ارزش مؤثرتری دارد (Barret & Bar, 2009). در پژوهش کنگ و همکاران (2022)، تغییرات ضربان قلب و فعالیت آن توسط دستگاه الکتروکاردیوگرام (EEG) ثبت و تحلیل شده است. در مطالعه (Chamilothori, et al., 2019a) از اندازه‌گیری ضربان قلب و هدایت پوست به عنوان معیارهای برانگیختگی سیستم عصبی خودمختار، توسط مچبند Empatica E4 (برای سنجش ضربان قلب) و دو الکترود مچبند (برای سنجش رسانایی) استفاده شده است. در پژوهش‌های زو و ارگان (2021) و ارگان و همکاران (2019)، سنسور پاسخ پوستی گالوانیکی (GSR) و حسگر فتوپلتیسموگرام (PPG) به کار گرفته شده است. سپس این پاسخ‌های فیزیولوژیکی به احساس فرد نسبت داده شده‌اند؛ به عنوان مثال، رسانایی بالای پوست یا تغییر ضربان قلب می‌تواند به دلیل ترس یا شادی بیش از حد باشد. نتایج این پژوهش نشان داده است که سنسورهای EEG در مقایسه با GSR و PPG در طبقه‌بندی و شناسایی تجربیات انسانی حساس‌تر و مؤثرتر هستند.

ج. ردیابی حرکات چشم

یکی از حسگرهای بیومتریک مورد استفاده، دستگاه ردیاب چشم است که در پژوهش گکاسلان و ارکان (2020) مورد استفاده قرار گرفته است. این فناوری به منظور اندازه‌گیری حرکت چشم و موقعیت نگاه آزمون-شونده به کار می‌رود. ردیابی حرکات چشم، رفتار را با دقت و جزئیات بیشتری نسبت به روش‌های پیمایشی خودگزارشی ثبت می‌کند. در نتیجه با اندازه‌گیری محرک‌های بینایی و حرکت چشم آزمودنی‌ها، می‌توان از الگوهای جستجوی افراد، توجه و مهم‌تر از همه، رابطه علی محرک‌های بینایی و عواطف انسانی آگاهی پیدا کرد (Zou & Ergan, 2019). گکسالان و ارکان با محاسبه زمان سپری شده توجه بصری در هر نقطه و مقایسه‌ی آن با پاسخ افراد مبنی بر میزان علاقمندی نسبت به ماندن در یکی از فضاها، به این نتیجه رسیده‌اند که افراد علاقه‌ی بیشتری به ماندن در فضاهای با ابعاد پنجره بزرگ‌تر و نور طبیعی بیشتر دارند و این عوامل بر تجربه آنها مؤثر است (Gokaslan & Erkan, 2020).

د. ردیابی حرکات سر

در پژوهش فتحی و همکاران (Fathy, et al., 2023) از ردیابی حرکات سر در محیط VR برای سنجش توجه، ادراک بصری و علاقمندی به فضای با روشنایی نور روز استفاده شده است. در واقع زوایای چرخش سر آزمودنی‌ها (دوربین در مرکز محیط کروی 360 درجه واقعیت مجازی) به صورت افقی و عمودی در هر 50 میلی ثانیه ثبت شده و با به‌کارگیری روش‌های یادگیری ماشینی[13]، مدل پیش‌بینی برای سنجش فضاهایی که بیشتر مورد توجه و علاقه‌ی کاربران در نور روز هستند و رفتار انسان‌ها، به دست آمده است.

3-2-3- روش مشاهده‌ای/ مشاهده‌ای و پیمایشی

برخی مطالعات که تأثیر ویژگی‌های طراحی معماری بر تجربه انسانی را بررسی کرده‌اند، عمدتا بازخورد ساکنان در مورد فضاهای طراحی شده را با استفاده از نظرسنجی‌های پس از اشغال و پس از اینکه ساکنان برای مدتی در معرض فضاهای مورد بررسی قرار گرفتند ارزیابی می‌نمایند. در پژوهش پاستور و اندرسون (Pastore & Andersen, 2022) که یک پژوهش پس-رویدادی و ترکیبی از روش‌های مشاهده‌ای و پیمایشی است، شرایط محیطی (شامل میزان نور و دمای محیط) چهار ساختمان اداری در طول دو ماه ثبت شد و با ارزیابی هیجانی کارمندان و میزان علاقمندی و رضایت آنها از محیط‌های کاری مقایسه شد. در مقاله‌ی یاکوبیک و همکاران (Jakubiec, et al., 2021) پژوهشگران در طی 12 ماه، اطلاعات فیزیکی و همچنین مقدار روشنایی‌های افقی و عمودی ده ساختمان اداری را برداشت کردند. پینتر و همکاران (Painter, et al., 2016) نیز در طی یک مطالعه ترکیبی طولی و 12 ماهه، با استفاده از ثبت رفتار کاربران در به‌کارگیری کنترل‌گر الکتروکرومیک پنجره‌ها در تنظیم شدت نور وارد شده، تهیه عکس، نظرسنجی-های روزانه از حالات کارمندان، مصاحبه و تکمیل پرسشنامه از میزان رضایت، آسایش، رفاه و هوشیاری آنها، به بررسی تجربه کارمندان و رفتار آنها در برخورد با نور روز پرداخته‌اند.

نوع دیگری از روش مشاهده‌ای توسط حیدریان و همکاران (Heydarian et al., 2017) انجام شده است. در

این پژوهش عملکرد کاربران توسط بررسی تجربه رفتاری-حرکتی خواندن متن و پاسخ به پرسش‌های مرتبط با آن، در فضاهای با شرایط نوری متفاوت بررسی شده است و از افراد خواسته شده تا ترجیح خود را از میان گزینه‌های مختلف تأمین نور مصنوعی و نور طبیعی انتخاب کنند و سپس میزان نور فضای انتخابی توسط افزونه‌های تحلیل محیطی و نور نرم‌افزار راینو، لیدی‌باگ[14] و هانی‌بی[15] (که از سه نرم‌افزار تحلیلی انرژی‌پلاس[16]، دیسیم و اپن استودیو[17] استفاده می‌کند) تحلیل شده است.

3-2-4- بررسی موردی

در برخی مطالعات مربوط به نور روز، به بررسی کیفیت و کمیت نور روز در بناهای خاص به‌عنوان نمونه موردی و تجربیات فضایی حاصل از آن پرداخته‌اند. برای مثال فان‌در زوارت و فان‌در وردت (2015)، تأثیر متغیرهای پنجره‌ی رو به طبیعت، مسیریابی، نور روز، خلوت، دید، تسلط بصری بیمار نسبت به میز پذیرش، و کاهش سروصدا را بر تجربه فضایی بیماران از یک بیمارستان در هلند بررسی کرده‌اند. در این مطالعه نقشه‌ها و تصاویر سه‌بعدی بیمارستان با روش نحو فضا (Space syntax) تحلیل شده‌اند (Zwart & Voordt, 2015).

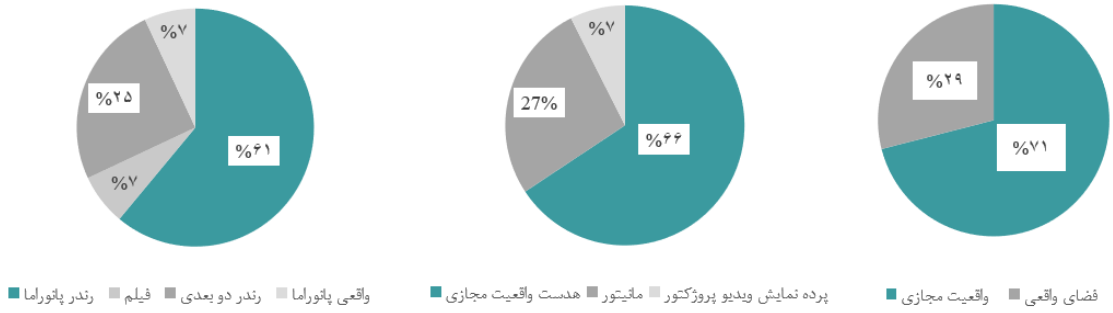
3-3- نحوه‌ی ارتباط افراد با محیط آزمون

در پژوهش‌های مورد بررسی افراد به صورت فیزیکی و یا مجازی در معرض متغیرهای مورد آزمایش قرار گرفته‌اند. در شرایط واقعیت مجازی، تجسم‌های سه بعدی و 360 درجه (پانوراما) به صورت عکس‌های گرفته شده از محیط واقعی، تصاویر رندر شده‌ی کامپیوتری و فیلم‌ها به افراد نشان داده شده است. در این مطالعات آزمون‌شوندگان با قرار گرفتن در مقابل مانیتور، و یا پرده پروژکتور و یا به‌کارگیری هدست واقعیت مجازی[18] به ارزیابی فضای معماری و نور روز موجود پرداخته‌اند. با توجه به شکل 6، تمایل پژوهشگران برای سنجش تجربه فضایی کاربران در مطالعات نور روز بر استفاده از فناوری‌های مرتبط با واقعیت مجازی است و 71 درصد این مطالعات از هدست واقعیت مجازی و 61 درصد از آنها از تصاویر رندر 360 درجه (پانوراما) برای نمایش محرک به افراد استفاده کرده‌اند. جدول 1 فراوانی استفاده از هریک انواع تصاویر و روش‌های نمایش آن را به تفکیک پژوهش‌های مربوطه نشان می‌دهد.

نتایج برخی پژوهش‌های پیشین مانند چامیلوتاری و همکاران (Chamilothori, et al., 2019b) و عبدالحمید (Abd-Alhamid, 2019) نشان داده است که تفاوت قابل‌توجهی بین عملکرد شرکت‌کننده، حضور و غوطه‌ور شدن بین فضای مجازی غوطه‌ور (IVE) و محیط‌های فیزیکی وجود ندارد، و می‌توانند به عنوان ابزار آزمایشی برای گردآوری اطلاعات مربوط به کاربر در حین دستکاری عوامل مختلف محیطی مانند نور روز استفاده شوند. این ابزارها نه تنها می‌توانند هزینه زیاد و ناکارآمدی‌های مرتبط با مطالعات در فضای واقعی آزمایشگاهی را به طور قابل توجهی کاهش دهند، بلکه به پژوهشگر اجازه می‌دهند تا کنترل بیشتری بر متغیرهای مختلف داشته باشد (Heydarian, 2017). اما با وجود ارتقای کیفیت هدست‌های واقعیت مجازی در سال‌های اخیر، به دلیل وجود محدودیت‌های نمایشی در شدت‌های روشنایی بسیار زیاد و یا بسیار کم نسبت به نور روز، مقایسه و مطالعه‌ی رنگ نور وتابش خیره‌کننده در محیط VR اعتبار کمتری دارد (Mostafavi, Cruz-Garza & Kalantari, 2023).

3-4-تعداد آزمون‌شوندگان

تعداد آزمون‌شوندگان در پژوهش‌های پیمایشی متغیر و از 50 تا 406 نفر است. تعداد نفرات در پژوهش‌هایی که در کنار روش پیمایشی، از روش‌های آزمایشگاهی نیز استفاده کرده‌اند، به دلیل روایی بالاتر، سختی بیشتر و زمان طولانی‌تر کاهش یافته و 87 نفر است. این روند کاهشی در پژوهش‌هایی که تنها آزمایشگاهی هستند ادامه یافته و به عدد 34 نفر می‌رسد. تعداد آزمون-شوندگان در سه مقاله‌ای که روش‌های مشاهده‌ای و پیمایشی را به کار گرفته‌اند، 553، 326 و 90 نفر است که اختلاف قابل توجهی با یکدیگر دارند.



شکل 6- از راست به چپ: درصد تمایل پژوهشگران به استفاده از واقعیت مجازی نسبت به فضای واقعی. درصد تمایل پژوهشگران به استفاده از هدست واقعیت مجازی، در مقایسه با مانیتور و پرده نمایش ویدئو پروژکتور. درصد تمایل پژوهشگران به استفاده از تصاویر رندر 360 درجه، فیلم، تصویر دوبعدی و تصویر واقعی 360 درجه

Fig. 6- From right to left: the percentage of researchers' willingness to use virtual reality compared to real space. The percentage of willingness of researchers to use a virtual reality headset, compared to a video projector monitor and screen. The percentage of researchers' willingness to use 360-degree rendering images, video, 2D image and real 360-degree image

جدول 1- فراوانی استفاده از هریک انواع تصاویر و روش‌های نمایش آن در فضای مجازی

Tab. 1- The frequency of using different types of images and their display methods in virtual environment

نویسنده	نحوه‌ی ارتباط با فضای مجازی										نوع تصاویر (در فضای مجازی)				
	پرده نمایش		مانیتور		هدست واقعیت مجازی										
	پرده نقره‌ای رنگ	سایر (شخصی)	24 اینچی	98 اینچی	Oculus DK2	HTC Vive Pro	Oculus Rift CV1	Oculus Quest	رندر 360 درجه	فیلم	رندر دوبعدی	عکس 360 درجه واقعی
فتحی و همکاران								❊	❊		❊	
چامیلوتاری و همکاران (a)							❊		❊			
چامیلوتاری و همکاران (b)							❊		❊			
کنگ و همکاران						❊			❊			
هو و همکاران			❊							❊	❊	
زو و ارگان				❊					❊			
کیم، پارک و چو						❊			❊			
گکاسلان و ارکان		❊									❊	
موسکوسو و همکاران							❊		❊			
چامیلوتاری و همکاران (a)							❊		❊			
ارگان و همکاران				❊					❊			
ارگان، شی و یو		❊									❊	
حیدریان و همکاران					❊				❊			
موسکوسو و ماتوسیاک	❊											❊
بخارایی و نثار	❊										❊	

جدول 2 وضعیت کلی پژوهش‌های شناسایی و استخراج شده، نوع روش به‌کار گرفته شده، متغیرها، ابزار سنجش، تعداد نمونه‌های هریک و ارتباط آنها با دسته‌بندی مطروحه در پژوهش حاضر از انواع تجربه فضایی را نشان می‌دهد.

به صورت کلی می‌توان نکات مثبت و یا منفی روش‌های به کار گرفته شـده در مطالعات نـور روز را در جـدول 3 خلاصه نمود.

جدول 2- یافته‌ها و جمع‌بندی کلی از وضعیت پژوهش‌های صورت گرفته در حوزه بررسی تجربه فضایی در مطالعات نور روز
Tab. 2- Findings and summary of the researches conducted in the field of investigating spatial experience in daylight studies

	نویسنده سال	نوع روش	نوع تجربه کاربر در فضا	شاخص‌های سنجش متغیر وابسته (تجربه فضایی)	متغیرهای مستقل	تعداد نمونه	ابزار سنجش
1	فتحی و همکاران 2023	آزمایشگاهی	فیزیولوژیکی شناختی	توجه و ادراک بصری، علاقمندی به فضا	شدت‌های مختلف نور روز	41 نفر	ردیابی حرکات سر و یادگیری ماشینی
2	چامیلوتاری و همکاران (a) 2022	پیمایشی	هیجانی شناختی بصری	خوشایندی، جذابیت، هیجان و آرامش پیچیدگی، دلبازی درخشندگی، میزان دید	هندسه‌ی نما نوع آسمان کاربرد فضا (اداری یا اجتماعی)، کشور	406 نفر	پرسشنامه‌ی شفاهی برگرفته از مدل PAD 11 رتبه‌ای (0 تا 10)
3	چامیلوتاری و همکاران (b) 2022	پیمایشی و آزمایشگاهی	هیجانی شناختی بصری فیزیولوژیکی	خوشایندی، جذابیت، هیجان و آرامش پیچیدگی، دلبازی درخشندگی، میزان دید ضربان قلب، رسانایی پوستی، تغییر ضربان قلب	هندسه‌نما نوع آسمان کاربرد فضا عرض جغرافیایی	256 نفر	پرسشنامه‌ی شفاهی برگرفته از مدل PAD، 11 رتبه‌ای مچبند Empatica E4 برای ضربان قلب، 2 الکترود مچبند برای رسانایی پوست
4	کنگ و همکاران 2022	پیمایشی و آزمایشگاهی	هیجانی شناختی فیزیولوژیکی بصری نوروفیزیولوژیکی	خوشایندی، جذابیت، هیجان و آرامش، احساس طراوت ذهنی، میزان خستگی- میزان هوشیاری پیچیدگی، دلبازی درخشندگی، میزان دید، وضوح تصاویر احساس درد چشمی، وضعیت قلب میزان فعالیت مغزی	طراحی نما، ابعاد پنجره نوع اسمان	41 نفر	پرسشنامه‌ی شفاهی برگرفته از مدل PAD، 11 رتبه‌ای دستگاه EEG، 14 کاناله دستگاه الکتروکاردیوگراف (ECG)
5	پاستور و اندرسون 2022	پیمایشی و مشاهده‌ای	هیجانی شناختی	خوشایندی، جذابیت، هیجان و آرامش، میزان بهره‌وری از نظر خود افراد میزان علاقمندی و رضایتمندی	طراحی نما (نوع و سطح کنترل کاربران بر نور طبیعی و تهویه، دید و منظر)، میزان نور	553 نفر	پرسشنامه کتبی 7 مقایسه‌ی لیکرت مانیتورینگ محیط با استفاده از لوکسمتر و دماسنج
6	هو و همکاران 2021	آزمایشگاهی	نوروفیزیولوژیکی	فعالیت مغزی	وجود نور طبیعی، منظر و دید و سازماندهی فضایی در بناهای پایدار	36 نفر	دستگاه EEG، 96 کاناله

	نویسنده سال	نوع روش	نوع تجربه کاربر در فضا	شاخص‌های سنجش متغیر وابسته (تجربه فضایی)	متغیرهای مستقل	تعداد نمونه	ابزار سنجش
7	زو و ارگان 2021	پیمایشی و آزمایشگاهی	هیجانی فیزیولوژیکی نوروفیزیولوژیکی	تجربه درمانگری تجربه استرس و اضطراب تجربه لذت زیبایی‌شناختی پاسخ رسانایی پوست و تغییرات ضربان قلب ، فعالیت مغزی	وجود نور طبیعی وجود پنجره با ابعاد بزرگ	89 نفر	پرسشنامه‌ی خودارزیابی و دوقطبی، مقیاس پنجگانه لیکرت، برگرفته از مقیاس پاناس شبکه‌ای از سنسورهای بدنی (شامل EEG، 14 کاناله، GSR، PPG)
8	کیم، پارک و چو 2021	پیمایشی و آژمایشگاهی	هیجانی نوروفیزیولوژیکی	آرامش- برانگیختگی فعالیت مغزی، نسبت امواج آلفا به بتا	تناسبات پنجره برای ورود نور طبیعی، تناسبات فضا، ارتفاع سقف	33 نفر	پرسشنامه‌ی خودارزیابی تصویری با مقیاس پنجگانه لیکرت، پرسشنامه‌ی سنجش استرس PWI-SF دستگاه EEG، 24 کاناله
9	ساوِیر 2022	پیمایشی	هیجانی بصری	انرژی‌زا بودن ارتباط با بیرون، حس زمان/ فصل، دید و منظر، کیفیت نورپردازی(یکنواختی،پراکند گی)	نور طبیعی	50 نفر	مصاحبه‌ی حضوری
	گکاسلان و ارکان 2020	آزمایشگاهی	فیزیولوژیکی رفتاری- انگیزشی	تصمیم‌گیری فضایی و حرکات چشمی تمایل به بودن و ماندن در فضا	میزان نور طبیعی به دلیل تناسبات مختلف پنجره‌ها	32 نفر	وبکم متصل به کامپیوتر شخصی
11	یاکوبیک و همکاران 2020	پیمایشی و مشاهده‌ای		رضایتمندی ساکنین	معیارهای نور روز مبتنی بر آب و هوا	326 نفر	پرسشنامه‌ی رضایتمندی با مقیاس هفتگانه‌ی لیکرت مانیتورینگ محیط
12	موسکوسو و همکاران 2021	پیمایشی	هیجانی شناختی بصری	خوشایندی، جذابیت، هیجان و آرامش پیچیدگی، دلبازی درخشندگی، میزان دید	ابعاد پنجره و میزان نور نوع آسمان ابعاد فضا کاربرد ساختمان	150 نفر	پرسشنامه‌ی شفاهی برگرفته از مدل PAD، 11 رتبه‌ای
13	ونوگوپال و همکاران 2020	پیمایشی	هیجانی فیزیولوژیکی	احساس افسردگی کمبود ویتامین دی نداشتن شادی	عدم وجود نور روز	73 نفر	مصاحبه‌ی حضوری
14	چامیلوتاری و همکاران 2019	پیمایشی و آزمایشگاهی	هیجانی فیزیولوژیکی	خوشایندی، جذابیت، هیجان ضربان قلب و رسانایی پوستی	طراحی نما هندسه‌ی پرتوی نور	72 نفر	پرسشنامه‌ی شفاهی برگرفته از مدل PAD، 10 رتبه‌ای مچبند Empatica E4 برای ضربان قلب، 2 الکترود مچبند برای رسانایی پوست
15	ارگان و همکاران 2019	پیمایشی و آزمایشگاهی	هیجانی نوروفیزیولوژیکی فیزیولوژیکی رفتاری- انگیزشی	استرس و اضطراب فعالیت مغزی پاسخ رسانایی پوست و تغییرات ضربان قلب	وجود نور طبیعی مقدار کافی از نور طبیعی	40 نفر	پرسشنامه‌ی خودارزیابی و دوقطبی، مقیاس پنجگانه لیکرت، برگرفته از مقیاس پاناس

	نویسنده سال	نوع روش	نوع تجربه کاربر در فضا	شاخص‌های سنجش متغیر وابسته (تجربه فضایی)	متغیرهای مستقل	تعداد نمونه	ابزار سنجش
				میزان علاقه به ماندن در فضا			شبکه‌ای از سنسورهای بدنی
16	ارگان، شی و یو 2018	پیمایشی	هیجانی	تجربه درمانگری تجربه استرس و اضطراب: تجربه لذت زیبایی‌شناختی:	وجود/ عدم وجود نور روز	297 نفر	پرسشنامه‌ی خودارزیابی و دوقطبی، با مقیاس پنجگانه‌ی لیکرت، برگرفته از مقیاس پاناس
17	حیدریان و همکاران 2017	پیمایشی و مشاهده‌ای	رفتاری-انگیزشی	رفتار انتخابی، عملکرد افراد- سرعت خواندن و درک مطلب	نوع منبع تأمین نور (نور طبیعی یا مصنوعی) و شدت نور	90 نفر	خواندن متن، پاسخ به پرسش برگرفته از تست شخصیت‌شناسی بیگ فایو
18	موسکوسو و ماتوسیاک 2018	پیمایشی	هیجانی شناختی	خوشایند/ ناخوشایند، کسل- کننده / هیجان‌انگیز نامنظم/ منظم، ساده/ پیچیده، ناخوانا/ خوانا، نامنسجم/منسجم، دلباز/ تنگ، بسته/ باز، از نظر فضایی تعریف شده/ از نظر فضایی تعریف نشده	سیستم‌های مختلف تأمین نور روز (طاقچه‌ی نوری، پرده کرکره، طاقچه‌ی نوری هیبریدی و آینه‌ای) دو نوع آسمان صاف و پوشیده از ابر	50 نفر	پرسشنامه‌ی خودارزیابی 7 رتبه‌ای برگرفته از مدل PAD مصاحبه‌ی 15 دقیقه‌ای
19	کیم و منزفیلد 2016	پیمایشی	هیجانی شناختی رفتاری- انگیزشی بصری فیزیولوژیکی	خوشایند/ ناخوشایند، برانگیختگی/ آرامش ظاهر بصری (جذابیت)، میزان رضایتمندی انتخاب کیفیت نورپردازی، حساسیت منفی، سرخی، خستگی و خشکی چشم	وجود/عدم وجود نور روز	168 نفر	پرسشنامه‌ی خودارزیابی 7 رتبه‌ای برگرفته از مدل PAD
20	بخارایی و نثار 2016	پیمایشی	هیجانی شناختی	دلباز بودن (کوچکی و بزرگی/ محدود و جادار) ترجیح فضایی (هیجان انگیزی، جذابیت و خوشایندی	وجود/عدم وجود نور روز و پنجره	61 نفر	پرسشنامه‌ی خودارزیابی برگرفته از مدل PAD، 11 رتبه‌ای
21	پینتر و همکاران 2016	مشاهده‌ای و پیمایشی	هیجانی شناختی بصری رفتاری-انگیزشی	آسایش بصری هوشیاری، رفاه، رضایت کلی وضوح دید بکارگیری کنترل‌گر الکتروکرومیک پنجره‌ها	رضایت از شدت نور روز	4 نفر	پرسشنامه‌ی خودارزیابی 3 رتبه‌ای در نظرسنجی روزانه پرسشنامه‌ی دوقطبی مصاحبه
22	فان‌در زوارت و فان‌در وردت 2015	بررسی موردی	شناختی بصری	رضایت بیماران	پنجره و دسترسی به نور روز	1 بنا	تعریف گره و محورهای مختلف در پلان و تحلیل با روش نحو فضایی (اسپیس سینتکس) به کمک نرم افزارهای مرتبط

جدول 3- نکات مثبت و منفی هر یک از روش‌های مورد استفاده در مطالعات نور روز
Tab. 3- Pros and cons of each method used in daylight studies

	پیمایشی	آزمایشگاهی/ آزمایشگاهی و پیمایشی	مشاهده‌ای/ مشاهده‌ای و پیمایشی	بررسی موردی
نکات مثبت	روایی زیاد است. آزمودنی در انتخاب زمان شرکت در پیمایش آزاد است. امکان مقایسه با سایر پژوهش‌ها به دلیل تعداد بیشتر پیشینه‌ی پژوهش وجود دارد.	روایی و اعتبار، بخصوص در ترکیب با روش پیمایشی زیاد است. قابلیت تعمیم یافته‌ها به جامعه‌ی بزرگ‌تر وجود دارد. امکان استفاده از تکنولوژی‌ها و دستگاه‌های به‌روز وجود دارد. نیاز به تعامل و همکاری با سایر رشته‌ها برای تحلیل و تعمیم یافته‌ها دارد.	پژوهشگرمحور است و نیاز کمتری به همکاری آزمودنی دارد. با محیط و شرایط واقعی ارتباط دارد. دسترسی بی‌واسطه‌تری به داده‌ها وجود دارد.	هزینه‌ی آن کمتر است.
نکات منفی	پاسخ‌ها محدود هستند. امکان داشتن داده‌های ناقص و نامعتبر وجود دارد. به نمونه‌ی زیاد نیاز دارد.	در انتخاب نمونه و دستکاری آنها به دلایل علمی و اخلاقی محدودیت وجود دارد. بکارگیری تجهیزات آزمایشگاهی گاهاً هزینه‌بر و زمان‌بر است و نیاز به آشنایی دارد.	زمان‌بر است و به همین دلیل امکان خستگی پژوهشگر و یا قطع همکاری آزمودنی‌ها وجود دارد. در انتخاب آزمودنی محدودیت وجود دارد. یافته‌ها ممکن است مختص نمونه‌ی مورد مطالعه باشد.	در انتخاب آزمودنی محدودیت وجود دارد. یافته‌ها مختص نمونه‌ی مورد مطالعه است.

4-نتیجه‌گیری

تحقیق حاضر مروری بر ادبیات موجود در رابطه با تجربه فضایی کاربران در مطالعات مربوط به نور روز بود که در آن با بررسی ساختاریافته‌ی ادبیات و مفاهیم در مقالات پژوهشی معتبر موجود، به توصیف، تحلیل و ترکیب ابزارها، روش‌ها و معیارهای سنجش تجربه فضایی پرداخته شد. با توجه به این پیشینه، می‌توان تجربه انسان در مقابل نور روز را در شش گروه فیزیولوژیکی، نوروفیزیولوژیکی، هیجانی، رفتاری-انگیزشی، شناختی و بصری تقسیم‌بندی کرد. در مقایسه با سایر دسته‌بندی-های صورت گرفته می‌توان تجربه بصری و نیز تجربه فیزیولوژیک چشم و بینایی را مختص مطالعات مربوط به نور روز دانست که در سایر پژوهش‌ها به آنها اشاره کمتری شده است.

در گام بعدی انواع روش‌های تحقیق انجام شده در گروه‌های پیمایشی، آزمایشگاهی، مشاهده‌ای، بررسی موردی و همچنین ترکیب این روش‌ها دسته‌بندی شدند. نتایج پژوهش نشان داد که اگرچه تلاش‌های ابتدایی به وسیله روش‌ها و ابزارهای ساده مانند مشاهدات میدانی، پرسشنامه و مصاحبه انجام می‌شد، اما امروزه با پیشرفت تکنولوژی، علوم دیگر مانند بیوانفورماتیک، هوش مصنوعی، واقعیت مجازی و علوم اعصاب و یا ترکیبی از آنها باعث شکل‌گیری چشم‌اندازها، ابزار گردآوری داده وروش‌های اندازه‌گیری جدیدی شده که دانش اثر متقابل انسان و محیط ساخته‌شده‌اش را گسترش داده‌اند. همچنین سبب ایجاد ارتباط میان علوم اعصاب و معماری شده است. یافته‌های حاصل از مطالعه پژوهش‌ها نشان داد که روش‌های پیمایشی، مشاهده‌ای و پس‌رویدادی گام مهمی در ارزیابی تجربه افراد محسوب می‌شوند، اما اغلب زمانبر و مستعد خطاهای ناشی از محدودیت انتخاب نمونه و ارزیابی افراد از احساساتشان هستند. به همین دلیل در پژوهش‌های نوآور، از حسگرهای بیومتریک برای بررسی پاسخ‌های فیزیولوژیک و نوروفیزیولوژیک افراد در مواجهه با فضای معماری، به صورت مستقل و یا در کنار روش‌های پیمایشی استفاده شده است.

به همراه این حسگرها، پیشرفت‌های انجام شده در ایجاد فضاهای سه‌بعدی و تصاویر خروجی نزدیک به واقعیت آنها، عکس‌برداری‌های 360 درجه و نمایش آنها به صورت مجازی و غوطه‌ور با انواع هدست‌ها و مانیتورهای بزرگ، امکان مواجهه افراد با ویژگی‌های گوناگون معمارانه نور روز را به طور همزمان و با صرف هزینه و زمان کمتر مهیا می‌سازد. بر اساس مطالعات، علوم اعصاب رویکرد جدیدی در رابطه با سنجش تجربه فضایی کاربران در

مواجهه با نور روز ارائه می‌دهد که براساس آن احساسات و واکنش‌های افراد نسبت به محیط اطرافشان براساس عملکرد مغز و پاسخش نسبت به محرک‌های مختلف وابسته به نور روز (مانند شدت روشنایی، نوع آسمان، میزان درخشندگی، هندسه سایه و نور و مانند آن) تحلیل می‌شود.

یادگیری ماشینی و الگوریتم‌های آن نیز، که استفاده از آن در مطالعات نور روز در حال گسترش است، ابزارهای تحلیلی جدیدی را در اختیار معماران قرار می‌دهند تا مدل‌های پیش‌بینی تجربیات و رفتار انسانی و آنالیزهای قوی‌تری را ارائه دهند. آنچه مسلم است علم اعصاب بسیار گسترده است و پژوهشگران هنوز نتوانسته‌اند به خوبی از آن در معماری بهره ببرند، اما این نکته را می‌دانند که تجارب انسان و به طور خاص‌تر تجربه فضایی او، از مغز، ذهن و آگاهی او نشأت می‌گیرد. همچنین تعداد کم مقالات تجربی و آزمایشگاهی در این زمینه بیانگر خلأ موجود و لزوم پرداختن به این روش است. آنچه به‌کارگیری روش‌های آزمایشگاهی را دشوار می‌سازد، شناخت درست، استفاده به‌جا و صحیح از حسگرها و توانایی تحلیل و بازمعنای اطلاعات به دست آمده است که نیازمند همکاری میان‌رشته‌ای معماری با سایر رشته‌های مرتبط مانند متخصصین و پژوهشگران علوم شناختی، علوم اعصاب، روان‌شناسی و مانند آن است تا زمینه‌ساز پیشرفت‌های آینده شود.

پی‌نوشت

[1] User Experience Design: UX Design
[2] Don Norman
[3] Design for Experience: Where Technology Meets Design and Strategy
[4] Peter Benz
[5] Experience Design Concepts and Case Studies
[6] Environmental Experience Design (EXD)
[7] Emotional
[8] Restorativeness
[9] SAM Questionnaire
[10] Positive and Negative Affect Schedule, PANAS
[11] Neuroarchitecture
[12] EEG: Electroencephalogram
[13] Machine learning
[14] Ladybug
[15] HoneyBee
[16] Energyplus
[17] Open Studio
[18] VR Headset

منابع

Abd-Alhamid, Fedaa, et al. (2019). Developing an Innovative Method for Visual Perception Evaluation in a Physical-Based Virtual Environment. *Building and Environment*, Volume 162, 106278, 1-39. DOI: 10.1016/j.buildenv.2019.106278.

Azzazy, Sameh; Ghaffarianhosseini, Amirhosein; GhaffarianHosseini, Ali; Naismith, Nicola & Doborjeh, Zohreh (2021). A critical review on the impact of built environment on users' measured brain activity. *Architectural Science Review*, Volume 64, Issue 4, 319-335. DOI: 10.1080/00038628.2020.1749980.

Bakker, Iris; Van Der Voordt, Theo; Vink, Peter. & Boon, Jan De (2014). Pleasure, Arousal, Dominance: Mehrabian and Russell Revisited. *Curr Psychol* 33, 405–421. DOI:10.1007/s12144-014-9219-4.

Barrett, L. F., & Bar, M. (2009). See it with Feeling: Affective Predictions during Object Perception. Philosophical Transactions of the Royal Society B: *Biological Sciences*, 364 (1521): 1325–1334. DOI:10.1098%2Frstb.2008.0312.

Bokharaei, Saleheh & Nasar, Jack (2016). Perceived Spaciousness and Preference in Sequential Experience. *Human Factors*, Vol. 58, No. 7, 1069–1081. DOI: 10.1177/0018720816650068.

Brown, S., Gao, X., Tisdelle, L., Eickhoff, S. B., & Liotti, M. (2011). Naturalizing Aesthetics: Brain Areas for Aesthetic Appraisal Across Sensory Modalities. *NeuroImage*, 58(1), 250–258. DOI:10.1016/j.neuroimage.2011.06.012.

Chamilothori, et al. (2019a). Subjective and Physiological Responses to Façade and Sunlight Pattern Geometry in Virtual Reality. *Building and Environment*, 144-155. DOI:10.1016/j.buildenv.2019.01.009.

Chamilothori, Kynthia; Wienold, Jan & Andersen, Marilyne (2019b). Adequacy of Immersive Virtual Reality for the Perception of Daylit Spaces: Comparison of Real and Virtual Environments. , *LEUKOS*, 15:2-3, 203-226, DOI:10.1080/15502724.2017.1404918.

Architecture. New York: Oxford University Press.
Ergan, Semiha; Shi, Zhuoya & Yu, Xinran (2018). Towards Quantifying Human Experience in the Built Environment: A Crowdsourcing Based on Experiment to Identify Influential Architectural Design Features, *Journal of Building Engineering*, 51-59. DOI:10.1016/j.jobe.2018.07.004.

Ergan, et al. (2019). Quantifying Human Experience in Architectural Spaces with Integrated Virtual Reality and Body Sensor Networks. *Computing in Civil Engineering*, 33(2), 1-13. DOI:10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000812.

Fathy, Fatma; Mansour, Yasser; Sabry, Hanan; Rafat, Mostafa & Wagdy, Ayman (2023). Virtual reality and machine learning for predicting visual attention in a daylit exhibition space: A proof of concept. *Ain Shams Engineering Journal*, 14, 102098, 1-19. DOI: 10.1016/j.asej.2022.102098.

Flynn J.E., Spencer T.J., Martyniuk O. & Hendrick C. (1973). Interim Study of Procedures for Investigate the Effect of Light on Impression and Behavior. *J Illum Eng Soc*, 3(87), 87-94. DOI:10.1080/00994480.1973.10732231.

Ghorbanshiroudi, Shohreh & Abbas Ghorbani (2011). Sensation seeking among positive and negative test standardization Panas. *Journal of Educational Psychology*, Volume 2, Issue 4, 77-93. https://sanad.iau.ir/en/Article/953728. [in Persian]

Gökaslan, Ali & Erkan, İlker (2020). A Cognitive Investigation of Interior Effects of Window Sizes. *New Design Ideas*, Vol.4, No.2, 138-150. http://jomardpublishing.com/UploadFiles/Files/journals/NDI/v4n2/Gokaslan_Erkan.pdf.

Goldhagen, S.W. (2017). *How the Built Environment Shapes Our Lives*. NY: Harper Collins Publisher.

Heydarian, Arsalan, et al. (2017). Towards User Centered Building Design: Identifying End-user Lighting Preferences via Immersive Virtual Environments. Automation in Construction, 81, 56-66. DOI: 10.1016/j.autcon.2017.05.003.

Chamilothori, et al. (2022a). Regional Differences in the Perception of Daylit Scenes Across Europe Using Virtual Reality. Part II: Effects of Façade and Daylight Pattern Geometry. *LEUKOS*, 18 (3), 316-340. DOI:10.1080/15502724.2021.1999257.

Chamilothori, et al. (2022b). Subjective and Physiological Responses towards Daylit Spaces with Contemporary Façade Patterns in Virtual Reality: Influence of Sky Type, Space Function, and latitude. *Journal of Environmental Psychology*, 82, 101839, 1-21. DOI:10.1016/j.jenvp.2022.101839.

Charland, L. C. (2005). The Heat of Emotion. Valence and the Demarcation Problem. *J. Conscious. Stud*, 12, 82–102. https://www.ingentaconnect.com/content/imp/jcs/2005/00000012/f0030008/art00005#Refs.

Chowdhury, Sajal; Noguchi, Masa & Doloi, Hemanta (2020). Defining Domestic Environmental Experience for Occupants' Mental Health and Wellbeing. *Designs* 4 (26), 1-17. DOI:10.3390/designs4030026.

Coburn, A., et al. (2020). Psychological and Neural Responses to Architectural Interiors. *Cortex*, 126, 217-241. DOI:10.1016/j.cortex.2020.01.009.

Daneshgarmoghaddam, Golrokh & Eslampou, Marmar (2013). Study of the Affordance Theory Based on Gibson's Point of View and Its Effects on Studies of Human-Built Environment. *Armanshahr Architecture & Urban Development*. Volume 5, Issue 9, 73-86. https://www.armanshahrjournal.com/article_33213.html?lang=en. [in Persian]

Dombeck, D.A. & Reiser, M.B. (2012). Real Neuroscience in Virtual Worlds. *Curr. Opin. Neurobiol*. 22 (1), 3-10. DOI: 10.1016/j.conb.2011.10.015.

Dravigne, A.; Waliczek, T.M.; Lineberger, R.D. & Zajicek, J.M. (2008). The Effect of Live Plants and Window Views of Green Spaces on Employee Perceptions of Job Satisfaction. *HortScience* 43 (1), 183-187. DOI:10.21273/HORTSCI.43.1.183.

Eberhard, John P. (2008). *Brain landscape: The Coexistence of Neuroscience and*

Mehrabian, A., & Russell, J.A. (1974). The Basic Emotional Impact of Environments. Perceptual and Motor Skills. 1974; 38 (1), 283-301. DOI:10.2466/pms.1974.38.1.283.

Moosavian, Somayeh; Amin Zadeh, Behnaz & Shahcheraghi, Azadeh (2020). Explaining the conceptual model of the effective components on the formation of the architectural experience. *Journal of Architectural Thought*, Volume 3, Issue 6, 59-75.
DOI: 10.30479/at.2019.11332.1290. [in Persian]

Moosavian, Somayeh (2022). Explaining a Conceptual Model of Components Affecting Aesthetic Experience of Architecture in Cognitive Sciences. *Journal of Bagh-e Nazar*, volume 19, Issue 107, 41-56.
DOI: 10.22034/bagh.2021.279519.4849. [in Persian]

Moscoso, Claudia & Matusiak, Barbara (2018). Aesthetic Perception of a Small Office with Different Daylighting Systems. Indoor and Built Environment, 0(0), 1-16. DOI: 10.1177/1420326X17711490.

Moscoso, Claudia, et al. (2021). Window Size Effects on Subjective Impressions of Daylit Spaces: Indoor Studies at High Latitudes Using Virtual Reality. *Leukos, the journal of the Illuminating Engineering Society*, 1-23.
DOI: 10.1080/15502724.2020.1726183.

Mostafavi, Armin; Cruz-Garza, Jesus & Kalantari, Saleh (2023). Enhancing lighting design through the investigation of illuminance and correlated color Temperature's effects on brain activity: An EEG-VR approach. Journal of *Building Engineering*, 75, 106776, 1-18. DOI: 10.1016/j.jobe.2023.106776.

Noguchi, Masa; Lan, Li; Chowdhury, Sajal & Yang, Wei (2022). Chapter 11: Environmental Experience Design Research Spectrum for Energy and Human Well-being. Editor Muhammad Asif, Handbook of Energy and Environmental Security. *Academic Press*, 207-229. DOI:10.1016/B978-0-12-824084-7.00002-3.

Painter, Birgit, et al. (2016). Evaluation of a Mixed Method Approach for Studying User Interaction with Novel Building Control

Hu, Ming, et al. (2021). Exploring a Sustainable Building's Impact on Occupant Mental Health and Cognitive Function in a Virtual Environment. Scientific Reports, 11(5644), 1-13.
DOI: 10.1038/s41598-021-85210-9.

Jakubiec, J. & Srisamranrungr, T. (2021). Long-term Visual Quality Evaluations Correlate with Climate-based Daylighting Metrics in Tropical Offices – A Field Study. *Lighting Res. Technol*, 0, 1-25.
DOI: 10.1177/1477153520926528.

Jam, Fatemeh; Azemati, Hamid Reza; Ghanbaran, Abdolhamid & Saleh Sedghpour, Saleh (2019). Identification and Classification of Architects' Mental Patterns in Aesthetic Judgment of Residential Building Façade, Using the Q- Factor Analysis. *Journal of Architectural Thought*, Volume 3, Issue 5, 141-154.
DOI: 10.30479/at.2019.10578.1198. [in Persian]

Jeong, J. (2014). Neuroarchitecture: Is it a New Vision or ad Hoc Solution? Design through Digital Fabrication. Archit. Inst. *Korea Spec. Feature Rev. Archit. Build. Sci* (58), 12-15. https://scholar.google.com/scholar_lookup?journal=Archit.+Inst.+Korea+Spec.+Feature+Rev.+Archit.+Build.+Sci.&title=Neuroarchitecture:+Is+it+a+new+vision+or+ad+hoc+solution?+Design+through+Digital+Fabrication&author=J.+Jeong&volume=58&publication_year=2014&pages=12-15&.

Kim, S.; Park, H., & Choo, S. (2021). Effects of Changes to Architectural Elements on Human Relaxation Arousal Responses: Based on VR and EEG. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 18(4305), 1-28. DOI:10.3390/ijerph18084305.

Kong, Zhe, et al. (2022). Subjective and Physiological Responses towards Interior Natural Lightscape: Influences of Aperture Design, Window Size and Sky Condition. *Buildings*, 12(1612), 1-16. DOI:10.3390/buildings12101612.

Ma, Nan; Chau, Hing-wah; Zhou, Jin & Noguchi, Masa (2017). Structuring the Environmental Experience Design Research Framework through Selected Aged Care Facility Data Analyses in Victoria. Sustainability, 9, 2172, 1-16. DOI:10.3390/su9122172.

Experiences in Underground Workplaces: A Qualitative Investigation. *Ergonomics*, DOI:10.1080/00140139.2020.1780306

Vijayan, Vickram Thevar & Embi, Mohamed Rashid (2019). Probing Phenomenological Experiences through Electroencephalography Brainwave Signals in Neuroarchitecture Study. *International Journal of Built Environment and Sustainability*, 6 (3), 11-20. DOI:10.11113/ijbes. v6. n3.360.

Warriner, Amy Beth; Kuperman, Victor & Brysbaert, Marc (2013). Norms of Valence, Arousal, and Dominance for 13,915 English Lemmas. *Behav Res*, 45: 1191- 1207. DOI: 10.3758/s13428-012-0314-x.

Zhang, Rui, et al. (2020). Effect of Indoors Artificial Lighting Conditions on Computer-Based Learning Performance. International Journal of Environmental Research and Public Health, 17(2537), 1-11. DOI:10.3390/ijerph17072537.

Zou, Zhengbo & Ergan, Semiha (2019). *Where Do We Look? An Eye-Tracking Study of Architectural Features in Building Design*. In: Mutis, I., Hartmann, T. (eds) Advances in Informatics and Computing in Civil and Construction Engineering. Cham: Springer, 439-446.
DOI:10.1007/978-3-030-00220-6_52.

Zou, Zhengbo & Ergan, Semiha (2021). Evaluating the Effectiveness of Biometric Sensors and their Signal Features for Classifying Human Experience in Virtual Environments. *Advanced Engineering Informatics*, 49(101358), 1-11.
DOI: 10.1016/j.aei.2021.101358.

Zwart Van der, Johan; Voordt Van der & Theo J. M. (2015). Pre-Occupancy Evaluation of Patient Satisfaction in Hospitals. *Health Environments Research & Design Journal*, Vol. 9(1) 110-124. DOI:10.1177/1937586715595506.

Technology. *Energies*, 215, 9 (3). DOI:10.3390/en9030215.

Pallasmaa, Juhani (2007). *The Eyes of Skin: Architecture and the Senses*. UK: Wiley.
Pallasmaa, Juhani (2014). Space, Place and Atmosphere. Emotion and Peripherical Perception in Architectural Experience. *Lebenswelt*, 4(1), 230-245. DOI:10.13130/2240-9599/4202.

Papale, Paolo, et al. (2016). When Neuroscience 'Touches' Architecture: From Hapticity to a Supramodal Functioning of the Human Brain. Front. Psychol. 7:866, 1-8. DOI:10.3389/fpsyg.2016.00866.

Pastore, Luisa & Andersen, Marilyne (2020). The Influence of Façade and Space Design on Building Occupants' Indoor Experience. *Journal of Building Engineering*, 46 (103663), 1-16. DOI: 10.1016/j.jobe.2021.103663.

Presti, P.; Ruzzon, D.; Avanzini, P.; Caruana, F.; Rizzolatti, G. & Vecchiato, G. (2022). Measuring Arousal and Valence Generated by the Dynamic Experience of Architectural forms in Virtual Environments. *Sci Rep*. 4;12(1):13376, 1-12,
Doi: 10.1038/s41598-022-17689-9. PMCID: PMC9352685.

Ru, Taotao, et al. (2023). Temporal tuning of illuminance and spectrum: Effect of a full-day dynamic lighting pattern on well-being, performance and sleep in simulated office environment. *Building and Environment*: 228, 109842.
DOI: 10.1016/j.buildenv.2022.109842.

Russell, James (1980). A Circumplex Model of Affect. *Journal of Personality and Social Psychology*, 39(6), 1161-1178. DOI:10.1037/h0077714.

Sawyer, Azadeh (2022). Imagining Daylight: Evaluating Participants' Perception of Daylight in Work Environments. *Indoor and Built Environment*, 0(0), 96-108.
DOI: 10.1177/1420326X20977600.

Venugopal, Vinita; Roberts, Adam Charles; Kwok, Kian-Woon; Christopoulos, George I. & Soh, Chee Kiong (2020). Employee