Haft Hesar Journal of Environmental Studies
ISSN: 2322-5602
دانشگاه آزاد اسلامی واحد همدان
فصلنامه مطالعات محیطی هفت حصار

Research Article Vol. 15, No. 57, Autumn 2026, pp. 43–64

Neuroarchitecture and Children's Visual Intelligence Explaining the Role of Brain-Based Design in Enhancing Children's Learning Experience

Negarzahra Ghani[1], Hamid Majedi[1*], Farah Habib[1]

1. Department of Architecture, SR.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran.

ARTICLE INFO

HJES, 2026
Vol. 15, No. 57, pp. 43–64
Received: 2025/08/26
Accepted: 2026/01/05

Article Type:
Research Article- Case Study

Keywords:
Neuroarchitecture, Visual-Spatial Intelligence, Educational Space Design, Perceptual Neuroscience, Cognitive Neuroscience

Cite this article:
Ghani, N., Majedi, H., & Habib, F. (2026). Neuroarchitecture and Children's Visual Intelligence Explaining the Role of Brain-Based Design in Enhancing Children's Learning Experience. *Haft Hesar Journal of Environmental Studies, 15*(57), 43–64.

EXTENDED ABSTRACT

Introduction: Growing attention to the effects of the physical environment on cognitive functions has positioned neuroarchitecture, a novel integration of architectural design and neuroscience, as a scientific foundation for improving the quality of learning spaces. Drawing on cognitive neuroscience and brain imaging, this approach seeks to align spatial components with the structure and function of the human brain, particularly during the early years of development, when neural plasticity is at its peak and spatial experiences leave lasting traces on perceptual patterns. Among the cognitive capacities shaped in this period, visual-spatial intelligence, one of the key components of Gardner's theory of multiple intelligences, plays a decisive role in mental imagery, information processing, visual reasoning, spatial orientation and spatial learning. Evidence from neuroimaging and physiological research indicates that features of the built environment such as daylight, geometry, proportion, colour and sensory richness can influence key brain regions, including the anterior cingulate cortex, the parahippocampal place area, the hippocampus and the prefrontal cortex, which are involved in spatial processing, environmental memory, attention and emotional regulation. Field studies in schools have further shown that daylight, green space, varied forms, purposeful colour schemes and human scale improve concentration, motivation and social interaction, and the HEAD project has attributed up to 16% of the variation in pupils' academic progress to the physical characteristics of classrooms. Nevertheless, only a limited number of studies have directly used the neuroarchitectural framework to analyse the effects of the educational environment on visual-spatial intelligence; Iranian research in particular has focused on the overall quality of school environments rather than on the neuro-cognitive mechanisms that link design components to children's abilities. This article is derived from a broader study in which 23 architectural components affecting children's visual-spatial intelligence were identified. Focusing on the neuroarchitectural approach, the present paper selects eight of these components with the strongest theoretical and empirical links to neuro-perceptual mechanisms, namely natural light; order, legibility and spatial rhythm; colour; geometry, form and scale; privacy; flexibility and adaptability; play space; and acoustics. Its aim is to explain a conceptual model showing how these architectural components of educational spaces can enhance children's visual intelligence through the mediation of neuro-cognitive perceptual processes, and thereby to offer practical guidance for architects, educational designers and policy-makers.

* Corresponding Author's E-mail: majedi@iau.ac.ir

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-29]

Methodology: The study adopts a descriptive-analytical approach based on secondary analysis of data from a quantitative field study. The theoretical framework rests on the intersection of three domains: Gardner's theory of multiple intelligences, which introduces visual-spatial intelligence as an independent and trainable capacity; environmental psychology and theories of attention and perception, such as Attention Restoration Theory, which explain how the environment organizes perceptual experience and concentration; and neuroarchitecture and cognitive neuroscience, which provide empirical evidence of the effects of architectural elements on brain function. The primary data were collected from 400 teachers, architects and child psychology specialists in primary schools of Tehran using a structured questionnaire whose items addressed architectural components and dimensions of visual intelligence, based on Gardner's theory and architectural studies. In the original study, the mediating variable "psychological constructs of space" (psychological calm, sense of security and sense of belonging) had been examined; in the present theoretical re-analysis, it was redefined as the "neuro-perceptual quality of space", referring to the way brain regions are activated when children encounter environmental components such as natural light, colour, spatial rhythm and geometry. Structural equation modelling (SEM) was carried out in LISREL; model fit indices, path coefficients and explained variance (R^2) were computed for each latent variable. The analyses were based on eight neuroarchitectural components (observed variables of the latent construct "neuroarchitecture") and nine dimensions of visual-spatial intelligence: spatial skills, curiosity, mathematical problem solving, creativity, learning, behavioural impact, effective communication, reasoning and information processing. Rotated factor analysis, Pearson correlation analysis between components and intelligence dimensions, and descriptive statistics (mean, standard deviation, variance, skewness and kurtosis) were used to rank the components and to interpret the structural model.

Results: All eight components loaded significantly on the latent construct of neuroarchitecture. Natural light ($\lambda = 0.715$) and acoustics ($\lambda = 0.707$) showed the highest loadings, followed by privacy ($\lambda = 0.665$), order and legibility ($\lambda = 0.628$), play space ($\lambda = 0.575$), form and proportion ($\lambda = 0.500$), spatial division and flexibility ($\lambda = 0.494$) and colour diversity ($\lambda = 0.411$). The nine dimensions of visual-spatial intelligence had high loadings between 0.76 and 0.85, with creativity (0.85) and information processing (0.84) being the strongest indicators. The path coefficient from neuroarchitecture to visual-spatial intelligence was $\beta = 0.65$, indicating a strong positive effect of brain-based design quality on children's visual-spatial abilities. All correlations between components and intelligence dimensions were significant at the 0.01 level. Natural light was most strongly correlated with spatial skills ($r = 0.547$), information processing (0.479) and learning (0.445); acoustics with spatial skills (0.517) and creativity (0.454); flexibility with creativity (0.506) and learning (0.499); and play space with creativity (0.509), learning (0.503) and problem solving (0.495). Colour was associated mainly with learning (0.486) and creativity (0.466), legibility and spatial rhythm with curiosity (0.396), privacy with behavioural impact (0.426) and reasoning (0.422), and geometry and scale with reasoning (0.379). In the descriptive statistics, order and legibility and spatial division and flexibility obtained the highest mean scores, whereas privacy ranked last.

Discussion: The findings support the hypothesis that the spatial quality of schools, when aligned with neuroarchitectural criteria, facilitates the development of children's visual intelligence by stimulating neural perceptual systems such as the visual cortex, hippocampus, amygdala and prefrontal regions. Natural light, acoustics, play space and spatial flexibility exert the broadest overall influence, since they combine high factor loadings with strong correlations across many dimensions; privacy acts mainly on behavioural, communicative and reasoning dimensions, while geometry, proportion and colour play balanced, complementary roles, and spatial legibility supports curiosity and reasoning. Neuroarchitecture thus functions not merely as a set of physical features but as a psychological-neural mediating construct that modulates perceptual and cognitive processes. The final conceptual model was simplified to show the main causal flow across three levels (architectural, neuro-cognitive and intelligence-related) while retaining mediating mechanisms such as attention, emotion, spatial perception and memory. Compared with previous Iranian and international studies, which mostly assessed the general quality of school environments or focused on creativity alone, this research links eight design components directly to neuro-cognitive mechanisms and to the dimensions of visual-spatial intelligence, offering an operational framework for brain-based school design. Accordingly, designers of primary schools should prioritize daylight, acoustic quality, diverse play spaces and flexible layouts, complemented by quiet retreat areas, legible circulation and purposeful use of colour. Future studies are recommended to test the model directly with children using physiological and neural measures such as EEG and eye tracking in real classrooms.

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-29]

فصلنامه
مطالعات محیطی هفت حصار
Haft Hesar Journal of Environmental Studies
ISSN: 2322-5602
دانشگاه آزاد اسلامی واحد همدان

مقاله پژوهشی | شماره پنجاه و هفتم/ سال پانزدهم/ پاییز ۱۴۰۵، صفحات ۴۳-۶۴

نوروان معماری و هوش بصری کودکان تبیین نقش طراحی مبتنی بر عملکرد مغز در ارتقای تجربه یادگیری کودکان*

نگارزهرا غنی[۱]، حمید ماجدی[۱]، فرح حبیب[۱]**

۱. گروه معماری، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

اطلاعات مقاله

مطالعات محیطی هفت حصار، ۱۴۰۵
دوره ۱۵، شماره ۵۷، صفحات ۴۳-۶۴
تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۶/۰۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۰/۱۵

نوع مقاله:
پژوهشی – مطالعه موردی

واژگان کلیدی:
نوروان‌معماری، هوش بصری-فضایی، طراحی فضای آموزشی، علوم اعصاب ادراکی، علوم اعصاب شناختی

ارجاع به این مقاله:
غنی، نگارزهرا، ماجدی، حمید و حبیب، فرح (۱۴۰۵). نوروان‌معماری و هوش بصری کودکان تبیین نقش طراحی مبتنی بر عملکرد مغز در ارتقای تجربه یادگیری کودکان. *مطالعات محیطی هفت حصار*، ۱۵(۵۷)، ۴۳-۶۴.

چکیده

مقدمه: با رشد فزاینده توجه به اثرات محیط فیزیکی بر عملکردهای شناختی، رویکرد نوروان‌معماری به‌عنوان تلفیقی نوین از طراحی معماری و علوم اعصاب، بستری علمی برای ارتقای کیفیت فضاهای یادگیری فراهم آورده است. این رویکرد با تکیه بر یافته‌های علوم اعصاب شناختی و تصویربرداری مغزی می‌کوشد مؤلفه‌های فضایی را با ساختار و کارکرد مغز انسان، به‌ویژه در سال‌های نخست رشد، هم‌راستا سازد. در این میان، هوش بصری-فضایی که از اجزای کلیدی هوش‌های چندگانه گاردنر به شمار می‌رود، نقشی تعیین‌کننده در تصویرسازی ذهنی، پردازش اطلاعات، استدلال دیداری و یادگیری فضایی دارد. هدف این مقاله، تبیین مدلی مفهومی است که نشان دهد مؤلفه‌های معماری فضاهای آموزشی در چارچوب نوروان‌معماری چگونه می‌توانند از طریق واسطه‌گری فرایندهای ادراک عصبی-شناختی به ارتقای هوش بصری کودکان منجر شوند.

روش‌شناسی: پژوهش با رویکردی توصیفی-تحلیلی و بر پایه تحلیل ثانویه داده‌های یک مطالعه کمی انجام شده است. مؤلفه‌های شناسایی‌شده در قالب پرسشنامه در اختیار ۴۰۰ معلم و متخصص معماری و روان‌شناسی قرار گرفت و داده‌ها با مدل‌سازی معادلات ساختاری (SEM) در نرم‌افزار LISREL تحلیل شد.

یافته‌ها: یافته‌ها نشان می‌دهد مؤلفه‌هایی نظیر نور طبیعی، خوانایی فضایی، هندسه و فرم، مقیاس انسانی، ریتم فضایی و انعطاف‌پذیری محیط، با فعال‌سازی نواحی مغزی چون قشر بینایی (V1–V4)، هیپوکامپ، آمیگدالا و شبکه پیش‌پیشانی، بر فرایندهای ادراک فضایی، حافظه دیداری و جهت‌یابی شناختی اثر می‌گذارند. نور طبیعی و آکوستیک بیشترین بار عاملی را داشتند و ضریب مسیر نوروان‌معماری به هوش بصری-فضایی برابر با ۰/۶۵ به دست آمد.

بحث: چارچوب مفهومی پیشنهادی این مقاله، الگویی برای طراحی محیط‌های آموزشی مغزمحور ارائه می‌دهد که می‌تواند در بهینه‌سازی طراحی مدارس، تدوین استانداردهای آموزشی و ارتقای تجربه‌های یادگیری کودکان مؤثر واقع شود.

* این مقاله برگرفته از رساله دکتری نگارنده اول با عنوان «تبیین مدل مفهومی طراحی محیط‌های آموزشی کودکان ۷ تا ۱۲ سال با تأکید بر پرورش هوش بصری (مورد پژوهی: مدارس دخترانه منتخب شهر تهران)» به راهنمایی نگارنده دوم و مشاوره نگارنده سوم در دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات است.

** نویسنده مسئول:
majedi@srbiau.ac.ir

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-29]

مقدمه

رشد و تحول کیفی نظام آموزش کودکان در عصر حاضر، مستلزم بازنگری در نقش فضاهای آموزشی به‌مثابه بستری تأثیرگذار بر فرایندهای شناختی و عصبی است. یکی از جنبه‌های کلیدی این فرایند، هوش بصری–فضایی است که در چارچوب نظریه هوش‌های چندگانه گاردنر، به توانایی درک، تحلیل و سازمان‌دهی اطلاعات دیداری و فضایی اشاره دارد (Gardner, 2011). این ظرفیت شناختی نقشی اساسی در تجسم فضایی، حل مسئله، جهت‌یابی، خلاقیت و تعامل مؤثر با محیط ایفا می‌کند و رشد آن به‌شدت به کیفیت تجربه‌های محیطی وابسته است.

نوروان‌معماری به‌عنوان حوزه‌ای نوین، تأثیر محیط ساخته‌شده بر مغز و رفتار انسان و نقش عناصر طراحی همچون نور، رنگ، فرم و بافت را در ایجاد پاسخ‌های عصبی و هیجانی بررسی می‌کند و نشان می‌دهد این عناصر کالبدی چگونه می‌توانند بر فعالیت نواحی کلیدی مغز، از جمله قشر سینگولیت قدامی (ACC) و ناحیه پاراهیپوکامپال (PPA)، اثرگذار باشند. این نواحی در پردازش فضایی، جهت‌یابی، حافظه محیطی و تنظیم هیجان نقش حیاتی دارند (Abbas et al., 2024). طراحی هدفمند محیط آموزشی که با تحریک این مسیرهای عصبی همسو باشد، می‌تواند ظرفیت‌هایی همچون هوش بصری–فضایی، خلاقیت و یادگیری فعال را ارتقا دهد. نوروان‌معماری رویکردی میان‌رشته‌ای است که یافته‌های علوم اعصاب شناختی و روان‌شناسی محیطی را با اصول طراحی معماری پیوند می‌دهد تا چارچوبی علمی برای خلق فضاهایی فراهم آورد که افزون بر مطلوبیت عملکردی و زیبایی‌شناختی، ظرفیت‌های مغزی و ادراکی را نیز ارتقا دهند (Abbas et al., 2024; Assem et al., 2023). این رویکرد با مطالعه نحوه پردازش محیط توسط مغز و شناسایی اثر محرک‌های حسی و سازمان فضایی بر فعالیت عصبی، به خلق فضاهایی می‌انجامد که تجربه یادگیری و رشد مهارت‌های ادراکی کودکان را تقویت می‌کنند (Esenarro et al., 2023).

پژوهش‌های کاربردی نشان داده‌اند که بهره‌گیری از اصول معماری محرک عصبی در طراحی مدارس، شامل نور روز، فضای سبز، تنوع فرم، رنگ‌های هدفمند و مقیاس انسانی، تأثیر چشمگیری بر بهبود تمرکز، انگیزش و تعاملات اجتماعی کودکان دارد (Esenarro et al., 2023). همچنین مطالعات مبتنی بر EEG بیانگر آن است که تغییر در هندسه و نورگیری کلاس‌ها می‌تواند الگوهای فعالیت مغزی را دگرگون سازد و با کاهش بار شناختی، زمینه را برای پردازش مؤثرتر اطلاعات فراهم آورد (Cruz-Garza et al., 2022; Castilla et al., 2023). نور روز طبیعی نیز عملکرد حافظه کاری و خلق‌وخو را بهبود می‌بخشد و توجه پایدار و هوشیاری دانش‌آموزان را افزایش می‌دهد (Westwood et al., 2023; Choi et al., 2019).

افزون بر نور و روشنایی، هندسه و فرم فضا نیز نقش مهمی در ارتقای تجربه ادراکی و هیجانی کودکان دارد. یافته‌های پژوهش‌های مبتنی بر واقعیت مجازی (VR) نشان می‌دهد که استفاده از فرم‌های منحنی در طراحی فضا، در مقایسه با فرم‌های زاویه‌دار، اثرات مثبت‌تری بر خلق‌وخو، کاهش تنش فیزیولوژیک و ارتقای خلاقیت دارد (Vartanian et al., 2024). این یافته‌ها اهمیت انتخاب هندسه و آرایش فضایی متناسب با نیازهای شناختی و هیجانی را در طراحی مدارس برجسته می‌سازد.

با توجه به اهمیت این عوامل، پژوهش حاضر در پی تحلیل این مسئله است که کدام عناصر کالبدی و ویژگی‌های طراحی فضایی مدارس بیشترین تأثیر را بر هوش بصری–فضایی کودکان دارند و ترکیب نور، رنگ، هندسه و انعطاف‌پذیری فضا چگونه می‌تواند مهارت‌های ادراکی و خلاقیت آنان را تقویت کند. هدف مطالعه، افزون بر شناسایی و تحلیل عناصر معماری مؤثر بر بهبود هوش بصری–فضایی کودکان، ارائه چارچوبی مفهومی برای طراحی محیط‌های آموزشی بهینه است که بر پایه شواهد علمی و نوروان‌معماری، توانایی‌های شناختی و هیجانی کودکان را به حداکثر برساند و راهنمایی عملی برای معماران، طراحان آموزشی و سیاست‌گذاران فراهم کند.

این مقاله برگرفته از مطالعه‌ای گسترده‌تر است که در آن با بهره‌گیری از روش‌های آماری و تحلیل داده‌های میدانی، ۲۳ مؤلفه معماری مؤثر بر هوش بصری–فضایی کودکان شناسایی شد. در این مقاله، با تمرکز بر رویکرد نوروان‌معماری، هشت مؤلفه منتخب که بیشترین ارتباط نظری و تجربی را با سازوکارهای عصبی–ادراکی و پردازش دیداری–فضایی دارند، انتخاب و تحلیل شده‌اند: نور طبیعی؛ نظم و خوانایی، ریتم و توالی فضایی؛ رنگ؛ هندسه محیط، فرم‌ها و مقیاس؛ حریم شخصی؛ انعطاف‌پذیری و تطبیق‌پذیری؛ فضای بازی؛ و آکوستیک. مبانی نظری حاضر با هدف تبیین علمی هر یک از این مؤلفه‌ها و مرور شواهد پژوهشی مرتبط، بنیان لازم برای تحلیل یافته‌ها و تفسیر نتایج پژوهش را فراهم می‌کند. بدین ترتیب، با توجه به نقش بنیادین محیط‌های آموزشی در پرورش توانایی‌های دیداری–فضایی کودکان و اثر آن بر فرایندهای یادگیری، بررسی چارچوب‌های نظری تبیین‌کننده این ارتباط، امکان طراحی فضاهایی را فراهم می‌آورد که هم عملکرد آموزشی و هم رشد شناختی و هیجانی کودکان را بهینه کنند. در این میان، نوروان‌معماری به‌عنوان رویکردی علمی و نوآورانه، پلی میان کیفیت کالبدی فضا و سازوکارهای عصبی–شناختی ایجاد می‌کند و راهبردی کارآمد برای خلق محیط‌های آموزشی به دست می‌دهد که افزون بر پاسخ به الزامات عملکردی، رشد شناختی و هیجانی کودکان را نیز بهینه می‌کنند.

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-29]

پیشینه پژوهش

پژوهش‌های بین‌المللی در دو دهه اخیر نشان داده‌اند که ویژگی‌های محیط ساخته‌شده می‌توانند به‌طور مستقیم مسیرهای عصبی مرتبط با پردازش دیداری–فضایی، حافظه و تنظیم هیجان را فعال کنند. برای نمونه، عباس و همکاران (Abbas et al., 2024) با مرور شواهد عصب‌تصویربرداری گزارش کردند که نور طبیعی، هندسه، تناسبات و غنای حسی می‌توانند نواحی کلیدی مانند قشر سینگولیت قدامی (ACC) و ناحیه پاراهیپوکامپال (PPA) را تحت تأثیر قرار دهند و از این طریق عملکردهایی همچون پردازش فضایی، حافظه محیطی و کنترل هیجانی را بهبود بخشند. اسنارو و همکاران (Esenarro et al., 2023) نیز در مطالعه‌ای میدانی بر مدارس ابتدایی دریافتند که طراحی کلاس‌ها با نور روز، فضای سبز، رنگ‌های متنوع و مقیاس انسانی، موجب افزایش تمرکز، ارتقای تعامل اجتماعی و بهبود یادگیری فضایی می‌شود.

در حوزه سنجش عینی، لی و همکاران (Li et al., 2025) با استفاده از شاخص‌های فیزیولوژیک و الگوریتم‌های یادگیری ماشین نشان دادند که نورپردازی، دما، آکوستیک و هندسه فضا تغییرات معناداری در ضربان قلب، فعالیت EEG و دمای پوست ایجاد می‌کنند که با بهبود توجه و کاهش خستگی شناختی همبسته است. در مطالعات مبتنی بر واقعیت مجازی، وارتانیان و همکاران (Vartanian et al., 2024) نشان دادند که فرم‌های منحنی در مقایسه با فرم‌های زاویه‌دار، باعث افزایش خلق مثبت، کاهش تنش فیزیولوژیک و ارتقای خلاقیت می‌شوند. همچنین وست‌وود و همکاران (Westwood et al., 2023) گزارش کردند که افزایش دسترسی به نور روز در کلاس درس موجب بهبود حافظه کاری، توجه پایدار و پردازش دیداری–فضایی می‌شود.

مرور نظام‌مند کاراکاش و ییلدیز (Karakas & Yildiz, 2020) نشان می‌دهد که حوزه نوروان‌معماری بر مفاهیم و نظریه‌هایی در حال ظهور استوار است و ضرورت ایجاد پل میان نظریه و تجربه در آن احساس می‌شود. رئیسی و همکاران (Raisi et al., 2025) نیز در مروری نظام‌مند بر تأثیر نوروان‌معماری در طراحی فضاهای یادگیری داخلی، بر نقش نور، رنگ، هندسه و آکوستیک در توجه و حافظه یادگیرندگان تأکید کرده‌اند. وانگ و همکاران (Wang et al., 2022) رویکردی مفهومی و روش‌شناختی در این حوزه ارائه می‌دهند و تأکید می‌کنند که برای غلبه بر محدودیت‌های آزمایشگاه‌محور، استفاده از فناوری‌هایی مانند تصویربرداری سیار مغز و بدن (MoBI) ضروری است.

پیشرفت‌های اخیر در فناوری‌های سنجش فیزیولوژیک و تحلیل داده، امکان ارزیابی دقیق‌تر اثرات محیط بر انسان را فراهم کرده است. مرور نظام‌مند لی و همکاران (Li et al., 2025) نشان می‌دهد که ویژگی‌های محیطی همچون نورپردازی، دما، آکوستیک و هندسه فضا، پاسخ‌های فیزیولوژیک قابل سنجشی نظیر تغییرات ضربان قلب، فعالیت الکتریکی مغز (EEG) و دمای پوست را تحت تأثیر قرار می‌دهند. این مطالعه با بهره‌گیری از روش‌های یادگیری ماشین، الگوهای ارتباطی میان ویژگی‌های فضا و پاسخ‌های مغزی و بدنی را شناسایی کرده و چارچوبی برای طراحی مبتنی بر شواهد ارائه می‌دهد. این رویکرد می‌تواند در پژوهش‌های آموزشی نیز به کار گرفته شود تا سنجش اثر عناصر معماری بر شاخص‌های شناختی و هوش بصری به‌صورت عینی و داده‌محور انجام گیرد.

قرائی و همکاران (Gharaei et al., 2024) اصول طراحی مدارس ابتدایی با رویکرد نوروان‌معماری را استخراج کردند و بر مشارکت دانش‌آموزان در فرایند طراحی و کاربرمحور بودن فضا تأکید داشتند. دعایی و همکاران (Doaee et al., 2024) طراحی فضاهای آموزشی برای کودکان دارای اوتیسم را بررسی کردند و نشان دادند که مدیریت نور، رنگ، آکوستیک و سازمان‌دهی فضایی می‌تواند بار حسی را کاهش دهد و یادگیری و تعامل اجتماعی را بهبود بخشد. ژو و فنگ (Zhou & Fang, 2024) کاربرد اصول نوروان‌معماری در طراحی فضاهای عمومی دانشگاهی را بررسی کردند و اهمیت نور، رنگ، هندسه و آکوستیک را در ارتقای رفاه روانی و یادگیری دانشجویان نشان دادند. دومینگوس (Domingos, 2025) نیز تأثیر نوروان‌معماری بر محیط‌های آموزشی را بررسی کرد و چارچوبی عملیاتی برای طراحی محیط‌های آموزشی پایدار ارائه داد.

در ایران، هرچند مطالعات اندکی به‌طور مستقیم به نوروان‌معماری پرداخته‌اند، شواهد موجود نشان می‌دهد که ویژگی‌های معماری مدارس می‌توانند بر توانایی‌های شناختی و فضایی کودکان اثرگذار باشند. برای نمونه، یارمحمدیان و همکاران (Yarmohammadian et al., 2022) تأکید کردند که مؤلفه‌هایی مانند تنوع و انعطاف‌پذیری مبلمان، فضاهای مشارکتی، ترکیب رنگ متناسب، مسیرهای خوانا، فضاهای بازی و حضور عناصر طبیعی، نقش مؤثری در ارتقای یادگیری دانش‌آموزان دارند. نتایج این پژوهش بر اهمیت طراحی محیط آموزشی متناسب با نیازهای ادراکی و رفتاری کودکان تأکید می‌کند. افرند خلیل‌آباد و همکاران (Afrand Khalilabad et al., 2022) نیز نشان دادند که مؤلفه‌های کالبدی محیط آموزشی نقشی تعیین‌کننده در انگیزش به یادگیری دانش‌آموزان پایه ششم ابتدایی دارند.

نتایج پژوهش دیواندی و بزرگ‌قمی (Divandi & Bozorg Ghomi, 2018) حاکی از آن است که طراحی فضاهای آموزشی با استفاده هدفمند از نور و رنگ، متناسب با ویژگی‌های ذهنی و رفتاری کودکان، می‌تواند به‌طور مؤثری خلاقیت و پرورش استعدادهای آنان را تقویت کند. این نتایج بر نقش نور و رنگ در ایجاد محیطی شاد، انگیزشی و محرک برای رشد فکری کودکان تأکید دارد.

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-29]

اکبرپور و همکاران (Akbarpoor et al., 2024) در پژوهشی نیمه‌آزمایشی با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون و گروه کنترل، تأثیر آموزش مهارت‌های ادراک دیداری-فضایی را بر خلاقیت و پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان دختر پایه پنجم ابتدایی منطقه پنج تهران در درس هنر بررسی کردند. نتایج نشان می‌دهد که تقویت مؤلفه‌های دیداری-فضایی می‌تواند به‌عنوان راهبردی آموزشی و مؤثر در پرورش توانایی‌های خلاق و شناختی کودکان در محیط‌های آموزشی به کار رود.

نتایج پژوهش محمدپناهی و بیات مختاری (Mohammad Panahi & Bayat Mokhtari, 2024) نشان داد که آموزش ده‌جلسه‌ای مهارت‌های ادراک دیداری-فضایی به‌طور معناداری نظریه ذهن دانش‌آموزان ۸ تا ۱۰ ساله دارای اختلال یادگیری را بهبود می‌بخشد. این نتایج تأکید می‌کند که مداخلات آموزشی در این حوزه می‌تواند نقش مهمی در ارتقای توانایی‌های شناختی و اجتماعی این دانش‌آموزان داشته باشد. گرامی مقدم و همکاران (Gerami Moghadam et al., 2023) نیز دریافتند که کیفیت بصری کالبد فضاهای آموزشی، شامل قابلیت و میزان دید، تأثیر مستقیمی بر خودکارآمدی کودکان ۴ تا ۶ سال دارد. نتایج حاکی است که فضاهای دارای کیفیت بصری مطلوب، انگیزش، اشتیاق و حس شایستگی کودکان را تقویت می‌کنند، در حالی که فضاهای فاقد این ویژگی‌ها می‌توانند به کاهش اعتمادبه‌نفس، علاقه و امنیت فضایی منجر شوند.

صراف و همکاران (Sarraf et al., 2023) در پژوهشی با هدف شناسایی و اولویت‌بندی عناصر کالبدی مؤثر بر خلاقیت کودکان، با تحلیل گرافیکی نقاشی‌های دانش‌آموزان ۷ تا ۱۲ ساله در قزوین نشان دادند که مبلمان در اولویت نخست، بازشوها و رنگ در اولویت دوم، و فضای سبز و شفافیت فضا به‌ترتیب در اولویت‌های سوم و چهارم قرار دارند. این عناصر با ایجاد محیطی مطلوب و همسو با نیازهای ذهنی و ادراکی کودکان، موجب ارتقای خلاقیت و آمادگی ذهن آنان برای پذیرش ایده‌ها و دیدگاه‌های نو می‌شوند.

مرور مطالعات فوق نشان می‌دهد که هرچند شواهد قابل توجهی درباره تأثیر ویژگی‌های محیطی بر فرایندهای شناختی و فضایی کودکان وجود دارد، تعداد محدودی از پژوهش‌ها به‌طور مستقیم از چارچوب نوروان‌معماری برای تحلیل اثرات محیط آموزشی بر هوش بصری-فضایی استفاده کرده‌اند. همچنین در اغلب تحقیقات داخلی، تمرکز بر ارزیابی کلی کیفیت محیط مدرسه بوده و کمتر به سازوکارهای عصبی-شناختی و ارتباط آن‌ها با مؤلفه‌های طراحی پرداخته شده است؛ مطالعات اندکی نیز از روش‌های سنجش عینی و فیزیولوژیک برای ارزیابی اثرات محیط بر عملکرد شناختی کودکان بهره برده‌اند.

بر همین اساس، پژوهش حاضر با بهره‌گیری از رویکرد نوروان‌معماری و تمرکز بر هشت مؤلفه کلیدی (نور طبیعی، ریتم و خوانایی فضایی، رنگ، هندسه و مقیاس، حریم شخصی، انعطاف‌پذیری، فضای بازی و آکوستیک) می‌کوشد شکاف موجود در ادبیات علمی را پوشش دهد و تصویری روشن‌تر از ارتباط میان طراحی محیط آموزشی و رشد هوش بصری-فضایی کودکان ارائه کند. پژوهش حاضر با تمرکز بر رویکرد نوروان‌معماری (Neuroarchitecture)، چگونگی تأثیر طراحی محیط‌های آموزشی بر رشد و ارتقای هوش بصری-فضایی کودکان را بررسی می‌کند.

مبانی نظری

مبانی نظری هر پژوهش، چارچوبی مفهومی برای درک و تفسیر پدیده مورد مطالعه فراهم می‌آورد و پیوندی میان داده‌های تجربی و نظریه‌های علمی برقرار می‌سازد. در حوزه طراحی فضاهای آموزشی، به‌ویژه با تمرکز بر هوش بصری-فضایی کودکان، شناخت بنیان‌های نظری به دلیل ماهیت میان‌رشته‌ای موضوع اهمیتی دوچندان دارد. این حوزه در نقطه تلاقی معماری، روان‌شناسی محیطی، علوم اعصاب شناختی و علوم تربیتی قرار می‌گیرد و بر این پیش‌فرض استوار است که کیفیت محیط آموزشی فراتر از یک بستر کالبدی صرف عمل می‌کند و به‌مثابه محرکی شناختی و ادراکی در رشد توانایی‌های ذهنی کودکان نقش‌آفرینی می‌کند. کودکان در سال‌های آغازین زندگی از بیشترین میزان انعطاف‌پذیری عصبی برخوردارند و تجربه‌های فضایی در این دوران، تأثیرات ماندگاری بر الگوهای ادراکی و توانایی‌های هوش بصری-فضایی آنان بر جای می‌گذارد. نظریه هوش‌های چندگانه گاردنر، با معرفی «هوش بصری-فضایی» به‌عنوان یکی از ابعاد متمایز هوش، اهمیت تجربه ادراکی و سازمان‌دهی تصویری محیط را در فرایند یادگیری برجسته ساخته است (Gardner, 2011). این بُعد از هوش به توانایی تصور، بازنمایی و تغییر آرایش فضاها و الگوهای بصری اشاره دارد؛ توانایی‌ای که مستقیماً در تعامل کودک با محیط‌های آموزشی شکل می‌گیرد و پژوهش حاضر بر چگونگی تأثیر معماری فضاهای آموزشی در پرورش آن متمرکز است.

در پژوهش‌های روان‌شناسی رشد و علوم اعصاب شناختی، توانایی‌های فضایی کودکان به‌عنوان مؤلفه‌ای کلیدی در رشد شناختی و یادگیری آنان شناخته می‌شود. پیاژه با تأکید بر مراحل رشد شناختی بیان می‌کند که ادراک فضایی کودکان طی فرایندهایی تدریجی تحول می‌یابد و با بلوغ شناختی آنان همگام است (McLeod, 2020). ویگوتسکی نیز بر نقش تعاملات اجتماعی و فرهنگی در رشد توانایی‌های ادراکی تأکید دارد

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-29]

و نشان می‌دهد که محیط آموزشی می‌تواند به‌عنوان بستری اجتماعی–فرهنگی، ظرفیت‌های فضایی کودکان را فعال و تقویت کند (McLeod, 2020). در همین راستا، گیلفورد در مدل «ساختار هوش» خود، مؤلفه‌های بصری–فضایی را به‌عنوان توانایی‌هایی مستقل معرفی کرده و بر اهمیت آن‌ها در فرایندهای یادگیری و حل مسئله صحه می‌گذارد (Guilford, 1967). کیفیت یادگیری کودکان با تجربه مستقیم آنان از فضا پیوند دارد. کلب در نظریه «یادگیری تجربی» چهار مرحله کلیدی را برای یادگیری مؤثر مطرح می‌کند: تجربه عینی، مشاهده بازتابی، مفهوم‌سازی انتزاعی و آزمون فعال (Kolb, 1984). فضاهای آموزشی که امکان تجربه‌های متنوع و چندحسی را فراهم کنند، به تقویت هوش بصری–فضایی کمک شایانی می‌کنند. همچنین در پرتو نظریه پردازش اطلاعات، معماری فضاهای آموزشی می‌تواند به‌عنوان یک منبع ورودی عمل کند و فرایند دریافت، رمزگذاری و بازیابی اطلاعات بصری–فضایی را بهبود بخشد و در نتیجه، یادگیری و عملکرد شناختی کودکان را تقویت کند.

در این میان، روان‌شناسی محیطی چارچوبی فراهم می‌کند تا رابطه میان تجربه فضایی و پاسخ‌های شناختی و عاطفی تبیین شود. عوامل کالبدی همچون نور، مقیاس، رنگ و نظم فضایی نه‌تنها بر احساس راحتی یا استرس کودکان مؤثرند، بلکه می‌توانند مسیرهای توجه و پردازش ادراکی آنان را نیز شکل دهند. نظریه بازیابی توجه (Attention Restoration Theory) نشان می‌دهد که محیط‌های آموزشی با ویژگی‌های بصری متعادل، متنوع و خوانا قادرند تمرکز شناختی کودکان را تقویت کنند و توانایی آنان را در تحلیل و سازمان‌دهی اطلاعات بصری افزایش دهند (Kaplan & Kaplan, 1989). با ظهور رویکرد نوروان‌معماری، این ارتباط از سطح توصیفی فراتر رفته و با داده‌های علوم اعصاب ادراکی پشتیبانی شده است. مطالعات تصویربرداری عصبی نشان داده‌اند که تجربه فضاهای دارای فرم‌های منحنی یا تنوع بصری متناسب، سبب تحریک مراکز لذت و افزایش توجه پایدار می‌شود و فعالیت شبکه‌های مغزی مرتبط با ادراک فضایی، حافظه کاری و تجسم بصری را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Vartanian et al., 2013)؛ در حالی که فضاهای بیش از حد ساده یا تکراری، به کاهش برانگیختگی شناختی و محدود شدن توانایی پردازش اطلاعات بصری منجر می‌شوند (Abbas et al., 2024).

بنابراین، مبانی نظری پژوهش حاضر بر تقاطع سه حوزه استوار است: نخست، نظریه هوش‌های چندگانه گاردنر که «هوش بصری–فضایی» را به‌عنوان ظرفیتی مستقل و قابل پرورش معرفی می‌کند؛ دوم، روان‌شناسی محیطی و نظریه‌های مرتبط با توجه و ادراک که نشان می‌دهند محیط آموزشی چگونه تجربه ادراکی و تمرکز ذهنی کودکان را سامان می‌دهد؛ و سوم، نوروان‌معماری و علوم اعصاب شناختی که شواهدی تجربی از اثرگذاری عناصر معماری بر عملکرد مغز و تقویت مسیرهای ادراکی ارائه می‌کنند. تلفیق این سه رویکرد نه‌تنها امکان تحلیل چندسطحی تأثیر محیط بر هوش بصری کودکان را فراهم می‌سازد، بلکه نوآوری پژوهش حاضر را نیز برجسته می‌کند: بررسی معماری آموزشی به‌مثابه بستری برای ارتقای توانایی‌های بصری–فضایی در دوران حساس رشد شناختی.

چنین چارچوبی نشان می‌دهد که محیط آموزشی باید فراتر از معیارهای کارکردی و زیبایی‌شناختی، به‌عنوان «محیطی یادگیرنده» طراحی شود؛ محیطی که بتواند با بهره‌گیری از اصول نوروان‌معماری، شبکه‌های عصبی مربوط به تجسم فضایی را فعال نگه دارد و هم‌زمان، با ایجاد تنوع بصری و نظم فضایی متناسب، از فرسودگی توجه کودکان جلوگیری کند. بنابراین، مبانی نظری این پژوهش به‌روشنی تبیین می‌کند که طراحی معماری مدارس می‌تواند نقشی فعال در شکل‌دهی به توانایی‌های ادراکی و پرورش هوش بصری–فضایی کودکان ایفا کند؛ نقشی که در پژوهش‌های گذشته کمتر با رویکردی یکپارچه و مبتنی بر شواهد عصب‌شناختی واکاوی شده است.

نوروان‌معماری؛ پارادایمی نوین در طراحی فضاهای آموزشی: نوروان‌معماری (Neuroarchitecture) شاخه‌ای میان‌رشته‌ای است که از همگرایی علوم اعصاب شناختی، روان‌شناسی محیطی و معماری پدید آمده و هدف آن، درک و بهبود رابطه میان مغز، ادراک و محیط ساخته‌شده است. این رویکرد، محیط آموزشی را نه صرفاً بستری فیزیکی، بلکه عاملی فعال در فرایند رشد شناختی، یادگیری و سلامت روانی کودکان در نظر می‌گیرد (Eberhard, 2009; Chatterjee, 2014; Assem et al., 2023). اساس این پارادایم بر این فرض استوار است که هر تجربه فضایی حاصل تعامل پویای حواس انسانی، شبکه‌های عصبی و ویژگی‌های محیطی است و این تعامل می‌تواند به تغییرات معنادار در ساختار و عملکرد مغز منجر شود (Esenarro et al., 2023).

یافته‌های علوم اعصاب محیطی و نوروان‌معماری نشان می‌دهد که کیفیت عناصر طراحی، از جمله نور طبیعی، رنگ، بافت، مقیاس و سازمان فضایی، قادر است شبکه‌های سیناپسی مغز را تحریک و تقویت کند، ظرفیت‌های پردازش اطلاعات را افزایش دهد، انگیزش را ارتقا بخشد و بر احساس امنیت، خلق‌وخو و رفتار اثرگذار باشد (Barrett et al., 2015; Vartanian et al., 2024). این تأثیرات به‌ویژه در دوره کودکی که مغز بالاترین میزان انعطاف‌پذیری عصبی (Neuroplasticity) را دارد، می‌توانند نقشی تعیین‌کننده در شکل‌گیری و رشد مهارت‌های دیداری–فضایی و خلاقیت ایفا کنند (Li et al., 2025).

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-29]

افزون بر این، پژوهش‌های تجربی نشان داده‌اند که فضاهای آموزشی غنی از محرک‌های حسی، دارای خوانایی بالا و سازمان‌دهی منطقی، نه‌تنها بستر یادگیری مؤثرتری فراهم می‌آورند، بلکه به بهبود تمرکز، خلاقیت، تعاملات اجتماعی و رشد مهارت‌های شناختی کودکان نیز کمک می‌کنند (Li et al., 2025; Alonso et al., 2021). چنین فضاهایی با هم‌راستا شدن با سازوکارهای عصبی پردازش دیداری–فضایی، فرصت‌های متنوعی برای تجربه‌های یادگیری فعال و معنادار ایجاد می‌کنند (Eberhard, 2009).

از منظر نظری، نوروان‌معماری با مدل‌های روان‌شناسی محیطی و آموزشی هم‌پوشانی دارد. نظریه بازیابی توجه (Attention Restoration Theory) بیان می‌کند که ویژگی‌های خاص محیط، مانند ریتم و خوانایی فضایی، عناصر طبیعی و محرک‌های بصری متنوع، می‌توانند منابع توجه را بازیابی کنند و خستگی شناختی را کاهش دهند (Kaplan & Kaplan, 1989). در همین راستا، نظریه هوش‌های چندگانه گاردنر، هوش بصری–فضایی را توانایی ادراک، تحلیل و بازنمایی اطلاعات دیداری و فضایی تعریف کرده و بر نقش تجربه‌های محیطی در رشد این هوش تأکید دارد (Gardner, 2011).

در مجموع، به‌کارگیری ویژگی‌های نوروان‌معمارانه در طراحی محیط‌های آموزشی، شامل نورپردازی طبیعی، ریتم و خوانایی فضایی، تناسب مقیاس انسانی، انتخاب رنگ‌های هدفمند و کیفیت آکوستیک، می‌تواند محیطی بیافریند که نه‌تنها از منظر عملکردی کارآمد است، بلکه با نیازهای شناختی، هیجانی و اجتماعی کودکان همسو بوده و نقشی فعال در شکل‌دهی به تجربه و ادراک آنان ایفا می‌کند (Vartanian et al., 2024; Ghamari et al., 2021).

اهمیت محیط آموزشی در شکل‌دهی عملکرد مغز: در سال‌های آغازین زندگی، مغز کودک در مرحله‌ای قرار دارد که از بیشترین میزان انعطاف‌پذیری عصبی (Neuroplasticity) برخوردار است؛ دوره‌ای حیاتی که زیربنای رشد ادراکی، شناختی و مهارت‌های فضایی در آن شکل می‌گیرد (Eberhard, 2009; Ghamari et al., 2021). این دوره که در علوم اعصاب با عنوان دوره حساس (Critical Period) شناخته می‌شود، زمانی است که ارتباطات سیناپسی با سرعت بالا ایجاد، تثبیت یا حذف می‌شوند و تجربه‌های محیطی نقشی تعیین‌کننده در معماری عصبی مغز ایفا می‌کنند (Abbas et al., 2024).

پژوهش‌های علوم اعصاب محیطی نشان داده‌اند که تعامل مستمر کودک با محرک‌های چندحسی محیطی، از جمله نور طبیعی، ترکیب‌بندی رنگ‌ها، کیفیت آکوستیک، فرم و سازمان فضایی، نه‌تنها موجب یکپارچگی شبکه‌های عصبی می‌شود، بلکه عملکردهایی همچون یادگیری، حافظه کاری، توجه پایدار و خودتنظیمی هیجانی را نیز ارتقا می‌بخشد (Dadvand et al., 2015; Esenarro et al., 2023). این نوع غنای حسی (Sensory Enrichment) به‌ویژه زمانی اهمیت می‌یابد که محیط آموزشی به‌گونه‌ای طراحی شده باشد که امکان تحریک متعادل و هدفمند مسیرهای عصبی مرتبط با پردازش دیداری–فضایی را فراهم آورد (Vartanian et al., 2024).

در همین راستا، یافته‌های پروژه HEAD نشان می‌دهد که شش مؤلفه اصلی محیط فیزیکی کلاس، شامل کیفیت نور، رنگ، خوانایی فضایی، انعطاف‌پذیری، اتصال به فضای بیرونی و تهویه، می‌توانند تا ۱۶ درصد از تغییرات پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان را توضیح دهند (Barrett et al., 2015). همچنین پژوهش‌های مبتنی بر EEG و fMRI تأیید می‌کنند که تغییر در نورپردازی، هندسه و سازمان فضایی کلاس درس می‌تواند به تعدیل بار شناختی و افزایش کارایی پردازش اطلاعات منجر شود (Alonso et al., 2021; Li et al., 2025). برای نمونه، افزایش دسترسی به نور طبیعی باعث بهبود حافظه کاری، کاهش خطاهای توجهی و ارتقای خلق‌وخو شده است (Westwood et al., 2023).

بر این اساس، محیط‌های آموزشی و کلاس‌های درس باید با تکیه بر شواهد عصب‌پژوهی و روان‌شناسی محیطی طراحی شوند تا فراتر از تأمین نیازهای عملکردی، به‌عنوان بستری فعال برای پرورش توانایی‌های شناختی، خلاقیت و سلامت روانی کودکان عمل کنند (Li et al., 2025; Ghamari et al., 2021). طراحی فضایی مناسب می‌تواند شرایطی فراهم سازد که مغز کودکان در معرض چالش‌های ادراکی، فرصت‌های یادگیری اجتماعی و تجربه‌های فضایی متنوع قرار گیرد؛ تجربه‌هایی که رشد مدارهای عصبی مسئول تفکر انتقادی، حل مسئله و هوش بصری–فضایی را تسهیل می‌کنند (Abbas et al., 2024).

در نتیجه، توجه نظام‌مند به مؤلفه‌های نوروان‌معمارانه در مدارس، نه‌تنها کیفیت تجربه آموزشی را ارتقا می‌بخشد، بلکه می‌تواند پیامدهای مثبت بلندمدتی بر رشد شناختی، هیجانی و اجتماعی دانش‌آموزان داشته باشد (Ghamari et al., 2021; Esenarro et al., 2023).

نقش نوروان‌معماری در رشد هوش بصری–فضایی و یادگیری: شواهد حاصل از علوم اعصاب شناختی نشان می‌دهد که نواحی مغزی همچون قشر بینایی (V1)، هیپوکامپ و لوب آهیانه به‌شدت به کیفیت محرک‌های محیطی واکنش‌پذیرند و تکامل آن‌ها مستلزم تجربه مکرر و معنادار محیط‌های غنی، پویا و چندحسی است (Abbas et al., 2024; Esenarro et al., 2023). برای مثال، هیپوکامپ که مسئول حافظه فضایی و جهت‌یابی است، تحت تأثیر عواملی مانند نور طبیعی، تنوع فضایی و دسترسی به عناصر طبیعی فعال می‌شود (Abbas et al.,

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-29]

2024; Dadvand et al., 2015). قشر بینایی، به‌عنوان مرکز پردازش محرک‌های دیداری، با کیفیت نورپردازی، انتخاب رنگ، کنتراست و بافت‌ها تحریک و تقویت می‌شود (Chatterjee, 2014; Esenarro et al., 2023). قشر پیش‌پیشانی که در تصمیم‌گیری، حل مسئله و توجه پایدار نقش دارد، به سازمان فضایی خوانا، حریم شخصی و کیفیت آکوستیک پاسخ مثبت نشان می‌دهد (Barrett et al., 2015)، در حالی که قشر سینگولیت قدامی، به‌عنوان ناحیه‌ای مؤثر در تنظیم هیجان و تمرکز، در مواجهه با هندسه متناسب، فرم‌های منحنی و فضای بازی خلاقانه فعال می‌شود (Vartanian et al., 2024). همچنین آمیگدالا که مسئول پردازش هیجانات است، در محیط‌هایی با نور و رنگ مناسب، آکوستیک مطلوب و حس امنیت فضایی، واکنش‌هایی متعادل از خود نشان می‌دهد (Li et al., 2025). بر این اساس، نوروان‌معماری با ارائه اصول طراحی مبتنی بر عملکرد مغز، امکان خلق فضاهایی را فراهم می‌آورد که با تحریک این سامانه‌های عصبی–ادراکی، رشد ادراک فضایی، حافظه تصویری و پردازش اطلاعات را در کودکان تقویت می‌کنند و به ارتقای توانمندی‌های شناختی آنان می‌انجامند.

با توجه به این شواهد، در این پژوهش از میان ۲۳ مؤلفه محیطی و معماری شناسایی‌شده در مدل مفهومی که هر یک به‌نوعی بر رشد هوش بصری–فضایی و فرایند یادگیری اثرگذارند، هشت مؤلفه به‌عنوان عوامل کلیدی انتخاب شدند که از نظر آماری و پشتوانه نظری در ادبیات نوروان‌معماری و علوم اعصاب محیطی، بیشترین هم‌پوشانی را با عملکرد نواحی مغزی یادشده داشتند. این مؤلفه‌ها نه‌تنها از نظر تأثیر بالقوه بر پردازش دیداری–فضایی و حافظه تصویری اهمیت دارند، بلکه از منظر طراحی معماری نیز قابلیت مداخله‌پذیری بالایی دارند و می‌توانند به‌صورت عملی در ارتقای کیفیت محیط‌های آموزشی به کار گرفته شوند.

یکی از عناصر بنیادین در این فرایند، نور طبیعی است که از مؤثرترین محرک‌های محیطی در فعال‌سازی سامانه‌های عصبی مرتبط با پردازش دیداری–فضایی و تنظیم ریتم‌های فیزیولوژیک بدن به شمار می‌رود. نور روز از طریق شبکیه به هسته فوق‌کیاسمایی (SCN) در هیپوتالاموس منتقل می‌شود و تنظیم چرخه شبانه‌روزی (Circadian Rhythm)، ترشح هورمون‌های مرتبط با هوشیاری و خلق‌وخو و بهبود کیفیت خواب را تسهیل می‌کند (Figueiro, 2017; Westwood et al., 2023). این اثرات فیزیولوژیک به‌طور غیرمستقیم به بهبود توجه پایدار، حافظه کاری و انگیزش یادگیری در دانش‌آموزان منجر می‌شود (Li et al., 2025).

از منظر نوروان‌معماری، نور طبیعی مستقیماً بر قشر بینایی (V1) اثر می‌گذارد و با افزایش وضوح و کنتراست تصاویر ورودی، پردازش دیداری را بهبود می‌بخشد (Chatterjee, 2014). همچنین مطالعات مبتنی بر EEG نشان داده‌اند که بهینه‌سازی نور کلاس درس، به‌ویژه با ترکیب نور روز و نور مصنوعی گرم، می‌تواند الگوهای امواج مغزی مرتبط با توجه را تقویت و بار شناختی را کاهش دهد (Alonso et al., 2021; Castilla et al., 2023). در محیط آموزشی، کیفیت و جهت نور طبیعی افزون بر اثر بر پردازش دیداری، هیپوکامپ را نیز فعال می‌کند که برای حافظه فضایی و یادگیری مسیرها اهمیت حیاتی دارد (Abbas et al., 2024). به همین دلیل، دسترسی بصری به فضای باز، وجود پنجره‌های عریض و استفاده از سطوح بازتاب‌دهنده نور، هم از منظر عملکردی و هم از منظر شناختی توصیه می‌شود (Barrett et al., 2015). مطالعات میدانی نیز نشان داده‌اند که کلاس‌های درس با نور روز کافی، در مقایسه با کلاس‌های کم‌نور، موجب پیشرفت تحصیلی سریع‌تر، کاهش خطاهای توجهی و ارتقای خلق‌وخو در دانش‌آموزان می‌شوند (Esenarro et al., 2023; Choi et al., 2019). در نتیجه، نور طبیعی را می‌توان نه‌تنها عاملی زیبایی‌شناختی، بلکه محرکی عصبی–شناختی دانست که طراحی هدفمند آن، بستر رشد هوش بصری–فضایی و بهبود عملکرد یادگیری کودکان را فراهم می‌آورد.

نظم و خوانایی فضایی به توانایی کاربر در درک ساختار، مسیرها و روابط میان فضاها اشاره دارد و از طریق ایجاد سازمان فضایی منسجم، بار شناختی را کاهش می‌دهد و پردازش فضایی را بهینه می‌کند. از منظر علوم اعصاب محیطی، سازمان فضایی خوانا با فعال‌سازی هیپوکامپ و لوب آهیانه، فرایند تشکیل نقشه‌های شناختی (Cognitive Maps) را تسهیل می‌کند و موجب بهبود جهت‌یابی، حافظه فضایی و تصمیم‌گیری مکانی می‌شود (Abbas et al., 2024; Barrett et al., 2015). مطالعات کاپلان و کاپلان (Kaplan & Kaplan, 1989) در قالب نظریه «خوانایی محیط» نشان می‌دهد که فضاهای دارای ساختار منظم، نقاط شاخص واضح و ریتم فضایی متعادل، باعث افزایش احساس تسلط محیطی (Environmental Mastery) و کاهش اضطراب ناشی از سردرگمی مکانی می‌شوند. این عوامل، در چارچوب نوروان‌معماری، به قشر پیش‌پیشانی امکان می‌دهند تا منابع توجه را به‌طور کارآمد تخصیص دهد و عملکرد حل مسئله را بهبود بخشد (Chatterjee, 2014; Llorens-Gámez et al., 2022).

همچنین وجود ریتم و توالی فضایی، مانند توزیع منظم فضاهای آموزشی و استراحت یا مسیرهای حرکتی دارای نقاط مکث و چشم‌اندازهای کنترل‌شده، می‌تواند قشر سینگولیت قدامی را در تنظیم هیجان و حفظ تمرکز فعال سازد (Vartanian et al., 2024). این اثرات، به‌ویژه در کودکان، از طریق تجربه‌های پیوسته و قابل پیش‌بینی از فضا به افزایش هوش بصری–فضایی کمک می‌کند. بر اساس یافته‌های پروژه HEAD،

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-29]

سازمان فضایی خوانا و ریتم فضایی متعادل از شش عامل اصلی مؤثر بر پیشرفت تحصیلی است و ارتقای مجموع این عوامل می‌تواند کیفیت یادگیری را تا ۱۶ درصد افزایش دهد (Barrett et al., 2015). بنابراین، طراحی مدارس با تأکید بر خوانایی و ریتم فضایی نه‌تنها باعث سهولت حرکت و تعامل اجتماعی می‌شود، بلکه مسیرهای عصبی مسئول پردازش فضایی و حافظه محیطی را نیز تقویت می‌کند.

رنگ نیز به‌عنوان یکی از قوی‌ترین محرک‌های دیداری، مستقیماً بر قشر بینایی (V1) و نواحی مرتبط با پردازش هیجانی همچون آمیگدالا و قشر اوربیتوفرونتال اثر می‌گذارد. کیفیت، شدت و ترکیب رنگ‌ها می‌تواند بر ادراک فضایی، حافظه بصری، خلق‌وخو و انگیزش یادگیری اثرگذار باشد (Chatterjee, 2014; Esenarro et al., 2023). پژوهش‌های علوم اعصاب نشان داده‌اند که رنگ‌های گرم و اشباع، فعالیت قشر اوربیتوفرونتال را که در پردازش لذت و پاداش نقش دارد افزایش می‌دهند، در حالی که رنگ‌های سرد می‌توانند موجب آرام‌سازی دستگاه عصبی و بهبود تمرکز شوند (Li et al., 2025). مطالعات اسنارو و همکاران (Esenarro et al., 2023) در محیط‌های آموزشی نشان می‌دهد که استفاده هوشمندانه از رنگ‌ها، مانند رنگ‌های روشن برای فضاهای یادگیری فعال و رنگ‌های ملایم برای فضاهای استراحت، می‌تواند الگوهای توجه دانش‌آموزان را بهینه کند و عملکرد شناختی آنان را ارتقا دهد. به همین ترتیب، انتخاب رنگ‌هایی با کنتراست مناسب به قشر بینایی کمک می‌کند تا پردازش جزئیات را دقیق‌تر انجام دهد و نقشه‌های دیداری بهتری در حافظه شکل گیرد. از دیدگاه روان‌شناسی محیطی، رنگ‌ها به‌عنوان نشانه‌های فضایی نیز عمل می‌کنند و می‌توانند با ایجاد تمایز در بخش‌های مختلف مدرسه، خوانایی فضایی را بهبود بخشند (Kaplan & Kaplan, 1989). این نقش دوگانه، یعنی تحریک دستگاه بینایی و سازمان‌دهی فضایی، باعث می‌شود رنگ در چارچوب نوروان‌معماری یکی از ابزارهای کلیدی برای افزایش هوش بصری–فضایی و بهبود تجربه یادگیری کودکان باشد.

افزون بر این، هندسه و فرم فضا از عوامل کلیدی در شکل‌دهی تجربه ادراکی و هیجانی کاربران است و از طریق تأثیر بر قشر بینایی (V1)، قشر سینگولیت قدامی و نواحی مرتبط با پردازش فضایی در لوب آهیانه، بر توانایی‌های دیداری–فضایی و کیفیت یادگیری اثر می‌گذارد (Vartanian et al., 2024; Abbas et al., 2024). پژوهش‌های مبتنی بر fMRI نشان داده‌اند که فرم‌های منحنی و هندسه نرم، در مقایسه با فرم‌های زاویه‌دار و بسته، موجب افزایش فعالیت قشر سینگولیت قدامی و کاهش واکنش آمیگدالا می‌شوند؛ این امر با ایجاد حس آرامش و جذابیت ادراکی، توانایی تمرکز و خلاقیت را تقویت می‌کند (Vartanian et al., 2013; Vartanian et al., 2024). تناسبات مقیاسی و هندسی نیز از دیدگاه نوروان‌معماری اهمیت ویژه‌ای دارند؛ برای نمونه، ارتفاع سقف و میزان محصوریت ادراک‌شده بر داوری زیبایی‌شناختی و تصمیم‌های گرایش یا اجتناب کاربران اثر می‌گذارد (Vartanian et al., 2015). رعایت مقیاس انسانی و تناسب عناصر معماری با ابعاد و نیازهای ادراکی کودکان، باعث تسهیل تعامل فعال با محیط و شکل‌گیری نقشه‌های شناختی کارآمد در هیپوکامپ می‌شود (Barrett et al., 2015). فضاهایی با مقیاس بیش از حد بزرگ یا بسیار کوچک می‌توانند موجب افزایش بار شناختی، اضطراب فضایی و اختلال در تمرکز شوند، در حالی که مقیاس بهینه به بهبود جهت‌یابی و حس تعلق فضایی کمک می‌کند (Chatterjee, 2014). از منظر طراحی آموزشی، استفاده متعادل از فرم‌ها و تناسبات، نه‌تنها کیفیت زیبایی‌شناختی فضا را ارتقا می‌دهد، بلکه بستر رشد هوش بصری–فضایی را نیز فراهم می‌آورد. هندسه‌های پویا و مقیاس‌های قابل درک برای کودک، فرصت‌های متنوعی برای تجربه فضایی، کشف روابط هندسی و تقویت مهارت‌های تجسم فضایی ایجاد می‌کنند؛ مهارت‌هایی که مستقیماً با عملکرد تحصیلی در علوم، ریاضیات و هنر مرتبط‌اند.

حریم شخصی در محیط‌های آموزشی به معنای امکان کنترل فرد بر میزان دسترسی دیگران به فضای شخصی و اطلاعات حسی–دیداری اوست. از منظر علوم اعصاب محیطی، این مؤلفه ارتباط نزدیکی با فعالیت قشر پیش‌پیشانی، آمیگدالا و قشر سینگولیت قدامی دارد، زیرا این نواحی در پردازش هیجان، تصمیم‌گیری اجتماعی و تنظیم تمرکز نقش اساسی ایفا می‌کنند (Barrett et al., 2015; Li et al., 2025). هنگامی که محیط فاقد امکان حریم شخصی باشد، مثلاً در کلاس‌هایی با تراکم بالا یا بدون موانع بصری، سطح تحریک هیجانی و استرس افزایش می‌یابد و عملکرد شناختی، به‌ویژه در حوزه‌هایی مانند توجه پایدار و حافظه کاری، کاهش پیدا می‌کند (Kumari et al., 2023). پژوهش‌های بارت و همکاران (Barrett et al., 2015) در پروژه HEAD نشان داده‌اند که ایجاد فضاهای نیمه‌خصوصی در مدارس، مانند گوشه‌های مطالعه یا محل‌های مکث با جداره‌های نیمه‌شفاف، موجب کاهش بار شناختی و افزایش بهره‌وری یادگیری می‌شود. از منظر نوروان‌معماری، وجود حریم شخصی به قشر پیش‌پیشانی اجازه می‌دهد تا پردازش اطلاعات را بدون مزاحمت محرک‌های غیرضروری انجام دهد و بدین ترتیب، شبکه‌های عصبی مسئول پردازش فضایی و حل مسئله تقویت شوند (Chatterjee, 2014). در محیط آموزشی، طراحی مناسب حریم شخصی باید با حفظ تعادل میان تعامل اجتماعی و فضاهای انفرادی انجام شود. ایجاد نواحی قابل انتخاب توسط دانش‌آموزان، امکان تنظیم تعاملات و تمرکز فردی را فراهم می‌آورد و در نتیجه، از رشد هوش بصری–فضایی و بهبود کیفیت یادگیری پشتیبانی می‌کند (Esenarro et al., 2023).

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-29]

انعطاف‌پذیری فضایی در محیط‌های آموزشی به معنای قابلیت تغییر، سازمان‌دهی مجدد و تطبیق فضا با فعالیت‌ها، گروه‌های کاربری و نیازهای متغیر یادگیری است. از دیدگاه علوم اعصاب، این ویژگی می‌تواند با فعال‌سازی شبکه‌های اجرایی مغز (Executive Networks) و نواحی قشر پیش‌پیشانی (Prefrontal Cortex) به ارتقای توانایی حل مسئله، کنترل اجرایی و تنظیم رفتار کمک کند (Barrett et al., 2015; Abbas et al., 2024). قشر پیش‌پیشانی که نقشی کلیدی در برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری دارد، در پاسخ به فضاهای تغییرپذیر و متنوع فعالیت بیشتری نشان می‌دهد و این امر موجب تقویت خلاقیت و یادگیری اکتشافی در کودکان می‌شود (Ghamari et al., 2021). افزون بر این، فضاهای انعطاف‌پذیر امکان تجربه‌های یادگیری بدن‌مند (Embodied Learning) را فراهم می‌کنند؛ تجربه‌هایی که با تحریک قشر حرکتی (Motor Cortex) و مسیرهای حسی–حرکتی مغز، فرایند پردازش فضایی پویا و تصویرسازی متغیر از محیط را تسهیل می‌کنند (Chatterjee, 2014; Vartanian et al., 2024). چنین محرک‌هایی نه‌تنها به افزایش مشارکت و انگیزش دانش‌آموزان منجر می‌شوند، بلکه از طریق ایجاد چالش‌های شناختی و فضایی، انعطاف‌پذیری شناختی (Cognitive Flexibility) را نیز تقویت می‌کنند (Li et al., 2025). پژوهش‌های کاربردی در حوزه یادگیری قرن بیست‌ویکم نشان داده‌اند که فضاهای آموزشی دارای قابلیت تغییر چیدمان، ترکیب فعالیت‌های فردی و گروهی و تنوع در ایستگاه‌های یادگیری، به ارتقای مهارت‌های همکاری، خودتنظیمی و نوآوری کمک می‌کنند (Jain et al., 2022). چنین طراحی‌هایی با هم‌راستاسازی ویژگی‌های فیزیکی محیط با نیازهای عصبی–ادراکی، بستری برای پرورش خلاقیت، حل مسئله و کنجکاوی مستمر فراهم می‌آورند.

فضای بازی در محیط‌های آموزشی نه‌تنها محلی برای فعالیت بدنی، بلکه بستری برای رشد شناختی، اجتماعی و هیجانی کودکان شناخته می‌شود. شواهد علوم اعصاب نشان می‌دهد که بازی فعال می‌تواند نواحی کلیدی مغز همچون هیپوکامپ (Hippocampus)، قشر حرکتی (Motor Cortex)، قشر پیشانی میانی (Medial Prefrontal Cortex) و آمیگدالا (Amygdala) را به‌طور هم‌زمان فعال کند (Abbas et al., 2024; Barrett et al., 2015). هیپوکامپ که مسئول حافظه فضایی و جهت‌یابی است، از طریق تجربه‌های حرکتی–فضایی بازی، نقشه‌های ذهنی دقیق‌تری ایجاد می‌کند، در حالی که قشر حرکتی و قشر پیشانی میانی مهارت‌های حرکتی ظریف، تصمیم‌گیری و خودتنظیمی را ارتقا می‌دهند (Pellegrini & Smith, 1998). بازی در فضاهای باز و تعامل با عناصر طبیعی می‌تواند واکنش‌های استرس را از طریق تعدیل فعالیت آمیگدالا کاهش دهد و تنظیم هیجانی کودکان را بهبود بخشد (Dadvand et al., 2015; Brussoni et al., 2015). افزون بر این، فعالیت بدنی در فضای بازی با افزایش جریان خون مغزی و تحریک شبکه‌های توجه، به بهبود تمرکز و پردازش اطلاعات منجر می‌شود (Nguyen & Walters, 2024). از دیدگاه یادگیری، بازی خلاقانه و تعاملی، مهارت‌های حل مسئله، خلاقیت و همکاری را تقویت می‌کند و مسیرهای عصبی مرتبط با پردازش فضایی پویا را فعال می‌سازد (Chatterjee, 2014; Ghamari et al., 2021; Qayyum et al., 2024). طراحی این فضاها باید شامل تنوع حرکتی، انعطاف‌پذیری در استفاده و دسترسی به عناصر طبیعی باشد تا هم به نیازهای جسمانی و هم به نیازهای ادراکی–شناختی کودکان پاسخ دهد.

کیفیت آکوستیک در فضاهای آموزشی، یکی از عوامل کلیدی در بهینه‌سازی فرایندهای یادگیری و حفظ تمرکز دانش‌آموزان است. از دیدگاه علوم اعصاب، نوفه و شرایط صوتی نامطلوب می‌توانند عملکرد قشر پیش‌پیشانی (Prefrontal Cortex) و قشر شنوایی اولیه (Primary Auditory Cortex) را مختل کنند و با افزایش بار شناختی، کارایی پردازش اطلاعات را کاهش دهند (Shield & Dockrell, 2003; Barrett et al., 2015). قشر پیش‌پیشانی که مسئول توجه پایدار و کنترل اجرایی است، در محیط‌های پرسروصدا منابع پردازشی خود را به مقابله با نوفه اختصاص می‌دهد و این امر موجب افت عملکرد شناختی می‌شود (Li et al., 2025). برعکس، شرایط صوتی بهینه با کاهش استرس ادراکی و تسهیل پردازش شنیداری، موجب تقویت یکپارچگی حسی و بهبود توانایی تمرکز می‌شود (Abbas et al., 2024). محیط‌های آموزشی با طراحی آکوستیکی مناسب، شامل استفاده از مصالح جاذب صدا، کنترل بازتاب‌ها و کاهش نوفه پس‌زمینه، می‌توانند مسیرهای عصبی مرتبط با شبکه‌های توجه و حافظه کاری را فعال و پایدار سازند (Shield & Dockrell, 2003; Llorens-Gámez et al., 2022). پژوهش‌ها نشان داده‌اند که کیفیت صوتی مطلوب به‌ویژه در یادگیری شنیداری–تصویری و تعاملات کلاسی نقش حیاتی دارد و می‌تواند میزان درک مطلب و مشارکت دانش‌آموزان را به‌طور چشمگیری افزایش دهد (Nguyen & Walters, 2024; Ghamari et al., 2021). چنین طراحی‌هایی افزون بر کاهش فشار شناختی، به ارتقای پردازش چندحسی و هماهنگی شنیداری–فضایی نیز کمک می‌کنند که از مؤلفه‌های مهم در رشد هوش بصری–فضایی‌اند.

در جمع‌بندی، این مجموعه مؤلفه‌های نوروان‌معماری با فعال‌سازی مسیرهای عصبی مرتبط با پردازش فضایی، حافظه دیداری، خلاقیت و خودتنظیمی، بستر شکل‌گیری تجربه‌های یادگیری عمیق و مؤثر را در محیط‌های آموزشی فراهم می‌سازند. طراحی مدارس بر پایه این اصول،

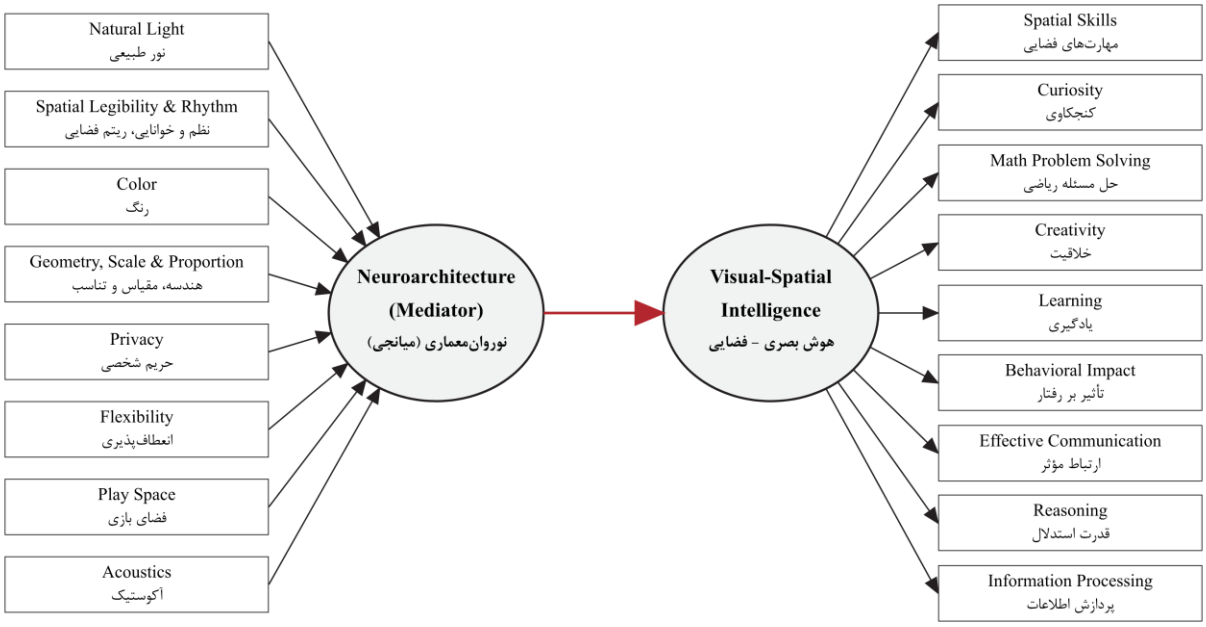
[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-29]

نه‌تنها کیفیت آموزش را بهبود می‌بخشد، بلکه رشد هوش بصری–فضایی کودکان را نیز به شکل معناداری ارتقا می‌دهد و بدین ترتیب، پیوندی مستحکم میان معماری، علوم اعصاب و آموزش ایجاد می‌کند (Abbas et al., 2024; Esenarro et al., 2023; Vartanian et al., 2024). جدول ۱ این مؤلفه‌ها را همراه با مسیرهای عصبی مرتبط، سازوکار تأثیر و ابعاد متناظر هوش بصری جمع‌بندی می‌کند و تصویر ۱ مدل مسیر مفهومی پژوهش را نشان می‌دهد.

جدول ۱: مؤلفه‌های نوروان‌معماری مؤثر بر هوش بصری بر اساس دیدگاه صاحب‌نظران

صاحب‌نظران	مؤلفه‌های نوروان‌معماری	مسیرهای عصبی یا نواحی مغزی مرتبط	سازوکار تأثیر ادراکی–شناختی	ابعاد مرتبط با هوش بصری
Esenarro et al., 2023; Abbas et al., 2024; Barrett et al., 2015; Dadvand et al., 2015	**نور طبیعی (Natural Light)**	قشر بینایی، هیپوتالاموس (تنظیم ریتم)، تالاموس	بهبود توجه، تحریک ادراک بصری، تنظیم ریتم شبانه‌روزی	مهارت‌های فضایی، پردازش اطلاعات، یادگیری، تمرکز دیداری
Barrett et al., 2015; Wang et al., 2022; Llorens-Gámez et al., 2022	**نظم و خوانایی، ریتم و توالی فضایی (Spatial Rhythm & Legibility)**	هیپوکامپ، لوب آهیانه‌ای	افزایش جهت‌یابی، سازمان ذهنی فضا، کاهش بار شناختی	توسعه نقشه ذهنی، استدلال فضایی، مهارت‌های فضایی، یادگیری، کنجکاوی
Chatterjee, 2014; Esenarro et al., 2023; Li et al., 2025	**رنگ (Color)**	قشر بینایی، آمیگدالا، سیستم لیمبیک	تحریک هیجان، افزایش یادآوری تصویری، تشخیص الگو	خلاقیت، پردازش تصویری، حافظه معنایی، حل مسئله تصویری
Vartanian et al., 2024; Abbas et al., 2024	**هندسه محیط و فرم‌ها، مقیاس و تناسب عناصر و فضاها (Geometry, Scale & Proportion)**	قشر پیش‌پیشانی، سیستم بینایی (dorsal pathway)	ادراک ساختار، درک فاصله و عمق، انسجام فضایی	تجسم فضایی، نقشه‌سازی ذهنی، تفکر تحلیلی
Barrett et al., 2015; Kumari et al., 2023	**حریم شخصی (Privacy)**	قشر پیش‌پیشانی، محور استرس (HPA)	افزایش کنترل، کاهش اضطراب، ارتقاء تمرکز و خودتنظیمی	یادگیری، تمرکز، پردازش اطلاعات، ارتباط مؤثر
Jain et al., 2022; Barrett et al., 2015	**انعطاف‌پذیری و تطبیق‌پذیری (Flexibility & Adaptability)**	قشر پیش‌پیشانی، قشر حرکتی، شبکه اجرایی مغز	فعال‌سازی نواحی حرکتی، افزایش کنترل اجرایی، تحریک اکتشاف، تحریک شناخت تطبیقی	خلاقیت، حل مسئله، یادگیری فعال، کنجکاوی، پردازش فضایی پویا و تصویرسازی متغیر از محیط
Qayyum et al., 2024; Brussoni et al., 2015	**فضای بازی (Play Space)**	هیپوکامپ، قشر حرکتی، آمیگدالا، قشر پیشانی میانی	فعال‌سازی قشر حرکتی، یادگیری از طریق تجربه بدن‌مند، تقویت حافظه فضایی و مهارت حرکتی	خلاقیت، مهارت‌های فضایی، کنجکاوی، استدلال، تعامل اجتماعی
Shield & Dockrell, 2003; Llorens-Gámez et al., 2022	**آکوستیک (Acoustics)**	قشر شنوایی، شبکه توجه مغز (Locus coeruleus, PFC)	بهبود تمرکز، کاهش خستگی شناختی، افزایش یکپارچگی حسی	پردازش اطلاعات، یادگیری، استدلال، مهارت شنیداری–تصویری

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-29]



تصویر ۱: نمودار مسیر مفهومی پژوهش

روش‌شناسی پژوهش

این مطالعه با رویکردی توصیفی-تحلیلی و مبتنی بر تحلیل ثانویه داده‌ها انجام شده است. چارچوب نظری پژوهش بر مبنای نوروان‌معماری شکل گرفته و می‌کوشد با تفسیر مجدد داده‌های گردآوری‌شده در یک پژوهش میدانی پیشین، مدلی مفهومی برای تأثیر مؤلفه‌های طراحی مبتنی بر عملکرد مغز بر هوش بصری کودکان ارائه کند.

داده‌های اولیه از مطالعه‌ای گسترده در حوزه طراحی محیط‌های آموزشی گردآوری شده‌اند که با مشارکت ۴۰۰ معلم، معمار و متخصص روان‌شناسی کودک در سطح مدارس ابتدایی شهر تهران انجام گرفته است. ابزار گردآوری اطلاعات، پرسشنامه‌ای ساختاریافته با گویه‌هایی مرتبط با مؤلفه‌های معماری و ابعاد هوش بصری (بر اساس نظریه گاردنر و مطالعات معماری) بوده است.

در پژوهش اولیه، متغیر میانجی «سازه‌های روان‌شناختی فضا» نظیر آرامش روانی، احساس امنیت و حس تعلق بررسی شده بود. در بازتحلیل نظری حاضر، این متغیر در قالب «کیفیت نوروان‌ادراکی فضا» بازتعریف شده است. این متغیر ناظر بر نحوه فعال‌سازی نواحی مغزی کودکان در اثر مواجهه با مؤلفه‌های محیطی (نظیر نور طبیعی، رنگ، ریتم فضایی و هندسه محیط) است.

برای تحلیل روابط میان متغیرها، از مدل‌سازی معادلات ساختاری (SEM) با نرم‌افزار LISREL استفاده شد. شاخص‌های برازش مدل، ضرایب مسیر و واریانس تبیین‌شده (R^2) برای هر متغیر پنهان محاسبه گردید. تحلیل‌ها بر پایه هشت مؤلفه نوروان‌معماری و نُه مؤلفه هوش بصری صورت پذیرفت.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

در این بخش، داده‌های گردآوری‌شده با هدف پاسخ‌گویی به پرسش‌ها و آزمون فرضیه‌های پژوهش پردازش و تحلیل می‌شوند. تجزیه و تحلیل داده‌ها مرحله‌ای کلیدی در فرایند پژوهش است که امکان تبدیل داده‌های خام به اطلاعات معنادار و قابل استناد را فراهم می‌سازد. در این راستا، ابتدا با استفاده از روش‌های آمار توصیفی، ویژگی‌های جمعیت نمونه و شاخص‌های اولیه متغیرها تبیین می‌شود تا تصویری کلی از وضعیت داده‌ها ارائه گردد. سپس به کمک آزمون‌های آمار استنباطی و مدل‌سازی معادلات ساختاری، روابط میان متغیرها بررسی و میزان برازش مدل مفهومی ارزیابی می‌شود. این تحلیل‌ها نه‌تنها صحت و اعتبار سازه‌های پنهان و شاخص‌های آن‌ها را می‌سنجند، بلکه امکان شناسایی الگوها، روابط معنادار و مسیرهای اثرگذاری را نیز فراهم می‌کنند. در نهایت، نتایج به‌دست‌آمده مبنایی برای تفسیر یافته‌ها در پرتو مبانی نظری و پیشینه پژوهش فراهم خواهد آورد.

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-29]

جدول ۲: عوامل شناسایی‌شده و بار عاملی هر متغیر (ماتریس عامل‌های چرخش‌یافته)

ردیف	مؤلفه‌ها	عامل‌های شناسایی‌شده			
		۱	۲	۳	۴
۱	نظم و خوانایی، سازگاری فضایی و ارتباط منطقی بین فضاهای مختلف آموزشی	۰/۶۲۸		۰/۳۲۱	۰/۳۷۵
۲	تقسیم‌بندی فضایی و انعطاف‌پذیری	۰/۴۹۴		۰/۳۱۳	۰/۳۲۶
۳	شرایط صوتی و آکوستیکی	۰/۴۹۴			۰/۷۰۷
۴	استفاده از تنوع رنگی در فضاهای آموزشی	۰/۴۱۱			
۵	تنوع فرمی و شکل، مقیاس و تناسب عناصر و فضاها	۰/۵۰۰			
۶	فضای بازی در تنوع الگوهای رفتاری		۰/۵۷۵	۰/۳۷۰	
۷	حریم شخصی	۰/۳۱۴	۰/۶۶۵		۰/۳۴۷
۸	اهمیت تأمین نور کافی و طبیعی				۰/۷۱۵

در بخش نخست مدل، هشت مؤلفه اساسی نوروان‌معماری به‌عنوان متغیرهای مشاهده‌شده با بارهای عاملی معنادار بر سازه پنهان «نوروان‌معماری» شناسایی شده‌اند. بر اساس بارهای عاملی استخراج‌شده از تحلیل عاملی تأییدی (CFA)، مؤلفه نظم و خوانایی فضایی (= λ ۰/۶۲۸) به‌عنوان عاملی کلیدی در سازمان‌دهی ادراک فضایی و تسهیل پردازش محیطی عمل می‌کند؛ تقسیم‌بندی فضایی (= λ ۰/۴۹۴) با ایجاد ساختار و انعطاف‌پذیری، پاسخ‌گوی نیازهای متنوع کاربران است؛ و شرایط آکوستیکی (= λ ۰/۷۰۷) به ارتقای تمرکز، کاهش بار شناختی و بهبود یکپارچگی حسی کمک می‌کند. همچنین تنوع رنگی (= λ ۰/۴۱۱) با تحریک هیجان مثبت و تقویت یادآوری، خلاقیت را ارتقا می‌دهد و تنوع فرمی و تناسب (= λ ۰/۵۰۰) در تقویت درک ساختاری و انسجام فضایی نقش دارد. فضای بازی (= λ ۰/۵۷۵) به رشد خلاقیت، تقویت مهارت‌های حرکتی و افزایش تعاملات اجتماعی منجر می‌شود، در حالی که حریم شخصی (= λ ۰/۶۶۵) حس کنترل، امنیت و تمرکز را در کاربران افزایش می‌دهد. در نهایت، نور طبیعی (= λ ۰/۷۱۵) با تنظیم ریتم شبانه‌روزی، بهبود توجه و تقویت پردازش بصری، بیشترین بار عاملی را در این سازه به خود اختصاص داده و جایگاهی محوری در ارتقای کیفیت محیط آموزشی دارد.

در مجموع، نور طبیعی (= λ ۰/۷۱۵) و آکوستیک (= λ ۰/۷۰۷) از قوی‌ترین شاخص‌های نوروان‌معماری هستند و همبستگی‌های بالایی با ابعاد اصلی هوش بصری–فضایی دارند. تقسیم‌بندی فضایی (= λ ۰/۴۹۴) و فضای بازی (= λ ۰/۵۷۵) افزون بر بار عاملی متوسط تا بالا، گستره وسیعی از همبستگی‌ها را با ابعاد شناختی و خلاقیت نشان می‌دهند. حریم شخصی (= λ ۰/۶۶۵) گرچه در برخی ابعاد همبستگی متوسطی دارد، نقشی کلیدی در ابعاد رفتاری و ارتباطی ایفا می‌کند.

این مؤلفه‌ها همگی بر سازه «نوروان‌معماری» بارگذاری شده‌اند و با تعامل با یکدیگر، کیفیت کلی محیط آموزشی را شکل می‌دهند. ضریب مسیر نوروان‌معماری به هوش بصری–فضایی برابر با β = ۰/۶۵ است و نشان می‌دهد که کیفیت طراحی مبتنی بر نوروان‌معماری، تأثیری قوی و مثبت بر رشد توانایی‌های بصری–فضایی کودکان دارد.

در بخش دوم مدل، هوش بصری–فضایی به‌عنوان یک سازه پنهان از طریق نُه بُعد اساسی و به‌هم‌پیوسته سنجیده می‌شود که همگی بارهای عاملی بالایی در بازه ۰/۷۶ تا ۰/۸۵ دارند و نشان‌دهنده نقش قوی هر شاخص در تبیین این سازه‌اند. مهارت‌های فضایی (= λ ۰/۸۲) به توانایی درک، سازمان‌دهی و بازنمایی روابط مکانی اشاره دارد، در حالی که کنجکاوی (= λ ۰/۷۸) به‌عنوان محرک جست‌وجوگری و یادگیری اکتشافی عمل می‌کند. حل مسئله ریاضی (= λ ۰/۸۰) بیانگر توان تحلیل و به‌کارگیری الگوهای منطقی–فضایی در حل مسائل است و خلاقیت (= λ ۰/۸۵) به توانایی تولید ایده‌های نو و راهکارهای بدیع در مواجهه با موقعیت‌های جدید مربوط می‌شود. یادگیری (= λ ۰/۸۳) بازتاب‌دهنده فرایند جذب و به‌کارگیری دانش است، در حالی که تأثیر بر رفتار (= λ ۰/۷۶) به نقش مهارت‌های بصری–فضایی در هدایت و تنظیم رفتارهای فردی اشاره دارد. ارتباط مؤثر (= λ ۰/۸۱) نشان‌دهنده قابلیت استفاده از ادراک فضایی در تعاملات کلامی و غیرکلامی است و استدلال (= λ ۰/۷۹) توان پردازش منطقی روابط و ساختارهای بصری را توصیف می‌کند. در نهایت، پردازش اطلاعات (= λ ۰/۸۴) بیانگر توانایی تحلیل، سازمان‌دهی و یکپارچه‌سازی محرک‌های دیداری–فضایی برای درک و تصمیم‌گیری مؤثر است.

ارتباط میان این ابعاد و مؤلفه‌های نوروان‌معماری، به‌واسطه نقش میانجی سازه «نوروان‌معماری»، بیانگر آن است که ارتقای شاخص‌های محیطی، اجتماعی، حسی و ادراکی فضای آموزشی، از طریق ایجاد بسترهای غنی و محرک، توانایی‌های هوش بصری–فضایی کودکان را به‌طور معناداری

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-29]

افزایش می‌دهد. به‌طور خلاصه، این مدل نشان می‌دهد که نوروان‌معماری نه‌تنها مجموعه‌ای از ویژگی‌های کالبدی-محیطی، بلکه سازه‌ای روان‌شناختی-عصبی و میانجی است که می‌تواند فرایندهای ادراکی و شناختی را تعدیل کند و در نهایت به ارتقای توانمندی‌های هوش بصری-فضایی منجر شود.

جدول ۳: ماتریس همبستگی مؤلفه‌های نوروان‌معماری و ابعاد هوش بصری

مؤلفه‌های معماری	مهارت‌های فضایی	کنجکاوی	حل مسئله ریاضی	خلاقیت	یادگیری	تأثیر بر رفتار	ارتباط مؤثر	قدرت استدلال	پردازش اطلاعات
نظم و خوانایی، ریتم و توالی فضایی	۰/۲۷۵**	۰/۳۹۶**	۰/۳۶۱**	۰/۳۴۳**	۰/۲۹۹**	۰/۳۹۵**	۰/۳۵۹**	۰/۳۶۸**	۰/۲۴۴**
نور	۰/۵۴۷**	۰/۴۴۲**	۰/۳۲۹**	۰/۳۹۱**	۰/۴۴۵**	۰/۳۷۷**	۰/۴۰۵**	۰/۴۴۰**	۰/۴۷۹**
تقسیم‌بندی فضایی و انعطاف‌پذیری	۰/۴۳۷**	۰/۳۴۶**	۰/۴۳۸**	۰/۵۰۶**	۰/۴۹۹**	۰/۳۰۶**	۰/۴۲۴**	۰/۳۵۰**	۰/۲۷۱**
حریم شخصی	۰/۲۵۵**	۰/۳۱۹**	۰/۳۳۹**	۰/۲۶۶**	۰/۲۰۷**	۰/۴۲۶**	۰/۳۳۹**	۰/۴۲۲**	۰/۳۹۳**
هندسه محیط و فرم‌ها، مقیاس و تناسب عناصر و فضاها	۰/۳۲۰**	۰/۲۷۴**	۰/۳۵۴**	۰/۳۳۳**	۰/۳۲۰**	۰/۳۳۲**	۰/۳۳۴**	۰/۳۷۹**	۰/۲۹۹**
رنگ	۰/۳۹۹**	۰/۳۴۷**	۰/۳۹۶**	۰/۴۶۶**	۰/۴۸۶**	۰/۳۴۵**	۰/۴۰۱**	۰/۳۶۲**	۰/۲۰۸**
فضای بازی	۰/۴۴۷**	۰/۴۲۰**	۰/۴۹۵**	۰/۵۰۹**	۰/۵۰۳**	۰/۳۹۵**	۰/۳۹۷**	۰/۴۳۷**	۰/۲۷۳**
آکوستیک	۰/۵۱۷**	۰/۴۲۹**	۰/۳۸۲**	۰/۴۵۴**	۰/۴۰۳**	۰/۳۱۴**	۰/۴۱۱**	۰/۴۱۹**	۰/۳۹۷**

بررسی الگوهای همبستگی (جدول ۳) نشان می‌دهد که شدت و گستره روابط میان مؤلفه‌های نوروان‌معماری و ابعاد هوش بصری-فضایی متنوع است و برخی مؤلفه‌ها نقش برجسته‌تری در شکل‌دهی این ابعاد ایفا می‌کنند. همه ضرایب همبستگی در سطح ۰/۰۱ معنادارند.

مؤلفه‌های با بیشترین همبستگی کلی: نور طبیعی بیشترین همبستگی را با ابعاد گوناگون هوش بصری کودکان نشان داده است؛ به‌ویژه با مهارت‌های فضایی (r = ۰/۵۴۷)، یادگیری (۰/۴۴۵)، پردازش اطلاعات (۰/۴۷۹) و استدلال (۰/۴۴۰). این یافته‌ها حاکی از آن‌اند که حضور نور طبیعی در فضاهای آموزشی نه‌تنها به بهبود عملکرد بینایی و کاهش خستگی ذهنی منجر می‌شود، بلکه با فعال‌سازی نواحی قشر بینایی و تنظیم ریتم شبانه‌روزی، زمینه‌ساز افزایش هوشیاری، تمرکز و تثبیت حافظه فضایی است. از منظر نوروان‌معماری، نور طبیعی به‌مثابه محرکی ادراکی و کلیدی، کیفیت درک فضایی کودک را افزایش می‌دهد و مسیرهای عصبی مرتبط با تحلیل بصری و استدلال را تقویت می‌کند.

شرایط صوتی مناسب، همبستگی معناداری با مهارت‌های فضایی (۰/۵۱۷)، پردازش اطلاعات (۰/۳۹۷)، استدلال (۰/۴۱۹) و خلاقیت (۰/۴۵۴) دارد. نوفه‌های محیطی و کیفیت نامطلوب آکوستیک می‌توانند تمرکز کودکان را مختل کنند و پردازش ذهنی را کاهش دهند؛ در حالی که محیط‌های آکوستیکی متعادل، عملکرد شناختی را بهبود می‌بخشند. یافته‌ها نشان می‌دهند که طراحی آکوستیکی هوشمند می‌تواند بار شناختی را کاهش دهد، عملکرد نواحی شنوایی و چندحسی مغز را تقویت کند و موجب بهبود درک فضایی و تحلیل دیداری شود.

تقسیم‌بندی فضایی و انعطاف‌پذیری بیشترین همبستگی را با مؤلفه‌هایی نظیر خلاقیت (r = ۰/۵۰۶)، یادگیری (۰/۴۹۹)، حل مسئله (۰/۴۳۸) و ارتباط مؤثر (۰/۴۲۴) دارد. در این فضاها، کودک می‌تواند نقشی فعال در بازتعریف فضا ایفا کند که خود موجب رشد تخیل، توانایی حل مسئله و سازوکارهای شناختی پیچیده‌تر می‌شود. این تحلیل با رویکرد نوروان‌معماری هم‌راستاست که تأکید دارد طراحی‌های تطبیق‌پذیر، نواحی عصبی مرتبط با کنجکاوی و خلاقیت را در مغز تحریک می‌کنند.

فضای بازی بیشترین ارتباط را با خلاقیت (۰/۵۰۹)، یادگیری (۰/۵۰۳) و حل مسئله (۰/۴۹۵) دارد. این همبستگی بالا حاکی از آن است که فضای بازی نه‌فقط محیطی تفریحی، بلکه بستری برای رشد شناختی و ادراکی کودکان است. بازی‌های فضایی موجب تحریک مناطق حرکتی مغز و شکل‌گیری نقشه‌های ذهنی جدید می‌شوند و فرصت تجربه‌ای بدن‌مند و پویا را فراهم می‌سازند. از منظر نوروان‌معماری، این فضاها زمینه تقویت ادراک فضایی، تعامل چندحسی و افزایش انگیزش شناختی را فراهم می‌آورند که همگی در رشد هوش بصری نقش دارند.

مؤلفه‌های با اثرگذاری هدفمند: رنگ‌های متنوع، به‌ویژه در فضاهای آموزشی، همبستگی بالایی با یادگیری (۰/۴۸۶)، خلاقیت (۰/۴۶۶) و حل مسئله (۰/۳۹۶) دارند. رنگ به‌عنوان عاملی بصری و مهم، بر خلق‌وخو، انگیزش و بازنمایی ذهنی تأثیرگذار است. در طراحی نوروان‌معمارانه، استفاده از رنگ‌ها با در نظر گرفتن تأثیر آن‌ها بر مغز، به تحریک حافظه معنایی، تقویت تفکر انتزاعی و افزایش دقت ادراکی کودکان منجر می‌شود. همچنین رنگ‌های مناسب می‌توانند موجب بهبود پردازش تصویری و تسهیل یادگیری شوند.

نظم و خوانایی، ریتم و توالی فضایی ارتباط معناداری با کنجکاوی (۰/۳۹۶)، استدلال (۰/۳۶۸) و حل مسئله (۰/۳۶۱) دارد. ساختار فضایی منسجم و مسیرهای قابل پیش‌بینی و سازمان‌یافته، موجب کاهش سردرگمی، تسهیل جهت‌یابی و ارتقای حس امنیت ذهنی می‌شود. از نگاه

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-29]

نوروان‌معماری، این نوع سازمان‌دهی فضایی با کاهش بار شناختی و تقویت عملکرد هیپوکامپ (ناحیه مسئول جهت‌یابی و حافظه فضایی)، نقش مهمی در ارتقای هوش بصری کودکان دارد.

مؤلفه حریم شخصی بیشترین ارتباط را با ابعاد تأثیر بر رفتار (۰/۴۲۶)، استدلال (۰/۴۲۲) و پردازش اطلاعات (۰/۳۹۳) دارد. فراهم‌سازی فضاهایی برای خلوت و تمرکز، زمینه‌ساز خودتنظیمی، ارتقای حس کنترل و کاهش استرس در کودکان است. از منظر نوروان‌معماری، حریم شخصی از طریق تقویت عملکرد قشر پیش‌پیشانی مغز (Prefrontal Cortex) موجب ارتقای تصمیم‌گیری، تمرکز و توانایی تفکر منطقی می‌شود؛ امری که پایه‌گذار رشد هوش بصری نیز هست.

هندسه محیط، فرم‌ها، مقیاس و تناسب با ابعاد مختلفی چون استدلال (۰/۳۷۹)، حل مسئله (۰/۳۵۴) و خلاقیت (۰/۳۳۳) ارتباط دارد. فرم‌ها و مقیاس‌های متناسب با ادراک کودک، نه‌تنها زیبایی‌شناسی محیط را ارتقا می‌دهند، بلکه به ایجاد محیط‌هایی قابل رمزگشایی و معنادار کمک می‌کنند. فرم‌های منظم و ساختارمند، به‌ویژه اگر مقیاس آن‌ها با ادراک کودک همخوانی داشته باشد، موجب شکل‌گیری نقشه‌های ذهنی پایدار و رشد توانایی تصویرسازی فضایی می‌شوند.

این الگوها تأیید می‌کنند که نوروان‌معماری به‌عنوان چارچوبی میانجی، می‌تواند با بهینه‌سازی مؤلفه‌هایی مانند نور، آکوستیک، سازمان فضایی و طراحی فضاهای بازی، رشد مهارت‌های ادراکی، خلاقیت، استدلال و یادگیری را در کودکان به‌طور معناداری ارتقا دهد. همچنین هر مؤلفه بسته به ماهیت خود، بر برخی ابعاد خاص اثرگذاری بیشتری دارد که در طراحی فضاهای آموزشی باید به این تفاوت‌ها توجه ویژه شود (تصویر ۲).



تصویر ۲: نقشه حرارتی (Heatmap) روابط همبستگی میان مؤلفه‌های نوروان‌معماری و ابعاد مختلف هوش بصری

ماتریس همبستگی مؤید آن است که برخی مؤلفه‌های فیزیکی تنها از مسیرهای ادراکی اولیه عمل نمی‌کنند، بلکه بر شبکه‌های شناختی–عاطفی پیچیده نیز اثرگذارند. طراحی محیط آموزشی اگر با درک عملکرد مغز و اصول نوروان‌معماری صورت گیرد، می‌تواند بستر رشد هوش بصری را با رویکردی علمی، دقیق و اثربخش فراهم آورد. در این میان، عناصری نظیر نور، بازی، انعطاف‌پذیری و آکوستیک، نه عناصری فرعی، بلکه هسته‌های عصبی–فضایی ارتقای یادگیری و ادراک بصری در کودکان محسوب می‌شوند. جدول ۴ شاخص‌های توصیفی و رتبه هر یک از مؤلفه‌ها را نشان می‌دهد.

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-29]

جدول ۴: شاخص‌های مرکزی، پراکندگی و شکل توزیع متغیرهای مستقل

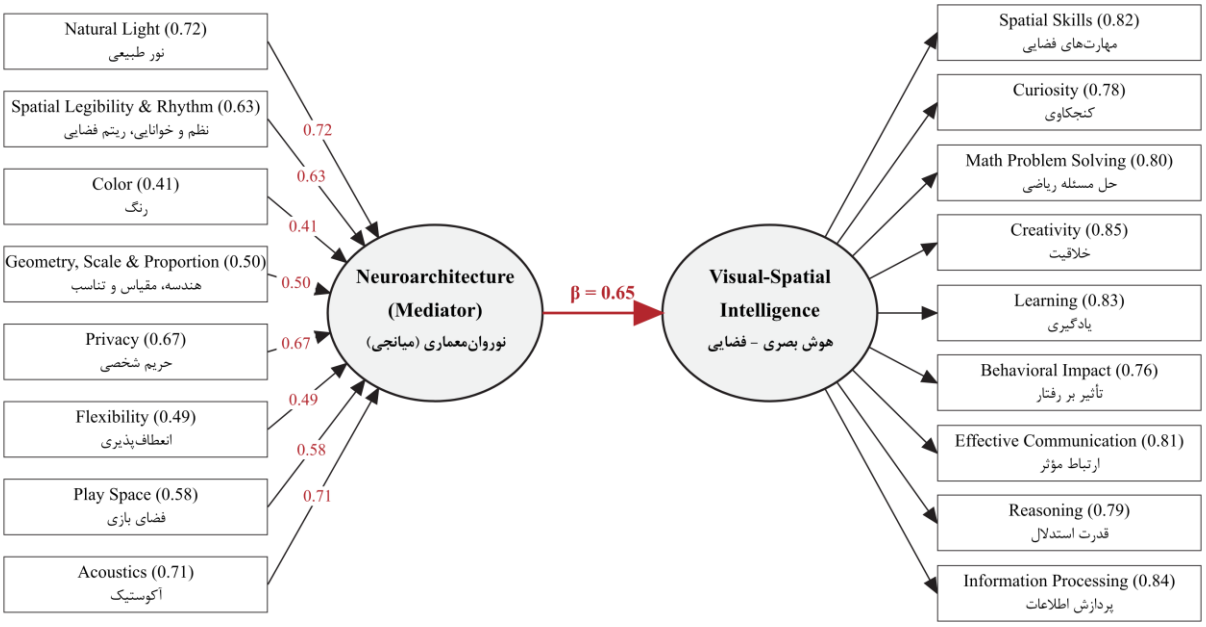
شاخص	مرکزی	پراکندگی		شکل توزیع		رتبه
	میانگین	انحراف معیار	واریانس	چولگی	کشیدگی	
نظم و خوانایی، سازگاری فضایی و ارتباط منطقی بین فضاهای مختلف آموزشی	۴/۲۱۶۱	۰/۵۰۵۴۳	۰/۲۵۵	۰/۳۸۷–	۴/۹۶۳	۱
تقسیم‌بندی فضایی و انعطاف‌پذیری	۴/۲۱۵۰	۰/۴۵۱۹۸	۰/۲۰۴	۰/۸۰۳	۰/۰۹۹	۲
استفاده از تنوع رنگی در فضاهای آموزشی	۴/۱۹۷۵	۰/۴۳۴۷۰	۰/۱۸۹	۰/۷۷۴	۱/۵۹۴	۳
فضای بازی	۴/۱۸۵۰	۰/۴۰۷۶۶	۰/۱۶۶	۱/۲۸۹	۰/۶۸۶	۴
اهمیت تأمین نور کافی و طبیعی	۴/۱۶۲۵	۰/۵۴۰۲۱	۰/۲۹۲	۱/۲۳۸–	۸/۸۸۷	۵
آکوستیک	۴/۱۵۲۵	۰/۴۷۴۱۴	۰/۲۲۵	۰/۴۱۲–	۶/۶۸۹	۶
تنوع فرمی و شکل، مقیاس و تناسب عناصر و فضاها	۴/۱۰۷۵	۰/۵۳۵۴۱	۰/۲۸۷	۰/۷۹۴–	۴/۴۰۳	۷
حریم شخصی	۴/۰۴۷۵	۰/۵۵۳۱۸	۰/۳۰۶	۰/۷۸۰–	۳/۴۷۹	۸

بحث و تحلیل مدل مفهومی

مدل مفهومی حاضر بر این فرض بنیادین استوار است که کیفیت فضایی مدارس، زمانی که با معیارهای نوروان‌معماری هم‌راستا باشد، می‌تواند از طریق تحریک نظام‌های عصبی ادراکی، رشد هوش بصری کودکان را به‌طور معناداری تسهیل کند. تحلیل ساختاری مدل نشان داد که هشت مؤلفه معماری، یعنی «تأمین نور کافی و طبیعی»، «حریم شخصی»، «فضای بازی در تنوع الگوهای رفتاری»، «تنوع فرمی و شکل، مقیاس و تناسب عناصر و فضاها»، «استفاده از تنوع رنگی در فضاهای آموزشی»، «شرایط صوتی و آکوستیکی»، «تقسیم‌بندی فضایی و انعطاف‌پذیری» و «نظم و خوانایی، سازگاری فضایی و ارتباط منطقی بین فضاهای مختلف آموزشی»، در تعامل با ساختارهای مغزی مانند قشر بینایی، هیپوکامپ، آمیگدالا و نواحی پیش‌پیشانی (PFC)، موجب ارتقای ابعاد کلیدی هوش بصری نظیر استدلال فضایی، خلاقیت، پردازش تصویر و حل مسئله می‌شوند.

ترکیب نتایج حاصل از همبستگی‌ها و بارهای عاملی نشان می‌دهد که نور، آکوستیک، فضای بازی و تقسیم‌بندی فضایی بیشترین تأثیر کلی را بر ابعاد هوش بصری–فضایی دارند، زیرا هم از نظر بار عاملی در سطح بالایی قرار می‌گیرند و هم با طیف وسیعی از ابعاد، همبستگی‌های قوی و معنادار نشان می‌دهند. در مقابل، حریم شخصی بیشترین اثر را بر ابعاد رفتاری، ارتباط مؤثر و قدرت استدلال دارد و نقش آن در مهارت‌های فضایی یا یادگیری نسبتاً محدودتر است. همچنین هندسه و تناسب و رنگ، گرچه اثرات متوسطی دارند، این اثرات به‌طور متوازن بر ابعاد مختلف توزیع شده و می‌توانند به‌عنوان عوامل مکمل سایر مؤلفه‌ها عمل کنند. نظم و خوانایی فضایی نیز با وجود بار عاملی متوسط، در تقویت کنجکاوی، قدرت استدلال و ارتباط مؤثر نقشی حمایتی ایفا می‌کند. در مجموع، این یافته‌ها تأیید می‌کنند که نوروان‌معماری به‌عنوان سازه‌ای میانجی، اثر مثبت و معناداری بر رشد ابعاد مختلف هوش بصری–فضایی دارد، هرچند شدت اثرگذاری هر مؤلفه متفاوت است و در طراحی فضاهای آموزشی باید به این تفاوت‌ها توجه ویژه شود. مدل مفهومی نهایی پژوهش در تصویر ۳ ارائه شده است.

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-29]



تصویر ۳: مدل مفهومی پژوهش

از منظر علوم اعصاب، هر یک از این مؤلفه‌ها با فعال‌سازی مسیرهای حسی–شناختی خاص، محیط را به بستری یادگیری‌ساز تبدیل می‌کنند. برای مثال، نور طبیعی افزون بر افزایش تحریک قشر بینایی، بر تنظیم چرخه‌های فیزیولوژیک و ارتقای تمرکز مؤثر است. ریتم فضایی و خوانایی سازمان کالبدی فضا، با کاهش بار شناختی، پردازش مکانی را تسهیل و جهت‌یابی ذهنی را بهبود می‌بخشند. همچنین تنوع حسی و رنگ، با تحریک هم‌زمان چند حس، موجب درگیر شدن شبکه‌های گسترده‌تری از مغز می‌شوند و زمینه‌ساز خلاقیت و یادگیری چندوجهی‌اند.

در این چارچوب، فضا صرفاً ظرف فیزیکی یادگیری نیست، بلکه به‌مثابه عاملی شناختی عمل می‌کند که بر تجربه بدن‌مند کودک، ادراک محیطی، حافظه فضایی و هیجان‌های شناختی اثرگذار است. بنابراین، مدل مفهومی این پژوهش نه‌تنها روابط علّی میان متغیرهای معماری و هوش بصری را ترسیم می‌کند، بلکه بنیانی نظری برای طراحی مبتنی بر مغز فراهم می‌سازد؛ مدلی که می‌تواند در ارتقای سیاست‌های طراحی مدارس آینده نقشی تعیین‌کننده ایفا کند.

به‌منظور افزایش خوانایی و انسجام بصری مدل مفهومی، ساختار اولیه که روابط چندگانه و متقاطع میان تمامی زیرشاخص‌ها را در بر داشت، در نسخه نهایی ساده‌سازی شد. هدف از این بازنگری، پرهیز از پیچیدگی گرافیکی و تمرکز بر مسیرهای اصلی علّی در مدل بود؛ به‌گونه‌ای که جریان اثرگذاری از عناصر معماری به‌سوی هوش بصری–فضایی کودکان از طریق سازوکارهای نوروان‌معماری، به‌صورت مرحله‌ای و منطقی نمایش یابد. در این ساده‌سازی، به‌جای نمایش روابط جزئی میان تمامی زیرمؤلفه‌ها، ارتباطات کلان میان سه حوزه اصلی حفظ شد تا مدل بتواند ماهیت نظری و تحلیلی پژوهش را روشن‌تر بیان کند.

در عین حال، عمق روابط درونی مدل از طریق افزودن متغیرهای میانجی (Neuroarchitecture Mechanisms) و اتکا بر مبانی نظری چندرشته‌ای (نظیر نظریه هوش‌های چندگانه گاردنر و یافته‌های علوم اعصاب ادراکی) حفظ شده است. بدین ترتیب، مدل نهایی نه صرفاً نموداری توصیفی، بلکه بازنمایی‌ای از فرایندهای ادراکی و عصبی است که واسطه تأثیر ویژگی‌های کالبدی بر رشد هوش بصری کودکان به شمار می‌روند. این لایه میانجی، امکان تحلیل عمیق‌تر روابط علّی و شناختی را فراهم می‌کند و نشان می‌دهد که طراحی فضاهای آموزشی چگونه از طریق سازوکارهایی مانند توجه، هیجان، ادراک فضایی و حافظه، بر شکل‌گیری و تقویت توانایی‌های بصری–فضایی کودکان اثر می‌گذارد. بنابراین، ساده‌سازی مدل نه به معنای تقلیل مفهومی، بلکه به‌منظور نمایش مرحله‌ای، تبیین‌پذیر و نظری روابط پیچیده میان سه سطح معماری، عصب‌شناختی و هوشی انجام شده است.

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-29]

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که هشت مؤلفه منتخب نوروان‌معماری، با بارهای عاملی ۰/۴۱ تا ۰/۷۲ بر سازه «نوروان‌معماری» بارگذاری می‌شوند و این سازه با ضریب مسیر ۰/۶۵ بر هوش بصری–فضایی کودکان اثر می‌گذارد. نور طبیعی و آکوستیک قوی‌ترین شاخص‌ها هستند و همراه با فضای بازی و تقسیم‌بندی فضایی، گسترده‌ترین همبستگی‌ها را با ابعاد نُه‌گانه هوش بصری دارند؛ در حالی که حریم شخصی بیشتر بر ابعاد رفتاری، ارتباطی و استدلالی اثرگذار است و هندسه، تناسب و رنگ نقشی مکمل و متوازن ایفا می‌کنند. بر این اساس، طراحی مدارس ابتدایی باید با اولویت‌بخشی به نور روز، کیفیت صوتی، فضاهای بازی متنوع و چیدمان انعطاف‌پذیر، و در کنار آن تأمین گوشه‌های خلوت، خوانایی مسیرها و رنگ‌آمیزی هدفمند انجام شود.

بداعت و نوآوری پژوهش حاضر در چند سطح قابل توجه است. این مطالعه با تلفیق رویکرد نوروان‌معماری و ارزیابی دقیق مؤلفه‌های طراحی محیط آموزشی، گامی فراتر از پژوهش‌های پیشین برداشته است. برخلاف بسیاری از مطالعات داخلی و خارجی که صرفاً به سنجش کلی کیفیت فضا پرداخته‌اند، این پژوهش هشت مؤلفه کلیدی طراحی را در پیوند با سازوکارهای عصبی–شناختی بررسی کرده و بدین ترتیب رویکردی میان‌رشته‌ای میان معماری، علوم اعصاب و روان‌شناسی شناختی اتخاذ کرده است. همچنین بهره‌گیری از روش‌های داده‌محور و تحلیل کمی، پژوهش را از محدودیت مطالعات صرفاً کیفی فراتر برده و زمینه تحلیل عینی اثرات محیط بر عملکرد شناختی را فراهم ساخته است. در بُعد مفهومی نیز، تمرکز ویژه بر رابطه مستقیم میان مؤلفه‌های معماری و رشد هوش بصری–فضایی کودکان، وجه تمایز اساسی این پژوهش با مطالعاتی است که صرفاً بر خلاقیت یا عملکرد کلی یادگیری تمرکز داشته‌اند. در مقایسه تطبیقی با پژوهش‌های مشابه داخلی و بین‌المللی، نتایج این تحقیق با یافته‌های جهانی همسوست، اما برتری آن در ارائه چارچوبی عملیاتی برای طراحی محیط‌های آموزشی با رویکرد نوروان‌معماری و تحلیل داده‌محور عملکرد شناختی کودکان است؛ امری که جایگاه آن را در ادبیات علمی برجسته می‌سازد و قابلیت استفاده از آن را به‌عنوان مرجعی مؤثر در طراحی مدارس با هدف ارتقای هوش بصری–فضایی و توانایی‌های شناختی کودکان تثبیت می‌کند.

پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آینده با بهره‌گیری از سنجش‌های فیزیولوژیک و عصبی مستقیم (مانند EEG و ردیابی چشم) در کلاس‌های واقعی، روابط مدل را در جامعه کودکان آزمون کنند و اثر هم‌افزای مؤلفه‌ها را در گروه‌های سنی و جنسیتی مختلف بسنجند.

منابع

- Abbas, S., Okdeh, N., Roufayel, R., Kovacic, H., Sabatier, J.-M., Fajloun, Z., & Abi Khattar, Z. (2024). Neuroarchitecture: How the perception of our surroundings impacts the brain. *Biology, 13*(4), 220. DOI: https://doi.org/10.3390/biology13040220
- Afrand Khalilabad, F., Habib, F., & Habib, F. (2022). Determining the role of physical components of educational environment in motivation towards learning among sixth-grade students in Tehran City. *Armanshahr Architecture & Urban Development, 16*(45), 137–145. (In Persian) DOI: https://doi.org/10.22034/aaud.2023.364524.2726
- Akbarpoor, S., Hamidi, F., & Shapourian, F. (2024). The effectiveness of teaching visual-spatial perception skills on creativity in the art lesson of the fifth-grade elementary school students in Tehran. *Technology of Education Journal, 18*(4), 977–990. (In Persian) URL: https://jte.sru.ac.ir/article_2293.html
- Alonso, F., Martinez, R., & Sanchez, J. (2021). Effects of classroom daylighting on students' cognitive performance: An EEG-based study. *Building and Environment, 196*.
- Assem, H. M., Khodeir, L. M., & Fathy, F. (2023). Designing for human wellbeing: The integration of neuroarchitecture in design – A systematic review. *Ain Shams Engineering Journal, 14*(6), 102102. DOI: https://doi.org/10.1016/j.asej.2022.102102
- Barrett, P., Davies, F., Zhang, Y., & Barrett, L. (2015). The impact of classroom design on pupils' learning: Final results of a holistic, multi-level analysis. *Building and Environment, 89*, 118–133. DOI: https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.02.013
- Brussoni, M., Gibbons, R., Gray, C., Ishikawa, T., Sandseter, E. B. H., Bienenstock, A., Chabot, G., Fuselli, P., Herrington, S., Janssen, I., Pickett, W., Power, M., Stanger, N., Sampson, M., & Tremblay,

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-29]

M. S. (2015). What is the relationship between risky outdoor play and health in children? A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 12*(6), 6423–6454. DOI: https://doi.org/10.3390/ijerph120606423

- Castilla, N., Higuera-Trujillo, J. L., & Llinares, C. (2023). The effects of illuminance on students' memory: A neuroarchitecture study. *Building and Environment, 228*, 109833. DOI: https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109833
- Chatterjee, A. (2014). *The aesthetic brain: How we evolved to desire beauty and enjoy art*. New York: Oxford University Press.
- Choi, K., Suk, H. J., & Lee, J. (2019). The influence of daylight on student learning performance. *Building and Environment, 156*, 246–257.
- Cruz-Garza, J. G., Darfler, M., Rounds, J. D., Gao, E., & Kalantari, S. (2022). EEG-based investigation of the impact of room size and window placement on cognitive performance. *Journal of Building Engineering, 53*, 104540. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jobe.2022.104540
- Dadvand, P., Nieuwenhuijsen, M. J., Esnaola, M., Forns, J., Basagaña, X., Alvarez-Pedrerol, M., Rivas, I., López-Vicente, M., De Castro Pascual, M., Su, J., Jerrett, M., Querol, X., & Sunyer, J. (2015). Green spaces and cognitive development in primary schoolchildren. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 112*(26), 7937–7942. DOI: https://doi.org/10.1073/pnas.1503402112
- Divandi, J., & Bozorg Ghomi, L. (2018). Utilizing the capabilities of light and color in educational spaces to enhance children's creativity. *Memarishenasi*. (In Persian)
- Doaee, M., Ghomeishi, M., & Sotoudeh, H. (2024). Architectural strategies for fostering creativity and enhancing education for children with autism. *Ain Shams Engineering Journal, 15*(12), 103055.
- Domingos, L. F. (2025). *Neuro-architecture: A guiding principle for sustainable and inclusive design*. Luanda: Progest.
- Eberhard, J. P. (2009). *Brain landscape: The coexistence of neuroscience and architecture*. New York: Oxford University Press.
- Esenarro, D., Ccalla, J., Raymundo, V., Castañeda, L., & Davila, S. (2023). Neurostimulating architecture applied in the design of educational centers for early cognitive development in the district of Villa El Salvador, Lima. *Buildings, 13*(12), 3034. DOI: https://doi.org/10.3390/buildings13123034
- Figueiro, M. G. (2017). Light, sleep and circadian rhythms in older adults with Alzheimer's disease and related dementias. *Neurodegenerative Disease Management, 7*(2), 119–125. DOI: https://doi.org/10.2217/nmt-2016-0060
- Gardner, H. (2011). *Frames of mind: The theory of multiple intelligences* (3rd ed.). New York: Basic Books.
- Gerami Moghadam, M., Yeganeh, M., & Tabaeian, S. M. (2023). Analysis effect of the visual quality of body's educational space on improving self-efficacy of children 4 to 6 years old (Case study: Isfahan preschools). *Urban Design Discourse: A Review of Contemporary Literatures and Theories, 4*(2), 1–26. (In Persian) URL: https://udd.modares.ac.ir/article-40-65512-en.html
- Ghamari, H., Golshany, N., Naghibi Rad, P., & Behzadi, F. (2021). Neuroarchitecture assessment: An overview and bibliometric analysis. *European Journal of Investigation in Health, Psychology and Education, 11*(4), 1362–1387. DOI: https://doi.org/10.3390/ejihpe11040099
- Gharaei, B., Hayeri Zadeh, S. M. S., & Ghomeishi, M. (2024). Developing a neuroarchitecture-based user centered design for elementary schools in Tehran. *Ain Shams Engineering Journal, 15*(9), 102898. DOI: https://doi.org/10.1016/j.asej.2024.102898
- Guilford, J. P. (1967). *The nature of human intelligence*. New York: McGraw-Hill.
- Jain, R., Singh, P., & Arora, S. (2022). Flexible learning spaces: Design principles for 21st-century schools. *Learning Environments Research, 25*(3), 529–548.

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-29]

- Kaplan, R., & Kaplan, S. (1989). *The experience of nature: A psychological perspective*. Cambridge: Cambridge University Press.
- 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*(1), 236–247. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foar.2019.10.005
- Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Kumari, N., Gupta, R., & Sharma, P. (2023). Privacy and personal space in educational environments: Implications for student well-being. *Journal of Environmental Psychology, 86*.
- Li, Z., Lee, J. H., Yao, L., & Ostwald, M. J. (2025). Impact of built environments on human perception: A systematic review of physiological measures and machine learning. *Journal of Building Engineering*, 112319. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jobe.2025.112319
- Llorens-Gámez, M., Higuera-Trujillo, J. L., Omarrementeria, C. S., & Llinares, C. (2022). The impact of the design of learning spaces on attention and memory from a neuroarchitectural approach: A systematic review. *Frontiers of Architectural Research, 11*(3), 542–560. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foar.2021.12.002
- McLeod, S. (2020). *Piaget's theory and stages of cognitive development*. Simply Psychology. URL: https://www.simplypsychology.org/piaget.html
- Mohammad Panahi, N., & Bayat Mokhtari, L. (2024). The effect of visual-spatial perception training on improving theory of mind in students with learning disabilities. *Research in School and Virtual Learning, 12*(1), 81–90. (In Persian)
- Nguyen, L., & Walters, J. (2024). Benefits of nature exposure on cognitive functioning in children and adolescents: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Environmental Psychology, 96*, 102336. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2024.102336
- Pellegrini, A. D., & Smith, P. K. (1998). Physical activity play: The nature and function of a neglected aspect of play. *Child Development, 69*(3), 577–598. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.1998.tb06226.x
- Qayyum, A., Fatima, R., & Iram, A. (2024). Play-based learning and child cognitive-emotional development in nature-based programs. *Annals of Human and Social Sciences, 5*(4), 348–365. DOI: https://doi.org/10.35484/ahss.2024(5-IV)33
- Raisi, R., Fattahi, K., Zakeri, S. M. H., & Daneshmand, S. (2025). Exploring neuro-architecture's influence on indoor learning space design: A comprehensive systematic review. *Intelligent Buildings International, 17*(1), 28–49. DOI: https://doi.org/10.1080/17508975.2025.2502009
- Sarraf, M., Alborzi, F., & Amini, A. (2023). Effect of physical elements in educational spaces on children's creativity promotion using graphic analysis of painting. *Armanshahr Architecture & Urban Development, 16*(42), 91–105. (In Persian) DOI: https://doi.org/10.22034/aaud.2023.286362.2478
- Shield, B. M., & Dockrell, J. E. (2003). The effects of noise on children at school: A review. *Building Acoustics, 10*(2), 97–116. DOI: https://doi.org/10.1260/135101003768965960
- Vartanian, O., Farzanfar, D., Munar, E., et al. (2024). Neural dissociation between computational and perceived measures of curvature. *Scientific Reports, 14*, 26529. DOI: https://doi.org/10.1038/s41598-024-76931-8
- Vartanian, O., Navarrete, G., Chatterjee, A., Fich, L. B., Gonzalez-Mora, J. L., Leder, H., Modroño, 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. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2014.11.006
- Vartanian, O., Navarrete, G., Chatterjee, A., Fich, L. B., Leder, H., Modroño, C., Nadal, M., Rostrup, N., & Skov, M. (2013). Impact of contour on aesthetic judgments and approach-avoidance decisions

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-29]

in architecture. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *110*(Suppl. 2), 10446–10453. DOI: https://doi.org/10.1073/pnas.1301227110

- Wang, S., Sanches de Oliveira, G., Djebbara, Z., & Gramann, K. (2022). The embodiment of architectural experience: A methodological perspective on neuro-architecture. *Frontiers in Human Neuroscience*, *16*, 833528. DOI: https://doi.org/10.3389/fnhum.2022.833528
- Westwood, E., Smith, S., Mann, D., Pattinson, C., Allan, A., & Staton, S. (2023). The effects of light in children: A systematic review. *Journal of Environmental Psychology*, *89*, 102062. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2023.102062
- Yarmohammadian, N., Azemati, S., & Tahersima, S. (2022). Investigating the impact of the components of environmental perceptions of educational spaces on improving students' learning. *Journal of New Research in Architecture*. (In Persian) URL: https://rimag.ir/en/Article/42883
- Zhou, Q., & Fang, X. (2024). Exploring the application of neurostructural principles to the design of public spaces on university campuses. *Land*, *13*(12), 1978. DOI: https://doi.org/10.3390/land13121978

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-29]