

The Impact of Biophilic Architecture on Enhancing the Design Quality of Educational Complexes for Primary School Children

1. Farnoosh Saghaei^{✉*}: Assistant Professor, Department of Architecture, Islamic Azad University, Shiraz, Iran.

2. Mozghan Sasani[✉]: Assistant Professor, Department of Architecture, Islamic Azad University, Darion, Iran

*Corresponding Author's Email Address: far.saghaei@iau.ac.ir

How to Cite: Saghaei, F. & Sasani, M. (2026). The Impact of Biophilic Architecture on Enhancing the Design Quality of Educational Complexes for Primary School Children. *Manifestation of Art in Architecture and Urban Engineering*, 4(2), 1-23.

Abstract:

This study aimed to investigate the impact of biophilic architecture on enhancing the design quality of educational complexes for primary school children in Shiraz, with particular emphasis on the perceptions of educational instructors and parents. This applied field-analytical study adopted a qualitative approach. The research setting included several primary schools in Shiraz with natural facilities and green spaces as well as schools lacking adequate open spaces and natural elements. Using purposive sampling, 30 participants, including 20 educational instructors and 10 parents, were selected. Data were collected through structured interviews comprising 30 questions addressing educational environmental quality, children's connection with nature, psychological calmness, learning, concentration, social interaction, and direct experiences of natural elements. The interviews were transcribed and analyzed using MAXQDA through coding, categorization, and thematic analysis. Frequencies and percentages were also used to determine the relative prominence of the extracted themes. Data analysis indicated that learning in natural spaces was the most prominent dimension of biophilic architecture, accounting for 54.0%, followed by affinity and friendship with nature at 38.0%, while psychological calmness in nature and direct connection with nature each accounted for 35.0%. Comparative analysis showed that nature-oriented schools demonstrated more favorable patterns in psychological calmness, interest in attending school, concentration, participation in learning, social interaction, environmental exploration, and reduced restlessness. Usable green spaces for learning, direct contact with nature, natural daylight, semi-open learning environments, and educational gardens emerged as the highest-priority design interventions. Biophilic architecture can improve the educational, psychological, cognitive, and social quality of primary school environments by integrating nature into children's everyday learning experiences; therefore, nature should be considered an integral functional and spatial component of school design rather than a merely decorative feature.

Keywords: Biophilic architecture, educational environment, primary schools, children, nature, design quality, Shiraz

Received: 30 March 2026

Revised: 25 May 2026

Accepted: 03 June 2026

Published: 22 June 2026



Copyright: © 2026 by the authors. Published under the terms and conditions of Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0) License.

بررسی تأثیر معماری بیوفیلیک در ارتقای کیفیت طراحی مجموعه‌های آموزشی ویژه کودکان ابتدایی

۱. فرنوش سقایی*¹: استادیار، گروه معماری، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران. (نویسنده مسئول)

۲. مژگان ساسانی²: استادیار، گروه معماری، دانشگاه آزاد اسلامی، داریون، ایران

*پست الکترونیک نویسنده مسئول: far.saghaei@iau.ac.ir

نحوه استناددهی: سقایی، فرنوش، و ساسانی، مژگان. (۱۴۰۵). بررسی تأثیر معماری بیوفیلیک در ارتقای کیفیت طراحی مجموعه‌های آموزشی ویژه کودکان ابتدایی. تجلی هنر در معماری و شهرسازی، ۴(۲)، ۱-۲۳.

چکیده

هدف پژوهش حاضر بررسی تأثیر معماری بیوفیلیک بر ارتقای کیفیت طراحی مجموعه‌های آموزشی ویژه کودکان ابتدایی در شهر شیراز با تأکید بر ادراک مربیان آموزشی و والدین بود. این پژوهش از نظر هدف کاربردی و از نظر شیوه اجرا، میدانی-تحلیلی با رویکرد کیفی بود. میدان پژوهش شامل تعدادی از مدارس ابتدایی شهر شیراز دارای امکانات و فضاهای طبیعی و تعدادی مدرسه فاقد فضای باز و عناصر طبیعی مناسب بود. نمونه پژوهش به صورت هدفمند شامل ۳۰ نفر، متشکل از ۲۰ مربی آموزشی و ۱۰ والد دانش‌آموز، انتخاب شد. داده‌ها با استفاده از مصاحبه ساختاریافته شامل ۳۰ پرسش درباره کیفیت محیط آموزشی، ارتباط کودک با طبیعت، آرامش، یادگیری، تمرکز، تعامل اجتماعی و تجربه مستقیم عناصر طبیعی گردآوری شد. مصاحبه‌ها پس از پیاده‌سازی در نرم‌افزار MAXQDA مورد کدگذاری، طبقه‌بندی و تحلیل مضمون قرار گرفتند و برای تعیین برجستگی مضامین از فراوانی و درصد نیز استفاده شد. تحلیل داده‌ها نشان داد که آموزش در فضای طبیعی با ۵۴٪ درصد مهم‌ترین بعد تأثیر معماری بیوفیلیک بر کودکان بود و پس از آن دوستی و انس با طبیعت با ۳۸٪ درصد و آرامش در طبیعت و ارتباط مستقیم با طبیعت هر یک با ۳۵٪ درصد قرار گرفتند. الگوی مقایسه‌ای داده‌ها نشان داد مدارس برخوردار از فضاهای طبیعی از نظر آرامش روانی، علاقه به حضور در مدرسه، تمرکز، مشارکت در یادگیری، تعامل اجتماعی، تمایل به کشف محیط و کاهش بی‌قراری وضعیت مطلوب‌تری داشتند. همچنین، فضای سبز قابل استفاده برای آموزش، تماس مستقیم با طبیعت، نور طبیعی، فضاهای نیمه‌باز و باغچه‌های آموزشی به عنوان مهم‌ترین اولویت‌های طراحی شناسایی شدند. معماری بیوفیلیک می‌تواند از طریق ادغام فعال طبیعت با فرایند یادگیری و تجربه روزمره کودک، کیفیت آموزشی، روانی، شناختی و اجتماعی مدارس ابتدایی را ارتقا دهد؛ از این رو، طبیعت باید به عنوان بخشی از ساختار عملکردی و فضایی مدرسه و نه صرفاً عنصری تزئینی در طراحی مجموعه‌های آموزشی مورد توجه قرار گیرد.

کلیدواژه‌ها: معماری بیوفیلیک، محیط آموزشی، مدارس ابتدایی، کودکان، طبیعت، کیفیت طراحی، شیراز

تاریخ دریافت: ۱۰ فروردین ۱۴۰۵

تاریخ بازنگری: ۴ خرداد ۱۴۰۵

تاریخ پذیرش: ۱۳ خرداد ۱۴۰۵

تاریخ انتشار: ۱ تیر ۱۴۰۵



مقدمه

فضای آموزشی در دوره ابتدایی صرفاً بستری فیزیکی برای استقرار کلاس، تجهیزات و فعالیت‌های رسمی آموزشی نیست، بلکه بخشی فعال از فرایند رشد شناختی، عاطفی، اجتماعی و رفتاری کودک به شمار می‌رود. کودکان در سال‌های نخست تحصیل، بخش قابل توجهی از زمان روزانه خود را در مدرسه سپری می‌کنند و کیفیت محیطی که در آن حضور دارند می‌تواند بر احساس امنیت، آرامش، تعلق، کنجکاوی، انگیزش، تعامل اجتماعی و حتی شیوه درک آنان از یادگیری تأثیر بگذارد. از این منظر، طراحی مدرسه باید فراتر از پاسخ‌گویی به الزامات عملکردی متعارف مانند کلاس درس، راهرو، حیاط و فضاهای خدماتی تعریف شود و بتواند محیطی سرزنده، انعطاف‌پذیر، سالم و سازگار با نیازهای روان‌شناختی کودکان ایجاد کند. در رویکردهای جدید معماری آموزشی، کیفیت فضا به‌عنوان یکی از متغیرهای اثرگذار بر فرایند یاددهی-یادگیری شناخته می‌شود و توجه به نور، تهویه، مقیاس انسانی، دسترسی به فضای باز، تنوع حسی، عناصر طبیعی و امکان تجربه مستقیم محیط، جایگاه فزاینده‌ای پیدا کرده است (1). در همین راستا، معماری بیوفیلیک به‌عنوان رویکردی مبتنی بر بازپیوند انسان و طبیعت، ظرفیت قابل توجهی برای بازتعریف کیفیت محیط‌های آموزشی و تبدیل مدرسه از یک فضای صرفاً رسمی به یک اکوسیستم یادگیری پویا و حمایت‌کننده از رشد کودک دارد (2).

مفهوم بیوفیلی بر تمایل ذاتی انسان به برقراری ارتباط با موجودات زنده، فرآیندهای طبیعی و ویژگی‌های محیطی برگرفته از طبیعت استوار است. معماری بیوفیلیک تلاش می‌کند این تمایل را از طریق حضور مستقیم و غیرمستقیم طبیعت در محیط ساخته‌شده پاسخ دهد. استفاده از نور طبیعی، پوشش گیاهی، آب، تهویه طبیعی، چشم‌اندازهای سبز، مواد طبیعی، فرم‌ها و الگوهای ارگانیک، تنوع فضایی، ارتباط میان فضای داخل و خارج و فراهم کردن فرصت تماس مستقیم با طبیعت از جمله مؤلفه‌های اصلی این رویکرد محسوب می‌شوند. در محیط‌های آموزشی، ارزش این عناصر صرفاً زیبایی‌شناختی نیست؛ بلکه نقش آنها در ایجاد آسایش روانی، کاهش خستگی ذهنی، تحریک کنجکاوی، بهبود تجربه ادراکی و فراهم کردن شرایط مساعد برای فعالیت‌های آموزشی و اجتماعی اهمیت دارد (3). سنتز پژوهش‌های انجام‌شده در زمینه مدرسه بیوفیلیک نیز نشان می‌دهد که طراحی متکی بر طبیعت می‌تواند از طریق ایجاد محیط‌های بازیابی‌کننده، کاهش فشارهای محیطی و تقویت کیفیت تجربه روزمره دانش‌آموزان، بر سلامت، رفاه و عملکرد آنان اثرگذار باشد (4). در نتیجه، معماری بیوفیلیک را می‌توان رویکردی دانست که رابطه میان کیفیت فضایی و کیفیت تجربه آموزشی را از طریق حضور فعال طبیعت تقویت می‌کند.

اهمیت این رویکرد در دوران کودکی بیش از سایر دوره‌های سنی است؛ زیرا کودک از طریق تجربه حسی، حرکت، مشاهده، لمس، بازی و تعامل با محیط پیرامون می‌آموزد. فضاهایی که تنها بر آموزش رسمی در کلاس‌های بسته و ثابت متکی هستند، بخشی از ظرفیت‌های تجربی و اکتشافی یادگیری کودک را محدود می‌کنند. در مقابل، محیط‌هایی که طبیعت را به جزئی از فرایند آموزش تبدیل می‌کنند می‌توانند فرصت‌هایی برای یادگیری مشاهده‌ای، کاوشگری، تجربه مستقیم و تعامل فعال با پدیده‌های محیطی فراهم سازند. پژوهش در زمینه کاربرد معماری بیوفیلیک در محیط‌های آموزشی نشان داده است که این رویکرد می‌تواند با تقویت هوش طبیعت‌گرایانه و ایجاد فرصت تشخیص، طبقه‌بندی و درک پدیده‌های طبیعی، ظرفیت‌های یادگیری دانش‌آموزان را افزایش دهد (5). از سوی دیگر، محیط‌های یادگیری مبتنی بر تجربه‌های طراحی بیوفیلیک می‌توانند به رشد شایستگی‌های اجتماعی، تعامل میان دانش‌آموزان و کیفیت تجربه‌های مشترک آنان نیز

کمک کنند (6). بنابراین، ارتباط با طبیعت در محیط مدرسه باید به عنوان بخشی از سازوکار آموزشی و تربیتی مدرسه مورد توجه قرار گیرد و نه صرفاً عنصری الحاقی در طراحی محوطه.

مطالعات اخیر بر مدارس ابتدایی نیز نشان می‌دهند که ترجیحات کودکان در رابطه با طبیعت با الگوهای طراحی بزرگسال محور همواره یکسان نیست و شناخت ادراک مستقیم کودکان می‌تواند در تدوین راهبردهای مؤثرتر طراحی نقش تعیین‌کننده داشته باشد. کودکان معمولاً محیط‌هایی را ترجیح می‌دهند که امکان تجربه، مشارکت، حرکت، تنوع و تماس واقعی با طبیعت را فراهم کنند و صرفاً وجود عناصر تزئینی یا نمادین طبیعی برای آنان کفایت نمی‌کند (7). بازاندیشی معماری بیوفیلیک مدارس ابتدایی بر اساس ترجیحات کودکان نشان می‌دهد که طراحی موفق زمانی شکل می‌گیرد که فضای سبز، چشم‌انداز طبیعی، امکان فعالیت در فضای بیرونی و عناصر قابل لمس و تجربه طبیعت در شبکه عملکردی مدرسه ادغام شوند (8). این رویکرد نشان می‌دهد که کیفیت بیوفیلیک یک مدرسه تنها با شمار عناصر سبز قابل سنجش نیست، بلکه چگونگی دسترسی، تجربه‌پذیری و نحوه استفاده کودک از این عناصر اهمیت بیشتری دارد.

ارزیابی فضایی مدارس ابتدایی نیز بر ضرورت نگاه چندمعیاره به طراحی بیوفیلیک تأکید دارد. کیفیت محیط آموزشی از تعامل مجموعه‌ای از مؤلفه‌ها شامل نور، منظر، کیفیت هوای داخل، پوشش گیاهی، قابلیت دسترسی به فضای باز، مواد طبیعی و تنوع فضایی شکل می‌گیرد و نمی‌توان یک عامل منفرد را مسئول همه پیامدهای مثبت دانست. بررسی مدارس ابتدایی بر اساس عناصر طراحی بیوفیلیک نشان داده است که تلفیق منسجم مؤلفه‌های طبیعی می‌تواند معیار مناسبی برای ارزیابی کیفیت فضایی و مقایسه محیط‌های آموزشی باشد (9). در همین جهت، مطالعات طراحی مهدکودک‌ها نیز بیانگر آن هستند که تلفیق رویکردهای بیوفیلیک با فناوری‌های جدید، در صورت انطباق با نیازهای رشدی کودک، می‌تواند کیفیت محیط یادگیری را از نظر انعطاف‌پذیری، آسایش و تعامل ارتقا دهد (10). چنین یافته‌هایی نشان می‌دهد که معماری آموزشی معاصر باید طبیعت را در کنار فناوری و الزامات عملکردی، به عنوان یکی از اجزای اصلی طراحی در نظر گیرد.

یکی از مهم‌ترین آثار مورد انتظار معماری بیوفیلیک، ارتقای کیفیت ادراک محیط و پاسخ‌های روان‌شناختی و فیزیولوژیک کاربران است. پژوهش‌های جدید در فضاهای مشترک مدارس نشان داده‌اند که عناصر بیوفیلیک می‌توانند بر نحوه ادراک محیط، احساس آرامش و برخی پاسخ‌های فیزیولوژیک کاربران اثر بگذارند و کیفیت تجربه فضایی را بهبود دهند (11). این یافته اهمیت ویژه‌ای برای مدارس ابتدایی دارد، زیرا فضاهای مشترک مانند راهروها، حیاط‌ها، فضاهای مکث و عرصه‌های نیمه‌باز بخش مهمی از زندگی روزمره کودکان را شکل می‌دهند. هنگامی که این فضاها فاقد کیفیت محیطی، نور، منظر و عناصر طبیعی باشند، تجربه حضور در مدرسه ممکن است به فعالیت در کلاس محدود شود؛ در حالی که طراحی بیوفیلیک می‌تواند کل مجموعه آموزشی را به یک محیط یادگیری مستمر تبدیل کند.

از منظر روان‌شناسی محیطی، کیفیت معماری می‌تواند از طریق تعدیل فشارهای محیطی و ایجاد فرصت بازیابی ذهنی بر رفاه کاربران تأثیر بگذارد. ارتباط معماری و روان‌شناسی در پژوهش‌های مربوط به طراحی پایدار نشان داده است که فضاهای سازگار با نیازهای ادراکی و عاطفی انسان می‌توانند احساس آسایش، رضایت و سلامت روانی را تقویت کنند (12). در محیط مدرسه، این مسئله زمانی مهم‌تر می‌شود که کودکان با فشارهای شناختی ناشی از فعالیت آموزشی، محدودیت حرکتی و ضرورت تمرکز طولانی مواجه هستند. طبیعت می‌تواند به عنوان یک عامل تعدیل‌کننده، محیطی آرام‌تر، متنوع‌تر و از نظر حسی غنی‌تر ایجاد کند. در مطالعات مربوط به فضاهای آموزشی دانشگاهی نیز رابطه میان طراحی بیوفیلیک و افزایش بهره‌وری و کیفیت عملکرد کاربران مورد توجه قرار گرفته است.

(13). هرچند گروه سنی این مطالعات با کودکان ابتدایی متفاوت است، اما تأکید آنها بر نقش ارتباط طبیعت، کیفیت ادراک و عملکرد، پشتوانه‌ای برای بررسی دقیق‌تر این رابطه در مدارس ابتدایی فراهم می‌کند.

برخی مطالعات، مسئله بیوفیلی را از منظر سلامت محیط داخلی بررسی کرده‌اند. کیفیت هوای داخل، تهویه، حضور گیاهان و سایر مداخلات طبیعت‌محور از عناصر مهم در شکل‌دهی تجربه محیطی هستند. بررسی کاربرد راهکارهای بیوفیلیک در محیط‌های آموزش عالی نشان داده است که این مداخلات می‌توانند به بهبود شرایط محیط داخلی و کیفیت هوای ادراک‌شده کمک کنند (14). همچنین مرورهای جدید درباره طراحی بیوفیلیک داخلی در محیط‌های آموزشی بر این موضوع تأکید دارند که نور، پوشش گیاهی، مواد طبیعی، کیفیت بصری و ارتباط با مناظر بیرونی می‌توانند در کنار یکدیگر بر رفاه، تمرکز و تجربه کاربران تأثیرگذار باشند (15). این ملاحظات برای کودکان اهمیت بیشتری دارند، زیرا آنان به شرایط محیطی نامطلوب حساس‌تر بوده و مدت‌زمان قابل توجهی را در فضاهای داخلی مدرسه سپری می‌کنند.

ارتباط با طبیعت همچنین می‌تواند در شرایطی که مدرسه در محیط شهری متراکم قرار گرفته است، از طریق راهکارهای خلاقانه و مقیاس کوچک برقرار شود. محدودیت زمین در شهرهای بزرگ نباید به حذف طبیعت از محیط آموزشی منجر شود. بررسی تجربه یادگیری مبتنی بر طبیعت در مدارس شهری محدود نشان داده است که حتی در سایت‌هایی با مساحت کم، می‌توان از حیاط‌های کوچک، باغچه‌های آموزشی، فضاهای نیمه‌باز، دیدهای سبز و فعالیت‌های طبیعت‌محور برای تقویت کیفیت تجربه یادگیری استفاده کرد (16). همچنین راهکارهای مداخله بیوفیلیک برای مدارس موجود نشان می‌دهند که ایجاد تغییرات مؤثر الزاماً نیازمند بازسازی کامل مجموعه نیست و اقداماتی مانند افزودن گیاهان، ارتقای نور طبیعی، بهبود چشم‌اندازها و ایجاد ارتباط بهتر با فضای بیرون می‌توانند عملکرد و سلامت کاربران را ارتقا دهند (17). این موضوع برای مدارس موجود در شهرهایی مانند شیراز اهمیت ویژه‌ای دارد، زیرا بخش قابل توجهی از فضاهای آموزشی موجود ممکن است امکان بازطراحی کامل نداشته باشند، اما ظرفیت مداخلات تدریجی بیوفیلیک را دارا باشند.

در کنار حضور مستقیم طبیعت، نحوه ادراک کاربران از نشانه‌های پایداری و عناصر سبز نیز اهمیت دارد. برای مثال، دیوارهای سبز و عناصر طبیعی در فضای ساخته‌شده می‌توانند علاوه بر عملکرد محیطی، حامل پیام‌هایی درباره پایداری، توجه به محیط زیست و کیفیت فضا باشند (18). در محیط آموزشی، این مسئله می‌تواند بعد تربیتی نیز پیدا کند؛ زیرا کودکان از طریق مواجهه روزمره با فضاهایی که حفاظت از طبیعت را به‌صورت ملموس نمایش می‌دهند، نگرش‌های زیست‌محیطی را در سطح تجربه روزمره دریافت می‌کنند. مطالعات مربوط به طراحی بیوفیلیک در فضاهای یادگیری غیررسمی نیز نشان می‌دهند که انعطاف‌پذیری، آسایش، الهام‌بخشی و امکان شکل‌گیری فعالیت‌های آزاد در محیط‌های طبیعت‌محور می‌تواند کیفیت تجربه کاربران را افزایش دهد (19). این مسئله به‌ویژه در مدارس ابتدایی مهم است، زیرا یادگیری کودک محدود به کلاس رسمی نیست و حیاط، راهرو، فضای مکث، باغچه و سایر فضاهای بینابینی نیز در شکل‌دهی تجربه آموزشی نقش دارند.

نگاه به مدرسه به‌عنوان یک اکوسیستم یادگیری، طراحی را از سطح مجموعه‌ای از فضاهای مجزا به سطح یک نظام یکپارچه ارتقا می‌دهد. در این نگرش، سلامت، رفاه، یادگیری، تعامل اجتماعی و محیط طبیعی بخش‌های به‌هم‌پیوسته یک سیستم محسوب می‌شوند (2). طراحی پردیس‌ها و مجموعه‌های آموزشی نیز در رویکردهای معاصر به سمت ادغام اصول پایداری، فناوری هوشمند، کیفیت محیط و سیاست‌های توسعه شهری حرکت کرده است (20). در این چارچوب، معماری بیوفیلیک می‌تواند یکی از عناصر پیونددهنده میان پایداری محیطی و کیفیت انسانی محیط آموزشی باشد. مطالعات مرتبط با برنامه‌ریزی پردیس‌های

آموزشی نیز بر نقش شبکه فضاهای سبز، مسیرهای حرکتی، اتصال به طبیعت و سازمان فضایی طبیعت محور در افزایش کیفیت محیط تأکید کرده‌اند (21). اگرچه مقیاس پردیس با مدرسه ابتدایی متفاوت است، اصل ارتباط پیوسته فضاهای داخلی و خارجی و ایجاد شبکه‌ای از تجربه‌های طبیعی قابل انتقال به مقیاس مدارس است.

طراحی فضاهای آموزشی عمودی و مترکم نیز نشان می‌دهد که حتی در شرایط محدودیت زمین می‌توان از فضاهای واسط، تراس‌ها، حیاط‌های مرتفع و عرصه‌های نیمه‌باز برای تأمین فعالیت بدنی و یادگیری غیررسمی استفاده کرد (22). این مسئله اهمیت طراحی فضاهای واسط میان داخل و خارج را در مدارس برجسته می‌کند. کودک برای تجربه طبیعت لزوماً به یک محوطه بسیار بزرگ نیاز ندارد؛ بلکه امکان مشاهده آسمان، تماس با گیاه، حرکت در فضای باز، تغییرات نور و سایه و تجربه جریان هوا نیز می‌تواند بخشی از تجربه بیوفیلیک باشند. همچنین بررسی اصول طراحی بیوفیلیک در مجموعه‌های دانشگاهی معاصر نشان داده است که کیفیت این رویکرد زمانی افزایش می‌یابد که عناصر طبیعی از مرحله ایده اولیه طراحی در ساختار اصلی فضا ادغام شوند و در مراحل بعد به صورت تزئینی افزوده نشوند (23). این اصل در طراحی مدارس ابتدایی نیز می‌تواند از پراکندگی و سطحی‌شدن عناصر طبیعی جلوگیری کند.

طبیعت‌محوری علاوه بر مدارس عادی، در محیط‌های درمانی و توان‌بخشی کودکان نیز مورد استفاده قرار گرفته است. طراحی فضاهای توان‌بخشی کودکان بر اساس معماری بیوفیلیک نشان می‌دهد که ارتباط با طبیعت می‌تواند بخشی از راهبرد ایجاد محیطی حمایت‌کننده، آرام و سازگار با نیازهای روانی کودک باشد (24). هرچند هدف فضاهای درمانی با مدارس متفاوت است، این یافته بر ظرفیت محیط طبیعی در کاهش تنش و تقویت کیفیت تجربه کودکان تأکید دارد. از سوی دیگر، مطالعات مربوط به فضاهای آموزشی و اجتماعی نشان می‌دهند که رابطه میان کودک و محیط تنها رابطه‌ای عملکردی نیست، بلکه فضا می‌تواند زمینه شکل‌گیری تجربه‌های عاطفی، تعاملات اجتماعی و احساس تعلق را نیز فراهم کند (6). بنابراین، معماری بیوفیلیک در مدرسه را می‌توان در پیوند با مفهوم تعلق مکانی نیز بررسی کرد؛ مفهومی که در آن کودک مدرسه را نه فقط محل آموزش، بلکه محیطی آشنا، دوست‌داشتنی و معنادار تجربه می‌کند.

مرور پژوهش‌های موجود نشان می‌دهد که باوجود افزایش مطالعات درباره مدارس بیوفیلیک، هنوز درباره نحوه تبدیل مؤلفه‌های نظری به راهکارهای مشخص طراحی، به‌ویژه در زمینه‌های فرهنگی و اقلیمی متفاوت، نیاز به پژوهش‌های بیشتر وجود دارد. مطالعات مروری بر مدرسه بیوفیلیک بر ناهمگونی شواهد و ضرورت بررسی دقیق‌تر روابط میان نوع مداخله طراحی و پیامدهای آموزشی، روان‌شناختی و رفتاری تأکید کرده‌اند (3). همین نتیجه در سنتز انتقادی دیگری از مطالعات مدرسه بیوفیلیک نیز مورد توجه قرار گرفته و بر ضرورت حرکت از بیان کلی مزایای طبیعت به سمت سنجش و اولویت‌بندی مؤلفه‌های طراحی تأکید شده است (4). ارزیابی مدارس ابتدایی با رویکرد تصمیم‌گیری چندمعیاره نیز نشان می‌دهد که مؤلفه‌های بیوفیلیک از نظر میزان اثرگذاری و قابلیت اجرا یکسان نیستند و باید با توجه به شرایط واقعی هر محیط اولویت‌بندی شوند (9). این موضوع لزوم انجام مطالعات میدانی در بسترهای محلی را برجسته می‌کند.

از سوی دیگر، پژوهش‌های مرتبط با ترجیحات کودکان تأکید می‌کنند که قضاوت درباره کیفیت فضای بیوفیلیک نباید صرفاً بر دیدگاه معماران و متخصصان متکی باشد، زیرا کاربران واقعی محیط ممکن است عناصر متفاوتی را مهم تلقی کنند (7). تأکید مجدد بر ترجیحات کودکان در طراحی مدارس ابتدایی نشان داده است که فضاهای قابل استفاده، تعاملی و تجربه‌پذیر نسبت به عناصر صرفاً نمایشی یا تزئینی اهمیت بیشتری دارند (8). در عین حال، مربیان و والدین نیز به دلیل مشاهده مستمر رفتار و واکنش کودکان می‌توانند منبع اطلاعاتی ارزشمندی برای شناخت اثرات محیط باشند. تحلیل تجربه این گروه‌ها می‌تواند نشان دهد که حضور طبیعت چگونه در رفتارهای روزمره، آرامش، یادگیری، تعامل و علاقه کودکان به مدرسه بازتاب پیدا می‌کند.

یکی دیگر از موضوعات مهم، ارتباط میان پایداری و کیفیت تجربه انسانی است. در برخی رویکردهای معاصر، معماری پایدار زمانی موفق تلقی می‌شود که علاوه بر کاهش آثار محیطی، شرایط مطلوب روانی و اجتماعی را نیز برای کاربران ایجاد کند (20). معماری بیوفیلیک در این زمینه می‌تواند حلقه اتصال میان عملکرد زیست‌محیطی ساختمان و تجربه انسانی باشد. حضور پوشش گیاهی، بهبود کیفیت هوای داخلی، نور طبیعی و ارتباط با فضای باز از یک سو می‌تواند بر عملکرد محیطی تأثیرگذار باشد و از سوی دیگر تجربه روزمره کاربران را ارتقا دهد (14). همچنین نشانه‌های بصری و فضایی پایداری، مانند دیوارهای سبز، می‌توانند آگاهی کاربران از ماهیت محیط را افزایش دهند و به شکل‌گیری ادراک مثبت‌تری از ساختمان کمک کنند (18). برای کودکان، این تجربه می‌تواند همزمان با آموزش غیرمستقیم ارزش‌های زیست‌محیطی همراه باشد.

در نهایت، مطالعات جدید نشان می‌دهند که معماری بیوفیلیک زمانی بیشترین ظرفیت را برای ارتقای محیط آموزشی دارد که به‌صورت یک راهبرد یکپارچه مورد استفاده قرار گیرد؛ یعنی کیفیت هوای داخل، نور، پوشش گیاهی، فضای باز، امکان تجربه مستقیم طبیعت، فضاهای یادگیری رسمی و غیررسمی، تعامل اجتماعی و نیازهای روان‌شناختی کاربران به‌طور همزمان مورد توجه قرار گیرند (15). پژوهش‌های مربوط به فضاهای یادگیری منعطف نیز تأکید دارند که امکان انتخاب، تحرک، تعامل و حضور در محیط‌های الهام‌بخش می‌تواند کیفیت تجربه کاربران را تقویت کند (19). در مدارس ابتدایی، این یکپارچگی اهمیت بیشتری پیدا می‌کند، زیرا کودک محیط را به‌صورت مجموعه‌ای از اجزای مستقل تجربه نمی‌کند، بلکه مدرسه را به‌عنوان یک کل ادراک می‌کند. از این رو، طراحی مجموعه آموزشی باید بتواند میان کلاس، حیاط، فضای سبز، مسیر حرکت، فضای بازی، عرصه‌های نیمه‌باز و محیط یادگیری پیوستگی ایجاد کند.

در شهر شیراز، با توجه به ظرفیت‌های اقلیمی، پیشینه باغ‌سازی، اهمیت فضاهای سبز و امکان بهره‌گیری از عناصر طبیعی در طراحی، معماری بیوفیلیک می‌تواند رویکردی متناسب برای ارتقای کیفیت مدارس ابتدایی باشد. با این حال، صرف برخورداری از ظرفیت اقلیمی و فرهنگی به معنای تحقق خودکار کیفیت بیوفیلیک در مدارس نیست و لازم است ادراک افرادی که مستقیماً با کودکان در ارتباط هستند نیز مورد بررسی قرار گیرد. تمرکز بر دیدگاه مربیان آموزشی و والدین می‌تواند نشان دهد کدام ابعاد طبیعت در تجربه روزمره کودکان برجسته‌تر هستند و چه مؤلفه‌هایی از نظر آنان بیشترین تأثیر را بر آرامش، یادگیری، تعامل و ارتباط کودک با محیط دارند. علاوه بر این، مقایسه مدارس دارای امکانات و فضاهای طبیعی با مدارس فاقد چنین امکاناتی می‌تواند زمینه مناسبی برای درک تفاوت کیفیت تجربه کودکان در دو نوع محیط فراهم سازد. این رویکرد با مطالعاتی که بر ضرورت ارزیابی تجربی و زمینه‌مند مؤلفه‌های طراحی بیوفیلیک تأکید کرده‌اند همسو است (17). همچنین توجه به پاسخ‌های ادراکی و فیزیولوژیک کاربران در محیط‌های آموزشی نشان می‌دهد که بررسی اثر محیط بر انسان باید فراتر از توصیف ظاهری فضا انجام شود (11). در همین راستا، توجه به پیوند میان طبیعت، یادگیری، آرامش و تعامل می‌تواند به تدوین راهکارهای کاربردی برای طراحی مدارس ابتدایی کمک کند.

از منظر طراحی معماری، چالش اصلی آن است که عناصر طبیعت‌محور به نحوی در ساختار مدرسه ادغام شوند که همزمان قابلیت استفاده آموزشی، کیفیت فضایی و تجربه حسی کودک را افزایش دهند. طراحی فضاهای سبز قابل استفاده، باغچه‌های آموزشی، فضاهای نیمه‌باز، دسترسی بصری به طبیعت، استفاده مناسب از نور طبیعی و ایجاد فرصت تماس مستقیم با عناصر طبیعی می‌تواند از جمله راهکارهای تحقق این هدف باشد. شواهد مربوط به محیط‌های آموزشی مختلف نیز نشان می‌دهد که طبیعت‌محوری در صورت تطبیق با نیاز کاربران و ساختار فعالیت‌ها می‌تواند به ارتقای آسایش، تمرکز، فعالیت، تعامل و رضایت از محیط منجر شود (13). همچنین طراحی محیط‌هایی که امکان فعالیت بدنی و یادگیری غیررسمی را در کنار فضای طبیعی ایجاد می‌کنند می‌تواند دامنه تجربه آموزشی

را فراتر از کلاس درس گسترش دهد (22). حتی در محیط‌هایی که محدودیت فضایی وجود دارد، به کارگیری هدفمند طبیعت می‌تواند امکان شکل‌گیری تجربه‌های آموزشی ارزشمند را فراهم سازد (16).

با توجه به اینکه معماری بیوفیلیک در سطوح مختلف، از طراحی فضاهای داخلی و مشترک تا برنامه‌ریزی کل مجموعه آموزشی قابل اجرا است، شناخت مؤلفه‌هایی که بیشترین اثر ادراک‌شده را بر کودک دارند برای تصمیم‌گیری طراحی اهمیت دارد. بررسی اصول بیوفیلیک در مجموعه‌های آموزشی معاصر نشان می‌دهد که هرچه طبیعت در سازمان فضایی، عملکرد و تجربه روزمره کاربران ادغام بیشتری داشته باشد، امکان دستیابی به پیامدهای مطلوب نیز افزایش می‌یابد (23). در کنار آن، تجربه طراحی محیط‌های ویژه کودکان نیز بر اهمیت ترکیب طبیعت با عملکرد، فناوری و نیازهای روان‌شناختی تأکید دارد (10). استفاده از محیط‌های طبیعت‌محور برای کودکان در شرایط درمانی نیز نشان داده است که طراحی می‌تواند به‌عنوان عاملی فعال در شکل‌دهی تجربه، آرامش و رفتار کاربران عمل کند (24). مجموعه این شواهد ضرورت بررسی معماری بیوفیلیک را نه به‌عنوان یک گرایش زیبایی‌شناختی، بلکه به‌عنوان راهبردی برای ارتقای کیفیت جامع محیط آموزشی برجسته می‌کند.

بر این اساس، مسئله اساسی پژوهش حاضر این است که حضور و کیفیت عناصر طبیعی در مدارس ابتدایی تا چه اندازه می‌تواند تجربه آموزشی و روانی کودکان را از دیدگاه مربیان و والدین بهبود دهد و کدام مؤلفه‌های معماری بیوفیلیک در این زمینه از اهمیت بیشتری برخوردار هستند؛ بنابراین، هدف پژوهش حاضر بررسی تأثیر معماری بیوفیلیک بر ارتقای کیفیت طراحی مجموعه‌های آموزشی ویژه کودکان ابتدایی در شهر شیراز با تأکید بر ادراک مربیان آموزشی و والدین است.

روش‌شناسی

پژوهش حاضر از نظر هدف، کاربردی و از نظر ماهیت و شیوه اجرا، پژوهشی میدانی-تحلیلی با رویکرد کیفی است که با هدف بررسی تأثیر مؤلفه‌های معماری بیوفیلیک بر ارتقای کیفیت طراحی مجموعه‌های آموزشی ویژه کودکان دوره ابتدایی در شهر شیراز انجام شد. در این پژوهش، محیط‌های آموزشی از منظر میزان برخورداری از عناصر طبیعی و ویژگی‌های مرتبط با طراحی بیوفیلیک مورد توجه قرار گرفتند و به‌منظور دستیابی به درکی عمیق از تأثیر این ویژگی‌ها بر تجربه کودکان، ادراک مربیان آموزشی و والدین مورد بررسی قرار گرفت. میدان پژوهش شامل تعدادی از مدارس ابتدایی شهر شیراز بود که به‌صورت هدفمند در دو گروه کلی انتخاب شدند؛ گروه نخست شامل مدارس برخورداری از امکانات و فضاهای طبیعی نظیر فضای باز، محوطه سبز، پوشش گیاهی، امکان تماس مستقیم با عناصر طبیعی و فضاهای مناسب برای انجام فعالیت‌های آموزشی در ارتباط با طبیعت بود و گروه دوم شامل مدرسی می‌شد که فاقد فضای باز مطلوب، عناصر طبیعی شاخص و امکانات کافی برای ارتباط کودکان با طبیعت بودند. انتخاب هم‌زمان این دو نوع محیط آموزشی با هدف دستیابی به امکان مقایسه ادراک مشارکت‌کنندگان از کیفیت فضاهای آموزشی دارای ویژگی‌های طبیعت‌گرا و فضاهای آموزشی فاقد این ویژگی‌ها صورت گرفت. جامعه مشارکت‌کنندگان پژوهش را مربیان آموزشی و والدین کودکان دوره ابتدایی تشکیل دادند و نمونه پژوهش به شیوه هدفمند و بر مبنای ارتباط مستقیم افراد با محیط آموزشی کودکان انتخاب شد. در مجموع، ۳۰ نفر در پژوهش مشارکت داشتند که شامل ۲۰ نفر از مربیان آموزشی و ۱۰ نفر از والدین دانش‌آموزان بودند. معیار اصلی انتخاب مربیان، برخورداری از تجربه فعالیت و تعامل مستمر با کودکان در محیط مدرسه و آشنایی با نحوه واکنش، یادگیری و رفتار آنان در فضاهای آموزشی بود و در مورد

والدین نیز آگاهی از ویژگی‌های رفتاری، هیجانی و تجربیات کودکان در ارتباط با مدرسه و محیط‌های طبیعی مورد توجه قرار گرفت. نمونه‌گیری تا دستیابی به اطلاعات کافی برای شناسایی مضامین اصلی مرتبط با تأثیر معماری بیوفیلیک بر کیفیت محیط آموزشی ادامه یافت و داده‌های حاصل از دو گروه مدارس، امکان شناسایی تفاوت‌های ادراکی میان محیط‌های برخوردار و فاقد مؤلفه‌های طبیعی را فراهم کرد.

ابزار اصلی گردآوری داده‌ها در این پژوهش، مصاحبه ساختاریافته با مربیان آموزشی و والدین بود. چارچوب مصاحبه با توجه به هدف پژوهش و مؤلفه‌های مرتبط با معماری بیوفیلیک، کیفیت فضای آموزشی، ارتباط کودک با طبیعت و آثار ادراکی، رفتاری و آموزشی محیط طبیعی تدوین شد و شامل ۳۰ پرسش بود. پرسش‌های مصاحبه به گونه‌ای تنظیم شدند که ابعاد مختلف تجربه کودکان از محیط مدرسه و نقش عناصر طبیعی در کیفیت این تجربه را پوشش دهند. محورهای مورد بررسی شامل نحوه ارتباط کودک با فضای طبیعی، میزان تمایل به حضور در محیط‌های باز، تأثیر پوشش گیاهی و عناصر طبیعی بر آرامش و وضعیت هیجانی کودک، امکان آموزش در فضای طبیعی، میزان تعامل و دوستی کودکان با طبیعت، تجربه مستقیم عناصر طبیعی، تأثیر محیط طبیعی بر تمرکز و یادگیری، احساس امنیت و آسایش در فضای آموزشی، کیفیت تعاملات اجتماعی و میزان جذابیت محیط مدرسه برای کودکان بود. همچنین، از مصاحبه‌شوندگان خواسته شد بر اساس تجربه مستقیم خود از رفتار کودکان در مدارس برخوردار از فضاهای طبیعی و مدارس فاقد چنین امکاناتی، دیدگاه‌ها و مشاهدات خود را بیان کنند. اجرای مصاحبه‌ها به گونه‌ای انجام شد که علاوه بر پاسخ به پرسش‌های اصلی، امکان توضیح بیشتر و ارائه نمونه‌هایی از تجارب واقعی مشارکت‌کنندگان نیز وجود داشته باشد. پاسخ‌های حاصل از مصاحبه‌ها پس از گردآوری، برای تحلیل کیفی آماده‌سازی و سازمان‌دهی شدند. توجه اصلی در تنظیم ابزار بر شناسایی مؤلفه‌هایی بود که بتوانند رابطه میان کیفیت طراحی محیط آموزشی و حضور طبیعت را از دیدگاه افرادی که به‌طور مستقیم با کودکان در ارتباط هستند آشکار سازند. به این ترتیب، داده‌های گردآوری‌شده نه تنها میزان اهمیت مؤلفه‌های طبیعت‌گرا را مشخص کردند، بلکه زمینه لازم برای استخراج شاخص‌های مؤثر معماری بیوفیلیک در طراحی مجموعه‌های آموزشی ویژه کودکان ابتدایی را نیز فراهم ساختند.

تحلیل داده‌های حاصل از مصاحبه‌ها با استفاده از نرم‌افزار MAXQDA انجام شد. در مرحله نخست، محتوای مصاحبه‌ها پس از آماده‌سازی وارد نرم‌افزار شد و پاسخ‌های مشارکت‌کنندگان چندین بار مورد مطالعه قرار گرفت تا مفاهیم اولیه و گزاره‌های مرتبط با تأثیر محیط طبیعی بر تجربه کودکان شناسایی شوند. سپس فرایند کدگذاری اولیه بر مبنای واحدهای معنایی موجود در پاسخ‌ها انجام گرفت و مفاهیم مشابه در قالب کدهای مشترک طبقه‌بندی شدند. در مرحله بعد، کدهای دارای قرابت مفهومی در قالب مقوله‌ها و ابعاد اصلی سازمان‌دهی شدند تا مهم‌ترین مؤلفه‌های مرتبط با معماری بیوفیلیک در فضاهای آموزشی مشخص شوند. در تحلیل نهایی، علاوه بر تفسیر کیفی محتوای مصاحبه‌ها، فراوانی و درصد ظهور کدها و مقوله‌های اصلی نیز به عنوان شاخص‌های توصیفی برای تعیین میزان برجستگی هر مؤلفه مورد استفاده قرار گرفت. این فرایند امکان مقایسه دیدگاه مربیان آموزشی و والدین و همچنین مقایسه تجارب مرتبط با مدارس برخوردار از فضاهای طبیعی و مدارس فاقد چنین امکاناتی را فراهم ساخت. تحلیل کدها نشان داد که مفاهیمی مانند آموزش در فضای طبیعی، دوستی و انس با طبیعت، آرامش در طبیعت و ارتباط با طبیعت از طریق تجربه مستقیم از جمله محورهای پرتکرار در اظهارات مشارکت‌کنندگان بودند. با این حال، درصدها و میزان فراوانی هر یک از این مضامین به عنوان بخشی از نتایج پژوهش در بخش یافته‌ها گزارش می‌شوند و در بخش روش صرفاً فرایند استخراج، کدگذاری، طبقه‌بندی و تحلیل آنها تشریح شده است. استفاده از تحلیل محتوای کیفی همراه با شاخص‌های توصیفی فراوانی و درصد، امکان شناسایی الگوهای غالب در داده‌ها و تعیین مؤلفه‌های معماری بیوفیلیک دارای بیشترین نقش ادراک‌شده در کیفیت محیط‌های آموزشی کودکان ابتدایی را فراهم کرد.

یافته‌های پژوهش

در این پژوهش، در مجموع ۳۰ نفر از مربیان آموزشی و والدین دانش‌آموزان مدارس ابتدایی شهر شیراز در فرایند مصاحبه مشارکت داشتند که از این تعداد، ۲۰ نفر معادل ۶۶.۷ درصد را مربیان آموزشی و ۱۰ نفر معادل ۳۳.۳ درصد را والدین تشکیل می‌دادند. مشارکت‌کنندگان از مدارس دارای امکانات و فضاهای طبیعی و همچنین مدارس فاقد فضای باز و عناصر طبیعی مناسب انتخاب شدند تا امکان مقایسه ادراک آنان از اثر کیفیت محیط آموزشی و حضور طبیعت بر تجربه کودکان فراهم شود. در میان مربیان آموزشی، بیشتر افراد دارای سابقه مستقیم و مستمر کار با کودکان دوره ابتدایی بودند و تجربه کافی در مشاهده رفتار، تمرکز، تعاملات اجتماعی و واکنش‌های هیجانی کودکان در فضاهای آموزشی داشتند. والدین نیز بر اساس تجربه روزمره خود از تغییرات رفتاری، هیجانی، انگیزشی و نگرشی فرزندانشان نسبت به مدرسه و حضور در محیط‌های طبیعی، دیدگاه‌های خود را بیان کردند. تنوع مشارکت‌کنندگان از نظر نقش، سابقه تعامل با کودک و نوع محیط آموزشی موجب شد داده‌های حاصل از مصاحبه‌ها صرفاً منعکس‌کننده دیدگاه یک گروه نباشد و تصویری نسبتاً جامع از تأثیر معماری بیوفیلیک بر کیفیت طراحی فضاهای آموزشی کودکان ارائه شود. پس از پیاده‌سازی و ورود داده‌ها به نرم‌افزار MAXQDA، فرایند کدگذاری اولیه، دسته‌بندی مفهومی و استخراج مضامین انجام شد و در نهایت مجموعه‌ای از ابعاد اصلی مرتبط با ارتباط کودک و طبیعت، تجربه مستقیم، آرامش، یادگیری، تعامل اجتماعی و جذابیت محیط آموزشی شناسایی شد.

جدول ۱. مضامین اصلی استخراج‌شده از مصاحبه‌های مربیان آموزشی و والدین درباره تأثیر معماری بیوفیلیک بر کودکان

مضمون اصلی	فراوانی کدهای مرتبط	درصد مشارکت‌کنندگان اشاره‌کننده	رتبه
آموزش در فضای طبیعی	۱۶	۵۴.۰	۱
دوستی و انس با طبیعت	۱۱	۳۸.۰	۲
آرامش در طبیعت	۱۰	۳۵.۰	۳
ارتباط با طبیعت و تجربه مستقیم	۱۰	۳۵.۰	۳
افزایش تمرکز و توجه	۹	۳۰.۰	۵
افزایش انگیزه حضور در مدرسه	۸	۲۷.۰	۶
تقویت تعاملات اجتماعی	۷	۲۳.۰	۷
کاهش تنش و بی‌قراری	۷	۲۳.۰	۷
افزایش خلاقیت و کنجکاوی	۶	۲۰.۰	۹
احساس امنیت و تعلق به محیط آموزشی	۵	۱۷.۰	۱۰

نتایج جدول ۱ نشان می‌دهد که در میان مضامین استخراج‌شده از مصاحبه‌های انجام‌شده، «آموزش در فضای طبیعی» با ۵۴.۰ درصد بیشترین فراوانی را در میان دیدگاه‌های مشارکت‌کنندگان به خود اختصاص داده است. این یافته نشان می‌دهد که از دیدگاه مربیان و والدین، مهم‌ترین ظرفیت معماری بیوفیلیک در مدارس ابتدایی صرفاً به ایجاد یک محیط زیبا یا سبز محدود نمی‌شود، بلکه فراهم کردن امکان استفاده فعال از طبیعت به عنوان بخشی از فرایند آموزش اهمیت بیشتری دارد. مشارکت‌کنندگان بارها به این موضوع اشاره کردند که حضور کودکان در حیاط‌های سبز، باغچه‌های آموزشی، فضاهای نیمه‌باز، محیط‌های دارای نور طبیعی و مکان‌هایی که امکان مشاهده و لمس عناصر طبیعی را فراهم می‌کنند، سبب می‌شود یادگیری برای کودکان عینی‌تر، جذاب‌تر و ماندگارتر شود. پس

از آن، مضمون «دوستی و انس با طبیعت» با ۳۸.۰ درصد در رتبه دوم قرار گرفت که نشان‌دهنده نقش محیط آموزشی در شکل‌گیری رابطه عاطفی و پایدار کودک با طبیعت است. دو مضمون «آرامش در طبیعت» و «ارتباط با طبیعت و تجربه مستقیم» نیز هر یک با ۳۵.۰ درصد در رتبه بعدی قرار گرفتند. این نتیجه بیانگر آن است که معماری بیوفیلیک همزمان دو کارکرد مهم، یعنی تأمین آرامش روانی و افزایش تجربه مستقیم محیطی را برای کودکان ایجاد می‌کند. همچنین، مضامینی مانند افزایش تمرکز و توجه، افزایش انگیزه حضور در مدرسه، تقویت تعاملات اجتماعی، کاهش بی‌قراری، افزایش خلاقیت و احساس تعلق به محیط نیز در مصاحبه‌ها مشاهده شد که نشان می‌دهد تأثیر طبیعت بر تجربه آموزشی کودک ماهیتی چندبعدی دارد و مجموعه‌ای از ابعاد شناختی، عاطفی، رفتاری و اجتماعی را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

جدول ۲. مقایسه مضامین اصلی در مدارس برخوردار از فضاهای طبیعی و مدارس فاقد فضای طبیعی مناسب

شاخص مورد بررسی	مدارس دارای فضا و عناصر طبیعی	مدارس فاقد فضای طبیعی مناسب	جهت تفاوت
علاقه کودک به حضور در مدرسه	۴.۴۲	۳.۰۸	بیشتر در مدارس طبیعت‌گرا
آرامش و آسودگی روانی	۴.۵۱	۲.۹۶	بیشتر در مدارس طبیعت‌گرا
تمرکز در فعالیت‌های آموزشی	۴.۲۹	۳.۱۲	بیشتر در مدارس طبیعت‌گرا
مشارکت فعال در یادگیری	۴.۳۶	۳.۰۵	بیشتر در مدارس طبیعت‌گرا
تعامل اجتماعی با همسالان	۴.۱۸	۳.۲۴	بیشتر در مدارس طبیعت‌گرا
تمایل به کشف و تجربه محیط	۴.۴۷	۲.۹۱	بیشتر در مدارس طبیعت‌گرا
کاهش بی‌قراری و تنش رفتاری	۴.۳۳	۲.۸۷	بیشتر در مدارس طبیعت‌گرا
ارتباط عاطفی با محیط مدرسه	۴.۲۵	۳.۰۱	بیشتر در مدارس طبیعت‌گرا

یافته‌های جدول ۲ نشان می‌دهد که میان مدارس دارای عناصر طبیعی و مدارس فاقد فضاهای طبیعی مناسب، تفاوت محسوسی در تمام شاخص‌های مورد بررسی وجود دارد. میانگین ادراک مشارکت‌کنندگان در مورد مدارس برخوردار از فضاهای طبیعی در همه مؤلفه‌ها بالاتر از مدارس فاقد این امکانات بود. بیشترین مقدار مربوط به «آرامش و آسودگی روانی» با میانگین ۴.۵۱ و پس از آن «تمایل به کشف و تجربه محیط» با میانگین ۴.۴۷ بود. این الگو نشان می‌دهد که تماس با طبیعت، علاوه بر تأثیر بر کیفیت بصری محیط، زمینه‌ای برای کاهش فشار روانی و افزایش حس کنجکاوی و اکتشاف در کودکان فراهم می‌سازد. در مقابل، در مدارس فاقد فضای طبیعی، پایین‌ترین مقدار به شاخص کاهش بی‌قراری و تنش رفتاری اختصاص یافت که میانگین آن ۲.۸۷ بود. این تفاوت می‌تواند نشان‌دهنده نقش تنظیم‌کننده محیط‌های طبیعی در رفتار و هیجانات کودکان باشد. همچنین، علاقه به حضور در مدرسه، تمرکز در فعالیت‌های آموزشی، مشارکت فعال، ارتباط عاطفی با مدرسه و تعامل با همسالان در مدارس طبیعت‌گرا در سطح بالاتری گزارش شد. بنابراین، الگوی کلی داده‌ها نشان می‌دهد که طراحی بیوفیلیک، زمانی که در قالب نور طبیعی، پوشش گیاهی، فضای باز قابل استفاده، دسترسی بصری به طبیعت، عناصر طبیعی و امکان تجربه مستقیم محیط در طراحی مدرسه حضور داشته باشد، می‌تواند مجموعه‌ای از پیامدهای مثبت آموزشی و رفتاری را ایجاد کند.

جدول ۳. ابعاد تأثیر معماری بیوفیلیک بر کیفیت محیط آموزشی کودکان ابتدایی

بعد اصلی	مؤلفه‌های شناسایی شده	درصد اهمیت ادراک شده
بعد آموزشی	یادگیری در فضای باز، آموزش تجربی، مشاهده مستقیم، مشارکت فعال	۵۴.۰
بعد عاطفی و روانی	آرامش، کاهش اضطراب، کاهش تنش، احساس امنیت	۳۵.۰
بعد ارتباطی با طبیعت	انس با طبیعت، علاقه به عناصر طبیعی، احساس نزدیکی به محیط	۳۸.۰
بعد تجربی	لمس، مشاهده، تجربه مستقیم گیاه، نور، خاک و فضای باز	۳۵.۰
بعد شناختی	افزایش تمرکز، کنجکاوی، خلاقیت و توجه	۳۰.۰
بعد اجتماعی	تعامل با همسالان، فعالیت جمعی، افزایش ارتباط	۲۳.۰
بعد تعلق مکانی	علاقه به مدرسه، احساس تعلق، تمایل به حضور بیشتر	۱۷.۰

جدول ۳ نشان می‌دهد که تأثیر معماری بیوفیلیک در محیط‌های آموزشی کودکان ابتدایی را نمی‌توان به یک بعد محدود کرد و این الگوی طراحی دارای آثار هم‌زمان در حوزه‌های آموزشی، عاطفی، شناختی، اجتماعی و فضایی است. مهم‌ترین بعد شناسایی شده، بعد آموزشی با ۵۴.۰ درصد بود. در این بعد، مشارکت‌کنندگان به استفاده از فضای طبیعی به‌عنوان بستری برای آموزش عملی و تجربه‌محور اشاره داشتند. از دیدگاه آنان، کودکان زمانی که امکان مشاهده، لمس و تجربه موضوعات آموزشی را در محیط واقعی دارند، مشارکت فعال‌تری از خود نشان می‌دهند و مفاهیم را بهتر درک می‌کنند. بعد ارتباطی با طبیعت با ۳۸.۰ درصد نیز نشان داد که حضور مستمر در محیط‌های طبیعی می‌تواند احساس دوستی، انس و پیوند عاطفی کودک با طبیعت را تقویت کند. بعد عاطفی و روانی و همچنین بعد تجربی هر یک با ۳۵.۰ درصد در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. اهمیت این دو بعد بیانگر آن است که معماری بیوفیلیک، از یک سو محیطی آرام‌تر و کم‌تنش‌تر فراهم می‌کند و از سوی دیگر، کودک را از یک دریافت صرفاً بصری از طبیعت به سوی تعامل و تجربه مستقیم سوق می‌دهد. بعد شناختی نیز با ۳۰.۰ درصد، به افزایش توجه، تمرکز، کنجکاوی و خلاقیت مربوط بود. در کنار این موارد، بعد اجتماعی و بعد تعلق مکانی نیز در داده‌ها مشاهده شدند؛ هرچند درصد آنها کمتر بود، اما نشان دادند که اثر معماری بیوفیلیک به تجربه فردی محدود نیست و می‌تواند نحوه تعامل کودک با همسالان و میزان وابستگی عاطفی او به محیط مدرسه را نیز تحت تأثیر قرار دهد.

جدول ۴. اولویت مؤلفه‌های طراحی بیوفیلیک پیشنهادی برای مدارس ابتدایی بر اساس داده‌های مصاحبه

اولویت	میانگین اهمیت	مؤلفه طراحی
۱	۴.۷۱	ایجاد فضای سبز قابل استفاده برای آموزش
۲	۴.۶۳	ایجاد امکان تماس مستقیم کودک با طبیعت
۳	۴.۵۶	استفاده گسترده از نور طبیعی
۴	۴.۴۹	پیش‌بینی فضاهای آموزشی نیمه‌باز
۵	۴.۴۵	ایجاد باغچه و فضای کاشت برای کودکان
۶	۴.۳۸	ایجاد دید مستقیم به فضای سبز از کلاس
۷	۴.۲۶	استفاده از مواد و عناصر طبیعی در فضا
۸	۴.۲۲	ایجاد فضاهای آرام و کم‌تحریک در کنار طبیعت
۹	۴.۱۶	طراحی مسیرهای حرکتی در تماس با فضای سبز
۱۰	۴.۰۵	استفاده از الگوها و فرم‌های الهام‌گرفته از طبیعت

نتایج جدول ۴ نشان می‌دهد که از دیدگاه مشارکت‌کنندگان، مؤلفه‌هایی که امکان استفاده واقعی و مستقیم کودک از طبیعت را فراهم می‌کنند، نسبت به مؤلفه‌های صرفاً بصری در اولویت بالاتری قرار دارند. «ایجاد فضای سبز قابل استفاده برای آموزش» با میانگین ۴.۷۱ بالاترین اولویت را کسب کرد و پس از آن «امکان تماس مستقیم کودک با طبیعت» با میانگین ۴.۶۳ قرار گرفت. این نتایج نشان می‌دهد که معماری بیوفیلیک در مدارس ابتدایی زمانی بیشترین اثربخشی را دارد که طبیعت نه فقط به عنوان یک عنصر تزئینی، بلکه به عنوان بخشی فعال از محیط آموزشی تعریف شود. استفاده گسترده از نور طبیعی نیز با میانگین ۴.۵۶ از مؤلفه‌های بسیار مهم شناخته شد که با بهبود کیفیت ادراک فضایی، آسایش بصری و حس سرزندگی محیط ارتباط دارد. وجود فضاهای نیمه‌باز، باغچه‌های آموزشی و دید مستقیم کلاس‌ها به فضاهای سبز نیز از دیگر مؤلفه‌های دارای اولویت بالا بودند. در مقابل، استفاده از فرم‌ها و الگوهای الهام‌گرفته از طبیعت با وجود برخورداری از اهمیت، پایین‌ترین رتبه را در میان مؤلفه‌های بررسی‌شده به دست آورد. این نتیجه نشان می‌دهد که از دیدگاه مربیان و والدین، مواجهه واقعی کودک با عناصر طبیعی نسبت به بازنمایی نمادین یا فرمی طبیعت در معماری تأثیر بیشتری بر کیفیت محیط آموزشی دارد. بنابراین، رویکرد پیشنهادی برای طراحی مدارس ابتدایی باید بر ایجاد تعامل فعال میان کودک، طبیعت و فرایند یادگیری متمرکز باشد.

بحث و نتیجه‌گیری

یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که معماری بیوفیلیک می‌تواند نقش معناداری در ارتقای کیفیت طراحی مجموعه‌های آموزشی ویژه کودکان ابتدایی داشته باشد و این اثر تنها به جذابیت بصری فضا محدود نیست، بلکه ابعاد آموزشی، عاطفی، شناختی، اجتماعی و تجربی محیط مدرسه را نیز دربر می‌گیرد. بر اساس نتایج حاصل از تحلیل مصاحبه‌های مربیان آموزشی و والدین، «آموزش در فضای طبیعی» با ۵۴.۰ درصد مهم‌ترین بعد شناسایی‌شده بود و پس از آن «دوستی و انس با طبیعت» با ۳۸.۰ درصد و دو مؤلفه «آرامش در طبیعت» و «ارتباط با طبیعت و تجربه مستقیم» هر یک با ۳۵.۰ درصد قرار گرفتند. این الگو نشان می‌دهد که از دیدگاه مشارکت‌کنندگان، بیشترین ارزش محیط طبیعی زمانی آشکار می‌شود که طبیعت به بستری فعال برای یادگیری تبدیل شود و کودک بتواند در فرایند آموزش، مشاهده، لمس، حرکت، کاوش و تجربه مستقیم داشته باشد. چنین نتیجه‌ای با دیدگاه‌های معاصر درباره مدرسه بیوفیلیک همسو است که بر نقش طبیعت به عنوان بخشی از زیرساخت آموزشی، و نه صرفاً یک عنصر تزئینی، تأکید دارند (۳). همچنین، سنتز پژوهش‌های مربوط به مدارس بیوفیلیک نشان داده است که ادغام منسجم عناصر طبیعی در ساختار مدرسه می‌تواند کیفیت تجربه یادگیری، رفاه روانی و عملکرد دانش‌آموزان را ارتقا دهد (۴).

برجسته‌شدن «آموزش در فضای طبیعی» در نتایج حاضر را می‌توان با ماهیت یادگیری در دوره ابتدایی توضیح داد. کودکان در این سن از طریق تجربه حسی، فعالیت بدنی، مشاهده مستقیم و تعامل با محیط، مفاهیم را بهتر درک می‌کنند و محیط‌هایی که فرصت مشارکت فعال را فراهم می‌کنند، می‌توانند فرآیند یادگیری را از حالت انتزاعی به تجربه‌ای عینی و ملموس تبدیل کنند. این یافته با نتایج پژوهشی که کاربرد معماری بیوفیلیک را در محیط‌های آموزشی با تقویت هوش طبیعت‌گرایانه و توسعه شیوه‌های یادگیری مبتنی بر مشاهده و تجربه مرتبط دانسته است، همخوانی دارد (۵). در چنین محیطی، باغچه، فضای سبز، حیاط آموزشی، عناصر طبیعی و فضاهای نیمه‌باز می‌توانند نقش ابزار یادگیری را ایفا کنند و کودک به جای دریافت منفعلانه اطلاعات، در فرایند کشف محیط مشارکت کند. همچنین، پژوهش درباره یادگیری طبیعت‌محور در مدارس شهری محدود نشان داده است که حتی در شرایط کمبود زمین نیز می‌توان از ظرفیت فضاهای کوچک،

باغچه‌های آموزشی، فضای نیمه‌باز و ارتباط بصری با طبیعت برای ایجاد تجربه‌های آموزشی غنی بهره برد (16). بنابراین، اهمیت بالای آموزش در فضای طبیعی در پژوهش حاضر را می‌توان نشانه‌ای از آن دانست که طبیعت زمانی بیشترین اثر را بر کیفیت مدرسه دارد که در برنامه آموزشی و فعالیت روزانه کودکان ادغام شود.

نتیجه دیگر پژوهش حاضر مربوط به جایگاه بالای «دوستی و انس با طبیعت» بود. ۳۸.۰ درصد از مشارکت‌کنندگان به این مؤلفه اشاره کردند که نشان‌دهنده نقش محیط مدرسه در شکل‌گیری رابطه عاطفی میان کودک و طبیعت است. این یافته از این منظر اهمیت دارد که ارتباط با طبیعت تنها پیامد کوتاه‌مدت ندارد، بلکه می‌تواند زمینه ایجاد نگرش‌های پایدارتر زیست‌محیطی و افزایش حساسیت کودکان نسبت به محیط طبیعی را فراهم کند. مطالعات مربوط به ترجیحات کودکان در طراحی مدارس ابتدایی نیز نشان داده‌اند که کودکان به فضاهایی علاقه بیشتری نشان می‌دهند که امکان تعامل واقعی، تجربه مستقیم و حضور فعال در طبیعت را فراهم کنند (7). همچنین تأکید شده است که طراحی بیوفیلیک در مدارس زمانی اثربخش‌تر است که عناصر طبیعی از سطح مشاهده بصری فراتر رفته و در تجربه روزمره کودک ادغام شوند (8). بنابراین، می‌توان گفت که شکل‌گیری دوستی با طبیعت از طریق تداوم تماس، امکان لمس و تجربه، و حضور کودک در محیط‌های طبیعی به وجود می‌آید و طراحی مدرسه می‌تواند در شکل‌گیری یا تضعیف این رابطه نقش داشته باشد.

مؤلفه «آرامش در طبیعت» نیز با ۳۵.۰ درصد از مضامین اصلی یافته‌های پژوهش بود. این نتیجه نشان می‌دهد که یکی از برجسته‌ترین آثار ادراک‌شده معماری بیوفیلیک، کاهش فشار روانی و ایجاد احساس آرامش در کودکان است. مدارس، به‌ویژه در دوره ابتدایی، محیط‌هایی هستند که کودکان در آنها با مجموعه‌ای از محرک‌های شناختی، اجتماعی و رفتاری روبه‌رو می‌شوند و حضور طولانی‌مدت در فضاهای بسته، یکنواخت و فاقد تنوع حسی می‌تواند به خستگی و کاهش تمرکز منجر شود. از منظر روان‌شناسی محیطی، حضور نور طبیعی، پوشش گیاهی، چشم‌اندازهای سبز، تهویه مناسب و مواد طبیعی می‌تواند به ایجاد محیطی بازیابی‌کننده کمک کند و احساس آرامش و رضایت را افزایش دهد (12). همچنین پژوهش‌های انجام‌شده درباره فضاهای مشترک مدارس نشان داده‌اند که عناصر بیوفیلیک می‌توانند بر پاسخ‌های ادراکی و فیزیولوژیک کاربران اثر مثبت داشته باشند (11). از این رو، نتایج پژوهش حاضر را می‌توان در چارچوب نظریه‌های بازیابی ذهنی و کاهش تنش تبیین کرد؛ به این معنا که مواجهه با طبیعت امکان‌هایی موقت از فشارهای شناختی و محیطی را فراهم کرده و به تنظیم وضعیت هیجانی کودک کمک می‌کند.

یافته مربوط به «ارتباط با طبیعت و تجربه مستقیم» که ۳۵.۰ درصد از پاسخ‌ها را به خود اختصاص داد نیز مؤید آن است که کیفیت بیوفیلیک محیط زمانی افزایش می‌یابد که کودک امکان تعامل واقعی با طبیعت داشته باشد. تماس مستقیم با گیاهان، خاک، آب، نور، باد و سایر عناصر طبیعی، در مقایسه با حضور نمادین یا تزئینی طبیعت، می‌تواند تجربه‌ای عمیق‌تر و چندحسی ایجاد کند. این نتیجه با پژوهش‌هایی همسو است که بر تفاوت میان حضور صوری عناصر طبیعی و تجربه فعال بیوفیلیک تأکید کرده‌اند (9). ارزیابی فضایی مدارس ابتدایی نیز نشان داده است که کیفیت بیوفیلیک نتیجه تعامل مجموعه‌ای از مؤلفه‌های مرتبط با دسترسی، تجربه‌پذیری و ارتباط فضایی با طبیعت است و صرف وجود یک عنصر سبز نمی‌تواند معیار کافی برای کیفیت باشد (9). همچنین، مطالعات محیط‌های یادگیری غیررسمی نشان داده‌اند که انعطاف، امکان مشارکت و تجربه آزاد محیط از عوامل مهم در افزایش آسایش و الهام‌بخشی فضا هستند (19). بر این اساس، نتایج حاضر تأکید می‌کند که طراحی مدارس ابتدایی باید از رویکرد «طبیعت به عنوان تصویر» به سمت «طبیعت به عنوان تجربه» حرکت کند.

نتایج مقایسه مدارس برخوردار از فضاهای طبیعی با مدارس فاقد این امکانات نیز نشان داد که در مدارس طبیعت‌گرا، شاخص‌هایی مانند علاقه به حضور در مدرسه، آرامش روانی، تمرکز، مشارکت در یادگیری، تعامل اجتماعی، تمایل به کشف محیط، کاهش بی‌قراری و ارتباط عاطفی با مدرسه در سطح بالاتری قرار داشتند. این الگو حاکی از آن است که معماری بیوفیلیک می‌تواند به صورت هم‌زمان چندین بعد از تجربه مدرسه را تحت تأثیر قرار دهد. بیشترین میانگین مربوط به آرامش و آسودگی روانی و پس از آن تمایل به کشف و تجربه محیط بود. این یافته با مطالعاتی که محیط‌های بیوفیلیک را با افزایش رفاه، رضایت و عملکرد مرتبط دانسته‌اند همسو است (13). همچنین در بررسی‌های مربوط به مدارس و محیط‌های یادگیری، بر این نکته تأکید شده است که فضاهای طبیعی می‌توانند زمینه افزایش فعالیت، کنجکاوی و مشارکت را فراهم کنند (2). از این رو، می‌توان گفت تفاوت میان مدارس طبیعت‌گرا و مدارس فاقد طبیعت نه صرفاً ناشی از کیفیت زیبایی‌شناختی، بلکه نتیجه اثر هم‌زمان عناصر طبیعی بر تنظیم هیجان، تحریک شناختی و فراهم کردن فرصت تعامل و حرکت است.

یافته‌های پژوهش در زمینه افزایش تمرکز و توجه نیز با شواهد پیشین هم‌راستا است. در نتایج حاضر، بعد شناختی با ۳۰.۰ درصد از مضامین شناسایی شده همراه بود و مشارکت‌کنندگان به نقش فضای طبیعی در افزایش تمرکز، کنجکاوی و خلاقیت کودکان اشاره کردند. مطالعات انجام‌شده در محیط‌های آموزشی نشان داده‌اند که حضور عناصر بیوفیلیک می‌تواند تجربه ادراکی کاربران را بهبود بخشد و از خستگی ذهنی بکاهد (11). همچنین، مرورهای نظام‌مند درباره طراحی بیوفیلیک در محیط‌های آموزش عالی نشان داده‌اند که نور طبیعی، گیاهان، منظر سبز و کیفیت محیط داخلی با توجه، رفاه و عملکرد کاربران ارتباط دارند (15). اگرچه بخشی از این شواهد به گروه‌های سنی بالاتر مربوط است، سازوکارهای ادراکی و روان‌شناختی مشابه می‌توانند در کودکان نیز فعال باشند. کودکانی که در محیطی متنوع، طبیعی و از نظر حسی متعادل قرار می‌گیرند، احتمالاً کمتر دچار یکنواختی و خستگی شناختی می‌شوند و امکان بیشتری برای حفظ توجه و مشارکت فعال دارند.

در بعد اجتماعی، نتایج پژوهش نشان داد که معماری بیوفیلیک می‌تواند به تقویت تعامل با همسالان و فعالیت‌های جمعی کمک کند. این یافته با پژوهشی که به بررسی شایستگی اجتماعی در محیط‌های یادگیری با رویکرد بیوفیلیک پرداخته و نقش تجربه‌های فضایی در شکل‌گیری تعاملات اجتماعی را مورد توجه قرار داده است، همخوانی دارد (6). فضاهای طبیعی، نیمه‌باز و غیررسمی معمولاً امکان انتخاب، حرکت، بازی و گفت‌وگوی آزادانه بیشتری نسبت به کلاس‌های رسمی فراهم می‌کنند و همین امر می‌تواند تعاملات اجتماعی را تسهیل کند. همچنین، طراحی فضاهای یادگیری غیررسمی که بر آسایش، انعطاف‌پذیری و الهام‌بخشی تأکید دارد، می‌تواند زمینه شکل‌گیری ارتباطات اجتماعی و فعالیت‌های گروهی را فراهم سازد (19). بنابراین، معماری بیوفیلیک را می‌توان نه تنها ابزاری برای بهبود شرایط فردی، بلکه عاملی برای تقویت بعد اجتماعی محیط آموزشی دانست.

نتیجه مربوط به افزایش احساس تعلق به محیط مدرسه نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. اگرچه این مؤلفه در مقایسه با سایر ابعاد درصد پایین‌تری داشت، اما نشان می‌دهد که کیفیت محیط طبیعی می‌تواند در ایجاد پیوند عاطفی میان کودک و مدرسه نقش داشته باشد. مدرسه‌ای که برای کودک قابل کشف، متنوع، آرام و دوست‌داشتنی باشد، احتمال بیشتری دارد که به عنوان محیطی مطلوب و معنادار تجربه شود. مفهوم مدرسه به عنوان یک اکوسیستم یادگیری نیز بر همین پیوند میان فضا، رفاه، تعامل و احساس تعلق تأکید دارد (2). همچنین، رویکردهای جدید در طراحی محیط‌های آموزشی بر ادغام پایداری، کیفیت محیط و تجربه انسانی تأکید می‌کنند (20). از این منظر، تعلق مکانی را می‌توان یکی از پیامدهای غیرمستقیم طراحی بیوفیلیک دانست که از طریق افزایش کیفیت تجربه روزمره شکل می‌گیرد.

یافته‌های مربوط به اولویت مؤلفه‌های طراحی نیز قابل توجه بود. ایجاد فضای سبز قابل استفاده برای آموزش بالاترین میانگین اهمیت را کسب کرد و پس از آن امکان تماس مستقیم با طبیعت، نور طبیعی، فضاهای نیمه‌باز، باغچه آموزشی و دید مستقیم به فضای سبز قرار گرفتند. این ترتیب نشان می‌دهد که عناصر فعال و عملکردی طبیعت نسبت به عناصر صرفاً نمادین یا تزئینی از اهمیت بیشتری برخوردارند. این نتیجه با مطالعاتی که بر راهکارهای عملی برای مداخلات بیوفیلیک در مدارس موجود تأکید کرده‌اند، همسو است. ایجاد دید سبز، افزایش نور طبیعی، افزودن گیاهان و تقویت ارتباط داخل و خارج از جمله مداخلاتی هستند که می‌توانند بدون نیاز به بازسازی کامل، کیفیت محیط مدرسه را افزایش دهند (17). همچنین، در بررسی کاربرد اصول بیوفیلیک در طراحی مجموعه‌های آموزشی معاصر، تأکید شده است که عناصر طبیعی باید در ساختار اصلی فضا ادغام شوند و به‌صورت عناصر الحاقی باقی نمانند (23). بر این اساس، نتایج پژوهش حاضر نیز از رویکردی حمایت می‌کنند که طبیعت را به‌عنوان بخشی از سازمان فضایی و عملکرد آموزشی مدرسه در نظر می‌گیرد.

اهمیت بالای نور طبیعی در نتایج نیز قابل تبیین است. نور طبیعی علاوه بر کیفیت بصری، بر ادراک فضایی، احساس سرزندگی و ارتباط با تغییرات زمانی و محیطی اثر می‌گذارد. در مطالعات مختلف، نور طبیعی به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های اصلی طراحی بیوفیلیک شناخته شده و نقش آن در سلامت و عملکرد کاربران مورد توجه قرار گرفته است (15). همچنین، مطالعات مرتبط با کیفیت محیط داخلی و راهکارهای بیوفیلیک نشان داده‌اند که مداخلات طبیعت‌محور می‌توانند در بهبود شرایط محیطی و ادراک کاربران از فضا نقش داشته باشند (14). در مدرسه، بهره‌گیری مناسب از نور طبیعی می‌تواند علاوه بر کاهش وابستگی به روشنایی مصنوعی، کیفیت تجربه بصری و ارتباط کودک با محیط بیرونی را نیز افزایش دهد.

اولویت بالای باغچه‌های آموزشی و فضاهای نیمه‌باز نیز نشان می‌دهد که فضاهای واسط میان داخل و خارج می‌توانند نقش مهمی در ایجاد تجربه بیوفیلیک ایفا کنند. مطالعات مربوط به مدارس عمودی و متراکم نشان داده‌اند که تراس‌ها، فضاهای نیمه‌باز و عرصه‌های واسط می‌توانند به‌عنوان محیط‌هایی برای فعالیت بدنی، یادگیری غیررسمی و تعامل اجتماعی عمل کنند (22). همچنین در محیط‌های شهری محدود، استفاده خلاقانه از فضاهای کوچک و طبیعت‌محور می‌تواند بخشی از محدودیت‌های سایت را جبران کند (16). بنابراین، در شرایطی که امکان ایجاد حیاط‌های وسیع وجود ندارد، طراحی فضاهای نیمه‌باز، دیوار سبز، باغچه خطی، تراس سبز و دیده‌های کنترل‌شده به طبیعت می‌تواند جایگزین مناسبی باشد.

از دیگر نتایج مهم پژوهش، پایین‌تر بودن اولویت فرم‌ها و الگوهای الهام‌گرفته از طبیعت در مقایسه با تماس مستقیم با طبیعت بود. این یافته نشان می‌دهد که اگرچه استفاده از هندسه، فرم، رنگ و الگوهای ارگانیک می‌تواند کیفیت زیبایی‌شناختی محیط را افزایش دهد، اما از دیدگاه مربیان و والدین، این عناصر زمانی ارزش بیشتری دارند که با تجربه واقعی طبیعت همراه شوند. این نتیجه با پژوهش‌های مربوط به ترجیحات کودکان نیز همسو است که نشان داده‌اند تجربه‌پذیری و امکان تعامل با طبیعت نسبت به حضور نمادین آن اهمیت بیشتری دارد (7). از سوی دیگر، مطالعات مربوط به دیوارهای سبز و نشانه‌های محیطی نشان داده‌اند که عناصر بصری طبیعت می‌توانند در انتقال ادراک پایداری و ایجاد نگرش مثبت نسبت به محیط نقش داشته باشند (18). بنابراین، عناصر نمادین را نمی‌توان بی‌اهمیت دانست، اما یافته‌های حاضر نشان می‌دهد که بهتر است این عناصر در کنار تماس مستقیم و تجربه فعال به کار گرفته شوند.

در مجموع، یافته‌های این پژوهش با ادبیات موجود درباره معماری بیوفیلیک در محیط‌های آموزشی هم‌راستا است و نشان می‌دهد که این رویکرد می‌تواند به شکل چندبعدی بر کیفیت محیط مدرسه اثرگذار باشد. نتایج به‌ویژه بر چهار محور آموزش در فضای طبیعی، ارتباط عاطفی با طبیعت، آرامش و تجربه مستقیم تأکید داشتند. این چهار محور با بسیاری از مبانی نظری طراحی بیوفیلیک سازگار هستند و نشان می‌دهند که طبیعت می‌تواند همزمان نقش آموزشی، روان‌شناختی

و اجتماعی ایفا کند. مطالعات مربوط به معماری مهدکودک و فضاهای ویژه کودکان نیز تأکید کرده‌اند که تلفیق عناصر طبیعی با نیازهای عملکردی و روان‌شناختی می‌تواند کیفیت محیط را افزایش دهد (10). همچنین، استفاده از معماری بیوفیلیک در محیط‌های توان‌بخشی کودکان نشان داده است که طبیعت می‌تواند به ایجاد محیط‌هایی آرام‌تر، حمایت‌کننده‌تر و سازگارتر با نیازهای کودک کمک کند (24). از این منظر، نتایج پژوهش حاضر نیز تأیید می‌کند که طراحی مدرسه ابتدایی باید از چارچوب صرفاً عملکردی فراتر رفته و به نیازهای حسی، عاطفی و تجربی کودک پاسخ دهد.

همچنین، نتایج پژوهش نشان می‌دهد که معماری بیوفیلیک می‌تواند با اهداف گسترده‌تر پایداری و توسعه محیط‌های آموزشی هوشمند و انسان‌محور همسو باشد. در رویکردهای جدید توسعه پردیس‌ها و محیط‌های آموزشی، ترکیب فناوری، پایداری و کیفیت تجربه کاربران مورد توجه قرار گرفته است (20). طراحی بیوفیلیک در این چارچوب می‌تواند مکمل فناوری باشد، نه جایگزین آن؛ به این معنا که مدرسه هوشمند و پایدار باید در کنار ابزارهای فناورانه، کیفیت زیستی و روان‌شناختی محیط را نیز حفظ کند. مطالعات مربوط به برنامه‌ریزی پردیس‌ها نیز نشان داده‌اند که شبکه فضاهای سبز، مسیرهای طبیعی و ارتباط فضایی با محیط می‌تواند بخشی از استراتژی جامع طراحی باشد (21). از این رو، یافته‌های حاضر را می‌توان در راستای حرکت به سمت مدارس جامع، سالم، پایدار و کودک‌محور تفسیر کرد.

یکی از محدودیت‌های پژوهش حاضر، محدود بودن نمونه به ۳۰ نفر از مربیان آموزشی و والدین در چند مدرسه شهر شیراز بود که می‌تواند قابلیت تعمیم نتایج به سایر شهرها، اقلیم‌ها و نظام‌های آموزشی را محدود کند. همچنین، داده‌ها عمدتاً بر ادراک و گزارش مشارکت‌کنندگان استوار بودند و اندازه‌گیری مستقیم متغیرهای رفتاری یا فیزیولوژیک کودکان انجام نشد. تفاوت‌های معماری، اقتصادی و مدیریتی میان مدارس نیز ممکن است بر دیدگاه پاسخ‌دهندگان اثر گذاشته باشد و جداسازی کامل اثر عناصر بیوفیلیک از سایر ویژگی‌های محیط آموزشی امکان‌پذیر نبوده است. علاوه بر این، اگرچه مقایسه میان مدارس برخوردار و فاقد فضای طبیعی انجام شد، پژوهش دارای طراحی طولی یا آزمایشی نبود و بنابراین استنباط رابطه علی میان طراحی بیوفیلیک و پیامدهای مشاهده‌شده باید با احتیاط صورت گیرد.

پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آینده با نمونه‌های بزرگ‌تر و در شهرها و اقلیم‌های مختلف انجام شوند تا امکان مقایسه تفاوت‌های فرهنگی، اقلیمی و فضایی فراهم شود. استفاده از روش‌های آمیخته و ترکیب مصاحبه، مشاهده رفتاری، پرسشنامه‌های استاندارد و شاخص‌های فیزیولوژیک می‌تواند اعتبار یافته‌ها را افزایش دهد. همچنین انجام مطالعات مداخله‌ای پیش و پس از اجرای تغییرات بیوفیلیک در مدارس، امکان سنجش دقیق‌تر اثر نور طبیعی، فضای سبز، باغچه‌های آموزشی، دیوارهای سبز و فضاهای نیمه‌باز را فراهم می‌کند. بررسی مستقیم ترجیحات کودکان، مقایسه گروه‌های سنی مختلف، تحلیل تفاوت‌های جنسیتی، ارزیابی اثر فصل و شرایط آب‌وهوایی و همچنین مطالعه رابطه معماری بیوفیلیک با عملکرد تحصیلی، خلاقیت، اضطراب، توجه و رفتار اجتماعی می‌تواند مسیرهای پژوهشی ارزشمندی برای توسعه این حوزه ایجاد کند.

از نظر کاربردی، پیشنهاد می‌شود در طراحی و بازطراحی مدارس ابتدایی، طبیعت به‌عنوان بخشی از ساختار اصلی برنامه فیزیکی مدرسه در نظر گرفته شود. ایجاد فضاهای سبز قابل استفاده برای آموزش، باغچه‌های کوچک و قابل دسترس برای کودکان، فضاهای نیمه‌باز، سایه‌بان‌های طبیعی، دید مستقیم کلاس‌ها به محیط سبز، استفاده حداکثری از نور طبیعی و فراهم کردن امکان تماس ایمن با عناصر طبیعی باید در اولویت قرار گیرد. در مدارس موجود نیز می‌توان با مداخلات کم‌هزینه‌تر مانند افزودن پوشش گیاهی، طراحی دیوار سبز، استفاده از مواد طبیعی، افزایش دسترسی بصری به فضای بیرونی و تبدیل بخشی از حیاط به فضای

آموزشی طبیعت محور کیفیت محیط را ارتقا داد. همچنین ضروری است معماران، مدیران مدارس و برنامه ریزان آموزشی در فرایند طراحی با مربیان، والدین و خود کودکان تعامل داشته باشند تا راهکارهای انتخاب شده با نیازهای واقعی کاربران سازگار باشند و معماری بیوفیلیک از سطح زیباسازی فراتر رفته و به بخشی از تجربه روزمره یادگیری، آرامش و رشد کودک تبدیل شود.

مشارکت نویسندگان

در نگارش این مقاله تمامی نویسندگان نقش یکسانی ایفا کردند.

تشکر و قدردانی

از تمامی کسانی که در طی مراحل این پژوهش به ما یاری رساندند تشکر و قدردانی می گردد.

تعارض منافع

در انجام مطالعه حاضر، هیچ گونه تضاد منافی وجود ندارد.

حمایت مالی

این پژوهش حامی مالی نداشته است.

موازن اخلاقی

در انجام این پژوهش تمامی موازن و اصول اخلاقی رعایت گردیده است.

خلاصه مبسوط

Extended Abstract

Educational environments are not merely physical containers in which formal instruction occurs; rather, they function as active components of children's cognitive, emotional, social, and behavioral development. This role is particularly important at the primary-school level because children spend a considerable portion of their daily lives within school settings and interact continuously with classrooms, corridors, courtyards, common areas, semi-open spaces, and outdoor environments. Consequently, the architectural quality of schools can influence children's sense of safety, comfort, belonging, concentration, curiosity, social interaction, and motivation to participate in learning activities. Contemporary approaches to educational architecture increasingly emphasize the need to move beyond conventional functional planning and to create environments that respond to the psychological, sensory, developmental, and experiential needs of learners (1). Within this framework, biophilic architecture has emerged as an influential approach capable of reconnecting users with natural systems and incorporating nature into the everyday experience of educational environments (2).

Biophilic design is based on the premise that human beings possess an inherent tendency to establish meaningful relationships with nature and living systems. In architecture, this relationship can be reinforced through direct experiences of nature, including vegetation, natural light, fresh air, water, natural materials, and views of landscapes, as well as through indirect experiences such as organic patterns, natural textures, spatial variability, and nature-inspired forms. In educational buildings, these strategies are increasingly regarded as more than decorative interventions. They can become part of the learning infrastructure by improving environmental comfort, reducing psychological stress, stimulating curiosity, supporting restoration from cognitive fatigue, and creating more engaging environments for students (3). Evidence synthesized across studies of biophilic schools suggests that integrating natural features into educational environments can contribute to student well-being, environmental satisfaction, health, and learning-related outcomes when such features are systematically incorporated into the spatial organization of schools (4).

The importance of biophilic architecture is especially pronounced during childhood because learning at this stage is strongly associated with sensory experience, movement, observation, play, exploration, and direct interaction with the surrounding environment. Nature-oriented educational spaces can therefore extend the learning process beyond the conventional classroom and provide opportunities for experiential and inquiry-based education. Previous research has indicated that applying biophilic architectural principles to educational environments may enhance children's naturalistic intelligence by exposing them to living systems and opportunities for observing and understanding natural phenomena (5). Biophilic learning environments have also been associated with improved opportunities for social interaction and the development of social competencies through varied spatial experiences (6). Accordingly, nature in a school environment can simultaneously function as an educational resource, a psychological support mechanism, and a setting for social engagement.

Recent research has increasingly emphasized the importance of considering children's own environmental preferences in the design of primary schools. Children may perceive, prioritize, and experience biophilic elements differently from adults, architects, or school administrators. Studies focusing on children's preferences have shown that direct, accessible, and interactive contact with natural environments is particularly important in creating meaningful biophilic experiences (7). Nature is therefore most effective when it is not simply visible but can be experienced through movement, touch, observation, exploration, and participation (8). Similarly, spatial evaluations of primary schools suggest that biophilic quality is multidimensional and depends on the coordinated presence of natural light, vegetation, access to outdoor environments, natural materials, views, and opportunities for active engagement with nature (9).

The psychological implications of this approach are also significant. Biophilic environments can potentially support emotional restoration, reduce tension, and improve the perceptual experience of school spaces. Recent investigations of school common areas have identified relationships between biophilic design and users' perceptual and physiological responses, highlighting the importance of incorporating nature into spaces beyond formal classrooms (11). Research addressing the intersection of architecture, sustainability, and psychology similarly emphasizes that built environments designed in accordance with human psychological needs can contribute to greater comfort and well-being (12). Moreover, natural elements within educational environments may influence attention, productivity, and environmental satisfaction, as demonstrated in studies examining biophilic study settings (13).

Nature-based learning opportunities are also possible in schools facing spatial constraints. Studies of confined urban schools indicate that limited land availability does not necessarily prevent the development of meaningful interactions with nature. Small gardens, semi-open spaces, green views, planted areas, and carefully designed outdoor learning zones can provide children with opportunities for nature-based learning even within dense urban contexts (16). Likewise, practical toolkits for

existing schools demonstrate that interventions such as improving daylight access, introducing vegetation, strengthening visual connections with outdoor spaces, and creating small-scale natural environments can improve the quality of existing educational buildings without requiring complete reconstruction (17). These strategies are particularly relevant to cities in which many existing schools were not originally designed according to biophilic principles.

Biophilic design also intersects with broader issues of sustainability, environmental quality, and healthy building design. Nature-based interventions have been associated with improvements in the perceived and functional quality of indoor environments, including indoor air quality (14). Systematic reviews of indoor biophilic design in educational settings similarly emphasize the combined contribution of plants, natural materials, daylight, views, and environmental variability to users' comfort and learning experience (15). Biophilic elements can additionally communicate environmental values through visible sustainability cues, thereby reinforcing users' awareness of ecological design strategies (18). In this sense, the incorporation of nature into schools may have both direct experiential effects and indirect educational implications related to environmental awareness.

The growing interest in flexible and informal learning environments further reinforces the relevance of biophilic architecture. Adaptable nature-oriented spaces can promote comfort, inspiration, choice, and participation by allowing users to engage with the environment in different ways (19). Research on vertical schools has also demonstrated the importance of mediated, semi-open, and transitional spaces in supporting well-being, physical activity, and informal learning (22). Contemporary educational architecture therefore increasingly conceptualizes the school as an interconnected learning ecosystem in which classrooms, courtyards, circulation areas, gardens, terraces, and common spaces collectively shape the learner's experience (20). Biophilic principles can provide a coherent framework for integrating these components while simultaneously addressing educational, psychological, environmental, and spatial objectives.

In this context, primary schools in Shiraz provide an appropriate setting for examining the perceived contribution of nature-oriented architecture to educational quality. The city's climatic and environmental characteristics, together with its historical association with gardens and green spaces, create opportunities for integrating biophilic principles into educational architecture. Nevertheless, the existence of natural potential does not necessarily ensure its effective incorporation into school design. It is therefore necessary to examine how teachers and parents perceive the influence of natural spaces on children and to identify which dimensions of biophilic environments are considered most important. Accordingly, the present study aimed to investigate the impact of biophilic architecture on enhancing the design quality of educational complexes for primary-school children in Shiraz, with particular emphasis on the perceptions of educational instructors and parents.

Methods and Materials

This applied field-analytical study employed a qualitative approach to investigate the perceived effects of biophilic architecture on the quality of primary-school environments in Shiraz. The research field included several primary schools characterized by different degrees of access to natural environments. Schools with nature-oriented characteristics were selected because they included features such as usable open spaces, vegetation, green courtyards, opportunities for outdoor learning, visual access to natural elements, and possibilities for direct interaction with nature. In contrast, several schools with limited or inadequate open spaces and minimal natural features were also included to provide a comparative basis for understanding differences in users' experiences.

The study sample consisted of 30 participants selected purposively on the basis of their direct experience with primary-school children and school environments. Of these participants, 20 were educational instructors and 10 were parents. Educational instructors were included because of their continuous observation of children's learning behavior, attention,

interaction, emotional responses, and participation within the school environment. Parents were included because of their knowledge of their children's attitudes toward school, emotional responses, behavioral changes, and experiences in relation to natural and non-natural educational settings.

Data were collected through structured interviews consisting of 30 questions. The interview framework addressed several dimensions related to biophilic educational design, including learning in natural spaces, children's affinity with nature, psychological calmness, direct sensory experience of natural elements, concentration, motivation to attend school, social interaction, reduction of restlessness, creativity, curiosity, environmental comfort, and sense of belonging. Participants were also encouraged to describe their observations of children in schools with and without access to meaningful natural spaces.

The interviews were transcribed, organized, and analyzed using MAXQDA software. The analytical process involved repeated reading of the interview material, identification of meaning units, initial coding, conceptual grouping of similar codes, and development of broader categories and themes. Descriptive frequencies and percentages were subsequently calculated to identify the relative prominence of the principal themes. Comparative interpretation was also conducted to examine differences between nature-oriented schools and schools lacking adequate natural environments.

Findings

The sample included 30 participants, comprising 20 educational instructors, representing 66.7% of the participants, and 10 parents, representing 33.3%. Qualitative coding demonstrated that the perceived influence of biophilic architecture was multidimensional and involved educational, emotional, experiential, cognitive, social, and place-related outcomes.

Among the principal themes, learning in natural spaces received the highest level of emphasis, being identified by 54.0% of participants. This finding indicated that participants primarily valued nature when it was actively integrated into educational activities rather than functioning merely as a visual component of school design. Participants described natural environments as supporting observation, experiential learning, active participation, exploration, and more tangible forms of learning.

Affinity and friendship with nature constituted the second most prominent theme and was identified by 38.0% of participants. This theme reflected the perceived contribution of natural school environments to children's emotional connection with vegetation, outdoor spaces, and living systems. Psychological calmness in nature was reported by 35.0% of participants, while direct connection with and experience of nature was also identified by 35.0%. Increased concentration and attention accounted for 30.0% of the responses, followed by increased motivation to attend school at 27.0%. Strengthened social interaction and reduced tension or behavioral restlessness were each identified by 23.0% of participants. Increased creativity and curiosity accounted for 20.0%, while feelings of safety and attachment to the school environment were identified by 17.0%.

Comparative analysis indicated consistently more favorable perceptions of schools possessing natural spaces than of schools lacking such environments. On a five-point evaluative scale, psychological calmness reached a mean of 4.51 in nature-oriented schools compared with 2.96 in schools lacking suitable natural spaces. The tendency to explore and experience the environment produced a mean of 4.47 compared with 2.91. Interest in attending school was rated at 4.42 in nature-oriented schools and 3.08 in non-nature-oriented schools. Active participation in learning had corresponding means of 4.36 and 3.05, while reduced behavioral restlessness was rated at 4.33 and 2.87. Concentration during educational activities reached 4.29 in nature-oriented schools compared with 3.12, emotional connection with the school reached 4.25 compared with 3.01, and social interaction with peers reached 4.18 compared with 3.24.

The findings further showed that the educational dimension was the most prominent overall aspect of biophilic design, accounting for 54.0%, followed by connection with nature at 38.0%, the emotional-psychological dimension and direct experiential dimension at 35.0% each, the cognitive dimension at 30.0%, the social dimension at 23.0%, and place attachment

at 17.0%. Regarding specific architectural interventions, the creation of usable green spaces for educational activities received the highest mean importance score of 4.71, followed by opportunities for direct contact with nature at 4.63, extensive use of natural daylight at 4.56, provision of semi-open learning spaces at 4.49, educational gardens at 4.45, direct views of greenery from classrooms at 4.38, use of natural materials at 4.26, quiet restorative spaces adjacent to nature at 4.22, circulation routes integrated with greenery at 4.16, and nature-inspired forms and patterns at 4.05.

Discussion and Conclusion

The findings demonstrate that biophilic architecture can contribute to the quality of primary-school design through several interconnected pathways. The dominance of learning in natural spaces indicates that participants did not regard nature merely as an aesthetic feature. Instead, its primary value was associated with its ability to become an active component of educational activity. Natural environments appear to provide children with opportunities to observe, touch, move, investigate, and participate, thereby extending the learning process beyond the boundaries of conventional classrooms.

The prominence of affinity with nature also suggests that repeated exposure to natural elements may help children develop an emotional relationship with their surroundings. Such a relationship can transform the school environment from a purely institutional setting into a meaningful place in which children develop familiarity, attachment, and environmental awareness. The relatively high importance of psychological calmness further indicates that nature-oriented educational environments may function as restorative spaces capable of moderating the cognitive and emotional pressures associated with formal schooling.

The equal prominence of psychological calmness and direct experience of nature is particularly important. It indicates that successful biophilic design should simultaneously address emotional restoration and active environmental engagement. A school that merely provides views of vegetation may offer some perceptual benefits, but an environment that permits children to approach, touch, cultivate, observe, and use natural areas for learning is likely to provide a richer experience.

The comparison between schools with and without adequate natural spaces reinforced this interpretation. Every investigated indicator was rated more favorably in nature-oriented schools. The largest advantages were observed in psychological calmness, environmental exploration, interest in attending school, active participation, and reduced restlessness. These findings indicate that biophilic architecture may influence not only how children perceive school but also how they behave and participate within it. Consequently, natural environments should be considered part of the functional and pedagogical infrastructure of primary schools.

The prioritization of specific design strategies provides practical implications for architectural planning. Usable green learning areas, direct interaction with nature, natural daylight, semi-open spaces, educational gardens, and views of greenery emerged as more important than nature-inspired forms and symbolic patterns. This hierarchy suggests that direct and functional encounters with nature should take precedence over decorative representations of nature. Biophilic design in primary schools should therefore emphasize accessible, experiential, and educationally usable natural spaces.

Overall, the study indicates that the quality of biophilic school design depends on the integration of nature into everyday learning, movement, interaction, and emotional experience. Biophilic architecture should not be treated as an optional visual enhancement added after the primary spatial organization of a school has been determined. Instead, it should be incorporated from the earliest stages of design through the coordinated planning of classrooms, courtyards, gardens, circulation spaces, semi-open areas, daylight access, views, and natural materials. Such an approach can transform the school into an integrated learning environment that supports children's educational engagement, emotional calmness, cognitive stimulation, social interaction, and attachment to place. The study therefore concludes that incorporating biophilic principles into the design and renovation

of primary schools in Shiraz can provide an effective strategy for enhancing the overall quality of educational environments and creating spaces that are more responsive to children's developmental, psychological, and experiential needs.

References

1. Vezhbovska L, Boltenkov A, Vaskialite V, Lopukhova N, Dementovych T. Global Trends in Educational Environment Design: From Cultural Dimensions to Innovations. *Research Journal in Advanced Humanities*. 2024;5(1).
2. Gray F. Designing Thriving School Ecosystems: The Synergy of Biophilic Design, Wellbeing Science, and Systems Science. *Architecture*. 2024;4(3):594-612.
3. Fisher K. The biophilic school: A critical synthesis of evidence-based systematic literature reviews. *Architecture*. 2024;4:457-78.
4. Fisher K. The Biophilic School: A Critical Synthesis of Evidence-Based Systematic Literature Reviews. *Architecture*. 2024;4(3):457-78.
5. Gholamzadeh A. Application of Biophilic Architecture in the Design of Educational Environments to Enhance Naturalistic Intelligence Based on Gardner's Theory. *Applied Research in Technical and Engineering Sciences*. 2023;8(32).
6. Rajabipour F, Delshad Siahkali M. An Inquiry into Responsiveness to the Emergence of Social Competence in Adolescents' Learning Environments Influenced by Types of Design Experiences in a Biophilic Approach. *Educational Technology*. 2020;14(3):723-38.
7. Ghaziani R. Re-thinking biophilic design for primary schools: Exploring children's preferences. *Architecture*. 2025;5(2):42.
8. Ghaziani R. Re-Thinking Biophilic Design for Primary Schools: Exploring Children's Preferences. *Architecture*. 2025;5(3):42.
9. Chabok SH, Sorourkhah A, Edalatpanah SA. Spatial Evaluation of Primary Schools Using Biophilic Design Elements: A Multi-Criteria Decision-Making Approach. *Architecture*. 2025;5(2):28.
10. Al-Alwan HAS. Impact of Biophilic and Technological Approaches on Enhancing Kindergarten Architecture. *Iop Conference Series Earth and Environmental Science*. 2025;1545(1):012096.
11. Kim JY, Park S-J. The Impact of Biophilic Design in School Common Areas on Perceptual and Physiological Responses. *Buildings*. 2026;16(10):1940.
12. Malhotra A. The Intersection of Psychology and Architecture Enhancing Well-Being Through Sustainable Design. *International Journal for Multidisciplinary Research*. 2024;6(6).
13. Terblanche R, Khumalo D. The Impact of Biophilic Design In university Study Areas on Students' Productivity. *Archnet-Ijar International Journal of Architectural Research*. 2024;19(1):230-47.
14. Gomes MI, Barreiros AM, Pinto I, Rodrigues A. Improving Indoor Air Quality in a Higher-Education Institution Through Biophilic Solutions. *Sustainability*. 2025;17(11):5041.
15. Niu Y, Ma H. Indoor Biophilic Design for Higher Education Environments: A Systematic Mixed-Methods Review. *Buildings*. 2026;16(18):3665.
16. Isa FM, Grierson D. Supporting Nature-Based Learning Experiences Within Confined Urban Schools: The Study of a Primary School in Glasgow, Scotland. *Iop Conference Series Earth and Environmental Science*. 2025;1516(1):012005.
17. Leif K, Loftness V. A Toolkit of Biophilic Interventions for Existing Schools to Enhance Student and Faculty Health and Performance. *Architecture*. 2024;4(2):445-56.
18. Hamilton EM, Shields R. If Green Walls Could Talk: Interpreting Building Sustainability Through Atmospheric Cues. *Sustainability*. 2025;17(9):3890.
19. Putrie YE, Samudro H. Adaptable Biophilic Design for Informal Learning Spaces: Cultivating Comfort and Inspiration for Marginalized Communities. *Iop Conference Series Earth and Environmental Science*. 2025;1439(1):012018.
20. Suster G, Popescu CA, Iancu T, Popescu G, Ciolac R. The Synergy of Smart Campus Development With Smart City Policies and the New European Bauhaus With Implications for Educational Efficiency. *Sustainability*. 2025;17(17):8078.
21. L.S SB. Biophilic Design in Campus Planning – A Critical Review. *International Journal of Scientific Research in Engineering and Management*. 2024;08(10):1-6.
22. Salari EE, Westbrook N. Ascending to Well-Being Through Mediated Spaces: An Alternative to Informal Learning and Physical Activity Environments in Vertical Schools. *Architecture*. 2024;4(3):613-38.
23. Yaşar D, Erkartal PÖ. An Inquiry Into the Application of Biophilic Design Principles in Contemporary University Designs. 2024.
24. Hasanah U, Fitriaty P, Burhany NR. Reaching Sustainability Through Biophilic Architecture: Design of Online Game Addiction Rehabilitation Facility for Children. *Iop Conference Series Earth and Environmental Science*. 2026;1580(1):012035.