
Investigation of Physical Components of Sustainable Architecture in Educational Space (Case Study: François Mitterrand School, Brazil)

Seyedeh Maryam Mojtavavi ^{1*}, Houra Izadpanah ²

¹ Assistant Professor of Architecture Department, Ferdows Institute of Higher Education, Mashhad, Iran

² Bachelor Student of Architecture, Department of Architecture, Ferdows Institute of Higher Education, Mashhad, Iran

Received Date: 14 June 2022 **Accepted Date:** 06 August 2022

Abstract

Background and Aim: In recent years, the environmental crisis has been one of the main concerns of human beings. Increasing energy consumption and its impact on the future of the environment has made the design of buildings with a sustainable architectural approach of particular importance. Meanwhile, the physical structure and shape of schools, their environmental and technological qualities, have a great impact on education, culture and achieving a livable world. The main purpose of this study is to achieve the physical characteristics effective in promoting sustainable architecture in schools, so that the physical environment of the school becomes an educational tool for learning environmental issues and sustainable development.

Methods: The present article is of applied type and is a qualitative and descriptive analytical research method. Data collection is based on documentary studies, review of texts, sources and experiences that lead to the extraction of a conceptual model. Finally, the physical indicators derived from the model are analyzed in a case study (François Mitterrand School) and solutions are proposed to design the educational space based on the physical indicators of sustainable development.

Findings and Conclusion: Findings show that the components that promote sustainability in the educational environment include four main components: physical, environmental, social and economic. In the meantime, the physical component can turn a school into an educational tool for environmental issues and its characteristics include the use of daylight, improving indoor air quality, communication with natural elements, space design to support environmental activity, conscious choice Materials are physical flexibility, reduction of energy consumption through the body and the use of stability elements, which also affect the case study.

Keywords: Sustainable Development, Sustainable Architecture, Educational Space, Physical Components, François Mitterrand School, Brazil.

*** Corresponding Author:** mojtavavi_m@yahoo.com

Cite this article: Mojtavavi, M., Izadpanah, H., (2022) Investigation of Physical Components of Sustainable Architecture in Educational Space (Case Study: François Mitterrand School, Brazil). *Journal of Sustainable Urban & Regional Development Studies (JSURDS)*, 3(2), 135-155.

بررسی مؤلفه های کالبدی معماری پایدار در فضای آموزشی (نمونه موردی: مدرسه فرانسوا میتران برزیل)

سیده مریم مجتبوی^{۱*}، حوراء ایزدپناه^۲

^۱ استادیار گروه معماری، مؤسسه آموزش عالی فردوس، مشهد، ایران

^۲ دانشجوی کارشناسی مهندسی معماری، گروه معماری، مؤسسه آموزش عالی فردوس، مشهد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۳/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۵/۱۵

چکیده

زمینه و هدف: در سال های اخیر بحران محیط زیست از دغدغه های اصلی بشر محسوب می شود. افزایش میزان مصرف انرژی و تأثیر آن بر آینده محیط زیست، موجب شده تا طراحی ساختمان ها با رویکرد معماری پایدار اهمیت ویژه ای یابد. در این میان ساختار و شکل کالبدی مدارس، کیفیت های محیطی و تکنولوژیکی آن ها، در راستای آموزش، فرهنگ سازی و دستیابی به جهانی زیست پذیر تأثیر بسزایی دارد. هدف اصلی این پژوهش دستیابی به شاخص های کالبدی مؤثر در ارتقاء معماری پایدار در مدارس است، تا به کمک آن، محیط کالبدی مدرسه به یک ابزار آموزنده، در جهت یادگیری مسائل زیست محیطی و توسعه پایدار تبدیل شود.

روش بررسی: نوشتار حاضر از نوع کاربردی بوده و روش پژوهش کیفی و توصیفی تحلیلی است. گردآوری اطلاعات مبتنی بر مطالعات اسنادی، مرور متون، منابع و تجارب است که به استخراج مدل مفهومی منتج می گردد. در نهایت شاخص های کالبدی برآمده از مدل در نمونه موردی (مدرسه فرانسوا میتران) مورد تحلیل قرار می گیرد و راهکارهایی در راستای طراحی فضای آموزشی بر مبنای شاخص های کالبدی توسعه پایدار ارائه می شود.

یافته ها و نتیجه گیری: یافته ها نشان می دهد که مؤلفه های ارتقاءدهنده پایداری در فضای آموزشی شامل چهار مؤلفه اصلی کالبدی، زیست محیطی، اجتماعی و اقتصادی می باشد. در این بین، مؤلفه کالبدی می تواند یک مدرسه را به یک ابزار آموزشی برای مسائل زیست محیطی تبدیل نماید و شاخص های آن شامل بهره گیری از نور روز، بهبود کیفیت هوا در محیط داخلی، ارتباط با عناصر طبیعی، طراحی فضا جهت حمایت از فعالیت زیست محیطی، انتخاب آگاهانه مواد و مصالح، انعطاف پذیری کالبدی، کاهش مصرف انرژی از طریق کالبد و به کارگیری عناصر پایداری می باشد، که در نمونه موردی نیز تأثیرگذارند.

کلید واژه ها: توسعه پایدار، معماری پایدار، فضای آموزشی، مؤلفه های کالبدی، مدرسه فرانسوا میتران برزیل^۱

* نویسنده مسئول: mojtabavi_m@yahoo.com

ارجاع به این مقاله: مجتبوی، سیده مریم؛ ایزدپناه، حوراء (۱۴۰۱). بررسی مؤلفه های کالبدی معماری پایدار در فضای آموزشی (نمونه موردی: مدرسه فرانسوا میتران برزیل). فصلنامه مطالعات توسعه پایدار شهری و منطقه ای، ۳(۲)، ۱۳۵-۱۵۵.

¹ François Mitterrand High School in Brazil

مقدمه و بیان مسأله

رشد جمعیت جهانی در سال‌های اخیر منجر به ایجاد بحران در زمینه دسترسی و بهره‌برداری از منابع طبیعی مانند آب، زمین و جنگل شده است (Emmanuel, 2018). بسیاری از مسائل مربوط به پایداری زندگی انسان همچون، استفاده از ذخایر و منابع تجدیدنپذیر، تخریب زیستگاه، گرم شدن کره زمین، تخریب لایه اوزون، فرسایش خاک، رسوب اسید، دفع زباله و کیفیت محیطی داخلی در حال بررسی است (Tiwari et al, 2020).

استانداردها و شاخص‌های معماری پایدار را می‌توان برای ارزیابی عملکرد یک ساختمان و اندازه‌گیری تأثیر آن بر محیط زیست مورد استفاده قرار داد (Velsey, 2020).

با پیشرفت علم و فناوری، انواع مختلف ساخت و ساز رو به افزایش است و این امر به طور اجتناب‌ناپذیری به محیط زیست آسیب می‌رساند. مدل‌های ارزیابی پایداری به معماران کمک می‌کند طرحی مقرون به صرفه و پاسخ‌ده به نیازهای ارائه دهند (Newberry et al, 2021). هدف ساخت و ساز پایدار، کاهش اثرات زیست‌محیطی از طریق بهبود کارایی مصرف انرژی و منابع و طراحی ساختمان در راستای کاهش ردپای کربن و ایجاد یک محیط زیست پایدار است (Dunk, 2021; Luca et al, 2021).

مراکز آموزشی، از مهمترین عناصر موجود در شهرها هستند. با توجه به پیچیدگی و چند بعدی بودن مسئله آموزش و پرورش، لازم است که در ساخت مراکز آموزشی به ابعاد کالبدی و فضایی، کیفیت‌های بصری و ادراکی، ابعاد زیبایی‌شناسی، جنبه‌های محیطی و اقلیمی، مسائل تکنولوژی توجه شود و این مسئله مستلزم همکاری متخصصین، در یک نظام سیستمی و مرتبط خواهد بود. اجرای استانداردها و معیارهای صرفه‌جویی انرژی در ساختمان‌های آموزشی، امری حیاتی است و همواره بایستی طراحی ساختمان‌ها در راستای معماری پایدار صورت پذیرد (محمدی و همکاران، ۱۳۹۵: ۷۴). هر فرد از جامعه در همان سال‌های اولیه آموزش، چگونگی همسو شدن با محیط و اجتماع اطراف را آموخته و در نهایت به شهروندی مؤثر برای جامعه خود بدل می‌شود، بنابراین بی‌توجهی به جایگاه مدارس به عنوان مکانی تأثیرگذار در آموزش مفاهیم پایه توسعه پایدار، سبب خواهد شد که افراد در مقابل نیازهای جامعه بیگانه بوده و احساس مسئولیت اندک، جامعه را نیز تبدیل به محیطی منفعل و عاری از تأثیر مثبت شهروندان کند (دانشجو و همکاران، ۱۳۹۸: ۳۸).

از طریق معماری پایدار، می‌توان به پایداری محیط‌زیست و پایداری بوم‌شناختی دست یافت (Tasci, 2015). بنابراین معماری فضای آموزشی خود می‌تواند مفاهیم توسعه پایدار، توجه به محیط زیست و صرفه‌جویی در مصرف انرژی را به دانش‌آموزان آموزش دهد. این رویکرد آموزشی به دانش‌آموزان این فرصت را می‌دهد تا سیستم‌های مدیریت محیط زیست را به شیوه هر چه ملموس‌تر درک کنند و این توانایی را داشته باشند که در آینده، آن را در محیط خانه و محل کار خود پیاده‌سازی نمایند (می‌بودی، ۱۳۹۶).

عدم رعایت اصول معماری پایدار در ساخت و ساز مدارس موجود، پیامدهای بسیاری را به دنبال داشته است، از جمله: به وجود آمدن مسائل اقلیمی، صرف انرژی بسیار زیاد برای تأمین شرایط آسایش محیطی، انزوای معماری بومی، عدم توجه به محیط زیست و اقلیم در فرایند ساخت و ساز و لذا این امر، ضرورت توجه به معیارهای معماری پایدار را در طراحی مدارس، آشکار می‌سازد (بارشادت و همکاران، ۱۳۹۸: ۳).

موضوعی که وجود آن در یک مدرسه، الزام و ضرورت دارد، اولویت دادن به مقوله پایداری در تمام ارکان مدرسه است، به عبارت دیگر پایداری در مدرسه، یک اصل و اولویت است و نباید به عنوان یک عنصر اضافه و فرعی دیده شود (Jackson, et al, 1986)، جهت دستیابی به مدارس پایدار، بایستی تفکر پایداری در قلب و متن مدرسه جاری باشد (MacDiarmid, 1986).

(2014). رسالت یک مدرسه و بنای آن در جهت توسعه دانش و آگاهی افراد رقم خورده است (کدیور، ۱۳۹۴)؛ لذا محیط کالبدی و معماری فضای آموزشی بایستی به کمک جایگاه، نیروها و امکاناتی که برای یادگیری دارد به عنوان یک قلعه یادگیری مورد توجه قرار گیرد. هدف اصلی این پژوهش دستیابی به مؤلفه های کالبدی مؤثر در ارتقای معماری پایدار در مدارس است که به کمک آن، محیط کالبدی مدرسه به عنوان یک ابزار آموزنده، در جهت یادگیری مسائل زیست محیطی و توسعه پایدار تبدیل شود. لذا جهت دستیابی به این هدف سؤالات ذیل مطرح می گردد:

- مؤلفه های پایداری در مدارس کدامند؟
- مؤلفه کالبدی با چه شاخص هایی موجب ارتقاء پایداری در فضای آموزشی می شود؟
- شاخص های کالبدی مستخرج از مدل مفهومی در نمونه موردی چگونه نمود داشته است؟
- در راستای طراحی معماری فضای آموزشی، چه راهکارهایی برای هر کدام از شاخص های مؤلفه کالبدی وجود دارد؟

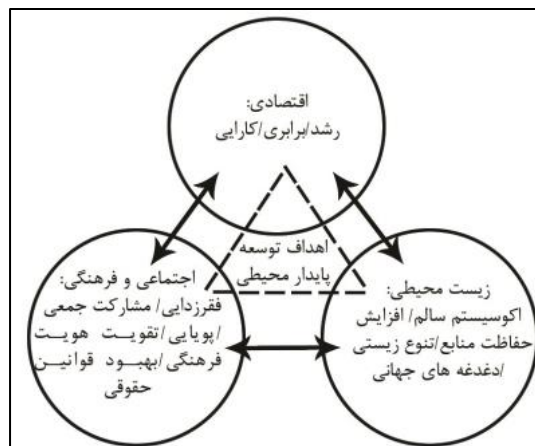
مبانی نظری پژوهش

فضاهای آموزشی: لوئی کان^۱، واژه مدرسه را چنین تعریف می کند: تمام مکان هایی که انسان برای تأمین خواسته خود در فراگیری، از آنها استفاده می کند، مدرسه نام دارد و این مکان ها، تنها برای یادگیری و آموختن عقاید و نظریات نمی باشند، بلکه برای فهم و ادراک دلایل وجود هر چیز و مناسبت های دوجانبه و روابط بین انسان و طبیعت نیز مورد استفاده قرار می گیرند (کامل نیا، ۱۳۹۷: ۳۰). به اعتقاد بسیاری از اندیشمندان، معماری با قدمتی به اندازه تاریخ انسان، به عنوان بخش مهمی از فرهنگ، نقش اساسی در شکل گیری و تکامل بشر برعهده دارد. با توجه به این که دوره زمانی طولانی از عمر انسان ها در فضاهای آموزشی سپری می شود، معماری این فضاها سهم بسزایی در این روند دارد؛ چرا که ویژگی های محیطی متأثر از هر دو مقوله آموزش و معماری بر کیفیت آموزش و رفتار دانش آموزان و معلمان تأثیر به سزایی داشته و موجب ارتباطی محکم بین این دو شده است. والتر گروپیوس^۲ به این اشاره دارد که اگر محیط و ساختمان فضای آموزشی خلاقانه باشد، زمینه ای ثمربخش برای نسل آینده ایجاد می گردد و محیط محرک به اندازه روش تدریس برای آزاد کردن اندیشه و بیان خلاقه، حائز اهمیت است (رضوان و نخعی، ۱۳۹۴: ۳). می توان گفت فضاهای آموزشی نیازمند امکانات و تجهیزات منطبق با نیاز عصر حاضر هستند که متأسفانه امروزه فاصله زیادی با این استانداردها وجود دارد.

توسعه پایدار: توسعه پایدار آن نوع توسعه ای است که سلامت انسان و نظام های اکولوژیکی را در بلند مدت بهبود بخشد. توسعه پایدار توسعه ای است که نیازهای حال انسان را با توجه به توانایی نسل آینده در دریافت نیازهایش مد نظر دارد. در راستای تحقق اهداف توسعه پایدار، پایداری محیطی در ارتباط با معماری اهمیت زیادی دارد و مسائل زیست محیطی که آینده بشر را به خطر انداخته است، معماران را به چاره اندیشی واداشته است (محمدی و همکاران، ۱۳۹۵: ۶۸). توسعه پایدار با تلفیق اهداف اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی به دنبال حداکثرسازی رفاه انسانی است؛ بنابراین در توسعه پایدار، علاوه بر توجه به حفظ محیط زیست، توسعه انسانی، توسعه اجتماعی، توسعه فرهنگی و توسعه سیاسی مدنظر است (معمار، ۱۳۹۴: ۳۲). مفاهیم پایداری که اهداف عام توسعه پایدار هستند در نمودار شماره ۱ آمده اند:

¹ Louis Kahn

² Walter Gropius



شکل ۱. اهداف توسعه پایدار محیطی، (منبع: کامل‌نیا، ۱۳۹۴: ۷۵).

در تقسیم‌بندی کرمونا^۱، مؤلفه‌های عام پایداری، شامل مؤلفه اجتماعی (تنوع و انتخاب، احترام به نیازهای انسانی، انعطاف‌پذیری و تمرکزگرایی فضا و تمایز و تشخیص)، مؤلفه اقتصادی با نمود (نظارت، کارایی منابع و خودکفایی) و مؤلفه زیست‌محیطی با نمود (ارتقاء و تقویت محیط‌زیست و کاهش آلودگی‌ها) می‌شود (کامل‌نیا، ۱۳۹۴: ۷۵). گلابچی معتقد است، مفهوم پایداری در سه حیطه پایداری محیطی، پایداری اقتصادی و پایداری اجتماعی دارای مضامین عمیقی است (گلابچی، ۱۳۹۲: ۴۰۹).

مدارس و مفاهیم توسعه پایدار: آموزش، ابزار ضروری برای توسعه مهارت‌ها، دانش و ارزش‌ها در راستای توسعه پایدار است، ضمن این‌که تصمیم‌سازی مبتنی بر نظرات مردم بستگی تام به وجود شهروندانی آگاه دارد. هر فرد از جامعه در همان سال‌های اولیه آموزش، چگونگی همسو شدن با محیط و اجتماع اطراف را آموخته و در نهایت مبدل به شهروندی مؤثر برای جامعه خود می‌شود، لذا سهم آموزش در راستای پیشبرد اهداف توسعه پایدار در جامعه بسیار مؤثر می‌باشد.

در گزارشی که تحت عنوان آموزش محیط زیست در سال ۱۹۷۴م توسط اداره آموزش و پرورش اسکاتلند منتشر شده، بیان شده است که برنامه آموزش محیط زیست از دبستان آغاز می‌شود، تا دبیرستان ادامه دارد و باید در سایر مراحل زندگی نیز لحاظ شود. به نظر نمی‌رسد واژه محیط زیست و آموزش تا اواسط دهه ۱۹۶۰م در کنار هم به کار برده شده باشند، لیکن تحولات مربوط به آموزش زیست‌محیطی حاصل اندیشه‌گروی متفکران و نویسندگان برجسته قرن‌های ۱۸ و ۱۹م از جمله گوته^۲، روسو^۳، دیویی^۴ و غیره می‌باشد. بسیاری معتقدند که پاتریک گدس^۵ ۱۹۳۳-۱۸۵۴م استاد اسکاتلندی، اولین شخصی بود که پل ارتباطی مستحکمی بین کیفیت محیط زیست و کیفیت آموزش برقرار نمود (پالمر، ۱۳۸۳)؛ تا آنجا که دستور کار مطرح‌شده در قرن بیست و یکم در اجلاس زمین، فصل کاملی را به موضوع آموزش و

¹ Carmona

² Goethe

³ Rousseau

⁴ Dewey

⁵ Patrick Geddes

آگاهی های مردم اختصاص داده است. این فصل، پیام کمیسیون برانتلند^۱ را با این مضمون با خود به همراه دارد که آموزش می تواند آگاهی های زیست محیطی، اخلاقی، ارزش ها و رفتارها، گرایش ها و مهارت های مورد نیاز برای توسعه پایدار را به مردم اعطا کند، همچنین تأکید می نماید که آموزش نه تنها باید به محیط زیست بپردازد، بلکه بایستی محیط اجتماعی، اقتصادی و توسعه انسانی را نیز در برگیرد (کامل نیا، ۱۳۹۴: ۷۷). در واقع به منظور نزدیک کردن دو واژه «آموزش و محیط زیست»، در دهه های اخیر اقدامات قابل تأملی صورت گرفته و این نظریه مطرح است که می توان مفاهیم نوظهوری چون توسعه پایدار را به صورت مستقیم و غیر مستقیم در مکان های آموزشی مطرح کرد (عظمتی و باقری، ۱۳۸۷).

از سال های ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰ تغییراتی در بخش آموزش های رسمی در جهت آموزش مفاهیم پایداری به وجود آمد و شواهدی از انعکاس این تغییرات و نقش جدید مدارس در بریتانیا، آمریکای شمالی و اروپا پدیدار شد. در طول ده سال آنچه که «برنامه عمومی مدرسه» خوانده می شد، رویکردهای جامع تر و وسیع تری را در حوزه های پایداری در بر گرفت، به عنوان مثال در بریتانیا برنامه های یادگیری از طریق منظر، در کانادا برنامه همیشه سبز و در اروپا اقداماتی چون برنامه منظر آموزشی، از جمله این برنامه ها برای اعمال تغییرات در جهت آموزش محیط زیست در مدارس هستند (Henderson & Tilbury, 2004).

در سال ۱۹۸۷، یونسکو^۲ بیانیه ای مبنی بر اهمیت آموزش محیطی صادر نمود (فیضی، ۱۳۸۹، ۶۲). برداشت های نوین از آموزش محیط زیست، مدرسه را نه فقط به عنوان زمینه ای برای مدیریت محیط زیست، بلکه به عنوان زمینه و محلی برای پرداختن به آموزش محیط زیست برای جامعه می داند. ایده مدرسه سبز توسط مؤسسه آموزش محیطی پیشنهاد شد و هدف آن به وجود آوردن آموزش محیطی بود که به تدریج در بخش های مختلف مدیریت مدرسه و آموزش در کلاس درس نفوذ کرد. در سال ۲۰۰۷ نیز شورای ساختمان سبز ایالات متحده، کمپین ملی مدارس سبز را آغاز نمود (Zhao, He & Meng, 2015: 311). این رویکردهای نو در توسعه همه جانبه مدارس، پاسخی به نیازهای جهانی برای تغییر جهت مدیریت آموزش رسمی و کمک به برابری و ساخت آینده ای بهتر و پایدارتر است. دستاوردهای علمی مرتبط با توسعه پایدار، نشان می دهند که آموزش در سن پایین بسیار مؤثر است و مدارس ابتدایی نسبت به مدارس راهنمایی در ارتقای سطح توسعه پایدار موفقیت بیشتری کسب نموده اند (Scot, 2009).

مدرسه پایدار: مدرسه از اولین محیط های اجتماعی است، که انسان به آن وارد می شود و روح و شخصیتش در آن شکل می گیرد. تأثیر فضای آموزشی بر کیفیت آموزش و رفتار دانش آموزان و معلمان، سبب رابطه تنگاتنگ بین معماری و آموزش شده است. با توجه به تأثیر بسیار زیاد معماری محیط آموزشی در روح و جسم دانش آموزان، توجه به چگونگی خلق این فضا بسیار اهمیت دارد. ساختمان مدرسه پایدار بر اساس صرفه جویی در مصرف انرژی و حفاظت محیط زیست طراحی می شود. نکته قابل توجه این است که هدف این نوع مدارس تنها دستیابی به اصول زیست محیطی و مصرف کمتر منابع انرژی نیست، بلکه اهمیت آن در تأثیری است که در روحیه دانش آموزان دارد (ادوارد، ۱۳۸۹: ۱۶۵).

معماری پایدار مجموعه ای مرتبط از عواملی مشتمل بر مؤلفه های اجتماعی-فرهنگی، محیطی-اکولوژیکی و مقولات تکنیکی است؛ در واقع معماری پایدار مانند جنبش های معماری سبز، عمده توجه خود را به مسائل محیطی و اکولوژیکی و موضوعات تکنولوژی (معماری اکوتک) معطوف نمی کند، بلکه سعی دارد آن ها را با موضوعات اجتماعی و فرهنگی نیز عجین نماید (کامل نیا، ۱۳۹۴: ۷۵). در انتها، پژوهش های مرتبط با مدارس پایدار مورد بررسی قرار گرفت و مؤلفه های پایداری استخراج گردید. (جدول ۱)

¹ Brundtland Report

² UNESCO

جدول ۱: بررسی پژوهش‌های مرتبط با مؤلفه‌های پایداری در مدارس

ردیف	عنوان پژوهش	مؤلفه‌های پایداری در فضای آموزشی	منبع
۱	مدارس برای آینده: طراحی محوطه مدرسه	طراحی پایدار و مدیریت، حفاظت از محیط و ارتقای طبیعت، کار گروهی و مشارکت اجتماعی، هماهنگی با برنامه درسی.	Foster et al., 2006
۲	آموزش برای توسعه پایدار، مدارس پایدار	شاخص آموزشی، محیط زیست (آب، برق، پسماند، زمین‌های مدرسه)، اجتماعی، اقتصادی	کریمی و عنایتی، ۱۳۹۱: ۶۳-۶۴
۳	مفاهیم پایه در معماری دانشگاه	اقتصادی، زیست محیطی، اجتماعی و فرهنگی	کامل‌نیا، ۱۳۹۴: ۷۵
۴	شاخص‌های طراحی مدارس سبز با رویکرد یادگیری پایدار از محیط کالبدی	انعطاف‌پذیری کالبدی، شفافیت و دسترسی بصری در انواع سیستم‌های ساختمان، تعامل اجزاء و عملکردهای سبز ساختمان مدرسه با کاربران، دسترسی آسان به اطلاعات ساختمان، ارتباط با طبیعت، طراحی فضاهای حمایتگر فعالیتهای زیست‌محیطی، کاربرد عناصر کالبدی مدارس سبز، توجه به جامعه و تقویت نگرش جهانی	طلوع دل و تابش، ۱۳۹۶: ۹-۱۱
۵	بررسی مؤلفه‌های معماری پایدار در مدارس معاصر ایران ۱۳۸۴-۱۳۹۷	اقتصادی، زیست محیطی، اجتماعی و فرهنگی	مجتبوی، ۱۳۹۷: ۷-۱۰
۶	تبیین مؤلفه‌ها و شاخص‌های پایداری محیطی فضاهای آموزشی ایران با تأکید بر سیستم‌های ارزیابی فضاهای سبز آموزشی	کیفیت محیط داخلی، سایت، انرژی، آب، مواد و مصالح، نوآوری در طراحی، اولویت‌های منطقه‌ای	بارشادت و همکاران، ۱۳۹۸: ۱۸۸
۷	طراحی مدل مدارس پایدار در راستای توسعه شهرهای پایدار، مبتنی بر فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP)	سازمان مدرسه، آموزش، ارتباطات، دانش آموز، معلم، برنامه درسی	طایی و همکاران، ۱۳۹۸: ۱۳۴

از جمع‌بندی پژوهش‌های مرتبط با موضوع که توسط محققین مختلف انجام شده است، چهار مؤلفه کالبدی، اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی استخراج شد که به توضیح هر یک پرداخته می‌شود:

مؤلفه‌های ارتقادهنده پایداری در فضاهای آموزشی:

مؤلفه کالبدی: محیط مصنوع یا محیط معماری، بخشی از محیط کالبدی است که فضای زیستی انسان است و از مواد و مصالح با مایه‌های رنگی، بافت‌ها، روشنایی و درجات شفافیت مختلف و فضاهای بین آنها تشکیل می‌شود (لنگ، ۱۳۹۴). محیط کالبدی دارای ظرفیتهایی است که در انتقال پیام به افراد در جهت یادگیری آنها می‌تواند مؤثر واقع گردد (شمس اسفند آباد، ۱۳۹۳). رسالت یک مدرسه و بنای آن در جهت توسعه دانش و آگاهی افراد رقم خورده است (کدیور، ۱۳۹۴) و توجه به محیط کالبدی و معماری آموزنده بایستی در اولویت باشد. مدرسه پایدار به عنوان یک ابزار آموزشی این فرصت را ایجاد می‌کند تا دانش‌آموزان فرصت حضور در یک زندگی واقعی، با موضوع پایداری را داشته باشند (Gordon, 2010).

مؤلفه اجتماعی: همچنان که شدت تهدید اقدامات بشر بر علیه طبیعت و محیط‌زیست افزایش یافته است، نگرش به طراحی پایدار و نیاز به آموزش گسترده و همه جانبه افراد در ازای مسئولیتی که در برابر محیط‌زیست دارند نیز محسوس‌تر

شده است. از دیدگاه توسعه پایدار مدرسه می تواند پیوندی قوی و مؤثر با موضوعات اجتماعی-فرهنگی از طریق بالا بردن سطح آگاهی دانش آموزان نسبت به محیط زیست و نیز تقویت مهارت های آنان در کارهای گروهی به وجود آورد. طراحی مدرسه به گونه ای که امکان مشارکت و حضور جامعه، به خصوص والدین را فراهم آورد، می تواند در راستای پیوند محیط زیست با مسائل اجتماعی فرهنگی راهگشا باشد (طلایی و متولی حقیقی، ۱۳۹۴: ۱۰).

مؤلفه اقتصادی: با استفاده از انرژی های رایگان مانند نور روز، گرمای خورشید، باد، کنترل تغییرات دما با عایق کاری حرارتی مناسب، به کارگیری گیاهان، می توان هزینه های تأمین انرژی را به حداقل رساند. علاوه بر این تأثیرات مثبت روانی وجود گیاهان در فضای آموزشی و مدارس بر کسی پوشیده نیست. هزینه احداث ساختمان را می توان از طریق کم کردن فضاهای تأسیساتی موتورخانه، کاهش پیچیدگی در فضا و عناصر خدماتی، هماهنگ سازی سازه و عناصر خدماتی به حداقل رساند. هزینه های نگهداری ساختمان را نیز می توان از طریق استفاده از مصالح با دوام، تجهیزات با عمر زیاد، سیستم های کنترلی محیطی ساده و قابل اطمینان، دسترسی مناسب برای نگهداری و تعمیرات کاهش داد، زیرا در صورت بروز هرگونه مشکل در ساختمان مدرسه، در روند آموزشی مدرسه اختلال ایجاد شده و کارایی که یکی از اصول مهم پایداری است، از بین می رود (لیتکوهی و حلاجی، ۱۳۹۴: ۵).

مؤلفه زیست محیطی: اکوسیستمی که در محیط جریان دارد شامل روابط بین موجودات زنده، اعم از انسان ها، حیوانات، گیاهان، عوامل جوی و ... می باشد، که از پیدایش هستی تاکنون برقرار است. با گذشت زمان و استفاده بی رویه از سوخت های فسیلی و نیز تأثیر عواملی چون آلودگی زمین و هوا و آب در اثر تولید گازها و زباله های شیمیایی و ... این اکوسیستم دستخوش تغییراتی شده که نتیجه آن برهم خوردن نظم موجود در طبیعت و محیط طبیعی، همچون: تغییرات لایه ازن، منقرض شدن نسل بعضی از موجودات دریایی و زمینی، پدیده گرم شدن جهانی، تخریب زیستگاه های طبیعی و آلودگی هوا است. معماری به عنوان یکی از حوزه های پایداری محیط زیست با طراحی صحیح فضا، می تواند شرایط مناسب برای بهتر زیستن بشر و نیل به هدف محیط زیست پایدار را ممکن سازد (صیادی و همکاران، ۱۳۹۰: ۱۵).

در جدول شماره ۲ شاخص های مرتبط با هریک از مؤلفه های کالبدی، اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی از دیدگاه محققین استخراج شده است:

جدول ۲. شاخص های مؤلفه کالبدی، اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی معماری پایدار در مدارس از دیدگاه محققان

مؤلفه	شاخص	منبع
مؤلفه کالبدی	بهره گیری از نور روز	(بارشادت و همکاران، ۱۳۹۸: ۱۷۸)، (مجتبوی، ۱۳۹۷: ۹)، (شرفی و نخعی، ۱۳۹۴: ۸)، (نیرومند و همکاران، ۱۳۹۴: ۷).
	بهبود کیفیت هوا در محیط داخلی	(مجتبوی، ۱۳۹۷: ۹)، (نیرومند و همکاران، ۱۳۹۴: ۵).
	انعطاف پذیری کالبدی	(بارشادت و همکاران، ۱۳۹۸: ۱۷۸)، (مجتبوی، ۱۳۹۷: ۷)، (دانشجو و همکاران، ۱۳۹۸: ۴۱).
	ارتباط با عناصر طبیعی	(مجتبوی، ۱۳۹۷: ۷)، (محمدی و همکاران، ۱۳۹۵: ۷۱)، (دانشجو و همکاران، ۱۳۹۸: ۴۴)، (طلایی و متولی حقیقی، ۱۳۹۴: ۱۱)، (طلوع دل و تابش، ۱۳۹۶: ۱۱).
	انتخاب آگاهانه مواد و مصالح	(بارشادت و همکاران، ۱۳۹۸: ۱۷۸)، (دانشجو و همکاران، ۱۳۹۸: ۴۵)، (نیرومند و همکاران، ۱۳۹۴: ۶)، (مجتبوی، ۱۳۹۷: ۹)، (محمدی و همکاران، ۱۳۹۵: ۷۴)، (عظمتی و همکاران، ۱۴۰۰: ۵).

مؤلفه	شاخص	منبع
مؤلفه اجتماعی	کاهش مصرف انرژی از طریق کالبد	(بارشادت و همکاران، ۱۳۹۸: ۱۷۸)، (مجتبوی، ۱۳۹۷: ۹)، (دانشجو و همکاران، ۱۳۹۸: ۴۴)، (عظمتی و همکاران، ۱۴۰۰: ۷)، (محمدی و همکاران، ۱۳۹۵: ۷۳).
	به کارگیری عناصر پایداری	(محمدی و همکاران، ۱۳۹۵: ۷۷)، (نیرومند و همکاران، ۱۳۹۴: ۷)، (طلوع دل و تابش، ۱۳۹۶: ۱۱).
	طراحی فضا جهت حمایت از فعالیت‌های زیست محیطی	(بارشادت و همکاران، ۱۳۹۸: ۱۷۸)، (دانشجو و همکاران، ۱۳۹۸: ۴۰)، (طلوع دل و تابش، ۱۳۹۶: ۱۱)، (محمدی و همکاران، ۱۳۹۵: ۷۴).
	ارتقاء تعاملات اجتماعی	(کامل نیا، ۱۳۹۷: ۱۸۶)
مؤلفه اقتصادی	مشارکت‌پذیری	(کامل نیا، ۱۳۹۷: ۱۸۶)
	ایجاد حیات‌های یادگیری	(دانشجو و همکاران، ۱۳۹۸: ۴۵).
	گسترش فعالیت‌های داوطلبانه	(دانشجو و همکاران، ۱۳۹۸: ۴۵).
	صرفه‌جویی در هزینه مصالح مصرفی	(مجتبوی، ۱۳۹۷: ۷)، (عظمتی و همکاران، ۱۴۰۰: ۱۸).
مؤلفه زیست محیطی	کاهش هزینه‌های انرژی مصرفی	(مجتبوی، ۱۳۹۷: ۷)، (عظمتی و همکاران، ۱۴۰۰: ۱۸).
	صرفه‌جویی در مصرف منابع	(تقی‌پور رضائی و میرزا محمدی، ۱۳۹۸: ۲۴)، (دانشجو و همکاران، ۱۳۹۸: ۷).
	به حداقل رساندن هزینه‌های جاری برای انرژی	(پورعلی و همکاران، ۱۳۹۹: ۴).
	به حداکثر رساندن فضاهای قابل استفاده	(پورعلی و همکاران، ۱۳۹۹: ۴).
مؤلفه زیست محیطی	تقلیل هزینه نگهداری ساختمان	(پورعلی و همکاران، ۱۳۹۹: ۴).
	صرفه‌جویی در مصرف انرژی	(دانشجو و همکاران، ۱۳۹۸: ۴۵).
	صرفه‌جویی در مصرف آب	(بارشادت و همکاران، ۱۳۹۸: ۱۷۸)، (دانشجو و همکاران، ۱۳۹۸: ۴۵).
	بهره‌گیری از نور طبیعی	(عظمتی و همکاران، ۱۴۰۰: ۱۳).
مؤلفه زیست محیطی	بهره‌گیری از عناصر طبیعی	(مجتبوی، ۱۳۹۷: ۱۰).
	توجه به تهویه طبیعی	(مجتبوی، ۱۳۹۷: ۱۰).
	استفاده از مصالح سازگار با محیط زیست	(مجتبوی، ۱۳۹۷: ۱۰).
	طراحی بام سبز	(عظمتی و همکاران، ۱۴۰۰: ۱۸).
	توجه به محیط زیست و تقویت نگرش کاربران	(طلوع دل و تابش، ۱۳۹۶: ۱۱)، (دانشجو و همکاران، ۱۳۹۸: ۷).

پیشینه پژوهش

پیرامون اهمیت پایداری در مدارس و عوامل مؤثر بر آن، مطالب متعددی در منابع مختلف قابل مطالعه است. اما بر اساس پرسش و هدف این پژوهش، منابع مرتبط با «مؤلفه‌های مؤثر در ارتقاء پایداری» بررسی شده‌اند، که در ادامه به مهمترین آن‌ها اشاره شده است:

چوپین و همکاران^۱ (۲۰۲۱)، در مقاله‌ای با عنوان «سه نوع استراتژی آموزشی معماری (AES) در ساختمان های پایدار برای یادگیری از طریق محیط در کانادا»، به این نتیجه دست یافتند که راهبردهای آموزشی عبارتند از: الف) رویکرد برچسب‌گذاری که بر یک سری ویژگی‌های محیطی تأکید دارد، همچون برچسب‌ها یا استانداردهای معماری سبز که به عنوان مدرکی در نام گذاری ساختمان استفاده می‌شوند. ب) رویکرد تجربی که در آن ساختمان به عنوان یک ابزار یادگیری برای درک از طریق لمس تجربیات فیزیکی تعریف می‌شود. ج) روش آیکونیک که از طریق ابزارهای نمادین معماری اکولوژیکی، مانند بام سبز، دیوار سبز یا صفحات خورشیدی به عنوان ویژگی‌های قابل مشاهده مرکز یادگیری استفاده می‌شود.

لیائو و همکاران^۲ (۲۰۲۲)، در مقاله‌ای با عنوان «بررسی چارچوب معماری زیست محیطی در پردیس پایدار، نمونه موردی: دبیرستان تایوان»، به این نتیجه دست یافتند که پنج شاخص اصلی جهت دستیابی به پردیس پایدار عبارتند از: الف) استفاده کارآمد از پردیس به عنوان پایگاهی برای کاوش و ارتقای خلاقیت. ب) برای جهت گیری ساختمان‌های پردیس باید شرایط طبیعی مانند هوا، نور خورشید و میدان دید در نظر گرفته شود. جهت شمال-جنوب برای صرفه جویی در مصرف انرژی در ساختمان بهترین انتخاب است. ج) استفاده از نور طبیعی زیرا در ساختمان های سبز ورود نور طبیعی به فضای داخلی، علاوه بر صرفه‌جویی در مصرف انرژی، می‌تواند بر یادگیری دانش آموزان تأثیر مثبت بگذارد و برای سلامت چشم و بدن انسان مفید است. د) مصالح ساختمانی پایدار و ه) برنامه‌ریزی جهت کاهش تولید کربن و حفظ انرژی در ساختمان.

بارشادت و همکاران (۱۳۹۸)، در مقاله‌ای با عنوان «تبیین مؤلفه‌ها و شاخص‌های پایداری محیطی فضاهای آموزشی ایران با تأکید بر سیستم‌های ارزیابی فضاهای سبز آموزشی»، توصیه‌هایی در خصوص چگونگی بومی‌سازی شاخص‌ها و مؤلفه‌های پایداری محیطی فضاهای آموزشی تحت شرایط اقلیمی ارائه داده‌اند.

مجتبوی (۱۳۹۷)، در مقاله‌ای با عنوان «بررسی مؤلفه‌های معماری پایدار در مدارس معاصر ایران ۱۳۸۴-۱۳۹۷» به بررسی شاخص‌های پایداری در سه مؤلفه اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی در نمونه‌های منتخب از مدارس معاصر ایران پرداخته است. دانشجو و همکاران (۱۳۹۸) در مقاله‌ای با عنوان «فضاهای جمعی و حیات مدرسه کتاب سه بعدی آموزش مفاهیم توسعه پایدار» بر مبنای سه اصل طراحی پایدار، اقتصاد منابع و چرخه حیات، به ارائه راهکارهایی در زمینه طراحی منظر مدرسه بر مبنای رویکرد اکولوژیک با تأکید بر آموزش مفاهیم توسعه پایدار پرداخته‌اند.

طلوع‌دل و تابش (۱۳۹۶) در مقاله‌ای با عنوان «شاخص‌های طراحی مدارس سبز با رویکرد یادگیری پایدار از محیط کالبدی» به ارائه مؤلفه‌های مؤثر در طراحی معماری مدارس پایدار که می‌تواند محیط کالبدی مدرسه را به مثابه یک کتاب درسی سه‌بعدی، به ابزاری برای یادگیری موضوعات زیست‌محیطی و توسعه پایدار تبدیل نماید، پرداخته‌اند. از مهمترین مؤلفه‌های کالبدی می‌توان به انعطاف‌پذیری کالبدی جهت هماهنگی با شیوه‌ها و برنامه‌های گوناگون یادگیری، شفافیت و دسترسی بصری در انواع سیستم‌های ساختمان، تعامل اجزاء و عملکردهای سبز ساختمان مدرسه با کاربران، دسترسی آسان به اطلاعات ساختمان، ارتباط با طبیعت و استفاده از مصالح طبیعی، طراحی فضاهایی جهت حمایت از فعالیت‌های زیست‌محیطی، استفاده از روش‌های متعدد در هر یک از عناصر تشکیل‌دهنده مدرسه سبز و در نهایت، توجه به جامعه و تقویت نگرش جهانی اشاره نمود.

نیرومند و همکاران (۱۳۹۴) در مقاله‌ای با عنوان «مدرسه به عنوان کتاب درسی سه‌بعدی» با بررسی ۱۷ مورد از مدارس موفق جهان با رویکرد پایداری، راهکارهای طراحی مدرسه پایدار را استخراج نمودند. از ایده‌های اساسی در طراحی

¹ Chupin

² Liao

فضاهای یادگیری پایدار می‌توان به استفاده از ویژگی‌های طراحی معماری اقلیمی، استفاده از فناوری‌های جدید، استفاده از سازه‌های سبک، بام‌های سبز اشاره نمود.

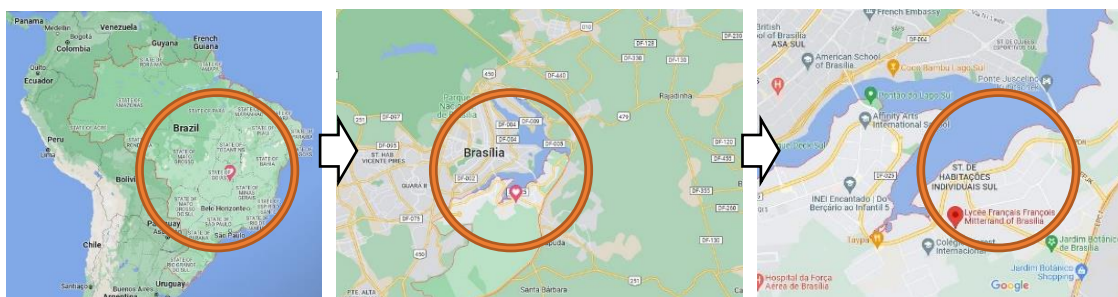
عظمتی و همکاران (۱۴۰۰) در مقاله‌ای با عنوان «بررسی تأثیر مؤلفه‌های معماری پایدار بر افزایش سطح یادگیری دانش‌آموزان در مدارس ابتدائی شهر تهران» به این نتیجه رسیدند که عوامل پایداری در مدارس می‌توانند در ارتقاء سطح و کیفیت چه در بعد آموزش و چه در ابعاد روحی و شخصیتی دانش‌آموزان تأثیر بسزایی ایفا کنند و به ارائه راهکارهایی در جهت بهبود طراحی مراکز آموزشی با رویکرد معماری پایدار پرداخته‌اند.

طلایی و متولی حقیقی (۱۳۹۴) در مقاله‌ای با عنوان «بررسی نقش حیاط مدرسه در آموزش مفاهیم توسعه پایدار» به ارائه مدل طراحی منظر مدرسه به مثابه یک مکان برای آموزش مفاهیم توسعه پایدار پرداخته‌اند. این مدل بر اساس سه اصل کاهش اثرات زیست محیطی، تعامل مفاهیم محیط زیست با لایه‌های اجتماعی و ارتقاء ارزش‌های اکولوژیک منظر مدرسه تبیین شده است.

پس از بررسی پیشینه و مبانی نظری، مؤلفه‌ها و شاخص‌های مؤثر در ارتقاء پایداری جمع‌بندی شده و در قالب جدول ارائه شده‌اند. در تحقیقات پیشین، کیفیت مؤلفه‌های کالبدی پایداری در مدارس چندان مورد توجه قرار نگرفته است، لذا رویکرد متفاوت این پژوهش، استخراج مؤلفه‌های پایداری در مدارس، ارزیابی مؤلفه‌های کالبدی در نمونه موردی منتخب و در نهایت ارائه راهکار طراحی برای هر یک از شاخص‌های مؤلفه کالبدی است.

معرفی محدوده مورد مطالعه

مدرسه فرانسوامیتران^۱ در سال ۲۰۰۹-۲۰۱۶ در برزیل با مشارکت شرکت ژان دوبوس^۲ در پاریس و خوزه لوئیس تابیت^۳ جونیور برزیلی طراحی شده است. مساحت سایت این پروژه ۱۵۰۰۰ متر مربع و زیربنا آن، حدود ۱۲۰۰۰ متر مربع است که در دو طبقه (هم کف و اول) بنا شده است. این پروژه، طرح برنده در یک مسابقه بین‌المللی معماری است و دارای حداقل معیارهای پایداری و سازگاری با محیط زیست است. این پروژه، همچنین در ششمین مسابقه معماری زیستگاه پایدار مقام دوم را در بخش ساختمان‌های سازمانی دریافت کرده است (www.archdaily.com). موقعیت قرارگیری پروژه در شکل ۲ قابل مشاهده است.



شکل ۲. محدوده مورد مطالعه و موقعیت قرارگیری مدرسه فرانسوی فرانسوا میتران در برزیل. منبع: www.googlemap.com

^۱ François Mitterrand High School

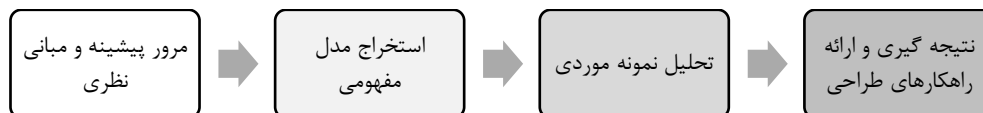
^۲ Jean Dubus

^۳ José Luiz Tabith

طراحی حجم های پر و خالی، باعث ایجاد حیاط های متنوع در ترکیب با حجم های مکعبی متعدد شده است که همزیستی با طبیعت سایت را ممکن می کند. حجم کلی از چهار مکعب با کشیدگی شمالی جنوبی برای بخش های اداری و پشتیبانی مثل کتابخانه و سالن نمایش و همچنین چهار مکعب دیگر با کشیدگی شرقی-غربی تشکیل شده، که کلاس های درس را در خود جای داده و فضاهای بین این مکعب ها توسط حیاط باغ های سایه دار اشغال شده است که امکان تهویه دائمی بین ساختمان ها را فراهم می کنند. طراحی سایه بان های مشبک متحرک برای بالکن ها و سایه بان های مشبک ثابت برای حیاط ها سبب فراهم آوردن آسایش حرارتی کاربران به صورت تهویه مطبوع طبیعی می شود. پوشش سبز پشت بام با مساحت تقریبی ۵۰۰ مترمربع نیاز به گرمایش داخلی را کاهش می دهد و همچنین بهبود قابل توجهی در عایق حرارتی و صوتی را ایجاد می کند. سقف بخشی از حجم به پنل خورشیدی مجهز است و سبب کاهش تولید کربن و کاهش مصرف انرژی می شود. به طور کلی این پروژه هماهنگ با محیط اطراف خود است و با احترام به طبیعت ساخته شده است (www.archdaily.com).

روش شناسی پژوهش

این پژوهش با هدف پیشنهاد مؤلفه های کالبدی و شاخص های طراحی پایداری مدارس، به ارائه راهکار جهت استفاده در فضاهای آموزشی می پردازد. روش تحقیق حاضر، توصیفی-تحلیلی بوده، که جهت گردآوری داده ها از مطالعات کتابخانه-ای-اسنادی بهره گرفته شده است. در گام نخست پیشینه و مبانی نظری مرتبط با موضوع و رویکرد مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته و مؤلفه های مؤثر در ارتقاء پایداری فضاهای آموزشی از دیدگاه محققین در قالب جدول ارائه شده است. (جدول شماره ۱) در گام دوم از جمع بندی پژوهش های پیشین، مدل مفهومی پژوهش استخراج شده است. در گام سوم، به بررسی و تحلیل مدل مفهومی در نمونه موردی منتخب (مدرسه فرانسو امیتران در برزیل) پرداخته شد و در نهایت در گام آخر برای هر یک از شاخص های مؤلفه کالبدی در فضای آموزشی رهنمودهایی ارائه شده است.



شکل ۳. فرایند انجام پژوهش، (منبع نگارندگان).

تحلیل یافته ها

یافته های حاصل از بررسی مبانی نظری و پیشینه تحقیق:

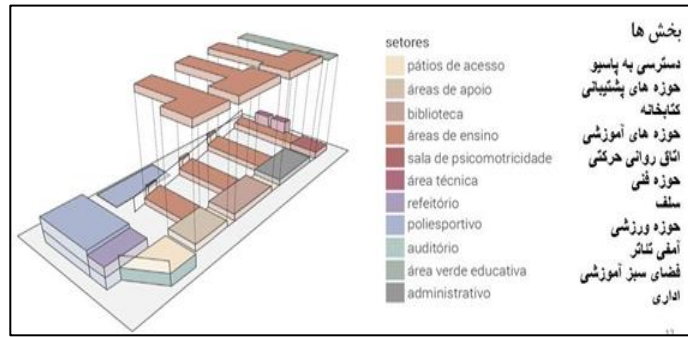
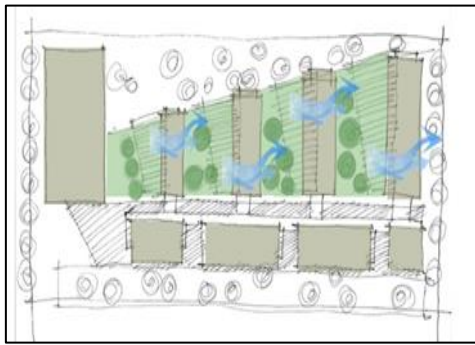
پس از بررسی پژوهش های پیشین و مبانی نظری مرتبط با موضوع، نخست مفاهیم پایداری در فضاهای آموزشی استخراج شد. مؤلفه های برآمده از مطالعات در جدول شماره یک ارائه شد که با تحلیل محتوی، چهار مؤلفه کالبدی، زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی استخراج شد. سپس با مرور متون، شاخص های مرتبط با هر کدام از مؤلفه های چهارگانه از دیدگاه محققین مورد بررسی و واکاوی قرار گرفت، که نتایج آن در قالب جدول شماره دو آمده است. در نهایت از جمع بندی موارد بالا، مدل مفهومی پژوهش، شامل مؤلفه ها و شاخص های پایداری در مدارس استخراج شد. (شکل ۴).



شکل ۴. مدل مفهومی مؤلفه‌های معماری پایدار در فضای آموزشی (منبع: نگارندگان).

یافته‌های حاصل از بررسی شاخص‌های کالبدی در نمونه موردی:

۱- بهره‌گیری از نور روز: در تعیین موقعیت و جهت کشیدگی فضاهای آموزشی، از میان تمام موضوعات مطرح شده، توجه به چگونگی تابش نور حائز اهمیت ویژه است. کیفیت و رنگ نوری که وارد فضاهای یادگیری می‌شود به جهت‌گیری و استقرار ساختمان و همچنین موقعیت قرارگیری پنجره‌ها وابسته است (محمودی، ۱۳۹۱: ۴۷). در نمونه موردی، قرارگیری مدرسه در راستای شرقی-غربی و بهره‌گیری تمامی کلاس‌ها از نور طبیعی شمالی-جنوبی، تعبیه بازو در تمامی کلاس‌ها جهت بهره‌گیری از نور طبیعی خورشید و ایجاد سایبان‌های خارجی برای تأمین روشنایی طبیعی با کیفیت بالا دیده می‌شود. (تصویر ۵).



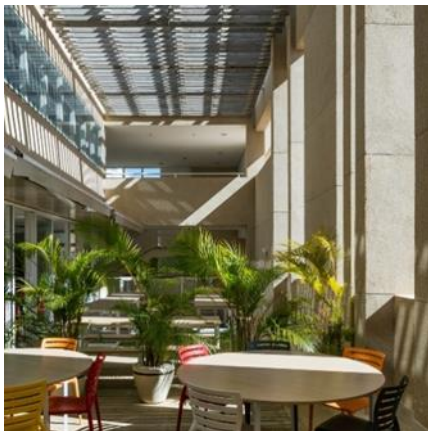
شکل ۵. کشیدگی حجم در راستای شرقی غربی. بهره گیری از نور طبیعی
(منبع: www.archdaily.com)

شکل ۶. سهولت در تهویه طبیعی بواسطه حیاطها
(منبع: نگارندگان)

۲- **بهبود کیفیت هوا در محیط داخلی:** تهویه مناسب و تأمین مستمر هوای تازه و اکسیژن باعث می شود دانش آموزان از آسایش لازم بهره مند باشند. تهویه در مدارس از طریق بازشوها و نیز تجهیزات مکانیکی صورت می گیرد. با جانمایی مناسب ساختمان می توان امکان نفوذ بادهای مطلوب را به وجود آورد و در برابر بادهای نامطلوب، مانع ایجاد کرد (محمودی، ۱۳۹۱: ۴۸). ترکیب فضاهای پر و خالی به صورت مدولار در حجم نمونه مورد مطالعه و همچنین تعبیه بازشو در ابتدا و انتهای راهروها امکان برقراری جریان هوا بین توده ها را برقرار می سازد. تهویه مطبوع در محیط داخلی از طریق تهویه طبیعی تأمین و از طریق مرطوب کننده های کامپیوتری کنترل می شوند. (تصویر شماره ۶).

۳- **ارتباط با عناصر طبیعی:** مواد طبیعی، تخیل را فعال می کنند و ارتباط با گیاهان، چوب ها و خاک باعث افزایش قدرت حل مسئله می شود (تی واندرو، ۱۳۹۴). در واقع طبیعت، در کنار الهام بخش بودن، هیجان، کنجکاوی، احساس ترس و رقابت را در کودکان بیدار می کند (خسروجردی و مکرم دوست، ۱۳۹۱). تماس با گیاهان و حیوانات، نه تنها می تواند رشد شناختی را ارتقاء بخشد، بلکه بازی های تخیلی را نیز تقویت کرده و حس هم دلی را برمی انگیزد (دیودک، ۱۳۹۴). وجود درختان و پوشش گیاهی در حیاط مدرسه، در یادگیری و انس با طبیعت، تأثیر مثبتی دارد (Bagot, et al., 2015). بنابراین می توان گفت که محیط کالبدی سرشار از عناصر طبیعی، احترام به طبیعت و محافظت از آن را به دانش آموزان یاد می دهد (طلوع دل و تابش، ۱۳۹۶: ۱۱).

در نمونه مورد بررسی، حجم به خوبی با طبیعت ترکیب شده است. در این راستا می توان به وجود فضاهای نیمه باز متعدد (پاسیوها)، بام سبز و استفاده از گیاهان متنوع در حیاطها اشاره نمود. سقف مدرسه (تقریباً ۵۰۰۰ متر مربع) توسط مواد طبیعی و فضای سبز حفاظت شده، که بهبود قابل توجهی در عایق حرارتی و صوتی ایجاد نموده و در نتیجه نیاز به گرمایش داخلی را کاهش داده است. یکی از توده های مجموعه مجهز به پنل خورشیدی است که موجب صرفه جویی در مصرف انرژی شده و عدم نیاز به استفاده از سوخت های فسیلی را به همراه دارد. (تصویر شماره ۸).



شکل ۸. فضاهای نیمه باز (پاسیو)

(منبع: www.archdaily.com)



شکل ۷. باغ بام‌های متعدد مدرسه

(منبع: www.archdaily.com)

۴- طراحی فضا جهت حمایت از فعالیت‌های زیست‌محیطی: امکانات و فضاهایی در سایت مدرسه برای پژوهش‌های زیست محیطی بایستی تعبیه شود (Barr, 2013). فضاهای گوناگونی که در آنها علاوه بر فعالیت‌های پژوهشی، تسهیلات مناسب برای حمایت از فعالیت‌های زیست‌محیطی مانند بازیافت زباله، حفاظت از انرژی و حفاظت از آب وجود داشته باشد. در واقع مدرسه به گونه‌ای طراحی شود که فضاهای آن، مشوق و تسهیل‌گر فعالیت‌های گوناگون در جهت حفاظت از محیط‌زیست و عناصر آن باشد (طلوع‌دل و تابش، ۱۳۹۶: ۱۱).

در نمونه مورد بررسی، وجود پاسیوهای متعدد و بام‌های سبز برای حمایت از فعالیت‌های زیست محیطی و کنترل انرژی مشاهده می‌شود. (تصویر شماره ۵).

۵- انتخاب آگاهانه مواد و مصالح: امروزه افزایش ساخت‌وسازهای ساختمانی موجب تولید نخاله‌های فراوان شده‌است که در حاشیه شهرها انباشته شده و یکی از آلوده‌کننده‌ترین عوامل محیط‌زیست به‌شمار می‌آید. برای تهیه مصالح جدید، انرژی زیادی صرف می‌شود. در جهت کاهش خطرات زیست‌محیطی ناشی از مصالح ساختمانی، بایستی چرخه حیات مصالح از زمان استخراج از طبیعت، تا بازگشت دوباره به طبیعت مورد بررسی قرار گیرد و انرژی مصرفی در این چرخه کاهش یابد. مزایای استفاده از مصالح بومی به مراتب بیشتر از مصالح جدید است. عدم تخریب طبیعت در برداشت، کمترین آلودگی در تولید، پایین بودن مصرف انرژی در تولید، صرفه‌جویی در انرژی حمل و نقل، کاهش مصرف انرژی در بهره‌برداری، کاهش هزینه‌های تمام‌شده و از همه مهم‌تر بازگشت سریع به طبیعت و عدم تخریب محیط‌زیست از مزایای مصالح بومی به‌شمار می‌رود (اکرمی و علیپور، ۱۳۹۵: ۱).

در روند ساخت نمونه مورد بررسی، مصالح جداره‌های مختلف با توجه به جهت‌گیری خورشید انتخاب شده‌اند. بلوک‌های فضای آموزشی در نمای جنوبی با قاب‌های شیشه‌ای پوشیده شده‌اند تا از نور جنوب بیشترین بهره را ببرند، در حالی که دیوارهای رو به شمال با جداره‌های متحرک چوبی و سایه‌بان خورشیدی محافظت می‌شوند. همچنین در نمای غربی ساختمان اصلی که رو به خیابان و پارکینگ است، از سایه‌بان خورشیدی استفاده شده است. سایه‌بان خورشیدی به طول ۷ متر نسبت به توده کنسول شده، سازه‌ای فلزی دارد و لتهایی چوبی موجب پایداری آن شده است و در محیط‌های بیرونی و داخلی سایه می‌اندازند. (تصویر شماره ۶ و ۷)



شکل ۱۰. سیستم های فناوری ساختمان
(منبع: www.archdaily.com)



شکل ۹. سازه های فلزی با لت های چوبی
(منبع: www.archdaily.com)

۶-انعطاف پذیری کالبدی: منظور از واژه انعطاف پذیری، انعطاف پذیری فضایی و ساماندهی فضای انسان ساخت و تغییر در آن برای دستیابی به شرایط، نیازها و داده های جدید است. انعطاف پذیری شامل ویژگی های چند عملکردی معماری، تغییرپذیری در فضاهای داخلی و گسترش پذیری بیرونی است که هرکدام از این مفاهیم به تنهایی نمی توانند جایگزین مفهوم انعطاف پذیری شوند. در مدارس پایدار با کالبد آموزنده، انعطاف پذیری، مقدمه لازم برای آموزش پایداری به کمک محیط کالبدی می باشد (طلوع دل و تابش، ۱۳۹۶: ۱۰).

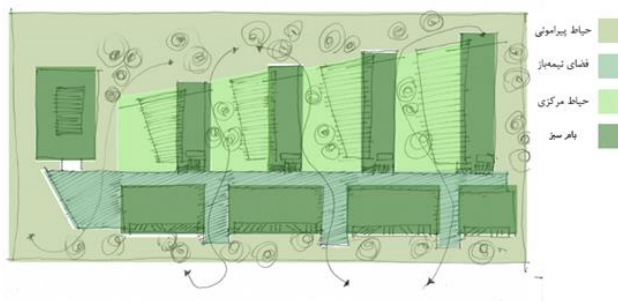
در نمونه مورد بررسی، سیستم های فن آوری ساختمان در انتهای هر بلوک قرار گرفته اند و جداره آن با پوشش های دیواری گچی چند لایه کاور شده اند. این سیستم ها وقتی با ساختار محیطی فضاها ترکیب می شوند، امکان انعطاف پذیری فضاهای داخلی را فراهم می کنند. (تصویر ۷) این پروژه به طور هماهنگ با محیط اطراف ادغام می شود و به کاربران اجازه می دهد مناظر خارجی همیشه در حال تغییر را مشاهده کنند و ضمن بهره گیری از نور خورشید از مشاهده مناطق سبز لذت ببرند. توجه به بیوفیلی^۱ (هم حسی با طبیعت) در فضای آموزشی انگیزه را افزایش می دهد، حالت و عملکرد کاربران را بهبود می بخشد و یادگیری آن ها را تنها به تجربه کلاس درس سنتی محدود نمی کند.

۷-کاهش مصرف انرژی از طریق کالبد: در طراحی فضای آموزشی، طراح معمار باید علاوه بر تلاش در صرفه جویی مصرف انرژی بتواند آلودگی های زیست محیطی را به حداقل ممکن برساند و همچنین به رویکرد آموزشی فضا، توجه ویژه ای داشته باشد. کاهش ضایعات و بازیافت آن، کاهش مصرف آب، استفاده از تجهیزات برقی و مکانیکی پربازده، استفاده از مصالح بومی و قابل بازیافت، از جمله مواردی است که معماری پایدار به آن توجه دارد (بهرامی، ۱۳۹۴). ترکیب حجم با حیاط های متنوع، می تواند دسترسی به نور روز را افزایش داده و مصرف انرژی را از طریق تهویه به کمک اثر دودکشی کاهش دهد (عظمتی و همکاران، ۱۴۰۰: ۴).

بام های سبز از مهم ترین دستاوردهای شهرسازی برای کاهش آلودگی و دمای هوا در شهرهای بزرگ محسوب می شود (ادوارد، ۱۳۸۹).

در نمونه موردی حیاط های متعدد در میان توده ها موجب بهبود روند تهویه طبیعی و بهره گیری بیشتر از نور طبیعی شده است. بام های سبز به عنوان عایق حرارتی و صوتی عمل نموده، نیاز به گرمایش و سرمایش را کاهش داده و موجب صرفه جویی در مصرف انرژی شده است. (تصویر شماره ۸)

¹ biophilia



شکل ۱۲. صفحات فتوولتائیک

(منبع: www.archdaily.com)



شکل ۱۱. حیاط‌ها، فضاهای نیمه‌باز و بام سبز

(منبع: www.archdaily.com)

۸- به کارگیری عناصر پایداری: برای تأمین انرژی‌های پاک و سایر موضوعات مرتبط با پایداری مدرسه، بهتر است از شیوه‌های متعدد استفاده شود. مثلاً استفاده از انواع پنل‌ها و یا صفحات فتوولتائیک در فرم‌ها، انواع و ساختارهای متفاوت و در فضاهای گوناگون و همچنین انواع آبگرمکن‌های خورشیدی، آینه‌های تجمع انرژی خورشیدی، اجاق خورشیدی و سایر روش‌های استفاده از انرژی خورشید (Schiller, 2012) یا جمع‌آوری کردن آب باران و استفاده از آن برای آبیاری گیاهان (کامل‌نیا، ۱۳۹۷: ۱۹۱) تأثیر بیشتری نسبت به بهره‌گیری از تنها یک نوع روش دارد. زیرا آموزش در زمینه‌های مختلف در این رابطه شکل می‌گیرد (Schiller, 2012). جهت تولید برق و آب گرم، می‌توان از انرژی‌های تجدیدپذیر مانند پمپ‌های حرارتی زمین‌گرمایی و پنل‌های خورشیدی استفاده نمود (ادوارد، ۱۳۸۹). در مدرسه فرانسوا میتران، صفحات فتوولتائیک سبب تبدیل نور خورشید به انرژی الکتریکی شده و استفاده از سوخت‌های فسیلی را کاهش می‌دهد (تصویر ۹).

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

با توجه به شرایط زیست محیطی در عصر حاضر، ایجاد نگرش توسعه پایدار و آموزش ابعاد زیست‌محیطی به دانش‌آموزان، از مهمترین اهداف آموزش و پرورش محسوب می‌شود. در این راستا، دانش‌آموزان با ابعاد متفاوت پایداری آشنا شده و نحوه پیوند، احترام و حفظ و نگهداری طبیعت را فرا می‌گیرند. طراحی کالبد مدرسه با توجه به اصول توسعه پایدار، از موارد تأثیرگذار در ارتقاء آگاهی دانش‌آموزان است که موجب انتقال مستقیم و غیر مستقیم مفاهیم پایداری و آموزش ابعاد مختلف زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی توسعه پایدار به دانش‌آموزان می‌شود. با توجه به ضرورت رعایت اصول توسعه پایدار، مدارس به عنوان ساختمان‌های دولتی و عمومی می‌توانند در این زمینه پیشرو بوده و نقش مهمی در توسعه فرایند پایداری داشته باشند.

نتایج حاصل از مطالعات نشان می‌دهد، مؤلفه‌های پایداری در مدارس شامل مؤلفه‌های کالبدی، زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی می‌باشد. در این بین، مؤلفه‌های کالبدی می‌توانند یک مدرسه را به یک ابزار آموزشی برای مسائل زیست‌محیطی تبدیل نمایند و این فرصت را ایجاد کنند که دانش‌آموزان در یک زندگی واقعی با موضوع پایداری روبرو شوند، در معرض موضوعات عینی قرار گرفته و حس عمیق‌تری نسبت به موضوع پیدا کنند. شاخص‌های مؤلفه کالبدی شامل بهره‌گیری از نور روز، بهبود کیفیت هوا در محیط داخلی، ارتباط با عناصر طبیعی، طراحی فضا جهت حمایت از

فعالیت زیست محیطی، انتخاب آگاهانه مواد و مصالح، انعطاف پذیری کالبدی، کاهش مصرف انرژی از طریق کالبد و به کارگیری عناصر پایداری بوده و هر کدام نقش مؤثری در ارتقاء سطح پایداری دارند.

تحلیل شاخص های پایداری در نمونه موردی نشان می دهد به کلیه شاخص های کالبدی توجه شده است. در ارتباط با بهره گیری از نور روز، عدم متمرکز بودن حجم و تقسیم آن به مدول های خطی، کشیدگی شرقی غربی مدول ها، وجود نورگیرهای سقفی در فضاهای نیمه باز و پنجره های گسترده کف تا سقف باعث شده تا فضاها به خوبی از نور روز بهره ببرند. در ارتباط با بهبود کیفیت هوا در محیط داخلی می توان به ترکیب متداخل توده و فضا و وجود حیاط های متنوع اشاره نمود که به روند تهویه طبیعی فضاها کمک شایانی می کند. در رابطه با ارتباط با عناصر طبیعی، می توان به کشاندن طبیعت به داخل پروژه از طریق ایجاد فضاهای نیمه باز متنوع و متعدد (پاسیوها)، بام های سبز و استفاده از گیاهان متنوع در حیاط ها اشاره نمود. حمایت از فعالیت زیست محیطی در نمونه مورد بررسی از طریق حضور دانش آموزان در فضاهای باز و نیمه باز (حیاط ها، پاسیوها و بام های سبز) که مشوق و تسهیل گر فعالیت های گوناگون در جهت حفاظت از محیط زیست هستند، فراهم می گردد. مواد و مصالح به کار رفته در کالبد مدرسه فرانسوا میتران، غالباً بومی و دوستدار محیط زیست بوده و از متریال شیشه نیز جهت بهره گیری مناسب از نور طبیعی و افزایش دید و منظر، همراه با سایبان های چوبی جهت کنترل زاویه تابش خورشید به وفور استفاده شده است. انعطاف پذیری در نمونه موردی از طریق سیستم های فناورانه ایجاد می شود که از طریق ترکیب فضای داخل با محیط اطراف، همحسی با طبیعت را ارتقاء می بخشد. علاوه بر این بام های سبز به عنوان بخشی از کالبد بنا در نمونه مورد بررسی به عنوان عایق حرارتی و صوتی عمل نموده، نیاز به گرمایش و سرمایش را کاهش داده و موجب صرفه جویی در مصرف انرژی شده است. صفحات فتوولتائیک در مدرسه فرانسوا میتران، به عنوان یک عنصر پایداری سبب تبدیل نور خورشید به انرژی الکتریکی می شود.

در پایان می توان اذعان نمود، توسعه پایدار، زمانی به دست می آید که تمام ابعاد کالبدی، زیست محیطی، اجتماعی و اقتصادی به طور همزمان رشد نمایند. با توجه به آنچه گفته شد، طراحی فضاهای آموزشی یکی از مهمترین و مؤثرترین این بخش ها به شمار می آید. در این جستار بر مبنای شاخص های مؤلفه کالبدی، راهکارهای عملی در زمینه طراحی مدرسه بر مبنای پایداری ارائه شده است. (جدول ۳)

جدول ۳: راهکارها و پیشنهادات طراحی کالبدی مدرسه بر مبنای توسعه پایدار

شاخص‌های مؤلفه کالبدی	راهکار
بهره‌گیری از نور روز	کنترل تابش خیره‌کننده، دستیابی کافی به نور روز، تعبیه بازشو در همه کلاس‌ها، توده مدرسه کشیدگی شرقی غربی داشته باشد، کنترل نور با استفاده از صفحات خارجی و موانع عبور نور.
بهبود کیفیت هوا در محیط داخلی	ایجاد فضای پر و خالی به صورت مدولار، طراحی آتریوم جهت افزایش جریان هوا.
ارتباط با عناصر طبیعی	ایجاد فضاهای باز میان توده‌ها (حیاط مرکزی)، طراحی بام سبز، بهره‌گیری از عنصر طبیعی آب در محوطه (حوضچه و جوی)، طراحی فضا جهت حضور حیوانات اهلی و خانگی، افزایش حداکثری فضای سبز در محوطه، خلق فضاهای آموزشی متنوع در فضای باز، استفاده از مصالح طبیعی مانند چوب، استفاده از فضاهای میان شیشه‌ای و گلخانه در فضای داخل.
طراحی فضا جهت حمایت از فعالیت زیست محیطی	مدیریت پسماند حاصل از ساخت و ساز، جمع‌آوری، انبار و استفاده مجدد مواد از مصالح قابل بازیافت، تبدیل مانده غذا به کود.
ورده انتخاب آگاهانه مواد و مصالح	استفاده از مصالح با انتشار کم آلاینده، استفاده از مصالح و محصولات محلی و بوم‌آورد، استفاده از مصالح بومی ارزان، استفاده از مصالح قابل بازیافت، استفاده از مصالح هوشمند.
انعطاف‌پذیری کالبدی	استفاده مشترک از امکانات، وجود فضاهای چندمنظوره.
کاهش مصرف انرژی از طریق کالبد	کنترل‌پذیری سیستم نورپردازی مصنوعی، عملکرد بهینه سیستم‌های آسایش حرارتی، فشرده‌گی پلان، وجود پیلوت وسیع و ایجاد سایه، جهت‌گیری مناسب ساختمان، استفاده از تجهیزات کم‌مصرف، استفاده از مواد و مصالح تجدیدپذیر، صرف‌جویی در مصرف آب، جمع‌آوری آب‌های سطحی، استفاده از پنجره‌های سه جداره.
به‌کارگیری عناصر پایداری	استفاده از صفحات فتوولتاییک، آبگرم‌کن‌های خورشیدی، آینه‌های تجمع انرژی خورشیدی، اجاق خورشیدی، قرار دادن سطوح‌های زباله و ویژه بازیافت، ایجاد روشنایی با استفاده از حس‌گرهای سلول‌های نوری، استفاده از بادگیر، استفاده از آسیاب بادی.

منبع: نگارندگان.

منابع و مأخذ

- ادواردز، برایان. (۱۳۸۹). *رهنمون‌هایی به سوی معماری پایدار*. مترجم: ایرج شهروز تهرانی، نشر دایره دانش.
- ادواردز، برایان. (۱۳۸۶). *معماری دانشگاه*. مترجم: حمیدرضا عظمتی و محمد باقری، تهران: انتشارات هنر و معماری.
- اکرمی، غلامرضا و علیپور، لیلا. (۱۳۹۵). نقش مصالح بومی در معماری پایدار از دیدگاه زیست محیطی، مسکن و محیط روستا دوره ۳۵، شماره ۱۵۶، ۴۷-۲۹.
- بارشادت، نگین؛ شعاعی، حمیدرضا و رضوانی، علیرضا. (۱۳۹۸). تبیین مؤلفه‌ها و شاخص‌های پایداری محیطی فضاهای آموزشی ایران با تأکید بر سیستم‌های ارزیابی فضاهای سبز آموزشی. *محیط شناسی*، دوره ۴۵، شماره ۱، ۱۹۲-۱۷۱.
- بهرامی، طلحه. (۱۳۹۴). معماری و محیط زیست، دومین کنفرانس بین‌المللی پژوهش‌های نوین در عمران، معماری و شهرسازی، استانبول، ترکیه.
- پالمر، جوی. (۱۳۸۳). *آموزش محیط زیست در قرن بیست و یکم*، ترجمه: علی محمد خورشید دوست. تهران: سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت).

- تی، فرانسیس و اندرو، مک. (۱۳۹۴). *روانشناسی محیطی*، ترجمه: غلامرضا محمودی. تهران: نشر وانا.
- خسروجردی، نرجس و مکرم دوست، حبیبه. (۱۳۹۱). *تأملی بر الفبای طراحی در فضاهای آموزشی*. تهران: انتشارات طحان.
- دانشجو، خسرو؛ متولی حقیقی، هادی و طلایی، مریم. (۱۳۹۸). فضاهای جمعی و حیاط مدرسه کتاب سه بعدی آموزش مفاهیم توسعه پایدار. *مجله منظر*. ۱۱ (۴۹). ۳۸-۴۷.
- دیودک، مارک. (۱۳۹۴). *راهنمای طراحی مدارس و مهدکودک‌ها*. مترجم: مریم شوریده. تهران: انتشارات اول و آخر.
- شرفی، رضوان و نخعی، جلال. (۱۳۹۴). نقش برنامه ریزی در طراحی فضاهای آموزشی مدارس با رویکرد معماری پایدار. *دومین کنگره علمی پژوهشی/افق‌های نوین در حوزه مهندسی عمران، معماری، فرهنگ و مدیریت شهری ایران*. شمس اسفندآباد، حسن. (۱۳۹۳). *روانشناسی محیط*. تهران: انتشارات سمت.
- صیادی، سید احسان؛ مداحی، سید مهدی و محمدپور، علی. (۱۳۹۰). *معماری پایدار*، انتشارات لوتس.
- طاهرطلوع دل، محمدصادق و تابش، محمد. (۱۳۹۶). شاخص‌های طراحی مدارس سبز با رویکرد یادگیری پایدار از محیط کالبدی. *سومین همایش ملی مدیریت بحران، ایمنی، بهداشت، محیط زیست و توسعه پایدار*. طایی، هدی، شبیری، سیدمحمد، حاتمی، جواد، لاریجانی، مریم. (۱۳۹۸). طراحی مدل مدارس پایدار در راستای توسعه شهرهای پایدار مبتنی بر فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP). *فصلنامه علمی آموزش محیط زیست و توسعه پایدار*، ۸ (۲)، ۱۲۱-۱۳۶.
- طلایی، مریم و متولی حقیقی، هادی. (۱۳۹۴). بررسی نقش حیاط مدرسه در آموزش مفاهیم توسعه پایدار. *سومین کنگره بین المللی عمران، معماری و توسعه شهری*.
- عظمتی، حمیدرضا و باقری، محمد. (۱۳۸۷). آموزش مفاهیم توسعه پایدار با طراحی معماری و منظر دانشگاه. *فناوری و آموزش*. سال دوم. جلد ۲. شماره ۳. ۲۹۲-۲۸۳.
- فیضی، محسن. (۱۳۸۹). *تدوین ضوابط و معیارهای طراحی منظر محوطه باز مدارس ابتدایی*. مبانی نظری و مطالعات پایه، تهران: سازمان نوسازی و توسعه و تجهیز مدارس.
- کامل نیا، حامد. (۱۳۹۷). *دستور زبان طراحی محیط های یادگیری (مفاهیم و تجربه ها)*. تهران: انتشارات هم‌پا.
- کامل نیا، حامد. (۱۳۹۴). *مفاهیم پایه در معماری دانشگاه*. مشهد: انتشارات دانشگاه فردوسی.
- کدیور، پروین. (۱۳۹۴). *روانشناسی یادگیری از نظریه تا عمل*. تهران: انتشارات سمت.
- گلابچی، محمود. (۱۳۹۲). *مبانی طراحی ساختمان های بلند*. دانشگاه تهران.
- لنگ، جان. (۱۳۹۴). *آفرینش نظریه معماری (نقش علوم رفتاری در طراحی محیط)*. مترجم: علیرضا عینی‌فر. تهران: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.
- لیتکوهی، ساناز و حلاجی، الناز. (۱۳۹۴). بررسی جایگاه معماری پایدار در طراحی فضاهای آموزشی. *کنفرانس علمی مهندسی معماری عمران و توسعه شهری*.
- محمدی، مهدی؛ نظری، الناز و فریدونی، فائزه. (۱۳۹۵). ارائه مدل بهینه معماری مدارس کشور ایران با رویکرد توسعه پایدار. *اولین همایش ملی رویکردهای نوین در برنامه ریزی و توسعه پایدار منطقه‌ای، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت*.
- محمودی، محمد مهدی. (۱۳۹۱). *طراحی فضاهای آموزشی با رویکرد انعطاف پذیری*. انتشارات دانشگاه تهران.
- معمار، ثریا. (۱۳۹۴). *توسعه پایدار محله‌ای*. تهران: انتشارات جامعه‌شناسان.

می‌بودی، حسین. (۱۳۹۶). ارائه الگوی ارزیابی مدارس سبز ایران با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره فازی، پایان‌نامه درجه دکترا، تخصصی رشته مدیریت محیط‌زیست، دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران.

Bagot, K. L., Allen, F. C. L., & Toukhsati, S. (2015). Perceived restorativeness of children's school playground environments: Nature, playground features and play period experiences. *Journal of environmental psychology*, 41, 1-9.

Barr, S. (2013). Buildings as teaching tools: CEFPI. Connecting curriculum, culture, and the physical environment

Chupin, J. P., Hazbei, M., & Pelchat, K. A. (2021). Three Types of Architectural Educational Strategies (AES) in Sustainable Buildings for Learning Environments in Canada. *Sustainability*, 13(15), 8166.

Dunk, J. (2021). Psychology as if the whole earth mattered: Nuclear threat, environmental crisis, and the emergence of planetary psychology. *Hist. Psychol*, 25, 97–120.

Emmanuel, A.; Nicholas, A. (2018). What is extracted from earth is gold: Are rare earths telling a new tale to economic growth? *J. Econ. Stud*, 45, 177–192.

Foster, A., Percival, S., Chillman, B., Jackson, M., Mountain, J., Burn, G. Martin, P., Walters, G. & Robinso, F. (2006). School for the future, designng schoo grounds, TSO (the stationary Office) publication.

Gordon, D. E. (2010). Green Schools as High Performance Learning Facilities. *National Clearinghouse for Educational Facilities*.

Henderson, K., & Tilbury, D. (2004). Whole-school approaches to sustainability: An international review of sustainable school programs. *Australian Research Institute in Education for Sustainability: Australian Government*.

Jackson, L., Birney, A., Edwards, D., Gayford, C., Mehta, P., Morgan, A, & Riley, K. (2007). Leading sustainable schools: What the research tells us. *Nottingham: NCSL*.

Liao, C. W., Lin, J. H., & Chen, T. W. (2022). Research on a Framework for Sustainable Campus Eco-Architecture Selection: Taking a Taiwan High School as an Example. *Sustainability*, 14(10), 6265.

Luca, M.; Laura, P.; Marija, C.; Luca, C. (2021). Consumer appreciation of a shark-free eco-label for small pelagics. *Br. Food J*, 123, 88–104.

MacDiarmid, A. (2014). Guide for Sustainable Schools in Manitoba. *International Institute for Sustainable Development (IISD)*

Newberry, P.; Harper, P.; Morgan, T. (2021). Understanding the Market for Eco Self-Build Community Housing. *Sustainability*, 13, 11823.

Schiller, C. (2012). Buildings as teaching tools: a case study analysis to determine best practices that teach environmental sustainability.

Scott, W. (2009). Judging the effectiveness of a sustainable school: A brief exploration of issues. *Journal of education for sustainable development*, 3(1), 33-39.

Tascı, B. G. (2015). “Sustainability” Education by Sustainable School Design. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 186, 868-873.

Tiwari, S.; Dambhare, A.; Tripathi, R. (2020). Eco-Friendly Practices in Star Category Hotels of Lucknow: An Exploratory Study. *AVAHAN J. Hosp. Tour*, 8, 9–16.

Velsey, K. (2020). Eco-friendly expense: The high cost of earth-friendly practices and the proliferation of plastic are added hurdles for reopening restaurants. *Crain's N. Y. Bus*, 36, 3.

Zhao, D. X., He, B. J., & Meng, F. Q. (2015). The green school project: A means of speeding up sustainable development?, *Geoforum*, 65, 310-313.