پایداری در فضاهای آموزشی با بهره‌وری از نور خورشید در ایران

هانیه اسماعیلی *: دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه معماری، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران.
hanaes377@gmail.com
مرضیه آزاد ارمکی: دانشیار گروه معماری، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران.
azadarmaki@sru.ac.ir
جمادالدین مهدی نژاد: استاد گروه معماری، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران.
mahdinejad@sru.ac.ir

چکیده

رشد سریع استفاده از انرژی در جهان، نگرانی‌هایی را در مورد تمام شدن منابع انرژی و تاثیرات زیان‌بار آنها بر محیط زیست مثل تخریب لایه‌ی اوزون، گرم شدن کره‌ی زمین و تغییرات آب و هوا ایجاد کرده است. با توجه به اینکه بناهای آموزشی ده درصد از مصارف انرژی در بخش ساختمان را به خود اختصاص می‌دهند و با عنایت به اینکه معماری پایدار علاوه بر توجه به منابع محیطی، ابعاد انسان‌مدارانه و ارتقاء کیفیت زندگی را نیز مورد توجه قرار می دهد، لذا توسعه پایدار می تواند یکی از معیارهای اثربخش در طراحی فضاهای آموزشی چون مدرسه بوده و علاوه بر صرفه‌جویی در منابع محیطی، سبب ارتقای قابلیت‌های چنین فضاهایی شود. در این میان استفاده‌ی بهینه از نور روز و بهره‌گیری از انرژی خورشید در فضاهای آموزشی در همان مراحل اولیه‌ی طراحی می تواند نیل به پایداری و اصول آن را تسهیل نماید. با توجه به مباحث فوق، رویکرد این مقاله استخراج اصول طراحی فضاهای آموزشی از لحاظ مسائل پایداری می‌باشد که به ارائه احکام طراحی فضاهای آموزشی با رویکرد تامین نور روز مناسب و بهره‌وری از انرژی خورشید کمک خواهد کرد. روند پیشبرد تحقیق، با تکیه بر مطالعات کتابخانه‌ای و میدانی انجام شده است. در بخش مبانی نظری از شیوه‌های تحلیلی-توصیفی و بخش طراحی معماری از شیوه مطالعات میدانی و پیمایشی بهره گرفته شده است. روش تحقیق داده بنیاد است و به تجزیه‌وتحلیل و تلفیق اطلاعات پرداخته است. بر اساس کدگذاری محوری، اختصاصی یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد روشنایی، گرمایش، آسایش بصری و سلامت جسمی- روانی به یکدیگر وابسته‌اند. بهره گیری از نور روز، علاوه بر روشنایی، سبب دریافت گرما شده و همچنین آسایش بصری، جسمی و روانی کاربران را به دنبال دارد. برای بهره گیری از نور روز و فواید آن در فضاهای آموزشی می‌بایست به ساختار کالبدی مدارس، جهت گیری و موقعیت قرارگیری سطوح شیشه‌ای توجه ویژه شود.

واژه‌های کلیدی: پایداری، نور خورشید، فضاهای آموزشی، مدارس.

مقدمه

برنامه ریزی برای استفاده کارآمد از نور طبیعی و برقراری شرایط آسایش بصری برای کاربران فضاهای مذکور، از مواردی است که لازم است مورد توجه قرار گیرد برای ارزیابی دو عامل مهم تر مؤثر بر آسایش بصری مرتبط با نور روز، یعنی کافی بودن مقدار نور دریافتی و عدم وقوع خیرگی آزاردهنده از شاخصهایی استفاده میشود که نماینده چند متغیر همگن با ارزشهای مختلف بوده و پس از ترکیب در نهایت در قالب یک محدوده یا ارزش بیان میشوند و کیفیت روشنایی محیط را تعیین میک کنند. شاخصهای نورسنجی از نظر محدوده زمانی مورد ارزیابی و در نظر گرفتن شرایط آسمان به دو گروه استاتیک و دینامیک تقسیم بندی میشوند ارزیابی انجام گرفته توسط شاخصهای استاتیک تنها برای یک برهه زمانی کوتاه بوده و محاسبات برای یک وضعیت ثابت انجام میگیرد اما شاخصهای دینامیک با در نظر گرفتن پارامترهای طراحی اقلیم و تغییرات وضعیت آسمان و به تبع آن تغییرات روشنایی بر اساس داده های هواشناسی شرایط نوری فضا و آسایش بصری کاربران را در طول یک سال ارزیابی می کنند و نتایج جامع تری را ارائه میدهند شاخصهای دینامیک به کمک مدل سازی نور روز مبتنی بر اقلیم و شبیه سازی قابل محاسبه اند؛ بدین صورت که با مشخص کردن مواردی از قبیل هندسه و فرم فضاء ویژگیهای مصالح و منابع نوری خورشید و (آسمان به عنوان دادههای ورودی برای نرم افزار، شبکه ای از حسگرها در ارتفاع معینی عموما در ارتفاع سطح کار تعیین میشود و به کمک دادههای روشنایی به دست آمده در محل هر یک از این حسگرها شاخصهای مربوط محاسبه میشوند برای پیش بینی میزان رضایت کاربر از شرایط نوری لازم است تا برای شاخصهای مذکور مقادیری به عنوان مبنا تعیین شود تا قضاوت درباره کافی نبودن مناسب بودن و یا زیاده از حد بودن نور در نقاط مختلف فضای مورد بررسی امکان پذیر شود .هدف تمامی نظام‌های آموزشی، برپا کردن مدارس خوب و باکیفیت است تا بدین طریق کاربران را به کنشگرانی در حال رشد و کاوشگر تبدیل کند. اگرچه فن تعلیم و تربیت در کشور ما نیز در جهت رشد آموزش و پرورش کوشیده است؛ اما معماری مدارس ما نتوانسته است متناسب با ضروریات آموزشی، فرهنگی و فناوری تغییر کند. امروزه ترکیب‌بندی فضاهای آموزشی در حال از سر گذراندن انقلابی دائمی است اما در بسیاری از مراکز آموزشی در ایران، هنوز مدارس، متشکل از راهروهای سنتی با کلاس‌هایی در دو طرف آن هستند و حتی در برخی موارد فضاهایی کوچک و بسته بدون کیفیت معماری و بدون استاندارد فضای آموزشی، عهده‌دار مکان آموزش کودکان هستند. بر اساس آمار موجود مصرف انرژی در ایران بیش از پنج برابر رشد مصرف انرژی در جهان است. پس شکی نیست که بهینه‌سازی مصرف انرژی کمکی بزرگ به رشد و توسعه کشور می‌کند.

در این بین نگرش به رویکرد معماری پایدار در فضای آموزشی از جمله مدارس از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است زیرا علاوه بر رعایت نکات اساسی ساختمان‌های سبز و صرفه‌جویی در مصرف انرژی، وجود چنین مدرسه‌هایی، ابزار آموزشی را برای آموزش شیوه‌های پایدار به دانش‌آموزان فراهم می‌کند. علاوه بر آن مساله تامین نور طبیعی به عنوان یکی از منابع انرژی تجدیدپذیر و بهره‌بری مناسب از آن می‌تواند بر کاهش گاز دی‌اکسیدکربن تاثیرگذار باشد (کریمی، ۱۳۹۵). با اشاره به اینکه فضاهای آموزشی سهم بسیار زیادی از مصرف انرژی را به خود اختصاص می‌دهند یکی از راه‌های تامین انرژی مدرسه‌ها، استفاده از منابع تجدیدپذیر مانند نور طبیعی روز در بحث روشنایی و گرمایش است و باید به آسایش حرارتی و بصری که از مهم‌ترین عوامل در طراحی فضای آموزشی است توجه داشت (خانی، ۱۳۹۹). در این مقاله سعی شده با مطالعه پنج نمونه موردی خارجی و سیر معماری مدارس ایران و بهره‌گیری از نور روز، زیربنا و شالوده طراحی پایدار مدارس بنا گردد.

پیشینه تحقیق

تأمین آسایش کاربر در فضای داخلی ساختمان دارای جنبه های مختلفی است که از مهمترین آنها میتوان به آسایش بصری اشاره کرد فراهم کردن شرایط نوری به گونه ای که آسایش بصری کاربران تأمین شود و پیامهای دیداری به وضوح از محیط دریافت شوند متأثر از عوامل مختلفی است که مقدار نور و نحوه توزیع آن، انعکاسهای آزاردهنده درجه خیرگی و دمای رنگ نور از جمله آنهاست (۲۰۱۶ Garreton, Rodriguez, and Pattini) طبق نتایج تحقیقات استفاده صحیح از نور روز در فضاهای آموزشی سبب ارتقای سطح سلامت جسمی و روحی دانش آموزان افزایش تمرکز و کیفیت یادگیری و به طور کلی بهبود کارایی آنان میشود (۲۰۰۳ Heschong Mahone Group) در میان انواع فضاهای آموزشی تأمین آسایش بصری در آتلیه های طراحی معماری به سبب نیازهای نوری ویژه فعالیتهای متنوع دانشجویان کار) با قلم و کاغذ کار با رایانه ... طولانی بودن مدت زمان حضور کاربران و همچنین گسترده بودن طیف سنی آنان اساتید و دانشجویان در این گونه فضاها اهمیت بیشتری داشته و دشوارتر است (Spada ۲۰۱۱Bellia, Musto, and) از این رو برنامه ریزی برای استفاده کارآمد از نور طبیعی و برقراری شرایط آسایش بصری برای کاربران فضاهای مذکور، از مواردی است که لازم است مورد توجه قرار گیرد برای ارزیابی دو عامل مهم تر مؤثر بر آسایش بصری مرتبط با نور روز، یعنی کافی بودن مقدار نور دریافتی و عدم وقوع خیرگی آزاردهنده از شاخصهایی استفاده میشود که نماینده چند متغیر همگن با ارزشهای مختلف بوده و پس از ترکیب در نهایت در قالب یک محدوده یا ارزش بیان میشوند و کیفیت روشنایی محیط را تعیین میک کنند. شاخصهای نورسنجی از نظر محدوده زمانی مورد ارزیابی و در نظر گرفتن شرایط آسمان به دو گروه استاتیک و دینامیک تقسیم بندی میشوند ارزیابی انجام گرفته توسط شاخصهای استاتیک تنها برای یک برهه زمانی کوتاه بوده و محاسبات برای یک وضعیت ثابت انجام میگیرد اما شاخصهای دینامیک با در نظر گرفتن پارامترهای طراحی اقلیم و تغییرات وضعیت آسمان و به تبع آن تغییرات روشنایی بر اساس داده های هواشناسی شرایط نوری فضا و آسایش بصری کاربران را در طول یک سال ارزیابی می کنند و نتایج جامع تری را ارائه میدهند (Reinhart, Mardaljevic, and Rogers ۲۰۱۶) شاخصهای دینامیک به کمک مدل سازی نور روز مبتنی بر اقلیم و شبیه سازی قابل محاسبه اند؛ بدین صورت که با مشخص کردن مواردی از قبیل هندسه و فرم فضاء ویژگیهای مصالح و منابع نوری خورشید و (آسمان به عنوان دادههای ورودی برای نرم افزار، شبکه ای از حسگرها در ارتفاع معینی عموما در ارتفاع سطح کار تعیین میشود و به کمک دادههای روشنایی به دست آمده در محل هر یک از این حسگرها شاخصهای مربوط محاسبه میشوند برای پیش بینی میزان رضایت کاربر از شرایط نوری لازم است تا برای شاخصهای مذکور مقادیری به عنوان مبنا تعیین شود تا قضاوت درباره کافی نبودن مناسب بودن و یا زیاده از حد بودن نور در نقاط مختلف فضای مورد بررسی امکان پذیر شود (Reinhart and Weissman ۲۰۱۲)

در میان تحقیقات مرتبط با موضوع آسایش بصری انجام گرفته در سالهای ۱۹۴۹ تا ۲۰۱۸، در سالهای اخیر تعدادی از تحقیقات به کمک مقایسه ارزیابیهای حاصل از روش میدانی و شبیه سازی رایانه ای به اعتبار سنجی این شاخصها از نظر هماهنگی با نظریات کاربران پرداخته اند. در سال ۲۰۱۲ طی تحقیقی گسترده در فضاهایی با کاربری متنوع در ایالات متحده آمریکا، شاخصهای DA و ASE به عنوان دو شاخص مناسب برای پیش بینی رضایت کاربران از مقدار نور و آزاردهندگی

خیرگی پیشنهاد شدند (۲۰۱۲) Lisa Heshong در همین سال رینهارت و وایزمن طی پژوهشی در یک آتلیه طراحی در دانشگاه کمبریج آمریکا به این نتیجه رسیدند که شاخص DA با در نظر گرفتن ۳۰۰ لوکس به عنوان حداقل روشنایی بیشترین هماهنگی را با نظر کاربران داشته است؛ این در حالی است که شاخصهای DF و UDI در این زمینه عملکرد ضعیفی داشتهاند ۲۰۱۲ Reinhart and Weissman) در سال ۲۰۱۴ در پژوهشی گسترده تر اعتبار شاخص SDA در کشورهای برزیل ،کانادا، مصر و آمریکا بررسی شد. طبق نتایج شاخص مذکور در فضاهایی که به طور یکنواخت تاریک یا روشن باشند دقیق نخواهد بود ,Reinhart ۲۰۱۴Rakha, and Weissman)

نظام دوست و ویملنبرگ در پژوهشی در فضاهای با شرایط نوری متنوع بار دیگر کارایی شاخص SDA را مورد ارزیابی قرار دادند و طبق نتایج در فضاهای دارای پنجره داخلی یا نورگیر سقفی اختلاف فاحشی میان نظر کاربران و نتایج ارزیابی شاخص مذکور مشاهده شد (Nezamdoost and Van Den Wymelenberg a۲۰۱۷). همین محققان در پژوهشی دیگر دریافتند که شاخص ASE برای ارزیابی خیرگی مناسب نبوده و به دلیل در نظر گرفته نشدن عواملی مانند امکان جابه جایی کاربر و یا میزان حساسیت فعالیت وی برای همه فضاها قابل استفاده نخواهد بود (۲۰۱۶ Nezamdoost and Van Den Wymelenberg) منکیوتو و همکاران نیز با بررسی تعدادی فضای آموزشی به این نتیجه رسیدند که قواعد سرانگشتی نفوذ نور (نفوذ نور به میزان یک سوم عمق اتاق و یا ۵/۱ برابر ارتفاع پنجره در مقایسه با شاخصها مطابقت بیشتری با ارزیابی کاربران دارد در این تحقیق اختلاف قابل توجهی میان نتایج حاصل از به کارگیری شاخص DAR در شبیه سازی با نظریات کاربران مشاهده شد . (۲۰۱۶Mangkuto et al) در سال ۲۰۱۶ کرسوی و همکاران توانایی شاخصهای به کار گرفته شده توسط آیین نامه لیید و بازه پذیرش مورد قبول آنها را به کمک مقایسه با ارزیابی ذهنی دانش آموزان مدرسه ای در کاشان که از طریق پرسشنامه حاصل شد، مورد آزمون قرار دادند و مشاهده کردند که مقدار نور و میزان آزاردهندگی خیرگی تخمین زده شده، به ترتیب توسط SDA و ASE با آنچه کاربران احساس میکرده اند متفاوت بوده است (,Korsavi Tahsildoon ۲۰۱۶Zomorodian, and) در پژوهشی که به تازگی در چهار کلاس درس در آمریکا با هدف بررسی مطابقت شاخصهای دینامیک با نظریات کاربران انجام گرفت مشخص شد که همبستگی بالایی میان ادراک کاربر و شاخصهای SDA و UDI وجود دارد همچنین طبق نتایج شاخص خیرگی DGPS نسبت به سایر شاخصها با نظریات کاربران مطابقت بیشتری دارد (۲۰۱۸ Zomorodian and Tahsildoost)

به طور کلی طبق نتایج تحقیقات مذکور، نحوهٔ عملکرد شاخصهای یکسان در موقعیتهای جغرافیایی مختلف متفاوت بوده و به نظر میرسد علت این موضوع تأثیرگذاری فرهنگ و اقلیم بر احساس آسایش بصری افراد باشد. از آنجایی که بازه توصیه شده برای شاخصهای آسایش بصری، بر اساس مطالعات میدانی در کاربریها و اقلیمهای مشخصی با جامعه آماری محدودی صورت گرفته، ممکن است در سایر کاربریها و اقلیم ها آنچنان که باید با ارزیابی ذهنی کاربران مطابقت نداشته باشد. بنابراین لازم است شاخصهای مذکور طی پژوهشهای میدانی در هر منطقه جغرافیایی مطابق با ترجیحات بصری کاربران همان منطقه تدقیق و الزامات مربوط نیز تدوین شوند.

یکی از مهمترین سازمان های هر کشور، نظام آموزش و پرورش آن است. زیرا، توسعه بخش آموزش و پرورش شرط الزم برای توسعه هر کشوری است (مهربان و همکاران، ۱۴۰۰: ۱۱۴). و مدرسه یکی از مهمترین نهادهای سازمان یافته رسمی کشور است که باید با فراهم نمودن محیطی سالم و بهداشتی به جسم و روان محصلین کمک کند (کشوری و همکاران، ۱۴۰۰: ۱۶۰). تاریخ تحولات مدارس نشان می دهد که در کشور ما فضاهای آموزشی از گذشته مورد توجه بوده اند؛ در مقالهای تحت عنوان «تاریخ آموزش و پرورش ایران قبل و بعد از اسلام»، نظام آموزشی ایران را به سه دوره تقسیم کرده است. مدرسه جندی شاپور در قرن سوم میلادی که توسط اردشیر تأسیس شد، از اولین نمونههای فضاهای آموزشی به شمار می رود، پیش از اسلام دو عامل مهم اداری و مذهبی موجب پیدایش فضاهای آموزشی شد. آموزش در دوره ساسانیان در یک فضا و بوسیله موبدان صورت می پذیرفت. آموزش بیشتر جنبه ای طبقاتی داشت و فقط گروهها و قشرهای معینی می توانستند از آن بهره برند. پس از ورود اسلام به ایران، دو عامل مهم، یعنی نخست افزایش و گسترش منابع فقه و علوم مذهبی و کارکردهای اجتماعی آن و دوم رقابتهای مذهبی سراسری موجب تکوین مدرسه شد. زمان غزنویان سنت تأسیس مدرسه را سلاطین، حکام، وزرا و بزرگان ادامه دادند. فضای معماری مدارس همزمان با تحولی که در معماری مساجد در دوره سلجوقیان به وقوع پیوست، دگرگون شد و به شکل چهار ایوانی درآمد (کامل‌نیا، ۱۳۹۴).

فضای آموزشی در ایران دورههای اسلامی، مدرسه بوده است. آموزش در این دوره بین مکتب خانه، مسجد و مدارس علمیه به صورت غیر رسمی تقسیم می شد و همگام با توسعه مدارس علمیه، مکاتب هم توسعه یافتند و عملاً مکتبها به یک دوره مقدماتی برای مدارس علمیه تبدیل شدند(درانی، ۱۳۷۶: ۷۱). با آغاز قرن ۱۹م. و تجاوزات گسترده روس‌ها به ایران، به ناچار دولت باید حمایت یکی از کشورهای قدرتمند اروپایی را برای جلوگیری از حملات متعدد رو سها جلب می کرد. بنابراین روابط ایران با کشورهای انگلستان و فرانسه دوباره پررنگ شد. به گفتهٔ ایروانی این دوره، به زمینه سازی نظام آموزشی مدرن در ایران اختصاص داشت، در عرصه آموزش و پرورش با تلا شهای اصلاح گرایانه عباس میرزا با آموزش نظامی به نیروهای ارتش و اعزام محصل به خارج (حدود سال ۱۱۷۰) و امیرکبیر با تأسیس دارالفنون۱۲۳۰ و میرزا حسن رشدیه با تأسیس اولین مدرسه ابتدایی به سبک جدید۱۲۶۷ پیوند دارد. با روی کار آمدن پهلوی اول و ایجاد دگرگونی‌هایی در نظام سیاسی، سال ۱۳۰۶ اقدام آغازین برای همگانی کردن آموزش و حاکمیت عملی دولت بر آموزش انجام گرفت و به ایجاد یک نظام آموزشی متمرکز منجر شد. ویژگی‌های هر دوره به اختصار در جدول زیر گرداوری شده است.

روش تحقیق

با توجه به هدف کلی بازتاب قابلیت های فلسفه ایرانی در معماری معاصر پژوهش حاضر از جمله پژوهشهای آمیخته اکتشافی میباشد؛ زیرا در آن از دو رویکرد کیفی و کمی بهره گرفته شده است بدین ترتیب که در بخش رویکرد کیفی ابتدا پس از مطالعه کتابخانه ای کتب مقالات داخلی و خارجی و وبسایتهای تخصصی علمی برای تعیین دقیق شاخصهای استخراج شده از ادبیات ،تحقیق، از جدول ماتریس تطبیقی طیبی (۲۰۱۴) تصویر (۱) استفاده شـد تـا بر اساس وضعیت پارادایم ها میزان تکرار مشترک بودن میزان شاخصهای مستخرج، فراوانی تکرار شاخص ها مشخص گردد. روش تحقیق در این پژوهش به صورت داده بنیاد است که اطلاعات به صورت کیفی برداشت و توصیف می گردد. در این پژوهش راهبرد منتخب آن مطالعه موردی با رویکرد تفسیری است که از طریق آن به درک شهودی و کشف ارتباطات مولفه های پژوهش پرداخته خواهد شد و سپس با استفاده از کدگذاری باز، کلیدواژه های مرتبط در مطالعات پیشینه با هدف کشف ارتباط سیالیت در معماری معاصر صورت خواهد گرفت، برای این کار لازم است ابتدا به ماهیت ادراک فضایی و رابطه حرکت و سیالیت در حوزه فلسفه و معماری پرداخته شود تا در نهایت داده های هر دو جهت بررسی مقابل هم قرار گیرد. فرض پژوهش بر آن است که مفهوم حرکت در فلسفه دارای ارتباط معنایی با معماری معاصر است.

پرسشهای پژوهش

۱ کدام شاخص تفسیر دقیق تری از ارزیابی ذهنی کاربران در خصوص کفایت روشنایی نور روز در فضای آموزشی دارد؟

۲. استاندارد نور روز در فضای آموزشی در نمونه های مورد نظر چگونه است؟

در این مقاله بنا به ماهیت موضوع از روش‌های مختلف تحلیلی- مطالعاتی بهره گرفته شده است. روند پیشبرد تحقیق، با تکیه بر مطالعات کتابخانه‌ای و میدانی انجام شده است. در بخش مبانی نظری از شیوه‌های تحلیلی-توصیفی و مطالعه پنج نمونه موردی خارجی در کوپنهاگ، فرانسه، هلند، سوئد و ایتالیا پرداخته شده است.

مبانی نظری و ادبیات موضوع

پایداری

مفهوم پایداری در دهه ۱۹۷۰ میلادی، نتیجه آگاهی بشر نسبت به مسائل محیط زیست و مشکلات فرهنگی -اجتماعی و اقتصادی می‌باشد. دهه ۶۰ و ۷۰ میلادی را باید آغاز نگرانی‌ها و توجه مردم به حفظ محیط زیست و نیز توجه به آثار زیست‌محیطی در فعالیت‌های اقتصادی دانست (بحرینی، ۱۳۷۶). معماری پایدار، معماری است که به دنبال حداقل کردن اثرات منفی زیست محیطی ساختمان‌ها باشد. این هدف از طریق بهبود کارایی و عملکرد ساختمان‌ها در استفاده از مصالح مناسب و انرژی، توسعه‌ی فضا و اکوسیستم امکان‌پذیر است. معماری پایدار از رویکردی آگاهانه نسبت به استفاده از انرژی و حفاظت از محیط زیست در طراحی ساختمان‌ها استفاده می‌کند. در این میان، استفاده از نور روز به عنوان بخشی از یک راهبرد روشنایی یکپارچه و کنترل شده، جز کلیدی معماری پایدار می‌باشد (Sharples Lash, 2007). در این خصوص مؤلفه‌ها و شاخص‌های طراحی معماری مدارس پایدار به صورت جدول درآمده است.

جدول ۱- مؤلفه‌ها و شاخص‌های طراحی معماری مدارس پایدار (Loe et al.,1999)

مؤلفه	شاخص
کیفیت محیط داخلی	• دستیابی کافی به نور • ایجاد چشم‌انداز • بهبود عملکرد سطوح روشنایی • تهویه طبیعی • عدم استفاده از ترکیبات آلی فرار و آلاینده • کاهش آلودگی صوتی • کاهش آلودگی‌های نوری • بهبود عملکرد آکوستیکی • بهبود شرایط آسایش (رطوبت، حرارت، سرما)
طراحی سایت	• مشخصات سایت • تراکم ساختمان‌ها و همجواری در محوطه و چگونگی ارتباط آنها • کاهش اثرات جزایر حرارتی • طراحی آبراه‌ها
مواد و مصالح	• استفاده از مصالح و محصولات محلی و بوم‌آورد • استفاده از مصالح‌تجدیدپذیر • استفاده از مواد قابل‌بازیافت • طراحی مقاوم • بکارگیری مصالح با اثرات زیست‌محیطی کم در داخل ساختمان و محوطه • بکارگیری عایق حرارتی یا اثرات زیست‌محیطی کم

آب	• کاهش مصرف آب • بهینه کردن مصرف آب برای محوطه‌کاری و آبیاری • بازیافت آب
انرژی	• بهبود کارایی انرژی • استراتژی کاهش دی‌اکسیدکربن • استفاده از انرژی‌های تحدیدپذیر محیط • بهبود عملکرد یکپارچه ساختمان و اجتناب از نفوذ هوا
نوآوری در طراحی	• خلاقیت و نوآوری • اولویت‌های منطقه‌ای

رنگ

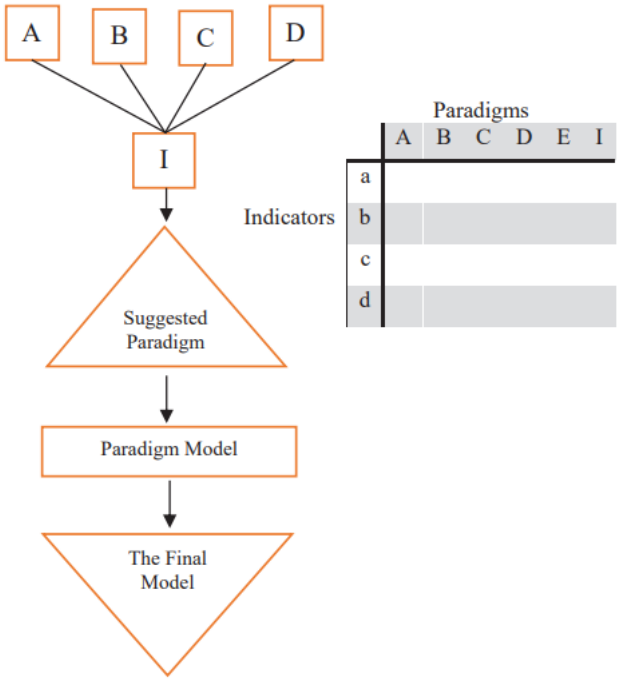
رنگ‌های آبی روشن، زرد، سبز و نارنجی بر توانایی یادگیری دانش‌آموزان می‌افزاید و توانایی هوشی را تا ۱۲ درجه افزایش خواهد داد. رنگ‌های سفید، سیاه و قهوه‌ای سبب کاهش ضریب هوشی می‌شود. رنگ‌های سفید، خاکستری یا دیوارهای بدون رنگ در محیط‌هایی که افراد و گروه‌ها گرد هم می‌آیند، مناسب نیستند.

کیفیت فضایی

امروزه تصور اینکه فضاهای آموزشی فقط درون ساختمان است منسوخ شده است. فضاهای آموزشی شامل کل فضای باز، بسته و تمامی فضاها و عناصری است که به محدوده مدرسه وابسته است. کیفیت فضایی ساختمان مدرسه یا فضای پر، فضاهای باز یا حیاط، فضاهای سرپوشیده، انتظام کالبدی و رابطه بین آن‌ها از مهمترین وجوه در طراحی مدارس محسوب می‌گردد. در اکثر مدارس جدید، طراحی ساختمان بدون توجه کافی به ویژگی‌های سایت، محور اصلی اقدام طراحان بوده است و فضای باز، بخش باقیمانده زمین محسوب می‌شود و غالبا به دیوارکشی و آسفالت کف خاتمه می‌یابد (کامل‌نیا، ۱۳۹۴).

مفهوم سازی داده بنیاد

در این بخش ابتدا با مرور مجموعه اسناد گرداوری شده تلاش گردید که مفاهیم مستتر در مفاهیم شناسایی شوند پژوهشگر با ذهنی باز به نامگذاری مفاهیم پرداخته و محدودیتی برای تعیین کدها قائل نشده است. سپس بر اساس اسنادهای موجود، برای کدگذاری محوری از پارادایم استرواس و کوربین استفاده شد. این پارادایم چهارچوبی منسجم دارد کـــه بـــه کمک آن روابط احتمالی میان مقوله ها را مورد سنجش قرار داده و از طرفی دیگر امکان فهم نسبتا جامع پدیده مورد نظر را فراهم می کند؛ هدف این مرحله از کدگذاری برقراری رابطه بین طبقه های سیالیت در مرحله کدگذاری باز است، این عمل اساس مدل پارادایمی انجام شده اســـت کـــه فرآیند ایجاد نظریه را تسهیل می نماید. بر این اساس طبق جدول (۲)، شاخص هایی که دارای بیشترین فراوانی بودند از طریق کدگذاری محوری در قالب ۴ مقوله ارتباط حرکت فرم ها و سیالیت در معماری معاصر تقسیم بندی شدند.



تصویر ۱-۱- ماتریس مدل پیشنهادی و مقایسه ای (طالبی، ۱۳۹۵)

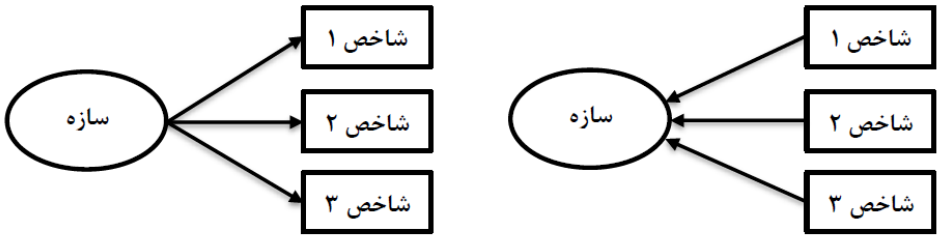
مراحل آزمون فرضیات با روش مدلسازی معادلات ساختاری (*SEM*) با استفاده از نرم افزار *Smart PLS*

مرحله	ارزیابی	معیار
بررسی برازش مدل	گیری‌های اندازه‌مدل	پایایی شاخص‌ها: ضرایب بارهای عاملی، آلفای کرونباخ و پایایی ترکیبی
		روایی همگرا: AVE
		روایی واگرا: بارعاملی متقابل، فورنل و لاکر
		ضرایب معناداری (مقادیر T-values)
	مدل ساختاری	معیار R2
		معیار Q2
	مدل کلی	معیار GOF
آزمون فرضیه‌ها	-	بررسی ضرایب معناداری (مقادیر T-values) مربوط به فرضیه‌ها

ارزیابی مدل اندازه‌گیری

تعیین نوع مدل اندازه‌گیری

مدل اندازه‌گیری یا مدل درونی، روابط بین شاخص‌های (متغیرهای مشاهده شده) یک متغیر پنهان را بررسی می‌کند. مدل اندازه‌گیری در SEM به دو نوع تقسیم می‌شود: ۱) مدل انعکاسی۱ و ۲) مدل ترکیبی۲ (سازنده). اگر در مدل اندازه‌گیری، سازه، سازنده‌ی شاخص‌های خود باشد، آن مدل اندازه‌گیری از نوع انعکاسی است. در واقع در این نوع از مدل‌های اندازه‌گیری، شاخص‌ها از وجود سازه‌ی مربوط به آن‌ها پدید می‌آیند و این سازه است که مقدم می‌باشد و باعث به وجود آمدن شاخص‌هایش است. اما اگر در مدل اندازه‌گیری، شاخص‌ها ویژگی‌های تعریف کننده‌ی سازه به شمار روند، این شاخص‌ها هستند که سازه را می‌سازند و از این‌رو شاخص‌ها در اینجا مقدم هستند؛ زیرا آن‌ها باعث به وجود آمدن سازه می‌شوند. در واقع در مدل ترکیبی (سازنده)، شاخص‌ها با هم ترکیب شده و سازه را می‌سازند (داوری و رضازاده، ۱۳۹۳). در شکل زیر، دو نوع مدل اندازه‌گیری انعکاسی و ترکیبی (سازنده) ارائه شده است.



شکل الف) مدل ترکیبی (سازنده) **شکل ب) مدل انعکاسی**

شکل ۲ -۱: مقایسه مدل ترکیبی و مدل انعکاسی(ماخذ: نگارندگان)

برای برازش معدلات ساختاری از معیارهای زیر استفاده می شود:

در ارزیابی مدل ساختاری از چند معیار استفاده می‌شود که در ذیل به هرکدام از آن‌ها پرداخته شده است.

دانش‌آموزان در کلاس‌های درس معمولا در مکان‌های مشخصی می نشینند و محدوده گسترده‌ای برای جابجایی و قابلیت تطابق با شرایط متغییر نور در فضا در طول روز و سال را ندارند. به همین علت توزیع مناسب نور اهمیت بسیاری دارد و همچنین زیاد از حد بودن آن، آسایش بصری کاربران را مختل می‌کند در این میان توجه به مباحث پایداری و بهره‌گیری از نور مناسب در فضاهای آموزشی مدارس به علت ماهیت منحصر به فرد آن که متکی بر آموزش‌های تئوری و عملی است، اهمیت دو چندان دارد (انارکی، ۱۳۹۹).

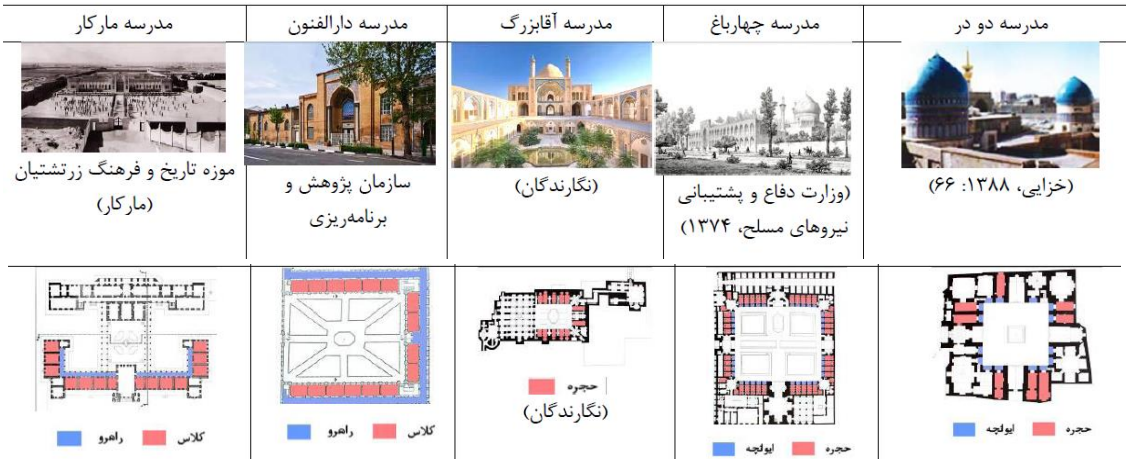
---

۱ Reflective Model
۲ Combination Model

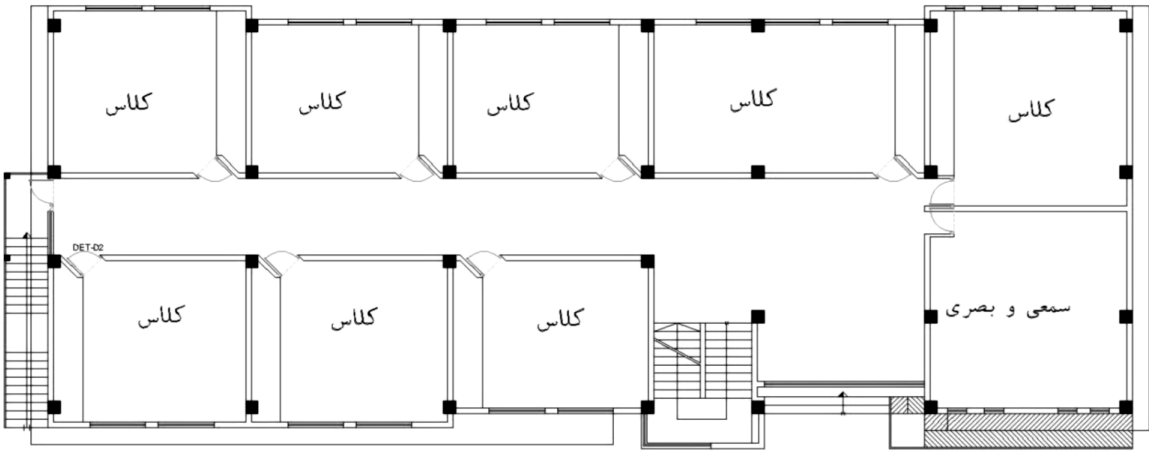
جدول ۲- ویژگی‌های مدارس ایران (ماخذ: نگارندگان)

دوره	شکل‌گیری	هویت	ارتباط	عناصر فضایی- کارکردی	نمونه‌بارز یا ویژگی اصلی
مدارس سنتی	تبدیل حلقه‌های درس در مسجد به مکتب‌خانه و مدرسه	فضاهای بسته، نیمه باز و باز	حیاط، ایوان و ایوانچه‌ها	حجره، مَدرس، ایوان، گنبدخانه، حیاط و کتابخانه – در چهار جهت پیرامون حیاط	مدرسه سپهسالار و مدرسه نظامیه بغداد
دوره انتقالی- نیمه‌اول قرن هجدهم	اقتباس آموزش و پرورش نوین از اروپا	درون‌گرا به جای حجره‌ها، کلاس درس در امتداد راهروها جایگزین شده	سلسله مراتبی از حیاط به راهرو و سپس به کلاس است. راهرو ها در نقش ستون فقرات هستند.	کلاس، راهرو، ایوان و حیاط حیاط مرکزی کم کم از بین رفته و حالت خطی جایگزین می شود. حذف بخش اقامتی(مدرسه- حجره) به سوی (مدرسه- راهرو- کلاس)	دارالفنون
دوره نوین از زمان پهلوی	ادامه تقلید از معماری مدارس غرب	برون‌گرایی جایگزین درون‌گرایی می‌شود	کلاس‌ها متنوع و متعدد شده، حیاط مرکزی دیگر وجود ندارد و مدارس به حالت خطی با دو بال کناری تبدیل می‌شوند.	کلاس‌ها متنوع و متعدد و ردیفی در امتداد راهرو ، حیاط مرکزی دیگر وجود ندارد و مدارس به حالت خطی با دو بال کناری تبدیل می شوند.	

شکل ۱- عناصر اصلی مدرسه سپهسالار (علاقمند و همکاران، ۱۳۹۶)



شکل ۲- انتظام فضایی متفاوت مدارس سنتی و انتقالی نوین (علاقمند و همکاران، ۱۳۹۶: ۱۵)



شکل ۳- انتظام فضایی مدارس معاصر (ثقفی، ۱۳۹۵)

مدارس، محل گردهمایی ها و مکان فعالیت های اجتماعی دانش آموزان و بسان قلبی تپنده مرکز تمام نیروها، رویدادها و محل تجمع ارزشها هستند(ارغیانی و شاکری، ۱۳۹۹: ۱). محیط های آموزشی می تواند در شکل گیری پایگاه هویت "دستیابی" و جهت‌گیری دانش‌آموزان به سمت زندگی آینده تأثیر مثبتی داشته باشد. نقش محیط دبیرستان در این امر مورد تأکید محققان زیادی در این زمینه قرار گرفته است(Lannergrand – Willems, Bosma, 2006). مطالعات نشان داد که آن دسته از کودکانی که در مدارسی با کیفیت بهتر فضایی درس خوانده اند نسبت به کودکانی که در مدارسی با کلاسهای تاریک، شیشه‌های شکسته و کمبود سرویس و ... درس خوانده اند پیشرفتهای آموزشی بیشتری داشته اند. برای چند دهه مهندسین، معماران، روانشناسان و آموزش دهندگان، نقش نور و رنگ و بازی را در محیط ساخته شده در یادگیری و رفتارهای موفق اجتماع مورد توجه قرار دادند. مطالعات، همچنین بر تأثیرات منفی سروصدای زیاد در محیط‌های یادگیری تأکید می کنند. محققانی مانند تانر نیز بر نیاز به فضاهای بیرونی شامل فضاهای سبز و محلهای بازی و تأثیر مثبت آن در آموزش تأکید می کنند. اخیرا نیز معماران و برنامه ریزان مدارس توجه شان را بر اهمیت درگیر کردن استفاده کنندگان در فرایند طراحی مبذول داشتند. اهمیت طراحی فضاهای آموزشی برای بهبود کیفیت یادگیری و آموزش، امروزه بر کسی پوشیده نیست. پژوهشگران زیادی در طی سالهای گذشته در مورد اهمیت طراحی فضای آموزشی در آموزش، یادگیری کودکان و کمک به رشد کودک مطالعه کرده اند. محیط یادگیری یک بستر فرهنگی، اجتماعی و فیزیکی است که یادگیری در آن اتفاق می افتد. درک این که چگونه یک محیط یادگیری، مؤثر عمل می کند، برای طراحی یک محیط معمارانه بسیار ضروری است. محیط یادگیری مؤثر، محیطی است که در کنار مؤلفه‌های دیگر تأثیرگذار در امر آموزش کودکان مانند برنامه درسی، آموزگاران و ... تأثیر مهمی در امر آموزش کودک داشته باشد. هرچند که محیط فیزیکی مدرسه تنها یکی از مؤلفه‌های تأثیرگذار در یادگیری است؛ اما میتوان گفت مهمترین مؤلفه در یک محیط فعال یادگیری به شمار می رود(مظفر و همکاران، ۱۳۸۸: ۳۸و۳۹).

آموزش فنی و حرفه ای به افراد در بالا بردن و بهبود دانش در حوزه علوم و تکنولوژی در حوزه وسیعی از مشاغلی که به توانمندیهای فنی و حرفهای و مهارتهای تخصصی نیاز دارد کمک می کند. این نوع آموزش به فراگیران کمک می کند تا با افزایش دانش و مهارت خود، میزان انعطاف پذیری و پاسخگویی به نیازهای مهارتی جامعه را برآورده کنند. آموزشهای فنی و حرفه ای باید به عنوان سیستم آموزشی در تمام طول زندگی وجود داشته باشد و نیازهای خاص هر کشور را برآورده نماید و موجب توسعه تکنولوژی جهانی شود(ساداتی و قهرمان، ۱۳۹۰).

یافته های پژوهش

بخش ساختمان یکی از بزرگترین بخش های اقتصادی و اجتماعی در اروپا می باشد و به همراه محیط ساخته شده، به طور معنی داری در تغییر روی محیط طبیعی، تاثیر گذار است. بخش ساختمان و محیط ساخته شده، به عنوان دو حوزه کلیدی در توسعه پایدار جهانی، مطرح شده اند. ساختمان‌ها در مقایسه با سایر مصنوعات، عمر نسبتاً طولانی تری دارند و در طول تمام مراحل نقشه کشی، ساختمان سازی، تجهیزکردن و تخریب یا استفاده دوباره از آن، در توسعه پایدار تأثیرگذار خواهند بود. یک ساختمان، محصول مرکبی از مصالح، مواد و ترکیبات است که متقابلاً بر هم اثر گذارند. به علاوه، ساختمان اثر قابل ملاحظه ای بر سلامت انسان دارد. برای مثال ۹۰ ٪ زمان زندگی مردم اروپا در ساختمان و فضای معماری سپری می شود(گرجی مهلبانی، ۱۳۸۹). هدف از طراحی ساختمانهای پایدار کاهش آسیب آن بر روی محیط از نظر انرژی و بهره برداری از منابع طبیعی است، که شامل کاهش مصرف منابع غیر قابل تجدید، توسعه محیط طبیعی و حذف یا کاهش مصرف مواد سمی و یا آسیب رسان بر طبیعت در صنعت ساختمان می شود.

با کنکاشی در معماری سنتی می‌توان رفتارهای متناسب با محیط و هماهنگی با بستر طبیعی(شیب زمین، سیمای محیط و ...) و همچنین استفاده از عناصر اقلیمی متناسب را در اقلیم‌های متفاوت ایران مشاهده کرد. استفاده از مصالح بوم آورد در معماری سنتی ایران از جمله خشت و سنگ و چوب، در ضمن آسیب نزدن به محیط زیست، قابلیت بازیافت و تجدید پذیری را نیز دارند. اهمیت ایجاد سرمایش، گرمایش و همچنین بهره مندی از نور طبیعی در معماری سنتی باعث ایجاد عناصر و گونه های مختلف در معماری سنتی شده که به بهترین وجه از انرژی‌های تجدید پذیر و ایستا استفاده بهینه بنماید. در جدول(۲-۳) نحوه شکل‌گیری عناصر مختلف اقلیمی در معماری سنتی برای استفاده از انرژی های تجدید پذیر آورده شده است.

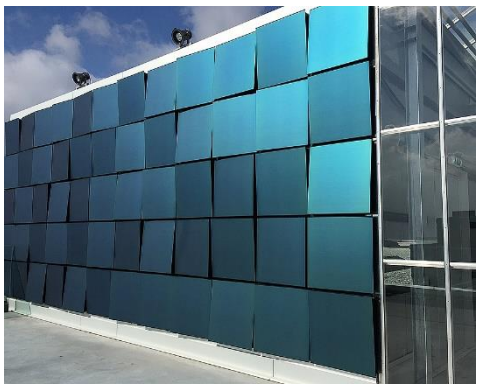
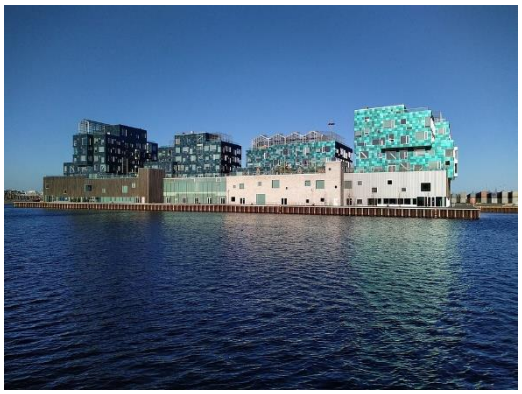
جدول ۳- مؤلفه‌ها و شاخص‌های طراحی معماری مدارس پایدار(Loe, David, Watson, Newton, Rowlands, Edward, Mansfield, Kevin, Venning, Bob, Baker, John, 1999)

مؤلفه	شاخص
کیفیت محیط داخلی	• دستیابی کافی به نور • ایجاد چشم‌انداز • بهبود عملکرد سطوح روشنایی • تهویه طبیعی • عدم استفاده از ترکیبات آلی فرار و آلاینده • کاهش آلودگی صوتی • کاهش آلودگی‌های نوری • بهبود عملکرد آکوستیکی • بهبود شرایط آسایش (رطوبت، حرارت، سرما)
طراحی سایت	• مشخصات سایت • تراکم ساختمان‌ها و همجواری در محوطه و چگونگی ارتباط آنها • کاهش اثرات جزایر حرارتی • طراحی آبراه‌ها
مواد و مصالح	• استفاده از مصالح و محصولات محلی و بوم‌آورد • استفاده از مصالح تجدیدپذیر • استفاده از مواد قابل بازیافت • طراحی مقاوم • بکارگیری مصالح با اثرات زیست‌محیطی کم در داخل ساختمان و محوطه • بکارگیری عایق حرارتی یا اثرات زیست‌محیطی کم
آب	• کاهش مصرف آب • بهینه کردن مصرف آب برای محوطه‌کاری و آبیاری • بازیافت آب
انرژی	• بهبود کارایی انرژی • استراتژی کاهش دی‌اکسیدکربن • استفاده از انرژی‌های تحدیدپذیر محیط • بهبود عملکرد یکپارچه ساختمان و اجتناب از نفوذ هوا
نوآوری در طراحی	• خلاقیت و نوآوری • اولویت‌های منطقه‌ای

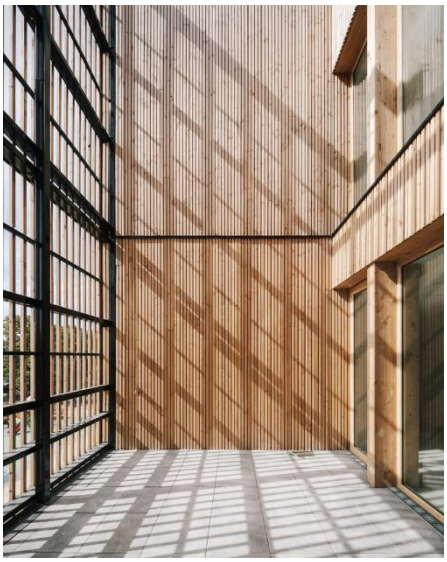
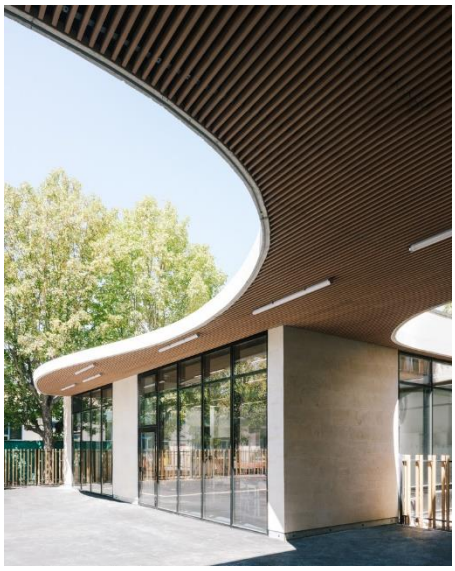
مدرسه پایدار نتیجه فیزیکی یک فرایند توافقی برنامه‌ریزی شده است که عملکرد یک ساختمان را در کل چرخه عمر ۵۰ تا ۶۰ ساله آن در نظر می‌گیرد. تمرکز اصلی این فرایند تقویت یادگیری بهینه است، هدفی که با اهداف موازی کارایی منابع و حداقل آلودگی همخوانی دارد. چنین ساختمان‌هایی هوای تمیز را فراهم می‌کنند و دارای محدوده‌ی دمای مناسب می‌باشند همچنین از لحاظ آکوستیک بسیار کارامد ساخته شده‌اند و در بالاترین میزان کارامدی از لحاظ منابع طبیعی می‌باشند. در این راستا مدارس مختلفی در کوپنهاگ، فرانسه، هلند، سوئد و ایتالیا انتخاب و بررسی شده است که در ادامه ویژگی‌های آن به اختصار آورده شده است.

جدول ۴- ویژگی‌های مدارس غیرایرانی(ماخذ: نگارندگان)

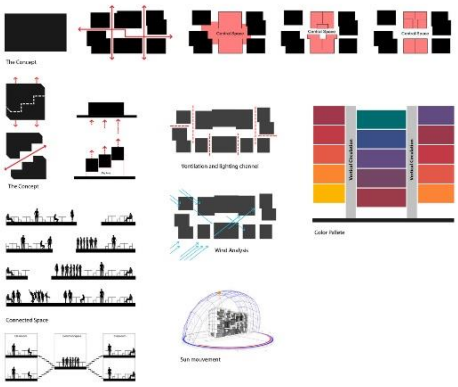
کشور	ویژگی پایداری طراحی شده در مدرسه	
کوپنهاگ	استفاده از آزمایشگاه خورشیدی ۱۲۰۰ پنل یکسان که حدود ۵۰ درصد انرژی مورد نیاز مدارس را تامین می‌کند. هر پانل فقط ۴ درجه کج شده و به طور تصادفی چرخانده می‌شود تا نمای پویا ارائه دهد. نماهای خورشیدی به صورت سفارشی طراحی شده‌اند و دارای آزادی انتخاب در هندسه و نوع مصالح و همچنین نوع بافت هستند.	تولید انرژی در محل پوسته‌ی ساختمان مزایای نمای خورشیدی می‌توان به تولید انرژی بدون کربن در محل، طول عمر بالا، خیرگی کم و خود تمیز شونده، سیستم مانیتورینگ و الکتریکی انعطاف‌پذیر، نظارت بر سطح پانل‌ها و حفاظت از خاموش شدن سریع، پانل‌های با فرمت بزرگ، قابلیت تنظیم ارتفاع ساخت، پانل‌های تخت نصب شده و زاویه دار جداگانه، تعمیر و نگهداری کم، پرنده دوست بودن، مقرون به صرفه و درآمدزا بودن و کاملاً قابل بازیافت بودن اشاره کرد.
فرانسه	توجه ویژه‌ای به مسیرها و چشم‌اندازها بین احجام معماری و استفاده مناسب از نور روز شفافیت در طراحی داخلی	دو پاسیو با ارتفاع دو برابر و تامین نور روز طبیعی در فضا دیده می‌شوند. مقیاس ساختمان، انعطاف پذیری چیدمان های داخلی و انتخاب رنگ‌ها، حرکت را برای کودکان آسان‌تر می‌کند.
هلند	ساختمان به صورت عمودی ساخته شده است و ایجاد احساسی افقی در محیط عمودی چالش اصلی این پروژه بوده است باعث ایجاد حس انعطاف‌پذیری برای انطباق با الزامات عملکردی قابل تغییر ساختمان است. کلاس ها در بال‌های چپ و راست ساختمان تعبیه شده‌اند که ساختار ستونی دارند.	اصول طراحی این ساختمان بر اساس اصول کنترل آب و هوایی غیرفعال است که بر اساس بهینه‌سازی استفاده از نور طبیعی روز و تهویه با هدایت باد به کار میرود. جذب و هدایت باد از طریق کریدورها و نور طبیعی از طریق قفسه‌های نوری کنترل می‌شود.
سوئد	استفاده از پنل‌های آکوستیکی و عایق‌های صوتی در طراحی مدرسه. طراحی پلان مناسب. استفاده از نورگیرها و طاقچه‌های جادار در طراحی. استفاده از پنجره‌های مناسب در شیروانی. استفاده از کلراستوری.	پنل‌های آکوستیک و تخته‌های عایق صوتی رنگارنگ عناصر مهمی در فضای داخلی هستند و در عین حال به وجود یک محیط آکوستیک عالی کمک می‌کنند. نورگیرها و طاقچه‌های جادار که به اندازه کافی عمیق هستند، فضایی سبک و جادار به ساختمان می‌دهند. تعداد زیادی پنجره و خروجی به بالکن شیروانی‌ها باعث ایجاد ارتباط بصری با فضای سبز اطراف و همچنین پوشش گیاهی حیاط مدرسه می‌شوند.
ایتالیا	استفاده از پنل‌های فتوولتائیک. استفاده از موادی مانند روی-تیتانیوم برای پوسته حرارتی. استفاده از پنجره‌های بزرگ در نمای ساختمان.	با استفاده از پنجره‌های بزرگ موجود در پروژه و در نمای اصلی ساختمان نور طبیعی مناسبی مورد استفاده قرار گرفته است. حجم‌ها بر اساس اصول معماری زیست اقلیمی طراحی شده‌اند که به لطف استفاده از موادی مانند روی-تیتانیوم برای پوسته حرارتی و وجود پنل‌های فتوولتائیک، نور LED و سیستم گرمایش یکپارچه امکان کاهش هزینه‌های جاری و نگهداری را فراهم می‌کند.

شکل ۴- پنل‌های خورشیدی مدرسه‌ی بین المللی کوپنهاگ (www.archdaily.com)

شکل ۵- استفاده از نور روز مناسب در مدرسه Simone de Beauvoir در فرانسه (www.archdaily.com)



شکل ۶- دیاگرام‌های مدرسه و استفاده از قفسه‌های نوری در نمای ساختمان مدرسهGreen Acres Academy Chembur در هلند (www.archdaily.com)

شکل ۷- کلاس های طراحی مهد کودک و پیش دبستانی Skalby در سوئد (www.archdaily.com)

شکل ۸- استفاده از پنجره‌های بزرگ در نمای ساختمان مدرسه راهنمایی Collodi در ایتالیا (https://www.archdaily.com)

نتیجه گیری

نظام آموزش و پرورش هرکشور، یکی از مهم ترین سازمان های آن است، به همین جهت بررسی معماری این فضا اهمیت ویژه ای دارد. در این تحقیق تاریخ تحولات معماری مدارس ازقبل از اسلام تا دوره مدرن، و شاخصه های معماری پایدار و استفاده از عناصر تاثیرگذار برا کیفیت طراحی و معماری شامل رنگ، نور و .. به منظور ارائه راهبردهای کاربردی طراحی مدارس، بررسی شد. در مدارس سنتی دوره قبل اسلام، حلقه های قرآنی رفته رفته به شکل حجره هایی پیرامون یک حیاط مرکزی، شکل معماری گرفتند. به مرور زمان و در دوره انتقالی حیاط مرکزی از بین رفت و حجره ها، در قالب کلاس های درس در امتداد راهروهایی درآمدند و ساختار مدارس حالت خطی به خود گرفت. نمونه بارز مدارس این دوره دارالفنون است که در این تحقیق آورده شده است. در دوره نوین، که اوج تاثیرپذیری معماری از غرب است، برونگرایی جایگزین درونگرایی شد و مدارس به حالت خطی با دو بال کناری تبدیل شدند.

با بررسی پنج نمونه موردی خارجی، دریافت شد که نمای ساختمان مستعد تولید انرژی برای آن ساختمان است. این موضوع با تعبیه پانل های خورشیدی در ساختمان به تولید انرژی بدون کربن میسر می شود. با توجه به اینکه انرژی خورشیدی، انرژی پاک حساب می شود استفاده از آن ها به محیط زیست و طبیعت آسیب کمتری می زند و باعث حفظ طبیعت و محیط زیست می شود. بعلاوه با توجه به اینکه انرژی خورشید، انرژی آزادی می باشد برای مصرف آن نیاز به پرداخت هزینه ندارید. نداشتن آلودگی صوتی، عدم نیاز به سوخت برای شروع کار و تمام نشدنی بودن این انرژی از دیگر مزایای آن است. پانل های خورشیدی قابلیت تولید برق در هر شرایطی را دارند و در برابر باد،تگرگ و ... هم مقاوم هستند. همچنین طول عمر مفید آن ها بین ۲۵ تا ۴۰ سال است. اکثر تولید کننده های پنل خورشیدی در دنیا ضمانت راندمان تا ۲۵ سال را به مشتری می دهند. استفاده از پاسیو یک دیگر از تمهیداتی است که در ان مطالعه به آن پرداخته شده است چرا که به کمک آن نور روز طبیعی در فضا دیده می‌شود.

نور روز با در نظر گرفتن پنجره‌های مناسب در شیروانی، استفاده از پنجره‌های بزرگ موجود در نمای ساختمان و استفاده از کلراستوری قابل هدایت به داخل ساختمان است. حجم‌ها بر اساس اصول معماری زیست اقلیمی طراحی شده اند که به لطف استفاده از موادی مانند روی-تیتانیوم برای پوسته حرارتی و وجود پنل‌های فوتوولتائیک، نور LED و سیستم گرمایش یکپارچه امکان کاهش هزینه‌های جاری و نگهداری را فراهم می‌کند. نورگیرها و طاقچه‌های جادار که به اندازه کافی عمیق هستند، فضایی سبک و جادار به ساختمان می‌دهند. تعداد زیادی پنجره و خروجی به بالکن شیروانی‌ها باعث ایجاد ارتباط بصری با فضای سبز اطراف و همچنین پوشش گیاهی حیاط مدرسه می‌شوند. طراحی بر اساس بهینه‌سازی استفاده از نور طبیعی روز و تهویه با جذب و هدایت باد از طریق کریدورها از دیگر مواردی بود که

در این ساختمان ها رعایت شده است. پنل‌های آکوستیک و تخته‌های عایق صوتی رنگارنگ عناصر مهمی در فضای داخلی این مدارس هستند که در عین به وجود آوردن یک محیط آکوستیک عالی، از لحاظ انتخاب رنگ هم برای کودکان مناسب است. انعطاف پذیری چیدمان های داخلی در تمام این موارد قابل مشاهده می باشد.

مراجع

۱. ارغیانی، مصطفی و موسی شاکری (۱۳۹۹)، نقش محیط ساخته شده در تعاملات دانش آموزان در مدرسه، نشریه آرمانشهر، شماره۳۳: ۱۴-۱.
۲. انارکی. مریم (۱۳۹۹)، طراحی مجموعه آموزشی در شهر شیراز با رویکرد استفاده بهینه از روشنایی روز جهت بهبود اسایش بصری وکاهش مصرف انرژی. دانشگاه علم وصنعت معماری و شهرسازی.
۳. بحرینی، حسین(۱۳۷۶)شهرسازی‌وتوسعه پایدار، نشریه رهیافت
٤. ثقفی، محمودرضا(۱۳۹۵)مقایسه الگوی طراحی مدارس متداول با مدارس بدون کلاس از منظر کارامدی محیط یادگیری، نشریه مرمت و معماری ایران. شماره۱۲،صفحات ۲۱-۱۳
٥. خانی، علی (۱۳۹۹)طراحی مدرسه شش کلاسه با رویکرد بهینه‌سازی مصرف انرژی و افزایش آسایش بصری حرارتی با نور طبیعی روز
٦. درانی، کمال، (۱۳۷۶)، تاریخ آموزش و پرورش ایران قبل و بعد از اسلام. تهران: نشر سمت.
۷. ساداتی، مرتضی و آرش قهرمان (۱۳۹۰)، مقایسه وضعیت دانش آموزان هنرستانهای فنی و حرفه ای و مدارس کاردانش به لحاظ تطبیق مؤلفه های آموزشی با استانداردها، فصلنامه جامعه شناسی مطالعات جوانان، شماره۲: ۸۰-۶۳.
۸. کامل نیا، حامد، (۱۳۹۴)، معماری مدارس ایران: گذشته، حال و آینده. هنر معماری، شماره۳۶: ۳۵.
۹. کریمی، شیرین و مژگان رعوف رحیمی(۱۳۹۳)، طراحی با رویکرد پایداری در فضای آموزشی
۱۰. کشوری، منصوره و همکاران (۱۴۰۰)، ارائه مدل مدارس امن برای آموزش و پرورش ایران (یک مطالعه ترکیبی)، فصلنامه علمی-پژوهشی سبک زندگی اسلامی با محوریت سلامت، شماره۱: ۱۷۱-۱۶۰.
۱۱. گرجی مهلبانی، یوسف (۱۳۸۹)، معماری پایدار و نقد آن در حوزه محیط زیست. نشریه انجمن علمی معماری و شهرسازی ایران، شماره۱: ۱۰۰-۹۱.
۱۲. مظفر، فرهنگ؛ فاطمه مهدیزاده‌سراج و سمیه میرمرادی، (۱۳۸۸)، بازشناسی نقش طبیعت در فضاهای آموزشی، نشریه فناوری آموزش، سال۴، شماره۱: ۴۶-۳۷.
۱۳. مهربان، محمدمهدی(۱۴۰۰)، توسعه مدل ارزیابی عملکرد مدارس جمهوری اسلامی ایران براساس الگوی کارت امتیاز متوازن (مطالعه موردی مدارس پروژه ایماوا)، فصلنامه مدیریت و برنامه ریزی در نظامهای آموزشی، شماره۲۷: ۱۳۶-۱۱۳.
۱٤. ناری‌قمی، مسعود (۱۳۹۰)، دیدگاه هنجاری هنرجویان رشتهٔ نقشه کشی معماری در مورد معماری و جایگاه آن: نمونهٔ موردی شهر قم. نشریه هنرهای زیبا، شماره۴۶: ۷۴-۶۳.
۱٥. علاقمند، سپیده و همکاران (۱۳۹۶). مطالعه تطبیقی معماری و محتوای مدارس ایران از دوره سنتی تا نوین. نشریه باغ نظر شماره۴۹: ۱۸-۵.
16. Adams, W.M. (2001), Green Development: Environment and Sustainability in the Third World, Routledge, London
17. Design, I. (2010)."Guide for Daylighting Schools"
18. Gordon, D. E. (2010)."Green Schools as High Performance Learning Facilities",National Clearinghouse for Educational Facilities
19. Loe, D., N. Watson, E. Rowlands, K. Mansfield, B. Venning and J. Baker (1999).Lighting Design for Schools, Building Bulletin 90
20. Sharples, S. and D. Lash (2007). "Daylight in atrium buildings: a critical review." Architectural Science Review 50(4):312-301
21. Lannegrand-Willems, L. & Bosma, H. A.(2006). Identity Development in Context: The School as an Important Context for Identity Development. Identity, Journal of Theory and Research, 6(1), 85-113.
22. www.archdaily.com