مجله پژوهش و کاربرد در مکانیک دوره ۱۳ شماره ۳ سال ۱۴۰۲ (۲۰۲۳) ۶۷-۵۶

بسمه تعالی

طراحی همساز با اقلیم و ایجاد شرایط بهره‌گیری از انرژی های تجدیدپذیر در ساختمان مدارس ایران با مطالعه تطبیقی مدارس سنتی تا معاصر در بهره‌گیری از سامانه‌های ایستا

(نمونه‌های موردی: مدرسه‌های مروی، دراالفنون و البرز)

سارا طاهرسیما[1*]

[1*]. استادیار، گروه معماری، واحد تهران شرق، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
* Email: Sara.Tahersima@iau.ac.ir

چکیده

نیاز به انرژی، یکی از مهمترین دغدغه های زندگی بشر بوده است که امروزه به دلیل افزایش تقاضا در استفاده از انرژی، اهمیت بیشتری پیدا کرده است. به دلیل مشکلاتی که در استفاده از انرژی های تجدیدناپذیر وجود دارد، نظیر محدود بودن این منابع و آلودگی محیط زیست و در عین حال مزایای بهره‌گیری از انرژی های تجدیدپذیر شامل منابع متنوع، رایگان، در دسترس و بدون آلودگی، باعث شده است تا بهترین راه حل، جایگزینی انرژی‌های تجدیدپذیر به جای سوخت‌های فسیلی باشند. راهکارهایی که در معماری سنتی ایران به بهترین نوع به کار گرفته شده و هدف از این مقاله، مشخص نمودن و معرفی این راهکارهاست. به این منظور، روش‌های ایستای بکار گرفته شده در نمونه‌های موردی از مدارس ایران مربوط به دوره قاجار تا کنون مورد ارزیابی و مقایسهٔ تطبیقی قرار گرفته است. نمونه‌های موردی به این شرح انتخاب شدند: مدرسه مروی، نمونه‌ای از مدارس سنتی (دوره قاجار)، دارالفنون به عنوان اولین بنای آموزشی به سبک نوین (دوره قاجار) و البرز، به عنوان الگوی مدارس نوین ایران (دوره پهلوی). روش تحقیق، توصیفی - تحلیلی مبتنی بر تحلیل محتوا است و روش جمع‌آوری اطلاعات از نوع کتابخانه‌ای و بررسی میدانی است. بررسی‌ها نشان دادند: در مدارس سنتی ایران، سامانه‌های ایستایی نظیر گودال باغچه، استفاده از زمین گرمایی، تهویه طبیعی، بهره گیری از سایه ایوان، مصالح با ظرفیت حرارتی زیاد، پنجره های زیر سقفی، بدنه آب (آبنما و حوض) در مجاورت ساختمان، گره بندیهای چوبی پنجره ها و ... در استفاده از انرژی های تجدیدپذیر مورد نظر بوده است. در دارالفنون، به موارد کمتری نظیر: حیاط مرکزی، گودال باغچه، بدنه‌های آب مجاور ساختمان، گره بندی چوبی پنجره و ایوان (بدون تاثیر در فضاهای آموزشی) بسنده شده است. در البرز، طراحی همساز با اقلیم، به حد بسیار کمی رسیده است و با وجود بکارگیری مصالح با ظرفیت حرارتی زیاد، اما ایوان و پنجره‌های زیرسقفی، نمی‌تواند در تامین آسایش حرارتی موثر عمل نمایند و در حد الگویی شکلی از معماری سنتی باقیمانده اند. با ادامه‌ی این روند می‌توان گفت مدارس کنونی، از مولفه‌های بهره‌گیری از سامانه‌های ایستا و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر به دور بوده و کاملا متکی به سامانه‌های پویا و انرژی‌های تجدیدناپذیر هستند.

واژگان کلیدی: تطبیق پذیری دما و آسایش محیطی، سایه، انرژی‌های تجدیدپذیر، سامانه‌های ایستا گرمایش و سرمایش

۱- مقدمه

انرژی یکی از ضروری‌ترین عوامل جهت تداوم زندگی بشر و توسعه‌ی کشورها است و نقش تعیین کننده ای در اقتصاد کشور و همچنین بر محیط زیست و زندگی انسان ها ایفا می‌کند. نیاز بشر به انرژی و همچنین مشکلات ناشی از سوخت‌های فسیلی که علاوه بر عرضه محدود آنها، موجب ایجاد خطرات زیست محیطی می‌شود، توجه همگان را به جایگزین‌کردن انرژی‌های تجدیدپذیر به جای این منابع جلب کرده است. ساختمان‌ها جزء بزرگترین منابع اتلاف انرژی هستند و طبق آمار آژانس بین المللی، بیش از ٪۳۰ منابع مختلف کشورها در ساختمانهای مسکونی، اداری و تجاری مصرف می‌شود. مصرف انرژی در ساختمان به بخش‌های مختلفی تقسیم می شود، بطوری که ٪۴۵ آن مربوط به سرمایش و گرمایش، ٪۲۵ آن مربوط به روشنایی، ٪۱۵ آن مربوط به تجهیزات و ٪۱۵ آن مربوط به اتلاف انرژی است. از آنجا که روزانه انرژی بسیاری صرف گرمایش و سرمایش ساختمان ها می‌شود، طراحی و اجرای ساختمان‌هایی که بتواند از انرژی‌های تجدیدپذیر حداکثر استفاده را ببرند، بسیار حائز اهمیت و مفید است. (بدلی و همکاران، ۱۳۹۳)

یکی از انواع روشهای مورد استفاده جهت تامین آسایش حرارتی ساختمان، کاربرد سامانه‌های ایستاست که متاسفانه در فضاهای آموزشی کنونی، مورد بی توجهی و غفلت واقع شده‌اند اما در معماری ایران، قدمتی بسیار داشته تا حدی که این سامانه ها در شکل گیری عناصر کالبدی معماری نیز، نقشی بسیار موثر و کلیدی داشته‌اند. هدف پژوهش حاضر، شناخت و معرفی سامانه‌های ایستا در مدارس سنتی ایران است که با استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر، در سرمایش و گرمایش بنا موثر عمل نموده‌اند تا مدارس کنونی بتوانند با رعایت اصول طراحی اقلیمی و استفاده از سامانه‌های ایستا در بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر، علاوه بر مصرف انرژی فسیلی کمتر و کاهش صدمات به محیط زیست، موجب کاهش هزینه‌های گرمایش، سرمایش و روشنایی بنا، خواهد بود.

۲- روش تحقیق

در راستای مطالب مطرح شده دربارهٔ ضرورت مسئله (بخش مقدمه)، پژوهش حاضر، به دنبال پاسخگویی به این پرسش است: «سامانه‌های ایستا در استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و مولفه‌های آن در مدارس تهران از دوره قاجار تا کنون کدام یک هستند و چگونه عمل می‌کنند؟»

روش جمع‌آوری اطلاعات در این پژوهش، به روش مطالعات کتابخانه‌ای با بررسی منابع معتبر در حوزه‌ی تاریخ معماری ایران، طراحی همساز با اقلیم، انرژی های تجدیدپذیر همراه با بررسی میدانی از مدارس نمونه‌های موردی است. روش تحقیق، به صورت توصیفی-تحلیلی با مقایسه تطبیقی بر روی نمونه‌های موردی انجام شده است. با توجه به مبانی نظری تحقیق و بررسی پژوهش‌های مختلف، بررسی شباهت‌ها و تفاوت‌ها، یافته‌های حاصل از پژوهش تبیین شد. به منظور دستیابی به هدف و پاسخ پرسش، بر اساس اصول طراحی همساز با اقلیم، به بررسی سامانه های ایستا در بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر و عناصر کالبدی که این امکان را فراهم کرده‌اند در نمونه‌های موردی از مدارس تهران از دوره قاجار تا کنون مورد ارزیابی و مقایسهٔ تطبیقی قرار گرفته است. علت انتخاب نمونه‌های موردی به این شرح هستند: مدرسه مروی و سپهسالار، به عنوان نمونه‌ای از مدارس سنتی (دوره قاجار)، دارالفنون به عنوان اولین بنای آموزشی به سبک نوین (دوره قاجار) و البرز، کمال و فیروز بهرام به عنوان مدارس نوین در ایران (دوره پهلوی).

۳- عناصر معماری نمونه های موردی مدارس در سامانه‌های ایستا به منظور استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر

۳-۱- حیاط مرکزی

ایجاد مدارس حیاط مرکزی با دیوارهای بلند، به منظور حبس هوای خنک یکی از راهکارهای ایجاد سرمایش است. فضاها در چهار سمت حیاط مرکزی شکل می‌گیرند و حیاط تنها یا مهم‌ترین فضا برای تامین نور و تهویه است. (سلطانزاده، ۱۳۹۰: ۸۲) حیاط با جهت گیری به سمت جنوب، دو قسمت تابستان نشین و زمستان‌نشین ایجاد می‌کند. این حیاطها هنگام صبح و بعدازظهر کاملا در سایه هستند و همواره بخشی از بنا بر کف حیاط و دیوارهای مقابل سایه‌اندازی می‌کند. (وکیلی نژاد، ۱۳۹۲ :۱۵۲) حیاطهای مرکزی با استفاده از سرمایش تابشی شبانه سبب کاهش دما می شوند. علاوه بر سرمایش تابشی شبانه، سایه اندازی حفاظتی در طول روز و تبخیر از سطح زمین، گیاهان و سطوح آب موجود در حیاط مهمترین عوامل در کارکرد حرارتی حیاط هستند. حیاطها به عنوان تله سرمایی عمل کرده و سرما را در خود حفظ می‌کنند. در طول روز حیاط به دلیل سایه‌اندازی، سرمایش تبخیری و حفظ هوای خنک شب، معتدل‌تر از فضاهای کاملا باز خارجی است. کنترل سایه در ساختمانها سبب بهبود بارهای سرمایشی و گرمایشی و آسایش بصری و حرارتی خواهد شد. در مطالعه‌ای بیان شده است که کنترل سایه‌اندازی و تابش تا ۳۱٪ سبب کاهش مصرف انرژی (روشنایی، گرمایش و سرمایش) در ساختمان خواهد شد. (زمپلیو و آتی انتیس، ۲۰۰۷ :۳۸) بنابراین جداره ها با سایه‌اندازی مناسب خود در ماههای گرم و دریافت بهتر در ماههای سرد، تعامل بهتری با انرژی خورشیدی داشته‌اند. از طرفی دیگر وسعت حیاط فضای مناسبی برای اجاد خرداقلیم فراهم می‌آورد که هم باعث تعدیل تابش در ماههای گرم شده و هم در مواقع طوفانی فضای آرام تری در حیاط ایجاد می‌کند. (زارعی، میردهقان، ۱۳۹۵ :۱۷)

تصویر۱: عملکرد حرارتی گودال باغچه (کروکی از: وبگاه آپ گرین گرید)

۳-۲- گودال باغچه

احداث گودال باغچه در سطح پایین در ترکیب با درختان و حوض فضایی خنک ایجاد می کند. در تابستان، درختان مانع از تابش خورشید به فضاهای پایین شده و در زمستان در نتیجه ریزش برگ درختان از تابش خورشید استفاده می شود. در فصل تابستان اختلاف درجه حرارت قابل توجهی بین حیاط گودال باغچه و حیاط بالا وجود دارد. گودال باغچه به خودی خود به عنوان یک تولید کننده هوای تازه و خنک، برای فضاهای حیاط بالا عمل می کند. (مورف، ۱۳۸۲) در این فضا از اثر جرم زمین جهت گرمایش زمستان و سرمایش در تابستان استفاده شده است. (وکیلی نژاد، ۱۳۹۲:) با توجه به کوچکتر و پایینتر بودن این حیاطها و استفاده از رطوبت و خنکی زمین، علاوه بر رطوبت گیاهان و خنکی آب،

در واقع فضایی مطلوب از نظر اقلیمی شکل می‌گیرد. این ویژگی از تهویه بـه کمک عناصر طبیعی چون پوشش گیاهی و آب و همچنین تهویـهٔ طبیعی زمین‌گرمایی که همه از راهکارهـای سرمایش غیرفعال هستند. (یاران، جعفری، ۱۴۰۱ :۵۶)

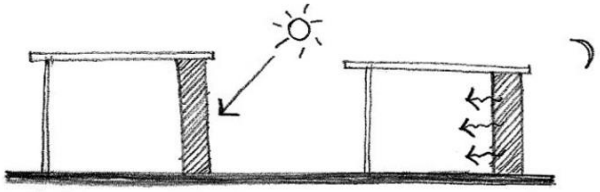
۳-۳- ایوان

هدف از احداث ایوانها ایجاد فضایی پرسایه است که با توجه به عمق و ارتفاعهای مختلف می تواند جهت سرمایش و گرمایش در فصل گرم و سرد و یا تنها جهت سرمایش در تمام فصول بکار رود. در مناطق گرم ایوان فضایی پرسایه است که با استفاده از تهویه مستقیم و ایجاد کوران، به دلیل ایجاد مناطق با فشارهای هوایی متفاوت به واسطه فضاهای خالی و پر (ایوان و فضاهای مجاورش) سبب کاهش دما می شود. علاوه بر این در ایوانهای مرتفع، تهویه دودکشی نیز در سرمایش فضا موثر است. (وکیلی نژاد، ۱۳۹۲ :) سقف و جداره‌های چندلایـه ایوان مانند پوسته‌ی خارجی عمل می‌کنند و تابش مستقیم خورشید را در خود ذخیره کرده و از ورود بـه فضـای داخلی جلوگیری می‌کند. (بهادری‌نژاد، ۱۳۸۱، ۱۴) ایوان را می توان یک فیلتر فضایی و فصل مشترک بین دو فضای باز و بسته دانست که به لحاظ اقلیمی یکی از تمهیدات ارزشمند معماری ایرانی است (نظیف، ۱۳۹۲ :۶۰) ایوان ها ضمن ایجاد سایه در تابستان، در زمستان نیز مانع نفوذ آفتاب تا عمق اتاق نشود. ایوانها سبب بهبود عملکرد حرارتی فضای پشتی خود در برابر شرایط محیطی، در برابر تابش خورشید و شرایط جوی می‌تواند محافظت شود. همچنین فضای مفید سایه‌داری برای انجام فعالیتهای متعدد فراهم می‌کند. (صفری اصل، ۱۴۰۱ :۵۳)

۳-۴- مصالح با ظرفیت حرارتی زیاد

استفاده از مصالح حرارتی، برای ذخیره گرمای روزانه و تخلیه شبانه آن با استفاده از تهویه شبانه سبب کاهش دما می گردد .سرمایش بنا با تهویه شبانه نیز مستلزم استفاده از مصالح با ظرفیت حرارتی زیاد است. در روز، با ذخیره حرارت در مصالح ساختمانی در طول روز و کاهش دمای هوای بیرون در شب، جریان تهویه هوا از خارج به داخل بنا ایجاد شده و گرمای آزاد شده از مصالح را به خارج هدایت می کند. بدین ترتیب مصالح خنک شده و قابلیت جذب گرمای روز بعد را پیدا می کنند. (برون، ۲۰۰۱) از طرفی در صورتیکه در شب دمای هوای داخل ساختمان کمتر از هوای خارج باشد، گرمای ذخیره شده در مصالح در طول روز وارد فضای داخلی ساختمان شده و این چرخه سرمایش و گرمایش مصالح، هر روز تکرار می شود. بنابراین استفاده از مصالح با جرم حرارتی زیاد موجب ایجاد یکنواختی حرارتی و کاهش نوسانات روزانه در ساختمان می شود. (جیوونی، ۱۹۸۸) علاوه بر کاهش نوسانات دما، در ساختمانهای حجیم سنتی، وجود مصالح با جرم زیاد در جداره ساختمان، مشابه عملکرد دیوارهای ترومب در سامانه های ایستا، تاخیر زمانی عمده ای در انتقال دمای هوای خارج به داخل وجود دارد. اگر مصالح داخل ساختمان مصالحی با جرم زیاد باشند، سرمایش از طریق تهویه در طول

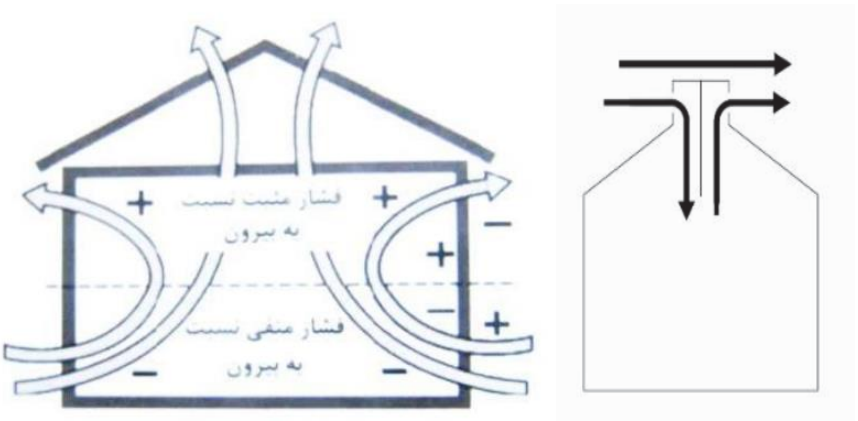
شب می تواند گرمای جذب شده در طول روز را در داخل ساختمان به جریان بیندازد (مور،۱۳۸۲). گرچه تهویه در این مورد نقش اندکی داشته و انتقال انرژی از مصالح به فضای داخلی اهمیت بیشتری دارد.



تصویر ۲: عملکرد مصالح با ضریب حرارت زیاد، روزها مانع جذب گرما و شب ها تابش گرما (وکیلی نژاد، ۱۳۹۲ :۱۵۶)

۳-۵- تهویه دودکشی با پنجره های زیر سقفی

استفاده از پنجره های زیر سقفی در برخی فضاها با ارتفاع زیاد متداول بوده است. هوای داخل پس از گرم شدن به سمت بالا حرکت کرده و از منافذ بالایی در مجاورت سقف خارج می شود. (وکیلی نژاد، ۱۳۹۲) در این نوع تهویه، جریان هوا توسط اختلاف فشاری که در نتیجه اختلاف دما است، بوجود می‌آید که به طور معمول در مقایسه با جریان هوا توسط باد، مقدار کمتری جابجا می شود. مواقعی که هوای درون ساختمان گرمتر از هوای بیرون باشد، دو دریچه که در پایین‌ترین و بالاترین نقطه ساختمان نصب می‌شوند. هوای خنک‌تر از طریق دریچه‌ی پایینی به داخل و از طریق دریچه‌ی بالایی به بیرون هدایت می‌شود. (قیابکلو، ۱۳۹۲)



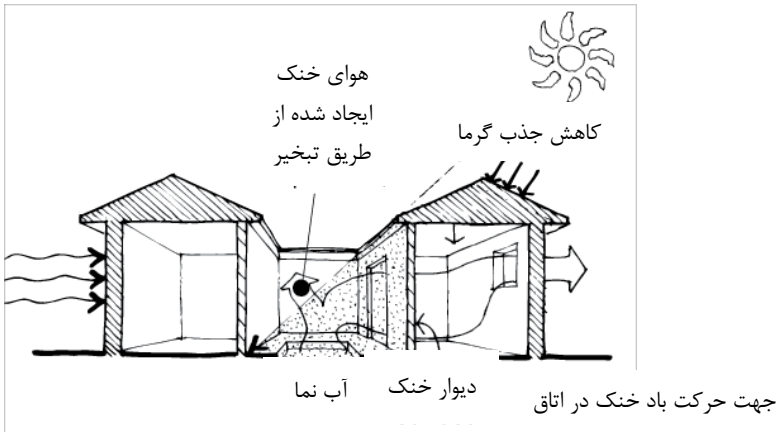
تصویر۳: جریان هوا درون ساختمان توسط اختلاف دما (از: قیابکلو، ۱۳۹۲)

۳-۶- بدنه آب (آبنما و حوض) در مجاورت ساختمان

استفاده از تبخیر آب، علاوه بر کاهش دما، باعث افزایش رطوبت ولطافت هوا نیز می شود. میزان برودت ایجاد شده، به مساحت بدنه آب و دمای آن، سرعت باد و رطوبت نسبی هوا بستگی دارد. در شرایط معتدل از نظر دما، رطوبت و باد، 1 متر مربع از آب، در نتیجه تبادل گرما، بین هوا و لایه بسیار نازکی از سطح خارجی آب، می تواند به اندازه ۲۰۰ وات سرمایش ایجاد کند. (مور،۱۳۸۲) در حیاطهای مرکزی استفاده از آبنما و حوض، در مقابل قسمت اصلی تابستان نشین در راستای استفاده از سرمایش تبخیری و خنک کردن هوای ورودی به ساختمان صورت گرفته است. در همین راستا افشاندن

آب با فواره، آبپاشی سطح زمین و استفاده از پوشش گیاهی نیز برای افزایش مساحت بدنه آب و استفاده از سرمایش تبخیری ایجاد شده توسط قطرات ریز آب بوده است. (وکیلی نژاد و دیگران، ۱۳۹۲ :۱۵۲)

همچنین وجود حوض آب بخشی از گرد و خاک هوا را جذب کرده و از پراکنده شدن آن در فضای داخلی جلوگیری می‌کند. (زارعی، ۱۳۹۵ :۱۷)



تصویر۴: تاثیر آب نما مجاور ساختمان (کروکی از: وبگاه آپ گرین گرید)

۳-۷-گره بندیهای چوبی پنجره ها

یکی از مهمترین راهکارهای سرمایشی ایجاد سایه و ممانعت از تابش خورشید به فضای داخلی در تابستان است. تاثیر سایبان پنجره‌ها و تهویه طبیعی در تعیین دمای هوای داخلی یک ساختمان، بسیار بیشتر از تاثیر جهت پنجره هاست. در جهات جنوب، جنوب شرقی و غربی، سایبان های افقی موثرتر از سایبان های عمودی اند اما سایبانهای قابی شکل، متشکل از سایبان های عمودی و افقی موثرترین نوع سایبان در این جهات می باشند. (لکنر، ۱۳۸۵) در دو جهت شرق و غرب نیز با استفاده از سایبان های قابی شکل در اطراف پنجره می -توان سایه مناسب بر روی پنجره ایجاد نمود. گره بندیهای چوبی و گچی در ارسی های ساختمان را می توان نوعی از سایه اندازهای قابی شکل به صورت ترکیبی از عناصر افقی و قائم درنظر گرفت. این سایبانهای متخلخل با سایه اندازی بر شیشه، علاوه بر پخش یکنواخت نور، سبب کاهش میزان خیرگی و آزار بصری می شوند. علاوه بر این با توجه به قابلیت جابجایی و حرکت می توان عملکرد آنها را متناظر با سایبان های فصلی قابل تنظیم با قابلیت جذب مستقیم در زمستان به شمار آورد. علاوه بر عناصر معماری فوق، راهکارهای مختلفی نیز در جهت ایجاد آسایش صورت می گرفته که بسیاری از آنها به عنوان جزئی از فرهنگ و آداب زندگی مردم گردیده است. از جمله این موارد می توان به آبپاشی محیط حیاط و بام و... در راستای استفاده از برودت تبخیری اشاده کرد. زیرا دفع گرما از طریق مرطوب سازی سطوح، می تواند از طریق تبخیر موجب خنک شدن آنها شود. (لکنر،۱۳۸۵)

۴- نحوه تامین آسایش حرارتی و عناصر کالبدی مدارس متناسب با آن در دوره های قاجار تا پهلوی

۴-۱- سامانه‌های ایستا در نمونه‌های مدارس سنتی (دوره قاجار)

مسجد و مدرسه خان مروی را در سال ۱۱۹۴ ه.ش. محمدحسین خان ملقب به فخرالدوله والی مرو در زمان سلطنت فتحعلی شاه بنا کرد. صحن این مدرسه، مستطیل شکل است و شامل چندین حجره، سه مدرس، یک کتابخانه، چند باغچه و حوض بزرگ و تابع الگوی چهارایوانی است. «این الگو مبتنی بر استقرار حجره‌های طلاب در چهارسوی یک

حیاط مرکزی بوده است و حیاط که اغلب به صورت چهار ایوانی است، نقشی محوری به عنوان یک عنصر نظم دهنده در ساماندهی و ترکیب فضاهای مختلف را ایفا می‌نماید.» (سمیع آذر، ۱۳۷۶)

مدرسه دارالفنون (۱۲۳۰ه.ش) نقطه عطفی در سیستم آموزشی ایران بوده و در واقع، اولین بنای آموزشی به سبک نوین است که در آن مباحث و یافته‌های جدید علمی تدریس شد و از عوامل مهم تجدد و تحول در ایران بشمار می‌رود. در این دوران، عناوین درسی تفکیک و تثبیت شدند و طبق برنامه‌ای مدون، به مدارس ابلاغ شدند. پس از تغییر در شیوه‌ی آموزش، در مدرسه دارالفنون، به عنوان اولین مدرسه‌ای که شیوه‌ی نوین آموزش را اجرا کرد، کماکان حیاط مرکزی با ترکیبی مستطیلی، حفظ شده است و عناصر فضایی-عملکردی پیرامون آن شکل گرفته‌اند. به نحوی که کلاسها در سه سمت حیاط، در دو طبقه قرار گرفته‌اند و در سمت جنوبی آن، دو تالار وجود دارد. به این ترتیب، با وجودیکه راهروهای مستقر در پشت کلاس‌ها، دسترسی‌ها را تأمین می‌کنند، اما همچنان این حیاط است که ترکیب‌بندی فضاهای مختلف را حولِ مرکزیت خود سامان داده است. (بانی مسعود، ۱۳۹۰) به تدریج در ترکیب مدارس، نقش و اهمیت ایوان به عنوان فضای نیمه‌باز و حیاط به عنوان فضای باز کمرنگ می‌شود و راهرو به عنوان مهمترین فضای ارتباطی مطرح می‌شود.

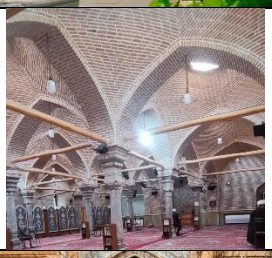
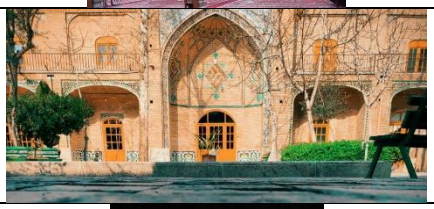
در دو دهه‌ی ۱۳۰۰ تا ۱۳۲۰ه.ش.، در تمام شهرهای بزرگ ایران، مدارس مختلفی ساخته شدند و آموزش، همگانی گردید. ساختمان آموزشی شامل مدارس ابتدایی تا عالی که از مهمترین مؤسسه‌های تمدنی جدید محسوب می‌شوند، طراحی و اجرا شد. «وزارت معارف و اوقاف و صنایع مستظرفه» عهده‌دار طرح و ایجاد مدارس بوده است. از بین این نمونه‌ها، **دبیرستان البرز** (۱۳۰۴ه.ش.) به شکل بارزی دگرگونی‌های معماری مدارس جدید را در خود نمایان ساخته و مدارس متعددی با شیوه، عملکرد و ترکیب فضایی مشابه آن، در شهرهای مختلف ایران ساخته شدند. لذا می‌تواند «کلید مطمئنی برای فهم تغییر شکل مدارس معاصر ایران محسوب گردد» (دانیل، ۱۳۸۲) در البرز، فیروز بهرام و کمال، حیاط، تنها در محدوده‌ی یک مکان فیزیکی باز تعریف می‌شود و ساختمان اصلی را احاطه می‌کند. این تحول در واقع سامان‌دهی جدید فضاهای پر و خالی بود که در مدرسه البرز به تجلی رسید و پس از آن در اغلب مدارس ایران همین شیوه طراحی ادامه یافت. نظم جدید ناظر بر این واقعیت بود که «آموزش و پرورش نوین عمدتاً در درون ساختمان اتفاق افتاده، فضاهای باز و نیمه‌باز در آن جایگاه مهمی ندارند. برای چنین خصوصیت عملکردی یک راهروی داخلی به عنوان عنصر اتصال‌دهنده فضاها معقول‌تر به نظر می‌رسد تا یک حیاط خارجی» (سمیع آذر، ۱۳۷۶) به این ترتیب، در این مدارس، فضای باز بدون کوچکترین تأثیری بر فضای بسته، شکل گرفتند.

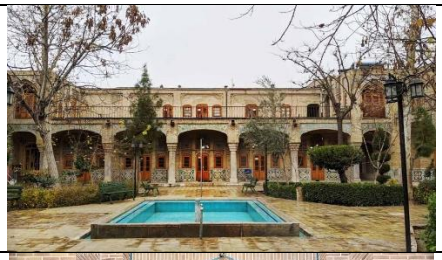
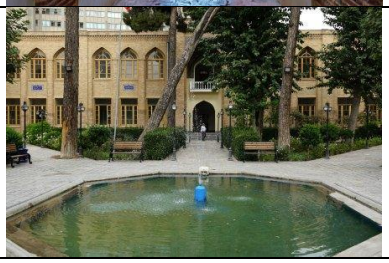
فضاهای مشترک مانند ایوان و رواقهای فضای باز، در مدرسه مروی، ایوانها و رواقها به عنوان فضای نیمه‌باز به عنوان محل تدریس و همچنین برگزاری نماز و عبادت مورد استفاده قرار گرفته و در صورت نیاز حیاط نیز به آن ملحق شده است و در مناسبت‌های خاص مذهبی، امکان حضور انبوه مستمعین فراهم می‌شد. چیدمان رواق و ایوانها و فضاهای داخلی و ارتفاع آن، سبب کنترل مناسبتر دمای فضای و حس ماندگاری بیشتر مهارتجو ها را ایجاد می نمود.

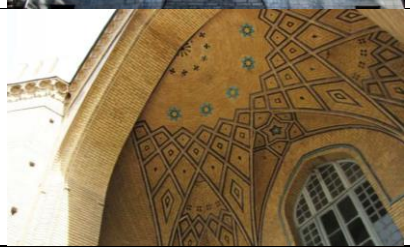
در دارالفنون و البرز، ایوان‌ها تنها دسترسی را تأمین می‌کنند و نقش و عملکرد آموزشی، عبادی و اجتماعی ندارند. «کاهش تعداد و ارزش ایوان‌ها که از دارالفنون آغاز شد» (سمیع آذر ۱۳۷۶) موجب شد ارتباط فضای بسته با فضای باز کاهش یابد و در مدرسه دارالفنون، ایوان‌ها، به دلیل نزدیکی با حیاط، تنها در برگزاری اجتماعات داخلی مدرسه، می‌تواند در ایجاد سایه و تامین آسایش حرارتی، موثر باشند و از سامانه‌های ایستا اندکی برخوردار است. در حالی است که فضای طراحی شده مطلوبیت حداکثری را در تطبیق دمایی هر چه بیشتر دانش آموز مهیا می کند. تهویه مطبوع این مدرسه، اثربخشی قابل قبولی را تنظیم دمای داخل و بیرون فضای آموزشی و در نتیجه افزایش ماندگاری و بهبود یادگیری ایجاد می نموده است. در بررسی میدانی، تطبیق دمایی و حس مطلوب ، باعث حداقل ۵۰ درصد حس بیشتر ماندگاری در محیط آموزشی و یا کلاس درس می شود که این امر در ارتقا یادگیری بسیار موثر است. به عنوان مثال اگر دانش‌آموزی

۶۰ دقیقه امکان نشستن و حضور در کلاس درس را داشته باشد، در صورت بهبود سیستم تهویه و تنظیم دما، اعم از گرما یا سرما، این امکان حضور مستمر و ادامه تدریس و یادگیری تا ۹۰ دقیقه قابل افزایش خواهد بود.

جدول۱. نتیجه گیری از مباحث پژوهش (از: نگارنده)

مدرسه	عنصر معماری	اصول طراحی سامانه ایستا	توضیحات
مدرسه مروی (نمونه مدارس سنتی)	۱.حیاط مرکزی	• سرمایش تبخیری (مستقیم) • سرمایش تابشی سرمایش از طریق تهویه • تهویه عبوری و تهویه دودکشی • سرمایش از طریق تهویه شبانه • سایه اندازی • تله سرمایی	
	۲.گودال باغچه	• سرمایش تبخیری (مستقیم) و تابشی، از طریق تهویه و اثر جرم (تماس مستقیم) • تابش شبانه • سایه‌اندازی • تله‌ی سرمایی	
	۳.ایوان	• سرمایش از طریق تهویه (تهویه عبوری و تهویه دودکشی) • سرمایش تبخیری (مستقیم و غیرمستقیم) در ترکیب با بدنه‌های آب مجاور • سایه اندازی	
	۴.شبستان	• سرمایش با اثر جرم (تماس مستقیم) • سرمایش از طریق تهویه (تهویه عبوری و تهویه دودکشی) • ذخیره‌سازی فصلی حرارت	
	۵.مصالح با ظرفیت حرارتی زیاد	• سرمایش با تهویه شبانه • تاخیر در زمان حرارت • کاربرد در گرمایش به صورت جذب مستقیم و دیوار ذخیره ساز حرارتی	
	۶.پنجره‌های زیر سقفی	• سرمایش از طریق تهویه (تهویه عبوری و تهویه دودکشی)	

	۷.بدنه‌های آب مجاور ساختمان	• سرمایش تبخیری (مستقیم و غیرمستقیم)	
	۸.گره بندی چوبی و گچی پنجره	• سایه اندازی	
	۹. خیشخان	• سرمایش تبخیری • سرمایش از طریق تهویه عبوری	
مدرسه دارالفنون (نمونه آغازین مدارس نوین)	۱. ایوان	• سرمایش از طریق تهویه (تهویه عبوری و تهویه دودکشی) و تبخیر (در ترکیب با بدنه-های آب مجاور) • سایه اندازی **اما به این دلیل که فقط به لابی ارتباط دارد، نمی‌تواند هوای مطلوب برای کلاس-ها تامین نماید.**	
	۲. حیاط مرکزی	• سرمایش تبخیری (مستقیم) • تهویه عبوری و تهویه دودکشی • تابش شبانه سرمایش تبخیری (مستقیم و غیر مستقیم) در ترکیب با بدنه‌های آب مجاور • سایه اندازی • تله سرمایی	
	۳. گودال باغچه	• سرمایش تبخیری (مستقیم) و تابشی، از طریق تهویه و اثر جرم (تماس مستقیم) • تابش شبانه • سایه‌اندازی • تله‌ی سرمایی	
	۴. بدنه‌های آب مجاور ساختمان	• سرمایش تبخیری (مستقیم و غیرمستقیم)	

	۵.گره بندی چوبی و گچی پنجره	• سایه اندازی	
مدرسه البرز (الگوی مدارس معاصر)	۱. ایوان	• سرمایش از طریق تهویه (تهویه عبوری و تهویه دودکشی) • سایه اندازی **اما به این دلیل که فقط به لابی ارتباط دارد، نمی‌تواند هوای مطلوب برای کلاس-ها تامین نماید.**	
	۲. مصالح با ظرفیت حرارتی زیاد	• سرمایش با تهویه شبانه • تاخیر در زمان حرارت • کاربرد در گرمایش به صورت جذب مستقیم و دیوار ذخیره ساز حرارتی	
	۳. پنجره‌های زیر سقفی	• سرمایش از طریق تهویه (تهویه عبوری و تهویه دودکشی) **اما به این دلیل که فقط به لابی ارتباط دارد، نمی‌تواند هوای مطلوب برای کلاس-ها تامین نماید.**	

۵- نتیجه گیری

طراحی اقلیمی با بهره گیری از انرژی های تجدیدپذیر و بکارگیری سامانه های ایستا در صرفه جویی در مصرف انرژی، بسیار موثر عمل می‌نماید. می‌توان گفت در طراحی همساز با اقلیم، سامانه‌های ایستا با استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و در تطبیق با اقلیم منطقه، یکی از مهمترین عوامل در شکل‌گیری عناصر معماری بوده و بیشترین تاثیر را بر ترکیب و جانمایی فضاها داشته‌اند. هدف این نوع معماری همان گونه که در معماری سنتی ایران دیده می‌شود، استفاده از سیستم‌های غیرفعال یا ایستا است. در بررسی سامانه‌های ایستا در نمونه‌های مدارس، دیده شد:

هشت سامانه ایستا در مدرسه مروی، نمونه‌ای از مدارس سنتی (دوره قاجار) شناخته شد:

۱- گودال باغچه،

۲- استفاده از زمین گرمایی،

۳- تهویه طبیعی،

۴- بهره گیری از سایه ایوان،

۵- مصالح با ظرفیت حرارتی زیاد،

۶- پنجره های زیر سقفی،

۷- بدنه آب (آبنما و حوض) در مجاورت ساختمان،

۸- گره بندیهای چوبی پنجره ها

چهار سامانه ایستا در مدرسه دارالفنون، به عنوان اولین بنای آموزشی به سبک نوین (دوره قاجار) شناخته شد:

۱- حیاط مرکزی

۲- گودال باغچه

۳- بدنه‌های آب مجاور ساختمان

٤- گره بندی چوبی پنجره

ایوان (بدون تاثیر در فضاهای آموزشی)

یک سامانه ایستا در مدرسه البرز به عنوان الگوی مدارس نوین ایران (دوره پهلوی) شناخته شد:

۱- مصالح با ظرفیت حرارتی زیاد،

پنجره های زیر سقفی و ایوان (بدون تاثیر در فضاهای آموزشی)

بررسی‌ها نشان دادند مدارس سنتی ایران با بهره گیری از سامانه های ایستا و بدون استفاده از سامانه‌های مکانیکی، شرایط دمایی مناسب برای ساکنان فراهم کردند به نحوی که با تامین دمای مطلوب، در افزایش ماندگاری دانش آموز و در نتیجه ارتقای یادگیری موثر عمل نمود. تطبیق دمایی و سیستم گرمایش و سرمایش مدارس سنتی با توجه به شیوه آموزش و کیفیت فضایی مدرسه، و ارتقاء کیفیتِ تعاملات اجتماعی و افزایش ارتباط دانش آموزان با هم و ایجاد محیطی گرم و مطلوب، محیطی زنده و سرشار از تعاملات انسانی به ارمغان می‌آورد و موجب ارتقاء یادگیری می‌گردد.

تعمیم طراحی مبتنی بر توجه به تطبیق پذیری دمایی و افزایش مطلوبیت محیطی و بهبود عملکرد تاسیسات مکانیکی و تهویه مطبوع، اثر قابل توجهی بر حس ماندگاری دانش آموز در محیط دارد. به نحوی که به تطبیق دمایی، حس یادگیری تا حد قابل توجهی افزایش می یابد.

منابع

- بانی مسعود، ا. (۱۳۹۰). معماری معاصر ایران، تهران: هنر معماری قرن.
- بدلی باروق، نادر؛ عباسی، مسعود؛ بهکش، جواد (۱۳۹۳) نقش طراحی ساختمان سبز در صرفه جویی و بهینه سازی مصرف انرژی، پنجمین کنفرانس بین المللی رویکردهای نوین در نگهداشت انرژی.
- بهادری‌نژاد، مهدی و دهقانی، علیرضا. (۱۳۸۷). بادگیر شاهکار مهندسی ایران. تهران: یزدا.
- پیریایی، مهرانگیز، سید مجید مفیدی شمیرانی، و ژاله صابرنژاد. ۱۴۰۱. بررسی ریختشناسی حیاط مرکزی بناهای مسکونی بومی گرم و خشک، مورد مطالعه: شهر یزد. نشریه معماری و شهرسازی آرمانشهر ۴۰ ص ۴۱-۳۱
- خسروجردی، ن. مکرم دوست، ح. (۱۳۹۱). تاملی بر الفبای طراحی در فضاهای آموزشی مقطع ابتدایی، تهران: طحان.
- دانیل، و. شافعی، ب. سروشیانی، س. (۱۳۸۲)، معماری نیکلای مارکف، مجموعه معماری دوران تحول ایران، چاپ اول، تهران: دید.
- رضایی اصفهانی، م.ع. (۱۳۷۶). شیوه‌های تحصیل و تدریس در حوزه‌های علمیه. قم.
- زارعی، م.ا. میردهقان، ف.ا. (۱۳۹۵)، نقش الگوی حیاط مرکزی در تعدیل شرایط سخت اقلیم گرم و خشک منطقه یزد، فصلنامه مطالعات شهر ایرانی اسلامی، بهار، شماره ۲۳، صص ۱۸-۵.
- سلطان زاده، حسین، (۱۳۹۰)، نقش جغرافیا در شکل گیری انواع حیاط در خانه های سنتی ایران، پژوهش های جغرافیای انسانی (پژوهش های جغرافیایی)، دوره ۴۳، شماره ۷۵.
- سمیع‌آذر، ع. (۱۳۷۶). تاریخ تحولات مدارس در ایران، تهران: سازمان نوسازی توسعه و تجهیز مدارس کشور.
- صفری اصل، لیلا، (۱۴۰۱)، بررسی الگوها و گونه شناسی کالبدی ایوان در خانه های تاریخی؛ مطالعه موردی: خانه های قاجار و پهلوی اول شهر تبریز، مجله مسکن و محیط روستا، شماره ۱۷۷، صص ۶۰-۴۵.
- عینی فر، ع. (۱۳۸۲). الگویی برای تحلیل انعطاف‌پذیری در مسکن سنتی ایران، مجله هنرهای زیبا، شماره ۱۳، ص ۷۷-۶۴.

- غفاری، ع. (۱۳۷۷) اصول و مبانی طراحی فضاهای آموزشی، جلد سوم. تهران: سازمان توسعه و تجهیز مدارس کشور.
- قیابکلو، زهرا، (۱۳۹۲)، مبانی فیزیک ساختمان: سرمایش غیر فعال، جهاد دانشگاهی دانشگاه امیرکبیر، تهران.
- لکنر.ن، (۱۳۸۵)، گرمایش، سرمایش، روشنایی رویکردهای طراحی برای معماران، ترجمه کی نژاد.م و آذری.ر، دانشگاه هنر اسلامی تبریز
- مورف،ر. (۱۳۸۲)، سیستمهای کنترل محیط زیست تنظیم شرایط محیطی در ساختمان، ترجمه کی نژاد.م و آذری، دانشگاه هنر اسلامی تبریز.
- نظیف، حسن. (۱۳۹۲)، پایداری اندامهای معمار ایرانی در دوران گذار از دوران اسلامی. نشریه باغ نظر، سال دهم، شماره ۲۴، صص ۶۷-۵۷.
- وکیلی نژاد، رزا، مهدیزاده سراج، فاطمه، مفیدی شمیرانی، سید مجید، (۱۳۹۲)، اصول سامانه های سرمایش ایستا در عناصر معماری سنتی ایران، نشریه علمی-پژوهشی انجمن علمی معماری و شهرسازی ایران، شماره ۵، صص ۱۶۰-۱۴۷.
- یاران، علی، جعفری، پرستو، (۱۴۰۱)، تجزیه و تحلیل نقش انرژی غیرفعال در ارزیابی خانه های کاشان، مجله منظر، مجلۀ منظر، ۱۴(۵۹)، صص ۵۷-۴۰.
- Brown, GZ & Dekay M, (2001), Sun, Wind and Light architectural design strateges, America.
- Givoni, Baruch, (1988), Copyright by Van NostrandReinhold, Climate Consideration in Building and Urban Design, Printed in United States of America.
- Stine, Sh. (1997). Designing Landscapes for Learning. Annual Meeting Proceedings. Washington, D.C.: American Society of Landscape Architects (ASLA).
- Tzempelikos, A., Athienitis, A. K. (2007). The impact of shading design and control on building cooling & lighting demand. Solar Energy, (3): 369-398.