

رابطه شدت نور طبیعی و یادگیری در معماری مدارس دوره صفوی (نمونه موردی: مدارس چهارباغ و جده‌بزرگ اصفهان)

زکریا کریمی^{۱*}، شاهین حیدری^۲، عیسی حجت^۲

۱- پژوهشگر دکتری معماری، گروه معماری، دانشگاه تهران، پردیس بین‌المللی کیش، ایران

۲- استاد دانشکده معماری، دانشکده‌های هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، تهران، ایران

(این مقاله برگرفته از رساله دکتری زکریا کریمی با عنوان تأثیر نور طبیعی بر یادگیری در معماری فضاهای آموزشی است که با راهنمایی دکتر شاهین حیدری و دکتر عیسی حجت در دانشگاه تهران، پردیس بین‌المللی کیش، در حال انجام است.)

چکیده

نور طبیعی در مدارس تاریخی ایران، افزون بر تأمین روشنایی، عاملی مؤثر در کیفیت یادگیری است. با این حال، رابطه کمی آن با یادگیری در مدارس صفوی که دوران شکوفایی معماری آموزشی ایران است، بررسی نشده است. این پژوهش با رویکرد کمی (پیمایشی-تحلیلی) در دو مدرسه صفوی اصفهان (چهارباغ و جده‌بزرگ) صورت پذیرفت. داده‌های شدت نور (لوکس) در دو نوبت صبح و عصر از ۱۲ نقطه مختلف توسط لوکس‌سنج جمع‌آوری و در پنج گروه نوری طبقه‌بندی شد. کیفیت یادگیری نیز هم‌زمان با پرسشنامه‌های استاندارد در سه گروه سنی (۱۶-۲۰، ۲۱-۳۰ و ۳۱-۵۰ سال) از ۲۸ مشارکت‌کننده ارزیابی گردید و ۵۰۴ داده ارزیابی ذهنی جمع‌آوری شد. داده‌ها با آزمون‌های Mann-Whitney و T-test تحلیل شدند. یافته‌ها حاکی از آن است که: (۱) افزایش شدت نور تا آستانه‌ی ۱۱۰۰۰ لوکس، کیفیت یادگیری را در هر سه شیوه (انفرادی، مباحثه‌ای و استادمحور) به‌طور معناداری افزایش داد، اما شدت‌های بالاتر تأثیر معناداری نداشت؛ (۲) تأثیر نور بر هر سه شیوه یادگیری تفاوت معناداری نداشت؛ (۳) حساسیت به نور با افزایش سن کاهش یافت؛ گروه ۱۶-۲۰ سال بیشترین تأثیرپذیری را داشتند و گروه ۳۱-۵۰ سال وابستگی معناداری نشان ندادند؛ (۴) توزیع فضایی نور نشان داد مدرسه چهارباغ تنوع نوری بیشتری نسبت به مدرسه جده‌بزرگ دارد و حیاط مرکزی و ایوان شمالی آن مطلوب‌ترین فضاهای یادگیری هستند؛ (۵) درحالی‌که استانداردهای رایج نور آموزشی (۳۰۰-۵۰۰ لوکس) بر مبنای نور مصنوعی تدوین شده‌اند، یافته‌های این پژوهش نشان داد کاربران مدارس سنتی، سطوح نوری فراتر از این بازه (تا ۱۱۰۰۰ لوکس) را برای یادگیری مناسب می‌دانند. مدارس صفوی با عناصری چون ایوان‌ها، حیاط مرکزی و درختان، نور خورشید را از ۵۰۰۰۰ لوکس در بام به زیر ۱۰۰۰۰ لوکس در فضای مدرسه تعدیل کرده و با تنوع‌بخشی نوری، امکان انتخاب فضای مناسب برای سنین و شیوه‌های یادگیری گوناگون را فراهم ساخته‌اند. هرچند تعمیم‌پذیری نتایج به سایر فصول و ساعات نیازمند مطالعات تکمیلی است.

تاریخ دریافت:

۰۷ دی ۱۴۰۴

تاریخ پذیرش:

۲۲ تیر ۱۴۰۵

کلیدواژه‌ها:

معماری فضای آموزشی،

نور طبیعی،

یادگیری،

مدارس صفوی،

اصفهان

doi : 10.22034/AHDC.2026.24167.1901

E-ISSN: 2645-372X /© 2023. Published by Yazd University This is an open access article under the CC BY 4.0 License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



۱- مقدمه

به گفته هیلن براند، اصولاً از سوی محققین معماری اسلامی خاستگاه پیدایش فضای آموزشی یا همان مدارس اسلامی در جهان، ایران عنوان شده است (هیلن براند، ۱۳۹۰). هرچند سابقه فضاهای آموزشی در ایران به دانشگاه جندی شاپور در دوره حکومت ساسانیان، به عنوان مهم‌ترین و بزرگ‌ترین مرکز علمی عصر خود برمی‌گردد (سارتن، ۱۳۸۳). اوج مدرسه‌سازی در ایران در زمان سلجوقیان و به همت خواجه نظام الملک بوده است (کسای، ۱۳۷۴). دوره صفوی بدون تردید عصر طلایی مدارس در ایران به شمار می‌آید؛ ترکیب کلی پلان آرایش چهار ایوانی بود، ضمن آنکه حجم و تنوع فضایی بیشتر و استفاده سخاوتمندانه‌تر از تزئینات و کاشی‌کاری، آن‌ها را از مدارس دوره تیموری و سلجوقی متمایز می‌ساخت و مطابق الگوی سنتی، حیاط مرکزی در دوطبقه ساخته می‌شد (سمیع آذر، ۱۳۷۶). معماری مدارس سنتی ایران، به‌ویژه در عصر صفوی، تداوم سنت‌های معماری پیشین را با بهره‌گیری از سازمان‌دهی درون‌گرای حیاط مرکزی درآمیخته و بستری چندعملکردی برای فعالیت‌های آموزشی، مذهبی و اقامتی پدید آورده است. در این نظام فضایی، عناصری نظیر ایوان‌ها، ایوانچه‌ها و حیاط مرکزی، افزون بر کارکردهای اقلیمی-عملکردی، نقشی کلیدی در توزیع نور طبیعی و سامان‌دهی محیط‌های یادگیری ایفا می‌کنند. با این حال، علی‌رغم انبوه پژوهش‌های صورت گرفته در زمینه ویژگی‌های کالبدی این بناها، بررسی کمی و نظام‌مند رابطه‌ی میان پارامترهای محیطی (به‌ویژه شدت نور طبیعی) و کیفیت فرآیندهای یادگیری، همچنان در هاله‌ای از ابهام باقی مانده است. مطالعه‌ی حاضر باهدف پر کردن این خلأ پژوهشی طراحی شده است.

پژوهش حاضر به بررسی تأثیر شدت نور طبیعی بر کیفیت یادگیری در مدارس دوره صفوی اصفهان می‌پردازد. پرسش اصلی تحقیق این است که آیا تنظیم نور طبیعی از طریق سازمان فضایی مدارس سنتی، بر ارتقای کیفیت یادگیری تأثیرگذار بوده است؟ بر این اساس، فرضیه پژوهش بر وجود رابطه معنادار میان شدت نور طبیعی و کیفیت یادگیری استوار است که احتمالاً تحت تأثیر متغیر سن فراگیران قرار می‌گیرد.

این پژوهش با رویکرد پیمایشی-تحلیلی و روش کمی انجام شده است. در مرحله نخست، پس از بررسی کتابخانه‌ای و میدانی مدارس فعال دوره صفوی در اصفهان، دو نمونه شاخص «مدرسه چهارباغ» و «مدرسه جده‌بزرگ» بر اساس معیارهایی نظیر مساحت حیاط، وجود گنبدخانه، تعداد ایوان‌ها و امکان دسترسی به محصلین، به‌عنوان بستر پژوهش انتخاب شدند. در مرحله دوم، داده‌ها در دو بخش گردآوری شد: نخست، اندازه‌گیری میدانی شدت نور طبیعی (Lux) در نقاط منتخب با استفاده از لوکس‌متر دیجیتال و طبقه‌بندی آن‌ها در پنج گروه نوری؛ و دوم، توزیع پرسشنامه‌های استاندارد میان محصلین جهت سنجش کیفیت یادگیری در سه شیوه یادگیری. در مرحله نهایی، داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای Excel و SPSS و از طریق آزمون‌های آماری T و Mann-Whitney مورد تحلیل قرار گرفتند.

پرسش‌های پژوهش

- ۱- آیا بین شدت نور طبیعی در فضاهای آموزشی مدارس دوره صفوی (مدارس چهارباغ و جده‌بزرگ) و کیفیت یادگیری در سه شیوه اصلی یادگیری (انفرادی، مباحثه‌ای و استادمحور) رابطه‌ای معنادار وجود دارد؟
- ۲- آیا سن فراگیران در رابطه بین شدت نور طبیعی و کیفیت یادگیری تأثیرگذار است؟ آیا حساسیت به نور طبیعی در گروه‌های سنی مختلف متفاوت است؟

۲- پیشینه تحقیق

پژوهش حاضر برآمده از هم‌پوشانی سه عرصه دانشی متمایز اما به‌هم‌پیوسته است: نخست، معماری مدارس صفوی به‌عنوان بستر فیزیکی پژوهش، دوم، ارتباط میان شیوه‌های یادگیری و معماری در نظام آموزشی سنتی به‌عنوان متغیر وابسته و سوم، نسبت نور طبیعی با یادگیری به‌عنوان متغیر مستقل. بررسی پیشینه نشان می‌دهد که مطالعات پیشین عمدتاً در یکی از این سه حوزه یا در تلاقی دو حوزه متمرکز بوده‌اند، اما هیچ پژوهش یکپارچه‌ای این سه ضلع را هم‌زمان پوشش

نداده است. به‌ویژه، رابطه نظام‌مند میان شدت نور طبیعی در معماری مدارس صفوی با شیوه‌های یادگیری و کیفیت آن در نظام آموزشی سنتی، پیش‌تر مورد تحقیق قرار نگرفته است. از این رو، پیشینه پژوهش در سه بخش مجزا بررسی گردید.

۲-۱- معماری مدارس تاریخی دوره صفوی

حیاتی در پژوهشی، همگانی‌تر شدن آموزش نسبت به ادوار گذشته، تأمین رفاه و آسایش، افزایش تنوع فضایی و کاربری به‌منظور اقامت طولانی‌مدت طلاب را محورهای اصلی طراحی مدارس صفوی عنوان می‌کند (حیاتی و همکاران، ۱۳۹۸). به عقیده وی، در دوره صفوی، گسترش حیاط به‌عنوان عنصری مرکزی با کارکرد سه‌گانه آموزشی-آیینی-اجتماعی، بهره‌گیری از انعطاف‌پذیری کاربری، ارتقای ابعاد حجره‌ها و تفکیک فضاهای خصوصی و عمومی به کمک ایوانچه، منجر به خلق فضاهای کارآمدی شد که با تکثیر مدرسه‌ها و استفاده از ایوان، شبستان و حیاط به‌عنوان فضاهای آموزشی متنوع، امکان تدریس هم‌زمان و انتخاب آزادانه طلاب را فراهم می‌آورد (همان). نتایج سایر پژوهش‌های مرتبط با معماری مدارس تاریخی ایران، به‌ویژه مدارس صفوی در جدول ۱ ارائه گردید.

جدول ۱: پیشینه پژوهش‌های مرتبط با معماری مدارس تاریخی دوره صفوی (مأخذ: نگارندگان)

ردیف	عنوان پژوهش	یافته‌های پژوهش	منبع
۱	بررسی اولویت فضای باز و نیمه‌باز در ساماندهی فضایی مدارس سنتی ایران	فضاهای باز و نیمه‌باز در مدارس سنتی ایران نقش کلیدی در ارتقای کیفیت فضا داشته‌اند. این نقش از طریق ۱- ساماندهی مرکزی حیاط، ۲- پشتیبانی از فعالیت‌های آموزشی در سه مقیاس (اجتماعات بزرگ، گروه‌های کوچک و انفرادی)، ۳- ایجاد تعامل با طبیعت در سه درجه کیفیت از طریق حیاط‌ها، ایوان‌ها، ایوانچه‌ها و بازشوها و تأمین آسایش حرارتی تحقق یافته است.	عطایی و همکاران، ۱۴۰۴
۲	بررسی تحول سازمان‌دهی فضایی در معماری مدارس دوره اسلامی: مطالعه تطبیقی دوره‌های سلجوقی، تیموری، صفوی و قاجار	الگوی مدارس سنتی در دوران سلجوقی، تیموری، صفوی و قاجار، متأثر از سیاست، مذهب حاکم و نیازهای طلاب، نسبت به دوره پیشین، تکامل فضایی یافته است. تحولات عمدتاً در جهت بهبود فضاهای اقامتی، آموزشی و نیایشی بوده است.	حیاتی و بهداروند، ۱۴۰۱
۳	بررسی تطبیقی انعطاف‌پذیری مدارس سنتی ایران از دوره سلجوقی تا قاجار	انعطاف‌پذیری ریز فضاهای مدارس (حجره، ایوان، میانسرا، گنبدخانه و شبستان) از دوره سلجوقی تا قاجار، مسیری تکاملی را پیموده است.	محسنی و خراباتی، ۱۴۰۰
۴	تحلیل و بررسی پیکربندی معماری فضاهای آموزشی مدارس ایرانی- اسلامی؛ مقایسه تطبیقی فضای عمومی و آموزشی در مدارس ایرانی	گونه مدارس خطی معاصر (مانند فیروزبهرام و البرز) نسبت به مدارس سنتی، کلاس‌هایی غیرمنعطف داشته و تمرکز بحث‌های آموزشی تنها در کلاس‌ها بوده است؛ اما در گونه مدارس حیاط مرکزی، فضای درسی توسعه‌پذیر و منعطف وجود داشته است. به عبارت دیگر، فضای نیمه‌باز ایوان و رواق، مکمل امر آموزش بوده، توسعه‌پذیری فضاهای آموزشی را فراهم کرده و محفل شکل‌گیری بحث، سخنرانی، خواندن نماز و تعاملات اجتماعی دانش‌آموزان بوده است.	نظریور و همکاران، ۱۴۰۰

معماری مدارس سنتی ایران، به‌ویژه در دوره صفوی، نظامی پیچیده و تکاملی داشته است. ریشه این نظام به دوره سلجوقی بازمی‌گردد، اما در دوره صفوی به اوج انسجام و غنای حسی خود می‌رسد. در این عصر، مدارس از نظر ابعاد، کیفیت حجره‌ها، حیاط، نظام ورودی و پیوند با فضای نیایشی به بلوغی رسیدند که نمونه شاخصی چون مدرسه چهارباغ اصفهان را پدید آورد. آنچه معماری مدارس سنتی را از معماری مدارس معاصر متمایز می‌کند، نگاه جامع به انسان و فرآیند یادگیری است. در این نگاه، فضای باز و نیمه‌باز و عناصر طبیعی، محیطی پویا و محرک تفکر و مباحثه ایجاد می‌کردند.

۲-۲- ارتباط شیوه‌های یادگیری و معماری در نظام آموزشی سنتی

نظام آموزشی ایران به سه دوره سنتی، نوین و انتقالی تقسیم می‌شود (علاقمند و همکاران، ۱۳۹۶). دوره اول با محوریت درک عمیق‌تر اسلام، شامل سه سطح مقدمات، سطح و خارج بود (همان). نظام آموزشی مدارس سنتی، ترکیبی

از شیوه‌های مختلف یادگیری-یاددهی (از جمله سخنرانی، تقریر، سمعی، مباحثه، روایت، مناقشه و مطالعه) بوده است که هنوز هم در حوزه‌های علمیه مرسوم است (خدابخشی و همکاران، ۱۳۹۴). به اعتقاد پیرنیا، ترکیب فضایی این مدارس به گونه‌ای بوده که حیاطی درون‌گرا به عنوان هسته‌ی مرکزی، حجره‌ها و ایوان‌ها را در پیرامون خود سازمان می‌داده و ایوانچه‌ها محل بحث و گفت‌وگوهای علمی بوده‌اند (پیرنیا، ۱۳۸۵). در عصر صفوی، نظام آموزشی هم‌سو با سیاست‌های حکومتی-مذهبی سامان یافته و کارکردی همگانی برای مدارس تعریف شد که به نوبه خود، بر کالبد معماری این بناها تأثیری بنیادین نهاد (سمیع‌آذر، ۱۳۷۶). خلاصه‌ای از پژوهش‌های مرتبط در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲: پیشینه پژوهش‌های مرتبط با ارتباط شیوه‌های یادگیری و معماری در نظام آموزشی سنتی (مأخذ: نگارندگان)

ردیف	عنوان پژوهش	یافته‌های پژوهش	منبع
۱	نقش مدارس شیعی عصر صفویه در توسعه فرهنگ و تمدن اسلامی (با تأکید بر دو مدرسه خان شیراز و مدرسه چهارباغ اصفهان)	از مهم‌ترین ویژگی‌های مدارس صفوی، توجه به نقش حیاط مرکزی و ایوانچه و بهره‌گیری از عناصر طبیعی برای تمرکز ذهن و مباحثه است.	احمدی مقدم و همکاران، ۱۴۰۰
۲	مقایسه تطبیقی چگونگی ارتباط میان فضای آموزشی و نیایشی در مسجد مدرسه‌های دوره تیموری و صفوی	اهمیت مباحثه و توجه به حیاط مرکزی باعث در نظر گرفتن فضای باز و نیمه‌خصوصی مانند ایوانچه و همچنین توجه به حضور عناصر طبیعی جهت تمرکز ذهن برای تفکر و رشد آموزشی می‌شود.	حیاتی و به‌داروند، ۱۴۰۰
۳	گونه‌شناسی معماری مدارس سنتی با تأکید بر تأثیر سیاست‌های آموزشی، مطالعه موردی: دوره صفویه	سیاست آموزش همگانی علوم شیعی در دوره صفوی عامل انعطاف‌پذیری بیشتر کالبد معماری مدارس گردید، به گونه‌ای که از حیاط، ایوان‌ها و حجره‌های طبقه همکف نیز برای آموزش و مباحثه استفاده می‌شد.	حیاتی و همکاران، ۱۳۹۸
۴	تبیین نقش آموزشی فضای باز در مدارس ایران با مطالعه تطبیقی مدارس سنتی تا معاصر (نمونه‌های موردی: مدرسه‌های چهارباغ، دارالفنون و البرز)	مدارس سنتی ایران با تکیه بر «فضای باز و نیمه‌باز» به عنوان ابزاری آموزشی و اجتماعی عمل می‌کردند، اما مدارس معاصر با حصر آموزش در کلاس‌های بسته، این فضاها را به حریم‌هایی صرفاً تفریحی و تنظیم‌کننده حرکت فرو کاسته‌اند.	طاهرسیما و همکاران، ۱۳۹۴

پیشینه پژوهش‌ها نشان می‌دهد که سیاست‌های آموزشی، از عوامل اصلی تحول معماری مدارس صفوی بوده است. در این دوره، با گسترش آموزش همگانی علوم شیعی، مدارس از نظر ابعاد حیاط و کیفیت ایوان‌ها و ایوانچه‌ها به بلوغ رسیدند. مهم‌ترین وجه تمایز این مدارس، نقش فضاها با باز و نیمه‌باز به ویژه ایوان‌ها و ایوانچه‌ها، به عنوان بستری برای مباحثه، تمرکز ذهن و یادگیری بوده است.

۲-۳- رابطه نور طبیعی و یادگیری

تبیین رابطه میان نور طبیعی و یادگیری را می‌توان در چارچوب نظریه‌ی ادراک محیطی جیمز گیسون و رویکرد پدیدارشناسانه یوهانی پالاسما جستجو کرد. بر اساس این دیدگاه‌ها، نور صرفاً یک متغیر فیزیکی تأمین‌کننده‌ی روشنایی نیست، بلکه عاملی ادراکی است که کیفیت فضای یادگیری را شکل داده و بر سطوح هشیاری، توجه و پردازش شناختی فرد تأثیر می‌گذارد (Gibson, 1979; Pallasmaa, 2005). در تکمیل این نگاه، نظریه بار شناختی سوئلر بیان می‌دارد که عوامل محیطی نامطلوب (از جمله نورهای خیره‌کننده یا بسیار کم‌فروغ) به عنوان محرک‌های مزاحم، بار شناختی اضافی بر یادگیرنده تحمیل کرده و فرآیند ادراک و یادگیری را با اختلال مواجه می‌سازند (Sweller, 1988). پژوهش حاضر با اتکا به این چارچوب نظری، به بررسی کمی تأثیر شدت نور طبیعی بر کیفیت یادگیری در بستر تاریخی مدارس صفوی می‌پردازد. در مقالات داخلی نیز، پژوهش‌هایی همبستگی قوی میان نور طبیعی و متغیرهایی نظیر تمرکز، راحتی و رضایتمندی را تأیید کرده‌اند (تابان و اسلامی‌مقدم، ۱۴۰۰). همچنین، سه پژوهش دیگر نشان می‌دهند که نور نامطلوب، استرس و اضطراب

را افزایش می‌دهد (ایمانی و موحد، ۱۳۹۶)، شدت، نوع، رنگ و جهت نور طبیعی بر کارایی و روحیه‌ی افراد تأثیرگذار است (پوردیهیمی و حاجی‌سیدجواد، ۱۳۸۷) و ترجیحات نوری تابع تیپ روانی افراد است (هراتی و همکاران، ۱۴۰۴). با این حال، هیچ پژوهشی که مستقیماً به بررسی تأثیر نور طبیعی بر یادگیری در مدارس سنتی پردازد، یافت نشد؛ از این رو، مرتبط‌ترین پژوهش‌ها در جدول ۳ ارائه شده‌اند.

جدول ۳: پیشینه پژوهش‌های داخلی در رابطه نور طبیعی و یادگیری (مأخذ: نگارندگان)

ردیف	عنوان پژوهش	نتایج/خلاصه پژوهش	منبع
۱	ارزیابی ترجیحات دیداری کاربران از نور در فضاهای معماری	پنج فضای نوری مختلف در معماری سنتی را معرفی کرده‌اند که هر کدام تجربه‌های متفاوتی (از سرزندگی تا آرامش و تأمل) ایجاد می‌کنند.	محبیان و ماندگاری، ۱۴۰۴
۲	بررسی عملکرد نور روز از طریق سنجش سه شاخص شدت روشنایی، فاکتور و عمق نفوذ نور در الگوی تلفیقی مسجد-مدرسه-مسکن معماری اسلامی ایرانی	شدت روشنایی در حجره‌ها کمتر از مدرسه است که این تفکیک هوشمندانه، ایوان را برای مطالعه و حجره را برای استراحت مناسب ساخته است.	میرشمسی و همکاران، ۱۴۰۲
۳	نورکاهی در معماری دوران صفوی نمونه‌های موردی: خانه‌ها، عمارت‌ها و مساجد شهر اصفهان	هرچه بنا رویکرد غیرمادی‌تری داشته باشد، بهره‌مندی از نور کم‌فروغ در فضاهای اصلی آن بیشتر است.	وحدت طلب و خداداد، ۱۴۰۱
۴	The geometry of light and learning: socio-spatial dynamics in a historic school-mosque	پژوهش در مسجد-مدرسه‌ی منصوریه‌ی شیراز نشان می‌دهد که ساختار نوری-فضایی، از طریق توزیع سلسله‌مراتبی نور (حداقل در حجره‌ها برای خلوت و تمرکز، متعادل در تالارهای مدرسه و حداکثر و یکپارچه در حیاط و مسجد برای تعاملات جمعی)، بستری معنایی-کارکردی فراهم می‌آورد که در آن هم‌نشینی پویای نور و فضا به تولید «یادگیری عمیق و معنا» می‌انجامد.	Mirzaei & Adibhesami, 2026
۵	Examination of daylight performance in educational buildings	این مطالعه با به‌کارگیری هم‌زمان معیارهای فنی (شدت روشنایی برحسب لوکس) و پیمایش ادراکی از دانشجویان در نمونه‌ای منتخب نشان می‌دهد که آسایش بصری در فضای آموزشی نه صرفاً تابع میزان نور روز، بلکه متأثر از توزیع متعادل آن و کنترل خیرگی است؛ از این رو ارزیابی جامع عملکرد نور روز مستلزم تلفیق شاخص‌های عینی و ذهنی است.	Çoban & Sali, 2026
۶	Lighting effects on visual and cognitive adaptation in multimedia classrooms	نور روز باعث افزایش آسایش بصری و کارایی عصبی در شرایط بار شناختی پایین می‌شود.	Wang et al., 2025
۷	Awareness of Daylighting on Student Learning in an Educational Facility	استفاده از نور روز در کلاس درس به‌طور قابل‌توجهی موفقیت تحصیلی دانش‌آموزان را افزایش می‌دهد. آگاهی دانش‌آموزان از نور روز در محیط یادگیری، تأثیر مثبت بیشتری بر عملکرد تحصیلی دارد.	Pulay, 2022
۸	Reviewing the relationship between short-term environmental exposures and cognitive performance in students	مواجهه کوتاه‌مدت با نور طبیعی با بهبود توجه، حافظه و عملکرد شناختی دانش‌آموزان در مقاطع مختلف تحصیلی مرتبط است.	Mason et al., 2022

یافته‌ها حاکی از آن است که ترجیحات فردی در انتخاب شدت نور طبیعی، نقشی تعیین‌کننده در کیفیت فضای یادگیری ایفا می‌کنند. تنوع فضایی مدارس سنتی با طیفی از نور شدید تا ملایم، این امکان را برای فراگیران فراهم می‌آورده است. افزون بر تأمین روشنایی، نور طبیعی به‌عنوان عاملی فراتر، بر چرخه شبانه‌روزی، هشیاری، عملکرد شناختی، حافظه، موفقیت

تحصیلی، خلق و خو، کاهش استرس و کارایی عصبی تأثیر می‌گذارد. در مجموع، می‌توان دریافت که معماری مدارس سنتی از طریق کنترل میزان روشنایی در فضاهای باز، نیمه‌باز و بسته، بر کیفیت یادگیری اثر گذاشته است.

همان‌گونه که در جدول ۴ به‌عنوان جمع‌بندی پیشینه‌ی پژوهش عنوان شده، در مدارس صفوی، نظام سلسله‌مراتبی نور در پیوند با سازمان‌دهی فضایی آشکار می‌شود. حیات روشن، بستر یادگیری جمعی و تعاملات اجتماعی؛ ایوان و ایوانچه نیمه‌روشن، محیطی ایده‌آل برای مباحثه و تمرکز؛ و حجره و گنبدخانه تاریک، فضایی مناسب برای تفکر انفرادی و عمیق است. این سازمان‌دهی سه‌گانه نشان می‌دهد که معماران سنتی، شدت نور را نه به‌طور تصادفی، بلکه در تطابق کامل با کارکرد هر فضا طراحی کرده‌اند؛ انطباقی هوشمندانه که گویای نگاه جامع به نیازهای چندگانه انسان در فرآیند یادگیری است. بدین ترتیب، شاخص‌ترین ویژگی این مدارس را می‌توان در نقش کلیدی فضاهای باز و نیمه‌باز (حیات، ایوان‌ها و ایوانچه‌ها) و نیز قابلیت تطبیق‌پذیری و تغییرپذیری آن‌ها در فرآیند آموزش جست.

جدول ۴: جمع‌بندی پیشینه پژوهش‌های بخش اول، دوم و سوم (مأخذ: نگارندگان)

ردیف	عنوان فضا	سازمان‌دهی فضایی	میزان روشنایی فضا با نور طبیعی	روش اصلی آموزش
۱	حیات	باز	روشن	استادمحور
۲	ایوان، ایوانچه، مدرّس	نیمه‌باز/نیمه‌بسته	نیمه‌روشن/نیمه‌تاریک	مباحثه
۳	حجره، شبستان، گنبدخانه	بسته	تاریک	انفرادی

توضیح: دسته‌بندی میزان روشنایی در این جدول، مبتنی بر مطالعات کتابخانه‌ای، مشاهدات میدانی و در ساعات بهره‌برداری آموزشی است.

۳- بخش مواد و روش‌ها

۳-۱- طراحی کلی و روش پژوهش

روش تحقیق این مطالعه باهدف سنجش رابطه میان شدت نور طبیعی و کیفیت یادگیری، با رویکرد کمی از نوع پیمایشی-تحلیلی طراحی و در بستر واقعی دو مدرسه تاریخی صفوی در اصفهان (چهارباغ و جده‌بزرگ) به اجرا درآمد.

۳-۲- انتخاب بناهای مورد مطالعه

انتخاب این دو مدرسه بر اساس دو شاخص و از میان هفت مدرسه موجود در شهر اصفهان (طبق جدول ۵) صورت پذیرفت: نخست، نمایندگی آن‌ها از الگوهای شاخص معماری مدارس صفوی و دوم، دسترسی به جامعه‌ی آماری فعال (محصلین حاضر) به‌منظور مشارکت در تکمیل پرسشنامه.

جدول ۵: مدارس صفوی موجود در شهر اصفهان (مأخذ: حاجی‌قاسمی، ۱۳۷۹)

ردیف	عنوان مدرسه	سال تأسیس ه.ق	تعداد طبقات	مساحت تقریبی حیات (مترمربع)	گنبدخانه	تعداد ایوان	تعداد مدرّس	وضعیت فعال بودن مدرسه
۱	جده‌کوچک	۱۰۵۶	۲	۲۰۰	ندارد	۱	۱	نیمه‌فعال*
۲	جده‌بزرگ	۱۰۵۸	۲	۱۱۰۰	ندارد	۴	۲	فعال
۳	ملا عبدالله	۱۰۸۸	۲	۱۰۰۰	ندارد	۲	ندارد	نیمه‌فعال
۴	میرزا حسین	۱۰۹۹	۱	۴۰۰	ندارد	۴	ندارد	فعال
۵	کاسه‌گران	۱۱۰۳	۲	۶۵۰	ندارد	۲	ندارد	فعال
۶	چهارباغ	۱۱۰۴	۲	۳۶۰۰	دارد	۴	ندارد	فعال
۷	نیم آور	۱۱۱۷	۲	۶۵۰	ندارد	۴	ندارد	نیمه‌فعال

توضیح: مدارس نیمه‌فعال به مدرّسی گفته می‌شود که فاقد حضور چشمگیر محصلین دوره مقدماتی هستند و تنها تعداد اندکی از فراگیرندگان سطوح بالاتر در آنها به تحصیل اشتغال دارند؛ همچنین در این مدارس، کارکرد اقامتی (خوابگاهی) بر کارکرد آموزشی غلبه دارد.

الف- مدرسه چهارباغ (تصویر ۱) با حدود ۳۶۰۰ مترمربع مساحت حیاط (بیشترین مقدار در میان نمونه‌های مورد مطالعه)، دارا بودن گنبدخانه (تنها نمونه واجد این ویژگی) و چهار ایوان (مطابق با الگوی کامل چهار ایوانی)، به عنوان کامل‌ترین نمونه از منظر کالبدی-معماری برگزیده شد. این برتری کالبدی و عملکردی مدرسه چهارباغ، با نظر هیلن براند نیز تأیید می‌شود. به عقیده وی، مدارس متوسطی چون جده کوچک، ملا عبدالله و کاسه گران که در سده یازدهم هجری قمری شکل گرفتند، در نظام سلسله‌مراتب فضایی اصفهان، در قیاس با بنای شاخصی همچون مدرسه چهارباغ، جایگاهی درجه دوم داشتند (هیلن براند، ۱۳۹۳). به باور وی، مدرسه چهارباغ با عناصری چون دستگاه ایوان و گنبدخانه در سمت قبله، گنبد‌های پشت ایوان‌ها، حیاط مرکزی فراخ، حیاط‌های هشت‌بر خلوت در گوشه‌ها و حجره‌های سه‌بخشی (ایوان، حجره و پس‌اتاق)، پویایی تازه‌ای به طرح سنتی چهارایوانی بخشیده است (همان).

ب- مدرسه جده‌بزرگ (تصویر ۲) با حدود ۱۱۰۰ مترمربع مساحت حیاط، با الگوی چهارایوانی و از همه مهم‌تر، داشتن دو مدرس (تنها نمونه‌ی واجد دو مدرس مستقل)، به عنوان برترین نمونه از منظر ساختار آموزشی-کارکردی معرفی می‌گردد. وجود دو مدرس، حاکی از اهمیت علمی این مدرسه است. با توجه به وضعیت فعال و دارا بودن تعداد قابل توجهی محصل مستقر، این مدرسه نمونه‌ای مناسب برای انجام پژوهش تلقی گردید.

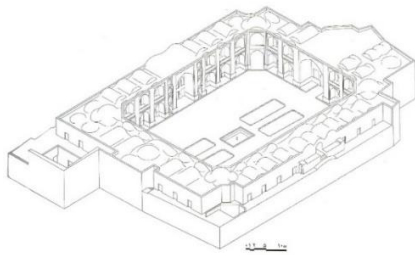


تصویر ۲: حیاط مدرسه جده‌بزرگ (مأخذ: نگارندگان)

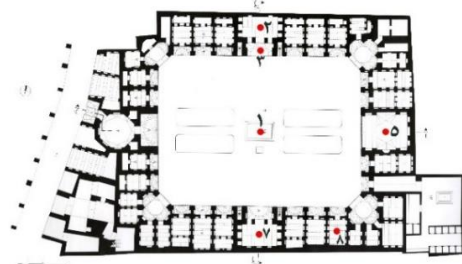
تصویر ۱: حیاط مدرسه چهارباغ (مأخذ: نگارندگان)

۳-۳- تعیین نقاط اندازه‌گیری نور طبیعی

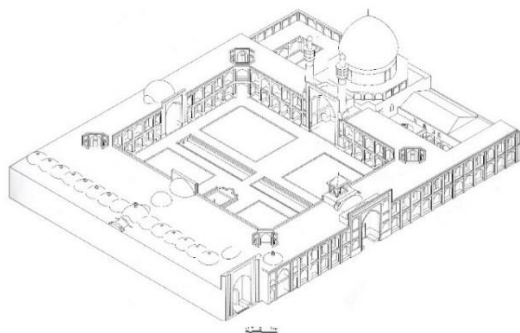
پس از بررسی نقشه‌ها و مدارک معماری هر دو مدرسه و انجام بازدیدهای میدانی، شش نقطه شاخص در هر مدرسه شامل نقاط مشترکی مانند مرکز حیاط، ایوان‌های اصلی، حجره جنوبی و نیز نقاط منحصربه‌فردی مانند گنبدخانه در مدرسه چهارباغ - به عنوان ایستگاه‌های اندازه‌گیری تعیین شدند. معیار انتخاب نقاط بر اساس میزان مورد استفاده بودن آن نقاط در فرآیندهای آموزشی و یادگیری و همچنین دسترسی و امکان تردد به آنها بود. برای مثال در مدرسه چهارباغ، ایوان غربی کارکرد آموزشی نداشت و به عنوان یادبود شهدای مدرسه تبدیل به مکانی نمادین شده بود و در مدرسه جده‌بزرگ، ایوان غربی محل تردد و درواقع ورودی اصلی مدرسه به حساب می‌آمد، به همین دلیل ایوان غربی در هر دو مدرسه مورد مطالعه قرار نگرفتند. به دلیل وجود درختان و تنوع نور طبیعی در نقاط مختلف حیاط، نقطه مرکزی حیاط به عنوان نقطه‌ای با حداکثر دریافت نور مستقیم و کمترین تأثیر از سایه‌های حاشیه‌ای انتخاب گردید. حجره‌های جنوبی به دلیل قرارگیری در جبهه سایه‌گیر (دور از نور مستقیم خورشید) به عنوان فضاهای با کمترین پتانسیل نور طبیعی انتخاب شدند. با توجه به اینکه درب بسته حجره عملاً فضا را در تاریکی مطلق فرو می‌برد (شدت نور نزدیک به صفر)، اندازه‌گیری در شرایط درب باز انجام شد تا فضا حداقل نور قابل استفاده برای فعالیت آموزشی را دریافت کند. این شرایط، نمایانگر حداقل نور در حجره‌هاست، نه تاریک‌ترین حالت ممکن. همچنین، شدت نور خورشید در بام هر دو مدرسه، در هر دو نوبت صبح و عصر اندازه‌گیری و ثبت گردید تا با نور داخل فضاها مقایسه شود.



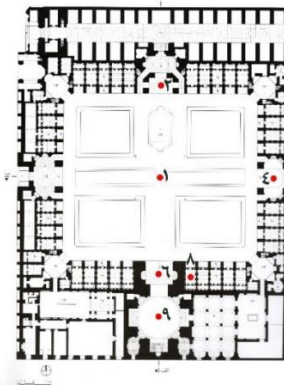
تصویر ۴: تصویر سه‌بعدی از مدرسه جده‌بزرگ (مأخذ: حاجی قاسمی، ۱۳۹۴)



تصویر ۳: نقاط انتخاب‌شده در مدرسه جده‌بزرگ، پلان طبقه همکف (مأخذ: حاجی قاسمی، ۱۳۹۴)



تصویر ۶: تصویر سه‌بعدی از مدرسه چهارباغ (مأخذ: حاجی قاسمی، ۱۳۹۴)



تصویر ۵: نقاط انتخاب‌شده در مدرسه چهارباغ، پلان طبقه همکف (مأخذ: حاجی قاسمی، ۱۳۹۴)

۳-۴- شناسایی شیوه‌های یادگیری برای پرسشنامه

ازسوی دیگر، برای شناسایی شیوه‌های اصلی یادگیری در مدارس سنتی و گنجاندن آن‌ها در پرسشنامه، با استناد به پژوهش‌های گذشته و مطابق جدول ۶، این نتیجه حاصل شد که فرآیند یادگیری در این مدارس، علیرغم تنوع بسیار، بر سه روش اصلی و به‌هم‌پیوسته استوار است: یادگیری انفرادی، یادگیری مباحثه‌ای و یادگیری استادمحور. این سه شیوه، نه به‌صورت موازی، بلکه در تعاملی هدفمند، چرخه کامل فهم، تعمیق و انتقال آگاهی را شکل می‌دهند. یادگیری انفرادی بر تعمق، تأمل و تسلط بر متون متمرکز است؛ یادگیری مباحثه‌ای از راه گفت‌وگو و مناظره (غالباً دونفره) تحقق می‌یابد؛ و یادگیری استادمحور به‌صورت سخنرانی و زیر نظر عالمی مجرب، با نقش هدایتگری او انجام می‌شود. این سه روش، در کنار یکدیگر، نه تنها پاسخگوی نیازهای شناختی متفاوت یادگیرندگان هستند، بلکه بازتابی از جهان‌بینی جامع‌نگر و چندبعدی حاکم بر نظام آموزشی سنتی نیز به شمار می‌روند. بر این اساس، پرسشنامه‌های پژوهش با محوریت این سه روش تدوین شدند.

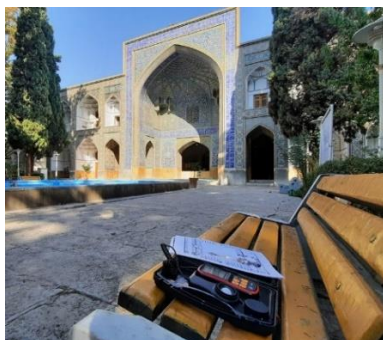
جدول ۶: سه روش کلی آموزش نظری در مدارس سنتی، (مأخذ: نگارندگان)

روش جزئی	روش کلی (با توجه به نوع تعامل یاددهنده و یادگیرنده)	ردیف
سخنرانی	استاد محور	۱
سماعی		۲
روایت		۳
مناقشه	مباحثه	۴
مناقشه و جدل		۵
مباحثه		۶
مطالعه	انفرادی	۷

۳-۵- اجرای اندازه‌گیری‌ها و توزیع پرسشنامه

داده‌های نورسنجی با استفاده از دستگاه لوکس‌سنج Benetech GM1030 برای نقاط مشخص‌شده، در تاریخ ۲۵ و ۲۶ آبان ۱۴۰۴، در دو بازه زمانی صبح (۹:۳۰-۱۰) و عصر (۱۴:۳۰-۱۵) و در ارتفاع ثابت ۱۷۰ سانتیمتر از سطح زمین برداشت شد.

به‌طور هم‌زمان، از مشارکت‌کنندگان خواسته شد تا با توجه به شرایط نوری هر فضا در همان لحظه، میزان مناسب‌بودن آن را برای سه شیوه یادگیری انفرادی، مباحثه‌ای و استادمحور، بر اساس مقیاس لیکرت هفت‌درجه‌ای (۱ تا ۷) عنوان شده در جدول ۷ را ارزیابی کنند.



تصویر ۷: لوکس‌سنج Benetech GM1030 (مأخذ: تصویر ۸: اندازه‌گیری شدت نور با دستگاه لوکس‌سنج در مدرسه چهارباغ (مأخذ: نگارندگان)

جدول ۷: مقیاس لیکرت ارائه‌شده در پرسشنامه‌ها (مأخذ: نگارندگان)

بسیار نامناسب	نامناسب	کمی نامناسب	بینابین	کمی نامناسب	نامناسب	بسیار نامناسب
۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷

روش انتخاب نمونه و تعداد مشارکت‌کنندگان: مشارکت‌کنندگان از میان یادگیرندگان حاضر در مدارس و به روش دسترس انتخاب شدند. با توجه به محدودیت جامعه آماری، کلیه افراد واجد شرایط به‌عنوان جامعه نمونه در نظر گرفته شدند. از میان آن‌ها، ۷ نفر برای هر نقطه/زمان که توانایی حضور در فرآیند اندازه‌گیری را داشتند، به روش تصادفی ساده انتخاب شدند.

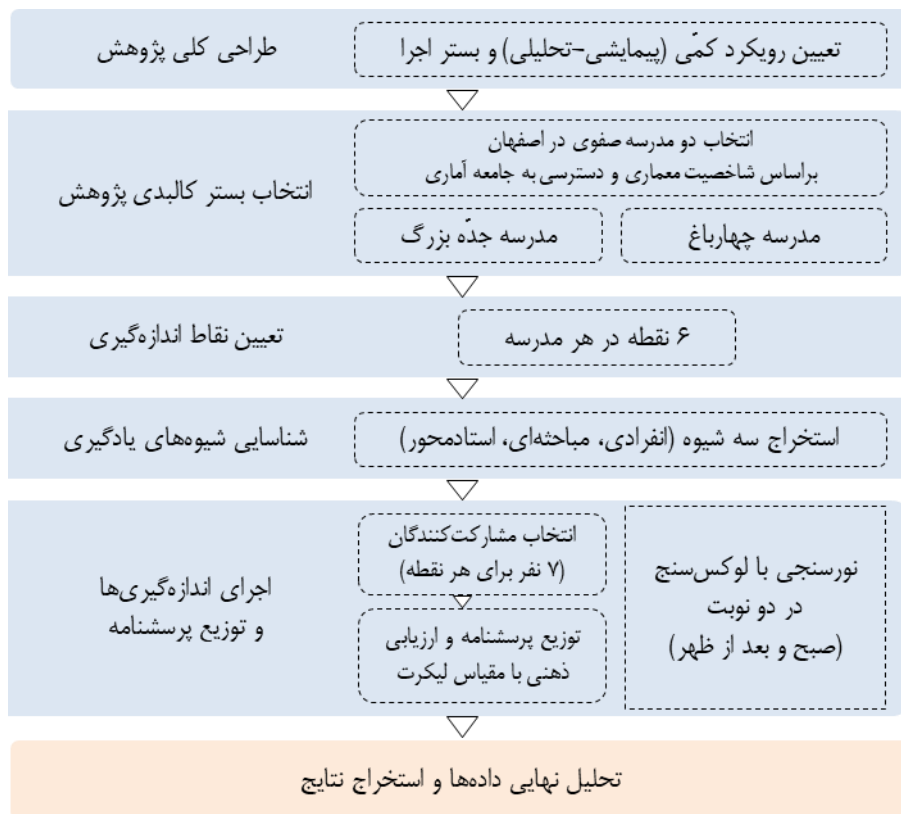
باوجود محدودیت جمعیت آماری در بستر واقعی مدارس تاریخی (تعداد محدود محصلین ساکن و در دسترس)، تأکید می‌گردد که مشارکت‌کنندگان در هر چهار نوبت اندازه‌گیری کاملاً متفاوت از یکدیگر بودند؛ به عبارت دیگر، افراد شرکت‌کننده در نوبت صبح مدرسه چهارباغ، با افراد شرکت‌کننده در نوبت عصر همان مدرسه و نیز با افراد شرکت‌کننده در هر دو نوبت مدرسه جده‌بزرگ، متفاوت بودند. در نتیجه، تعداد کل مشارکت‌کنندگان منحصربه‌فرد در کل پژوهش ۲۸ نفر بود (۷ نفر × ۴ نوبت).

انتخاب ۷ مشارکت‌کننده در هر نوبت، با توجه به چهار نوبت اندازه‌گیری مجزا (دو نوبت در هر مدرسه) و شش نقطه اندازه‌گیری در هر مدرسه، منجر به جمع‌آوری ۵۰۴ داده ارزیابی ذهنی گردید. این حجم داده، حداقل استانداردهای آماری برای انجام آزمون‌های پارامتریک نظیر T-test و ناپارامتریک نظیر Mann-Whitney U را فراهم می‌سازد. به عبارت دیگر، اگرچه تعداد مشارکت‌کنندگان در هر نوبت محدود بوده است، اما تعداد مشاهدات (داده‌ها) به واسطه تکرار در نوبت‌ها، نقاط و شیوه‌های یادگیری، به حدنصاب کافی و قابل قبولی برای تحلیل‌های کمی رسیده است.

دلیل انتخاب مشارکت‌کنندگان متفاوت در هر نوبت: انتخاب مشارکت‌کنندگان متفاوت در هر نوبت، به‌منظور کنترل سوگیری‌های ناشی از عوامل فردی از جمله خستگی تدریجی، تطبیق‌یابی چشمی با شدت‌های نوری مختلف و تغییرات شرایط ادراکی در طول روز صورت گرفت. این رویکرد، استقلال آماری مشاهدات را تضمین کرده و دقت نتایج را به‌طور قابل‌توجهی افزایش می‌دهد.

توزیع سنی مشارکت‌کنندگان: از مجموع ۲۸ مشارکت‌کننده منحصر به فرد در این پژوهش، ۱۲ نفر (حدود ۴۳ درصد) زیر ۲۰ سال، ۱۰ نفر (حدود ۳۶ درصد) بین ۲۰ تا ۳۰ سال و ۶ نفر (حدود ۲۱ درصد) بین ۳۰ تا ۵۰ سال سن داشتند. این توزیع سنی، تنوع مناسبی از گروه‌های سنی مختلف را در نمونه پژوهش فراهم می‌آورد و امکان بررسی ادراک نور و یادگیری را در بازه‌های سنی گوناگون میسر می‌سازد. چنین تنوعی، سوگیری نتایج به نفع یک گروه سنی خاص را کاهش داده و قابلیت تعمیم‌پذیری یافته‌ها را افزایش می‌دهد.

تصویر ۹: نقشه مفهومی گام‌های روش‌شناسی پژوهش (مأخذ: نگارندگان)



۴- نتایج و بحث

نتایج کمی حاصل از اندازه‌گیری‌های میدانی شدت نور طبیعی در نقاط تعیین‌شده مدارس چهارباغ و جده‌بزرگ (تفکیک‌شده در دو بازه زمانی صبح و عصر) در جدول ۸ ارائه شده است. این داده‌ها مبتنی بر برداشت‌های مستقیم و عینی در محیط واقعی مدارس تاریخی موردپژوهش است. بر اساس داده‌های کمی حاصل از این برداشت‌های میدانی، فرآیند تحلیل آماری در دو گام اصلی دنبال شد.

بر مبنای فرآیند آماری تشریح‌شده، داده‌های تحقیق پس از پالایش و طبقه‌بندی، وارد مرحله تحلیل کمی پیشرفته‌تری شدند. از مجموع ۱۶۸ پرسشنامه جمع‌آوری‌شده (معادل ۵۰۴ داده متمایز)، پس از بررسی دقیق و حذف ۱۱ داده پرت، تحلیل‌های نهایی بر روی ۱۵۷ پرسشنامه (معادل ۴۷۱ داده) معتبر متمرکز شد. در مرحله نخست، داده‌ها بر اساس شدت نور اندازه‌گیری‌شده، در پنج گروه نوری از «خیلی کم» تا «خیلی زیاد» دسته‌بندی شدند. برای هر گروه نوری، میانگین نمرات میزان مناسب بودن نور طبیعی در آن فضای آموزشی برای سه شیوه یادگیری انفرادی، مباحثه‌ای و استادمحور محاسبه و در جدولی خلاصه ارائه گردید. در گام بعد و به منظور تعیین معناداری آماری تفاوت‌های مشاهده‌شده بین گروه‌های نوری برای هر روش یادگیری، از آزمون T توسط نرم‌افزار SPSS استفاده شد و مقدار p-value مربوطه محاسبه گردید. خروجی این تحلیل‌های آماری که سطح اطمینان از وجود تفاوت را نشان می‌دهد، در جدول ۹ ارائه شده است. این رویکرد

دو مرحله‌ای (میانگین‌یابی و آزمون معناداری)، امکان درک هم‌زمان از روند تغییرات ادراکی و اعتبار آماری این تغییرات را فراهم ساخت.

جدول ۸: میزان شدت نور (لوکس) برداشت‌شده توسط دستگاه لوکس‌سنج در نقاط انتخابی دو مدرسه مورد مطالعه (مأخذ: نگارندگان)

ردیف	نقطه مورد برداشت	مدرسه چهارباغ		مدرسه جده‌بزرگ	
		نوبت صبح	نوبت عصر	نوبت صبح	نوبت عصر
۱	حیاط مرکزی (مرکز حیاط)	۹۴۰۰	۱۱۳۰۰	۱۲۱۰۰	۵۴۰۰
۲	ایوان شمالی	۱۰۶۰۰	۹۱۰۰	۵۲۰۰۰	۳۲۰۰۰
۳	مدرس شمالی	*	*	۱۲۱۰	۳۰۰
۴	ایوان شرقی	۵۸۰	۲۱۰۰	*	*
۵	مدرس شرقی	*	*	۲۵۰	۱۷۰۰
۶	ایوان جنوبی	۱۶۸۰	۲۴۰۰	*	*
۷	مدرس جنوبی	*	*	۱۵۰	۱۴۰
۸	حجره (جنوبی)	۵	۳	۲۷	۲۹
۹	گنبدخانه	۲۱۰	۲۲۰	*	*
۱۰	پشت بام	۵۰۰۰	۴۵۰۰۰	۵۵۰۰۰	۴۵۰۰۰

جدول ۹: مقایسه آماری میانگین میزان مناسب بودن شدت نور طبیعی برای روش‌های یادگیری سه‌گانه (انفرادی، مباحثه‌ای و استاد محور) (مأخذ: نگارندگان)

گروه نوری	شدت نور طبیعی (لوکس)	یادگیری انفرادی	P-value	یادگیری مباحثه‌ای	P-value	یادگیری استاد محور	P-value
۱- خیلی کم	۰-۱۰۰	3.44	0.044	3.30	0.000	۳,۱۱	0.011
۲- کم	۱۰۰-۱۰۰۰	۴,۳۹	0.034	۴,۴۵	0.013	۴,۲۷	0.001
۳- متوسط	۱۰۰۰-۵۰۰۰	۵,۲۴	0.005	۵,۲۷	0.000	۵,۴۵	0.547
۴- زیاد	۵۰۰۰-۱۱۰۰۰	۶,۲۹	0.188	۶,۴۶	0.214	۵,۶۷	0.596
۵- خیلی زیاد	۱۱۰۰۰-۵۲۰۰۰	۵,۸۸	-	۶,۱۳	-	۵,۸۸	-

توضیح: اعداد نشان‌دهنده میانگین امتیازات در مقیاس لیکرت ۷ درجه‌ای (۱=کاملاً نامناسب، ۷=کاملاً مناسب) است.

توضیح: P-value مربوط به مقایسه هر گروه با گروه بعدی است.

در مرحله دیگری از تحلیل آماری، نقش متغیر سن مشارکت‌کنندگان و تعامل آن با شدت نور طبیعی و شیوه‌های یادگیری موردبررسی قرار گرفت. بر اساس پایه تحصیلی و تا حدودی ساختار آموزشی مدارس علمیه، افراد به سه گروه سنی تقسیم‌بندی شدند: گروه اول (۱۶ تا ۲۰ سال) شامل محصلین دوره مقدمات با ۶۹ پرسشنامه، گروه دوم (۲۱ تا ۳۰ سال) مربوط به محصلین دوره سطح با ۵۹ پرسشنامه و گروه سوم (۳۱ تا ۵۰ سال) متشکل از محصلین و مدرسین دوره خارج با ۲۹ پرسشنامه. با توجه به محدودیت تعداد نمونه در برخی گروه‌ها، از آزمون ناپارامتریک Mann-Whitney U برای مقایسه میانگین رتبه‌های میزان مناسب بودن نور بین سطوح مختلف نوری، در هر گروه سنی و به تفکیک هر سه روش یادگیری استفاده گردید. این آزمون امکان بررسی معناداری تفاوت‌های ادراکی در شرایطی که مفروضات توزیع نرمال برقرار نبود را فراهم آورد. نتایج این آزمون در جدول ۱۰ ارائه گردید.

جدول ۱۰: نتایج آزمون Mann-Whitney برای مقایسه کیفیت یادگیری (انفرادی، مباحثه‌ای و استاد محور) بین گروه‌های نوری در سه گروه سنی (۱۶ تا ۲۰ سال، ۲۱ تا ۳۰ سال و ۳۱ تا ۵۰ سال) (مأخذ: نگارندگان)

شیوه یادگیری	مقایسه گروه‌های نوری	گروه سنی ۱۶-۲۰ سال	گروه سنی ۲۱-۳۰ سال	گروه سنی ۳۱-۵۰ سال
یادگیری انفرادی	۱ و ۲	U=57 P=0.006	U=98 P=0.964	U=13 P=0.226
	۲ و (۳-۴-۵)	U=182 P=0.001	U=124.5 P=0.002	U=51.5 P=0.753
یادگیری مباحثه‌ای	۱ و ۲	U=77 P=0.042	U=69 P=0.167	U=10.5 P=0.123
	۲ و (۳-۴-۵)	U=128 P=0.000	U=139 P=0.004	U=41 P=0.288
یادگیری استاد محور	۱ و ۲	U=58 P=0.007	U=97.5 P=0.945	U=11 P=0.148
	۲ و (۳-۴-۵)	U=223 P=0.006	U=136 P=0.004	U=41.5 P=0.315

*در این آزمون و جدول، گروه نوری ۳، ۴ و ۵ در یک گروه قرار گرفتند.

تحلیل داده‌های جدول ۱۰ حاکی از وجود تفاوت‌های آماری معنادار در میزان مناسب بودن شدت‌های مختلف نور طبیعی برای سه روش یادگیری است. در بیشتر سطوح نوری، به‌ویژه در محدوده نور زیاد (۵۰۰۰ تا ۱۱۰۰۰ لوکس)، یادگیری مباحثه‌ای و انفرادی میانگین بالاتری نسبت به یادگیری استاد محور گزارش کرده‌اند. به‌طور کلی، نتایج مستخرج از بررسی رابطه میان شدت نور طبیعی و روش‌های یادگیری سه‌گانه (انفرادی، مباحثه‌ای و استاد محور) به شرح زیر است:

۱- نتایج نشان می‌دهد که میانگین کیفیت یادگیری در سه شیوه یادگیری انفرادی، مباحثه‌ای و استاد محور، با افزایش نور طبیعی، به میزان معناداری از لحاظ آماری افزایش می‌یابد. البته در گروه نوری ۵ (۵۲۰۰۰-۱۱۰۰۰ لوکس)، با افزایش شدت نور طبیعی، میزان کیفیت یادگیری تغییر معناداری نشان نمی‌دهد.

۲- میزان تأثیر افزایش شدت نور طبیعی در سه روش مختلف یادگیری تا حد زیادی به یک اندازه است.

۳- افزایش شدت نور طبیعی می‌تواند کیفیت یادگیری را از محدوده «کمی نامناسب» (میانگین ۳ از ۷) به «کمی مناسب» (۵ از ۷) و «مناسب» (۶ از ۷) ارتقا دهد که نشان‌دهنده نقش تعیین‌کننده نور در بهبود تجربه یادگیری است.

۴- دامنه مرجع شدت روشنایی مناسب برای فضای آموزشی در استانداردهای رایج (از جمله نشریه ۶۹۷ سازمان نوسازی، توسعه و تجهیز مدارس کشور با محدوده ۳۰۰-۵۰۰ لوکس) عمدتاً بر مبنای نور مصنوعی و الزامات کالبدی-عملکردی فضاهای آموزشی نوین تدوین شده است. درحالی‌که یافته‌های پژوهش حاضر نشان می‌دهد بهره‌برداران مدارس سنتی، سطوح نوری به مراتب فراتر از این بازه را برای یادگیری مناسب ارزیابی کرده‌اند. این پدیده به‌ویژه در شیوه یادگیری مباحثه‌ای با میانگین ۶٫۴۶ از ۷ در گروه نوری «زیاد» و در شیوه استاد محور با میانگین ۵٫۸۸ از ۷ در گروه نوری «خیلی زیاد» مشهود است. بر این اساس می‌توان نتیجه گرفت که کاربرد مستقیم استانداردهای مرسوم روشنایی برای معماری مدارس سنتی ایران فاقد اعتبار کافی و طیف مؤثر نور طبیعی در چنین فضاهایی، گستره‌ای فراتر از محدوده‌های مرسوم داشته و بیش از آنکه تابع معیارهای کمی صرف باشد، مبتنی بر ادراک کیفی کاربران در بستر معماری سنتی شکل می‌گیرد. ۵- در ادامه و به منظور واکاوی دقیق‌تر تأثیر سن بر رابطه نور و یادگیری، داده‌ها با در نظر گرفتن سه گروه سنی (۱۶-۲۰، ۲۱-۳۰ و ۳۱-۵۰ سال) و برای هر سه روش یادگیری، مجدداً با استفاده از آزمون ناپارامتریک Mann-Whitney U تحلیل شدند. نتایج این تحلیل، الگوی جالبی را آشکار می‌سازد که بر اساس آن، تأثیر نور بر یادگیری پدیده‌ای وابسته به سن است:

گروه سنی ۱۶-۲۰ سال: افزایش شدت نور طبیعی در سه سطح (گروه نوری ۱، ۲ و ۳-۴-۵) با افزایش معنادار

آماری کیفیت یادگیری در هر سه شیوه همراه بوده است. این گروه بیشترین تأثیرپذیری را از نور نشان می‌دهند.

گروه سنی ۲۱-۳۰ سال: افزایش معنادار کیفیت یادگیری تنها در گذار از گروه نوری ۲ به گروه‌های نوری ۳، ۴ و ۵

مشاهده می‌شود.

گروه سنی ۳۱-۵۰ سال: هیچ یک از افزایش‌های شدت نور طبیعی (از گروه ۱ به ۲ و از گروه ۲ به ۳-۴-۵) تأثیر معناداری بر کیفیت یادگیری در هیچ یک از سه شیوه نداشته است. به بیان دیگر، میزان اهمیت شدت نور طبیعی در سنین پایین‌تر (۱۶ تا ۲۰ سال) بیشتر است و با افزایش سن، تأثیر نور طبیعی بر هر سه نوع یادگیری به طور محسوسی کاهش می‌یابد.

۵- نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر باهدف پاسخ به این پرسش که آیا تنظیم نور طبیعی از طریق سازمان‌دهی فضایی مدارس سنتی بر ارتقای کیفیت یادگیری تأثیرگذار بوده است، به بررسی کمی این رابطه در دو نمونه شاخص از مدارس دوره صفوی (چهارباغ و جده‌بزرگ اصفهان) پرداخت. یافته‌ها تأیید می‌کند که معماری این مدارس، فراتر از تأمین روشنایی، با بهره‌گیری از نظام سلسله‌مراتبی نور در فضاهای باز، نیمه‌باز و بسته، به عنوان عاملی فعال و مؤثر در بهینه‌سازی کیفیت یادگیری عمل می‌کرده است. در ادامه، مهم‌ترین دستاوردهای پژوهش به صورت خلاصه ارائه می‌شود:

حد بهینه نور و نقش تعدیل‌کنندگی معماری: افزایش شدت نور طبیعی تا آستانه حدود ۱۱۰۰۰ لوکس، به طور معناداری میانگین کیفیت ادراک شده یادگیری را در هر سه شیوه اصلی (انفرادی، مباحثه‌ای و استادمحور) ارتقا می‌دهد؛ اما در شدت‌های بالاتر، این رابطه مثبت از نظر آماری معنادار نبوده و این یافته نشان‌دهنده وجود یک حدمطلوب برای نور در فرآیند یادگیری است و تأیید می‌کند که عناصر معماری صفوی نظیر حیاط مرکزی، ایوان‌های عمیق و درختان، موفق به تعدیل نور خورشید از حدود ۵۰۰۰۰ لوکس در بام به محدوده آسایش‌بصری (زیر ۱۰۰۰ لوکس) در فضاهای آموزشی شده‌اند. **استقلال تأثیر نور از شیوه یادگیری:** تأثیر مثبت نور طبیعی بر ارتقای کیفیت یادگیری برای هر سه شیوه انفرادی، مباحثه‌ای و استادمحور تقریباً یکسان بود. این نتیجه حاکی از آن است که نور طبیعی یک نیاز اساسی و فراگیر در محیط آموزشی محسوب می‌شده و صرف‌نظر از نوع فعالیت آموزشی، وجود آن در محدوده مطلوب، به یک اندازه در بهبود شرایط یادگیری مؤثر بوده است.

نقش تعدیل‌گر سن (حساسیت وابسته به سن): یکی از یافته‌های مهم و نوآورانه پژوهش، شناسایی نقش تعدیل‌گر متغیر سن است. تحلیل‌ها نشان داد که حساسیت به نور و تأثیرپذیری مثبت از آن با افزایش سن کاهش می‌یابد. به گونه‌ای که گروه سنی ۱۶ تا ۲۰ سال بیشترین تأثیرپذیری را نشان دادند، در حالی که گروه سنی ۳۱ تا ۵۰ سال وابستگی معناداری به افزایش نور نداشتند. این الگو می‌تواند ناشی از تجربه بیشتر، تمرکز عمیق‌تر و وابستگی کمتر به عوامل محیطی و حسی در گروه‌های سنی بالاتر و بررسی دلایل دقیق آن نیازمند پژوهش‌های تکمیلی در حوزه علوم عصب‌شناختی است. **تخصیص فضاها به گروه‌های نوری و رده‌های سنی مناسب:** یافته‌های جدول ۱۱ نشان می‌دهد که رابطه میان شدت نور طبیعی و کیفیت یادگیری در مدارس سنتی صفوی، تابعی از تعامل سه مؤلفه گروه نوری، نوع فضا و گروه سنی کاربران است. بر این اساس، طیف مؤثر نور طبیعی برای یادگیری در مدارس مورد مطالعه، گستره‌ای از ۱۰۰۰ تا ۱۱۰۰۰ لوکس را در بر می‌گیرد که به مراتب فراتر از استانداردهای رایج (۳۰۰-۵۰۰ لوکس) است. گروه سنی ۱۶ تا ۲۰ سال، حساس‌ترین گروه سنی شناخته شد و فضاهایی با گروه نوری ۴ (مانند حیاط مرکزی و ایوان شمالی در مدرسه چهارباغ) بیشترین مطلوبیت را برای این گروه داشت. در مقابل مدرسه جده‌بزرگ فاقد فضایی در گروه نوری ۴ است که این امر را می‌توان به وجود سایه‌اندازهایی نظیر ایوان‌های بلندتر و عمیق‌تر و درختان بلندمرتبه در مدرسه چهارباغ نسبت داد.

جدول ۱۱: تخصیص فضاهای معماری به گروه‌های نوری و گروه‌های سنی مناسب (منبع: نگارندگان)

گروه نوری	میزان شدت نور طبیعی به لوکس	میانگین امتیاز (برای مناسب‌ترین شیوه یادگیری)	فضاهای مدرسه چهارباغ	فضاهای مدرسه جده‌بزرگ	گروه سنی مناسب	توصیه کاربردی
۱ (خیلی کم)	۰-۱۰۰	۳,۴۴ انفرادی	حجره (جنوبی)	حجره (جنوبی)	هیچ گروه سنی	نامناسب برای یادگیری

۲ (کم)	۱۰۰-۱۰۰۰	۴,۴۵	مباحثه‌ای	گنبدخانه، ایوان شرقی (بخشی)	مدرس جنوبی، مدرس شرقی (بخشی)	۱۶ تا ۲۰ سال (انفرادی)	مناسب برای مطالعه انفرادی (۱۶ تا ۲۰ سال)
۳ (متوسط)	۵۰۰-۱۰۰۰	۵,۴۵	استادمحور	ایوان جنوبی، ایوان شرقی (بخشی)	حیاط مرکزی (بخشی)، مدرس شمالی	۱۶ تا ۲۰ سال (هر سه شیوه)	مناسب برای تمام شیوه‌های یادگیری (۱۶ تا ۲۰ سال)
۴ (زیاد)	۵۰۰-۱۱۰۰	۶,۴۶	مباحثه‌ای	حیاط مرکزی، ایوان شمالی	-	۱۶ تا ۲۰ سال (همه شیوه‌ها)	ایده‌آل برای یادگیری مباحثه‌ای و انفرادی (۱۶ تا ۲۰ سال)
۵ (خیلی زیاد)	۱۱۰۰-۵۲۰۰	۶,۱۳	مباحثه‌ای	پشت بام	پشت بام، ایوان شمالی	۲۱ تا ۳۰ سال (مباحثه‌ای)	مناسب برای یادگیری مباحثه‌ای (۲۱ تا ۳۰ سال)

توضیح: نمرات ستون سوم (میانگین امتیاز برای مناسب‌ترین شیوه یادگیری) بر اساس مقیاس لیکرت از عدد ۷ است.

همچنین بر اساس یافته‌های ارائه‌شده در جدول ۱۲، سه الگوی سنی متمایز در مواجهه با نور طبیعی شناسایی شد: **گروه سنی ۱۶-۲۰ سال:** حساس‌ترین گروه با بالاترین میانگین امتیاز در گروه نوری ۴ (۵۰۰-۱۱۰۰ لوکس). حیاط مرکزی و ایوان شمالی مدرسه چهارباغ با شدت نور ۹۱۰۰ تا ۱۱۳۰۰ لوکس، مطلوب‌ترین فضاها برای این گروه هستند.

گروه سنی ۲۱-۳۰ سال: عملکرد بهینه در گروه نوری ۵ (۵۵۰۰-۱۱۰۰۰ لوکس) و عمدتاً در یادگیری مباحثه‌ای. ایوان شمالی مدرسه جده‌بزرگ نمونه‌ای از این فضاهاست.

گروه سنی ۳۱-۵۰ سال: وابستگی معناداری به افزایش نور ندارند و اکثر فضاها با هر سطح نوری برای این گروه قابل استفاده است. کاهش حساسیت به نور با افزایش سن، ممکن است به دلیل تغییرات فیزیولوژیک چشم، تجربه بیشتر، یا تمرکز عمیق‌تر باشد.

جدول ۱۲: گروه‌های نوری بهینه، شیوه یادگیری غالب و فضاهای پیشنهادی به تفکیک گروه‌های سنی (منبع: نگارندگان)

گروه سنی	گروه نوری بهینه (بالاترین امتیاز)	شیوه یادگیری غالب	فضاهای پیشنهادی
۱۶-۲۰	۴ (زیاد: ۵۰۰-۱۱۰۰ لوکس)	هر سه شیوه	حیاط مرکزی، ایوان شمالی (چهارباغ)
۲۱-۳۰	۵ (خیلی زیاد: ۵۲۰۰-۱۱۰۰۰ لوکس)	مباحثه‌ای	ایوان شمالی (جده‌بزرگ و چهارباغ)
۳۱-۵۰	بدون وابستگی معنادار	-	تمام فضاها با هر سطح نوری

باوجود یافته‌های فوق، پژوهش حاضر با محدودیت‌هایی همراه بوده است که می‌تواند در تعمیم‌پذیری نتایج مؤثر باشد. اندازه‌گیری‌های میدانی صرفاً در فصل پاییز و در دو نوبت صبح و عصر انجام‌شده است و متغیرهای مداخله‌گری همچون دما، رطوبت، صدا و کیفیت هوای فضاها در این پژوهش لحاظ نشده‌اند. ازاین‌رو، تعمیم مستقیم نتایج به سایر فصول و ساعات نیازمند مطالعات تکمیلی با رویکرد شبیه‌سازی و اندازه‌گیری‌های گسترده‌تر است.

بر اساس یافته‌ها، پژوهش‌های آتی در بستر مدارس سنتی می‌توانند در سه محور اصلی دنبال شوند: ۱- بررسی هم‌زمان شدت نور و خیرگی در آستانه‌های مختلف نوری؛ ۲- تأثیر متقابل نور، سن و نوع تکلیف یادگیری (خواندن، نوشتن، حل مسئله) در پیکربندی فضایی؛ و ۳- پژوهش‌های بین‌رشته‌ای با رویکرد علوم عصب‌شناختی برای سنجش تأثیر نور بر توجه، حافظه و خلق‌وخوی یادگیرندگان. این مطالعات می‌توانند به تدوین الگویی جامع برای طراحی فضاهای آموزشی معاصر، مبتنی بر اصول ارزشمند معماری مدارس سنتی ایران، بیانجامند.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله مراتب سپاس و قدردانی خود را از مدیریت، اساتید و محصلین محترم دو مدرسه چهارباغ (امام صادق علیه السلام) و جده بزرگ اصفهان ابراز می‌دارم. همچنین از همکاری و همراهی ارزشمند دکتر حسین کریمی و حجت الاسلام والمسلمین مهدی صفری که در انجام این پژوهش یاری‌گر این‌جانب بودند، صمیمانه سپاسگزارم.

منابع

- احمدی مقدم، محمد. گلجان، مهدی. یلفانی، رامین. (۱۴۰۰). نقش مدارس شیعی عصر صفویه در توسعه فرهنگ و تمدن اسلامی (با تأکید بر دو مدرسه‌خان شیراز و مدرسه چهارباغ اصفهان). پژوهش‌های اعتقادی کلامی، ۱۱(۴۱)، ۳۰-۷.
- اسماعیلی، بیتا. حسینی، اکرم. (۱۳۹۹). تحلیل پیکره‌بندی مسجد مدرسه‌های ایران در دوره صفویه و قاجار. معماری اقلیم گرم و خشک، ۸(۱۲)، ۲۴۴-۲۲۲.
- ایمانی، فاطمه. موحد، خسرو. (۱۳۹۶). سنجش میزان اثربخشی نور طبیعی بر کاهش استرس دانش‌آموزان در فضاهای آموزشی. فناوری آموزش، ۱۲(۱)، ۴۸-۴۱.
- پوردیهیمی، شهرام. حاجی سیدجواد، فریبرز. (۱۳۸۷). تأثیر نور روز بر انسان، فرآیند ادراکی و زیست‌شناسی-روانی روشنایی روز. صفا، ۱۷(۴۶)، ۶۷-۷۵.
- پیرنیا، محمدکریم. (۱۳۸۵). آشنایی با معماری اسلامی ایران. تهران: سروش دانش.
- تابان، محسن. اسلامی مقدم، علی. (۱۴۰۰). تعیین تأثیر نور طبیعی بر میزان رضایتمندی دانش‌آموزان از فضای آموزشی. شهرسازی ایران، ۴(۷)، ۳۰۰-۲۸۸.
- حاجی قاسمی، کامبیز. (۱۳۹۴). گنجنامه فرهنگ آثار معماری اسلامی ایران، دفتر پنجم: مدارس. تهران: انتشارات دانشگاه شهید بهشتی
- حیاتی، حامد. بهداروند، مهسا. (۱۴۰۱). بررسی تحول سازمان‌دهی فضایی در معماری مدارس دوره اسلامی: مطالعه تطبیقی دوره‌های سلجوقی، تیموری، صفوی و قاجار. پژوهش‌های معماری اسلامی، ۱۰(۱)، ۱۲۶-۱۰۱.
- حیاتی، زهرا. بهداروند، مهسا. (۱۴۰۱). تأثیر سیاست‌های آموزشی بر کالبد معماری مدارس دوره اسلامی، نمونه موردی مدارس دوره تیموری و صفوی. معماری اقلیم گرم و خشک، ۱۰(۱۵)، ۱۱۵-۹۳.
- حیاتی، حامد. بهداروند، مهسا. (۱۴۰۰). مقایسه تطبیقی چگونگی ارتباط میان فضای آموزشی و نیایشی در مسجد مدرسه‌های دوره تیموری و صفوی. نشریه علمی فن‌آوری آموزش، ۱۵(۳)، ۵۹۱-۶۱۰.
- حیاتی، حامد. رحمت‌نیا، علیرضا. کوری‌زاده، حسین. (۱۳۹۸). گونه‌شناسی معماری مدارس سنتی با تأکید بر تأثیر سیاست‌های آموزشی مطالعه موردی: دوره صفویه. باغ نظر، ۱۶(۸۱)، ۸۲-۶۱.
- خدابخشی، سحر. فروتن، منوچهر. سمیعی، امیر. (۱۳۹۴). بررسی سیر تحول فضای معماری مدارس براساس ارزیابی نقش نظام آموزشی حاکم بر آنها (نمونه موردی: مدرسه سپهسالار، دارالفنون و دبیرستان البرز). باغ نظر، ۱۲(۳۷)، ۷۳-۶۱.
- سارتن، جورج. ۱۳۸۳. مقدمه‌ای بر تاریخ علم. ترجمه‌ی غلامحسین صدری افشار، تهران: انتشارات علمی و فرهنگی.
- سمیع آذر، علیرضا. (۱۳۷۶). تاریخ تحولات مدارس در ایران. تهران: انتشارات سازمان نوسازی، توسعه و تجهیز مدارس کشور.
- شفیق مقدم، نسترن. تحصیلدوست، محمد. زمردیان، زهراسادات. (۱۳۹۷). کارآیی شاخص‌های نور روز در تخمین روشنایی کافی در فضا بر اساس ارزیابی کاربران. صفا، ۲۸(۸۰)، ۹۷-۷۹.
- طاهرسیما، سارا. ایرانی بهبهانی، هما. بذرافکن، کاوه. (۱۳۹۴). تبیین نقش آموزشی فضای باز در مدارس ایران با مطالعه تطبیقی مدارس سنتی تا معاصر (نمونه‌های موردی: مدرسه‌های چهارباغ، دارالفنون و البرز). فصلنامه پژوهش‌های معماری اسلامی، ۳(۶)، ۷۰-۵۵.

- عطایی، عارفه. تقدیر، سمانه. حمزه‌نژاد، مهدی. (۱۴۰۴). بررسی اولویت فضای باز و نیمه‌باز در ساماندهی فضایی مدارس سنتی ایران. نشریه فرهنگ معماری و شهرسازی اسلامی، ۱۰(۱)، ۲۱-۴۰.
- علاقمند، سپیده. صالحی، سعید. مظفر، فرهنگ. (۱۳۹۶). مطالعه تطبیقی معماری و محتوای مدارس ایران از دوره سنتی تا نوین. باغ نظر، ۱۴(۴۹)، ۵-۲۰.
- کسائی، نورا... (۱۳۷۴). مدارس نظامیه و تأثیرات علمی و اجتماعی آنها. تهران: نشر امیرکبیر.
- محبیان، مصطفی. ماندگاری، کاظم. (۱۴۰۴). ارزیابی ترجیحات دیداری کاربران از نور در فضاهای معماری. نشریه هنرهای زیبا؛ معماری و شهرسازی، ۳۰(۴)، ۸۳-۹۶.
- محسنی، منصوره. خراباتی، ساجده. (۱۴۰۰). بررسی تطبیقی انعطاف‌پذیری مدارس سنتی ایران از دوره سلجوقی تا قاجار. باغ نظر، ۱۸(۹۸)، ۶۷-۸۲.
- میرشمسی، محبوبه السادات. وفامهر، محسن. جهانبخش، حیدر. برزگر، زهرا. (۱۴۰۲). بررسی عملکرد نور روز از طریق سنجش سه شاخص شدت روشنایی، فاکتور و عمق نفوذ نور در الگوی تلفیقی مسجد-مدرسه-مسکن معماری اسلامی ایرانی (نمونه موردی: حوزه علمیه سنتی منصوریه شیراز). پژوهش‌های معماری اسلامی، ۱۱(۴۱)، ۱۳۶-۱۲۱.
- نظریور، محمدتقی. حیدری، احمد. سرمدی، سیدمرتضی. (۱۴۰۰). تحلیل و بررسی پیکربندی معماری فضاهای آموزشی مدارس ایرانی-اسلامی؛ مقایسه تطبیقی فضای عمومی و آموزشی در مدارس ایرانی اسلامی و مدل‌های چیدمانی معاصر. تعلیم و تربیت، ۳۷(۲)، ۱۴۷-۱۷۶.
- وحدت طلب، مهسا. خداداد، محسن. (۱۴۰۱). نورکاهی در معماری دوران صفوی نمونه‌های موردی: خانه‌ها، عمارت‌ها و مساجد شهر اصفهان. معماری اقلیم گرم و خشک، ۱۰(۱۶)، ۱۳۰-۱۴۴.
- هراتی، صادق. رحیمی‌مهر، وحیده. سیستانی، محمدعلی. (۱۴۰۴). بررسی رابطه تیپ‌های شخصیتی با ترجیحات بصری به مؤلفه‌های نور و رنگ در محیط مسکونی. معماری اقلیم گرم و خشک، ۱۳(۲۱)، ۱-۱۴.
- هیلن‌براند، رابرت. (۱۳۹۳). معماری اسلامی. ترجمه باقر آیت‌الله زاده شیرازی. تهران: انتشارات روزنه.
- هیلن‌براند، رابرت. (۱۳۹۰). معماری اسلامی. ترجمه ایرج اعتصام. تهران: انتشارات سازمان فناوری اطلاعات و ارتباطات شهرداری تهران.
- Çoban, G., & Sali, S. E. (2026). Examination of daylight performance in educational buildings: The case of Afyon Kocatepe University. Ain Shams Engineering Journal, 17(7), 104190.
- Gibson, J. J. (1979). The ecological approach to visual perception. Houghton Mifflin.
- Mason, L., Ronconi, A., Scrimin, S., & Pazzaglia, F. (2022). Short-term exposure to nature and benefits for students' cognitive performance: A review. Educational Psychology Review, 34, 639-647.
- Mirzaei, B., & Adibhesami, M. A. (2026). The geometry of light and learning: Socio-spatial dynamics in a historic school-mosque. International Journal of Building Pathology and Adaptation, 1-17.
- Pallasmaa, J. (2005). The eyes of the skin: Architecture and the senses (2nd ed.). Wiley
- Pulay, A. S. (2022). Awareness of daylighting on student learning in an educational facility [Master's thesis]. Florida Atlantic University, Department of Architecture.
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. Cognitive Science, 12(2), 257-285.
- Wang, Y., Li, X., & Zhang, J. (2025). Lighting effects on visual and cognitive adaptation in multimedia classrooms: A multimodal neurophysiological study. Building and Environment, 285, 112-128..

Original Research Article

The Relationship Between Natural Light Intensity and Learning in the Architecture of Safavid-Era Schools (Case Study: Chaharbagh and Jaddeh Bozorg Schools in Isfahan)

Zakaria karimi^{1*}, Shahin Heidari², Isa Hojjat³

1- PhD Student, Department of Architecture, University of Tehran, Kish International Campus, Iran

2- Professor, Faculty of Architecture, College of Fine Arts, University of Tehran, Tehran, Iran

3- Professor, Faculty of Architecture, College of Fine Arts, University of Tehran, Tehran, Iran

 10.22034/ahdc.2026.24167.1901

Received:

December 28, 2025

Accepted:

July 13, 2026

Keywords:

Educational Space
Architecture,
Natural Light,
Learning, Safavid-
era Schools, Isfahan.

Abstract

Natural light in Iran's historical schools, beyond providing illumination, serves as an influential factor in learning quality. However, its quantitative relationship with learning in Safavid schools -the period representing the zenith of Iranian educational architecture-has remained unexplored. This study employed a quantitative (survey-analytical) approach and was conducted in two Safavid schools in Isfahan (Chaharbagh and Jaddeh Bozorg). Illuminance data (lux) were collected from 10 distinct points during morning and afternoon sessions using a lux meter and classified into five lighting categories. Learning quality was concurrently assessed using standardized questionnaires across three age groups (5-10, 11-15, and 16-20 years) from 100 unique participants, yielding 100 subjective evaluation data points. The data were analyzed using Mann-Whitney and T-test procedures. The findings indicate that: (1) increasing illuminance up to the threshold of 100 lux significantly enhanced learning quality across all three learning modes (individual, discussion-based, and lecture-based), while higher intensities yielded no significant effect, suggesting an optimal lighting threshold; (2) the positive effect of light did not differ significantly among the three learning modes; (3) sensitivity to light decreased with advancing age; the 5-10 age group exhibited the greatest responsiveness, whereas the 16-20 age group demonstrated no significant dependency on increased illuminance; (4) spatial light distribution revealed that Chaharbagh School possesses greater lighting diversity compared to Jaddeh Bozorg School, with its central courtyard and northern iwan identified as the most favorable learning spaces; (5) although prevailing educational lighting standards (100-200 lux) are primarily formulated based on artificial lighting requirements, the present findings demonstrate that users of traditional schools perceived illuminance levels well beyond this range (up to 300 lux) as conducive to learning. Safavid schools, through elements such as iwans, central courtyards, and trees, effectively modulated sunlight from approximately 300 lux on rooftops to below 100 lux in educational interiors, and by providing lighting diversity, enabled the selection of appropriate spaces for different age groups and learning modes. Nevertheless, the generalizability of these results to other seasons and times of day requires supplementary studies.

