

بهینه سازی و تحلیل مولفه‌های ادراکی نور روز در فضاهای آموزشی (نمونه مورد مطالعه: مدرسه سمای دخترانه دانشگاه آزاد بجنورد)

۱۴۰۳/۱۱/۰۷

تاریخ دریافت مقاله :

۱۴۰۳/۱۲/۳۰

تاریخ پذیرش مقاله :

سحر محمدزاده^۱
رضا میرزایی^۲ (نویسنده مسئول)
سید مهدی مداحی^۳

چکیده

نور، به‌ویژه نور روز، یکی از عناصر کلیدی در معماری است که تأثیر مستقیمی بر سلامت جسمی و روانی، تنظیم فعالیت‌های روزمره و کیفیت ادراک فضایی دارد. در فضاهای آموزشی، طراحی مناسب روشنایی می‌تواند به ایجاد محیطی آرام و حمایت‌کننده برای دانش‌آموزان کمک کرده و بازدهی آموزشی را بهبود بخشد. با این حال، بسیاری از این فضاها از پتانسیل نور روز به درستی بهره نمی‌برند که این امر می‌تواند منجر به کاهش تمرکز و خستگی بصری دانش‌آموزان شود. هدف این پژوهش، بررسی و بهینه‌سازی مؤلفه‌های ادراکی نور روز در فضاهای آموزشی با مطالعه موردی مدرسه دخترانه سمای دانشگاه آزاد بجنورد است تا راهکارهای عملی برای ارتقای کیفیت محیط یادگیری ارائه دهد.

این پژوهش از نوع کاربردی بوده و روش تحقیق آن توصیفی-تحلیلی است. برای جمع‌آوری داده‌ها، از پرسشنامه و مصاحبه با جامعه آماری شامل ۴۵۰ نفر از متخصصان معمار در زمینه طراحی فضاهای آموزشی استفاده شد. تحلیل داده‌ها با بهره‌گیری از آمار توصیفی و استنباطی در نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۴ و همچنین مدل‌سازی معادلات ساختاری انجام پذیرفت.

یافته‌های پژوهش نشان داد که ارزیابی وضعیت نور روز در مدرسه مورد مطالعه در محدوده محافظه کارانه قرار دارد و توزیع نور در کلاس‌ها یکنواخت نیست. بر این اساس، راهکارهایی جهت بهینه‌سازی پیشنهاد گردید که شامل استفاده از سایبان‌های افقی برای کنترل تابش مستقیم، به‌کارگیری پرده‌ها و همچنین افزودن پنجره‌های جانبی و نواری برای توزیع یکنواخت‌تر نور در عمق کلاس‌ها است. در نهایت، نتایج این مطالعه تأکید می‌کند که با بهینه‌سازی مؤلفه‌های ادراکی نور روز، می‌توان ضمن کاهش نیاز به نور مصنوعی و حرکت به سمت معماری پایدار، کیفیت محیط آموزشی و در نتیجه سلامت روانی و عملکرد تحصیلی دانش‌آموزان را به طور چشمگیری بهبود بخشید.

کلمات کلیدی: معماری فضاهای آموزشی، نور روز، مؤلفه‌های ادراکی، مدرسه دخترانه سمای بجنورد.

۱. دانشجوی دکتری، گروه هنر و معماری، واحد بیرجند، دانشگاه آزاد اسلامی، بیرجند، ایران.

۲. استادیار، گروه هنر و معماری، واحد بیرجند، دانشگاه آزاد اسلامی، بیرجند، ایران (پست الکترونیک: Rezamirzaei@iaua.ac.ir)

۳. استادیار گروه معماری، موسسه آموزش عالی خاوران مشهد، مشهد، ایران.



۱- مقدمه و بیان مسئله

نور، به‌عنوان یکی از عناصر کلیدی در طراحی فضاهای آموزشی، نقش تعیین‌کننده‌ای در کیفیت محیط یادگیری و عملکرد دانش‌آموزان ایفا می‌کند. با توجه به اینکه دانش‌آموزان بخش قابل توجهی از زمان خود را در فضاهای آموزشی سپری می‌کنند، طراحی مناسب این فضاها، به‌ویژه از نظر تأمین نور کافی و مناسب، از اهمیت بالایی برخوردار است. نور نه تنها بر عملکرد بصری افراد تأثیر می‌گذارد، بلکه بر سلامت روانی، رفاه و بهره‌وری آنان نیز مؤثر است (Heschong, 2002; Boyce, 2004). مطالعات نشان می‌دهند که نور طبیعی روز می‌تواند به بهبود تمرکز، کاهش خستگی و افزایش رضایت‌مندی دانش‌آموزان کمک کند (Winterbottom, 2009). با این حال، علیرغم تحقیقات گسترده در زمینه نور و تأثیرات آن بر انسان، جایگاه نور در فضاهای آموزشی به‌طور کامل تبیین نشده و نیاز به بررسی دقیق‌تری در این زمینه احساس می‌شود. مسئله اصلی این پژوهش، بررسی میزان نور مورد نیاز برای فعالیت‌های آموزشی در مدرسه و تطبیق آن با عمق نفوذ نور در فضاهای داخلی است. در بسیاری از فضاهای آموزشی، نور طبیعی به‌درستی مدیریت نمی‌شود و این امر منجر به ایجاد محیط‌هایی با نور نامناسب، خیره‌کننده یا ناکافی می‌گردد (Reinhart, 2010). این مشکلات نه تنها بر کیفیت یادگیری تأثیر منفی می‌گذارند، بلکه می‌توانند باعث ایجاد خستگی بصری، کاهش تمرکز و حتی اختلالات سلامتی در دانش‌آموزان شوند. از این رو، هدف این پژوهش ارائه راهکارهای معمارانه برای بهینه‌سازی مؤلفه‌های ادراکی نور روز در فضاهای آموزشی است. ضرورت این تحقیق از آنجا ناشی می‌شود که فضاهای آموزشی به‌عنوان محیط‌های یادگیری، نیازمند شرایط نوری مطلوب برای ارتقای کیفیت آموزش و سلامت روانی دانش‌آموزان هستند. با توجه به افزایش توجه به معماری پایدار و کاهش مصرف انرژی، استفاده بهینه از نور طبیعی در فضاهای آموزشی نه تنها می‌تواند به کاهش مصرف انرژی کمک کند، بلکه می‌تواند محیطی سالم‌تر و کارآمدتر برای یادگیری ایجاد نماید (Edwards, 2002). در این راستا، مدرسه سمای دخترانه دانشگاه آزاد بجنورد به‌عنوان نمونه موردی انتخاب شده‌است تا مؤلفه‌های ادراکی نور روز در فضاهای آموزشی معاصر مورد بررسی قرار گیرد. این پژوهش با ارائه راهکارهای عملی، درصدد است تا گامی مؤثر در جهت بهبود کیفیت محیط‌های آموزشی بردارد.

پیشینه تحقیق

فتحی پور و همکاران (۱۴۰۱) در پژوهشی با عنوان "تحلیلی بر اثربخشی نور روز بر آسایش بصری و سلامت در فضاهای مسکونی شهر تبریز" به بررسی نقش نور روز بر ادراک بصری و سلامت روانی افراد پرداختند. یافته‌های آن‌ها نشان داد که عواملی مانند میزان درخشش نور، شکل، اندازه و موقعیت پنجره‌ها به‌طور مستقیم بر کیفیت ادراک محیطی تأثیرگذار هستند. این مطالعه اهمیت نور روز را به‌عنوان پلی بین عوامل روانشناختی و محیطی برجسته کرد، اما تأثیرات آن در فضاهای آموزشی را بررسی نکرد.

شیروبی و همکاران (۱۳۹۸) در مطالعه‌ای تحت عنوان "بررسی تأثیر نور (طبیعی و مصنوعی) بر خلق و خو و روان انسان در معماری داخلی" دریافتند که نور، چه طبیعی و چه مصنوعی، تأثیرات عمیقی بر ادراک محیطی و رفتار انسان دارد. آن‌ها تأکید کردند که نور طبیعی به‌ویژه در بهبود خلق و خو و کاهش استرس مؤثر است. با این حال، این پژوهش بیشتر بر فضاهای مسکونی متمرکز بود و به فضاهای آموزشی توجهی نداشت.

بارا و همکاران (۲۰۲۳) در تحقیق خود با عنوان "بهینه‌سازی چندهدفه عملکرد کلاس‌های درس در نور روز و استفاده از انرژی در مناطق آب‌وهوایی ایالات متحده" به بررسی تأثیر جهت‌گیری کلاس‌های درس بر مصرف انرژی و کیفیت نور روز پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که کلاس‌های مستطیلی با جهت‌گیری شمالی بیشترین سطح یکنواخت نور روز را فراهم می‌کنند، در حالی که کلاس‌های جنوبی کمترین مصرف انرژی را دارند. این مطالعه بر اهمیت طراحی پنجره‌ها و جهت‌گیری ساختمان در بهینه‌سازی نور روز تأکید کرد.

سامیو و همکاران (۲۰۲۲) در مطالعه‌ای با عنوان "معیارهای نور روز و نور مصنوعی جهت ارتقا عملکرد و راحتی نوری در کلاس‌های پیش‌دبستانی" به بررسی مشکلات تابش خیره‌کننده در کلاس‌های درس پرداختند. نتایج شبیه‌سازی آن‌ها نشان داد که استفاده از سایه‌بان‌های خارجی و داخلی می‌تواند تابش خیره‌کننده را به‌طور چشمگیری کاهش دهد. این پژوهش راهکارهای عملی برای بهبود کیفیت نور روز در فضاهای آموزشی ارائه کرد.

ویرز جاستیک و همکاران (۲۰۲۰) در پژوهشی با عنوان "ارتباط نور روز با انسان‌ها" به این نتیجه رسیدند که آگاهی بیشتر از نور روز در معماری و طراحی شهری می‌تواند منجر به ایجاد محیط‌های زندگی با کیفیت بالاتر شود. این مطالعه بر ارزش‌های زیبایی‌شناختی و راحتی بصری نور روز تأکید کرد، اما به تأثیرات آن در فضاهای آموزشی به‌طور خاص نپرداخت.

آکوستا و همکاران (۲۰۱۹) در مطالعه‌ای تحت عنوان "طراحی نور روز برای محیط‌های سالم: تجزیه و تحلیل فضاهای آموزشی برای محرک شبانه‌روزی بهینه" به بررسی تأثیر پارامترهای طراحی معماری بر ریتم شبانه‌روزی دانشجویان پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که طراحی مناسب نور روز می‌تواند به بهبود سلامت و عملکرد دانش‌آموزان کمک کند. این پژوهش بر اهمیت نور روز در فضاهای آموزشی تأکید کرد، اما به راهکارهای عملی برای بهینه‌سازی نور روز در مدارس نپرداخت.

مبانی نظری تحقیق

کاربردهای نور در آموزش: قرار گرفتن در معرض نور خورشید می‌تواند یادگیری را بهبود بخشد. بخش‌هایی از چشم‌های ما مستقیماً به بخشی از مغز ما متصل هستند و بر هورمون‌های مربوط به خواب یا سطح هوشیاری تأثیر می‌گذارند. وقتی به بیداری و پربار بودن فکر می‌کنیم، نور زرد را بهترین نور خورشید برای خود می‌دانیم، در حالی که در واقعیت، این نور آبی است که صبح از خورشید می‌آید که ما را بیدار و آماده روز می‌کند. به یاد داشته باشید که همه نورها یکسان ایجاد نمی‌شوند و افراد هنگام قرار گرفتن در معرض نور آبی نسبت به سایر طول موج‌ها هوشیارتر هستند و کمتر می‌خوانند (Hamelin et al., 2023). نور خورشید، منابع نور با طیف کامل و اکثر صفحه نمایش‌های دیجیتال حاوی نور آبی هستند. نور عنصر مهمی در ایجاد یک هدف است. دانش‌آموزانی که در اتاق‌هایی با نور روشن هستند، نمرات بالاتری نسبت به دانش‌آموزان اتاق‌هایی با نور کم دارند. تحقیقات نشان می‌دهد که نور کم اثربخشی اطلاعات در مغز را کاهش می‌دهد. اگر یادگیری سبک ضعیف باشد، پس از مدتی؛ مغز اطلاعات جدید را کندتر پردازش می‌کند (Esfandiari et al., 2023). از طرفی، روشنایی با نور ضعیف و کم می‌تواند بر یادگیری تأثیر بگذارد، زیرا دیدن واژه‌ها هنگام خواندن اطلاعات جدید دشوارتر است، نور کم بر توانایی دانشجو برای خواندن دقیق مطالب روی کاغذ یا تخته سیاه تأثیر می‌گذارد. این موضوع می‌تواند باعث وارد شدن اطلاعات غلط به مغز شود و یا بر اطلاعات جدید ذخیره شده تأثیر بگذارد (Mojtabavi & Sedaghat, 2023) روانشناسان دریافته‌اند وقتی فردی بیشترین زمان خود را در یک اتاق سپری می‌کند، نورپردازی می‌تواند روی سلامت روانی وی تأثیر گذارد. پزشکان از نور شدید به عنوان بهبود افسردگی استفاده می‌کنند و برعکس اگر در یک اتاق با نور کم باشید باعث اثر منفی بروی روحیه و افسردگی می‌شود (Haridi et al., 2022).

روشنایی روز و تاثیر آن در فضای آموزشی: استفاده از ویژگی‌های نور روز در کنار یک سیستم روشنایی هوشمند و در عین حال جلوگیری از ایجاد زندگی و گرم شدن فضا یک روش کارآمد جهت تامین روشنایی است. در تصاویر زیر نمونه‌ای از یک سیستم روشنایی هوشمند (کنترلر، پرده‌ها و سنسورها) در کنار استفاده از روشنایی روز در طول روز نمایش داده می‌شود. این موضوع تأثیر بسزایی در ارتقای سطح کیفی یادگیری، سلامتی و افزایش توانایی تمرکز دانش‌آموزان داشته است. از سوی دیگر استفاده از نور روز یک اهرم قوی در جهت کاهش انرژی مصرفی سیستم روشنایی به شمار

می‌رود. نمونه سیستم روشنایی هوشمند که در صفحه بعد نمایش داده شده مصرف سالانه انرژی را بیش از حدود ۵۰ درصد کاهش می‌دهد (Ghorbani Jaber et al., 2022).

تاثیر نور روز و روشنایی بر فضاهای مختلف آموزشی

سالن همایش: نورپردازی مناسب سالن‌های همایش می‌تواند فضاهای بزرگ را به بخش‌های کوچک‌تر تفکیک کرده و سطح دلپذیری محیط را افزایش دهد (Burt et al., 2023). سیستم‌های روشنایی هوشمند با قابلیت تغییر شدت و زاویه تابش نور، امکان برگزاری رویدادها به زیباترین شکل ممکن را فراهم می‌کنند (Tabibian et al., 2019). منابع نوری بدون خیرگی از آزار بصری برای سخنرانان و حاضران جلوگیری می‌کنند (Burt et al., 2023). سالن ناهارخوری و کافه‌تريا: نورپردازی در این فضاها تأثیر مستقیمی بر افزایش اشتها و شادابی دانش‌آموزان دارد (Tang et al., 2021). استفاده از منابع نوری با ضریب نمود رنگ بالا، علاوه بر ایجاد تمایز، به رفع خستگی کمک می‌کند (Eskandari et al., 2023). نورپردازی مستقیم و غیرمستقیم می‌تواند جلوه مبلمان و فضای کلی را بهبود بخشد و سیستم‌های کنترل هوشمند نیز کیفیت محیط را افزایش می‌دهند (Esfandari & Shokri, 2023). سالن‌های ورزشی: سیستم روشنایی تطبیق‌پذیر در سالن‌های ورزشی برای رشته‌های مختلف اهمیت ویژه‌ای دارد و باید قابلیت تأمین سطوح مختلف روشنایی را داشته باشد (Bulou et al., 2021). چراغ‌های مقاوم در برابر ضربه و منابع روشنایی فلورسنتی یا تخلیه گازی پرفشار، انتخاب‌های مناسبی برای این فضاها هستند که ضمن تضمین ایمنی، کیفیت فعالیت‌ها را نیز بهبود می‌بخشند (Muslim et al., 2020).

مولفه‌های ادراکی نور روز در فضاهای آموزشی بشرح ذیل می‌باشد:

- ۱- سن: معمولاً کودکان از رنگهای زنده و خالص و بزرگسالان از رنگهای پخته و مرکب خوششان می‌آید.
- ۲- محل زندگی: نوع محیط جغرافیایی مانند کوهستانی بودن، کویری و ساحلی بودن، مناطق آفتابی یا ابری در انتخاب رنگ بخصوص رنگ لباس موثرند. مثلاً زنان شمالی و روستایی به دلیل محیط همواره سبز، از لباسهای گلدار و الوان استفاده می‌کنند.
- ۳- فصول سال: استفاده از رنگ تیره در زمستان برای جذب گرمای خورشید و رنگ روشن در تابستان مورد توجه انسان است.
- ۴- فرهنگ جامعه: انتخاب رنگ به خصوصیات اجتماعی، روانی و فرهنگی جامعه نیز بستگی دارد، به عنوان مثال: سرخپوستان با ترکیب و رنگ آمیزی پوست خود، مقاومت، ایستادگی و قدرت خود را بالا می‌برند.
- ۵- زمینه هوشی و عاطفی: سلامت بدن، روح و روان و حالات افراد در انتخاب رنگها موثر است.
- ۶- طبقه جامعه: شهری‌ها معمولاً از رنگ‌های سرد مانند سبز و روستاییها از رنگ‌های گرم مانند: قرمز استفاده می‌کنند.
- ۷- طبقه اجتماعی از جهت میزان درآمد: افراد کم درآمد رنگهای براق و تند و پر درآمدها رنگهای سبک، مرکب، ملایم و ظریف را انتخاب می‌کنند (Taban & Islami Moghaddam, 2021).

سوالات پژوهش

از نظر متخصصان، معماری فضاهای آموزشی تا چه میزان و از طریق چه عواملی (فردی-نگرشی، ساختاری-انسانی، اقتصادی و فرهنگی-آموزشی) می‌تواند بر بهبود فرایند آموزش تأثیرگذار باشد؟

جامعه و نمونه آماری

پژوهشگر باید به گونه‌ای دقیق مشخص کند که متغیرهای مورد اندازه‌گیری خود را در چه گروهی مشاهده خواهد کرد. به عبارت دیگر برای محقق که می‌خواهد پارامترهای جامعه را از آماره‌های نمونه، تخمین بزند، اولین مساله تعیین جامعه مربوطه است. جامعه ترکیبی از تمام مواردی است که با خصوصیات مشخصی تطبیق می‌کنند. جامعه آماری عبارتست از گروهی از افراد یا اشیاء که در خاصیت یا خاصیت‌های مورد تحقیق، مشترک باشند و با هدف و موضوع ارتباط داشته باشند. بنابراین جامعه باید بر حسب ۱- محتوی، ۲- حدود و ۳- زمان تعیین شود. جامعه آماری در این پژوهش ۴۵۰ نفر از متخصصان رشته معماری در فضاهای آموزشی بودند که به دلیل کم بودن تعداد جامعه همین تعداد نیز به عنوان نمونه در نظر گرفته شد.

توصیف پاسخ گویه‌ها و متغیرهای تحقیق

تبدیل داده‌ها به فرمت مناسب یکی از فرایندهای تجزیه و تحلیل در پژوهش‌های مبتنی بر نظرسنجی است. نمونه‌هایی از این تغییر انواع داده‌ها، رمزگذاری متغیرهای طبقه‌بندی شده، یا مقیاس‌بندی متغیرهای عددی است. در این پژوهش پاسخ‌ها براساس گزینه پیشنهادی به صورت کلامی انتخاب شده است که این داده‌های کیفی به داده‌های کمی و به صورت مقیاس ترتیبی تبدیل شده است. این داده‌ها با سی و هفت گویه در زمینه یازده متغیر گردآوری شده است که در ادامه به توصیف پاسخ هر یک از گویه‌ها پرداخته شده و با استفاده از شاخص‌های درصد فراوانی، نما، میانه و میانگین توصیف شده است.

جدول ۱: تحلیل توصیفی داده‌های به دست آمده برای ابعاد مختلف معماری فضاهای آموزشی

متغیرها	تعداد	میانگین	انحراف معیار
فردی (فکری، نگرشی)	۱۰۰	۲/۳۷	۰/۴۱
ساختاری-انسانی	۱۰۰	۳/۱۰	۰/۵۷
اقتصادی	۱۰۰	۳/۳۶	۰/۴۹
فرهنگی-آموزشی	۱۰۰	۳/۴۲	۰/۴۷

در جدول ۱ برای ابعاد مختلف معماری فضاهای آموزشی میانگین و انحراف معیار داده‌های به دست آمده مشخص شده است. میانگین بعد فرهنگی آموزشی برابر با ۲/۴۲، بعد ساختاری-انسانی ۲/۱۷، بعد فردی ۲/۲۰ و بعد اقتصادی ۲/۲۱ به دست آمد.

توصیف پاسخ گویه‌های بعد فردی (فکری، نگرشی): این متغیر توسط متخصصان پاسخ داده شده است که شامل یک مولفه است و با شش گویه مورد سنجش قرار گرفته است. میانگین گویه‌ها بین ۳/۶۴۴ تا ۳/۶۹۱ است.

توصیف پاسخ گویه‌های بعد ساختاری-انسانی: این متغیر توسط متخصصان پاسخ داده شده است که شامل چهار مولفه است و با دوازده گویه مورد سنجش قرار گرفته است. میانگین گویه‌ها بین ۳/۴۴۸ تا ۳/۹۷۳ است.

توصیف پاسخ گویه‌های بعد اقتصادی: این متغیر توسط متخصصان پاسخ داده شده است که شامل یک مولفه است و با چهار گویه مورد سنجش قرار گرفته است. میانگین گویه‌ها بین ۳/۷۷۳ تا ۳/۸۲۸ است که با توجه به مقیاس یک تا پنج، رضایت نمونه آماری متخصصان در حد بالا است.

توصیف پاسخ گویه‌های بعد فرهنگی-آموزشی: این متغیر توسط متخصصان پاسخ داده شده است که شامل دو بعد اصلی و پنج مولفه است و با پانزده گویه مورد سنجش قرار گرفته است. میانگین گویه‌ها بین ۳/۱۳۵ تا ۳/۶۴۴ است.

روش تحقیق:

از آنجائیکه پژوهش حاضر به "بهبود سازی و تحلیل مولفه‌های ادراکی نور روز در فضاهای آموزشی مدرسه دخترانه سمای دانشگاه آزاد بجنورد" می‌پردازد، از نظر شیوه گردآوری داده‌ها، از نوع کتابخانه‌ای و میدانی؛ از نظر هدف، کاربردی؛ از نظر زمان گردآوری داده‌ها مقطعی و از نظر روش اجرای پژوهش، فراترکیب (کیفی-کمی) است. طرح پژوهش حاضر در زمره طرح‌های تحقیقی روش فراترکیب که در دو مرحله انجام خواهد شد.

در مرحله اول کیفی، که با استفاده از روش تحلیل مضمون بود، این روش، فرایندی برای تحلیل داده‌های متنی است و داده‌های پراکنده و متنوع را به داده‌هایی غنی و تفصیلی تبدیل می‌کند و از آنجائیکه اساساً مستقل از جایگاه نظری یا معرفت‌شناسی خاصی هستند، از این رو، ابزار تحقیقاتی منعطف و مفیدی است که برای تحلیل حجم زیادی از داده‌های پیچیده و مفصل، می‌توان از آن استفاده کرد. بنابراین مضامین پایه، سازمان‌دهنده و فراگیر شناسایی شدند و الگوی بصری طراحی خواهد شد، اعتبار یابی الگوی ارائه شده توسط صاحب نظران و خبرگان بررسی خواهد شد.

در مرحله دوم پژوهش، با مصاحبه با متخصصان معماری فضاهای آموزشی گردآوری داده‌ها انجام شده است. مراحل انجام پژوهش با این طرح برگرفته از مدل گراند تئوری، در دو مرحله، بررسی ادبیات، مطالعه کیفی و مطالعه کمی انجام گرفته است که در ادامه مورد بررسی قرار می‌گیرد.

یافته‌های پژوهش

این پژوهش به دنبال روابط علی بین متغیرهای پژوهش طبق مدل مفهومی طرح شده است. هنگامی که هدف پژوهش تایید یا رد فرضیه‌ها است، از معیارهایی برای محاسبه اهمیت آماری یافته‌های پژوهش استفاده می‌شود. اندازه‌گیری‌های آماری معنادار نشان می‌دهند که آیا یافته‌ای صرفاً ناشی از شانس است یا اینکه یافته‌ای مهم است که باید در مورد آن گزارش شود. بدون محاسبه اهمیت آماری، نمی‌توان مطمئن بود که ضرایب به دلیل رابطه علی است یا اینکه یافته‌ها بر اساس تصادف است. در این پژوهش از تحلیل‌های چند متغیری استفاده شده و بررسی‌های لازم انجام گرفته است. با توجه به ماهیت داده‌های پژوهش از تحلیل عاملی تاییدی، مدل‌یابی معادلات ساختاری و تحلیل رگرسیون فرایندی پیشنهاد شده توسط هایس استفاده شده است. استفاده از تحلیل عاملی تاییدی و مدل‌یابی معادلات ساختاری نیاز به توجیه تعدادی مفروضه دارد که به مفروضه‌های بنیادی استفاده از تحلیل‌های استنباطی معروف است. بخش استنباطی شامل چند مرحله است که ابتدا به مفروضه‌های بنیادی پرداخته شده و سپس مدل‌های مورد نیاز برازش و سرانجام در مورد فرضیه‌های پژوهش تصمیم‌گیری شده است.

مدل‌یابی معادلات ساختاری: مدل‌سازی معادلات ساختاری مجموعه‌ای از روش‌های آماری است که برای تخمین تأثیرات علی مفروض در مطالعات کمی بکار می‌رود. روش‌های مدل‌یابی معادلات ساختاری از قدرت و انعطاف‌پذیری بالایی برای طیف گسترده‌ای از فرضیه‌ها در مورد پیش‌بینی و علیت کاربرد دارد. هدف اولیه مدل‌یابی معادلات ساختاری تعیین و اعتبار بخشیدن به یک فرایند علی با تکنیک تاییدی است. بخشی از مدل این پژوهش مرتبط با متغیرهای پنهان مستقل، میانجی و وابسته است که روابط آنها مطابق با مدل پژوهش مورد بررسی و آزمون قرار گرفته است. متداول‌ترین روش مورد استفاده برای تخمین، حداکثر احتمال است. در این روش، تخمین پارامترها با به حداکثر رساندن تابع درست‌نمایی حاصل از توزیع نرمال چند متغیره به دست می‌آید که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته است. به بیان دیگر مدل با رویکرد کوواریانس‌محور و روش بیشینه درست‌نمایی با استفاده از نرم افزار ایموس نسخه بیست و چهار بررسی شده است. تحلیل یافته‌های مدل‌ها با استناد به نتایج بخش اندازه‌گیری، بخش ساختاری و شاخص‌های برازندگی انجام گرفته است.

نتایج شاخص‌های برازندگی مدل: شاخص‌های برازش در مدل با رویکرد کوواریانس‌محور تنوع قابل توجهی دارند. در ارزیابی نیکوی برازش مدل به چند شاخص مهم استناد شده و نتایج در جدول شماره ۹ ارائه شده است. شاخص برازندگی تطبیقی با مقدار ۰/۹۵۸ و شاخص برازندگی تاکر - لوئیس با مقدار ۰/۹۵۲ بزرگتر از مقادیر پیشنهاد شده ۰/۹۰ است. شاخص برازندگی با مقدار ۰/۸۴۴ و شاخص نرم‌شده برازندگی با مقدار ۰/۸۹۰ بزرگتر از مقدار پیشنهاد شده ۰/۸۰ است. شاخص نرم‌شده برازندگی نسبی با مقدار ۰/۸۲۳ و شاخص برازندگی نسبی با مقدار ۰/۷۳۹ بزرگتر از مقدار پیشنهاد شده ۰/۵۰ است. ریشه خطای میانگین مجذورات تقریب با مقدار ۰/۰۶۰ کوچکتر از مقدار پیشنهاد شده ۰/۸۰ و مربع کا هنجار شده با مقدار ۲/۶۴۲ کوچکتر از مقدار پیشنهاد شده ۳ است. این شاخص‌ها نشان‌دهنده برازش خوب مدل است و از همخوانی و تطابق داده‌های تجربی با مدل نظری پشتیبانی کرده است.

جدول ۲: شاخص‌های برازندگی مدل‌یابی معادلات ساختاری مورد بررسی در پژوهش

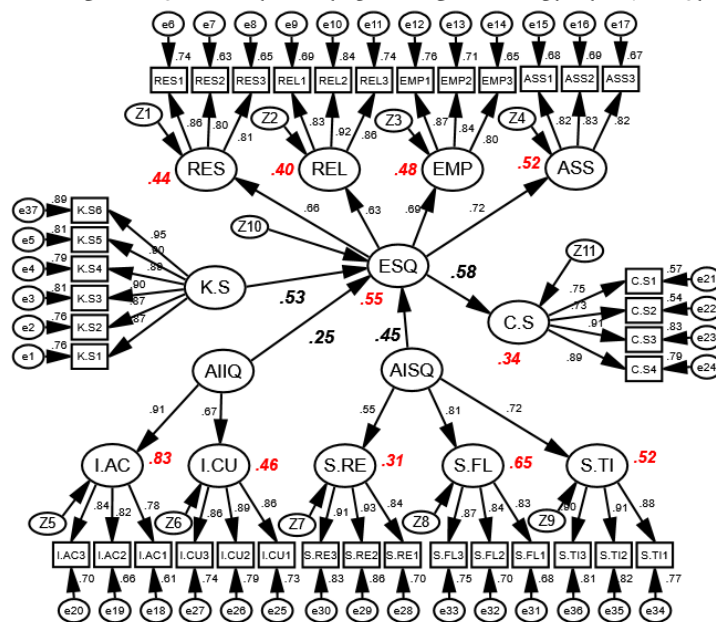
مقادیر مدل پژوهش	نام پیشنهادکننده	مقدار پیشنهادشده	شاخص‌های برازندگی	
.958	وست و همکاران (۲۰۱۲)	≥ 0.95	برازندگی تطبیقی	CFI
.844	فروزا و فلیپینی (۱۹۹۸)	≥ 0.80	شاخص برازندگی	GFI
.739	کانیک (۲۰۰۳)	≥ 0.50	شاخص برازندگی نسبی	PGFI
.952	وست و همکاران (۲۰۱۲)	≥ 0.95	شاخص تاکر-لوییس	TLI
.890	فروزا و فلیپینی (۱۹۹۸)	≥ 0.80	شاخص نرم‌شده برازندگی	NFI
.823	کانیک (۲۰۰۳)	≥ 0.50	شاخص نرم‌شده برازندگی نسبی	PNFI
.060	جان و همکاران (۲۰۰۶)	≤ 0.08	ریشه دوم برآورد واریانس خطای تقریب	RMSEA
2.642	الدلی و اید (۲۰۱۶)	≤ 3.00	مربع کا بر درجه‌آزادی	X2/df

آماره‌های آزمون و ضریب تشخیص				ضریب تاثیر		سازه‌ها و گویه‌ها		
ضریب تشخیص	احتمال خطا	آماره بحرانی	خطای استاندارد	غیراستاندارد	استاندارد	سازه	جهت	گویه
.676				1.000	.822	ASS	--->	ASS1
.694	***	18.809	.054	1.019	.833	ASS	--->	ASS2
.666	***	18.459	.053	.980	.816	ASS	--->	ASS3
.566				1.000	.753	C.S	--->	C.S1
.538	***	15.769	.062	.978	.733	C.S	--->	C.S2
.834	***	19.941	.059	1.178	.913	C.S	--->	C.S3
.785	***	19.440	.059	1.138	.886	C.S	--->	C.S4
.765				1.000	.875	EMP	--->	EMP1
.712	***	21.121	.045	.948	.844	EMP	--->	EMP2
.647	***	19.949	.046	.909	.804	EMP	--->	EMP3
.614				1.000	.784	LAC	--->	LAC1
.665	***	17.167	.062	1.062	.815	LAC	--->	LAC2
.699	***	17.470	.062	1.083	.836	LAC	--->	LAC3
.733				1.000	.856	LCU	--->	LCU1
.794	***	23.548	.043	1.024	.891	LCU	--->	LCU2
.741	***	22.609	.044	1.003	.861	LCU	--->	LCU3
.756				1.000	.869	K.S	--->	K.S1
.758	***	25.842	.038	.992	.871	K.S	--->	K.S2
.808	***	27.606	.037	1.034	.899	K.S	--->	K.S3
.786	***	26.837	.039	1.041	.887	K.S	--->	K.S4
.813	***	27.793	.039	1.087	.901	K.S	--->	K.S5
.894	***	30.984	.035	1.072	.945	K.S	--->	K.S6
.694				1.000	.833	REL	--->	REL1
.841	***	23.376	.047	1.089	.917	REL	--->	REL2
.735	***	21.835	.048	1.041	.857	REL	--->	REL3
.743				1.000	.862	RES	--->	RES1
.634	***	18.562	.050	.922	.796	RES	--->	RES2
.653	***	18.852	.050	.950	.808	RES	--->	RES3
.682				1.000	.826	S.FL	--->	S.FL1
.698	***	19.836	.052	1.037	.836	S.FL	--->	S.FL2
.751	***	20.558	.050	1.034	.867	S.FL	--->	S.FL3

.701				1.000	.837	S.RE	--->	S.RE1
.860	***	25.249	.043	1.097	.927	S.RE	--->	S.RE2
.827	***	24.731	.044	1.099	.909	S.RE	--->	S.RE3
.771				1.000	.878	S.TI	--->	S.TI1
.820	***	26.812	.039	1.054	.906	S.TI	--->	S.TI2
.809	***	26.533	.039	1.024	.899	S.TI	--->	S.TI3

بخش اندازه‌گیری مدل: در مدل مورد بررسی سه سازه اصلی براساس تحلیل عاملی تاییدی مرتبه دوم و دو سازه براساس تحلیل عاملی تاییدی مرتبه اول برازش شده است. بنابراین این بخش شامل روابط مرتبه اول و مرتبه دوم است. در این بخش از اندازه‌گیری مدل روابط بین سی و هفت گویه با یازده سازه فرعی مدل بررسی و آزمون شده است که ضرایب در همه موارد بزرگتر از ۰/۷۰ است و آماره بحرانی همه آنها بزرگتر از مقدار ۱/۹۶ و ۲/۵۸ است که از وجود بارعاملی به صورت مثبت و معنادار حمایت شده است. بارهای عاملی استاندارد شده بین ۰/۷۳۳ تا ۰/۹۴۵ و آماره آزمون بین ۱۵/۷۶۵ تا ۳۰/۹۸۴ است که از بارعاملی مثبت و معنادار گویه‌ها در ارتباط با مولفه‌های مفروض پشتیبانی شده است. ضرایب تشخیص گویه‌ها بین ۰/۵۳۸ تا ۰/۸۹۴ واقع شده است. بنابراین روایی عاملی لازم و کافی گویه‌های هر یک از مولفه‌ها تایید شده است.

جدول ۳: ضرایب و آزمون بارهای عاملی ارتباط بین گویه‌ها با مولفه‌ها در مدل معادله‌ی ساختاری



نمودار ۱: نتایج ضرایب تاثیر استاندارد سازه‌های اثرگذار بر اثرپذیر در معادلات ساختاری

برازش مدل کلی: معیار GOF مربوط به بخش کلی مدل‌های معادلات ساختاری است که توسط این معیار محقق می‌تواند پس از بررسی برازش بخش اندازه‌گیری و بخش ساختاری مدل کلی پژوهش خود، برازش بخش کلی را نیز کنترل نماید. برای بررسی برازش در یک مدل کلی تنها یک معیار به نام GOF استفاده می‌شود. سه مقدار ۰/۲۵، ۰/۳۶ و ۰/۴۰ به عنوان مقادیر ضعیف، متوسط و قوی برای GOF معرفی شده است. این معیار از طریق فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$GOF = \sqrt{\text{communalities} \times R^2}$$

جدول ۴: معیار GOF

Communalities	
مولفه‌های ادراکی نور روز	0.916126
فضای آموزشی مدارس	0.843148

در نتیجه Communalities برابر است با ۰/۸۷. با توجه به مقادیر R^2 که در جدول بالا آمده در نتیجه $\overline{R^2}$ برابر است با: ۰/۹۹

بدین ترتیب مقدار GOF محاسبه شده به شرح زیر می‌باشد:

$$GOF = \sqrt{0.87 \times 0.99} = 0.92$$

با توجه به سه مقدار ۰/۰۱، ۰/۲۵ و ۰/۳۶ به عنوان مقادیر ضعیف، متوسط و قوی برای GOF، حاصل شدن ۰/۹۲ نشان از برازش قوی مدل دارد.

تحلیل یافته‌های پژوهش

تحلیل یافته‌های این پژوهش با تمرکز بر فضاهای مختلف مدرسه و تأثیر نور روز بر هر یک از این فضاها بررسی می‌شود. ۱- کلاس‌های درس: کلاس‌های درس به عنوان اصلی‌ترین فضاهای آموزشی، بیشترین زمان حضور دانش‌آموزان را به خود اختصاص می‌دهند. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که نور روز در کلاس‌های درس مدرسه سمای بجنورد به صورت یکنواخت توزیع نشده است و در برخی مناطق کلاس، نور کافی وجود ندارد. این مسئله می‌تواند بر تمرکز و یادگیری دانش‌آموزان تأثیر منفی بگذارد. برای بهبود این شرایط، پیشنهاد شده است از پنجره‌های جانبی و نواری استفاده شود تا نور به صورت یکنواخت در کلاس پخش شود. همچنین، استفاده از سایبان‌های افقی برای کنترل شدت نور مستقیم و جلوگیری از خیرگی توصیه شده است.

۲- سالن همایش: سالن همایش به عنوان فضایی برای برگزاری رویدادهای گروهی و سخنرانی‌ها، نیاز به نورپردازی مناسب دارد. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که نورپردازی سالن همایش مدرسه سمای بجنورد به گونه‌ای است که امکان تفکیک فضاهای بزرگ به بخش‌های کوچک‌تر را فراهم می‌کند. با این حال، برای بهبود کیفیت نور در این فضا، پیشنهاد شده است از سیستم‌های روشنایی هوشمند با قابلیت تغییر شدت و زاویه تابش نور استفاده شود. این سیستم‌ها می‌توانند به برگزاری رویدادها به شکل بهینه کمک کنند و از خیرگی نور که ممکن است برای سخنرانان و حضار آزاردهنده باشد، جلوگیری کنند.

۳- سالن ناهارخوری و کافه‌تريا: سالن ناهارخوری و کافه‌تريا به عنوان فضاهایی برای استراحت و تغذیه دانش‌آموزان، نیاز به نورپردازی مناسب دارند تا احساس شادابی و راحتی را در کاربران ایجاد کنند. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که نورپردازی این فضاها در مدرسه سمای بجنورد به گونه‌ای است که اشتها و شادابی دانش‌آموزان را افزایش می‌دهد. با این حال، برای بهبود کیفیت نور در این فضاها، پیشنهاد شده است از منابع نوری با ضریب نمود رنگ بالا استفاده شود تا علاوه بر ایجاد تمایز، به رفع خستگی نیز کمک کند. همچنین، استفاده از نورپردازی مستقیم و غیرمستقیم می‌تواند جلوه مبلمان و فضای کلی را بهبود بخشد.

۴- سالن‌های ورزشی: سالن‌های ورزشی به عنوان فضاهایی برای فعالیت‌های بدنی، نیاز به نورپردازی تطبیق‌پذیر دارند تا برای رشته‌های مختلف ورزشی مناسب باشند. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که نورپردازی سالن‌های ورزشی مدرسه سمای بجنورد به گونه‌ای است که ایمنی و کیفیت فعالیت‌ها را تضمین می‌کند. با این حال، برای بهبود کیفیت نور در این فضاها، پیشنهاد شده است از چراغ‌های مقاوم در برابر ضربه و منابع روشنایی فلورسنتی یا تخلیه گازی پرفشار استفاده شود. این سیستم‌ها می‌توانند ضمن تضمین ایمنی، کیفیت فعالیت‌ها را نیز بهبود بخشند.

۵- فضاهای اداری و کتابخانه: فضاهای اداری و کتابخانه به عنوان فضاهایی برای مطالعه و کارهای اداری، نیاز به نورپردازی مناسب دارند تا تمرکز و بهره‌وری کاربران را افزایش دهند. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که نورپردازی این

فضاها در مدرسه سمای بجنورد به گونه‌ای است که امکان مطالعه و کار طولانی مدت را فراهم می‌کند. با این حال، برای بهبود کیفیت نور در این فضاها، پیشنهاد شده است از نورگیرهای سقفی و پنجره‌های بزرگ استفاده شود تا نور روز به صورت یکنواخت در فضا پخش شود.

۶- راهروها و فضاهای ارتباطی: راهروها و فضاهای ارتباطی به عنوان فضاهایی برای تردد دانش‌آموزان، نیاز به نورپردازی مناسب دارند تا ایمنی و راحتی کاربران را تضمین کنند. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که نورپردازی این فضاها در مدرسه سمای بجنورد به گونه‌ای است که امکان حرکت ایمن و راحت را فراهم می‌کند. با این حال، برای بهبود کیفیت نور در این فضاها، پیشنهاد شده است از نورپردازی غیرمستقیم و استفاده از پنجره‌های جانبی استفاده شود تا نور به صورت یکنواخت در فضا پخش شود.

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که ارزیابی نور روز در مدرسه مورد مطالعه در محدوده محافظه کارانه قرار دارد. این یافته بیانگر آن است که اگرچه برخی نقاط قوت در طراحی روشنایی طبیعی وجود دارد، اما هنوز نیاز به بهبود و بهینه‌سازی در این زمینه احساس می‌شود. برای دستیابی به محیط‌های آموزشی با کیفیت بالاتر، باید بر حفظ نقاط قوت و شایستگی‌های کلیدی تأکید کرد و در عین حال، با ارائه راهکارهای عملی بر ضعف‌ها و تهدیدها غلبه نمود.

استراتژی‌های پیشنهادی در این پژوهش شامل بهبود بهره‌وری نور روز از طریق استفاده از سایبان‌های افقی، پرده‌ها، پنجره‌های جانبی و پنجره‌های نواری است که به توزیع یکنواخت نور روز در کلاس‌ها کمک می‌کند. با توجه به فراوانی تابش نور خورشید در ایران و مزایای بی‌شمار آن، انتظار می‌رود که این اقدامات در کلاس‌های مدارس به کار گرفته شود تا بازده تحصیلی و سلامت دانش‌آموزان بهبود یابد.

برای دستیابی به نتایج جامع‌تر، پیشنهاد می‌شود که سایر عوامل مؤثر بر کیفیت نور روز، مانند جهت‌گیری ساختمان، مصالح به کار رفته در نما و تأثیرات اقلیمی نیز بررسی شوند. این مطالعات نیازمند همکاری و هماهنگی میان متخصصان مختلف در حوزه معماری، مهندسی نور و علوم محیطی است و باید به صورت همزمان انجام شوند. دستیابی به چنین نتایجی فرآیندی زمان‌بر است، اما تأثیرات مثبت آن بر کیفیت محیط‌های آموزشی غیرقابل انکار خواهد بود.

برخی از اقدامات پیشنهادی این پژوهش عبارتند از:

استفاده از سایبان‌های افقی در پنجره‌های جنوبی: این اقدام به کاهش شدت تابش مستقیم و جلوگیری از خیرگی کمک می‌کند.

نصب پنجره‌های روشن و کرکره: این روش به تنظیم و کنترل ورود نور به کلاس‌ها کمک کرده و امکان مدیریت بهتر نور روز را فراهم می‌کند.

حذف موانع تابش مستقیم نور: هدایت بهتر و مطلوب‌تر نور روز به داخل فضاهای آموزشی از طریق حذف موانع غیرضروری.

تغییر کاربری کلاس‌های درس در بخش غربی: استفاده از این فضاها به عنوان آزمایشگاه یا کارگاه جهت بهره‌وری بهتر از نور روز.

استفاده از نورگیرهای سقفی: این روش به پخش یکنواخت نور روز در طبقات پایین‌تر کمک می‌کند.

چیدمان صحیح مبلمان کلاس‌ها: قرارگیری مبلمان به گونه‌ای که کمترین سایه ممکن ایجاد شود و نور به صورت یکنواخت در فضا توزیع گردد.

با توجه به اینکه هدف اصلی این پژوهش ارزیابی و بررسی شرایط روشنایی فعلی مدرسه دخترانه سمای دانشگاه آزاد بجنورد بوده است، نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که شرایط مشابهی در سایر مناطق کشور با اقلیم معتدل کوهستانی نیز وجود دارد. بنابراین، یافته‌های این مطالعه می‌تواند به سایر مناطق با شرایط اقلیمی مشابه تعمیم داده شود و به عنوان الگویی برای بهبود کیفیت نور روز در فضاهای آموزشی مورد استفاده قرار گیرد.

منابع و مأخذ:

Azar, A., & Momeni, M. (2023). *Statistics and its applications in management* (Vol. 2). SAMT Publications.

Bulou, H., Joly, L., Mariot, J. M., & Scheurer, F. (Eds.). (2021). *Magnetism and accelerator-based light sources: Proceedings of the 7th international school "Synchrotron Radiation and Magnetism"*, Mittelwihr (France), 2018. Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-67298-9>

Burt, C. S., Kelly, J. F., Trankina, G. E., Silva, C. L., Khalighifar, A., Jenkins-Smith, H. C., ... & Horton, K. G. (2023). The effects of light pollution on migratory animal behavior. *Trends in Ecology & Evolution*, 38(4), 355–368. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2022.11.006>

Delavar, A. (2023). *Theoretical and scientific foundations of research in humanities and social sciences* (1st ed.). Roshd Publications.

Dunster, G. P., Hua, I., Grahe, A., Fleischer, J. G., Panda, S., Wright, K. P., Jr., ... & de la Iglesia, H. O. (2023). Daytime light exposure is a strong predictor of seasonal variation in sleep and circadian timing of university students. *Journal of Pineal Research*, 74(2), e12843. <https://doi.org/10.1111/jpi.12843>

Edwards, L., & Torcellini, P. (2002). *A literature review of the effects of natural light on building occupants* (NREL/TP-550-30769). National Renewable Energy Laboratory. <https://doi.org/10.2172/15000841>

Esfandiari, A., & Shokri, E. (2023). Evaluating the role of spatial arrangement on visual quality and daylight indicators in the interior spaces of residential units in Isfahan. *Karafan Journal*, 19(60), 77–101. <https://doi.org/10.48301/kssa.2022.339230.1477>

Eskandari, A., Motazedian, F., & Mirzakouchak Khoshnevis, A. (2023). An approach to aesthetic components of architectural art in collaborative educational spaces from the perspective of preschool children. *Journal of Philosophical Foundations of Iranian Art*, 2(3), 243–256.

Ghorbani Jaber, F., Ansari Jaber, A., Jafar Pour, F., Heidari, F., Shakibaei, Z., & Nikmanesh, M. R. (2022). The effects of light and illumination in educational spaces on students' learning (Case study: Fatemieh Girls' Elementary School, Safashahr). *Iranian Journal of Research in Civil Engineering and Architecture*, 7(24), 43–51. <https://doi.org/10.52547/jicea.7.24.43>

Hamelin, G., Viviers, S., Litalien, D., & Boulet, J. (2023). Bringing light to school counselors' burnout: The role of occupational identity. *International Journal for Educational and Vocational Guidance*, 23(3), 741–761. <https://doi.org/10.1007/s10775-022-09539-7>

Haridi, I., Aiche, M., & Abd El Djalil Hamdaoui, K. Z. (2022). The effect of natural light, on the quality of visual comfort in the reading rooms. A case study of the Larbi Ben Mhidi University library in Oum el Bouaghi, Algeria. *International Journal of Innovative Studies in Sociology and Humanities*, 7(10), 143–153. <https://doi.org/10.53982/ijissh.2022.0710.016>

Heschong, L. (2002). Daylighting and human performance. *ASHRAE Journal*, 44(6), 65–67.

Higuchi, S., Lin, Y., Qiu, J., Zhang, Y., Ohashi, M., Lee, S. I., ... & Yasukouchi, A. (2021). Is the use of high correlated color temperature light at night related to delay of sleep timing in university students? A cross-country study in Japan and China. *Journal of Physiological Anthropology*, 40(1), 7. <https://doi.org/10.1186/s40101-021-00257-2>

Kaboli, A. R., & Mahboudi, H. (2023). Investigating the presence and control of light in traditional Iranian architecture (Case study: Qajar period traditional houses in Shiraz). *Journal of Architectural Studies*, 6(28), 3.

Khaki, G. (2022). *Research methodology with an emphasis on thesis writing*. Deraayat Cultural Publishing Center.

Khalili, N., & Daneshvari, E. (2018). *Research methodology and its applications in management*. Azin Publishing.

Lin, L. Z., Zeng, X. W., Deb, B., Tabet, M., Xu, S. L., Wu, Q. Z., ... & Hu, L. W. (2022). Outdoor light at night, overweight, and obesity in school-aged children and adolescents. *Environmental Pollution*, 305, 119306. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.119306>

Mojtabavi, S. M., & Sadeghat, S. (2023). Investigating strategies for optimal daylight utilization to improve interior space quality (Case study: Light channels). *Journal of Modern Architecture Research*, 3(2), 53–68.

Mohammadi, E., Rezaei Mahdar, L., & Silvaye, S. (2018). Examining and analyzing the impact of light in the architecture of educational spaces. *Journal of Architectural Studies*, 1(1), 58.

Muslim, M., Ambiyar, A., Setiawan, D., & Putra, R. (2020). Developing project-based learning tools for light vehicle engine maintenance subjects at vocational high school. *Jurnal Pendidikan Vokasi*, 10(1), 22–33. <https://doi.org/10.21831/jpv.v10i1.29828>

Qian, C., Hu, K., Li, J., Li, P., & Lu, Z. (2021). The effect of light scattering in stereolithography ceramic manufacturing. *Journal of the European Ceramic Society*, 41(14), 7141–7154. <https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2021.07.034>

- Reinhart, C. F., & LoVerso, V. M. (2010). A rules of thumb-based design sequence for diffuse daylight. *Lighting Research & Technology*, 42(1), 7–31. <https://doi.org/10.1177/1477153509355749>
- Sadri Kia, S., Bemanian, M. R., & Ansari, M. (2018). The quality of spatial meaning perception through daylight reception. *Journal of City Identity*, 12(35), 5–18. [URL: https://hoviatshahr.srbiau.ac.ir/article_13110.html]
- Taban, M., & Islami Moghadam, A. (2021). Determining the impact of natural light on students' satisfaction with educational spaces. *Iranian Journal of Urban Planning*, 4(7), 288–300. <https://doi.org/10.30495/jupm.2021.1923831.1213>
- Tabibian, S. H., Habib, F., & Garkani, S. A. H. (2019). An analytical approach to the quality of natural light in the dome space of the Sepahsalar Mosque and School (Martyr Motahari). *Naqsh-e-Jahan Quarterly - Theoretical Studies and New Technologies in Architecture and Urban Planning*, 9(4), 245–256. [URL: <http://bsnt.modares.ac.ir/article-2-32962-en.html>]
- Tong, J., Wang, D., Liu, Y., Lou, X., Jiang, J., Dong, B., ... & Yang, M. (2021). Bioinspired micro/nanomotor with visible light energy-dependent forward, reverse, reciprocating, and spinning schooling motion. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(42), e2104481118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2104481118>
- Vethe, D., Scott, J., Engstrøm, M., Salvesen, Ø., Sand, T., Olsen, A., ... & Kallestad, H. (2021). The evening light environment in hospitals can be designed to produce less disruptive effects on the circadian system and improve sleep. *Sleep*, 44(3), zsaa194. <https://doi.org/10.1093/sleep/zsaa194>
- Wakui, N., Matsuoka, R., Togawa, C., Ichikawa, K., Kagi, H., Watanabe, M., ... & Machida, Y. (2023). Effectiveness of displaying traffic light food labels on the front of food packages in Japanese university students: a randomized controlled trial. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(3), 1806. <https://doi.org/10.3390/ijerph20031806>
- Westwood, E., Smith, S., Mann, D., Pattinson, C., Allan, A., & Staton, S. (2023). The effects of light in children: A systematic review. *Journal of Environmental Psychology*, 92, 102062. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2023.102062>
- Winterbottom, M., & Wilkins, A. (2009). Lighting and discomfort in the classroom. *Journal of Environmental Psychology*, 29(1), 63–75. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2008.06.002>

Optimization and analysis of perceptual components of daylight in educational spaces (case study: Samay Girls' School, Bojnourd Azad University)

Sahar Mohammadzadeh ¹

Reza mirzaee ² (corresponding author)

Seyed Mehdi Maddahi ³

Abstract:

Daylight is a crucial element in the design of educational spaces, significantly impacting the quality of the learning environment, students' mental health, and academic performance. However, many educational spaces fail to utilize daylight effectively, leading to environments with inadequate, uneven, or glaring lighting. This issue can result in reduced focus, visual fatigue, and even health issues among students. Therefore, this study aims to investigate and optimize the perceptual components of daylight in educational spaces. The main research question is: How can the optimization of daylight in educational spaces improve the quality of the learning environment and students' mental health?

This research employs library and field methods for data collection. Data were gathered through questionnaires and interviews with 450 experts in educational space design and analyzed using SPSS version 24, along with descriptive and inferential statistical methods. Additionally, confirmatory factor analysis (CFA) and structural equation modeling (SEM) were used to examine the relationships between variables. The study focuses on Sama Girls' School in Bojnourd as a case study to evaluate the current lighting conditions and propose practical solutions for improvement.

The findings reveal that the distribution of daylight in the classrooms of Sama School is uneven, with some areas lacking sufficient light. To address this, strategies such as the use of side and strip windows, horizontal canopies, and curtains are proposed to ensure uniform light distribution in classrooms. Furthermore, the implementation of smart lighting systems in conference halls and sports facilities can enhance light quality and reduce glare. In administrative spaces and libraries, skylights and large windows are recommended to distribute daylight more evenly. These measures not only improve the visual comfort of students but also contribute to energy efficiency by reducing the reliance on artificial lighting.

In conclusion, this study demonstrates that optimizing daylight in educational spaces not only improves the quality of learning and students' mental health but also contributes to energy efficiency and the creation of sustainable educational environments. In response to the research question, it can be concluded that by employing proposed strategies such as horizontal canopies, side windows, and smart lighting systems, the quality of daylight in educational spaces can be significantly enhanced, providing a more suitable environment for learning and student well-being. Future studies are recommended to explore the impact of other environmental and architectural factors, such as building orientation and material selection, on daylight quality in educational spaces. This will help in developing more comprehensive guidelines for designing educational environments that maximize the benefits of natural light.

Keywords: Architecture of educational spaces, daylight, perceptual components, architectural solutions, Samai Bojnourd School.

¹ PhD Candidate, Department of Art and Architecture, Bi.C., Islamic Azad University, Birjand, Iran.

² Assistant Professor, Department of Art and Architecture, Bi.C., Islamic Azad University, Birjand, Iran.
(Email: Rezamirzaei@iau.ac.ir)

³ Assistant Professor, Department of Art and Architecture, Khavaran Institute of Higher Education, Mashhad, Iran.