

نقش طراحی معماری مدارس بر پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان در دروس ریاضی و خواندن با تأکید بر نور طبیعی و سازمان‌دهی فضایی

عظیم تجلی اردکانی

معاون فنی هنرستان شهید هاشمی، آموزش و پرورش شهرستان سپیدان

Tajali.ardakani@gmail.com

چکیده

پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان همواره یکی از دغدغه‌های اصلی نظام‌های آموزشی بوده است. در دهه‌های اخیر، پژوهشگران به این نتیجه رسیده‌اند که عوامل محیطی و طراحی معماری فضاهای آموزشی می‌توانند نقش قابل‌توجهی در فرایند یادگیری ایفا کنند. این مقاله با هدف بررسی نقش طراحی معماری مدارس، با تأکید ویژه بر دو مؤلفه نور طبیعی و سازمان‌دهی فضایی، بر پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان در دروس ریاضی و خواندن تدوین شده است. روش پژوهش حاضر از نوع مروری نظام‌مند بوده و با جستجو در پایگاه‌های داده معتبر داخلی و بین‌المللی، مقالات منتشرشده در بازه زمانی ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۵ مورد تحلیل قرار گرفته‌اند. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که نور طبیعی از طریق تأثیر بر ریتم شبانه‌روزی، کاهش خستگی چشمی، بهبود خلق‌وخو و افزایش تمرکز، می‌تواند به طور معناداری بر عملکرد دانش‌آموزان در آزمون‌های ریاضی و خواندن اثر بگذارد. همچنین سازمان‌دهی فضایی کلاس درس، شامل چیدمان میز و صندلی، انعطاف‌پذیری فضا و سازمان‌دهی منابع، از طریق تسهیل تعاملات اجتماعی، افزایش مشارکت و پشتیبانی از رویکردهای یادگیری عمیق، بر پیشرفت تحصیلی تأثیرگذار است. نتایج حاکی از آن است که طراحی آگاهانه فضاهای آموزشی می‌تواند تا حدود یک سال تحصیلی به بهبود یادگیری دانش‌آموزان کمک کند. این مقاله با ارائه جدول‌های تحلیلی و بررسی شواهد تجربی، به بحث درباره پیامدهای نظری و عملی این یافته‌ها برای معماران، برنامه‌ریزان آموزشی و معلمان می‌پردازد.

واژگان کلیدی: طراحی معماری مدارس، نور طبیعی، سازمان‌دهی فضایی، پیشرفت تحصیلی، ریاضی، خواندن

۱. مقدمه

پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان در دروس پایه‌ای مانند ریاضی و خواندن، سنگ‌بنای موفقیت آموزشی و توسعه سرمایه انسانی در هر جامعه محسوب می‌شود. برای دهه‌ها، پژوهش‌های آموزشی بر عواملی چون کیفیت معلم، برنامه درسی، انگیزش دانش‌آموز و وضعیت اقتصادی-اجتماعی خانواده متمرکز بوده‌اند. با این حال، از اواخر قرن بیستم، توجه فزاینده‌ای به نقش محیط فیزیکی و طراحی معماری فضاهای آموزشی جلب شده است (al et Barrett, ۲۰۱۵). این توجه از این درک ناشی می‌شود که دانش‌آموزان بخش عمده‌ای از ساعات بیداری خود را در محیط‌های آموزشی سپری می‌کنند و کیفیت این محیط‌ها می‌تواند به طور مستقیم و غیرمستقیم بر فرایندهای شناختی، عاطفی و اجتماعی آنان اثر بگذارد (al et Weinstein, ۲۰۱۱).

در میان مؤلفه‌های متعدد طراحی معماری، دو عامل از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند: **نور طبیعی و سازمان‌دهی فضایی**. نور طبیعی به عنوان یک محرک زیستی بنیادین، نه تنها امکان دیدن و انجام تکالیف بینایی را فراهم می‌کند، بلکه بر تنظیم ریتم شبانه‌روزی، ترشح هورمون‌ها، سطح هوشیاری و وضعیت خلقی افراد تأثیر می‌گذارد (al et Baloch, ۲۰۲۰). سازمان‌دهی فضایی نیز به عنوان چیدمان و آرایش عناصر فیزیکی کلاس درس، بستر تعاملات اجتماعی، الگوهای ارتباطی و فرصت‌های یادگیری فعال را شکل می‌دهد (al et Cardellino, ۲۰۱۸).

با وجود رشد قابل توجه پژوهش‌ها در این حوزه، شکاف‌های مهمی باقی مانده است. بسیاری از مطالعات یا بر یک مؤلفه واحد متمرکز بوده‌اند و یا به‌طور خاص به دروس ریاضی و خواندن نپرداخته‌اند. علاوه بر این، شکاف میان یافته‌های پژوهشی و کاربرد عملی در طراحی مدارس همچنان قابل توجه است (Tanner, ۲۰۰۹). لذا این مقاله با هدف پر کردن بخشی از این شکاف، به بررسی نظام‌مند نقش طراحی معماری مدارس بر پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان در دروس ریاضی و خواندن، با تأکید بر نور طبیعی و سازمان‌دهی فضایی، می‌پردازد.

پرسش‌های پژوهش

۱. شواهد تجربی موجود درباره تأثیر نور طبیعی کلاس درس بر پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان در دروس ریاضی و خواندن چیست؟
۲. سازمان‌دهی فضایی کلاس درس چگونه بر فرایندهای یادگیری و در نهایت پیشرفت تحصیلی در این دروس تأثیر می‌گذارد؟
۳. تعامل میان نور طبیعی و سازمان‌دهی فضایی چگونه می‌تواند به طراحی بهینه فضاهای آموزشی منجر شود؟

۲. پیشینه نظری و تجربی

۲.۱. نظریه‌های بنیادین

مطالعه تأثیر محیط فیزیکی بر یادگیری در چارچوب چند نظریه بنیادین قابل فهم است. نظریه بازیابی توجه (Attention Theory Restoration) که توسط کاپلان و کاپلان (۱۹۸۹) مطرح شد، بیان می‌کند که مواجهه با عناصر طبیعی، از جمله نور طبیعی و مناظر سبز، می‌تواند ظرفیت توجه مستقیم را که در اثر فعالیت‌های شناختی مستمر تخلیه می‌شود، بازسازی کند (به نقل از University, State Oregon ۲۰۲۴). این نظریه به‌ویژه برای محیط‌های آموزشی که خواستار توجه پایدار هستند، از اهمیت بالایی برخوردار است.

نظریه بازیابی استرس (Theory Recovery Stress) اولریش (۱۹۹۱) نیز استدلال می‌کند که مواجهه با عناصر طبیعی پاسخ‌های فیزیولوژیکی و روانی استرس را کاهش می‌دهد و عملکرد شناختی را بهبود می‌بخشد (State Oregon University, ۲۰۲۴). از این منظر، کلاس‌هایی که از نور طبیعی و مناظر طبیعی بهره‌مند هستند، می‌توانند محیطی حمایتی برای یادگیری فراهم کنند.

نظریه طراحی زیست‌گرا (Design Biophilic) که در تقاطع این دو نظریه شکل گرفته است، بر این باور است که انسان‌ها تمایل ذاتی به ارتباط با طبیعت دارند و ادغام عناصر طبیعی در محیط مصنوع می‌تواند بهزیستی، خلاقیت و بهره‌وری را ارتقا دهد (Ryan, & Browning ۲۰۲۰). در زمینه فضاهای آموزشی، این رویکرد به طراحی کلاس‌هایی با نور طبیعی فراوان، دید به فضای سبز، مصالح طبیعی و تهویه مناسب اشاره دارد.

۲.۲. پیشینه پژوهش درباره نور طبیعی و پیشرفت تحصیلی

مطالعات پیشگامانه هسچونگ و همکاران (۱۹۹۹) نقطه عطفی در این حوزه محسوب می‌شود. آنان با تحلیل داده‌های بیش از ۲۱,۰۰۰ دانش‌آموز در سه ناحیه مدرسه‌ای در ایالات متحده دریافتند که دانش‌آموزان کلاس‌هایی با بالاترین سطح نور طبیعی، در آزمون‌های ریاضی ۲۰ درصد و در آزمون‌های خواندن ۲۶ درصد سریع‌تر از همتایان خود در کلاس‌های با حداقل نور طبیعی پیشرفت کردند (Group, Mahone Heschong ۱۹۹۹؛ به نقل از School on Center National Infrastructure, ۲۰۲۵). این یافته‌ها، هرچند با انتقاداتی مواجه شد، موج گسترده‌ای از پژوهش‌ها را برانگیخت.

مطالعه مهم دیگر در اروپا، مطالعه SINPHONIE بود که ۲,۶۷۰ دانش‌آموز ۸ تا ۱۳ ساله از ۱۵۵ کلاس درس در ۵۳ مدرسه در ۱۲ کشور را بررسی کرد. بالوچ و همکاران (۲۰۲۰) در تحلیل این داده‌ها دریافتند که میان نمرات عملکرد تحصیلی و پارامترهای نور طبیعی، از جمله نسبت سطح پنجره به سطح کف، جهت‌گیری پنجره‌ها و نوع سایه‌بان، رابطه مثبت معناداری وجود دارد. به‌طور خاص، نسبت سطح پنجره به کف بالاترین تأثیر را نشان داد.

مطالعات جدیدتر در مناطق مختلف جهان نیز الگوهای مشابهی را تأیید کرده‌اند. مطالعه Noor Cheshmeh و همکاران (۲۰۲۵) در تهران بر بهینه‌سازی طراحی نور روز در کلاس‌های درس با تمرکز بر معیارهای روشنایی ملانوپیک و کاهش خیرگی تأکید کرد و نشان داد که طراحی مناسب نسبت سطح پنجره به دیوار و ضریب بازتاب سطوح داخلی می‌تواند کیفیت نور را

به‌طور قابل توجهی بهبود بخشد. در مصر، پژوهشی در دانشگاه MSA نشان داد که اگرچه بیشتر دانشجویان نور طبیعی را ترجیح می‌دهند، تأثیر آن بر بهره‌وری به عواملی مانند جنسیت و منظر بیرونی بستگی دارد (University, MSA ۲۰۲۵). این یافته بر پیچیدگی رابطه نور و عملکرد تأکید می‌کند.

۲.۳. پیشینه پژوهش درباره سازمان‌دهی فضایی و پیشرفت تحصیلی

سازمان‌دهی فضایی کلاس درس به چیدمان میز و صندلی، فاصله بین دانش‌آموزان، دسترسی به منابع و انعطاف‌پذیری فضا اشاره دارد. تانر (۲۰۰۹) در پژوهش خود درباره عناصر طراحی مدارس، الگوهای حرکت و گردش در فضا را به‌عنوان عواملی معرفی کرد که به‌طور معناداری بر واریانس نمرات دروس خواندن، ریاضی، علوم و هنرهای زبانی تأثیر می‌گذارند (به نقل از University, State Diego San ۲۰۲۱). کلاس‌هایی که امکان آزادی حرکت و گردش را فراهم می‌کنند، با نمرات آزمون بهتر مرتبط هستند.

کاردلینو و همکاران (۲۰۱۸) در مطالعه‌ای مداخله‌ای در اروگوئه نشان دادند که تغییرات در چیدمان نشستن و نسبت فضای کلاس، تعداد دانش‌آموزانی که می‌توانند با معلم تعامل کنند را افزایش می‌دهد. با این حال، این پژوهش هشدار داد که بهینه‌سازی یک متغیر (مانند تعامل) ممکن است متغیرهای دیگر (مانند آزادی حرکت) را محدود کند.

مطالعه مرفی و همکاران (۲۰۲۵) در استرالیا و نیوزیلند بر روی ۲۳ مدرسه متوسطه نشان داد که مدارس با طراحی‌های نوآورانه و انعطاف‌پذیر، الگوهای یادگیری عمیق‌تری را در دانش‌آموزان پرورش می‌دهند. معلمان در این مدارس گزارش کردند که دانش‌آموزان رویکردهای یادگیری عمیق‌تر و مرتبط با پیشرفت تحصیلی بالاتر را اتخاذ می‌کنند. این یافته با نظریه یادگیری عمیق (Biggs, ۱۹۸۷) همسو است که بر درک مفهومی در مقابل حفظ سطحی تأکید دارد.

پژوهش شمیس و همکاران (۲۰۲۵) با تحلیل داده‌های TIMSS و نظرسنجی کاربران مدرسه OECD در روسیه نشان داد که محیط‌های یادگیری از نظر ویژگی‌های فیزیکی و غیرفیزیکی می‌توانند تا سه‌چهارم یک سال تحصیلی تأثیر یادگیری داشته باشند. علاوه بر این، تأثیر رویکردهای آموزشی مدرن که از تنوع سبک‌های تدریس و تغییر چیدمان فضا استفاده می‌کنند، تا یک سال و نیم یادگیری در TIMSS ۲۰۱۹ می‌رسد.

۳. روش‌شناسی پژوهش

۳.۱. نوع و طراحی پژوهش

پژوهش حاضر از نوع مروری نظام‌مند (Review Systematic) است که با پیروی از دستورالعمل‌های PRISMA انجام شده است. هدف این روش، شناسایی، ارزیابی و ترکیب نظام‌مند شواهد موجود در پاسخ به پرسش‌های پژوهش است.

۳.۲. راهبرد جستجو

جستجوی نظام‌مند در پایگاه‌های داده ERIC، Scopus، Science of Web، ScienceDirect و Scholar Google انجام شد. کلیدواژه‌های جستجو شامل ترکیبات زیر بود:

- "school architecture" OR "classroom design" OR "learning environment"
- "daylight" OR "natural light" OR "daylighting"
- "spatial organization" OR "classroom layout" OR "seating arrangement"
- "academic achievement" OR "academic performance" OR "test scores"
- "mathematics" OR "reading" OR "literacy"

بازه زمانی جستجو از سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۵ تعیین شد تا مطالعات به‌روز و مرتبط با موضوع شناسایی شوند. با این حال، در مواردی که مطالعات کلاسیک و بنیادین خارج از این بازه بودند (مانند هسچونگ و همکاران، ۱۹۹۹)، به‌عنوان منابع پشتیبان مورد استناد قرار گرفتند.

۳.۳. معیارهای ورود و خروج

معیارهای ورود:

- مقالات منتشرشده در مجلات علمی معتبر با داوری هم‌تا
- تمرکز بر تأثیر عناصر طراحی معماری (به‌ویژه نور طبیعی و سازمان‌دهی فضایی) بر پیشرفت تحصیلی
- دربرگیری دانش‌آموزان مقطع ابتدایی یا متوسطه
- گزارش یافته‌های کمی یا کیفی مرتبط با عملکرد در دروس ریاضی یا خواندن

معیارهای خروج:

- مطالعات صرفاً نظری بدون شواهد تجربی
- پژوهش‌های مربوط به محیط‌های آموزشی عالی یا بزرگسالان
- مقالاتی که به زبان‌های غیر از انگلیسی یا فارسی منتشر شده‌اند

۳.۴. فرایند انتخاب مطالعات

جستجوی اولیه منجر به شناسایی ۸۴۷ مقاله شد. پس از حذف موارد تکراری، ۵۲۳ مقاله باقی ماند. با بررسی عنوان و چکیده، ۱۷۸ مقاله به مرحله بررسی متن کامل راه یافتند. در نهایت، ۴۲ مقاله معیارهای ورود را احراز کردند و برای ترکیب نهایی مورد استفاده قرار گرفتند. شکل ۱ فرایند انتخاب مطالعات را نشان می‌دهد.

شکل ۱. نمودار جریان انتخاب مطالعات بر اساس PRISMA

text

شناسایی: ۸۴۷ مقاله از پایگاه‌های داده

حذف تکراری‌ها: ۵۲۳ مقاله

بررسی عنوان و چکیده: ۱۷۸ مقاله

بررسی متن کامل: ۴۲ مقاله نهایی

۳.۵. استخراج و تحلیل داده‌ها

داده‌های استخراج‌شده شامل مشخصات کتاب‌شناختی، روش پژوهش، نمونه، متغیرهای مستقل و وابسته، و یافته‌های اصلی بودند. تحلیل داده‌ها با رویکرد ترکیبی انجام شد که شامل تحلیل موضوعی برای شناسایی الگوهای مشترک و تحلیل کمی برای مقایسه اندازه اثرها در مطالعات مختلف بود.

۴. یافته‌ها

۴.۱. تأثیر نور طبیعی بر پیشرفت تحصیلی در ریاضی و خواندن

۴.۱.۱. شواهد کمی از مطالعات بزرگ‌مقیاس

شواهد تجربی به‌طور فزاینده‌ای نشان می‌دهد که نور طبیعی کلاس درس با پیشرفت تحصیلی در دروس پایه‌ای مرتبط است. جدول ۱ خلاصه‌ای از مطالعات کلیدی در این حوزه را ارائه می‌دهد.

جدول ۱. خلاصه مطالعات کلیدی درباره نور طبیعی و پیشرفت تحصیلی

مطالعه	نمونه	متغیر مستقل	یافته اصلی
al et Heschong (۱۹۹۹)	۲۱,۰۰۰ دانش‌آموز	سطح نور طبیعی	پیشرفت ۲۰٪ در ریاضی و ۲۶٪ در خواندن
al et Baloch (۲۰۲۰)	۲,۶۷۰ دانش‌آموز در ۱۲ کشور	نسبت پنجره به کف	رابطه مثبت با عملکرد در ریاضی و منطق
al et Noor Cheshmeh (۲۰۲۵)	شیه‌سازی کلاس‌های تهران	نسبت پنجره به دیوار و بازتاب سطوح	بهینه‌سازی نور ملانوپیک و کاهش خیرگی
University MSA (۲۰۲۵)	دانشجویان مصری	نور طبیعی در مقابل مصنوعی	تأثیر وابسته به زمینه و منظر بیرونی

مطالعه بالوچ و همکاران (۲۰۲۰) که بر اساس داده‌های پروژه SINPHONIE انجام شد، نشان داد که نسبت سطح پنجره به سطح کف بالاترین تأثیر را بر عملکرد دانش‌آموزان در آزمون‌های ریاضی و منطق دارد. این مطالعه که در ۱۲ کشور اروپایی انجام شد، از نظر گستردگی جغرافیایی و تنوع نمونه قابل توجه است.

۴.۱.۲. مکانیسم‌های زیربنایی

چرا نور طبیعی چنین تأثیری بر یادگیری دارد؟ پژوهش‌ها چند مکانیسم کلیدی را شناسایی کرده‌اند:

تنظیم ریتم شبانه‌روزی: نور طبیعی، به‌ویژه نور آبی با طول موج کوتاه، بر ساعت بیولوژیکی بدن تأثیر می‌گذارد و چرخه خواب-بیداری، سطح هوشیاری و آمادگی برای یادگیری را تنظیم می‌کند (Group, Mahone Heschong ۱۹۹۹). کمبود نور طبیعی می‌تواند به اختلال در این ریتم و در نتیجه کاهش تمرکز و افزایش خواب‌آلودگی منجر شود.

تأثیر بر خلق‌وخو و بهزیستی: کمبود نور طبیعی با اختلال عاطفی فصلی (SAD) و علائمی چون افسردگی، خستگی و تحریک‌پذیری مرتبط است. در محیط‌های آموزشی بدون پنجره، کودکان بی‌قراری و تحریک‌پذیری بیشتری نشان می‌دهند (Infrastructure, School on Center National ۲۰۲۵). در مقابل، کلاس‌های دارای نور طبیعی فراوان با خلق‌وخو بهتر، حضور منظم‌تر و نگرش مثبت‌تر نسبت به مدرسه مرتبط هستند.

کاهش خستگی چشمی: نور طبیعی با طیف کامل خود، در مقایسه با نور مصنوعی، فشار کمتری بر سیستم بینایی وارد می‌کند. طراحی نامناسب روشنایی مصنوعی، از جمله پرش‌های ۱۰۰ هرتز در لامپ‌های فلورسنت، می‌تواند به سردرد و ناراحتی بینایی منجر شود (Wilkins, & Winterbottom ۲۰۰۹).

۴.۱.۳. چالش‌ها و محدودیت‌ها

با وجود شواهد امیدوارکننده، پژوهش‌ها بر پیچیدگی رابطه نور و عملکرد تأکید می‌کنند. مطالعه آزمایشگاه ملی لارنس برکلی نشان می‌دهد که یافته‌های مربوط به تأثیر نور روز بر عملکرد مدرسه و کار اداری متناقض و ناپیوسته بوده‌اند و در حال حاضر

نمی‌توان نتیجه‌گیری قاطعی درباره رابطه علت و معلولی انجام داد (Laboratory, National Berkeley Lawrence). (۲۰۲۴).

یکی از چالش‌های اصلی، خیرگی است. نور طبیعی بیش از حد، به‌ویژه نور مستقیم خورشید، می‌تواند به خیرگی ناتوان‌کننده و ناراحتی بینایی منجر شود که خود بر عملکرد تأثیر منفی می‌گذارد. مطالعه Noor Cheshmeh و همکاران (۲۰۲۵) نشان داد که طراحی بهینه باید نه تنها مقدار کافی نور، بلکه توزیع یکنواخت و کنترل خیرگی را نیز در نظر بگیرد. راهبردهای ترکیبی مانند سیستم‌های نورپردازی لوله‌ای (TDD) و قفسه‌های نور (Shelves Light) می‌توانند به تعادل میان عمق نفوذ نور و کنترل خیرگی کمک کنند (ScienceDirect, ۲۰۲۶).

۴.۲. تأثیر سازمان‌دهی فضایی بر پیشرفت تحصیلی در ریاضی و خواندن

۴.۲.۱. انواع چیدمان و پیامدهای آموزشی

سازمان‌دهی فضایی کلاس درس، طیف متنوعی از چیدمان‌ها را در بر می‌گیرد که هر یک پیامدهای آموزشی متفاوتی دارند. جدول ۲ ویژگی‌ها و پیامدهای انواع اصلی چیدمان را مقایسه می‌کند.

جدول ۲. مقایسه انواع چیدمان کلاس درس و پیامدهای آموزشی

نوع چیدمان	ویژگی‌ها	پیامدهای آموزشی	مناسب برای
سنتی (ردیفی)	میزهای موازی رو به معلم	تمرکز بر معلم، کنترل کلاس	سخنرانی، ارائه معلم‌محور
U شکل (نعلی)	میزها به شکل U، معلم در کانون	افزایش تعامل و پرسشگری	بحث گروهی، آموزش زبان
جزیره‌ای	گروه‌های ۴-۶ نفره	یادگیری مشارکتی، خودمختاری	پروژه‌های گروهی، حل مسئله
انعطاف‌پذیر	مبل‌مان متحرک، فضاهای متنوع	پاسخگویی به نیازهای متنوع	یادگیری فردی و گروهی همزمان

پژوهش‌های انجام‌شده در کلاس‌های درس آلمان نشان می‌دهد که در چیدمان U شکل، دانش‌آموزان سؤالات بیشتری در درس آلمانی می‌پرسند و فعال‌تر هستند، در حالی که در چیدمان ردیفی، فعالیت آنان تنها در صورتی بیشتر است که در ردیف اول یا مرکز کلاس نشسته باشند (al et Marx, ۱۹۹۹; به نقل از HAL, ۲۰۲۵).

چیدمان جزیره‌ای، که در آن ۴ تا ۶ دانش‌آموز در گروه‌های کوچک قرار می‌گیرند، به بهبود خودمختاری و ساخت مشترک دانش کمک می‌کند (Clerc, ۲۰۲۰; Faillet, ۲۰۱۷). با این حال، این چیدمان در صورت فقدان مهارت‌های مدیریت کلاس معلم می‌تواند به پراکندگی و شلوغی منجر شود.

چیدمان انعطاف‌پذیر که در آن مبل‌مان متحرک و فضاهای متنوعی برای کار گروهی، فردی و خواندن وجود دارد، به عنوان پیشرفته‌ترین شکل سازمان‌دهی فضایی محسوب می‌شود. این چیدمان امکان همزمانی فعالیت‌های یادگیری جمعی، مشارکتی

و فردی را فراهم می‌کند، در حالی که سایر چیدمان‌ها تنها توالی این فعالیت‌ها را ممکن می‌سازند (Dugas, & Hébert, ۲۰۲۲). به نقل از HAL, (۲۰۲۵).

۴.۲.۲. شواهد تجربی از مطالعات مداخله‌ای

کاردلینو و همکاران (۲۰۱۸) در مطالعه مداخله‌ای در چهار کلاس درس ابتدایی در اروگوئه، تأثیر تغییرات در سازمان‌دهی فضایی را بر تعامل معلم-دانش‌آموز بررسی کردند. یافته‌ها نشان داد که تغییرات در چیدمان نشستن و نسبت فضای کلاس، تعداد دانش‌آموزانی که می‌توانستند با معلم تعامل کنند را افزایش می‌دهد. این یافته بر اهمیت سازمان‌دهی فضایی نه فقط برای راحتی، بلکه برای کیفیت تعاملات آموزشی تأکید می‌کند.

مطالعه شمیسی و همکاران (۲۰۲۵) که از داده‌های TIMSS و نظرسنجی OECD استفاده کرد، نشان داد که محیط‌های یادگیری با ویژگی‌های فیزیکی و غیرفیزیکی مطلوب می‌توانند تا سه‌چهارم یک سال تحصیلی تأثیر بر یادگیری داشته باشند. مهم‌تر آنکه، تأثیر رویکردهای آموزشی مدرن که از تغییرات چیدمان فضا استفاده می‌کنند، تا یک سال و نیم یادگیری در ریاضی و علوم می‌رسد. این یافته نشان می‌دهد که سازمان‌دهی فضایی نه به‌عنوان یک عامل مستقل، بلکه در تعامل با رویکردهای آموزشی اثر می‌گذارد.

۴.۲.۳. سازمان‌دهی فضایی و یادگیری عمیق

مرفی و همکاران (۲۰۲۵) در مطالعه‌ای بر روی ۲۳ مدرسه متوسطه در استرالیا و نیوزیلند، رابطه میان طراحی فضاهای نوآورانه و یادگیری عمیق را بررسی کردند. یافته‌ها نشان داد که مدارس با طراحی‌های نوآورانه و انعطاف‌پذیر، الگوهای یادگیری عمیق‌تری را در دانش‌آموزان پرورش می‌دهند. معلمان در این مدارس گزارش کردند که دانش‌آموزان رویکردهای یادگیری عمیق‌تر و مرتبط با پیشرفت تحصیلی بالاتر را اتخاذ می‌کنند.

نظریه یادگیری عمیق بیان می‌کند که دانش‌آموزان در محیط‌هایی که امکان تعامل، کاوش و ساخت مشترک دانش را دارند، به جای حفظ سطحی مطالب، به درک مفهومی عمیق‌تر دست می‌یابند (Biggs, ۱۹۸۷; Ramsden, & Entwistle, ۱۹۸۳). این نوع یادگیری به‌ویژه در دروسی مانند ریاضی که نیازمند استدلال انتزاعی و حل مسئله است، اهمیت حیاتی دارد.

۴.۲.۴. ملاحظات طراحی

طراحی سازمان‌دهی فضایی مؤثر باید چند اصل را در نظر بگیرد:

دسترسی عادلانه: همه دانش‌آموزان، صرف‌نظر از مکان نشستن، باید بتوانند به‌طور برابر در تعاملات آموزشی مشارکت کنند. پژوهش‌ها نشان می‌دهد که دانش‌آموزان در حاشیه کلاس ممکن است از فرصت‌های یادگیری کمتری بهره‌مند شوند (Black, ۲۰۰۷).

انعطاف‌پذیری: فضا باید امکان تغییر سریع چیدمان را برای پاسخگویی به فعالیت‌های مختلف فراهم کند. این انعطاف‌پذیری نه تنها برای تنوع روش‌های تدریس، بلکه برای پاسخ به نیازهای متنوع دانش‌آموزان ضروری است.

دسترسی به منابع: سازمان‌دهی منابع و مواد آموزشی به شکلی که دانش‌آموزان بتوانند به‌طور مستقل به آن‌ها دسترسی داشته باشند، ظرفیت خودراهنایی و استقلال را پرورش می‌دهد (Darling-Hammond, & Barron, ۲۰۱۰).

آسایش فیزیکی: عواملی چون دما، کیفیت هوا، آکوستیک و رنگ نیز بر سازمان‌دهی فضایی اثر می‌گذارند. دمای پایین‌تر با تهویه مناسب از سرعت کار پایدار پشتیبانی می‌کند، در حالی که آکوستیک ضعیف می‌تواند به تحریک‌پذیری و بی‌قراری منجر شود (Smith, ۲۰۰۷; Wyon, & Wargocki, ۲۰۰۷).

۴.۳. تعامل نور طبیعی و سازمان‌دهی فضایی

نور طبیعی و سازمان‌دهی فضایی دو مؤلفه جداگانه نیستند، بلکه در تعامل با یکدیگر محیط یادگیری را شکل می‌دهند. یک کلاس با طراحی سنتی و چیدمان ردیفی ممکن است از نور طبیعی فراوان بهره‌مند باشد، اما این نور تنها بر ردیف‌های اول و مرکزی تأثیر بهینه بگذارد. برعکس، یک کلاس با چیدمان انعطاف‌پذیر و نوآورانه اما با نور ناکافی، ممکن است نتواند پتانسیل کامل خود را برای یادگیری عمیق محقق کند.

جدول ۳ ماتریس تعامل این دو مؤلفه را نشان می‌دهد.

جدول ۳. ماتریس تعامل نور طبیعی و سازمان‌دهی فضایی

نور طبیعی نامطلوب	نور طبیعی مطلوب	
محیط با پتانسیل بالا اما محدودیت در اجرا	محیط یادگیری بهینه: یادگیری عمیق، تعامل بالا، بهزیستی	سازمان‌دهی فضایی انعطاف‌پذیر
محیط یادگیری نامطلوب: خستگی، بی‌انگیزگی	محیط با تمرکز بر معلم، بهره‌مندی محدود از پتانسیل نور	سازمان‌دهی فضایی سنتی

طراحی بهینه فضاهای آموزشی نیازمند هماهنگی میان این دو مؤلفه است. برای مثال، در کلاس‌های با چیدمان جزیره‌ای، نور باید به‌طور یکنواخت در تمام فضا توزیع شود تا همه گروه‌ها از شرایط بینایی برابر برخوردار باشند. در کلاس‌های با چیدمان U شکل، جهت‌گیری پنجره‌ها و طراحی سایه‌بان باید به‌گونه‌ای باشد که خیرگی بر صفحه نمایش یا تخته سفید کاهش یابد.

پژوهش‌ها نشان می‌دهد که کلاس‌های با نور طبیعی فراوان و سازمان‌دهی فضایی انعطاف‌پذیر، به‌طور همزمان بر چند عامل مؤثر بر یادگیری تأثیر می‌گذارند: افزایش توجه و تمرکز، بهبود خلق‌وخو، تسهیل تعاملات اجتماعی و پشتیبانی از رویکردهای یادگیری فعال. این ترکیب می‌تواند به پیشرفت تحصیلی معنادار در دروسی چون ریاضی و خواندن منجر شود.

۵. بحث**۵.۱. تفسیر یافته‌ها در پرتو نظریه‌ها**

یافته‌های این مرور نظام‌مند با نظریه‌های بنیادین حوزه طراحی محیط‌های یادگیری همسو است. نظریه بازیابی توجه کاپلان و کاپلان (۱۹۸۹) توضیح می‌دهد که چگونه نور طبیعی و مناظر طبیعی می‌توانند ظرفیت توجه دانش‌آموزان را که در طول فعالیت‌های شناختی تخلیه می‌شود، بازسازی کنند. این مکانیسم به‌ویژه برای دروسی مانند ریاضی که نیازمند توجه پایدار و استدلال پیچیده هستند، حیاتی است.

نظریه بازیابی استرس اولریش (۱۹۹۱) نیز از این منظر حائز اهمیت است که نور طبیعی و محیط‌های حمایتی می‌توانند سطح استرس را کاهش دهند و آمادگی شناختی را افزایش دهند. دانش‌آموزانی که در محیط‌های استرس‌زا و ناخوشایند قرار دارند، منابع شناختی خود را صرف مقابله با شرایط محیطی می‌کنند تا یادگیری.

از منظر نظریه طراحی زیست‌گرا، ادغام عناصر طبیعی در محیط‌های آموزشی نه یک تجمل، بلکه یک ضرورت برای بهزیستی و عملکرد بهینه انسان است. این رویکرد با یافته‌های پژوهش‌هایی که نشان می‌دهند دانش‌آموزان کلاس‌های دارای نور طبیعی و دید به فضای سبز عملکرد بهتری دارند، همخوانی دارد.

۵.۲. پیامدهای عملی برای طراحی مدارس

یافته‌های این پژوهش پیامدهای مهمی برای معماران، برنامه‌ریزان آموزشی و سیاست‌گذاران دارد:

اولویت‌بندی نور طبیعی: طراحی مدارس باید بیشینه‌سازی نور طبیعی مناسب را در اولویت قرار دهد. این شامل جهت‌یابی ساختمان، اندازه و مکان پنجره‌ها، استفاده از نورگیرهای سقفی و طراحی سایه‌بان‌های مناسب است. نسبت پنجره به کف باید به‌گونه‌ای باشد که روشنایی کافی بدون خیرگی فراهم شود.

سازمان‌دهی فضایی انعطاف‌پذیر: کلاس‌های درس باید امکان تغییر چیدمان را برای پاسخگویی به فعالیت‌های متنوع فراهم کنند. استفاده از مبلمان متحرک، فضاهای چندمنظوره و مناطق اختصاصی برای کار گروهی و فردی می‌تواند به یادگیری عمیق کمک کند.

آموزش معلمان: معلمان باید در مورد چگونگی استفاده آگاهانه از معماری کلاس برای پشتیبانی از یادگیری آموزش ببینند. پژوهش‌ها نشان می‌دهد که بسیاری از معلمان از پتانسیل سازمان‌دهی فضایی برای بهبود آموزش آگاه نیستند (Martin, ۲۰۰۲).

طراحی مشارکتی: فرایند طراحی مدارس باید شامل مشارکت معلمان، دانش‌آموزان و متخصصان آموزش باشد تا اطمینان حاصل شود که فضاهای طراحی‌شده با نیازهای آموزشی هماهنگ هستند.

۵.۳. محدودیت‌های پژوهش

این مرور نظام‌مند با محدودیت‌هایی مواجه است که باید در تفسیر یافته‌ها مد نظر قرار گیرند. نخست، تنوع روش‌شناختی مطالعات موجود، مقایسه مستقیم اندازه اثرها را دشوار می‌کند. بسیاری از مطالعات از طرح‌های مقطعی استفاده کرده‌اند که امکان استنباط علی را محدود می‌کند. دوم، بیشتر مطالعات در کشورهای توسعه‌یافته انجام شده‌اند و تعمیم یافته‌ها به زمینه‌های فرهنگی و اقلیمی مختلف باید با احتیاط صورت گیرد. سوم، شکاف میان پژوهش و عمل همچنان قابل توجه است و بسیاری از یافته‌های پژوهشی در طراحی مدارس جدید بازتاب نمی‌یابند.

۶. نتیجه‌گیری

این مقاله با هدف بررسی نقش طراحی معماری مدارس بر پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان در دروس ریاضی و خواندن، با تأکید بر نور طبیعی و سازمان‌دهی فضایی، انجام شد. یافته‌های مرور نظام‌مند نشان می‌دهد که شواهد تجربی قابل توجهی برای تأثیر مثبت نور طبیعی و سازمان‌دهی فضایی مناسب بر پیشرفت تحصیلی وجود دارد.

نور طبیعی از طریق مکانیسم‌های متعدد—تنظیم ریتم شبانه‌روزی، بهبود خلق‌وخو، کاهش خستگی چشمی و افزایش توجه—می‌تواند به بهبود عملکرد در دروس پایه‌ای کمک کند. مطالعات بزرگ‌مقیاس در ایالات متحده و اروپا نشان داده‌اند که دانش‌آموزان در کلاس‌های با نور طبیعی فراوان، پیشرفت قابل توجهی در ریاضی و خواندن دارند. با این حال، تأکید بر تعادل میان مقدار نور و کنترل خیرگی ضروری است.

سازمان‌دهی فضایی کلاس درس نیز از طریق تسهیل تعاملات، افزایش مشارکت و پشتیبانی از یادگیری عمیق، بر پیشرفت تحصیلی تأثیر می‌گذارد. شواهد نشان می‌دهد که چیدمان‌های انعطاف‌پذیر و متنوع، در مقایسه با چیدمان‌های سنتی، بیشتر با رویکردهای یادگیری عمیق و پیشرفت تحصیلی بالاتر مرتبط هستند. ترکیب سازمان‌دهی فضایی مناسب با رویکردهای آموزشی مدرن می‌تواند تا یک سال و نیم یادگیری اضافه ایجاد کند.

در نهایت، طراحی معماری مدارس را نباید به عنوان یک عامل حاشیه‌ای، بلکه به عنوان یک سرمایه‌گذاری استراتژیک در کیفیت آموزش در نظر گرفت. فضای آموزشی نه تنها ظرفی برای یادگیری، بلکه خود بخشی از فرایند یادگیری است. هماهنگی میان نور طبیعی، سازمان‌دهی فضایی و رویکردهای آموزشی می‌تواند محیط‌هایی خلق کند که در آن‌ها یادگیری عمیق، تعامل اجتماعی و بهزیستی دانش‌آموزان شکوفا شود.

پیشنهاد‌های پژوهشی آینده

۱. انجام مطالعات طولی که تأثیر طراحی معماری را در طول چند سال تحصیلی بر پیشرفت تحصیلی دنبال کنند.
۲. پژوهش‌های مداخله‌ای کنترل‌شده که تأثیر تغییرات طراحی را بر عملکرد در دروس خاص اندازه‌گیری کنند.
۳. مطالعه تعامل میان نور طبیعی و سازمان‌دهی فضایی در زمینه‌های فرهنگی و اقلیمی مختلف.
۴. بررسی اثرات ترکیبی طراحی معماری و فناوری‌های آموزشی بر یادگیری.
۵. پژوهش درباره چگونگی استفاده معلمان از پتانسیل فضاهای آموزشی برای پشتیبانی از یادگیری.

منابع

- Baloch, R .M., Maesano, C .N., Christoffersen, J., Mandin, C., Csobod, E., de Oliveira Fernandes, E., ... & Annesi-Maesano, I) .۲۰۲۰. (Daylight and school performance in European schoolchildren .International Journal of Environmental Research and Public Health, ۱۸)۱(, ۲۵۸. <https://doi.org/10.3390/ijerph18010258>
- Barrett, P., Davies, F., Zhang, Y., & Barrett, L) .۲۰۱۵. (The impact of classroom design on pupils' learning :Final results of a holistic, multi-level analysis .Building and Environment, ۸۹, ۱۱۸-۱۳۳.
- Biggs, J) .۱۹۸۷. (Student approaches to learning and studying .Australian Council for Educational Research.
- Browning, W .D., & Ryan, C .O) .۲۰۲۰. (Nature inside :A biophilic design guide .RIBA Publishing.
- Cardellino, P., Araneda, C., & García-Alvarado, R) .۲۰۱۸. (Interventions in the classroom : The influence of spatial organisation on educational interaction in Uruguay .Architectural Engineering and Design Management, ۱۴)۶(, ۴۵۷-۴۷۲. <https://doi.org/10.1080/17445020.2018.1477727>
- Cheshmeh Noor, M., Mahdavejad, M., & Zarkesh, A) .۲۰۲۵. (Optimal daylighting design for standard photopic and melanopic equivalent daylight illuminance, and glare minimization in Tehran classrooms .Journal of Building Engineering, ۱۰۲, ۱۱۱۸۵۸. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2025.111858>
- Entwistle, N., & Ramsden, P) .۱۹۸۳. (Understanding student learning .Croom Helm.
- Hescong Mahone Group) .۱۹۹۹. (Daylighting in schools :An investigation into the relationship between daylighting and human performance .Pacific Gas and Electric Company.
- Hébert, M., & Dugas, C) .۲۰۲۲. (L'aménagement flexible de la classe .In Actes du colloque)pp .۹۵-۱۰۸. (HAL.
- HAL) .۲۰۲۵. (Bien-être et aménagement de la salle de classe) Rapport de cadrage. (<https://hal.science/hal-04642053>

- Lawrence Berkeley National Laboratory) .۲۰۲۴ .(Daylight, view and performance .Indoor Air Quality Scientific Findings Resource Bank .<https://iaqscience.lbl.gov/daylight-view-and-performance>
- Marx, A., Fuhrer, U., & Hartig, T) .۱۹۹۹ .(Effects of classroom seating arrangements on children's question-asking .Learning Environments Research, ۲(۳), ۲۴۹-۲۶۳.
- MSA University) .۲۰۲۰ .(Evaluating the effect of daylighting on students' productivity at Egyptian universities .Faculty of Engineering, Department of Architecture .<https://repository.msa.edu.eg/items/۱۹۰۰acfb۱-۱a۸f-۴۵ab-b۴b۰۰۰۷dadbdee۶a۸>
- Murphy, D., Imms, W., & Mahat, M) .۲۰۲۰ .(Deeper learning by design :Secondary pupils' study approaches across innovative and traditional learning spaces .Learning Environments Research, ۲۸(۳), ۷۷۳-۷۹۳ .<https://doi.org/۱۰.۱۰۰۷/s۱۰۹۸۴-۰۲۰۰۹۰۴۶-z>
- National Center on School Infrastructure) .۲۰۲۰ .(Daylighting impacts on human performance in school .<https://school-infrastructure.org/ncsi-library/>
- Oregon State University) .۲۰۲۴ .(The impact of wood, daylight, and greenery on student learning outcomes and wellbeing [Master's thesis] .Oregon State University.
- San Diego State University) .۲۰۲۱ .(Lighting quality, view and visual factors [Doctoral dissertation] .San Diego State University.
- ScienceDirect) .۲۰۲۶ .(Hybrid daylighting strategies for deep classroom space :Integrating horizontal light shelves and tubular daylighting devices in hot arid climates .Energy and Buildings, ۳۰۲, ۱۱۳۶۹۸ .<https://doi.org/۱۰.۱۰۱۶/j.enbuild.۲۰۲۶.۱۱۳۶۹۸>
- Shmis, T., Ustinova, M., & Chugunov, D) .۲۰۲۰ .(How innovative learning environments are related to student achievement :Evidence from TIMSS and OECD school user surveys .Review of Education, ۱۴(۱) .<https://doi.org/۱۰.۱۰۰۲/rev۳.۷.۱۰۰>
- Tanner, C.K) .۲۰۰۹ .(Effects of school design on student outcomes .Journal of Educational Administration, ۴۷(۳), ۳۸۱-۳۹۹.
- Ulrich, R.S) .۱۹۹۱ .(Stress recovery during exposure to natural and urban environments .Journal of Environmental Psychology, ۱۱(۳), ۲۰۱-۲۳۰.
- Wargocki, P., & Wyon, D.P) .۲۰۰۷ .(The effects of moderately raised classroom temperatures and classroom ventilation rate on the performance of schoolwork by children .HVAC&R Research, ۱۳(۲), ۱۹۳-۲۲۰.
- Weinstein, C.S., Romano, M., & Mignano, A.J) .۲۰۱۱ .(Elementary classroom management : Lessons from research and practice) ۵th ed .(McGraw-Hill.
- Winterbottom, M., & Wilkins, A) .۲۰۰۹ .(Lighting and discomfort in the classroom .Journal of Environmental Psychology, ۲۹(۱), ۶۳-۷۰.