مروری بر روشهای جایگزینی روشنایی مصنوعی با روشنایی خورشید در ساختمان ها

سید ابراهیم موسوی ترشیزی[۱]، مهیار ابراهیمی[۲]

تاریخ دریافت مقاله:

تاریخ پذیرش مقاله:

کلمات کلیدی:
لوله نور، روشنایی خورشید، انرژی های تجدید پذیر، روشنایی طبیعی

چکیده:

با محدودیت های ایجاد شده در مصرف انرژی های فسیلی، استفاده از انرژی خورشید به عنوان منبع گرما در آب-گرمکنهای خورشیدی و یا تولید انرژی الکتریکی توسط صفحات فتوولتاییک در دهه های اخیرمورد توجه روز افزون قرارگرفته است. استفاده از روشنایی خورشید نیز برای روشن کردن فضاهای کم نور در طول روز با تجهیزات نسبتا ساده و کم هزینه از کاربرد های جدید این انرژی است که تا کنون به اندازه دیگر موارد توسعه نیافته است. در این مقاله سعی می شود با بررسی و مرور منابع و ماخذ مختلف، پیشرفت ها و نوآوری های انجام شده در این مسیر مورد بررسی قرار گیرد. ابتدا موارد استفاده، اثرات و مزایای استفاده از این منبع بزرگ انرژی با تکیه بر منابع موجود مورد بررسی قرار می گیرد و سپس به روش های انتقال نور پرداخته می شود. در نهایت روش انتقال با لوله نور به عنوان یک راه حل مورد توجه قرار گرفته و برای انتقال نور طبیعی روز به داخل ساختمان ها و فضاهای بسته بررسی می شود.

این روش روشنایی علاوه بر کاهش مصرف انرژی الکتریکی برای روشنایی، فاقد تشعشعات فرابنفش و فروسرخ و مولفه های مخرب و الکترومغناطیسی و یونیزه کننده بوده و ایمنی صددرصددر رابطه با عوامل خطر آفرین مانند انفجار، حریق، برق گرفتگی و غیره را فراهم می کند.

۱) دانشیار پردیس فنی و مهندسی شهید عباسپور دانشگاه شهید بهشتی (نویسنده مسئول) emoussavi@pwut.ac.ir
۲) کارشناسی ارشد مهندسی نانوفناوری دانشگاه صنعتی شریف ebrahimi_m@mehr.sharif.ir

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-11]

۱- مقدمه

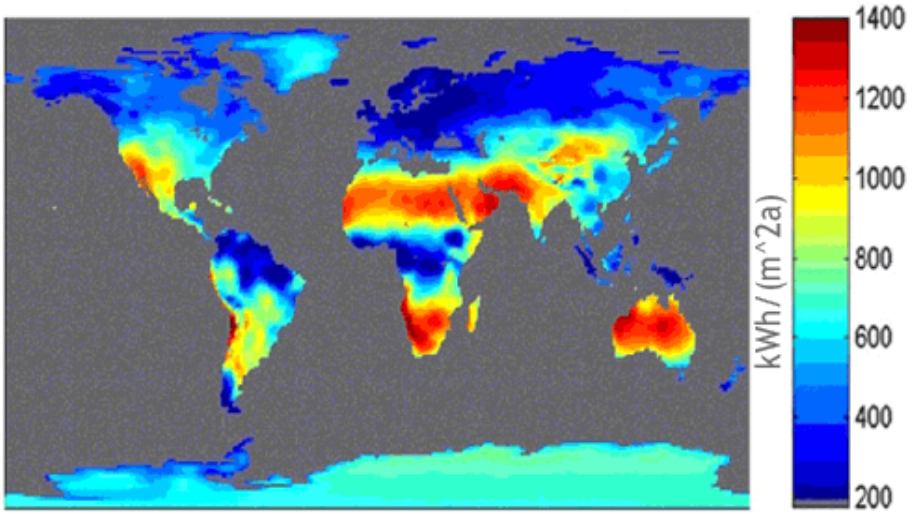
بحران انرژی در سال‌های اخیر، کشورهای جهان را بر آن داشته که با مسائل مربوط به انرژی، برخوردی متفاوت نمایند که در این میان جایگزینی انرژی‌های فسیلی با انرژی‌های تجدیدپذیر و از جمله انرژی خورشیدی به منظور کاهش و صرفه‌جویی در مصرف انرژی، کنترل عرضه و تقاضای انرژی و کاهش انتشار گازهای آلاینده با استقبال فراوانی روبرو شده است. کشور ایران در منطقه‌ای واقع شده که به لحاظ دریافت انرژی خورشیدی در بین نقاط جهان در بالاترین رده‌ها قرار دارد. میزان تابش خورشیدی در ایران بین ۱۸۰۰ تا ۲۲۰۰ کیلووات ساعت بر مترمربع در سال تخمین زده شده است که بالاتر از میزان متوسط جهانی است[۱]. ایران با بهره مندی از حدود۳۰۰ روز آفتابی، جزو کشور های دارای پتانسیل مناسب انرژی خورشیدی به حساب می آید.

آمارها نشان می دهد مصرف انرژی در ساختمانهای مسکونی و تجاری در حدود۳۷٪کل مصرف سوخت کشور می-باشد[۲]که این بخش در مقایسه با سایر بخشها نظیر صنعت، کشاورزی، حمل و نقل سهم قابل توجهی را به خود اختصاص داده است. این در حالی است که روشنایی، خنک‌سازی و تهویه مطبوع فضا، مهمترین عوامل مصرف الکتریسیته در ساختمان ها هستند.اگر اقدامات و تدابیرخاصی برای استفاده از نور طبیعی خورشید در ساختمانها به کار گرفته شود باوجود آنکه در زمان اجرا موجب افزایش هزینه ساخت می‌شود، اما به میزان قابل ملاحظه‌ای هزینه مصرف انرژی را کاهش می-دهد. به نحوی که پس ازطی چندسال بهره‌برداری از ساختمان، هزینه اضافی ساخت جبران شده و به‌کارگیری آن توجیه پذیر خواهد بود.[۱]

استفاده از نور طبیعی خورشید به منظور روشن ساختن فضای داخل ساختمان از گذشته های دور مورد توجه بوده است. در آثار دوره های عیلامی مربوط به ۱۳۰۰ تا ۱۴۰۰ پیش از میلاد نمونه ای از پنجره های شیشه ای به دست آمده که شامل لوله هایی از خمیر شیشه بوده که در کنار هم در داخل یک قاب قرار می گرفته و جهت انتقال نور به داخل استفاده می شده است. در تخت جمشید نیز زوایای بنا به گونه ای در نظر گرفته شده است که در فصول مختلف سال بیشترین استفاده از نور آفتاب جهت روشنایی فضا حاصل شود.در معماری سنتی اسلامی – ایرانی نیز عناصر مختلفی وجود داشته اند که به عنوان نورگیر استفاده می شده اند به عنوان مثال شباک، جامخانه، در و پنجره مشبک، ارسی، روشندان، پاجنگ و تهرانی از جمله عناصری هستند که به این منظور استفاده می شوند.

در این مقاله ضرورت و اهمیت استفاده حداکثری از نور روز در روشنایی ساختمانها و معایب استفاده از نور مصنوعی بررسی شده است. همچنین روشهای مختلف انتقال نور روز به قسمتهای داخلی ساختمان و مزایا و معایب هر یک از آنها ارائه شده‌اند.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-11]



شکل ۱ - میزان آفتابگیری در نقاط مختلف کره زمین[۱]

۲- نور خورشید و اهمیت استفاده از آن در روشنایی ساختمانها

۲-۱- دلایل استفاده از نور روز در ساختمانها

استفاده از روشنایی نور روز در ساختمان ها مزایای بسیاری دارد که مهمترین آن ها عبارتند از:

۱. کیفیت نور روز به خاطر ترکیب طیفی و تغییر پذیری آن بهتر از نور الکتریکی است و روشنایی بهتری به محیط می‌دهد. چشم انسان طوری تکامل یافته است که به تحریک نور طبیعی واکنش نشان دهد و نور الکتریکی نمی‌تواند همان تحریک را انجام دهد[۱].

۲. نور روز از نظر خواص روان‌شناختی و فیزیولژیکی می‌تواند عملکرد افراد را بهبود بخشد، در صورتی که با نور الکتریکی یا ساختمانهای بدون پنجره این امر قابل حصول نمی‌باشد [۱].

۳. با جایگزینی تقاضای الکتریسیته با استفاده از انرژی خورشید در ساعات اوج مصرف روز به بازده انرژی بهتر می رسیم.

۴. کاهش وابستگی به منابع انرژی فسیلی و تجدید ناپذیر و استفاده بیشتر از انرژیهای تجدیدپذیر مانند انرژی خورشیدی باعث کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای و آلاینده محیط زیست می‌شود.

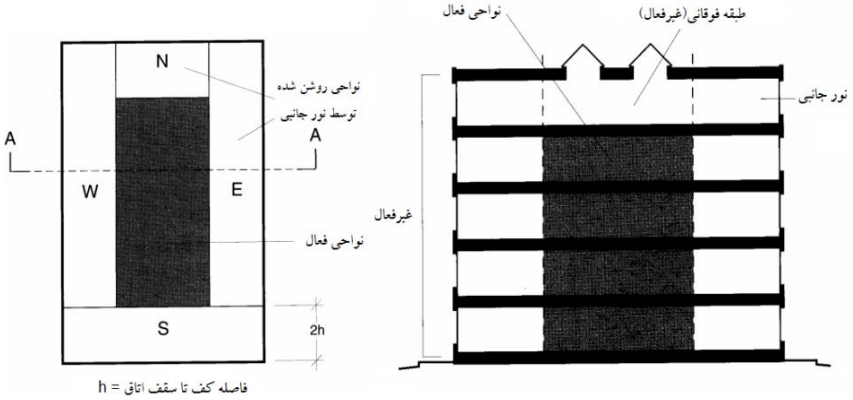
۵. نرخ اجاره‌بها یا ارزش ساختمان با صرفه جویی انرژی و سلامت محیط کاری آن افزایش می‌یابد. علاوه بر این استفاده از نور روز در ساختمانها می‌تواند به عنوان یک ویژگی مثبت برای یک ساختمان محسوب شود[۱].

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-11]

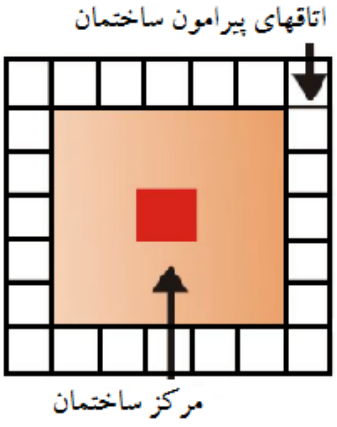
۲-۲- مشکل ساختمانهای با طراحی گسترده

از نظر راندمان انرژی در ساختمانها، یک ناحیه غیرفعال، ناحیه‌ای در ساختمان است که به روشنایی روز و تهویه طبیعی دسترسی دارد. عمق ناحیه غیر فعال به دوبرابر ارتفاع سقف محدود می‌شود. به ساختمانی که وسعت طبقات آن بیشتر از ناحیه غیرفعال باشد ساختمان با طراحی گسترده گفته می‌شود. این گستردگی باعث ایجاد یک ناحیه فعال می‌شود که به نوردهی و تهویه مصنوعی نیاز دارد(شکل۲).

استفاده از نوردهی الکتریکی و تهویه مکانیکی در طراحی و ساخت ساختمانهای با طراحی گسترده به علت عدم دسترسی به نور روز مناسب رواج و گسترش یافته است. در مناطق تجاری ساختمانها با بیشترین زیربنای ممکن ساخته می‌شوند، نتیجه آن ساختمانهای گسترده با نواحی جانبی کم برای دسترسی به نور طبیعی خواهد بود. مجاورت ساختمانهای بلند با یکدیگر نیز موجب ایجاد سایه و محدود شدن رسیدن نور طبیعی مستقیم به نماهای خارجی ساختمانها می‌شود. قرارگیری اتاق‌های کوچک در نواحی پیرامون ساختمان نیز باعث جلوگیری از ورود نور به نواحی داخلی می‌شود[۱].



شکل ۲ – نواحی غیرفعال در ساختمان[۱]



شکل ۳ – اتاقهای پیرامون و محدودیت ورود روشنایی طبیعی به مرکز ساختمان

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-11]

۳- سیستمهای هدایت نور

سیستمهای هدایت نور به گروههای زیر تقسیم می‌شوند[۳]:

۳-۱- المانهای عمودی

این گروه از سیستمها معمولا در قسمت فوقانی پنجره‌ها (به صورت عمودی یا با کمی شیب) قرار می‌گیرند. آنها به وسیله شیوه‌های بازتاب و شکست، نور را تا فاصله بیشتری به داخل اتاق هدایت می‌کنند. آنها معمولا شامل پانلهای اکریلیک یا لایه‌های پلیمری که میان دو صفحه شیشه‌ای قرار می‌گیرند، می‌شوند(شکل ۴- الف). یکی از مزیتهای مهم آنها هماهنگی با طراحی ساختمان می‌باشد. این سیستمها می‌توانند حداکثر نور را تا فاصله ۱۰ متر هدایت کنند[۳].

۳-۲- المانهای افقی

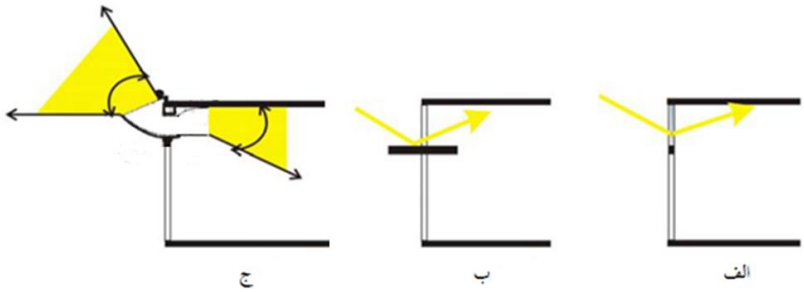
این گروه شامل ابزارهایی ساخته شده با یک صفحه منعکس‌کننده افقی (شبیه طاقچه‌های نور[۱])، یا سیستمهای ساخته شده با پره‌های متعدد افقی یا شیبدار(شبیه کرکره) می‌باشد. یکی از مزیتهای مهم آنها محافظت از انسان در مقابل تابش مستقیم خورشید می‌باشد. اما در اثر تجمع گردو غبار روی اجزای آنها، کثیف شده و نیاز به نگهداری دارند. این سیستمها می‌توانند نور را به انتهای اتاق هدایت کنند که این کار به نحوه قرارگیری آنها بستگی دارد. ولی در فاصله‌های ۳ تا ۵ متری از پنجره بهترین عملکرد را دارند. به دلیل موقعیت ثابت المان‌های افقی، عملکرد آنها در طول سال تغییر می‌کند. برای افزایش عملکرد این سیستمها، می‌توان شیب آنها را به صورت فصلی تغییر داد(شکل ۴- ب). این سیستمها می‌توانند حداکثر نور را ۵ الی ۱۰ متر هدایت کنند[۳].

۳-۳- المانهای سهموی

این دستگاه از یک جمع‌کننده سهموی چند جزئی ساخته شده است. شکل هندسی خاص آن (که سطح داخلی آن توسط مواد بازتابنده پوشیده شده است) نور را از یک گستره زاویه‌ای مشخص، از آسمان دریافت می‌کند و سپس آن را تا فاصله بیشتری به داخل اتاق هدایت می‌کند. این سیستمها با توجه به شرایط مختلف آسمان طراحی می‌شوند. این سیستمها می توانند نور را جمع‌آوری کرده و تا بیش از ۶ متر به داخل ساختمان هدایت کنند(شکل ۴- ج). یکی از معایب این سیستمها عدم هماهنگی با معماری و طراحی ساختمان می‌باشد و باید در فرایند طراحی ساختمان، مکان قرارگیری آنها در نظر گرفته شود[۳].

[۱] **light shelve**

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-11]

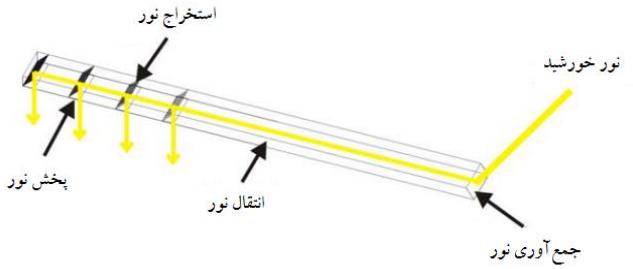


شکل ۴- سیستمهای هدایت نور: الف)المان عمودی، ب)المان افقی و ج)جمع‌کننده سهموی

۴- انتقال نور به عمق داخلی ساختمان

برای ساختمانهای با طراحی گسترده که فاصله قسمتهای مرکزی از پنجره‌ها بیش از ۱۰ متر می‌باشد، تنها می‌توان به وسیله سیستمهای انتقال نور[1]، نور طبیعی را به قسمتهای مرکزی انتقال داد. سیستمهای انتقال نور یا سیستمهای با منبع دور، سیستمهایی هستند که می‌توانند نور خورشید را از طریق کانالهای مخصوص به آن نواحی از ساختمان که روشنایی طبیعی کمی دارند و معمولا از اطراف ساختمان دور هستند، انتقال دهند. این سیستمها عمدتا از سه جزء اصلی تشکیل شده‌اند(شکل ۵) [۱]:

۱. جمع‌آوری نور
۲. انتقال نور
۳. استخراج و پخش نور



شکل ۵ – طرح کلی سیستم انتقال نور

[1] **Light transport systems**

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-11]

انواع مختلف سیستمهای انتقال نور برای پروژه‌های ساختمانی متعددی بررسی، ساخته و آزمایش شده است و مطالعات زیادی درباره مزایای استفاده از آنها انجام شده است. علاوه بر مزایای عمومی استفاده از نور روز که قبلا بیان شد؛ مزایای استفاده از سیستمهای انتقال نور عبارتند از[۱]:

۱. امکان متمرکز کردن سیستم روشنایی ساختمان و ادغام سیستم روشنایی طبیعی و نور مصنوعی و جایگزینی کابلها وسیم‌کشیهای متعدد با ابزارهای توزیع و پخش نور.
۲. امکان جلوگیری و کاهش پرتوهای مادون قرمز و فرابنفش از نور خورشید (البته مطالعات بیشتر برای سنجش میزان این کاهش مخصوصا برای پرتوهای فرابنفش لازم است).
۳. مزایای اقتصادی منابع روشنایی بزرگ.
۴. حذف اتصالات الکتریکی از مکانهایی که در آنها از مواد منفجره استفاده می‌شود.
۵. کاهش گرمای ناشی از نور الکتریکی در فضاهایی که از تهویه مطبوع استفاده می‌شود[۱].

در بحث طراحی و انتخاب سیستم جمع آوری و انتقال نور باید به موضوع حریم و عدم اشراف بصری که اصلی مهم در معماری ایرانی – اسلامی است نیز توجه شود. در سیستم های جمع آوری وسیع و غیر فعال امکان نقض حریم خانه و ایجاد اشراف بصری به فضای داخلی خانه بیشتر است بنابر این به هنگام طراحی باید بر مبنای اشراف ساختمان های مجاور، فضای تحت پوشش، فاصله با بناهای اطراف و نوع معماری بنا سیستم جمع آوری و انتقال نور به گونه ای انتخاب شود که حریم خانه نقض نشود.

٤-١- جمع‌آوری نور برای سیستمهای انتقال نور

سیستمهای جمع‌آوری به طور کلی شامل ابزارهای بازتابنده یا شکست نور می‌باشند. هدف اصلی آنها گرفتن نور خورشید و هدایت آن از طریق دریچه کوچک به داخل می‌باشد. جمع‌آوری و رساندن نور روز به یک موقعیت مشخص را می‌توان به وسیله سیستمهای فعال یا غیرفعال انجام داد. جمع‌آوری نور یا از طریق هدایت نور خورشید (مانند آیینه‌های مسطح) و یا از طریق تمرکز نور (مانند سیستمهای آنادولیکو پانلهای فلورسنت) انجام می‌شود. در ادامه سیستمهای جمع‌آوری فعال و غیرفعال به اختصار تشریح می‌شوند[۴].

٤-١-١- سیستمهای جمع‌آوری غیرفعال

یک سیستم جمع‌کننده غیرفعال[۱] هیچ قسمت متحرکی ندارد. جمع‌کننده‌های غیرفعال در یک موقعیت ثابت نصب می‌شوند. از آن جا که یک سیستم ثابت قابلیت ردیابی نور خورشید در طول روز و سال را ندارد به فضای بیشتری برای جمع‌آوری نور به نسبت سیستم های دارای قابلیت ردیابی نیاز دارد. افزایش عملکرد سیستم به افزایش اندازه بخشهای سیستم(جمع‌آوری و انتقال) بستگی دارد. سیستمهای جمع‌کننده غیرفعال را می‌توان به دو گروه تقسیم کرد[۴]:

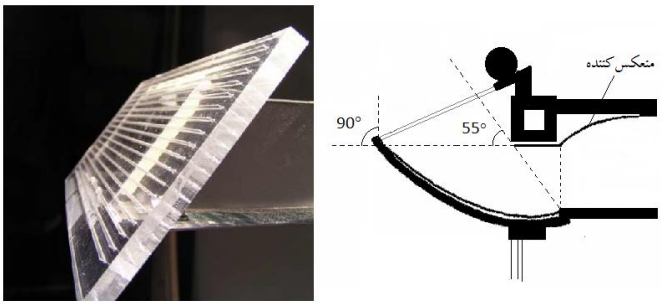
۱. گروهی که نور خورشید را متمرکز می‌کنند (مانند متمرکزکننده‌های آنادولیک[۲]– شکل ۶-الف)

[۱] **Passive collection systems**

[۲] **Anadolic concentrators**

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-11]

۲. گروهی که نور خورشید را هدایت می‌کنند(مانند پانلهای برش لیزری شکل ۶–ب)



شکل ۶ – الف) مقطع عرضی یک جمع‌کننده آنادولیک، ب)پانل برش لیزری[۱ و ۴]

برتری عمده سیستمهای غیرفعال سادگی اجزاء آن است که موجب می‌شود هزینه نصب و نگهداری کمتری نسبت به سیستمهای دنبال‌کننده خورشید داشته باشند. اگرچه اندازه جمع‌کننده‌های غیرفعال یک ایراد عمده محسوب می‌شود؛ اما می‌توان با در نظر گرفتن آن در مراحل اولیه طراحی ساختمان این مشکل را حل کرد[۴].

٤-۱-۲- سیستمهای جمع‌آوری فعال

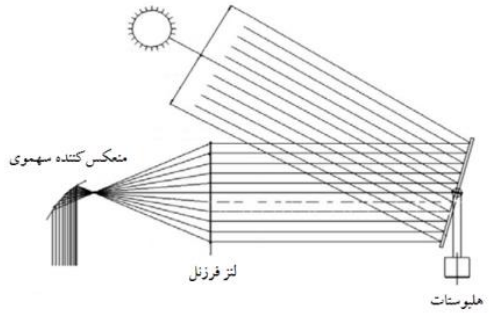
سیستم جمع‌آوری فعال[۱] مستلزم دستگاههای ردیاب خورشید می‌باشد تا به طور پیوسته، جمع‌کننده در جهت تابش خورشید قرار گیرد. برتری یک سیستم فعال این است که در هر زمانی بیشترین نور روز موجود را جمع‌آوری کرده و مقدار زیادی از نور روز را از میان یک مقطع عرضی کوچک از سیستم انتقال‌دهنده عبور می‌دهد. یک سیستم دنبال‌کننده به نرم‌افزار، سخت‌افزار و اطلاعات هر منطقه برای دنبال کردن مسیر خورشید نیازمند است. نقاط ضعف سیستمهای فعال موارد زیر می‌باشد:

۱. هزینه بالاتر به علت طراحی پیچیده، سنسورها، نرم‌افزارها و سخت‌افزارها مورد استفاده در آنها.
۲. افزایش هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری سیستم به علت وجود بخشهای متحرک در آن.

شکل ۷ یک سیستم جمع‌کننده فعال شامل هلیوستات، منعکس‌کننده‌های سهموی و لنز فرزنل را نشان می‌دهد[۴].

[۱] **Active collection systems**

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-11]



شکل ۷- طراحی شماتیک هلیوستات تخت، لنز فرزنل متمرکزکننده و بازتابنده سهموی[۴]

٤-۲- انواع سیستمهای انتقال نور

طبقه‌بندی کلی سیستم‌های انتقال نور، به مواد مورد استفاده در آنها برای انتقال نور بستگی دارد. در ادامه فن‌آوریهای انتقال نور کنونی معرفی می شوند.

۴-۲-۱- فیبرهای نوری

فیبرهای نوری[۱] پربازده‌ترین سیستم‌ها برای انتقال نور به وسیله بازتابهای داخلی هستند. آنها معمولا از شیشهِ سیلیکات[۲]یا پلاستیک[۳] ساخته می‌شوند. استفاده از آنها به خاطر هزینه بالا در کاربردهای تزیینی و نورهای مصنوعی محدود شده است. نور ورودی به فیبر نوری باید بسیار متمرکز باشد؛ زیرا روزنه ورودی آن بسیار کوچک است. بنابراین برای استفاده از فیبرهای نوری در کاربردهای نور طبیعی، هلیوستاتهای[۴]پیچیده برای متمرکزکردن نور مورد نیاز است [۳].

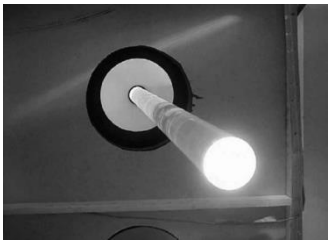
شکل ۸- جمع‌کننده نور خورشید برای سیستم فیبر نوری[۱]

[۱] **Optic Fibres**
[۲] **Silicate glass**
[۳] **Plastic**
[۴] **Heliostat**

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-11]

۴-۲-۲- هدایت‌کننده‌های شفاف PMMA

پلی‌متیل متاآکریلات[۱] یا PMMAکه از ماده شفاف اکریلیک ساخته شده به خاطر خواص گسیلندگی‌اش به عنوان هدایت کننده استفاده می‌شود و نسبتا ارزان‌قیمت است. نور از طریق بازتابهای داخلی انتقال می‌یابد. یک میله هدایت نور[۲] با نسبت ابعاد[۳] ۲۴ (طول ۱۲۰۰ میلی‌متر و قطر ۵۰ میلی‌متر) می‌تواند بازده ۵۰٪ داشته باشد، اما این سیستم تنها برای مقیاسهای کوچک آزمایش شده است[۳].



شکل ۹- میله هدایت نور [۱]

۴-۲-۳- لوله‌های منشوری

لوله‌های منشوری توخالی[۴] دارای دیواره‌های شفاف اکریلیک هستند که به وسیله بازتابهای داخلی نور را انتقال می‌دهند. معمولا این لوله‌ها با یک لایه نازک شفاف پلاستیکی از جنس 3M ساخته می‌شوند، که بازده سیستم را افزایش می‌دهد. زاویه نور ورودی به لوله برای هدایت از میان آن باید در گستره خاصی باشد. برای این کار یک دستگاه جمع‌کننده پیچیده مورد نیاز است. تحقیقات نشان می‌دهد که این سیستم برای کاربردهای روشنایی روز حدود ۲۰٪ بازده دارد[۳].

شکل ۱۰- لوله‌های منشوری توخالی[۱]

---

[۱] **Polymethyl methacrylate**

[۲] **Light rod**

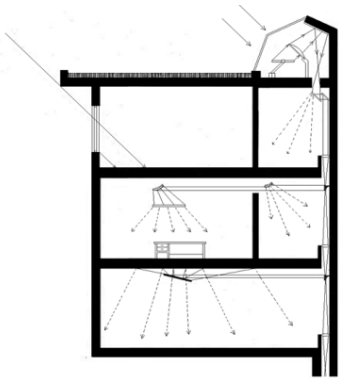
[۳] **Aspect ratio**

[۴] **Hollow prismatic pipes**

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-11]

۴-۲-۴- آرایشی از عدسی‌ها و آینه‌ها

آرایشی از عدسی‌ها و آینه‌ها نیز برای انتقال نور استفاده می‌شود. عدسی‌ها خواص انتقال دهندگی خوبی دارند و می‌توانند پرتوهای متمرکز نور را به خوبی انتقال دهند و نیز به محیط هادی مانند لوله نیاز ندارد. سیستم عدسی‌ها البته هزینه زیادی دارد و علاوه بر این، نصب عدسی‌ها بسیار پیچیده است و دقت زیادی لازم دارد. هر عدسی به تنهایی دارای ضریب انتقال ۹۲٪ است اما همواره باید از تعدادی عدسی به صورت سری استفاده کرد مطالعات نشان می‌دهد که بازده سیستم پس از عبور نور از میان ۱۳ عدسی ۲۸٪ می‌باشد[۳].



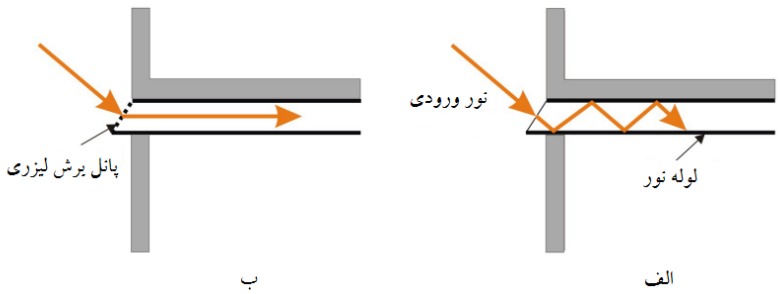
شکل ۱۱ – آرایش عدسی‌ها و آینه‌ها برای انتقال نور روز[۱]

۴-۲-۵- لوله نور

دو نوع لوله نور افقی و عمودی به شرح زیر مورد استفاده قرار می‌گیرند[۳]:

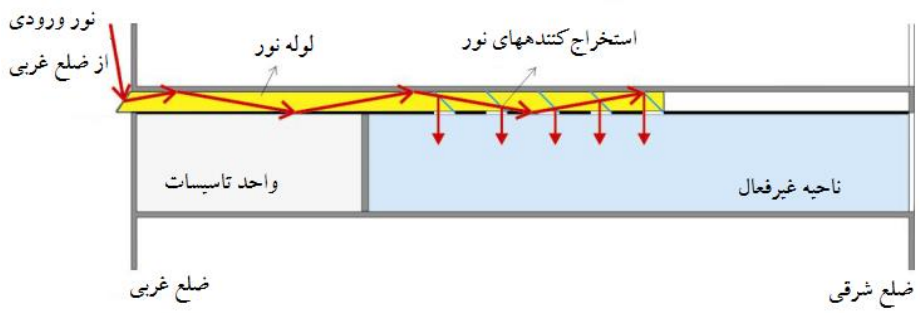
الف- لوله‌ی نور افقی

لوله نور افقی مجرایی افقی است که سطح داخلی آن بازتابنده می‌باشد. شکل ۱۳- الف لوله نور با شیشه ساده در ورودی را نشان می‌دهد. نور با هر زاویه ای که به سطح شیشه برخوردکند وارد لوله می‌شود و به خاطر بازتابهای متعدد مقدار زیادی از آن تلف شده و شدت آن کاهش می‌یابد. در شکل ۱۳- ب لوله نور با پانل برش لیزری(LCP) نشان داده شده است. پانل برش لیزری نور را درامتداد لوله هدایت می‌کند. با این روش تعداد بازتابهای نور کمتر شده و شدت آن کمتر کاهش می یابد[۳].



شکل ۱۳: لوله‌های نور افقی

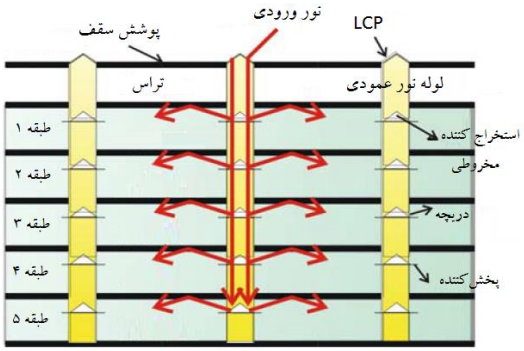
[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-11]



شکل ۱۴- برش عرضی لوله نور افقی[۱]

ب - لوله‌ی نور عمودی

طراحی لوله‌های نوری عمودی نیز شامل یک شکل هرمی LCP به عنوان جمع‌کننده می‌باشد، تا هدایت نورخورشید تابیده شده با زاویه کم را در جهت محوری لوله نور بهبود بخشد. یک دریچه در هر طبقه برای استخراج نور وجود دارد که بخشی از نور عبوری از آن پخش می‌شود[۳].



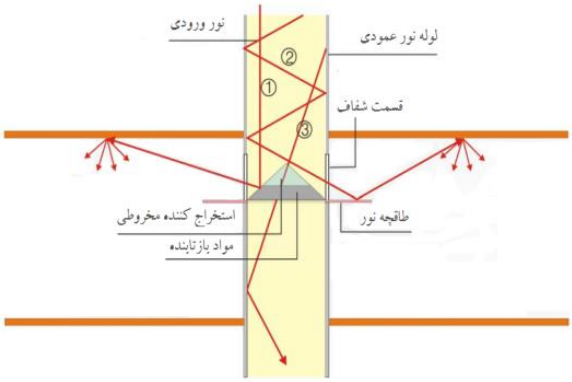
شکل ۱۵ - طرح لوله نور عمودی[۱]

از روشهای مختلفی برای استخراج نور در فضای طبقات استفاده می‌شود که در زیر دو روش رایج بررسی می‌شود[۳]:

الف) ترکیب سیستمهای استخراج و پخش نور که شامل یک استخراج کننده با شکل مخروطی می‌باشد که با شیب مناسب در داخل لوله نور و روبروی هر دریچه خروجی قرار گرفته است؛ تا بخشی از نور را به فضای داخلی هدایت کند. یک تاقچه پخش‌کننده[۱] مجاور هر دریچه قرار گرفته است تا نور روبه بالا پخش شده و از نگاه مستقیم ساکنین طبقه به دریچه خروجی جلوگیری کند.

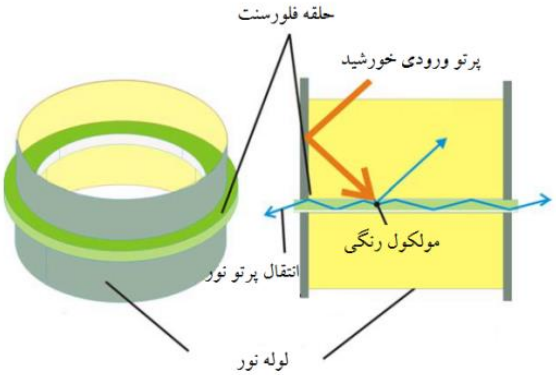
[۱] **Diffusing shelf**

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-11]



شکل ۱۶ – طرح سیستم پخش مخروطی نور لوله نور عمودی[۱]

ب) در هر طبقه در مسیر نور عبوری از لوله یک جمع‌کننده از نوع فلورسنت که به شکل حلقه می‌باشد قرار می‌گیرد. ملکولهای رنگی ماده فلورسنت بخشی از نور عبوری که به صفحه برخورد می‌کند را جذب می‌کنند. تشعشع فلورسنت گسیل شده و از طریق بازتابهای داخلی ماده به لبه صفحه رسیده و سپس وارد فضای طبقات می‌شوند[۳].



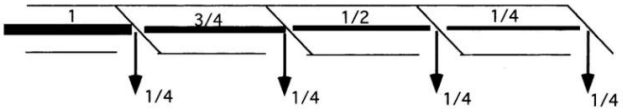
شکل ۱۷– طرح حلقه‌های فلورسنت برای استخراج نور[۱]

٤-۳- توزیع نورِ سیستمهای انتقال نور

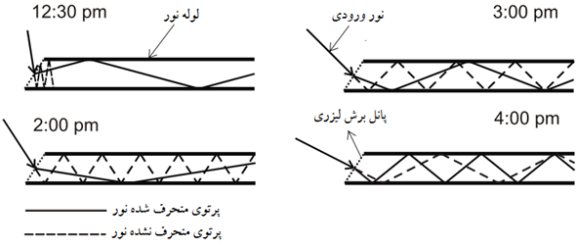
آخرین بخش تکنولوژی انتقال نور، سیستم توزیع نور می‌باشد؛ که نور را برای روشنایی فضا هدایت می‌کند. نور می‌تواند در انتهای لوله، در چند نقطه در طول لوله و یا به طور پیوسته در طول لوله استخراج شود. علاوه بر این، برای روشنایی مناسب همه فضا، به دستگاهی برای پخش یکنواخت نور در کل فضا نیاز می‌باشد. وقتی نور از میان لوله نور عبور می‌کند، نسبتهای معینی از آن باید در فواصل خاصی برای روشنایی طبقات (لوله نور عمودی) استخراج شود، یا در طول یک فضا به صورت یکنواخت پخش شود (لوله نور افقی). شکل ساده‌ای از یک سیستم استخراج نور در شکل ۱۸ نشان داده شده است.
نوع و پیچیدگی پخش‌کننده نور به نوع لوله مورد استفاده برای انتقال نور بستگی دارد. [۱و۲]. پخش‌کننده دستگاهی است که نور خروجی از لوله را توزیع و پخش می‌کند. مشخصات پخش‌کننده به سیستمی که به آن وصل شده است بستگی دارد.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-11]

معمولا در هر سیستم یا از یک پخش کننده مجزا استفاده می شود یا از ترکیبی از انتقال دهنده و پخش کننده استفاده می شود.



شکل ۱۸ – استخراج نور در لوله‌های نور[۳]



شکل ۱۹– انتقال نور از میان لوله نور برای پرتوهای منحرف شده و منحرف نشده نور در زمانهای مختلف روز[۳]

٤-۳-۱- ترکیب انتقال و پخش

هادیهای منشوری توخالی[۱] اصلی ترین مثال از ترکیب انتقال و پخش[۲] هستند. در هادیهای منشوری توخالی در هر ۳۰۰ میلی‌متر ۲٪ از نور عبوری تلف شده و سبب تابناکی لوله شده و نور پراکنده با درخشندگی کم ساطع می‌شود[۱]. فیبر های نوری نیز چنین عملکردی دارند.

شکل ۲۰ – استفاده از هادی منشوری توخالی برای پخش نور[۱]

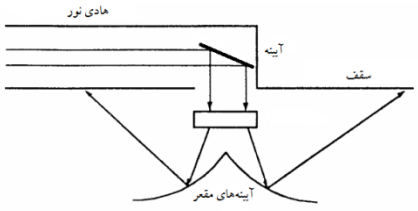
[۱] **hollow prismatic guides**

[۲] **Combined transport and emission**

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-11]

٤-۳-۲- پخش‌کننده‌های مجزا

نور هدایت شده توسط لوله نور به وسیله استخراج‌کننده منعکس شده و به صورت پرتوهای تقریبا عمودی و موازی در اتاق پخش می‌شود. در این حالت، تنها فضای زیر دریچه‌ها به خوبی روشن می‌شود. برای پخش نور به صورت یکنواخت‌تر و در فضای وسیع‌تر، یک سیستم پخش نور استفاده می‌شود. در شکل ۲۱ یک پخش‌کننده نور خورشید نشان داده شده است. این پخش‌کننده شامل یک عدسی مقعر می‌باشد که نور را روی یک لنز فرزنل برای پخش هدایت می‌کند. در حالت دیگر نور روی یک آیینه هدایت می‌شود و به وسیله آن به سمت سقف منعکس می‌شود[۱]. این پخش کننده ها به نسبت پخش کننده های ترکیبی (بخش ۴-۳-۱) معمولا بازده بیشتری داشته و تاحدی زیبایی بیشتری نیز دارند گرچه از نظر قیمت گران تر هستند.



شکل ۲۱ – پخش کننده نور[۱]

۵- نتیجه‌گیری

همان طور که گفته شد استفاده از سیستم های انتقال نور طبیعی نقش به سزایی در افزایش ایمنی و سلامت محیط دارند به علاوه در کاهش استفاده از منابع تجدید ناپذیر انرژی نیز می توانند بسیار موثر باشند.

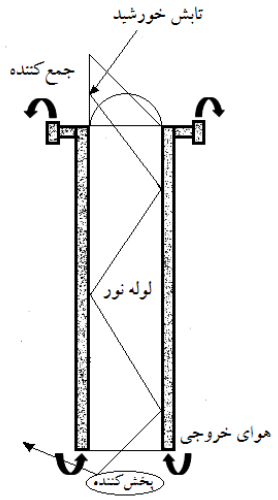
به عنوان یک جمع بندی کلی می توان گفت که در سیستمهای انتقال نور کوچک مانند فیبرهای نوری، نور ورودی باید بسیار متمرکز و موازی باشد و همچنین به دستگاههای پیچیده‌تر برای پخش نور در فضا نیاز دارند. برای سیستمهای انتقال نور بزرگتر، لوله‌های منشوری بهترین راه حل برای انتقال و پخش نور می‌باشند. زیرا در آن عمل انتقال و پخش ترکیب شده و نسبت به موارد مشابه به نگهداری کمتری نیاز دارند[۱].

با توجه به اینکه کشور ما از برخوردارترین کشورها از روشنایی خورشید است و با توجه به مزایای زیاد استفاده از نور خورشید، انتظار می رود این طرح‌ها توسط اساتید و دانشجویان مورد بررسی همه جانبه فنی و اقتصادی قرار گرفته و توسط مهندسین معماری در طراحی ساختمانها مورد توجه قرار گیرد. در این راستا لازمست موارد زیر در اولویت قرا گیرند:

۱. طراحی و ساخت پانل برش لیزری و دیگر سیستمهای جمع‌کننده نور خورشید.
۲. بررسی و محاسبه پارامترهای تابش خورشید(نظیر زاویه و شدت تابش) در فصول مختلف سال و در موقعیتهای مختلف کشور. تعیین و انتخاب مناسب‌ترین جمع‌کننده و تعیین موقعیت و زاویه مناسب نصب سیستم جمع‌کننده.
۳. مطالعه و بررسی مواد بازتابنده مختلف.
۴. مطالعه و بررسی امکان ترکیب سیستم لوله نور با سیستم تهویه طبیعی و مکانیکی. با ترکیب لوله نور آینه‌ای با مجاری تهویه از فضای اشغال شده توسط لوله نور استفاده بهینه می‌شود و استفاده از این تکنولوژی را سودمندتر

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-11]

خواهد کرد. این نوع از طراحی معمولا شامل دو لوله هم‌مرکز می‌باشد که از فضای بین آنها هوا عبور می‌کند (شکل ۱۲).



شکل ۱۲- لوله نور آیینه‌ای در ترکیب با سیستم تهویه طبیعی[۵]

مراجع

[1] Hansen, V.G. 2006. "Innovative Daylighting Systems for Deep-Plan Commercial Buildings", Queensland University of Technology CW. PP 1.1-1.14, 2.1-2.17, 3.21-3.48.

[2] http://www.irna.ir/Print.aspx?NID=80604824

[3] T.R. Hamzah and Yeang Sdn. Bhd. 2003. "Light Pipes: An Innovative Design Device for Bringing Natural Daylight and Illumination into Buildings with Deep Floor Plan", Queensland University of Technology CW. PP 3-14.

[4] Audin, L. 1995. "Plasma Lighting, Fiber Optics, and Daylight collectors: Toward the Next Revolution in High-Efficiency Illumination", Strategic Planning for Energy and the Environment, VOL 14, PP 53-66

[5] Oliveira, A., Silva, A., Alfonso, C. and Varga, S. 2001. "Experimental and numerical analysis of natural ventilation with combined light/vent pipes", Applied Thermal Engineering, VOL 21, PP 1925-1936.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-11]

مراجعی برای مطالعه بیشتر

[6] Heschong, L., Wright, R. L. and Okura, S. 2002. "Daylighting Impacts on Human Performance in School", Journal of the Illuminating Engineering Society, VOL 31, PP 101-114.

[7] Edmonds, I. R. 1993. "Performance of laser cut light deflecting panels in day lighting application". Solar Energy Materials and Solar Cells, VOL 29, PP 1-26.

[8] Edmonds, I. R., Moore, G. I. and Smith, G. B. 1995. "Daylighting enhancement with light pipes coupled to laser-cut light-deflecting panels". Lighting Res. Technol., VOL 27, PP 27-35.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-11]