سال پنجم، شماره اول، تابستان ۱۳۹۷، صفحات ۹۱ - ۱۰۰

فصل‌نامه علمی – ترویجی انرژی‌های تجدیدپذیر و نو

jrenew.ir

مقاله

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۵/۱۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۳/۲۴

سیستم های نوین نورپردازی برای انتقال بهینه نور طبیعی روز به فضای داخلی معماری در راستای کاهش مصرف انرژی

محسن روشن*[۱] ، زکیه اثناعشری[۱]

۱- گروه معماری، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران

لاهیجان، mroshan@liau.ac.ir

چکیده:

یکی از چالشهای اصلی در طراحی معماری، تامین نور طبیعی در فضاهای داخلی بنا ها می باشد. استفاده از روشنایی روز مناسب در ساختمانها باعث بهبود محیط بصری، افزایش عملکرد ساکنین و همچنین افزایش صرفه جویی انرژی می شود. این اقدامات می تواند از طریق استفاده سیستم های نورپردازی انجام گیرد. سیستم های نورپردازی به منظور تامین نیازهای روشنایی فضای داخلی ساختمان ها در جاهایی که مقدار نور تولید شده توسط روشنایی سنتی (پنجره ها) ناکافی است، ابداع شده است. بسیاری از این سیستم ها بصورت صنعتی اقدام به تولید گردیده است اما چالشهایی مانند هزینه های اولیه، مشکلات بهره برداری، محدودیتهای کاربردی و موانع استفاده به صورت عموم در ساختمانها وجود دارد. این پژوهش بر اساس اسناد و مطالعات کتابخانه ای تهیه شده است. هدف از آن طبقه بندی سیستم های نورپردازی نوین مطابق ضوابط اصلی، طرح شماتیک، محل نصب سیستم و شرح مختصری از المانهای می باشد. این دسته بندی در راستای کمک به انتخاب سیستم متناسب با شرایط موجود ساختمان اتخاذ شده است.

واژگان کلیدی: سیستم های نوین نورپردازی، نور طبیعی روز، فضای معماری، کاهش مصرف انرژی ساختمان

Innovative Daylighting Systems for Efficient Daylight into Interor Architecture in order to Reduce Energy Consumption

Mohsen Roshan[1], Zakieh Asnaashari[1]

Depatment of Architecture, Lahijan Beranch, Islamic Azad University, Lahijan, Iran

mroshan@liau.ac.ir

Abstract

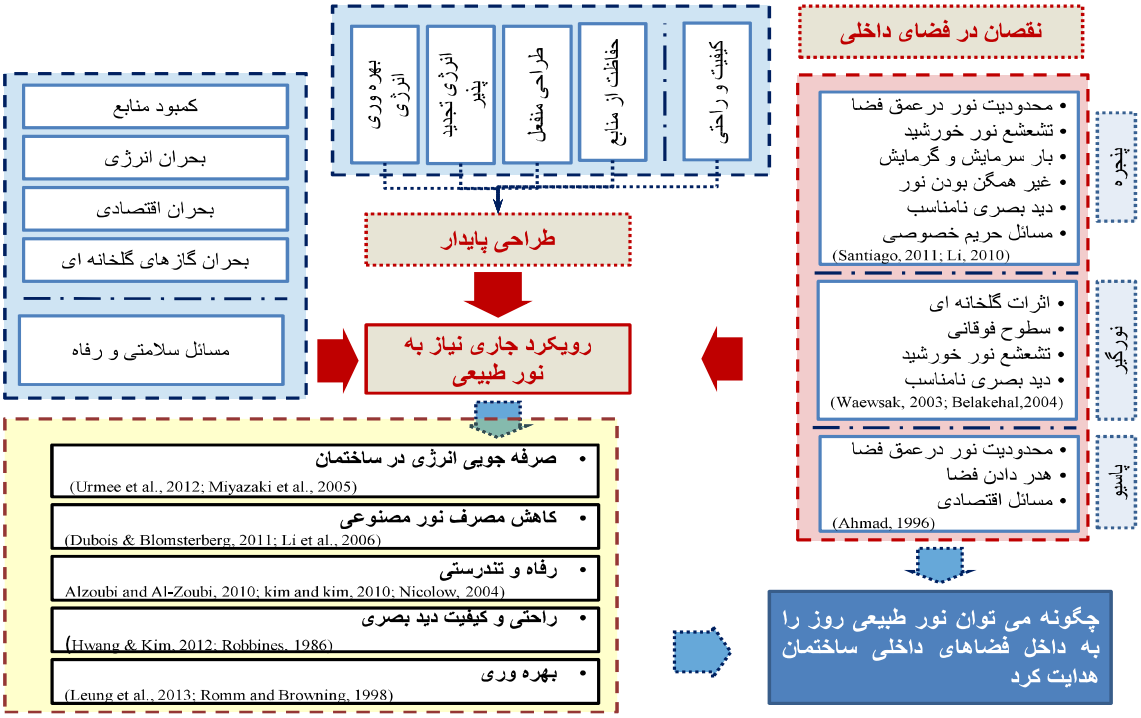
One of the challenges of architectural design is to provide natural daylight into the internal spaces. Using proper daylight in building is desirable, not only for reason of energy saving, but for improvement of visual environment and occupants' health. This performances can be through the use of daylighting systems. Daylighting systems are developed to provide daylight into the interior of buildings because daylight can only penetrate a limited depth through the window. Many of daylighting systems are available to the building industry but there are challenges in using limitations for reasons such as high initial cost, high maintenance of control systems and general utilization in buildings. The purpose of this paper is an overview of innovative daylighting systems with division into main principles, illustrating sketches, installation of systems and short descriptions of the elements. This category helps to select the right daylighting system for given building conditions.

Keywords: Daylighting System, Efficient daylight, Architecture, Energy Consumption Reduce

۱- مقدمه:

در دهه های اخیر بحران انرژی باعث شده که توجه بیشتری به نور طبیعی روز به منظور کاهش مصرف انرژی، بالا بردن عملکرد ساکنین و همچنین بهبود محیط بصری گردد [۱و۲]. امروزه با توجه به مشکلات متعدد در گرمایش زمین، نور طبیعی روز بعنوان یکی از استراتژیهای جایگذین نور مصنوعی و کاهش انرژی الکتریکی می تواند مثمر ثمر شود. بطور مثال نور مصنوعی حدود یک سوم انرژی برق در ساختمانها را مصرف می کند [۳].

استفاده از پنجره های بزرگ و بلند می تواند راه حلی بعنوان افزایش نور طبیعی روز در فضاهای داخلی باشد ولی این روش باعث می شود که در نزدیکی پنجره مقدار نور زیاد بوده و در نقاط دورتر از پنجره نور کافی نباشد. این عامل می تواند باعث افزایش نور خیره کننده آفتاب و همچنین ایجاد نور غیر همگن در کل آن فضا شود [۴و۵]. بنابراین پرسش این است که چگونه می توان نور را به عمق فضاهای داخلی بنا هدایت کرد و همچنین از نور خیره کننده خورشید در نزدیکی پنجره ها جلوگیری کرد (شکل ۱).



شکل ۱ رویکرد اخیر نیاز به نور طبیعی روز و هدایت آن به فضای معماری (ماخذ : نگارنده، ۱۳۹۳)

سیستم های نورپردازی نوین[۱] می تواند جواب این سوال باشد. عملکرد این سیستم ها باعث شده تا رشد توسعه سیستم های نورپردازی نوین در راستای معماری پایدار تسریع شود [۶]. تحقیقات زیادی در راستای بازده این سیستم ها در زمینه صرفه جویی انرژی در ساختمان در مناطق مختلف انجام شده است. طبق این نتایج که بصورت روش های شبیه سازی یا تجربی انجام شده، صرفه جویی انرژی در بعضی مکان ها ۲۰ تا ۵۰ درصد از مصرف الکتریکی ساختمان را در بر می گیرد [۷]. این مقدار می تواند با بهبود سیستم های روشنایی افزایش یابد [۸و۹]. اگر چه انواع متنوعی از سیستم های روشنایی تحقیق و آزمایش شده است ولی تولید آنها بخاطر دلایل زیر محدود گردیده است.

- بالا بودن هزینه تولید این سیستم ها

- مسائل و مشکلاتی در بررسی کیفیت و کمیت صرفه جویی انرژی بخاطر فقدان اطلاعات مربوطه

- مشکلات تابش نور خیره کننده خورشید و یا بالا بودن مقدار روشنایی در فضای داخلی بخاطر کنترل نامناسب این سیستم

انتخاب مناسب سیستم نورپردازی در یک بنا بخش بسیار مهمی است. این سیستم با توجه به موقعیت قرارگیری در ساختمان، اقلیم منطقه، شدت تابش خورشید و بافت شهری، انتخاب شده و در بنا نصب می گردد [۱۰]. این مقاله مروری بر طبقه بندی سیستم های نورپردازی با توجه به ضوابط اصلی، طرح شماتیک، محل نصب، شرایط آب و هوایی، موقعیت جغرافیایی و شرح مختصری از سیستم ها دارد.

۱. Innovative Daylighting System

۲. سیستم های نورپردازی:

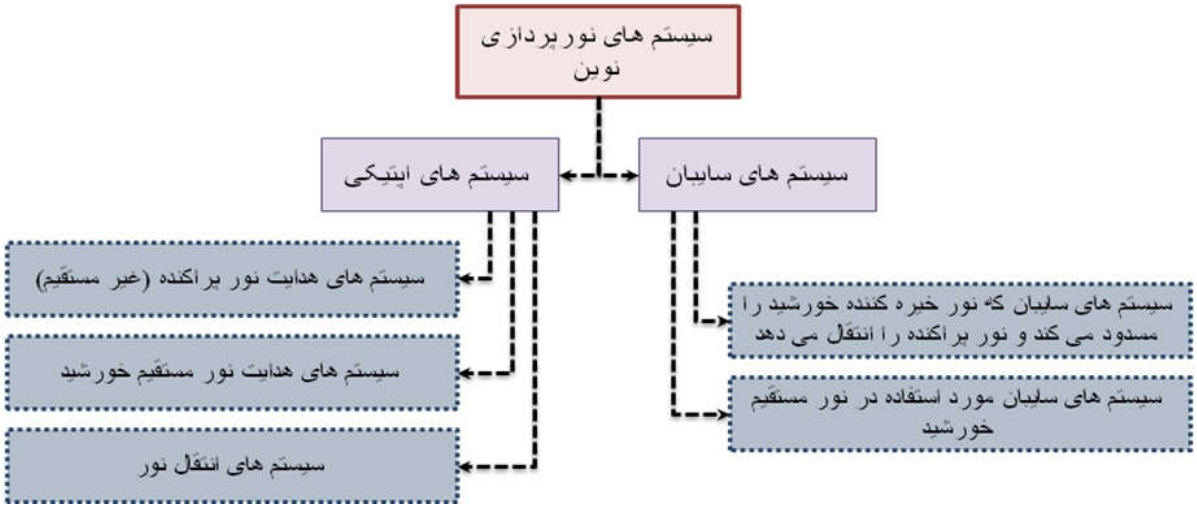
سیستم های نورپردازی نوین با توجه به ضوابط اصلی به دو بخش مجزا تقسیم می شوند که شامل سیستم های سایبان و سیستم های اپتیکی است. همانطور که در شکل ۲ دیده می شود، سیستم های سایبان به دو بخش طبقه بندی می شود که شامل سیستم های سایبان که نور خیره کننده آفتاب را مسدود و نور پراکنده را عبور می دهد و همچنین سیستم های سایبانی که نور مستقیم خورشید را هدایت می کنند. در حالیکه سیستم های اپتیکی به سه بخش که شامل سیستم های هدایت نور پراکنده، سیستم های هدایت نور مستقیم خورشید و سیستم های انتقال نور، تقسیم می شوند.

این تحقیق مروری است بر این سیستم ها که در جداول زیر آورده شده است. در این جداول طرح شماتیک هر سیستم و همچنین توانایی استفاده آن در اقلیم ها و شرایط آب و هوایی مختلف نشان داده شده است. در ردیف بعدی این جدول، محل نصب سیستم در بنا بصورت افقی یا عمودی ذکر شده و همچنین محل قرارگیری در نورگیر، پنجره یا سقف های شیشه ای اشاره می گردد.

در بخش بعدی جدول، معیارها برای انتخاب سیستم با ویژگی ها و قابلیت های خاص اشاره شده اند که عبارتند از: محافظت در برابر نور خیره کننده خورشید، دسترسی بصری به بیرون، توانایی هدایت نور به عمق اتاق، پخش نور، صرفه جویی انرژی با کاهش مصرف نور مصنوعی، قابلیت دسترسی و همچنین اطلاعاتی در مورد سیستم که آیا در محل نصب ثابت است یا نیاز به چرخش و حرکت دارد. بعنوان مثال سیستم انیدولیک در بالای پنجره در نما نصب می گردد و بصورت افقی زیر سقف به فضای داخلی کشانده می شود. این سیستم اجازه دید به بیرون را می دهد و در بعضی زمانها به عنوان سایبان عمل می کند. نور مستقیم خورشید را مسدود می کند و نور طبیعی روز را به عمق فضاهای داخلی هدایت می کند. این سیستم در محل نصب ثابت بوده و با تنظیم دریچه های پخش کننده می توان نور طبیعی روز را بصورت یکنواخت به فضاهای داخلی بنا هدایت کرد. این دستگاه در پروسه تحقیق، بررسی و تولید می باشد[۱۱] .

سیستم انیدولیک برای تحقیق و بررسی در مناطق مختلف ساخته و نصب شده است که عبارت اند از:

- ساختمان انرژی صفر[۲]در دانشگاه بی سی ای[۳]سنگاپور در سال ۲۰۰۹ میلادی
- ساختمان ال ای اس او[۴]در سال ۱۹۹۹ میلادی در سوئد
- ساختمان بروسلز[۵]در سال ۲۰۰۶ میلادی در بلژیک



شکل ۲ تقسیم بندی سیستم های نورپردازی نوین (ماخذ : نگارنده،۱۳۹۳)

2.Zero Energy Building

3. BCA Academ

٤LESO Building

.٥ Brussels Building

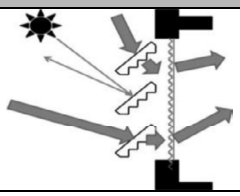
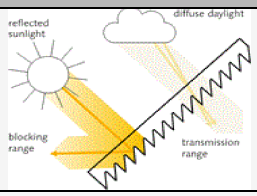
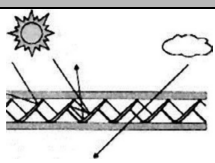
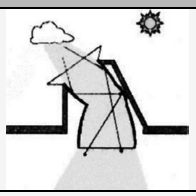
۲-۱- سیستم های سایبان

سیستم های سایبان برای مسدود کردن نور مستقیم خورشید، دریافت نور پخش شده و یا اینکه برای تغییر مسیر نور مستقیم طراحی می گردد. استفاده از سیستم های سایبان قدیمی برای ایجاد پیش آمدگی یا اثرات تابش خورشید، باعث کاهش نور روز در فضای داخلی می شود. بخاطر همین، این سیستم ها توسعه یافته تا توانایی پخش نور روز به فضاهای داخلی بیشتر شود.

۲-۱-۱- سیستم سایبان مبتدی مورد استفاده در نور پراکنده

این نوع سیستم های سایبان که نور خیره کننده خورشید را مسدود می کند و نور پراکنده را انتقال می دهد

جدول ۱ سیستم سایبان مبتدی مورد استفاده در نور پراکنده (ماخذ : نگارنده، ۱۳۹۳)

نوع سیستم	پانل های منشوری[۶]	پرده های ونیزی و منشوری[۷]	قطعات آینه ای محافظ خورشید[۸]	انیدولیک باز قائم[۹]
شکل				
شرایط آب و هوایی	شرایط آب و هوای معتدل	تمام شرایط آب و هوایی	شرایط آب و هوای معتدل	شرایط آب و هوای معتدل
محل نصب	پنجره های عمودی	پنجره های عمودی، پنجره سقفی	پنجره های سقفی، سقفهای شیشه ای	پنجره های سقفی
معیارهای انتخاب سیستم	- محافظت از نور خیره کننده خورشید - هدایت نور به عمق اتاق - صرفه جویی انرژی (نور مصنوعی) - نور همگن - قابل دسترسی	- محافظت از نور خیره کننده خورشید - دید به بیرون - صرفه جویی انرژی (نور مصنوعی) - نیاز به تنظیمات بیرونی - قابل دسترسی	- هدایت نور به عمق اتاق - صرفه جویی انرژی (نور مصنوعی) - نور همگن - قابل دسترسی	- محافظت از نور خیره کننده خورشید - نور همگن - صرفه جویی انرژی (نور مصنوعی) - در حال آزمایش

٦ Prismatic Panels

٧ Prisms and venetian blinds

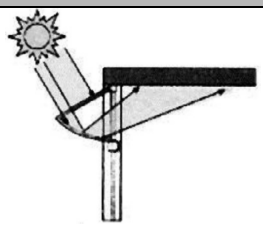
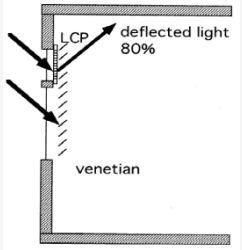
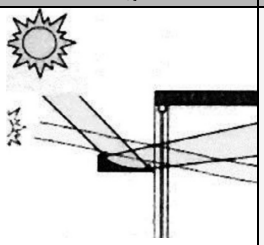
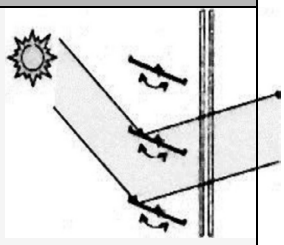
٨ Sun protecting mirror elements

٩ Anidolic zenithal opening

۲-۱-۲- سیستم های سایبان برای نور مستقیم خورشید

سیستم های سایبان که نور مستقیم خورشید را پخش می کنند یا اینکه آنرا به سقف یا بالای سر تغییر جهت می دهد.

جدول ۲ سیستم سایبان مبتدی مورد استفاده در نور مستقیم خورشید (ماخذ : نگارنده، ۱۳۹۳)

نوع سیستم	سایبان انتقال نور[۱۰]	تلفیق پرده و روزنه[۱۱]	تاقچه نور برای تغییر مسیر نور خورشید[۱۲]	صفحات چرخشی[۱۳]
شکل				
شرایط آب و هوایی	- شرایط آب و هوایی گرم - آسمان آفتابی	تمام شرایط آب و هوایی	تمام شرایط آب و هوایی	شرایط آب و هوای معتدل
محل نصب	پنجره های عمودی بالای ارتفاع دید	پنجره های عمودی	پنجره های عمودی	- پنجره های عمودی - پنجره سقفی
معیارهای انتخاب سیستم	- محافظت از نور خیره کننده خورشید - دید به بیرون - هدایت نور به عمق اتاق - صرفه جویی انرژی (نور مصنوعی) - نور همگن - قابل دسترسی	- محافظت از نور خیره کننده خورشید - هدایت نور به عمق اتاق - نور همگن - نیاز به تنظیمات بیرونی - قابل دسترسی	- هدایت نور به عمق اتاق - دید به بیرون - صرفه جویی انرژی (نور مصنوعی) - نور همگن - قابل دسترسی	- محافظت از نور خیره کننده خورشید - هدایت نور به عمق اتاق - نور همگن - صرفه جویی انرژی (نور مصنوعی) - نیاز به تنظیمات بیرونی - قابل دسترسی

۱۰ Light guiding shade

۱۱ Louvers and blinds

۱۲ Lightshelf for redirection of sunlight

۱۳ Turnable lamellas

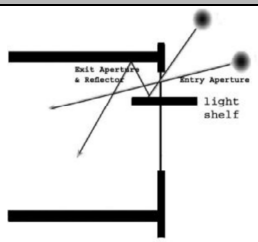
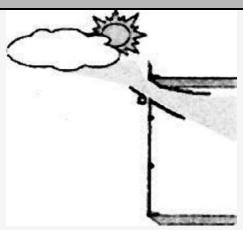
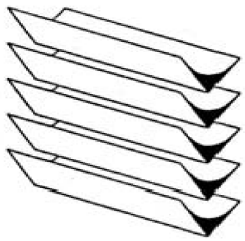
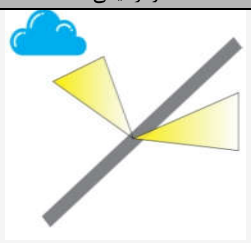
۲-۲-سیستم های اپتیکی: سیستم های نورپردازی فاقد سایبان:

سیستم های اپتیکی برای تغییر جهت نور روز به فضاهای داخلی از طریق پنجره یا نورگیر انجام می گیرد. این سیستم ها ممکن است نور مستقیم خورشید را مسدود کنند یا نکنند.

۲-۲-۱- سیستم های هدایت نور پراکنده (غیر مستقیم)

در مناطقی که آسمان ابری است، نور قائم آسمان بسیار درخشان تر از نور افق آسمان است که نور قائم بطور معمول در قسمتهای نزدیکی پنجره استفاده می گردد و بخشهای عمیق تر و دورتر از پنجره تاریک می ماند. کاربرد سیستم های هدایت نور که یکی از راههای استفاده بهینه از نور روز است، نور قائم آسمان را تغییر جهت داده و به شکل افقی به فضای داخلی عمیق تر هدایت می کند. دلیل دیگر استفاده از این سیستم ها، سایه اندازی به فضاهای داخلی بخاطر پیش آمدگی بیرونی این سیستم در نمای ساختمان است. بنابراین سیستم های هدایت نور پراکنده (نور غیر مستقیم خورشید) در مناطق ابری با انتقال نور به عمق فضای داخلی، می تواند کمک شایانی در حل مشکل محدودیت نور در فضای داخلی دورتر از پنجره گردد.

جدول ۳ سیستم های هدایت نور پراکنده (ماخذ : نگارنده، ۱۳۹۳)

نوع سیستم	تاقچه نور[۱۴]	سیستم یکپارچه انیدولیک[۱۵]	سیستم ماهی[۱۶]	هدایت نور قائم با عناصر اپتیکی هلوگرافیکی[۱۷]
شکل				
شرایط آب و هوایی	– شرایط آب و هوایی معتدل – آسمان ابری	شرایط آب و هوای معتدل	شرایط آب و هوای معتدل	– شرایط آب و هوایی معتدل – آسمان ابری
محل نصب	پنجره های عمودی	پنجره های عمودی	پنجره های عمودی	پنجره های عمودی (بخصوص در حیاط)، – پنجره سقفی
معیارهای انتخاب سیستم	– محافظت از نور خیره کننده خورشید – دید به بیرون – صرفه جویی انرژی (نور مصنوعی) – نور همگن – قابل دسترسی	– محافظت از نور خیره کننده خورشید – هدایت نور به عمق اتاق – صرفه جویی انرژی (نور مصنوعی) – نور همگن – قابل دسترسی	– محافظت از نور خیره کننده خورشید – هدایت نور به عمق اتاق – دید به بیرون – صرفه جویی انرژی (نور مصنوعی) – نور همگن – قابل دسترسی	– محافظت از نور خیره کننده خورشید – نور همگن – صرفه جویی انرژی (نور مصنوعی) – نور همگن – قابل دسترسی

۱۴ Lightshelf

۱۵ Anidolic Integrated System

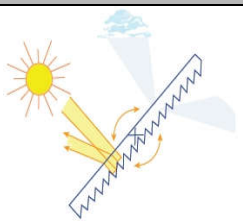
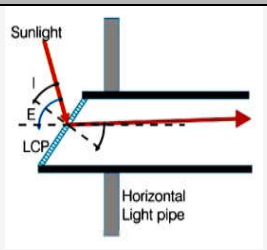
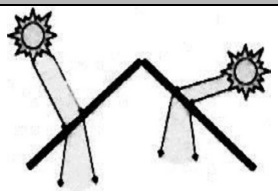
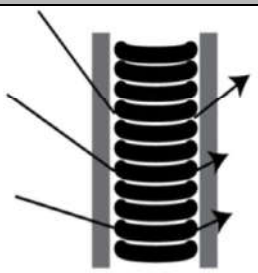
۱۶ Fish System

۱۷ Zenith lightguiding elements with Holographic Optical Elements

اتاقها از طریق نور مستقیم خورشید می توانند روشنایی کافی بدست بیاورند به شرطی که از نور خیره کننده خورشید و مشکلات گرمایش بیش از حد جلوگیری گردد.

نور مستقیم خورشید توسط سیستم تغییر جهت داده و از کنتراست شدید در محیط کار اجتناب گردد.

جدول ۴. سیستم های هدایت نور مستقیم خورشید (ماخذ : نگارنده، ۱۳۹۳)

نوع سیستم	پانل های منشوری[۱۸]	پانل های برش لیزری[۱۹]	عناصر اپتیکی هلوگرافیکی[۲۰]	شیشه های هدایت نور[۲۱]
شکل				
شرایط آب و هوایی	شرایط آب و هوایی متفاوت	شرایط آب و هوای معتدل	شرایط آب و هوای معتدل	شرایط آب و هوای معتدل
محل نصب	پنجره های عمودی، پنجره سقفی	پنجره های عمودی	پنجره سقفی، سقفهای شیشه ای	پنجره سقفی
معیارهای انتخاب سیستم	– محافظت از نور خیره کننده خورشید – دید به بیرون – صرفه جویی انرژی (نور مصنوعی) – نیاز به تنظیمات بیرونی – قابل دسترسی	– محافظت از نور خیره کننده خورشید – هدایت نور به عمق اتاق – صرفه جویی انرژی (نور مصنوعی) – نور همگن – قابل دسترسی	– هدایت نور به عمق اتاق – صرفه جویی انرژی (نور مصنوعی) – نور همگن – قابل دسترسی	– محافظت از نور خیره کننده خورشید – نور همگن – صرفه جویی انرژی (نور مصنوعی) – در حال آزمایش

۱۸ Prismatic panels

۱۹ Laser Cut Panel

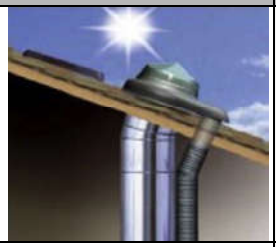
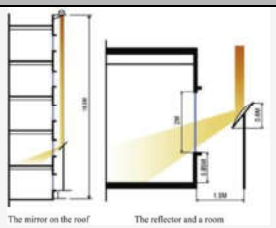
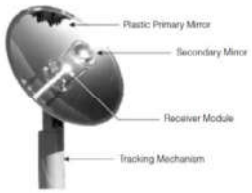
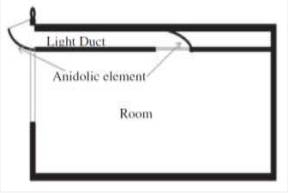
۲۰ Holographic Optical Elements

۲۱ Light guiding glass

۲-۲-۳- سیستم های انتقال نور

نور روز می تواند از طریق سیستم های انتقال نور، گردآوری شده و به فضای داخلی عمیق تر بنا انتقال یابد. بعلاوه نور می تواند از طریق این سیستم ها به فاصله های دوری حتی بدون پنجره به داخل بنا منتقل شود. این سیستم همچنین می تواند در بعضی مواقع برای انتقال نور مصنوعی نیز استفاده گردد.

جدول ۵. سیستم های انتقال نور (ماخذ : نگارنده، ۱۳۹۳)

نوع سیستم	لوله های خورشیدی[۲۲]	آینه چرخشی[۲۳]	فیبر[۲۴]	لوله نور[۲۵]
شکل				
شرایط آب و هوایی	– تمام شرایط آب و هوایی – آسمان آفتابی	– تمام شرایط آب و هوایی – آسمان آفتابی	– تمام شرایط آب و هوایی – آسمان آفتابی	– تمام شرایط آب و هوایی – آسمان آفتابی
محل نصب	– سقف	– سقف – نما	– سقف	– نما
معیارهای انتخاب سیستم	– هدایت نور به عمق اتاق – نیاز به تنظیمات بیرونی – قابل دسترسی	– هدایت نور به عمق اتاق – صرفه جویی انرژی (نور مصنوعی) – نیاز به تنظیمات بیرونی – قابل دسترسی	– هدایت نور به عمق اتاق – صرفه جویی انرژی (نور مصنوعی) – نیاز به تنظیمات بیرونی – نور همگن – قابل دسترسی	– هدایت نور به عمق اتاق – نور همگن – صرفه جویی انرژی (نور مصنوعی) – قابل دسترسی

۲۲ Solar-Tube

۲۳ Heliostat

۲۴ Fibres

۲۵ Light-Pipe

۳. نتیجه گیری :

انواع سیستم های نورپردازی نوین با توجه به قابلیت آنها با راهبردهای جدید و استفاده بهینه از نور طبیعی روز در فضاهای داخلی تقسیم بندی شده اند. این سیستم ها نور طبیعی روز مناسب را برای ساکنین تامین می کنند و باعث کاهش انرژی الکتریکی، افزایش عملکرد ساکنین و همچنین بهبود محیط بصری می گردند.

این مسئله بایستی مورد توجه قرار گیرد که انتخاب صحیح یک سیستم نورپردازی در بنا برای انتقال نور طبیعی روز به فضای داخلی، بایستی به طرق درستی انجام گیرد. طوری که تمام نیازهای نور را با توجه به شرایط محیطی و اقلیمی آن بنا حل کند و باعث ایجاد مشکلی در بنا نگردد. مشکلاتی همچون گرمایش بیش از حد یا نور خیره کننده خورشید که ممکن است ساکنین از پذیرفتن این سیستم ها طرفنظر گردند.

پی نوشت ها:

[1] Innovative Daylighting System
[2] Zero Energy Building
[3] BCA Academy
[4] LESO Building
[5] Brussels Building
[6] Prismatic Panels
[7] Prisms and venetian blinds
[8] Sun protecting mirror elements
[9] Anidolic zenithal opening
[10] Light guiding shade
[11] Louvers and blinds
[12] Lightshelf for redirection of sunlight
[13] Turnable lamellas
[14] Lightshelf
[15] Anidolic Integrated System
[16] Fish System
[17] Zenith lightguiding elements with Holographic Optical Elements
[18] Prismatic panels
[19] Laser Cut Panel
[20] Holographic Optical Elements
[21] Light guiding glass
[22] Solar-Tube
[23] Heliostat
[24] Fibres
[25] Light-Pipe

منابع:

[1] Ahmad, M. H. (1996). The Influence of Roof Form and Interior Cross section on Daylighting in The Atrium Spaces in Malaysia". University of Manchester, Ph. D. Thesis.

[2] *Kim*, C.-S. and Chung, S.-J. (2011). Daylighting simulation as an architectural design process in museums installed with toplights. *Building and environment,* 46(1), 210-222.

[3] Dubois, M.-C. and Blomsterberg, Å. (2011). Energy saving potential and strategies for electric lighting in future North European, low energy office buildings: A literature review. Energy and buildings, 43(10), 2572-2582.

[4] Binarti, F. (2009). Energy-Efficient Window For Classroom In Warm Tropical Area. Proceedings of the 2009 Eleventh International IBPSA Conference. Glasgow. Scotland.

[۵] س.راستی، و م. روشن، ارزیابی کاهش مصرف انرژی در ساختمان مسکونی با توجه به جهت گیری بهینه و درصد بازشوها در شهر انزلی، فصلنامه علمی – ترویجی انرژی های تجدیدپذیر و نو، سال چهارم، شماره دوم، زمستان ۱۳۹۶، صفحه ۹۱-۱۰۰

[٦] Tsangrassoulis, A. (2008). A Review of Innovative Daylighting Systems. Advances in Building Energy Research, 2(1), 33-56.

[7] Bodart, M. and De Herde, A. (2002). Global energy savings in offices buildings by the use of daylighting. *Energy and buildings*, 34(5), 421-429.

[8] Roshan, M. (2014). Anidolic Daylighting System for Efficient Daylighting in Deep Plan Office Building in the Tropics. Ph.D, Universiti Teknologi Malaysia, Faculty of Built Environment.

[۹] م. بریمانی، ع. کعبی نژادیان، اولویت بندی نیروگاه های تولید برق تجدید پذیر در ایران، فصلنامه علمی – ترویجی انرژی های تجدیدپذیر و نو، سال سوم، شماره دوم، زمستان ۱۳۹۵، صفحه ۸۳-۸۷

[10] Roshan, M., et al. (2014). Analysis of Anidolic Daylighting System Parameters in Tropical Climate. Life Science Journal, 11(8), 171-176.

[11] Kischkoweit-Lopin, M. (2002). An overview of daylighting systems. Solar Energy, 73(2), 77-82.

[۱۲] Belakehal, A., Tabet Aoul, K. and Bennadji, A. (۲۰۰٤). Sunlighting and daylighting strategies in the traditional urban spaces and buildings of the hot arid regions. Renewable Energy, 29(5), 687-702.

[13] Kim, J. T. and Kim, G. (2010). Overview and new developments in optical daylighting systems for building a healthy indoor environment. *Building and environment*, 45(2), 256-269.

[14] Hwang, T. and Kim, J. T. (2012). Assessment on the indoor environmental quality in office building. *Paper presented at the 7th International Symposium on Sustainable Healthy Buildings*, Seoul, Korea.

[15] Leung, T. C., Rajagopalan, P. and Fuller, R. (2013). Performance of a daylight guiding system in an office building. *Solar Energy*, 94, 253-265.

[16] Li, D. H., Lam, T. N. and Wong, S. (2006). Lighting and energy performance for an office using high frequency dimming controls. *Energy Conversion and Management*, 47(9), 1133-1145.

[17] Li, D. H. (2010). A review of daylight illuminance determinations and energy implications. *Applied Energy*, 87(7), 2109-2118.

[18] Miyazaki, T., Akisawa, A. and Kashiwagi, T. (2005). Energy savings of office buildings by the use of semi-transparent solar cells for windows. *Renewable Energy*, 30(3), 281-304.

[19] Nicolow, J. (2004). Getting the green light from the sun-The benefits of daylight harvesting. *Construction Specifier*, 57, 58-65.

[20] Robbins, C. L. (1986). *Daylighting. Design and analysis*. New York: Van Nostrand: Van Nostrand Reinhold Co. Inc.,.

[21] Romm, J. J. and Browning, W. D. (1998). *Greening the building and the bottom line: Increasing productivity through energy-efficient design*. Snowmass: Rocky Mountain Institute.

[22] Santiago, G. (2011). Towards daylight guidelines for tropical climates. Proceedings of the 2011 *People and Buildings held at the offices of Arup UK*. 23rd September 2011. London,

[23] Urmee, T., Thoo, S. and Killick, W. (2012). Energy efficiency status of the community housing in Australia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(4), 1916-1925.

[24] Waewsak, J., Hirunlabh, J., Khedari, J. and Shin, U. (2003). Performance evaluation of the BSRC multi-purpose bio-climatic roof. *Building and environment*, 38(11), 1297-1302.

[۲۵] Alzoubi, H. H. and Al-Zoubi, A. H. (۲۰۱۰). Assessment of building façade performance in terms of daylighting and the associated energy consumption in architectural spaces: Vertical and horizontal shading devices for southern exposure facades. *Energy Conversion and Management*, 51(8), 1592-1599.