صفحات ۶۴-۵۵

طراحی معماری با بهره‌گیری از روشنایی طبیعی رویکردی در طراحی کتابخانه برای شهر تهران*

مهندس فائزه زارع**، دکتر شاهین حیدری***

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۲/۰۱/۱۹، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۳/۰۹/۲۷

Archive of SID

چکیده

امروزه یکی از اساسی‌ترین مسائل زندگی بشر، مصرف بی‌رویه انرژی است. حدود ۴۰٪ انرژی مورد استفاده بشر، در ساختمان‌ها مصرف می‌شود. بنابراین ساختمان‌ها، بزرگ‌ترین تهدید، برای منابع انرژی هستند. بهره‌گیری از نور روز در طراحی ساختمان، راه‌حلی برای صرفه‌جویی در مصرف انرژی است. برای بیان ضرورت پرداختن به موضوع این پژوهش، می‌توان به اهمیت تأثیر کیفیت روشنایی در ارتقاءکارایی مطالعه و ناکارآمدی ساختمان‌های کشور در حوزه‌ی طراحی مطلوب روشنایی اشاره نمود. در این مقاله با بررسی روش‌های طراحی روشنایی در حوزه‌های موقعیت ساختمان در سایت، حجم ساختمان، راه‌های ورود نور به آن و سیستم‌های ارتقا دهندهٔ کیفیت نور روز، الگویی برای طراحی روشنایی کتابخانه ارائه شده است. این الگو در صدد دستیابی به حداکثر برخورداری از نور طبیعی است. در این راستا برای افزایش طول زمان استفاده از نور روز، نوعی سیستم روشنایی هماهنگ با مسیر گردش خورشید در بام سالن مطالعات طراحی شده است.

واژه‌های کلیدی

انرژی، روشنایی، نور روز، کتابخانه، طراحی روشنایی

* این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد تکنولوژی معماری نویسنده دوم با عنوان طراحی کتابخانه پایدار با رویکرد بهره گیری حداکثر از نور روز است که با راهنمایی نویسنده اول در دانشکده معماری دانشگاه تهران انجام گرفته است.

** دانش آموخته کارشناسی ارشد تکنولوژی معماری دانشگاه تهران، تهران، ایران. (مسئول مکاتبات)
Email:fa_zare@yahoo.com

*** استاد معماری دانشگاه تهران، تهران، ایران.
Email:shahin_heidari@yahoo.com

www.SID.ir

مقدمه

کشورهای توسعه‌یافته، در پی کاهش سرانه مصرف انرژی، از آغاز دهه سوم از قرن بیستم، رویکرد بهره‌گیری حداکثر از نور روز را در پیش گرفته‌اند و به موفقیت‌های چشمگیری در این زمینه دست یافته‌اند. متأسفانه در کشور ما این وظیفه مهم که قسمت اعظم آن به عهده معماران است به دست فراموشی سپرده شده‌است. صرف نظر از تأثیر تدوین قوانین معماری و دقت در طراحی شهری در بهره‌گیری حداکثری از نور روز، توجه و همت معماران، در استفاده‌ی بیشینه از نورطبیعی، توان خاصی به بخش بهینه سازی در مصرف انرژی خواهد داد.

از آنجایی که دو موضوع غیر قابل تفکیک در بحث نور روز؛ یکی تولید حرارت داخلی و دیگری اثرات روحی روانی بر انسان است، در این مقاله ابتدا ارتباط موضوع با حرارت و سپس اثر متغیر محیطی نور بر رفتار انسانی بیان می‌شوند تا بتوان چالش‌های استفاده از روشنایی طبیعی را در مراحل مختلف طراحی معماری برشمرده و در نهایت الگویی برای طراحی کتابخانه در شهر تهران با رویکرد بهره‌گیری حداکثراز نور روز ارائه داد. ناگفته نماند که ارتقای کیفیت روشنایی، به‌منظور تأمین حداکثر استفاده از نورطبیعی یکی از مسائل اساسی طراحی روشنایی روز می‌باشد، به منظور پاسخگویی به این مسأله، نوعی سیستم نوری، در سالن مطالعات، طراحی شده است.

روش تحقیق

در این مقاله سعی براین بوده است که دستیابی به کالبد و ساختار معماری در تمام مقاطع فرایند پرورش و شکل‌گیری طرح، با چالش بهره‌گیری حداکثری از نور طبیعی همراه باشد. برای دستیابی به این امر، فرایند پردازش طرح به چند مرحله تقسیم شده است. این مراحل، تعیین موقعیت ساختمان در سایت، تعیین ویژگی‌های کالبدی حجم، جهات ورود نور به حجم و استفاده از سیستم‌های ارتقاء دهنده کیفیت و کمیت نور ورودی را شامل می‌شود. در مسیر تحقیق، راهکارهای موجود به منظور دستیابی به حداکثر میزان بهره‌گیری از روشنایی روز در هر مقطع از فرایند شکل‌گیری طرح مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است. با توجه به مطالعات صورت گرفته و با در نظر گرفتن شرایط و نیازمندی‌های عملکرد انتخابی (کتابخانه در شهر تهران) دستورالعملی برای طراحی حاضر تنظیم شده است. در نهایت، با بهره‌گیری از این دستور العمل، تصمیم گیری مناسب در هر مرحله صورت گرفته است.

نور و گرما

روشنایی، گرمایش و تهویه ساختمان، طبیعی یا مصنوعی، به‌یکدیگر وابسته‌اند. بهره‌گیری از انواع نامناسب شیشه، کاربرد شیشه در مکان‌های ناصحیح، نظیر جداره‌ی غربی ساختمان در نواحی گرمسیر و استفاده بیش از حد از سطوح شیشه‌ای در مناطق گرمسیر و یا سردسیر، منجر به دریافت و یا از دست دادن نامطلوب حرارت می‌شود. در این صورت، استفاده از گرمایش و یا سرمایش مصنوعی ضروری است. به‌طور کلی عدم طراحی مناسب در استفاده از نور روز، سبب دریافت بیش از حد گرما است. برای نمونه استفاده کم از سطوح شیشه‌ای، استفاده زیاد از نور مصنوعی را به دنبال دارد. به این ترتیب عناصر تولید کننده‌ی نور مصنوعی، سبب تولید حرارت، و بالا رفتن بار سرمایشی ساختمان می‌شوند. همچنین زمانی که تابش‌خورشیدی وارد ساختمان می‌شود، انرژی گرمایی را نیز وارد ساختمان می‌کند. که سبب ایجاد بار بر روی سیستم سرمایشی ساختمان می‌شود. بنابراین برای جلوگیری از ایجاد گرمای نامطلوب ناشی از نور خورشید، توجه به ابعاد و موقعیت قرارگیری پنجره، لازم است. در صورت طراحی مناسب روشنایی، نور روز پربازده‌ترین نوع منبع، محسوب می‌شود. محاسبه مقدار نور روزی که در یک روز آفتابی، بر یک فوت مربع از سطح شیشه افقی می‌تابد، به مقدار گرمایی که تابش خورشید ایجاد می‌کند، درجه تأثیر نور روز را نشان می‌دهد. درجه تأثیر نور روز دو برابر درجه تأثیر لامپ‌های فلوروسنت و ۱۰ برابر لامپ‌های تنگستن است *(Malman, 2005)*. بنابراین، استفاده از تکنیک‌های بهره‌گیری از نور روز، علاوه بر کاهش مصرف انرژی الکتریکی، سبب حداقل کردن بار سیستم سرمایشی ساختمان می‌شود.

اثر متغیر محیطی‌نور بر رفتار

شرایط و عوامل محیطی- معماری، بر رفتار و عملکرد کاربران فضا، بسیار مؤثر است. لذا بهره‌گیری از قابلیت‌های محیطی امکان مدیریت رفتار کاربران را در جهت نیل به اهداف طراحان فراهم می‌کند. چنین رویکردی در دانش روان شناسی رویکرد تأمین فرصت‌ها نام گرفته است *(دانش‌پور، ۱۳۸۸)*. نور، به عنوان یک عامل محیطی در فضاهای مورد تصرف، اثر زیادی بر رفتار انسان دارد. به گونه‌ای که با تغییر در شدت نور، نوع آن و پدیده‌های ناشی از آن نظیر خیرگی، واکنش‌های متفاوتی در انسان ایجاد می‌شود. به عنوان نمونه، نوع نور لامپ‌های فلوروسنت، سبب افزایش خستگی، گیجی و استرس می‌شود. زیرا این لامپ‌ها، پرتوهای x و امواج رادیویی منتشر می‌کنند و طیف کامل رنگ‌ها را ندارد و به این ترتیب باعث کاهش بهره‌وری می‌شوند *(White, 2009)*.

طبق مطالعات وایت در دانشگاه ایالت بوفالو نیویورک، دانش‌آموزان در کلاس‌هایی که با نور دارای طیف کامل رنگ، نورگیری شدند، نسبت به نورگیری توسط لامپ‌های فلوروسنت توجه بیشتری به درس داشتند و کمتر خسته و ناراحت می‌شدند. همچنین پژوهش بر روی ۲۱۰۰ دانش‌آموز در آمریکا نشان می‌دهد که در کلاس‌هایی با نور روز بیشتر، دانش‌آموزان

Archive of SID
www.SID

در ریاضیات، ۲۰٪ سریع‌ترند و در مطالعه، ۲۶٪ بهترند. پژوهشی دیگر بر روی ۱۲۰۰ دانش‌آموز نشان می‌دهد، که در کلاس‌هایی که پنجره‌های آنها قابلیت باز شدن دارند، افراد کلاس، ۱۴٪ کارآتر هستند *(Ibid, 2009)*.

خیرگی مسأله مهم رفتاری دیگری است، که در طراحی روشنایی اهمیت دارد. این پدیده سبب خستگی چشم، حالت تهوع و سردرد می‌شود لذا اثر منفی بر یادگیری انسان دارد *(Gifford ,2007)*.

بنابراین استفاده از نور غیرمستقیم، به دلیل کاهش پدیده خیرگی، در مکان‌هایی نظیر کلاس‌های درس ضروری است. همچنین نور روز بر روی سیستم بیولوژیکی و عملکردهای فیزیکی بدن نیز مؤثر است. بدین ترتیب که سبب تحریک هرمون‌های تنظیم کننده‌ی سیستم‌های بدن می‌شود و به علاوه این نور به جذب ویتامین D در بدن کمک می‌کند، که سلامت استخوان‌ها را به دنبال دارد *(اچ. اونز، ۱۳۷۹)*.

بنا به مطالب فوق، استفاده از نور روز در فضاهای داخلی مطلوب است. اما گاه پیامدهای نامطلوبی نیز دارد. پدیده خیرگی، تهدید حریم خصوصی، آسیب‌های مربوط به امواج فرابنفش، جزء مشکلات استفاده از نور طبیعی است. به عنوان نمونه پنجره‌های رو به جنوب، به دلیل دریافت تابش مستقیم، سبب بروز پدیده‌ی خیرگی می‌شوند. استفاده از روشنایی مصنوعی نیز، در عین آسیب‌هایی نظیر خستگی، گیجی و استرس که در پاراگراف اول این بخش به آن اشاره شد و مشکلاتی نظیر استفاده از سوخت‌های تجدیدناپذیر، مزایایی هم دارد و بدیهی‌ترین آنها تأمین روشنایی در شب است.

چالش‌هایی مطرح در مراحل مختلف طراحی نور روز

برای آنکه طراحی نور روز مؤثر و مناسبی صورت گیرد، قبل از اینکه راه‌های ورود نور به ساختمان و سیستم‌های افزایش دهنده‌ی کیفیت روشنایی داخلی مورد توجه قرار گیرد، باید از مقیاسی کلان‌تر شروع کرد. در این مرحله، رابطه‌ی سایت و ساختمان، و ارتباط کالبد ساختمان و روشنایی روز، مورد بررسی قرار می‌گیرد

اثر رابطه سایت و ساختمان بر تأمین نور روز مناسب

در این بخش جهت‌گیری ساختمان نسبت به سایت و سنجش اثر انسداد سایت، مورد توجه قرار می‌گیرد. اثر انسداد سایت، سایه‌اندازی ای است، که به واسطه وجود موانع طبیعی و غیر طبیعی موجود در سایت ایجاد می‌شود. به منظور دسترسی مناسب به نور خورشید، در نیمکره شمالی، دیوارهای پنجره‌دار باید در راستای 90° نسبت به جنوب واقع شوند. کمی جهت‌گیری به سمت شرق، سبب ایجاد گرمایش خورشیدی در صبح و اجتناب از گرمایش بیش از حد در بعد از ظهر تابستان می‌شود *(CIBSE, 1999)*. برای دریافت نور روز مطلوب، ساختمان نباید در فاصله نزدیک نسبت به موانع بزرگ واقع شود. بهترین راه‌حل برای تخمین فاصله مطلوب، این است که مقطعی از طرح مورد نظر و موانع اطرافش فراهم شود. چنانچه پرتوی گذرنده از بالاترین نقطه مانع پس از برخورد به نقطه‌ای در ارتفاع ۲ متر ساختمان مورد نظر، زاویه‌ای بیش از 25° با خط افق نسازد، ساختمان مورد نظر امکان برخورداری مناسب از نور روز را دارد *(Ibid, 1999)*.

ارتباط کالبد ساختمان و روشنایی روز

اولین نکته مورد توجه در استفاده از نور طبیعی در فضا، ورود آن به فضاهای درونی است، که به واسطهٔ نما از محیط بیرون تفکیک شده‌اند. راه اصلی ورود نور طبیعی به فضا، استفاده از بازشوهایی در پوسته است. در مورد استفاده از نور روز در فضاهای داخلی، دو حوزهٔ مجزا وجود دارد. قسمت‌های پیرامونی ساختمان که مرتبط با پوسته ساختمان‌اند و امکان دسترسی مستقیم به نورطبیعی را دارند و قسمت‌های درونی‌تر ساختمان که با پوسته ساختمان ارتباط مستقیم ندارند و تأمین نور طبیعی برای این قسمت‌ها، فقط با استفاده از سیستم‌های انتقال میسر است.

قبل از اینکه سیستم‌های خاص مورد استفاده برای ورود نور روز به بخش‌های هسته‌ای ساختمان مورد بررسی قرار گیرد، عوامل کالبدی مؤثر در بهره‌گیری کارآمد از نور روز در فضای داخلی، مطرح می‌شود. این عوامل، مواردی نظیر تراکم حجم، تخلخل حجم و ویژگی‌های هندسی فضا را شامل می‌شوند. تراکم حجم، رابطه بین حجم و پوسته ساختمان را بیان می‌کند. در ساختمان‌هایی با تراکم فضایی کمتر، امکان بهره‌گیری از نور طبیعی بیشتراست. ایجاد تخلخل در حجم، به وسیله‌ی فضاهایی نظیر حیاط مرکزی، امکان دریافت نور و تهویه را برای بخش‌های مرکزی فراهم می‌کند. ویژگی‌های هندسی فضا در طراحی روشنایی اهمیت زیادی است. دو فضا با ابعاد متفاوت و تناسبات فضایی یکسان، در شرایط یکسان محیطی، کیفیت نور طبیعی یکسانی دارند. بنابراین در طراحی نور طبیعی، تناسبات اهمیت بیشتری نسبت به ابعاد دارد *(Serra, 1998)*.

راه‌های ورود نور روز به ساختمان

مؤلفه‌های وارد کنندهٔ نور روز به ساختمان، به دو دسته تقسیم می‌شوند. ۱) مؤلفه‌های نورگذر[1]، ۲) مؤلفه‌های هدایت[2] تمامی سیستم‌های نور روز، ترکیبی از مؤلفه‌های نورگذر و هدایت هستند. مؤلفه‌های هدایت، فضاهایی هستند، که نور را از فضای بیرونی به درون ساختمان هدایت می‌کنند. این فضاها بر اساس موقعیت قرارگیری در ساختمان، به دو نوع تقسیم می‌شوند. نوع اول، فضاهایی بین محیط بیرونی و محیط داخلی ساختمان هستند، که فضاهای نوری واسطه[3]، نامیده می‌شوند. نوع دوم، فضاهایی در بخش‌های داخلی ساختمان هستند، که فضاهای نوری داخلی[4] نامیده می‌شوند *(Ibid, 1998)*. مؤلفه‌های نورگذر، عناصری هستند که نور را از یک محیط نوری به محیط نوری مجاور انتقال می‌دهند. این

Archive of SID
www.SID.ir

عناصر بر اســاس جهت ورود نور به فضا، به سه گروه تقسیم می‌شوند. مؤلفه‌هــای نورگــذر جانبی، نور را به صورت جانبــی وارد فضا می‌کنند و با دورشــدن از آنها شدت روشــنایی فضا کاهش چشمگیری می‌یابد. مؤلفه‌هــای نورگذر زنیتال[5]، نور را به شــکل عمودی وارد فضا می‌کنند. این عناصر توزیع یکنواختی از نور را در فضاها ایجاد می‌کنند. مؤلفه‌های نورگــذر کلی، امکان ورود نور از بالا و جوانب را فراهم می‌کنند. بنابراین تراز روشنایی بالا و یکنواختی را ایجاد می‌کند. این عناصر به دلیل فراهم کردن تابش بیش از حد، نیاز به کنترل کنندهٔ تابش دارند *(Ibid, 1998)*. از آنجایی که در میان راه‌های ورود نور به ساختمان، پنجره به عنوان نوعی مؤلفه‌ی نورگذر جانبی، جزء پرکاربردترین و مهم‌ترین راهکارها می‌باشد، در این بخش مورد بررسی قرار می‌گیرد.

پنجره به عنوان یک عامل روشنایی اصلی در ساختمان

ورود نور طبیعی به فضاهای داخلی، اغلب از طریق پنجره است. پنجرها انواع مختلفــی دارد. اما در انتخاب ابعاد و شــکل ظاهری آن، کمتر به مســئلهٔ نوردهی توجه می‌شود. جنبه‌ی زیبایی‌شناسانه و شکل ظاهری پنجره در نمای ســاختمان، بیشتر مورد توجه طراحان است. از نظر توجه به مصرف انرژی نیز بیشتر نقش حرارتی آن عمده می‌شود. از آنجایی که پنجره‌ها عناصر مناسبی برای تأمین نور در ساختمان‌اند، توجه به کنترل نوردهی آنها نیز لازم است *(حیدری، ۱۳۸۸)*.

محاسبهٔ سطح شیشــهٔ پنجره و میزان نوردهی آن، به عوامل مختلفی وابسته است. این عوامل، مصالح، طرح، اندازه و عناصر خارجی و مرتبط با پنجره را شــامل می‌شوند *(حیدری، ۱۳۸۷)* که ذکر راه‌کارهای محاسبتی آنها در حوصله‌ی این بحث نمی‌گنجد. در فضای خارجِ پنجره، نور خورشــید می‌تواند توســط درختان یا عناصری نظیر صفحات مشبک تعدیل شود. هرچند این عناصر، نور مستقیم خورشید را پخش می‌کنند، اما در اکثر اوقات ســبب کاهش ورود نور به فضا از طریق پنجره می‌شوند. چنین کاهشی با افزایش ابعاد پنجره، جبران می‌شود. پنجره‌ها در مقابل نور خورشیدِ تابستان، نیاز به سایه‌اندازی دارند. وجود درختان، دریافت نور خورشید را در تابستان کاهش می‌دهند، در حالی که در زمستان مقدار نور ورودی افزایش می‌یابد *(Serra, 1998)*. جایــگاه پنجره‌ها در ضخامت دیوار، بر روی میزان نوردهی پنجره مؤثر است. به این ترتیب که هر چه پنجره در داخل جداره، به سمت فضای اتاق برود، ضخامت دیوار مانند سایبان عمل کرده و میزان ورود نور به فضا کاهش می‌یابد. ضخامت قاب پنجره و رنگ آن، تیرگی رنگ شیشه و تعداد لایه‌های آن نیز سبب افت نوردهی می‌شوند *(حیدری، ۱۳۸۸)*.

در صورتی که افزایش ابعاد پنجره، منجر به افزایش تراز نور در نواحی نزدیک به پنجره باشد، غیر مفید است. افزایش ابعاد پنجره، در صورتی مطلوب اســت که تراز نور در عمق اتاق افزایش یابد. نفوذ نور طبیعی در عمق فضا، متناســب با ارتفاع بالای پنجره از کف افزایش می‌یابد. رابطــه‌ی عمق مطلوب بــا ارتفاع بالای پنجره از کف، با اســتفاده از دستورالعمل زیربیان می‌شــود. در صورتی که اتاقی با استفاده از تعبیهٔ پنجره‌هایی بر روی یک دیوار روشــن شــود، عمق اتاق نباید از حد به دست آمده در رابطهٔ تناسبات مطلوب نوری فضا تجاوز کند (رابطه ۱).

رابطه ۱. تناسبات مطلوب نوری فضا

$$L/W+L/HW<2/(1-R_b)$$

W: عرض اتاق
HW: ارتفاع بالای پنجره از سطح کف طبقه
R_b: قابلیت انعکاس متوسط در نیمه‌ی پشتی اتاق
L: عمق اتاق

چنانچه مقدار L، از حد به دســت آمده در رابطه فوق، بیشتر شود، نیمه پشــتی اتاق تاریک اســت *(CIBSE, 1999)*. از این رو هر کجا که مقدور باشد، می‌باید ارتفاع ســقف را طوری افزایش داد که پنجره‌ها بتوانند در ارتفاع بالاتری قرار گیرند. زیرا پنجره‌های بلند، موجب انتشار یکنواخت‌تر نور و نیز ازدیاد کمی آن می‌شوند. در خصوص پنجره‌های افقی، نوع‌های نواری، نســبت به پنجره‌های منفک، روشنایی یکنواخت‌تری را در فضا ایجاد می‌کنند *(Ibid, 40)*.علاوه بر مسئله ورود نور، تأمین آسایش بصری نیز در تعیین محل قراگیری پنجره تأثیر دارد. در مبحث آسایش بصری، پدیده خیرگی، نقــش مهمی در تعیین موقعیت بازشــوها دارد. چنانچه پنجره‌ها بر روی دیوارهای مجاور تعبیه شوند، توزیع نور روز مطلوب است. البته در این شرایط، اجتناب از بازتاب و جلوگیری از پدیده خیرگی توسط دیوارها، دشوار است. از سوی دیگر در چنین شرایطی دیوارهای داخلی که پنجره در آنها قرار گرفته است، به‌صورت بازتابنده‌هایی با درخشندگی کم، ســبب کاهش محوریت بسیار قوی ناشی از نور طبیعی می‌شوند. به این صورت که انعکاســات ناشی از دیوار پنجره، خیرگی ناشی از پنجره را به دلیل کاهش نسبت درخشندگی میان پنجره و دیوار، تقلیل می‌دهد *(Ibid)*. آگاهی به این نکته، طراح را در ایجاد محیطی مطلوب ازنظر روشــنایی، رهنمون خواهد بود. پس از مسئله‌ی ورود نور به ساختمان، تأمین کیفیت مطلوب نور ورودی مورد نظر است. لذا در ادامه در خصوص سیستم‌های ارتقا دهنده‌ی کیفیت نور روز، توضیحاتی ارائه می‌شود.

سیستم‌های ارتقا دهنده کیفیت نور روز

در مبحث روشنایی، علاوه بر مسئله ورود نور به فضا، مسئله کیفیت نور در فضاهای داخلی نیز مطرح می‌شود. در این میان، تأمین کیفیت مطلوب نــور، موضوع دقیق‌تر و حســاس‌تری اســت. به‌طوری‌که بخش عمدهٔ تکنولوژی‌های نور روز، با رویکرد دســتیابی به کیفیت مطلوب روشنایی، طراحی می‌شوند. فاکتورهای مؤثر در تأمین کیفیت مناسب نور، ۱) توزیع یکنواخت نور ۲) رساندن نور به فضاهای عمیق ساختمان ۳) کنترل تابش

Archive of SID

مستقیم خورشید را شامل می‌شـــوند. لذا تمامی تکنولوژی‌های نور روز، در جهت تأمین یک یا چند مورد از فاکتورهای مذکور، شـــکل می‌گیرند *(Littlefair et al., 1994)*.

سیستم‌های نور روز، بر اساس نوع عملکرد خود، به دو دستهٔ عمده، قابل تفکیک هستند. ۱) سایبان‌های خورشیدی، که تابش مستقیم خورشید را کنترل می‌کنند.۲) سیستم‌های انتقال و توزیع، که توزیع یکنواخت نور و رساندن نور به عمق فضا را به عهده دارند. سیستم‌های اخیر بر اساس دو پدیدهٔ فیزیکی، انعکاس و انکسار عمل می‌کنند *(Ibid)*.

سیستم‌های انعکاسی، از طریق بازتاب پرتوهای تابشی خورشید به سقف و بازتاب مجدد نور از سقف، نور را به عمق فضا هدایت می‌کنند. همچنین از تابش مســـتقیم در مجاورت پنجره، جلوگیری می‌کنند و بدین ترتیب سبب توزیع یکنواخت نور در فضا می‌شوند *(Jones et al., 2005, 8)*. لوورهای آیینـــه‌ای و طاقچه‌های نوری، جزء این گروه هســـتند. کارایی لوورهای آیینه‌ای، به دلیل امکان تغییر زاویه، بیشـــتر از طاقچه‌های نوری است. مزیت طاقچه‌های نوری، نســـبت به لوورهای آیینه‌ای ایجاد محدودیت دید کمتر است *(DGXII[6], 1994, 10)*. سیستم‌های انکساری با شکست پرتوهای تابشـــی خورشید، سبب هدایت نور به عمق فضا می‌شوند. این سیستم‌ها، علاوه بر شکست نور، از پدیده‌ی انعکاس نیز استفاده می‌کنند. شیشه‌های منشوری[7] و فیلم‌های منشوری[8]، در این گروه قرار می‌گیرند. بهره‌گیری از شیشه‌های منشوری در جداره‌های رو به جنوب، زمانی که خورشـــید به‌طور مســـتقیم در مقابل پنجره‌ها قرار دارد، روشنایی فضای عقبی اتـــاق را تا دو برابر افزایش می‌دهـــد *(Littlefair et al., 1994)*. در خصوص کنترل تابش مســـتقیم خورشید، شیشه‌های منشوری نسبت به لوورهای آیینه‌ای و طاقچه‌های نوری، کاراترند و به‌طور تقریبی در تمامی شرایط، کنترل مناسبی نسبت به تابش مستقیم دارند. سیستم‌های انتقال و توزیع، صرف نظر از افزایش کیفیت روشـــنایی فضا، معایبی نیز دارند. عمده‌ترین عیب آنها، کاهش میزان روشناییِ فضا در روزهای ابری است *(Ibid)*.

طراحـــی موردی کتابخانه با رویکرد بهره‌گیری حداکثر از نور روز

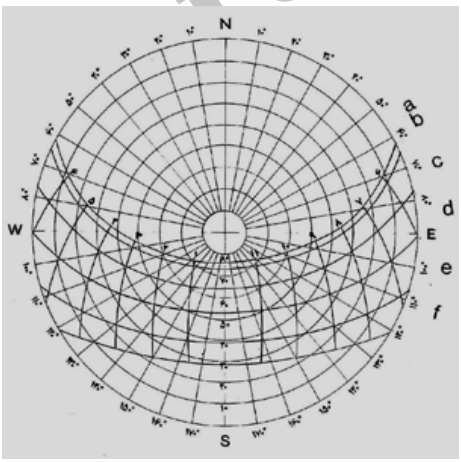
در ادامـــه این مقاله، به معرفی کتابخانه‌ای با بهره‌گیری حداکثر از نور روز، با شرح چگونگی تأمین نور روز در مراحل مختلف طراحی، پرداخته شـــده است. به علاوه طراحی نوعی سیســـتم انتقال و توزیع، به منظور ارتقای کیفیت روشناییِ سالن مطالعات، ارائه شده است.

ضرورت بهره‌گیری از نور روز در کتابخانه

کتابخانه مکان مناسبی برای مطالعه و محیطی مطلوب به منظور برقراری تعاملات اجتماعی‌اســـت. *(رضایی شریف‌آبادی،۱۳۸۱)*. از آنجایی که مهم‌ترین عملکرد کتابخانه مطالعه است، تأمین روشنایی مناسب برای دید مطلوب، مسئله‌ای مهم، جهت دستیابی به موفقیت در طراحی آن به شمار می‌رود. چنانچه در فاز طراحی کتابخانه بهره‌گیری مناسب از نور روز مورد توجه قرار نگیرد، در فاز بهره‌برداری، ضرورت اســـتفاده از نور مصنوعی برای افزایش کارایی فعالیت مطالعه، هزینه‌هـــای زیادی را به پروژه تحمیل می‌کند. به علاوه نور روز دارای طیف کامل رنگ‌ها است. و نورهایی که از طیف کامل رنگ‌ها، برخوردار نیستند (نورهای مصنوعی)، سبب کاهش میزان یادگیری و افزایش میزان اســـترس می‌شوند *(White,2009)*. از سوی دیگر، استفاده از نـــور روز از دو جنبه، یکی اســـتفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در بخش روشنایی و دیگری، کاهش بار سرمایشی ساختمان، به دلیل عدم بهره‌گیری از روشنایی مصنوعی، سبب افزایش بازدهی انرژی پروژه می‌شود.

وضعیت استفاده از نور روز در ایران

به‌وجـــود آمدن بحـــران انـــرژی در ســـال ۱۹۷۰، و درک محدودیت منابع‌فسیلی، چالش انرژی در ساختمان‌ها را مطرح کرد. بنابراین مهندسین به دنبال راه‌حلی برای کاهش مصرف الکتریسیته، به‌ویژه در ساختمان‌ها، افتادند. یکی‌از بدیهی‌ترین راه‌کارها برای دست‌یابی به این هدف، استفاده از منابع طبیعی نور است. نتیجه‌ی بهره‌گیری از چنین راهکاری آن شد، که سرانهٔ مصرف انرژی الکتریکی کشورهای توسعه یافته در روشنایی، از ۱۴۵ کیلو وات ســـاعت بر مترمربع در سال ۱۹۹۰، به‌حدود ۶۰ کیلو وات ساعت در سال ۲۰۰۰ رسید. اما در کشورهای در حال توسعه، تغییری در رژیم اســـتفاده ایجاد نشد. امروزه میانگین سرانهٔ مصرف در این کشورها، حدود ۹۰ کیلو وات ساعت برمترمربع در سال، برآورد شده است. در کشور ایران، مقدار مصرف، ۹۸ کیلو وات ساعت در سال است. این مقدار، به‌طور تقریبی دو برابر کشورهای توسعه یافته می‌باشد *(حیدری، ۱۳۸۸)*.



شکل ۱. دیاگرام مسیر خورشید در عرض جغرافیایی (مأخذ: کسمائی، ۱۳۷۸)

معرفی علائم شکل ۱: a = ۱ تیر– b = ۲۹ تیر –۴ خرداد– c =۳ شهریور– ۳۰ فروردین– d =۱ مهر– ۲۹ اسفند– e =۷ آبان– ۲۵ بهمن– f = ۱ دی

www.SID.ir
Archive of SID

وضعیت تابش در محل طراحی (تهران)

موقعیت جغرافیایی شهر تهران در ۵۱ درجه طول خاوری و ۳۵ عرض شـــمالی قرار گرفته اســـت. دیاگرام شـــکل ۱ موقعیت و زوایای تابش خورشید را در عرض جغرافیایی °۳۵ نشان می‌دهد.

مقدار روشنایی روز در نقاط مختلف ایران، متفاوت است. بر اساس سه اصلِ زاویه تابش، موقعیت زمانی و وضعیت جغرافیایی، شدت روشنایی در نقاط مختلف و در ساعات متفاوت روز به دست می‌آید.

ایران دارای ســـه منطقه نوری است. و شهر تهران به سومین منطقه، یعنی منطقه کوهســـتانی، تعلق دارد. شدت روشنایی طبیعی در روز، در سراسر ایران، بین ۴۰۰۰ تا ۴۰۰۰۰ لوکس است (جدول ۱). درجدول ۱، شرایط روشنایی، به چهار بخش تقسیم شده است. در این جدول تعداد ساعات سالیانه‌ای که منطقه سه، در شرایط چهارگانه‌ی روشنایی دارد، بیان شده است. در منطقه‌ی سه، که طراحی حاضر در آن صورت گرفته است، به‌طور تقریبی ۳۸۰۰ ساعت در سال، روشنایی مناسبی وجود دارد (حیدری، ۱۳۸۸، ۶۲).[۹]

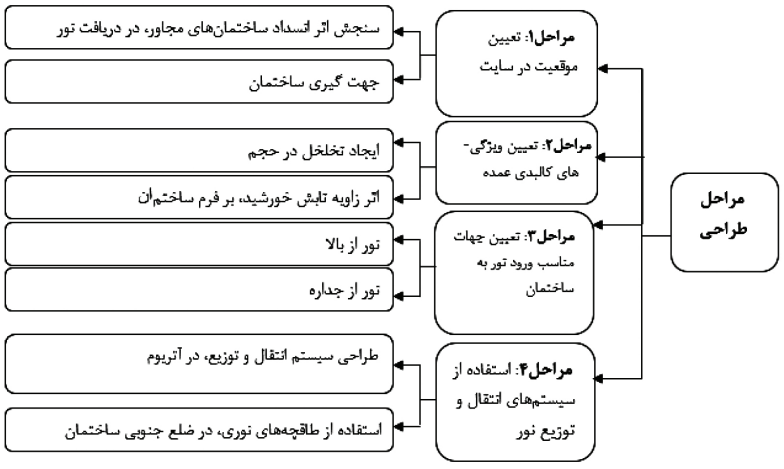
طراحی کتابخانه با توجه به تأمین نور روز، در مراحل مختلف طراحی در طراحـــی کتابخانه، در روند تأمین نور، بـــرای فضاها، راه‌حل‌هایی دنبال شـــده که بیشـــترین بهره‌گیری از نور روز را تأمین کند. در این بخـــش با در نظـــر گرفتن چالش‌های مطرح شـــده در مراحل مختلف طراحی و تلاش در جهت پاســـخ‌گویی به آنها، راهکارها تحت عناوین زیر ارائه می‌شـــود تا به این ترتیب نمونه‌ای کامل در بهره‌گیری از نور روز، فراهم شود.

سنجش اثر انسداد ساختمان‌های مجاور، در دریافت نور

طراحی نور روز ایده‌آل، قبل از هر چیز، از طراحی سایت شروع می‌شود. زیرا میزان نـــور ورودی از نورگیرها و پنجره‌هـــا، متأثر از موانع نوریِ ســـایت است. مهم‌ترین این موانع، ســـاختمان‌های واقع در همسایگی پروژه می‌باشند. همان‌طور که پیشـــتر اشاره شد، چنانچه زاویه‌ی خط افق با خط گذرنده از بالاترین نقطه‌ی ساختمان همسایه، در برخورد با نقطه‌ای به ارتفاع ۲ متر از ســـطح زمین، بر روی ساختمان مورد نظر،از °۲۵ بیشتر نباشـــد، نور روز مطلوب در همه‌ی طبقات ساختمان فراهم می‌شـــود (CIBSE, 1999, 15). از آنجایـــی که در طرح حاضر، عمده‌ی نورگیری فضاها، از اضلاع شمالی و جنوبی تأمین می‌شود، وضعیت مانع بودن ساختمان‌های مجاور سایت در این دو ضلع بررسی شده است. با توجه به تصاویر زیر در جانب شـــمالی، مطلوب‌ترین فاصله ساختمان از ضلع شـــمالی سایت، ۱۵/۸ متر است. و در جانب جنوبی، مطلوب ترین فاصله ساختمان از ضلع جنوبی سایت، ۱۹/۸ متر است. که این فاصله‌ها درسراسر امتداد شمالی و جنوبی ساختمان، رعایت شده است (شکل ۳).

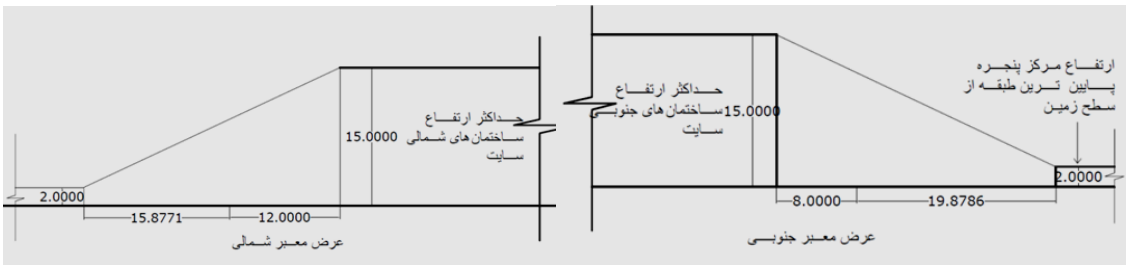
جدول۱. توزیع ســـاعات روشـــنایی در ایران، در منطقه سه (مأخذ: حیدری، ۱۳۸۸، ۶۲).

منطقه	کمتر از ۴۰۰۰ لوکس	۴۰۰۰ تا ۸۰۰۰ لوکس	۸۰۰۰ تا ۱۶۰۰۰ لوکس	بیشتر از ۱۶۰۰۰ لوکس
۳	۴۹۲۳	۷۵۶	۱۰۹۴	۱۹۷۷



شکل۲. مراحل مختلف طراحی روشنایی در کتابخانه حاضر

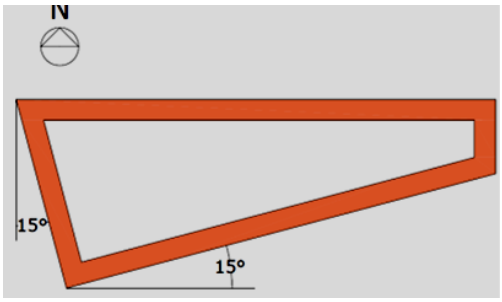
Archive of SID
www.SID



شکل ۳. سنجش اثر انسداد ساختمان‌های اضلاع شمالی و جوبی سایت

جهت‌گیری ساختمان

با توجه به کنترل دشوار پرتوهای مستقیم نور شرق و غرب و گرمای زیاد ناشی از تابش آنها، در این پروژه، محور طویل ساختمان، دارای راستای شرقی- غربی است. از سوی دیگر مناسب‌ترین جهت‌گیری برای عرض جغرافیایی تهران، ۱۵° به سمت شرق از راستای شمالی-جنوبی است. زیرا حداقل دریافت گرما در ضلع غربی و جنوبی در فصل تابستان و حداکثردریافت گرما در نمای جنوبی در فصل زمستان را سبب می‌شود. به علاوه در این عرض جغرافیایی، ضلع شمالی در جهت‌گیری به‌طور کامل شرقی- غربی، کمترین دریافت انرژی را در تابستان دارد *(کسمایی،۱۳۷۸)*. لذا در پروژه حاضر، ضلع شمالی به‌طور کامل شرقی- غربی، طراحی شده است. (شکل ۴)



شکل ۴. چرخش ۱۵ درجه‌ای ساختمان، نسبت به راستای شمالی- جنوبی

ایجاد تخلخل در حجم

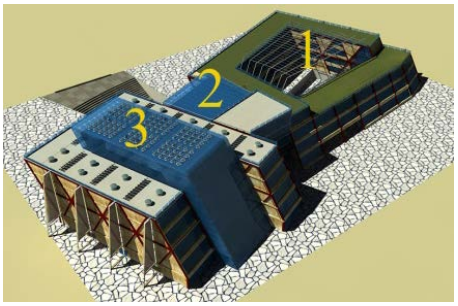
در حجم پروژه حاضر، سه گشایش فضایی در نظر گرفته شده است (شکل۵). در شکل گیری این فضاها ، دو هدف اصلی مورد توجه بوده است. ۱) رساندن نور به عمق فضا ۲) برقراری ارتباط عمودی و بصری بین طبقات. اولین گشایش فضایی، دارای نقش حیاط مرکزی است که به علت خالی شدن بخش‌هایی از جداره‌ها در طبقه همکف و طراحی عملکردهای شهری نظیر عملکردهای تجاری و گالری‌ها، در ارتباط با شهر عمل می‌کند. ترکیب فضاهای باز و نیمه عمومی در کنارتوده‌های ساختمانی، به عنوان یک اصل معماری، سبب افزایش تعاملات و ارتباطات رودر روی مراجعه کنندگان می‌شود. لذا ارتقاء سازمان اجتماعی و افزایش میزان رضایتمندی مراجعان را به دنبال دارد *(مشاورزاده مهرابی، ۱۳۸۸)* دومین گشایش فضایی، آتریومی است که ارتباط عمودی اصلی بین طبقات را برقرار می‌کند و طبقه‌ی همکف آن، لابی ورودی مجموعه است. سومین گشایش فضایی، آتریومی است که ارتباط عمودی بین سالن‌های مطالعه و تحقیق را، تأمین می‌کند.

شدت روشنایی داخل آتریوم، با در نظر گرفتن شیب برای سقف آتریوم، کاهش می‌یابد. بنابراین بهترین وضعیت قرارگیری کلاهک، به صورت افقی است *(کریم دوست یاسوری، ۱۳۸۷)*. در نتیجه در پروژه حاضر، سقف آتریوم‌ها به صورت افقی، طراحی شده است و به‌منظور افزایش سطح نورگیرِ فضاهای داخلی، آتریوم‌ها دارای طرح سه طرفه هستند. بنابراین سالن‌های مطالعه‌ی اطراف آتریوم شمارهٔ ۳ به دو دسته‌ی فضاهای پشتی و کناری، تقسیم می‌شوند. ضریب روشنایی اتاق‌های پشتی، از اتاق‌های کناری بیشتر است *(همان)*. در نتیجه فضاهای پشتی به دلیل دارا بودن فاکتور نور روز بیشتر نسبت به فضاهای کناری و همچنین به سبب دسترسی به نور روز در جداره‌ی جنوبی از نور روز کافی برخوردارند (شکل۶). لذا در این بخش، توجه به بهبود شرایط نوری فضاهای کناری، از اهمیت بیشتری برخوردار است. بنابراین نوعی سیستم نوری در آتریوم سالن‌های مطالعاتی طراحی شده است، که در تمام ساعات روز، نور طبیعی را به فضاهای کناری طبقات آتریوم هدایت می‌کند و به این ترتیب شرایط نوری این فضاها را بهبود می‌بخشد. در ادامه به سیستم نوری مذکور پرداخته می‌شود.

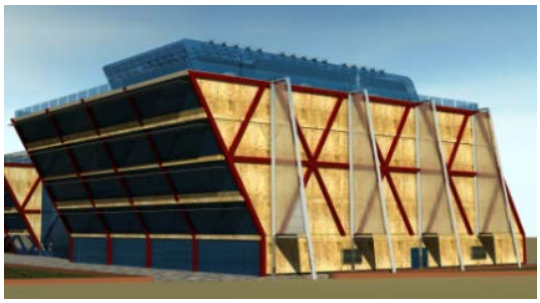
اثر زاویه تابش خورشید بر روی فرم ساختمان

به منظور مهار تابش مستقیم خورشید در تابستان، به خصوص در هنگام ظهر، جداره ضلع جنوبی ساختمان، تحت زاویه ۶۰° نسبت به افق طراحی شده است. به این ترتیب که طبقات به سمت بالا دارای

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۵. سه گشایش فضایی در حجم



شـــکل ۶. جداره‌ی جنوبی آتریـــوم که از طریق آتریوم و ضلـــع جنوبی، به نور، دسترسی دارد

پیش‌آمدگی هســـتند. به این ترتیب ضمن توجه به امکان ساخت حجم به لحاظ ســـازه‌ای، هدف حداقل ورود تابش مستقیم به فضا، تأمین شده است. (شکل۷)

مزیت این سیستم نسبت به سایر سیستم‌های کنترل کننده‌ی تابش، آن اســـت که امکان کنترل تابش را بدون مسدود کردن دید، فراهم می‌کند. ضلع شمالی ساختمان به سمت بالا دارای عقب‌نشستگی است(شکل۷). آسمان در قســـمت سمت‌الراس، نسبت به افق روشن‌تر است. این عقب نشســـتگی، سبب دریافت نور از قســـمت‌های بالاتر آسمان و در نتیجه روشنایی بیشتر فضاهای داخلی می‌شود *(DGXII, 1994)*.

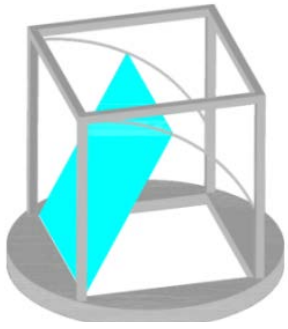
به علاوه نور قسمت‌های بالاتر آسمان، یکنواخت‌تراست. این امر، کاهش کنتراست محلی و افزایش سهولت دید را سبب می‌شود *(Serra,1998)*.

تعیین جهات مناسب ورود نور به حجم ساختمان

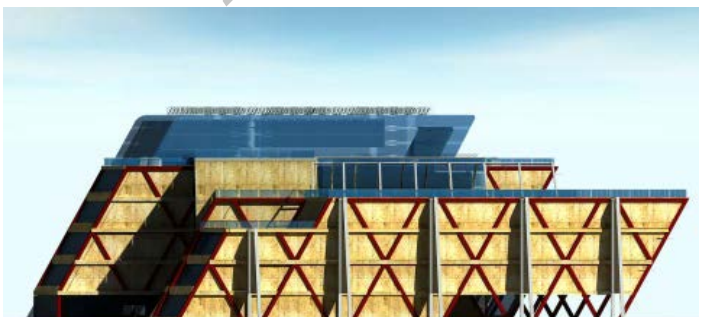
در ایـــن طرح، نورگیـــری از دو جهت بالا و جوانب صـــورت می‌گیرد. نورگیری از بالا توســـط سقف آتریوم و نورگیرهای سقفی مهیا می‌شود، که در عناوین دیگر به آنها پرداخته شـــده است. نورگیری از جوانب، که به‌طور عمده در فضاهای اطراف حیاط مرکزی تأمین می‌شـــود، فقط از سمت شمال و جنوب است. در موارد تأمین نور از جداره، عمق فضاها به گونه‌ای در نظر گرفته شده که تمام فضا از روشنایی کافی برخوردار باشد. در جداره‌های جنوبی، عرض فضاها بیشتر از ۱۰ متر و ارتفاع آنها ۳/۵ متر است. بنابراین با تأمین عمق ۸ متر و ضریب انعکاس ۰/۴ در بخش پشتی اتاق، فضاها از شـــرایط نوری مطلوبی برخوردارند *(CIBSE , 1999, 16)* و در جداره‌ی شمالی، فضاها عرض حدود شش متر و ارتفاع ۳/۵ متردارند. در نتیجه با تأمین عمق ۸ متر و ضریب انعکاس ۰/۵، محیط مناسبی به لحاظ روشنایی، فراهم می‌شود *(Ibid)*.

سیستم انتقال و توزیع طراحی شده در آتریوم

سیستم پیشنهادی با بهره‌گیری از سه گروه منعکس کننده، نور طبیعی را در بـــازه‌ی زمانی بزرگی در طول روز، به طبقات مشـــرف به آتریوم، هدایت می‌کند. منعکس کننده‌های گروه یک، بر روی سقف آتریوم تعبیه شده‌اند و امکان تغییر زاویه‌ی آنها با تغییرات زاویه‌ی تابش خورشید وجود دارد. زاویه‌ی منعکس کننده‌های مذکور به گونه‌ای تنظیم می‌شـــود که تحت شـــرایط مختلف تابش خورشید، نور را به صورت قائم به فضاهای داخلی، هدایت می‌کنند. این منعکس کننده‌ها، امکان چرخش حول محور



شکل ۷. منعکس کننده‌های تعبیه شده بر روی سقف آتریوم



شکل ۸ . پیش آمدگی در ضلع جنوبی وعقب نشستگی در ضلع شمالی، در این نما مشهود است

Archive of SID

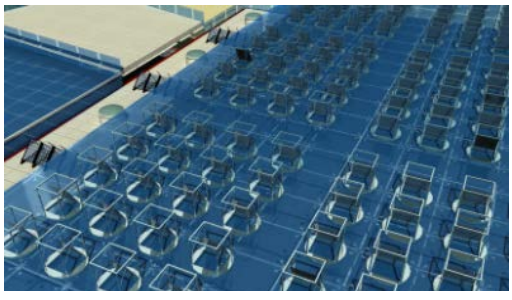
قائم را نیز دارند تا بتوانند مسیر تابش خورشید را در طول روز دنبال کنند(شکل۸). به منظور دستیابی به اهداف فوق، منعکس کننده‌ها در داخل نوعی قاب فلزی قرار داده شده اند. پایه‌ی این قاب فلزی، سطح مدوری است که چرخش آن امکان گردش قاب حول محور قائم را فراهم می‌کند. تعداد منعکس کننده‌های مذکور ۱۲۰ عدد است، که فاصله‌ی آنها از یکدیگر ۲ متر می‌باشد (شکل ۹). در فضای زیرین منعکس کننده‌های گروه یک، منعکس کننده‌های گروه دو تعبیه شده، که نور دریافتی از منعکس کننده‌های اولیه را به فضاهای کناری طبقات مشرف به آتریوم بازتاب می‌کنند. در ارتفاع یک متر از سقف هر طبقه، منعکس کننده‌های گروه سه به صورت طاقچه‌های نوری تعبیه شده، که نور دریافتی از منعکس کننده‌های ثانویه را، از طریق بازتاب به سقف، در فضای داخل هر طبقه، توزیع می‌کنند و به این ترتیب سبب افزایش تراز روشنایی و توزیع یکنواخت نور، در فضای طبقات می‌شوند (شکل ۱۰).

از آنجایی که منعکس کننده‌های ثانویه در مقابل طبقه‌ی چهارم قرار گرفته‌اند، دید مستقیم به آنها سبب ایجاد پدیده‌ی خیرگی می‌شود. در نتیجه با تعبیه‌ی لوورهایی در ضلع مشرف به آتریوم، دید مستقیم به منعکس کننده‌های ثانویه کنترل می‌شود. بنابراین برای دسترسی به نور طبیعی مطلوب در این طبقه، از نورگیرهای سقفی استفاده شده است.

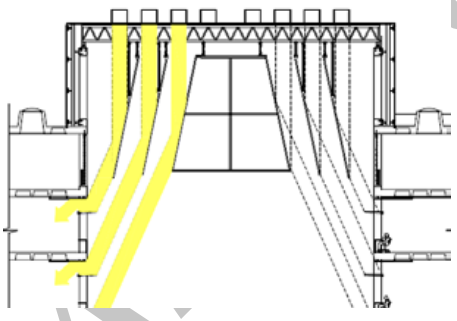
نورگیرهای سقفی افقی به دلیل یکنواختی توزیع نور، سبب کاهش پدیده‌ی خیرگی می‌شوند *(CIBSE, 1999)*. به علاوه هر متر مربع سطح افقی پنجره، سه برابر سطح عمودی آن نور دریافت می‌کند. دلیل این امر نورانی‌تر بودن قسمت‌های بالاتر آسمان، نسبت به بخش‌های پایینی، است *(DGXII, 1994)*. فرم نورگیر، به صورت مخروطی در نظر گرفته شده است. زیرا این فرم، سبب بازتاب نور درجهات مختلف می‌شود. به این ترتیب بدون نیاز به استفاده از ابزارهای پخش کننده و سایبان‌های خورشیدی، شرایط آسایش بصری تأمین می‌شود *(CIBSE, 1999)*.

● استفاده از طاقچه‌های نوری در ضلع جنوبی ساختمان

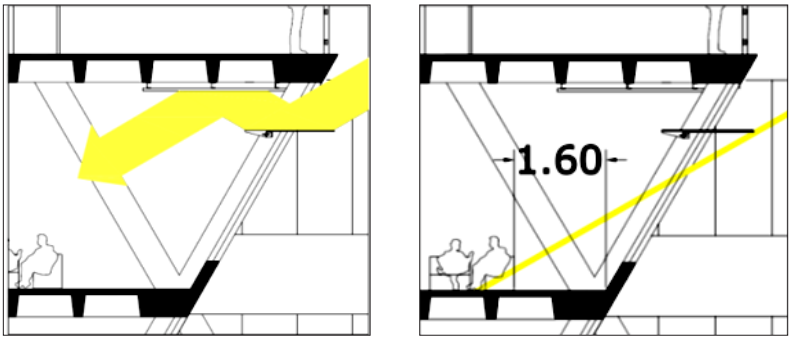
در ضلع جنوبی ساختمان به منظور نفوذ نور به فضاهای عمیق‌تر، از طاقچه‌های نوری داخلی–خارجی، استفاده شده است(شکل ۱۱). بخش بیرونی طاقچه، نقش سایبان نیز دارد و بنابراین تا حدی می‌تواند از نفوذ مستقیم تابش به فضا جلوگیری کند. در نتیجه تا حدی اثر نامطلوب پدیده‌ی خیرگی را در فصل زمستان کاهش می‌دهد. همان طور که در شکل مشاهده می‌شود، از فاصله‌ی ۱/۶۰ متر از دیوار جنوبی، تابش مستقیم تحت زاویه‌ی ۳۰ درجه، سبب ایجاد پدیده‌ی خیرگی نمی‌شود. مناسب است که در کتابخانه‌ها، نورهایی به سقف تابیده شود، تا از شدت سایه روشن محیط کاسته شود. طاقچه‌های نوری ضمن هدایت نور به



شکل ۹. چیدمان منعکس کننده‌های قابل تنظیم، روی سقف آتریوم



شکل ۱۰. نحوه‌ی انتقال نور به فضاهای کناری آتریوم با استفاده از سه نوع منعکس کننده



شکل ۱۱. طاقچه‌های نوری تعبیه شده در ضلع جنوبی

www.SID.ir

فضاهای عمیق‌تر ساختمان، سبب روشن شدن سقف و در نتیجه کاهش تضاد نوری فضا می‌شوند.

نتیجه گیری

یکی از راهکارهای رفع مشکل بالابودن سرانهٔ انرژی مصرفی در حوزه‌ی روشنایی در ایران، طراحی فضاهایی است که رویکرد خاص، نسبت به مسئلهٔ حد اکثر بهره‌گیری از نور روز، داشته باشند. هر چند که در مقیاس کلان‌تر، توجه به الگوهای طراحی شهری و قوانین وضع شده در سازمان‌های مربوطه با هدف‌گذاری استفاده‌ی حداکثر ازمنابع نور طبیعی، بسیار مؤثر و کارا هستند امروزه این مسئله بسیار ضروری است که نوع نگاه معماران به طراحی ساختمان‌ها، تغییر کند و حد توجه آنها از پرداختن به فرم ظاهری و تأمین خواسته‌های عملکردی، فراتر رود و با طراحی مناسب، امکانات مورد نیاز برای ساختمان، با حداقل بهره‌گیری از انرژی‌های تجدید ناپذیر، تأمین شود. مقایسه‌ی آمار سرانه‌ی روشنایی در ایران، نسبت به کشورهای توسعه‌یافته، اشاره به این دارد، که اقدامات صورت گرفته در این حوزه، در کشور، بسیار محدود است. در این مقاله، با طراحی کتابخانه‌ای با رویکرد توجه به بیشینه‌ی استفاده از نور طبیعی، در تمام مراحل طراحی، الگویی برای طراحی ساختمانی هدفمند در کاهش سرانهٔ مصرفی انرژی در حوزهٔ روشنایی، ارائه شده است. برای رسیدن به این الگو، موقعیت مناسب طرح در سایت، فرم و حجم مناسب به لحاظ دریافت مطلوب نور روز، راه‌های ورود نور به فضای داخلی و سیستم‌های ارتقاء دهندهٔ کیفیت و کمیت روشنایی مورد بررسی قرار گرفته است و در نهایت به منظور دستیابی به نمونه‌ای کامل در بهره‌گیری از نور روز، با توجه به مطالعات انجام شده، دستورالعملی برای طراحی ارائه گردیده است. طراحی کتابخانه مورد نظر با استفاده از این دستورالعمل و با توجه به شرایط و نیازمندی‌های طرح صورت گرفته است و در ادامه با طراحی نوعی سیستم انتقال و توزیع نور روز، سعی در برداشتن گامی در جهت افزایش مدت زمان استفاده از نور روز داشته است.

پی نوشت‌ها

1. *Pass-through Component*
2. *Conduction Component*
3. *Intermediate light space*
4. *Interior light space*
5. *Zenithal*
6. *For the European Commission Directorate- General For Energy*
7. *Prismatic glazing*
8. *Prismatic film*
9. *Iran،Ministry of Housing and Development،Iranian National Building Code* (1993):

فهرست مراجع

۱. اچ اونز، بنجامین. (۱۳۷۹). *نور روز در معماری*. (شهرام پوردیهیمی،مترجم). تهران: انتشارات نخستین.

۲. حیدری، شاهین.(۱۳۸۷) .پنجره کاربند نور در معماری، *نشریه معماری*، ۱، ۴۷-۳۹.

۳. حیدری، شاهین. (۱۳۸۸). *معماری و روشنایی*. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

۴. رضایی شریف‌آبادی، سعید. (بهار ۱۳۸۱). *کتابخانه‌های دیجیتالی*. تهران: دبیزش.

۵. دانش‌پور، سید عبد الهادی. (۱۳۸۸). جایگاه دانش روان شناسی محیطی در ساختمان‌های بلند مرتبه با رویکرد معماری پایدار. نشریه *هویت شهر*، (۵)، ۲۹-۳۸.

۶. کریم دوست یاسوری، امیر. (۱۳۸۷). *بررسی پارامتریک نورگیرها با هدف بهبود عملکرد روشنایی آنها*. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تربیت مدرس. تهران.

۷. کسمائی، مرتضی. (۱۳۷۸). *اقلیم و معماری*. تهران: انتشارات بازتاب.

۸. مشاورزاده مهرابی، زهرا. (۱۳۸۸). مقایسه تطبیقی نظریات در مورد پارک‌های اداری و توسعه پایدار شهری. نشریه *هویت شهر*، (۵)، ۱۱۱-۱۲۲

9. (CIBSE)the Chartered Institution of Building Services Engineers London. (1999). *Daylighting and Window Design, Dorchester.* London: Friary press

10. (DGXII) For the European Commission Directorate. (1994). *General For Energy.* Dublin:Irland

11. Littlefair,P., Aizlewood,M., & Birtle, A. (1994). performance of innovative dayliting system. *Renewable energy*, 5, 920-934

12. Malman, D. (2005) .*Daylighting Design in libraries*,. U.S. California. libris design. supported by the U.S. Institute of Museum and Library.

13. Serra, R. (1998). Chather6-daylighting. *Renewable and Sustainable Energy Riview* , 2, 115-155

14. White,J. (2009). *Didectic Daylight Design for Education.* Unpublished master's thesis, Faculty School of the university at Buffallo. state university of NewYork, NewYork.

Archive of SID