



مرکز آموزش علمی - کاربردی
گروه بین المللی ره شهر (کوییک بیلد)
تحت نظارت دانشگاه جامع علمی - کاربردی

تنظیم شرایط محیطی

(سیستم های کنترل محیط، تولید و کنترل نور و صدا)

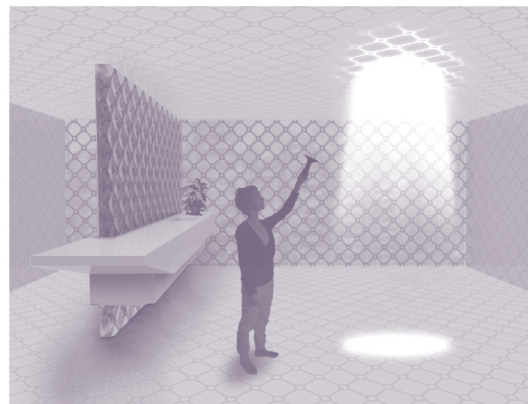
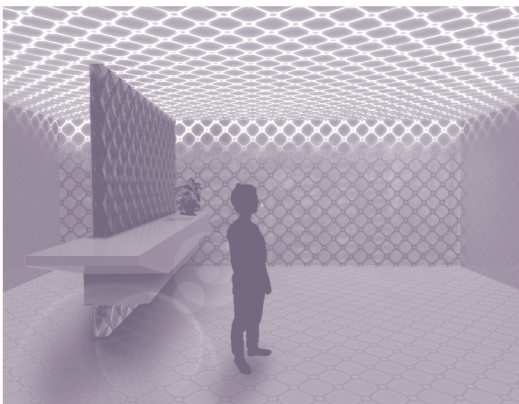
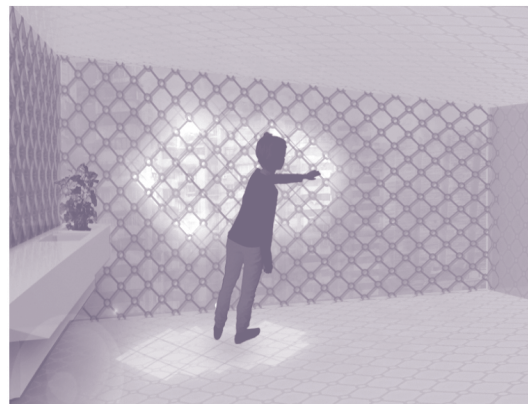
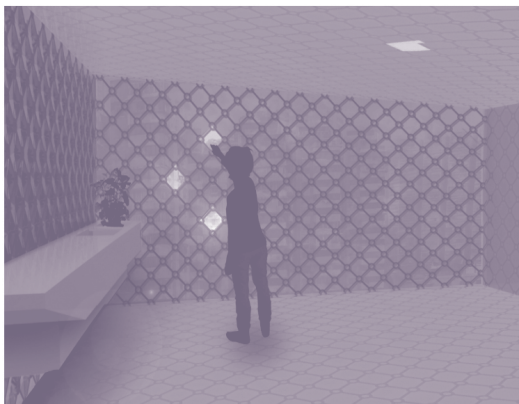
• تولید و کنترل نور

• بناهای ساخت بشر

• نورپردازی الکتریکی

• تولید و کنترل صدا

نشریه شماره ۵۵، زمستان ۱۳۸۰



پیشگفتار

اهمیت سیستم‌های کنترل محیطی در تجارب انسانی، بویژه در مورد تاثیرات حسی نظیر راحتی، بهزیستی، خوشنودی؛ و در مورد تجارب رفتاری که با اصطلاحاتی از قبیل توجه، انتخاب مسیر، تجمع، تفریح، استراحت، تفکر، کار، و سایر اشکال مشارکت انسان نامگذاری می‌شود، در دهه اخیر به طور فزاینده‌ای مورد توجه قرار گرفته است. اینکه آیا این مطلب، مربوط به روانشناسی کاربردی است یا معماری یا عوامل انسانی مهندسی صنعتی، موضوعی است که پاسخ آن در صلاحیت علم معانی است. بی‌تردید بذل توجه به واکنشهای حسی و رفتاری انسان که با قلمرو معماری، و در نتیجه با موضوع و تکنیک‌های اجرایی آن، ترکیب شده است، برای همه کسانی که با روند، شیوه و هدفهای طراحی داخلی و معماری درگیر هستند؛ ضرورت دارد اما معرفت به این زمینه کلی با سرعت گرفتن پیشرفتهای علمی و فن‌آورانه (تکنولوژیکی) که خود به سرعت موجب منسوخ شدن اطلاعات طراحی و فنون علمی می‌شود، پیچیده گشته است. در سالهای اخیر، نتایج پیچیدگی فوق با عوامل محدودیت مصرف انرژی در ساختمانها، افزایش بهای تجهیزات ساختمانی، افزایش هزینه‌های نصب و نگهداری ترکیب شده در اجرای یک سیستم، و نیز در انتخاب وسایل و تجهیزات آن تأثیری مهم برجای گذاشته است. با این نگرش، بخش تحقیق و توسعه مهندسين مشاور ره‌شهر اقدام به ترجمه کتاب ARCHITECTURAL INTERIOR SYSTEMS تالیف John E.Flynn و Jack A. kremers, Arthur W. Segil و Gary R.Steffy چاپ Van Nostrand Reinhold (۱۹۹۲) نموده است که فصول مختلف آن در این نشریه و سلسله نشریات دیگری تحت عنوان کلی «تنظیم شرایط محیطی» ارائه خواهند شد. در این راستا، بخش اول (استانداردهای عملکرد حسی) از این مجموعه پیش‌تر تقدیم شد و اینک جلد اول از بخش دوم (سیستم‌های کنترل محیط) با عنوان «تولید و کنترل نور و صدا» ارائه می‌گردد. هدف این نشریات، نه تهیه مجموعه‌ای از اطلاعات دقیق مهندسی بلکه نگرشی کلی بر موضوع - دورنمایی از معماری، و راهنمایی برای قضاوت حرفه‌ای درباره نور، صوت و گرما - است. این نشریات می‌توانند برای معماران، طراحان داخلی، و مشاورانی که در زمینه مدیریت طراحی چند رشته‌ای شاغل هستند، به عنوان یک مرجع عمومی مورد استفاده واقع شوند. همچنین، می‌تواند به عنوان یک متن مقدماتی، مورد استفاده دانشجویان طراحی معماری، طراحی داخلی و مهندسی‌های عمران و تاسیسات قرار گیرد. این نشریات، حاوی مطالعه‌ای متمرکز در مورد اهداف و کارکرد ساختمان‌ها مبتنی بر نیازهای حسی شناخته شده ساکنان، تکنولوژی ساختمان، و محدودیت مصرف انرژی می‌باشد. در نهایت، این نشریات قصد دارند که با شناخت انرژی محیطی به عنوان پتانسیلی خلاق، و با پیشنهاد ترکیب سیستم‌ها و فرآیندهایی که منجر به تسلط بر محیط مصنوع خواهد شد، میان تکنولوژی کنترل محیطی، و هنر طراحی ارتباط برقرار کنند. امید است که چنین ترکیب و تلفیقی به ایجاد اشکال معماری با مصرف بهینه انرژی در کشور ما منجر شود.

سعید شهیدی

مدیر بخش تحقیق و توسعه

مقدمه

در بخش دوم مجموعه نشریات تنظیم شرایط محیطی با عنوان «سیستم‌های کنترل محیط»، مباحث طراحی محیطی را از ارزیابی عینی و ذهنی فراتر برده و با گزینش مصالح، نصب تجهیزات و تلفیق و هماهنگی اجزاء فیزیکی ساختمان به صورت یک سیستم منطقی و یکپارچه سروکار خواهیم داشت. در این بخش، طراح در ادراک یکپارچه و منطقی سیستم و انتخاب و استفاده از وسایل کنترل محیطی مناسب راهنمایی می‌شود.

برای مثال، رفتار یک پرتو نوری به رابطه بین منبع نوری، محیط، کیفیت سطح بازتابنده و عدسی بیننده بستگی دارد؛ ادراک بصری یک فضا (از نظر درخشندگی، شکل یا رنگ) بستگی به مجموع روابط بین عناصر روشنایی مستقیم و بازتاباننده، پرداخت ویژه سطوح و زمینه ذهنی ناظر دارد؛ هر نوع حس کیفی صوتی، بستگی به مجموع رابطه میان جداکننده‌های فضا، سقف و کف و دیوارهای محیط، ماهیت سطوح و پرداخت آنها، و تراکم ساکنان محیط دارد؛ و بالاخره دریافت هر شخص از حد قابل قبول گرما بستگی به رابطه بین تولید کنندگان و مصرف کنندگان گرما در محیط دارد.

به طور کلی حفظ محیط‌زیست از نظر مصرف انرژی امکانپذیر است و روشی که در آینده محتمل به نظر می‌رسد استفاده از منابع مهم طبیعی نظیر آب و باد و خورشید است. شیوه‌های محافظه کارانه‌تر مصرف انرژی و راه حل انسان‌گرایانه‌تر عبارت است از تنظیم این نیروها با مقتضیات ساختمان. طراحان خلاق بین استفاده از انرژی طبیعی و مکانیکی پیوند برقرار می‌کنند.

عملکرد متغیر پارامترهای یک محیط نورانی که در نشریه‌های قبل مورد بحث قرار گرفت، نشان‌دهنده گستره و تعداد عواملی است که برای یک طراحی موفق باید موردنظر باشد. در دهه‌های ۵۰ و ۶۰ و اوایل دهه ۷۰ میلادی، نظریه «نور بیشتر، دید بهتر» اعتقاد رایج بود و به شدت روشنایی (شمع) که معیاری عمده برای انتخاب سیستم نورپردازی بود توجهی خاص ابراز می‌شد ولی در دهه گذشته و اکنون، ملاحظات اقتصادی جایگزین عامل شدت نور شده است.

این کوتاه نظری گر چه موجب کاهش مصرف در محیط می‌شود اما می‌تواند موجب کاهش علاقه و بازدهی انسان، و در نتیجه، موجب افزایش مصرف انرژی برای انجام کار معین شود.

در این نشریه برآنیم تا با شناختی دقیق‌تر از ماهیت رفتار نور و صدا در برخورد با اجزای مختلف ساختمان، به ارائه راهکارهایی به منظور کنترل محیط‌های روشنایی و صوتی بپردازیم.

تولید و کنترل نور

نور مرئی

محیط انسان تحت کنترل تعدادی منبع نور طبیعی و غیرطبیعی است که انرژی را در نواحی مختلف طیف الکترومغناطیسی منتشر می‌کند. بخشی از طیف که در محدوده ۳۸۰ تا ۷۶۰ نانومتر است، طیف مرئی نامیده می‌شود. (منظور از طیف مرئی باند انرژی است که چشم انسان نسبت به آن حساس است). کلمه نور اشاره به انرژی منتشره در این ناحیه دارد.

طیف الکترومغناطیسی

نور روز

خورشید اصلی‌ترین منبع نور طبیعی است. نور سایر منابع طبیعی در پاسخ به این منبع نوری است که ایجاد می‌شود. خورشید به علت دمای بسیار بالایی که دارد یک طیف پیوسته انرژی از خود منتشر می‌کند که علاوه بر باند مرئی با شدت انرژی یکنواخت شامل باندهای نامرئی نیز می‌شود. جوی که زمین را احاطه کرده است بر انرژی دریافتی از خورشید به صورتهای جذب، بازتاب و پخش انتخابی تاثیر می‌گذارد. جو زمین، همچنین بر شدت طول موجهای مختلف در ناحیه مرئی اثر می‌گذارد. بخار موجود در جو نیز به نوبه خود مهم است زیرا با توجه به صاف یا ابری بودن آسمان، موجب تغییراتی در انتقال نور خورشید می‌شود. این خواص انتقالی جو، شرایط نوری بسیار متنوعی را ایجاد می‌کند. در نتیجه شدت روشنایی با ساعات و فصول تغییر می‌کند.

نور روز در مکان‌های مختلف

برای تجزیه و تحلیل نور طبیعی در مکان‌های خاص، سه عامل را باید در نظر گرفت: نور مستقیم خورشید که به طور متناوب در نماهای شرق، جنوب و غرب ساختمان‌ها در نیمکره شمالی تاثیر می‌گذارد؛ نور آسمان که به طور همزمان و تا حدی همه جانبه از تمام جهات ساختمان‌ها عبور می‌کند؛ و نور بازتابیده از زمین و سایر اجسام ساخته شده توسط انسان. هر کدام از این عوامل با تغییر ساعات روز، فصول و شرایط جوی تغییر می‌کنند.

نور مستقیم خورشید

نور مستقیم خورشید با حداکثر دمای آن مقارن است. به این دلیل است که می‌خواهیم نفوذ آن را به داخل ساختمان توسط فیلترهایی که مانع نفوذ اشعه مادون قرمز هستند کنترل کنیم، که این کنترل می‌تواند توسط موانعی انجام پذیرد.

نور آسمان

با وجود تغییر در شدت و رنگ، نور آسمان در مقایسه با نور مستقیم خورشید منبع ثابت‌تر و استوارتری است. به هر حال، نور آسمان باید در دو وضع مختلف مورد بررسی واقع شود: آسمان ابری و آسمان صاف. این دو در یک صفت مشترک هستند و آن این است که به عنوان منبع نوری یکنواخت با سطحی وسیع در تقابل با خورشید قرار دارند که منبعی کوچک با شدت نور بالاست. دو نوع مختلف نور آسمان در شدت، کیفیت رنگ و یکنواختی با هم تفاوت دارند.

نور بازتابیده از زمین

از آنجا که سطوح محوطه‌های اطراف بنا معمولاً توسط معمار قابل کنترل است، انتخاب مواد تشکیل دهنده سطوح مجاور می‌تواند وسیله‌ای باشد برای کنترل شدت نور روز که با سطوح ساختمان برخورد می‌کند. جدول بعد، درصد بازتاب نور از سطوح مختلف را نشان می‌دهد.

درصد بازتاب نور در سطوح مختلف (فضاهای خارجی)

بازتاب نور (%)	
چمن	۶
مزرعه	۲۵
زمین	۷
برف تازه	۷۵
برف کهنه	۶۰
بتن	۵۵
سنگ مرمر سفید	۴۵
آجر زرد	۴۵
آجر قرمز	۳۰
شن	۱۳
آسفالت	۷
رنگ سفید تازه	۷۵
رنگ سفید کهنه	۵۵

برای ساختمانهای کوتاه در روزهای آفتابی، نور بازتابیده از زمین تقریباً ۵۰٪ کل نور روز تابیده شده به سطح پنجره‌ای است که از نور مستقیم خورشید محفوظ نگه داشته شده است. اگر ساختمان به وسیله سطوحی پر بازتاب نظیر شن، بتن سبک یا برف احاطه شده باشد، این نسبت می‌تواند بیشتر شود. در شرایط هوای ابری، نور بازتابیده از زمین اهمیت کمتری پیدا می‌کند و نسبت یاد شده به ۱۰ تا ۲۵ درصد می‌رسد.

بناهای ساخت بشر

در طول تاریخ، طراحی ساختمان‌ها حاوی یک تناقض بوده است: از طرفی، انسان به ساختمانهایی نیاز دارد که به اندازه کافی پوشیده باشند تا همچون سپری در مقابل بادهای سرد و باران عمل کنند؛ در عین حال، این ساختمانها باید به قدر کافی باز باشند تا نورگیر بوده و به راحتی تهویه شوند. برای حل این مسئله، هر جامعه و فرهنگی راه خاص خود را اختراع کرده است که تجلی نیازهای خاص محلی، تکنولوژی زمان و حساسیت مردم آن جامعه است.

جهت قرارگیری نماهای ساختمان

با فرض کنترل مناسب خورشید، در نیمکره شمالی معمولاً حداکثر مقدار نور را نمای جنوبی ساختمان دریافت می‌کند. این مسئله بویژه، در زمستان مشهود است. به علت زاویه بسته خورشید در ساعات صبح و بعد از ظهر، دیوارهای شرقی و غربی، بیشترین مشکل را در رابطه با نفوذ نور مستقیم خورشید و مهار خیرگی ایجاد می‌کنند.

در مناطق معتدله شمالی بجز زمان کوتاه اول صبح و اواخر بعد از ظهر در بحبوحه تابستان، خورشید در نمای شمالی ساختمانها نفوذ نمی‌کند. به همین علت، منبع غالب نور روز در سطوح شمالی بنا، نور آسمان و نور بازتابیده از زمین است. این نور در طول روز تقریباً ثابت می‌ماند، بنابراین، استفاده از نوردهی در نمای شمالی هنگامی مفید است که ثبات رنگ نور روز موردنظر باشد.

شکل بنا

از آنجا که شدت نور با دور شدن از منبع آن کاهش می‌یابد، قابلیت نفوذ نور روز محدود می‌شود. به همین علت اگر بخواهیم از نور روز استفاده کنیم شکل ساختمان محدود به احجامی خواهد بود که اجازه ورود نور به نقاط کاری مهم را بدهد. این مسئله ممکن است باعث شود که ساختمان، کم عرض ساخته شود تا تابش نور از هر دو طرف ممکن شود. همچنین، ممکن است ساختمانی با ارتفاع کم ساخته شود تا نور از راه بام به داخل برسد. گاهی هم ناچار به استفاده از حیاط خلوت می‌شویم.

طرحهای معماری برای استفاده از نور روز

نور روز می‌تواند هم در محیط شفاف و هم در محیط غیرشفاف نفوذ کند. دو خاصیت این محیطها که به طراحی نور روز مربوط است عبارتند از: انتقال نور مرئی از خارج به داخل، و بازتاب نور مرئی از سطوح داخلی. این انتقال معمولاً به صورت درصد بیان می‌شود. برای مثال، پنجره‌ای با شیشه بازتاب دهنده نور، جمعاً نور مرئی را به اندازه ۸٪ منتقل می‌کند.

برای استفاده حداکثر از نور روز و حرارت آن، از مصالح و مواد چند لایه (ساندویچ) استفاده می‌شود. میزان نوری که از این مواد چند لایه عبور می‌کند باید به شیوه تجربی تعیین گردد زیرا محاسبه بازتابهای مکرر در لایه‌های متعدد این مواد، دستاورد صحیحی ندارد. طراح می‌بایست در استفاده از نور روز، معیارهای مناسب را مدنظر قرار دهد.

در صورتی که کنترل کننده‌ها و طیف نور انتقال داده شده مورد توجه شایسته قرار گیرند، انتقال نور از سطوح بزرگ می‌تواند از نظر انرژی در ساختمان مفید باشد. کنترل کننده‌های اتوماتیک، روش استفاده موفق از نور روز در اغلب شرایط آب و هوایی هستند. عموماً در حالتی که خواهان سیستم‌های قابل اعتماد و بهینه هستیم باید از سیستم‌های اتوماتیک استفاده کنیم. کنترل کننده‌ها شامل کلیدهای پله‌ای، کمسوگرهای پیوسته و کلیدهای کنترل ناحیه‌ای هستند. این کنترل کننده‌ها یا مجهز به فتوسل‌هایی هستند که در مناطق مناسب قرار داده می‌شوند و یا بصورت سیستم‌های پیوسته هستند. در خلال سالهای گذشته که هزینه مواد مصرفی در این سیستم‌ها کاهش یافته است سیستم‌های پیوسته برای فلورسنت‌ها نیز مقرون به صرفه شده‌اند. سیستم‌های مزبور دارای این امتیاز نیز هستند که چشمک نمی‌زنند و صدای مزاحم تولید نمی‌کنند. هدایت نور روز به فضای داخل نه تنها به وسیله طرح‌های معماری انجام پذیر است بلکه به ابعاد و رنگ ساختمانهای اطراف، رنگ زمین، شرایط آسمان (صاف، ابری، نیمه‌ابری)، شرایط آلودگی هوا (صنعتی، شهر یا حومه)، جهت ساختمان (شمال، جنوب، شرق، غرب)، زمان سال، زمان روز و طول و عرض جغرافیایی نیز بستگی دارد.

اجزای پنجره‌ها

پنجره‌ها عامل ارتباط ساکنان با منظره محیط بیرون هستند و برای این منظور نیازی نیست که پنجره حتماً بزرگ باشد. پنجره‌های غیرشفاف مانع از ادراکات و احساسات صحیح نسبت به مناظر خارجی می‌شوند. مقدار نور رسیده به فضا از طریق پنجره‌ها بستگی به ابعاد پنجره، میزان انتقال نور از شیشه‌ها و نزدیکی پنجره با سقف دارد. وقتی نیاز به دریافت روشنائی عمومی با ثبات (یکنواخت) از پنجره داریم، عمق مؤثر اتاق در مناطق معتدله شمالی، که تعداد روزهای ابری در آن زیاد است، باید به حداکثر دو و نیم برابر فاصله کف تا بالای پنجره محدود باشد.

توزیع نور روز: پنجره منفرد

در مناطقی که تعداد روزهای صاف بیشتر است، برای داشتن روشنائی ثابت عمومی باید نسبت فوق سه و نیم برابر فاصله کف تا بالای پنجره باشد. اگر این نسبت افزایش یابد روشنائی در مناطق داخلی فضا به طور قابل ملاحظه‌ای کمتر از مناطق پیرامونی خواهد شد.

نورگیرها نیز می‌توانند در تعادل بخشیدن به روشنائی سطح اتاق مؤثر باشند. باید سطح بالای نورگیر، پربازتاب، طیف آن خنثی و پرداخت آن مات باشد.

وقتی نسبت یاد شده، که مبین نسبت عرض به ارتفاع پنجره است، نتواند رعایت شود، در بخشهای عریضتر ساختمان که اجازه توسعه داشته باشیم، (برای ارتفاع معین سقف) می‌توانیم از پنجره‌هایی استفاده کنیم که در جهت مخالف دیوار باز شوند.

توزیع نور روز: دیوارهای پنجره‌دار روبرو

این می‌تواند پنجره‌ای کامل یا نیم پنجره باشد که کار تهویه طبیعی فضا را نیز انجام می‌دهد و از آنجا که حداقل یکی از سطوح پنجره ممکن است در قسمت اعظم روز با خورشید روبه رو باشد، وجود بعضی از کنترل کننده‌ها لازم است.

مجموعاً مهمترین سطح داخلی که نور روز را باز می‌تاباند سقف است. اگر می‌خواهیم نور یکنواخت داشته باشیم باید رنگ سقف از نوعی باشد که بتواند نور را پخش کند (ضریب انعکاس ۷۰ تا ۹۰ درصد). کف نیز با ضریب انعکاس بالا (۲۵ تا ۳۵ درصد) در بازتابهای متقابل شرکت دارد. در هر حال سطوح باید مات باشند زیرا سطوح صیقلی یا حتی نیم صیقلی می‌توانند خیرگی ایجاد کنند.

طراحان باید بدانند که بازتاب کننده‌های صیقلی، عموماً، کمتر از بازتاب کننده‌های یکنواخت موفق هستند مگر اینکه از نور خورشید استفاده شود. البته در این صورت ممکن است بازتابهای ناخواسته‌ای ایجاد شود که برای رفع این ایراد باید از مجموعه عدسیهای خاصی استفاده کرد.

روزنه‌هایی که برای تسهیل نفوذ نور روز به کار می‌روند ممکن است موجب خیرگی مزاحم نیز بشوند. برای رفع این ناخواسته می‌توان از وسائل کنترل روشنایی مانند شبکه‌های خارجی، کرکره متحرک، شیشه‌های کاهشگر خیرگی، تزئینات پرده‌ای یا کاشت درخت استفاده کرد. البته، در نتیجه این اقدامات، نفوذ و شدت نور در داخل کاهش خواهد یافت.

انواع نورگیرهای عمودی بام

این نورگیرها می‌توانند برای غلبه بر محدودیت پیش گفته یعنی نسبت عرض اتاق به ارتفاع پنجره، بویژه، برای انتشار نور به درون بخشهای دورتر داخلی که درست زیر بام قرار گرفته‌اند مفید واقع شوند.

انواع نورگیرهای عمودی بام

روزنه‌های بام و نور آسمان

روزنه‌های بام نیز می‌توانند نور روز را به فضاهای داخلی عمیق و بسته برسانند. ایراد عمده این روش آن است که بار حرارتی خورشید به سطح افقی بام برخورد می‌کند و از راه روزنه‌ها مستقیماً به فضای داخل وارد می‌شود. بدلیل اینکه پشت بام در اغلب ساعات روز در معرض نور خورشید قرار دارد، برای رفع این نقص از شبکه‌ها، پره‌های سقفی، نورگیرها، سایبانهای خارجی یا پوششهای عایق نور برای کاهش نفوذ مستقیم نور خورشید استفاده می‌شود.

با توجه به مکان روزنه‌ها اگر مقصود روشنایی‌های یکنواخت در سطح افق باشد، روزنه‌های اندازه متوسط را باید طوری قرار داد که فاصله مرکز تا مرکز از ۲ برابر ارتفاع کف تا سقف (یا برای مناطق کاری از ۲ برابر ارتفاع سقف تا بالای سطح کار) بیشتر نشود. در روزنه‌های کم مساحت برای داشتن توزیع نور یکنواخت افقی، حداکثر فاصله مرکز تا مرکز این روزنه‌ها نباید از ارتفاع سقف بیشتر باشد. کارایی حفره‌های نور به اندازه روزنه، عمق و بازتاب دیواره‌های آن بستگی خواهد داشت. شیشه‌ای کردن این کارایی را کاهش خواهد داد (از جمله، تاثیر قابل پیش‌بینی کثیف شدن شیشه).

حیاط خلوت و حیاط پیشین

در ساختمانهای بسیار بزرگ که ابعاد پلان یا ارتفاع آنها زیاد است، یا در مواردی که دید خارجی محدودیت دارد، استفاده از حیاط خلوت و حیاط پیشین به منزله ورودی نور، روشی قابل اعتماد است. این مکانها غالباً به علت مساحت محدودی که در مقایسه با کل ساختمان دارند می‌توانند نور روز را فقط برای فضایی در نزدیکی خود تأمین کنند. فضاهای حیاط خلوت و حیاط پیشین معمولاً برای حمایت از رشد گیاهان نیز در نظر گرفته می‌شوند. مطلوب این است که روشنایی در این فضاها در تمام سطوح گیاهان، و نه تنها فقط در بالای آنها، تولید شود. مقدار روشنایی و طیف مورد نیاز، همیشه باید توسط معمار متخصص منظرسازی یا باغبان تعیین شود.

پرتو رسانی خورشید و ستون نور

شاید قویترین و راحتترین و ارزانهترین منبع نور روز، خورشید باشد. حفظ تمامیت نور خورشید احتیاج به استفاده از سطوحی با کیفیت صیقلی زیاد دارد. برای استفاده حداکثر از نور خورشید، ردیابی اشعه خورشید در قسمت اعظم روز لازم است. در ابتدا و انتهای مسیر پرتورسانی خورشید (طلوع و غروب) وسایل دقیقی برای پخش اشعه آن به سطح کار ضرورت دارد تا از ایجاد سایه روشن‌های شدید جلوگیری شده و از ایجاد خیرگی یا نور افراطی و آزرده‌گی چشم اجتناب شود.

طراح باید تشخیص دهد که در موارد خاصی مانند عبادتگاه‌ها و سالنهای انتظار، اشعه خورشید را می‌توان به روش مستقیم و بدون ردیابی و تجهیزات خاص به کار گرفت تا ایجاد حالت روحی متناسب نماید.

روش موثر دیگر، «ستون نور» است. با این روش، نور خورشید را روی بام دریافت و با تکنولوژی فیبر نوری در تمام ساختمان توزیع می‌کنند. این کار را می‌توان در روزهای ابری و در شبها نیز توسط منابع نوری الکتریکی با بازده بالایی انجام داد.

سقف پوسته‌ای شفاف

روش دیگر، استفاده از «سقف پوسته‌ای شفاف» است. این سازه‌های پیش ساخته، ابعادی بزرگتر از سطح طراحی شده معماری را اشغال می‌کنند زیرا از نوع سقفهای آزاد می‌باشند و در محلهایی استفاده می‌شوند که کاربرد اسکلت سازه‌ای را نمی‌پذیرند. برای فضاهای بزرگ و سرپوشیده بدون ستون، قطعات پیش ساخته هوایی کاملاً مطلوب است. سقفهای پوسته‌ای، نور را برای فضای موردنظر بطور یکنواخت پخش می‌کنند. عموماً برای فضاهای نسبتاً بزرگ که دارای سقف پوسته‌ای شفاف هستند، روشنایی کف یا سطوح افقی دیگر، ۱۰٪ مقدار روشنایی بام خواهد بود.

همچنین به علت ماهیت آزاد بعضی از اشکال بام، لازم است تا در حالت استفاده از نور غیرمستقیم، سمت‌دهی دقیقی در آن صورت گیرد. نورپردازی مستقیم گرچه برای تالار و تاکید مورد استفاده قرار می‌گیرد ولی سوار کردن تجهیزات آن به سازه‌های پیش ساخته سبک وزن مشکل است و ممکن است نتواند نیازهای معماری را مانند نور غیرمستقیم برآورده کند.

نورپردازی الکتریکی

لامپهای رشته‌ای

در لامپهای رشته‌ای از این اصل استفاده می‌شود که اگر جسم فلزی را به اندازه کافی حرارت دهیم، از خود نور مرئی ساطع می‌کند. جسم حرارت داده شده تمام طول موجهای تشعشعی در بخش معینی از طیف الکترومغناطیسی را منتشر می‌کند و به این دلیل «منبع طیف پیوسته» نامیده می‌شود. انرژی تشعشعی منتشر شده در تمام طول موجها شدت یکسانی ندارد. به علاوه، با افزایش دمای مطلق جسم جامد، اوج (پیک Peak) انرژی به طرف طول موجهای کوتاهتر (ماورای بنفش) انتقال می‌یابد.

لامپ‌التهابی استاندارد، شامل یک رشته تنگستن و یکی از چهار حباب معمولی است. رشته‌دار کردن تنگستن به این علت است که با این کار سطح تنگستن زیاد شده و بنابراین نور بیشتری را ایجاد می‌کند. معمولترین حبابهای لامپ عبارتند از A, G, R و PAR. لامپ A یک لامپ‌التهابی معمولی است که به دو صورت شفاف (C) یا مات (IF) در دسترس است. از لامپ شفاف آنجا که رفلکتورهای اختصاصی چراغها به کار برده می‌شوند و همچنین در جاهایی که درخشندگی و تاللو لازم است استفاده می‌شود.

شکلهای گوناگون لامپ رشته‌ای

لامپهای G، شکل دیگری از لامپهای A هستند. همانطور که در شکل نشان داده شده است، لامپهای G کروی شکل هستند و اگر بدون حفاظ استفاده شوند از لامپهای A خوشایندتر هستند. لامپهای G با وات کمتر در محیطهای شاد و جشنها استفاده می‌شوند.

اگر لامپهای A و G بدون حفاظ و رفلکتور مورد استفاده قرار گیرند، نور را در همه جهات به طور یکنواخت پخش می‌کنند. برای تولید لامپهایی با تابش نور جهتدار، لامپهای R (رفلکتوری) و PAR (با رفلکتور آلومینیومی و مخروطی شکل) ساخته شده‌اند.

در لامپ PAR بخش بالایی حباب، مخروطی شکل است. این رفلکتور، توزیع نوری باریکی ایجاد می‌کند که برای کنترل و تمرکز دادن نور روی جسم، مفید است. گاهی به روشنایی خاصی نیاز است که نه تنها به خوبی قابل کنترل

باشد بلکه مقدار آن نیز زیاد باشد. لامپهای تنگستن هالوژن (یا Quartz-Iodine) این عمل را به خوبی انجام می‌دهند. در لامپهای استاندارد التهابی، برای ایجاد نور زیاد، فیلامان یا الکتریسته بیشتری لازم است. البته محدودیت‌هایی نیز در این زمینه وجود دارد زیرا با عبور جریان الکتریسته از فیلامان، سرانجام تنگستن تبخیر می‌شود و بنابراین در لامپ لکه سیاه ایجاد می‌شود.

در لامپهای هالوژن کوارتز نسبت به لامپهای التهابی معمولی می‌توان نور بیشتری در توان ثابت ایجاد کرد، در حالیکه حجم لامپ کوچک است و این کوچک بودن لامپ کنترل شدت و جهت نور را آسان می‌کند. لامپهای التهابی به مقدار زیاد در مناطق مسکونی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

لامپهای تخلیه الکتریکی

یکی دیگر از روشهای عمده تولید نور، استفاده از انرژی حاصل از گازی است که در آن تخلیه الکتریکی صورت گرفته است. دو نوع لامپ تخلیه الکتریکی وجود دارد: «کم» فشار و «پر» فشار (علامت گیومه، نشان دهنده این است که کلمه فشار مفهومی نسبی است). در حال حاضر لامپهای فلورسنت که از منابع کم فشار هستند برای داخل ساختمانهای مسکونی و محیطهای کاری مورد استفاده قرار می‌گیرند. لامپهای پر فشار که منابع تخلیه با شدت بالا (HID) شناخته شده‌اند برای محیطهای داخلی که طراحی بصری آن به خوبی انجام گرفته است کاربرد دارند. لامپهای فلورسنت در لحظه اول انرژی خود را تقریباً بطور کامل در ناحیه ماوراء بنفش منتشر می‌کند.

مشخصات منابع روشنایی الکتریکی

مشخصه	رشته‌ای	فلور سنت	فلور سنت کوچک	تخلیه‌گازی
نوع نور	منبع نقطه‌ای نور با شدت متوسط و قابلیت روشننگری	منابع خطی نور با شدت کم با منابع خطی نور با شدت متوسط	منابع نقطه‌ای نور با شدت زیاد و قابلیت روشننگری متوسط و پوشش جهتدار در گستره	منابع نقطه‌ای نور با شدت زیاد و قابلیت روشننگری متوسط و پوشش کلی در گستره وسیع، انواع جدید لامپهای هالید (که مشابه لامپهای رشته‌ای هستند) قابلیت روشننگری جهتدار در گستره وسیع
اندازه چراغ	فشرده تا نیمه فشرده، بسته به کاربرد	فشرده تا نیمه فشرده بسته به کاربرد	نیمه فشرده تا حجیم بسته به کاربرد	نیمه فشرده تا حجیم بسته به کاربرد
تجهیزات	نوع لامپ، توان و کاربرد آن	نوع لامپ، توان و کاربرد آن	نوع لامپ، توان و کاربرد آن	نوع لامپ، توان و کاربرد آن
باردهی نوری	۱۰ تا ۲۵ لومن بر وات	۶۵ تا ۹۲ لومن بر وات (شامل بالاست)	۳۰ تا ۷۹ لومن بر وات (شامل بالاست)	۸۰ تا ۱۱۰ لومن بر وات (شامل بالاست)
عمر مفید	۷۵۰ تا ۲۰۰۰ ساعت	۱۵۰۰۰ تا ۲۰۰۰۰ ساعت	۱۰۰۰۰ تا ۲۰۰۰۰ ساعت	۱۵۰۰۰ تا ۲۰۰۰۰ ساعت

برای داشتن نور مناسب در لامپ فلورسنت باید از تبادل فسفر و تشعشع ماوراء بنفش استفاده کرد. بسته به مشخصات فسفر، طول موجهای معینی از تشعشع مرئی، قویتر از سایر تشعشعها می‌شوند. ترتیب قله‌های این طول موجها، رنگ نور منتشر شده از فلورسنت را معین می‌کند. دو نوع لامپ فلورسنت وجود دارد: با «کاتد سرد» و با «کاتد گرم». لامپهای با کاتد سرد احتیاج به ولتاژ بالا دارند تا بین کاتدها جرقه ایجاد کنند. این لامپها برای تابلوهای تبلیغاتی به کار می‌روند زیرا به راحتی خم می‌شوند. اخیراً کاربرد لامپ فلورسنت با کاتد سرد در معماری افزایش یافته است. از جمله، در محلهایی که باید از منابع نوری کم ارتفاع و پیوسته استفاده شود؛ یا فضاهایی که محیط بصری آن با شفافیت نور جلوه می‌یابد؛ یا محلهایی که حالت نشاط و خیال انگیزی را طلب می‌کند.

در نوع لامپ فلورسنت با کاتد گرم، قبل از اعمال ولتاژ لازم برای جرقه، ابتدا کاتدها گرم می‌شوند. گرما باعث می‌شود که برای شروع، ولتاژ کمتری لازم باشد و این، کارایی بیشتری به لامپ می‌دهد. لامپهای فلورسنت، همانند دیگر لامپهای تخلیه الکتریکی، احتیاج به «بالاست» دارند. بالاست، ولتاژ لازم را برای شروع کار لامپ، تولید، جریان لامپ را محدود، و از روشن شدن نابهنگام و شدید لامپ جلوگیری می‌کند.

از قدیم، طراحان از کاربرد منابع فلورسنت در مکانهای استراحت، سکونت، و محل‌های دنج و صمیمی غفلت کرده‌اند. طراحی خلاق می‌تواند از منابع فلورسنت در بسیاری از فضاها برای ارضای احساس محیط مربوطه با موفقیت استفاده کند.

خانواده دوم لامپهای تخلیه الکتریکی، لامپهای تخلیه با شدت بالا (HID) نام دارد زیرا شدت نور آنها، در مقایسه، بسیار بالا است. این منابع، فقط طول موجهای خاصی از نور مرئی را منتشر می‌کنند و به همین دلیل منابع «طول موج ناپیوسته» نامیده می‌شوند. بیشترین منابع قابل استفاده در محیطهای داخلی، از خانواده متال هالید هستند. لامپهای بخار جیوه و لامپهای سدیم پرفشار به ندرت استفاده می‌شوند زیرا لامپهای بخار جیوه، عدم کارایی نسبی و رنگ ضعیف دارند و لامپهای بخار سدیم نیز از نظر رنگ ضعیف هستند.

همسازی رنگ نور طبیعی و نور الکتریکی

نور روز در «سفیدی» کاملاً قابل تغییر است. در قسمت اعظم یک روز صاف، غایت نور خورشید با نور آسمان، رنگ سفیدی بین 4000°K تا 5500°K را تولید می‌کند که معادل درجه حرارت جسم سیاه است.

در آسمان تمام ابری، نوری هست که در دمای بالاتری به وجود می‌آید و آن را نور سرد می‌نامند. در اغلب محیط‌های بزرگ کار، جایی که نور مستقیم وسیعاً به کار می‌رود، پیوند رنگ لامپ با نور روز لازم نیست. در حالی که طراحان سعی در هماهنگ کردن نور الکتریکی با نور روز دارند، باید تاثیر انتقال نور از پنجره را در نظر بگیرند. وقتی که یک طراح با نور غیرمستقیم الکتریکی یا طبیعی یا هر دو سروکار دارد، موضوع همسازی رنگ بسیار مهم است. مواردی هم هست که می‌خواهیم بر نور روز تاکید کنیم. در این صورت، منابع الکتریکی نباید با نور روز تلفیق شوند.

کنش مواد

انرژی در طیف الکترو مغناطیسی با سرعت $300,000$ کیلومتر در ثانیه حرکت می‌کند و جهت حرکت آن مستقیم است. اگر این انرژی از مسیر اصلی منحرف شود یا به طریقی ویژگی اصلی آن تغییر یابد، این تغییر از طریق کنش متقابل با مواد و اشکال مختلف ایجاد می‌شود.

بازتاب (انعکاس)

مواد بازتاب دهنده نور را می‌توان به چند دسته تقسیم کرد: صیقلی، (مانند آینه)، نیمه صیقلی (مانند آلومینیوم پرداخت شده) و غیرصیقلی یا مات، (مانند کاغذ خشک‌کن یا رنگ مات). همچنین، می‌توان آنها را به صورت انعکاس دهنده قوی و انعکاس دهنده ضعیف طبقه‌بندی کرد. این مشخصات، اشاره به درصدی از انرژی تابیده به سطح دارد که به هر طریقی منعکس شود.

بازتاب نور (فضاهای داخلی)

مواد	درصد مواد بازتاب‌کننده صیقلی
مواد بازتاب‌کننده در چراغها	
نقره	۹۰-۹۷
کرم	۶۳-۶۶
آلومینیوم صیقلی	۶۰-۷۰
فولاد ضد زنگ	۵۰-۶۰
مصالح ساختمانی	
پلاستیک و شیشه شفاف	۸-۱۰
فولاد ضد زنگ	۵۰-۶۰
رنگ سفید	۷۰-۹۰
رنگ رزینی سفیدبراق	۶۰-۸۳
گچ سفید	۹۰-۹۲
ملات گچ و خاک سفید	۶۵-۸۰
سنگ آهن	۳۵-۶۰
ماسه سنگ	۲۰-۴۰
سنگ مرمر	۳۰-۷۰
سیمان سیاه	۲۰-۳۰
سنگ گرانیت	۲۰-۲۵
آجر سفالی	۲۰-۲۵
آجر قرمز	۱۰-۲۰
آجر زرد روشن	۴۰-۴۵
آجر زرد تیره	۳۵-۴۰
چوب قان روشن	۳۵-۵۰
چوب بلوط روشن	۳۵-۳۵
چوب بلوط تیره	۱۰-۱۵
چوب ماهون	۶-۱۲
چوب گردو	۵-۱۰
رنگ سفید تازه	۷۵-۹۰
رنگ سفید کهنه	۵۰-۷۰

بازتاب از مواد صیقلی

مشخصه اولیه این دسته مواد، این است که زاویه انرژی بازتاب شده با زاویه انرژی اولیه تابیده به سطح آنها برابر است.

شدت بازتاب تا آن جا کاهش خواهد یافت که کمتر از ۱۰۰ درصد بشود. وقتی شکل مواد صیقلی به صورت مقعر و فشرده باشد نور منعکس شده کانونی می‌شود.

از این خاصیت برای ایجاد نور باریک متمرکز و یا نور عریض غیرمتمرکز از روزه‌ای نسبتاً کوچک استفاده می‌شود. از بازتاب کننده‌های صیقلی برای تک نورافکن، جایی که کنترل بسیار دقیق لازم است، استفاده می‌شود.

بازتاب از سطوح صیقلی

بازتاب از مواد نیمه‌صیقلی

این بازتاب ترکیبی است از بازتاب صیقلی و بازتاب غیرصیقلی. اشعه‌ای که به یک سطح نیمه‌صیقلی می‌رسد، در جهات بسیار بازتاب می‌یابد ولی قسمتی از نور، با قوانین فیزیکی یاد شده در بخش انعکاس صیقلی، در جهت ویژه باز می‌تابد. نیمه‌صیقلی‌ها در چراغها باعث توزیع عالی نور، بدون خیرگی زیاد و بدون دیده شدن منبع نور می‌شوند.

بازتاب از مواد غیرصیقلی (بازتاب با پخش یکنواخت)

اولین ویژگی این مواد، آن است که زاویه انرژی بازتابیده، با زاویه انرژی تابیده به سطح، ارتباط اندکی دارد. همانطور که در شکل می‌بینید تجمع جهتدار اشعه از بین رفته و انرژی پخش شده است. شدت بازتاب در این حالت به درجه‌ای کاهش می‌یابد که بازتاب سطح کمتر از ۱۰۰ درصد شود.

بازتاب پخش کننده

به دلیل اینکه چنین سطحی نور را وسیعاً در فضا پخش می‌کند، معمولاً این مواد برای قسمتهایی بزرگ سطوح فضایی مانند دیوارها، سقفها و کفها به کار می‌روند. صرفنظر از شکل، مواد پخش کننده در یک چراغ، پرتوی پهن و منشعب شونده از روزه‌ای نسبتاً وسیع را موجب می‌شوند.

انتقال

مواد منتقل کننده را می‌توان به عنوان نورگذرانهای شفاف به دو دسته تقسیم کرد: منشوری، مانند شیشه یا پلاستیک‌های شیاردار و پخش کننده، مانند شیشه سفید یا پلاستیک.

همچنین می‌توان آنها را از نظر انتقال دهنده‌گی به «کم انتقال» و «پرانتقال» تقسیم کرد. این طبقه‌بندی، درجه انتقال انرژی تابیده به سطح را بیان می‌کند.

برای داشتن یک سیستم نورپردازی کارآمد، کاربرد مواد «پرانتقال» در عدسی و حباب چراغها عمومیت یافته‌اند. این سیستم‌ها گرچه کارایی بیشتری دارند، ممکن است دید رضایت بخشی از محیط ارائه ندهند.

کنش منشوری

اگر چه شعاعهای انرژی می‌توانند مستقیماً از مواد شفاف مانند هوا، آب صاف، گاز صاف و پلاستیک صاف عبور کنند بی‌آنکه ویژگی اصلی آنها تغییر کند ولی سرعت سیر انرژی در هر یک از آنها با دیگری فرق دارد. به علت این تفاوت سرعت، تغییر جهتی جزئی در پرتو انرژی وجود دارد.

نور هنگام عبور از یک قطعه شیشه شفاف که سطوح موازی داشته باشد، در سطح بالایی می‌شکند و از مسیر اصلی منحرف می‌شود؛ و در سطح پایینی، بعد از عبور از ضخامت شیشه، شکستگی دیگری پیدا می‌کند که جبران کننده شکستگی نور در سطح بالایی است. در نتیجه، یک تغییر مکان جزئی در پرتو اولیه اتفاق می‌افتد ولی جهت آن تغییر نمی‌کند. این نوع کنش در جایی که مجبور به استفاده از حفاظ هستیم و در ضمن مایل به تغییر جهت پرتو نیستیم (مثلاً پروژکتورها) مناسب است. عملکرد منشوری، اصل اساسی در طراحی عدسی‌ها است.

شکل‌های انتقال نور

انتقال با پخش یکنواخت

انتقال با پخش یکنواخت، همانند بازتاب با پخش یکنواخت، در پرتو نور تابیده شده تغییری اساسی ایجاد می‌کند. نتیجه تابش، صرفنظر از جهت پرتو، پراکندگی وسیع نور است. همچنین، سطح روشنایی به چشم ناظر، یکپارچه و یکنواخت خواهد رسید.

مقایسه انتقال نور و بازتاب نور (فضاهای داخلی)

انتقال (%)	بازتاب (%)	
۸۰-۹۴	۶-۱۰	پلاستیک یا شیشه شفاف
۸-۱۷	۸۰-۹۰	رنگ سرخ
۳۰-۵۰	۴۰-۶۰	رنگ کهربایی
۱۰-۱۷	۸۰-۹۰	رنگ سبز
۳-۵	۹۰-۹۵	رنگ آبی
۵۵-۹۰	۱۰-۲۵	شیشه مشجر یا منشوری
۸۰-۹۰	۵-۱۰	شیشه اسید خورده
۶۵-۸۰	۱۰-۲۰	شیشه اسید نخورده
۱۲-۴۰	۴۰-۸۰	شیشه سفید مات
۳۰-۶۵	۳۰-۷۰	پلاستیک سفید
۵-۴۰	۳۰-۷۰	سنگ مرمر

پوشش یا حفاظ

شبکه‌ها و موانع از تابش مستقیم نور به چشم جلوگیری می‌کنند، خیرگی مستقیم را کنترل می‌کنند و ابزار اصلی تنظیم میزان روشنایی چراغها هستند. از آنجا که معمولاً می‌خواهیم چشم‌انداز مکانیکی سیستم را بپوشانیم، حفاظ باید از نقطه نظر زیبایی معماری نیز بررسی شود. به طور کلی این موانع، حفاظ را در یک جهت ایجاد می‌کنند (یعنی، در امتداد یک محور) ولی شبکه‌ها عبارت از مجموعه موانع یا حفاظهایی هستند که با تنظیمی هندسی، چراغ را در جهات مختلف می‌پوشانند. در هر دو مورد، این پوشش در وسعت ناحیه نوری موردنظر است.

تنها فرق بین موانع و شبکه‌های جدید و قدیم، بازتاب بیشتر نور در انواع جدیدتر است. در موانع و شبکه‌های جدید از موادی با صیقل زیاد (شبيه به آینه) استفاده شده است که موجب می‌شوند خیرگی بازتابیده از موانع و شبکه‌ها منحرف و پراکنده شوند. چراغهای مجهز به موانع و شبکه‌های مختلف می‌توانند همگی کارایی بالایی داشته باشند ولی در مقابل نور، حفاظهای مختلفی ایجاد کنند بطوری که یکی از آنها از نقطه‌نظر خیرگی نامطلوب باشد ولی دیگری نوری خوب و مطبوع ارائه دهد.

عملکرد پرتوها

در استفاده هماهنگ از مواد و منابع انرژی، حسی منطقی وجود دارد به این معنا که یک پرتو نور بستگی به مجموع روابط بین اشکال بازتاب کننده، پرداخت رنگ، منبع نور و جنس مواد حفاظت کننده دارد. تغییری در هر کدام از این عوامل، مشخصات پرتو نور را تغییر خواهد داد.

تأثیرات فضایی

در طراحی و پردازش محیط روشنایی، طراح باید مشخصه مربوط به دو جزء را در نظر بگیرد: نوری که مستقیماً از منبع به سوی جسم یا سطحی که باید روشن شود می‌تابد؛ و نوری که به عنوان نتیجه بازتاب، از سایر سطوح موجود در فضا، به چشم یا به سطح تابیده می‌شود.

انتشار منبع مستقیم

نور از مرکز منبع در تمام جهات آن منتشر می‌شود ولی بیشترین بخش این نور غیرقابل مشاهده است و ما فقط بخشی از نور را که به سمت چشم منتشر و وارد آن می‌شود می‌بینیم. اگر خلای کامل را در نظر بگیریم، چشم هیچ نوری را دریافت نمی‌کند مگر آن را که از منبع به طرف چشم جریان پیدا می‌کند و باقی نور در خلأ نابود یا پراکنده می‌شود.

تغییرات در فضای دید

طراح می‌تواند شدت بازتاب متقابل را با تغییر مشخصات بازتاب دیوارها، سقفها و کفها تغییر دهد. وقتی تمام سطوح معماری، بازتاب دهنده باشند (نزدیک به سفید)، اجزاء نورپردازی ثانوی نقش مهمی در به حداقل رساندن سایه روشن خواهند داشت که این کار با روشن کردن مناطق سایه انجام می‌شود. چنین محیطی انرژی را بهتر مصرف خواهد کرد، هر چند ممکن است فضای بی‌روحی را ایجاد کند.

رنگ و شدت نور بازتابیده، به وسیله کنترل پرداخت دیوارهای اتاق قابل تغییر است. بازتاب اندک سطوح دیوارها (مایل به سیاه) بازتاب متقابل را به حداقل خواهد رساند. در این حال، وقتی یک پروژکتور با پرتوی کم عرض مورد استفاده قرار گیرد ایجاد شکل‌های روشن درون فضایی خالی، حس ترس و راز ایجاد خواهد کرد. این نورپردازی گزینشی برای انواع محیطها، از موزه‌های دراماتیک تا دفاتر کاری پرجلوه، مناسب خواهد بود.

برای روشنایی در کلاس‌های درس می‌توان از چراغهای شبکه‌دار با سطوح داخلی نیم‌صیقلی استوانه‌ای که بر روی سطوح کار متمرکز شده‌اند استفاده نمود و یا از طریق استفاده کردن از چراغهای قابل تنظیم در دیوارها، کاری کرد که سطوح افقی درون اتاق برای سطوح عمودی آن، نقش منبع ثانوی را ایفا نمایند. این کار برای فضای گفتگوهای غیررسمی، فضاهای نمایشگاهی و به منظور ایجاد احساس وسعت در فضا نیز به کار می‌رود.

برای حصول کنتراست کلی در فضا، از نورپردازی خاصی که بر روی سطوح عمودی پر بازتاب انجام می‌شود نیز، می‌توان استفاده کرد و در نتیجه، محیطی عبادی با روحیه‌ای جمعی به وجود آورد.

برآورد کمی: سیستم‌های روشنایی غیریکنواخت

نورپردازی گزینشی جهت‌دار در دهه گذشته افزایش یافته است. اولین محرک سیستم‌های نورپردازی موضعی، افزایش هزینه‌های انرژی است. در همان حال، چنین سیستم‌هایی، گرایش به ایجاد یک طبقه‌بندی بصری درون فضا یا فضاهای گروهی دارند. در این موارد، روشنایی ممکن است در بعضی فضاها نسبتاً زیاد و در سایر فضاها کم شود و کنتراستی گزینشی از روشن به تاریک بین مناطق ایجاد شود که موجب طبقه‌بندی بصری گردد.

برآورد نقطه به نقطه

تجزیه و تحلیل نقطه به نقطه در مکانهای ویژه، موثرترین روش برای ارزیابی کمی تأثیرات نورپردازی است. این روش در ساده‌ترین شکل آن، بیان می‌کند که شدت نور نسبت به مجذور فاصله از منبع نور الکتریکی تا نقطه مورد آزمایش کاهش می‌یابد و در نتیجه، می‌توان روشنایی نقطه‌ای را که توسط منبع نوری مستقیم روشن شده است پیشگویی کرد. این تکنیک می‌تواند بدون استفاده از ماشین حساب و کامپیوتر به کار گرفته شود.

در پیچیده‌ترین شکل، تکنیک نقطه به نقطه، نه تنها برای تحلیل شدت نور از منبع نور الکتریکی بلکه برای تشخیص سطوح دیوارها و کف و سقف به عنوان «منابع» کاربرد دارد. با این روش اثرات نور مستقیم و نور منعکس شده در یک نقطه را می‌توان پیدا کرد. تکنیک «بازتاب متقابل - نور مستقیم» روش دقیقتری است که عموماً احتیاج به ماشین حساب پیشرفته یا کامپیوتر دارد.

برآورد کمی: سیستم‌های روشنایی یکنواخت

در دهه‌های ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰ میلادی که انرژی ارزان بود و تفکر عمومی، نور خیلی زیاد را برای تولید بیشتر و برای سلامتی لازم می‌دانست، از سیستم‌های نورپردازی یکنواخت استفاده فراوانی می‌شد. امروزه در جاهایی که نورپردازی قابل انعطاف لازم بوده و نصب چراغها در سقف راحت‌تر باشد از این سیستم استفاده می‌شود. از آنجا که این سیستم معمولاً در تمام سطح کار و روی کف، روشنایی کاملاً برابری ایجاد می‌کند طراح روشنایی و طراح داخلی باید به دقت مراکز کانونی را در نظر بگیرند تا از ایجاد محیطهای دید مبهم و بی‌جلوه جلوگیری شود. برای افزایش کارایی نوری در سیستم‌های نورپردازی یکنواخت، احتیاج به پارامتر بازتاب زیاد داریم.

تکنیک محاسبه‌ای با نام روش لومن یا روش ناحیه‌ای وجود دارد که در محاسبات بازتاب نور از دیوارها و کف و سقف، کثیف بودن تجهیزات روشنایی، اثرات طول عمر لامپ و اثرات کارایی چراغها در مقدار روشنایی میانگین حاصل به کار می‌رود. البته در محیط واقعی، بعید است که مقدار روشنایی موجود با میانگین روشنایی یکی باشد. این روش محاسبه، تنها زمانی معتبر است که توزیع چراغها در فضا به طرز یکنواخت صورت گرفته باشد.

خاصیت عملی

برای مقدار معینی وات ورودی، مقدار روشنایی حاصل با تغییر نوع لامپ مورد استفاده، تغییر خواهد کرد. روشنایی لامپهای فلورسنت و منابع تخلیه الکتریکی پرفشار ۳ تا ۵ برابر بیش از روشنایی لامپهای التهای است. به همین علت، بویژه در فضاهایی که با سیستم تهویه مطبوع خنک می‌شوند، فلورسنت و منابع تخلیه الکتریکی غالباً برای سیستم‌های نورپردازی عمومی، اقتصادی‌تر هستند. از آنجا که سیستم‌های نورپردازی یکنواخت عمومی ممکن است فاقد دید جالب و دارای تأثیری مشابه با سیستم‌های غیریکنواخت باشند، طراح باید از سیستم‌های تکمیلی روشنایی یا از پرداختهای رنگی برای ایجاد سرزندگی، نورپر نشاط و سایه استفاده کند. انتخاب صحیح مواد، اشکال و رنگ، می‌تواند در محیط بصری با روح موثر باشد.

ضرایب بازتابهای پیشنهادی در کاربریهای عمومی

محدوده بازتاب (%)	
۷۰-۹۰	سطح سقف
۴۰-۷۰	سطح دیوار
۱۰-۴۰	سطح کف
۲۰-۴۰	رویه میز و نیمکت

توجه: محدوده ضرایب بازتابهای یاد شده براساس سطوح مات (با پخش یکنواخت) است.

عملکرد کمی

وقتی صحبت از مقدار عددی شدت روشنایی می‌شود منظور، شمع یا فوت کندل موجود سطح کار است. فوت کندل، مقدار لومن در هر فوت مربع است. برای بسیاری از فعالیتهای اقتصادی و صنعتی، این سطح، میزی افقی یا سطحی است که ۷۵ تا ۹۰ سانتیمتر از کف بالاتر است. وقتی طراح عملکردهای سیستم روشنایی در یک فضا را برآورد می‌کند، می‌باید که تأثیرات ناشی از محدودیت چراغ‌ها، بازتاب سطوح و ابعاد اتاق را به حساب آورد.

کاهش نور در درون تجهیزات روشنایی

بخشی از نور توسط خود چراغ جذب می‌شود (توسط عدسیها، شبکه‌ها و بازتاب کننده‌ها). نتیجه اینکه، لومنی که از چراغ می‌تابد کمتر از لومنی است که توسط لامپ تولید می‌شود.

تلفات ناشی از سطوح فضا

اگر چه مقداری از نور مستقیماً از چراغ به سطح کار می‌خورد، مقداری نیز ممکن است حداقل یکبار از سقف، دیوارها و کف بازتاب شود، چون هیچ ماده‌ای وجود ندارد که تمام نوری را که به آن می‌تابد بازتاب دهد. در هر بازتاب، مقداری نور از راه جذب تلف می‌شود. بنابراین، پرداختهای پربازتاب این تلفات را کاهش داده، کارایی سیستم را بالا می‌برند و نیز، ممکن است نور قبل از برخورد به سطح کار از سطحی به سطح دیگر منعکس شود.

تلفات ناشی از تناسبات

در اتاقی با مساحت زیاد و ارتفاع کم، نور یکنواخت‌تری به سطوح افقی می‌رسد. همچنین بخش اصلی نور چراغ، بی‌واسطه و بدون اینکه از سطوح بازتاب شود به سطح کار می‌رسد. از طرف دیگر، در اتاقی با مساحت کم و ارتفاع زیاد که هیچ پارتیشنی در آن وجود ندارد، بخش اعظم نور به دیوارها و دیگر سطوح فضا برخورد می‌کند. این شرایط، بهره‌رسانی را کاهش می‌دهد.

تلفات ناشی از پخش نور

طرز توزیع تجهیزات روشنایی، تا حدی، تعیین کننده مقدار انتشار اولیه نوری است که از سطوح متعدد اتاق منعکس خواهد شد. اگر پخش نور کم پهنا باشد، نور بسیار کمی به سطوح دیوار برخورد خواهد کرد، در نتیجه تلفات نوری کم خواهد شد. نکته مهم در اینجا این است که اگر چه این سیستم ممکن است میانگین شمع بالایی داشته باشد ولی شاید نتواند سایر معیارهای عملی نورپردازی را ارضاء کند.

سیستم پخش کم پهنا موجب می‌شود که اتاق باریک دیده شود زیرا نوری که به دیوارها می‌تابد کم یا هیچ است. در این حال ممکن است نیاز به چراغهای دیواری داشته باشیم.

ضریب بهره

آثار بحث قبلی درباره تلفات را می‌توان در یک عامل واحد طراحی و به نام ضریب بهره خلاصه کرد. در یک سیستم نورپردازی معین با تناسبهای مشخص اتاق و بازتابهای معین سطح، ضریب بهره، درصدی از لومن تولید

شده توسط لامپ را که به سطح افقی کار می‌تابد معین می‌کند. ضریب بهره (CU) برابر با ۶۵٪، به این معنا است که ۶۵٪ لومن لامپ به سطح کار می‌رسد.

نگهداری نور خروجی

از آنجا که ارزیابی روشنایی اولیه براساس لومن خروجی از لامپهای نور در چراغهای تمیز و فضای تمیز می‌باشد، این مقادیر، برآورد چیزی است که در ماههای اولیه استفاده از فضا، انتظار می‌رود. بسته به تمیزی محیط و جدول برنامه تعویض لامپهای سوخته (همچنین نوع لامپ و چراغ) پیش‌بینی شده است که بتوان کاهش نور خروجی را جبران کرد. برای محیطی تمیز یا دارای تهویه مطبوع با چراغهای فلورسنت، کاهشی فرضی بین ۷۵ تا ۸۵ درصد نور اولیه و برای شرایط بدتر و لامپهای HID درصد کاهشی بین ۵۵ تا ۷۵ درصد مناسب است، بویژه، اگر اثرات گرمایی محیط را نیز داشته باشیم.

کاهش روشنایی ناشی از اشیاء

با وارد کردن اشیاء در اتاق، روشنایی کاهش خواهد یافت. این امر در فضاهای بزرگ و باز اداری که پارتیشن‌های حرکت‌پذیر نسبتاً بلند دارد نکته حائز اهمیتی است. البته بدن انسان نیز با انداختن سایه روی سطح کار، میزان شدت نور سطح مزبور را کاهش می‌دهد. هر چند این کاهش در عمل به ۱۰ الی ۱۵ درصد می‌رسد ولی می‌تواند تا ۲۵ درصد مؤثر باشد.

برآورد درخشندگی فضا و بازتاب متقابل

ضریب بهره فقط به اثر سیستم‌های نورپردازی یکنواخت در تولید نور روی یک سطح افقی اشاره می‌کند. بنابراین، ضریب مزبور، تنها، مشخصه عملکرد سیستم نسبت به فعالیتهای محتاج به بینایی را در بردارد ولی اثر ضریبهای فضایی را که در بینایی مؤثر می‌باشند مداخله نمی‌دهد.

نتیجه‌گیری

طراحی سیستم روشنایی، همانطور که گذشت، دربر گیرنده مطالبی بیش از انجام مقداری محاسبات و پیش‌بینی‌ها است. سیستم روشنایی باید از نظر ساختاری با ساختمان، و از نظر زیبایی با محیط هماهنگ باشد؛ و باید بتواند نیازهای ساکنان فضا را چه از نظر جسمانی و چه از نظر روانی برآورده سازد.

از بین عواملی که در طراحی سیستم روشنایی دخالت مستقیم دارند علاوه بر جنبه‌های کارکردی تولید نور در فضا، چراغها، نحوه قرارگرفتن آنها، و سایر اجزاء فیزیکی سیستم نورپردازی نیز می‌توانند عوامل بالقوه مهمی در ترکیب بصری فضا باشند. عناصر فیزیکی سیستم نورپردازی باید توسط استانداردهای معماری و طراحی داخلی، همچنین از نظر عملکرد مهندسی، مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرند. مطالعه تاریخ معماری نشان می‌دهد که دو روش دستیابی اصلی برای سیستم نورپردازی وجود دارد: سیستم با دید حاشیه‌ای (روشنایی غیرمستقیم) و سیستم با دید نمایان (روشنایی مستقیم).

ساختار الگوی توزیع نور منطقاً باید به ساختار سطح موردنظر وابسته باشد. نورپردازی متناسب بخوبی از عهده معرفی و نمایش شکل معماری برمی‌آید. اگر طراحی خوب انجام نشده باشد، الگوهای نوری مشابه می‌توانند ایجاد آشفتگی بصری کنند. جلوه‌های ویژه مانند تاللو و نور شدید برای القای فضاهای سرزنده موثر است. رویهمرفته، ناظر مایل است سطوح را همچون شکلی یکپارچه ببیند و نه چون شکلی که توسط الگوهای نوری بی‌معنا مخدوش شده باشد. سیستم نورپردازی باید با مشخصات سطح مربوطه هماهنگی داشته باشد. برای نمونه، برای انتقال احساس دیدن یک سطح ناصاف، از نوری به موازات سطح؛ و برای انتقال احساس یک سطح صاف، از نوری با پخش یکنواخت بهره می‌بریم.

در نوعی دیگر از طراحی روشنایی، منبع نور یا چراغها می‌توانند نظر ناظر را به خود جلب کنند تا جایی که حتی به عاملی تقریباً غالب در طراحی مبدل شوند. این سیستم باید به دقت با محیط داخل هماهنگ شود تا از ایجاد ناهماهنگی بصری پیشگیری به عمل آید. در این سیستم نباید از منابع نوری بسیار درخشان استفاده کرد زیرا خیرگی حاصل، از تاثیر کلی فضا می‌کاهد و افراد را از محیط می‌راند.

تولید و کنترل صدا

صوت به وسیله یک منبع مرتعش، مثل حرکت تارهای صوتی یا نواخته شدن یک ساز موسیقی، تولید می‌شود. این ارتعاشات، تغییرات محیطی اندکی ایجاد می‌کنند که به تناوب در بالا و پایین فضای معمول محیطی در تغییر است. میانگین تغییر را «فشار صوت» (شدت) می‌نامیم. این تغییرات فشار، با ایجاد لرزش همزمان در پرده گوش، حس شنوایی را به وجود می‌آورند. نغمه علائم صوتی، به وسیله سرعت نوسان فشار در بالا و پایین وضعیت اتمسفری محیط تعیین می‌شود. این متغیر، «فرکانس» (بسامد) نام دارد و به وسیله میزان ارتعاش منبع صوتی، قابل تعیین است. سرعت زیاد ارتعاشات صوت، موجب طول موج کوتاه و صدای زیر می‌شود در حالی که سرعت کم آن، ایجاد اصوات بم یا فرکانس کم می‌کند.

سرچشمه بعضی اصوات ممکن است در فضای بلافصل اطراف ما باشد. نمونه آن، گفتگوها و سایر صوتهای انسانی یا مکانیکی مربوط به یک فعالیت است. اصواتی که منشاء خارجی دارند عبارتند از سر و صدای اتومبیل‌ها، قطارها، هواپیماها، سر و صدای زمین بازی، باد و سایر صوتهای طبیعی، و نوفه‌های مربوط به فعالیت‌های جاری در اتاق‌های مجاور یا نزدیک. در طراحی صوت، برای تشخیص علائم صوتی معنادار که برای ارتباطات و جهت‌یابی صوتی ضرورت دارند، طراح باید مشخصات مکانی و فضایی را به گونه‌ای برنامه‌ریزی کند که ضامن درک علائم معنادار در زمینه صوتی قابل قبول باشد و اصوات (نوفه‌های) نامربوط و مخل را به حداقل رساند.

تقویت علائم ارتباطی اولیه

صوت هنگام خروج از سرچشمه، در تمام جهات حرکت می‌کند و این به نحوی، مشابه رفتار امواج هنگام افتادن سنگی در آب است. با حرکت امواج و افزایش فاصله، فشار (و بنابراین شدت) امواج کاهش می‌یابد. ولی هنگامی که منشاء صدا درون یک فضای بسته قرار داشته باشد، احتمال دارد موج اولیه با سایر امواجی که از سطوح بازتاب می‌شوند، تداخل پیدا کند. در برخورد با هر یک از سطوح، بخشی از انرژی صوتی جذب گشته و بخشی نیز بازتاب خواهد شد. این پدیده بر کیفیت صوتی فضا تأثیری کلی خواهد داشت زیرا تعیین کننده این امر خواهد شد که آیا علائم صوتی، تمایل به کاهش دارند یا اینکه به سایر علائم مستقیم ملحق شده و آنها را تشدید (یا آشفته) خواهند کرد. بنابراین، در مورد صدایی ممتد در فضایی بسته، گوش هم صدای مستقیم را (که به همراه فاصله کاهش می‌یابد) و هم صدای بازتاب شده را (که در اثر انعکاس بر سطوح اتاق تضعیف شده و تغییر جهت می‌یابد) می‌شنود. هنگامی که منبع صوتی و شنونده از نظر فیزیکی فاصله کمی با هم دارند، صدای مستقیم غالب بوده و ممکن است

به خودی خود برای ارتباطی مؤثر، کاملاً مناسب باشد ولی با افزایش فاصله، ابداع روشی برای تکمیل یا تقویت علائم ضعیف، برای طراح بسیار ضروری می‌شود. این تقویت را می‌توان با یک یا هر دو روش زیر انجام داد: روش «تقویت طبیعی» که مصالح و شکل‌های سطح را به طور انتخابی به کار می‌گیرد تا انرژی صوتی محیط را به گونه‌ای که علائم مستقیم را تقویت کند، منعکس سازد و روش «تقویت الکترونیکی» که مکانهای شدت منبع اولیه صوت را افزایش می‌دهد، یا علامت را به مکانهای دورتری منتقل می‌کند.

کنش مواد

تقویت یا خاموشی صدا، به انتخاب و قرارگیری دقیق بازتاب‌کنندگان و موانع صوتی بستگی دارد. هنگام برخورد یک موج صوتی با یک سطح بزرگ، قسمتی از انرژی آن جذب شده و باقیمانده منتقل یا بازتاب می‌شود. بنابراین، انتشار علائم صوتی در یک فضای بسته را می‌توان تا حدودی به وسیله کنترل و هدایت بازتاب، و تعادل فرکانس و شدت را می‌توان تا حدودی به کمک خاصیت جذب‌کنندگی تنظیم کرد.

بازتاب

صدا، مانند نور، تقریباً مطابق با قوانین معمول بازتاب (یعنی، برابری زاویه تابش با زاویه بازتاب) منعکس می‌شود.

چیدمان سطوح

سطوح، انرژی صوتی را تغییر جهت داده، تمرکز می‌دهند یا پخش و ترکیب می‌کنند. سطوح سخت، بدون نفوذ و «یکپارچه» (مثل دیوارهای بزرگ گچی، چوبی یا بتنی) برای کلیه دامنه فرکانس‌های مربوطه، دارای خاصیت بازتاب‌دهندگی بسیار قوی هستند. چنین سطوحی، تا حدی با سطوحی که در طراحی روشنایی، بازتاب آنها را صیقلی می‌نامیم، قابل مقایسه‌اند.

از طرفی، سطوح سخت بدون منفذ و «ناهموار» (مثل سقف‌های کاذب گچی یا صفحات تا شده بتنی که دارای پوسته نازک هستند) با سطوح «پخش‌یکنواخت» در سیستم‌های روشنایی قابل مقایسه‌اند. بطور کلی ابعاد هر یک از سطوح یا صفحات بازتاب‌دهنده، باید مساوی یا بیش از بزرگترین طول موج مربوطه باشد بنابراین، چیدمانی در مقیاس کوچک، تنها صداهای فرکانس بالا (طول موج کوتاه) را زیر تأثیر قرار خواهد داد.

بازتاب صوت

انتشار و تمرکز صوت

انحنای سطوح مقعر

در ادامه مقایسه کلی صوت با نور، باید گفت که سطوح مقعر یکدست و بزرگ، انرژی صوتی را مجدداً در حالتی غیرمنظم منتشر می‌کنند. در نتیجه، چنین سطوحی، نیاز معمول را که انتشار یکنواخت علائم صوتی باشد برآورده نمی‌کنند. به همین دلیل باید از اشکال تمرکز دهنده نور اجتناب کرد.

در صورتی که این امر مقدور نباشد می‌توان از دیواره‌های کاذب با روکار بازتاب دهنده صوت با مدولاسیونی در سطح وسیع استفاده کرد.

روش دیگر، ایجاد شکلهای منحنی به صورت سطوحی است که از نظر آکوستیکی شفاف باشند، مانند استفاده از نوارهای چوبی منفصل که در پشت آن یک فاصله هوایی وجود دارد. این فاصله شامل دیواره‌های زاویه‌دار بازتاب‌کننده با مصالحی است که خاصیت جذب‌کنندگی زیادی دارند.

تقویت طبیعی صوت

هنگامی که صوت از منبعی به سمت شنوندگان فرستاده می‌شود، انرژی صوتی دریافت شده توسط شنوندگان مستقر در عقب سالن، هم به دلیل میرایی معمول صوت، هم به علت مسافت، و هم به خاطر اثرات جذب‌کنندگی تماشاچیان واقع در جلوی سالن، کاهش می‌یابد. یونانی‌ها و رومی‌ها، این اتلاف صوت در تئاترهای هوای آزاد خود را با قرار دادن تماشاگران بر شیبی تند، به حداقل می‌رساندند. این کار جذب‌کنندگی بینندگان را کاهش داده و شدت علامت صوتی را به فاصله از منبع صوت وابسته می‌کرد. می‌توان با قراردادن منبع صوت در فاصله‌ای بسیار بالاتر از تماشاچیان، به نتیجه‌ای مشابه دست یافت. اما این کار ممکن است موجب ارتباط بصری نامناسب و ناخوشایند شود.

وقتی به انتشار علائم صوتی پر شدت نیاز باشد، این امر را می‌توان به چند صورت تغییر شکل داد و بهبود بخشید بطوری که مساحت سطح بازتاب دهنده‌ای که هر فرد شنونده را تحت تاثیر قرار می‌دهد، به حداکثر برسد. هنگامی که علائم صوتی مختلف، توسط یک گروه بزرگ و بطور همزمان منتشر شود- مانند اصوات صادره از یک ارکستر یا گروه آواز- سطح بازتاب‌کننده صدا، پخش و ترکیب اصوات را انجام می‌دهد. پراکنده شدن صوت، امری است

مهم در برقراری ارتباط مداوم با تماشاچیان و اطمینان از این که همگی همان صدا را می‌شنوند. پخش صوت برای خود اجرا کنندگان نیز مهم است چون در اجرا، شنیدن صدای یکدیگر اهمیت بسیار دارد. این منجر به استفاده از سطوح بازتاب‌دهنده عمودی یا بالاسری صوت، در مجاورت گروه نوازندگان یا اجرا کنندگان می‌شود. این سطوح ممکن است به صورت سقف کاذب یا صفحات تاشونده باشند. بنابراین، اصولاً در یک فضای بسته، طراح برای تقویت طبیعی صوت، وادار به استفاده از سطوحی سخت و منعکس کننده می‌شود که صدا را از منبع به شنونده هدایت کرده و ترکیب صوتی متعادل و پخشی مناسب در بین تماشاگران به وجود می‌آورند.

تقویت الکترونیکی صوت

به عنوان قانون کلی، مکان‌هایی که دارای گنجایش ۶۰۰ نفر یا کمتر هستند باید دارای قابلیت تقویت علائم به طریقی طبیعی باشند در حالی که مکان‌هایی با گنجایش ۱۰۰۰ نفر یا بیشتر، تقریباً بطور مداوم به تقویت الکترونیکی نیاز دارند. استفاده از سیستم‌های الکترونیکی برای پخش صدا در اتاقهای بزرگ یا سقف کوتاه و «نرم» نیز احتمالاً لازم خواهد بود. بطور کلی، یک بلندگوی مرکزی (یا مجموعه متمرکز بلندگوها) که نزدیک منبعی قابل دید واقع است، بر سیستم بلندگوهای غیرمتمرکز ارجحیت دارد. این روش، صدای تقویت شده‌ای ایجاد می‌کند با همان ویژگیهای اساسی جهت و زمان که صدای منتشر شده اصلی دارد.

در اتاقهایی که دارای سقف کوتاه باشند، استفاده از سیستم بلندگوهای مرکزی عملی نیست. یک سیستم غیرمتمرکز از تک بلندگوهای کوچک باید به نحوی نصب شود که صدا را مستقیم از سقف به سمت پایین پخش کند. این روش، «سیستم استفاده از بلندگوهای ضعیف» نامیده می‌شود. در هر یک از این موارد، برای امتناع از تأخیر در صدای «زنده» مستقیم، باید دقت کافی مبذول داریم. این تأخیر در صوت زنده، پس از شنیده شدن صدای تقویت شده، ممکن است پژواک یا ابهام بیافریند. این مشکل را می‌توان با کاهش و به حداقل رساندن شدت صدای زنده با ایجاد کمی تأخیر زمانی در تقویت صدا، اصلاح کرد.

کنترل نوفه‌های ایجاد شده در داخل

ارتباط و تبادلات صوتی، به وسیله نسبت بالای علائم صوتی به صدای زمینه، تسهیل می‌شود. بدین ترتیب، تقویت طبیعی یا الکترونیکی، برای تقویت خود علامت اولیه، مفید است ولی در بسیاری از موارد، کنترل بهینه نوفه در زمینه نیز چون یک اصلاح اولیه یا تکمیلی فضایی و مکانی منطقی و موثر است.

کنش مصالح

علائم یا نوفه‌های بی‌ارتباط را می‌توان به وسیله اثر کاهندگی خاصیت جذب کنندگی سطوح، تا حدی فرونشاند. این عمل، موجب کاهش فشار در صدای منعکس شده نسبت به فشار یا شدت علامت ارسالی اولیه می‌شود. سرعت انرژی ثابت است و خاصیت جذب کنندگی سطح، تاثیری در آن ندارد.

جذب کنندگی

تغییرات وارده در جهت‌گیری امواج صوتی، فی‌نفسه تراز شدت آن را کاهش نمی‌دهد، مگر اینکه این تغییر جهت، موجب برخورد موج صوتی با سطوح، و در نتیجه، جذب آن توسط این سطوح شود. آن بخش از فشار صوتی اولیه که در جریان یک عمل بازتاب جذب شود «ضریب جذب صوت» آن سطح خاص نامیده می‌شود. برای مثال، سطوح سخت و بدون منفذ، مانند گچ، شیشه، چوب، بتن و غالب انواع ورق پلاستیک، دارای ضریب جذب کوچکی مثال ۰/۰۵ یا کمتر هستند (به این صورت که ۹۵ درصد یا بیشتر از انرژی اولیه، بازتاب یا انتقال داده می‌شود). وقتی طراح برای کاهش یا فرونشاندن تراز نوفه داخلی، به دنبال ماده مناسبی می‌گردد، مصالح سخت و بدون منفذ را انتخاب نمی‌کند بلکه به دنبال موادی می‌گردد که امکان نفوذ امواج صوتی در آنها امکان‌پذیر باشد. این نفوذ موجب می‌شود تا صدا، مقداری از انرژی خود را قبل از ورود مجدد به اتاق، در اثر افت ناشی از اصطکاک، از دست بدهد. در این حال، ضریب جذب بالاتری مطرح است. پتو و کاشیهای آکوستیکی، نمونه‌ای هستند از موادی که ضریب جذب صوت بالایی دارند. موادی مانند فرش، پارچه‌های ضخیم، پوشاک، پرده و مبلمان و غیره و نیز نحوه قرارگیری آنها (به طور عمودی یا افقی) در میزان جذب کنندگی آنها مؤثر خواهد بود.

ویژگیهای مواد جاذب صوت

کیفیت جذب مواد منفذدار، اساساً به وسیله ضخامت ماده و نازک‌کاری سطح، قابل تعیین است:

* ساختار: هنگامی که مواد منفذدار به شیوه مستقیم بر یک سطح سخت (مانند بتن، پلاستیک یا گچ پیش‌ساخته) قرار داده شوند، تبدیل به سیستم جذب کننده خوبی برای فرکانس‌های بالا و متوسط می‌شوند. البته باید متذکر شد که فرکانس‌های پایین، به مقدار بسیار کمی جذب می‌شوند.

* ضخامت: با افزایش ضخامت مواد جذب کننده، خاصیت جذب فرکانس‌های پایین بهبود می‌یابد. این کار را می‌توان به وسیله تأمین یک پوشش منفذدار ضخیم‌تر یا یک فاصله هوایی در پشت مواد، انجام داد.

* روکش: یک روکش یا نازک کاری سخت و منفذدار، جذب اصوات فرکانس بالا را کاهش می‌دهد. میزان این کاهش با اندازه و فواصل منافذ روکش، تغییر می‌کند.

می‌توان از لایه‌های بسیار نازک پلاستیک، رنگ یا کاغذ بعنوان پوششی برای محافظت استفاده کرد. در این حال انرژی نسبتاً کمی بازتاب می‌شود و بیشتر اصوات اصلی، مستقیم به ساختار منفذدار اولیه انتقال داده می‌شوند.

کنترل پژواک

در اتاقی با دمای معمولی، صوت با سرعت تقریبی ۳۴۰ متر در ثانیه حرکت می‌کند. این سرعت نسبتاً آهسته، گویای فاصله زمانی احتمالی است بین ایجاد صوت و دریافت آن توسط شنونده‌ای که دور از آن ایستاده است (اگر فاصله منبع تا شنونده ۳۰ متر باشد، این تأخیر زمانی حدود ۱/۱۱ تا ۰/۰۹ ثانیه خواهد بود).

در مواردی که علائم صوتی به طور مستقیم انتقال می‌یابند، گوش این علائم را با حفظ تمامیت و بدون تأخیر زمانی دریافت می‌کند اما، در صورتیکه صدای مستقیم به وسیله بازتاب‌های انجام شده بر سطوح اتاق، تکمیل و همراهی شود، اجزاء مختلف آن در زمانهای مختلفی به گوش می‌رسند. اگر تأخیر زمانی، کوتاه باشد (یعنی حدوداً ۰/۰۳۵ ثانیه یا کمتر برای گفتار) اجزاء مستقیم و بازتاب شده صوت، همدیگر را تقویت می‌کنند اما اگر این فاصله زمانی طولانی‌تر بشود ممکن است موجب تداخل اصوات و در نتیجه کاهش وضوح آن شود. پژواک یا طنین هنگامی رخ می‌دهد که شنونده علامتی بازتاب شده را که دارای شدت نسبتاً کافی است، ۰/۰۶ ثانیه یا بیشتر، پس از استماع علامت مستقیم بشنود. این وضعیت بیشتر در اماکنی که خط سیر صوت بازتاب شده، حداقل ۲۰ متر بیش از خط سیر صوت مستقیم است، پیش می‌آید. در اماکنی مانند تالارهای سخنرانی، برای از میان برداشتن یا به حداقل رساندن صوت بازتاب شده‌ای که ایجاد طنین می‌کند، ممکن است نیاز به اقداماتی خاص برای سطوحی که فاصله زیادی با بخشی از تماشاچیان دارند (مانند دیوارهای انتهایی، بخش از سقف که در مجاورت جلوی صحنه باشد، و غیره) وجود داشته باشد. این اقدامات، شامل تغییر جهت یا شدت صوت بازتابی است. روشهایی که معمولاً مورد استفاده قرار می‌گیرند، عبارتند از: کاهش مساحت سطوحی که ایجاد مزاحمت صوتی می‌کنند و بالا بردن قابلیت جذب کنندگی آنها؛ تبدیل آنها به سطوح محو کننده، یا زاویه‌دار کردن سطح برای بازتاب صوت به نقطه‌ای که در آن میرا شود؛ یا ترکیبی از مدولاسیون و جذب کنندگی با هم.

تأثیر دیوار انتهایی فضاها در پژواک صوت

نتیجه‌گیری

نسبت علائم صوتی به زمینه، تحت تأثیر نوفه‌هایی است که سرچشمه آن فضاها را مجاور یا دور دست باشد. ممکن است این اصوات، صداهای هواپردی باشند که موجب لرزه‌های خفیفی در دیوار حدفاصل، سقف یا کف شوند. یا اگر چنانچه منبع صوتی در ارتباط مستقیم با مانع فیزیکی باشد، ارتعاشات، به توسط ضربات مستقیم انتقال یابند. برای کنترل این نوفه‌ها، باید راه‌هایی به وجود آورد که شدت ارتعاشات تولید شده را کاسته و موانعی ایجاد کند که بتواند به طور مؤثر در مقابل صوتی که با این انرژی انتقال می‌یابد، مقاومت کند. برخی از روش‌های ممکن ذیل توضیح داده می‌شوند:

کارایی مواد

نصب و قرارگیری مواد جذب کننده بر سقف یا دیوارهای مکان دریافت صوت، تأثیر بسیار کمی در کاهش و تخفیف انتقال نوفه خارجی دارد. در واقع، سبکی وزن و منفذدار بودن اغلب مواد جذب کننده صوت، بطور بسیار جدی، ماهیت آنها را به عنوان عایق صوتی محدود می‌کند. به دلیل آنکه کارایی یک مانع عایق کننده صوت، به وزن یا جرم آن، و به سختی و بی‌درز بودن آن بستگی دارد، باید از مواد سنگین استفاده شود.

وزن، جرم، سختی

پارتیشن‌های سنگین، در برابر ارتعاشهای صوتی مقاومت بیشتر دارند. به عنوان یک قانون کلی می‌توان گفت که هر چه جرم بیشتر باشد، انتقال صوت نیز کمتر صورت می‌گیرد. به طور کلی، با افزایش فرکانس، افت انتقال صوت در یک پارتیشن بهبود می‌یابد. البته باید متذکر شد که عایق تابعی است از سختی ماده تشکیل دهنده سطوح، چرا که پارتیشنی با سختی بسیار زیاد، به همان خوبی که برحسب وزن از آن انتظار می‌رود در برابر انتقال صوت مقاومت نمی‌کند. در عمل دیده شده است که دیوارهای بزرگ، اغلب در دامنه محدود از فرکانس‌ها، یک افت مقاومت در برابر انتقال صوت از خود نشان می‌دهند. نقطه‌ای از دامنه فرکانس، که این افت در آن صورت می‌گیرد، به اندازه دیواره و قابلیت خمش آن بستگی خواهد داشت. در بسیاری از پارتیشن‌هایی که دیواره‌های همگن در آن به کار

رفته است، این افت طنین در دامنه صوت گفتار روی خواهد داد که به این ترتیب انتقال صدا به میزانی بالاتر از حد انتظار صورت می‌گیرد.

جداسازی توسط فاصله هوایی

فاصله هوایی، که به منظور عایق‌بندی صوتی به کار می‌رود و هر یک از پارتیشن‌ها را جدا می‌کند، برای کاهش انتقال ارتعاشات از یک طرف مانع به طرف دیگر آن، مؤثر خواهد بود. این روش، در ضمن حفظ مقاومت مناسب در برابر انتقال صدا، استفاده از مواد ساختمانی سبک وزن را امکان‌پذیر می‌کند. استفاده از این روش، در کاهش افت طنین نیز اثر دارد. در هر دو صورت، باید اطمینان حاصل شود که اتصالات سازه‌ای در فاصله هوایی به حداقل می‌رسد (انفصال سازه‌ای).

نوفه‌های جانبی

هر قدر هم که عایق‌کاری یک پارتیشن به خوبی انجام شده باشد، ترک‌ها و منافذ قادرند از ارزش آن بعنوان سطحی مقاوم در برابر عبور صوت بکاهند. طراحی و نحوه قرارگیری در و پنجره‌ها، عوامل مهمی هستند که نباید نادیده گرفته شوند. عدم رفع حفره‌های سقف، ترک‌های مرز دیوار و سقف و مرز دیوار و کف، قرارگیری جعبه کلیدها پشت به پشت هم، و درزهای مشابه آن می‌توانند تأثیر معکوسی بر عایق‌کاری یک پارتیشن داشته باشند. طراحی درزها باید به گونه‌ای باشد که انتقال و تراوش صوت را به حداقل رساند. برای پیشگیری از عبور نوفه‌های جانبی از یک دفتر خصوصی به دیگری، باید اتصال دیوار به سقف را به خوبی درزگیری کرد.

کنترل نوسان

طنین‌های خاصی را می‌توان در اماکنی که مستطیل شکل و ساده هستند (از قبیل محیط‌های اداری و ورزشی) شنید. در چنین فضاهایی احتمال بازتاب‌های افقی متعدد، بین یک جفت دیوار موازی وجود دارد. یک ضربه تیز، مانند کف‌زدن، ایجاد صدایی «ویز» مانند یا مثل زنگ می‌کند که به نام «طنین نوسانات صوتی» خوانده می‌شود. شدت این صدا، هنگامی خیلی زیاد است که گوش همسطح با منبع صوتی قرار گرفته باشد. این نوسان یا لرزش را می‌توان با افزودن پرده یا سایر مواد جذب‌کننده بر هر یک از دیوارهای موازی برطرف کرد. سایر روش‌ها عبارتند از:

دیواره‌های مخصوص دیواری که دارای سطوحی کوچک باشند، یا استفاده از اشیاء جاذب صوت مانند تابلوهای بزرگ قاب‌دار، مجسمه یا کرکره.

نوفه‌های مکانیکی

نوفه‌های مربوط به تجهیزات مکانیکی را می‌توان به چند دسته تقسیم کرد:

۱- نوفه هوا برد تجهیزات که از میان دیوارهای مشترک یا ساختارهای کف و سقف منتقل می‌شود. این نوفه را می‌توان اساساً به وسیله طراحی پارتیشن یا مانع، کنترل کرد تا از جرم کافی، حداقل سختی، و احتمالاً انفصال سازه‌ای آن (جداسازی توسط فاصله هوایی) اطمینان حاصل شود. کلیه اتصالات و ترک‌ها را باید به طور مؤثری درزگیری و مسدود کرد.

۲- نوفه هوا برد تجهیزات که از میان کانال تأسیسات عبور می‌کند. این نوفه معمولاً با قرارگیری روکشهای جذب کننده صوت در داخل کانال کنترل می‌شود. البته برای کانال و بازشوهای خیلی کوتاه، ممکن است به تضعیف‌کنندگان و آرام‌کنندگان صوتی مخصوصی نیاز باشد.

۳- اصوات سازه‌ای که به وسیله تجهیزات مرتعش، که به سازه یا مانع متصل هستند، ایجاد می‌شوند: کنترل این اصوات معمولاً با استفاده از بالشتکهای لاستیکی یا فنرهای فولادی صورت می‌گیرد. این امکانات ممکن است در صورت لزوم، جابجایی‌هایی تا ۱۵ سانتیمتر را در تجهیزات پر قدرتی که با دور کم کار می‌کنند، جذب کنند. روش دیگر، آویختن تجهیزات از سقف به وسیله آویزهای کنترل کننده ارتعاش است.

۴- نوفه‌های داخلی، که توسط دریچه‌های پخش کننده هوا، و شبکه‌های آنها که در داخل اتاق قرار گرفته‌اند، ایجاد می‌شود. معمولاً کنترل میزان نوفه این دستگاه، مسئولیتی است که به عهده تولید کننده آن است. به این ترتیب، این جنبه از کار، اساساً با تهیه مشخصات عملکرد دستگاه، کنترل می‌شود.

اشعه کیهانی	نور	طیف قابل رویت	انرژی نسبی	فرا بنفش دور	فرا بنفش میانی
(امواج خیلی کوتاه)	فرابنفش نزدیک	بنفش آبی	سبز زرد	نارنجی	سرخ
اشعه گاما	اشعه خورشیدی که به	انرژی نسبی	طول موج (نانومتر)	۳۰	۴۰
اشعه ایکس	سطح زمین می‌رسد	۴۰۰	۳۵۰	۳۰۰	۲۵۰
فرابنفش	۴۰۰۰	۳۰۰۰	۴۵۰	۵۰۰	۵۵۰
فرا سرخ			۶۰۰	۷۰۰	۷۵۰
امواج رادیویی					۱۰۰۰
					۲۰۰۰
امواج الکتریکی					
(خیلی بلند)					

PAR	A	G	R	انتخابی بیضی	انتخابی سهمی	عملکرد سطوح صیقلی
				اشعه پهن تولید می‌کند	یک شعاع باریک	$R < 1$
				متمرکز تولید می‌کند	منبع	$R < 1$
					نقطه‌ای	

انحناء	عملکرد سطوح پخش کننده	منبع نقطه‌ای	منبع نقطه‌ای	تاثیر منبع نقطه‌ای بر توزیع	نور بازتاب شده را پخش می‌کند
				نور اندک است	

سطوح موازی	سطوح غیر موازی	سطوح موازی	نور پس از عبور	نور پس از عبور انحراف	(شاخص انحراف = U)
(ماده مات)	(ماده شفاف)	(ماده شفاف)	پخش می‌شود	می‌یابد	

زاویه بازتابش	زاویه تابش	منبع صوت	تصویر منبع
---------------	------------	----------	------------

سطح مقعر	سطح شکسته	منبع صوت	منبع صوت	تاثیر پراکندن صوت	تاثیر تمرکز صوت	ابعاد دیواره، مساوی طولانی‌ترین طول موج یا بزرگتر از آن
منطقه آشفته‌گی به	منطقه پژواک به دلیل	تقریباً ۳۵ فوت	تقریباً ۴۰ فوت	عدد مسافت بازتاب شده C+D فوت	پلان ساختمان	
خاطر عملکرد دیوار عقبی	عملکرد دیوار عقبی	مسافت مستقیم D	دریافت کننده صوت			

اشعه کیهانی	نور	طیف قابل رویت	فرابنفش دور	فرابنفش میانی
فروسرخ				
(مادون قرمز)				

گروه بین‌المللی ره‌شهر تا کنون ۵۵ نشریه با عناوین زیر منتشر کرده است:

- ۱- کاربرد جدید شیشه در نمای ساختمان (تابستان ۱۳۷۱)
- ۲- پارکینگ مراکز تجاری (پائیز ۱۳۷۱)
- ۳- محافظت در مقابل زلزله (زمستان ۱۳۷۱)
- ۴- جمع آوری و دفع زباله و مسائل ناشی از آن (زمستان ۱۳۷۱)
- ۵- طرح اسکان و سریع (زمستان ۱۳۷۱)
- ۶- مجموعه مقالات راجع به ژئوسنتز (بهار ۱۳۷۲)
- ۷- مهار آب با آب (بهار ۱۳۷۲)
- ۸- تحول سبز در معماری (بهار ۱۳۷۲)
- ۹- روندیابی و مدیریت سیلاب (بهار ۱۳۷۲)
- ۱۰- مطالعات اقتصادی جهت احداث مراکز خرید (تابستان ۱۳۷۹)
- ۱۱- نگاهی کوتاه بر طراحی فضای سبز - "تجربیات کشورهای مختلف" (تابستان ۱۳۷۲)
- ۱۲- بازیافت آب در صنایع شن و ماسه‌شوئی (پائیز ۱۳۷۲)
- ۱۳- بناهای چوبی (کنده‌ای) در ایران و تجربیات کشورهای دیگر (پائیز ۱۳۷۲)
- ۱۴- نکاتی در مورد طراحی ساختمان‌های بتنی پیش‌ساخته پیش‌تنیده در مناطق زلزله‌خیز (پائیز ۱۳۷۲)
- ۱۵- اتوماسیون و بهینه‌سازی در سیستم‌های توزیع الکتریکی (زمستان ۱۳۷۲)
- ۱۶- انرژی دریاها (زمستان ۱۳۷۲)
- ۱۷- پارکینگ‌های مکانیکی اتوماتیک و نیمه اتوماتیک (بهار ۱۳۷۳)
- ۱۸- انرژی باد (بهار ۱۳۷۳)
- ۱۹- اصول طراحی ساختمان‌های اداری و بانک‌ها (بهار ۱۳۷۳)
- ۲۰- انرژی خورشیدی (بهار ۱۳۷۳)
- ۲۱- طراحی مرکز خرید- جلد اول: مطالعات مقدماتی جهت طراحی مراکز خرید (تابستان ۱۳۷۳)
- ۲۲- شهر سالم با آمورتون (تابستان ۱۳۷۳)
- ۲۳- شهر سالم - کاربرد سیستم‌های فتوولتائیک از میلی وات تا مگاوات (تابستان ۱۳۷۳)
- ۲۴- شهر سالم- اصول طراحی برای افراد دارای کپه‌ولت، ناتوانی، اختلال و معلولیت (تابستان ۱۳۷۳)
- ۲۵- نسل چهارم نیروگاه‌ها (پائیز ۱۳۷۳)

- ۲۶- بازیافت آب در صنایع نساجی (پائیز ۱۳۷۳)
- ۲۷- مراکز درمانی و بیمارستان‌های آینده (پائیز ۱۳۷۳)
- ۲۸- شهر سالم-انبوه‌سازی (انبوه‌سازان اسکان) (زمستان ۱۳۷۳)
- ۲۹- سیستم‌های مدیریت بار و مدیریت انرژی در شبکه‌های انرژی الکتریکی (زمستان ۱۳۷۳)
- ۳۰- بازیافت آب - "تصفیه پساب صنایع لبنی" (بهار ۱۳۷۴)
- ۳۱- شهر سالم - صنعت چوب و کاغذ و نقش آن در فرهنگ، اقتصاد و سیاست (بهار ۱۳۷۴)
- ۳۲- صرفه‌جویی انرژی در ساختمان‌های مسکونی (بهار ۱۳۷۴)
- ۳۳- شهر سالم- معماری و پرورش فکری کودکان و نوجوانان (تابستان ۱۳۷۴)
- ۳۴- شهر سالم- بازیافت زباله و مصالح ساختمانی و نقش آن در حفظ خاک و پاکسازی محیط (پائیز ۱۳۷۴)
- ۳۵- شهر ما کجاست (زمستان ۱۳۷۴)
- ۳۶- حفاظت سواحل دریا و رودخانه‌ها- معرفی روش‌های سنتی و پیشرفته (زمستان ۱۳۷۵)
- ۳۷- بهینه‌سازی آموزش عالی - نگاهی کوتاه بر کارکرد نظام آموزشی ایران و جهان (زمستان ۱۳۷۵)
- ۳۸- استفاده از ژئوگرید در راه‌ها و باند فرودگاه‌ها (بهار ۱۳۷۶)
- ۳۹- اقتصاد گردشگری (جلد اول) (زمستان ۱۳۷۶)
- ۴۰- نگرش‌هایی نوین به طراحی فضای باز اداری (تابستان ۱۳۷۷)
- ۴۱- اقتصاد گردشگری جلد دوم (فصول سوم و چهارم) (زمستان ۱۳۷۷)
- ۴۲- فهرست مطابقه‌ای عملیات اجرایی جهت تسهیل در امر نظارت (پائیز ۱۳۷۸)
- ۴۳- دانسته‌هایی در مورد مناطق آزاد و ویژه اقتصادی در جهان (پائیز ۱۳۷۸)
- ۴۴- هدایت منابع مالی و فنی غیر دولتی جهت اجرای طرح‌های عمرانی (زمستان ۱۳۷۸)
- ۴۵- پژوهش در تاریخچه، مفهوم و سیر تحول شهرسازی و شهر سالم در فرهنگ ایران و اسلام (زمستان ۱۳۷۸)
- ۴۶- پارک انرژی‌های نو (تابستان ۱۳۷۹)
- ۴۷- فضاهای باز اداری - مدیریت تجهیزات و طراحی داخلی (پائیز ۱۳۷۹)
- ۴۸- شهرک ترافیکی کودکان (زمستان ۱۳۷۹)
- ۴۹- فضای باز اداری - استانداردهای طراحی فضاهای اداری جدا کننده‌ها، قطعات و اتصالات (زمستان ۱۳۷۹)

- ۱- بازنگری استانداردهای صنعت آب کشور با همکاری وزارت نیرو و سازمان برنامه و بودجه (۲۵ جلد)
- ۲- صرفه جویی در انرژی (۲۰ جلد)
- ۳- ترجمه کتاب "سازه پارکینگ‌های طبقاتی" (۱۳۷۲)
- ۴- ترجمه کتاب "سازه‌های آبی" (۱۳۷۳)
- ۵- تدوین کتاب "خودآموز اتوکد ۱۲" (۱۳۷۳)
- ۶- ترجمه کتاب "برنامه‌ریزی و طراحی هتل" در سال ۷۶ توسط سازمان برنامه و بودجه چاپ و توزیع شد.

کتاب‌های زیر نیز توسط گروه بین‌المللی ره‌شهر در دست چاپ

است:

- ۱- پروژه‌های مشارکت عمومی-خصوصی در زیرساخت: یک راهنمای ضروری برای سیاست‌گذاران

- ۵۰- فضای سبز- مناطق صنعتی- پارک‌های صنعتی (تابستان ۱۳۸۰)
- ۵۱- تنظیم شرایط محیطی- بخش اول: استانداردهای عملکرد حسی-جلد اول: محیط روشنایی (پاییز ۱۳۸۰)
- ۵۲- تنظیم شرایط محیطی- بخش اول: استانداردهای عملکرد حسی-محیط‌های صوتی و حرارتی (پاییز ۱۳۸۰)
- ۵۳- منظر سازی - جلد اول: طراحی کاشت (زمستان ۱۳۸۰)
- ۵۴- منظر سازی - جلد دوم: آبیاری و نگهداری منظر (زمستان ۱۳۸۰)
- ۵۵- تنظیم شرایط محیطی- بخش دوم: سیستم‌های کنترل محیط- جلد اول: تولید و کنترل حرارت (زمستان ۱۳۸۰)

نشریه‌های تخصصی منتشر شده بخش‌های مختلف گروه بین‌المللی

ره‌شهر

- ۱- بازارچه صنایع دستی در کوهپایه‌های شمال تهران (بخش شهر سالم) تیر ماه ۱۳۷۴
 - ۲- بهینه‌سازی خدمات پرواز (بخش شهر سالم) - (دی ماه ۱۳۷۳)
 - ۳- بهینه‌سازی بار ترافیکی بزرگراه‌ها (بخش شهر سالم) (دی ماه ۱۳۷۳)
 - ۴- پارک انرژی‌های نو (بخش شهر سالم) - (شهریور ماه ۱۳۷۳)
 - ۵- استفاده از مولتی ویزن در مراکز پرتردد شهری (بخش شهر سالم) (اردیبهشت ماه ۱۳۷۳)
 - ۶- سازماندهی کارکردهای بهینه‌ی نمایشگرهای دیجیتالی (بخش شهر سالم) اسفند ماه ۱۳۷۲
 - ۷- شهرک ترافیکی کودکان (بخش شهر سالم) - (آذر ماه ۱۳۷۲)
 - ۸- پارک پوشش: اندیشه سالم / بدن سالم در شهرک فاطمیه منطقه ۲۰ شهرداری تهران (بخش شهر سالم) - (آذر ماه ۱۳۷۲)
 - ۹- پژوهش در تاریخیچه، مفهوم و سیر تحول "شهرسازی" و "شهر سالم" در فرهنگ ایران و اسلام (بخش شهر سالم) - آبان ماه ۱۳۷۲
 - ۱۰- اصول طراحی مراکز دیسپاچینگ (بخش انرژی) زمستان ۱۳۷۲
 - ۱۱- تحلیل منطقه‌ای سیلاب در حوضه‌های شمالی تهران (بخش عمران آب) بهار ۱۳۷۳
 - ۱۲- انتخاب محل و نوع سد براساس شرایط ژئومورفولوژی و ژئولوژی (بخش عمران آب) زمستان ۱۳۷۲
 - ۱۳- حقایق در مورد شرکت‌های بزرگ (بخش تحقیق و توسعه) زمستان ۱۳۷۲
- ضمناً کتاب‌های زیر توسط گروه بین‌المللی ره‌شهر منتشر گردیده است: